

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。  
この正誤表は、2023 年 5 月 15 日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。  
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日： 2023 年 5 月 15 日

製品名： MAX30001

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.3

訂正箇所： 32 ページ、左の段、プログラマブル抵抗負荷の項、下から 4 行目

【誤】

「・・・50.4mΩ～・・・」

【正】

「・・・247.5mΩ～・・・」



# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

MAX30001

## 概要

MAX30001 は、ウェアラブル・アプリケーション向けに全機能を内蔵した生体電位および生体インピーダンス (BioZ) 測定用アナログ・フロント・エンド (AFE) ソリューションです。このデバイスは、医療およびフィットネス・アプリケーション用に高い性能を発揮し、また、超低消費電力であるため長いバッテリー寿命を実現します。MAX30001 は単一の生体電位チャンネルで、心電図 (ECG) 波形、心拍数とペースメーカーのエッジ検出、および呼吸の測定が可能な単一の生体インピーダンス・チャンネルを提供します。

生体電位および生体インピーダンスのチャンネルは、ESD 保護、EMI フィルタ、内部リード・バイアス、DC リードオフ検出、スタンバイ・モード時の超低消費電力リードオン検出、および内部セルフテスト用の、広範なキャリブレーション電圧を備えています。ソフト・パワーアップ・シーケンスによって、大きいトランジェントが電極に流入することを防止できます。また、どちらのチャンネルも、高い入力インピーダンス、低ノイズ、高 CMRR、可変利得、各種ローパス/ハイパス・フィルタ・オプション、および高分解能 A/D コンバータを備えています。生体電位チャンネルは DC 結合され、大きい電極電圧オフセットに対応可能で、除細動や電気外科手術などのオーバードライブ状態から迅速に回復するための高速回復モードを備えています。生体インピーダンス・チャンネルは設定可能な電流ドライブを内蔵していて、コモン電極との組み合わせで動作し、2 個または 4 個の電極での測定が可能な柔軟性を備えています。また、生体電位チャンネルは AC リードオフ検出も備えています。

MAX30001 は 30 バンプのウェーハ・レベル・パッケージ (WLP) で提供され、0°C~+70°C の民生用温度範囲で動作します。

## アプリケーション

- 不整脈検出用シングルリード・イベント・モニタ
- 在宅/院内監視用シングルリード・ワイヤレス・パッチ
- フィットネス・アプリケーション用チェスト・バンド心拍数モニタ
- 生体認証および ECG オンデマンド・アプリケーション
- 呼吸および水分量モニタ
- インピーダンス・ベースの心拍数検出

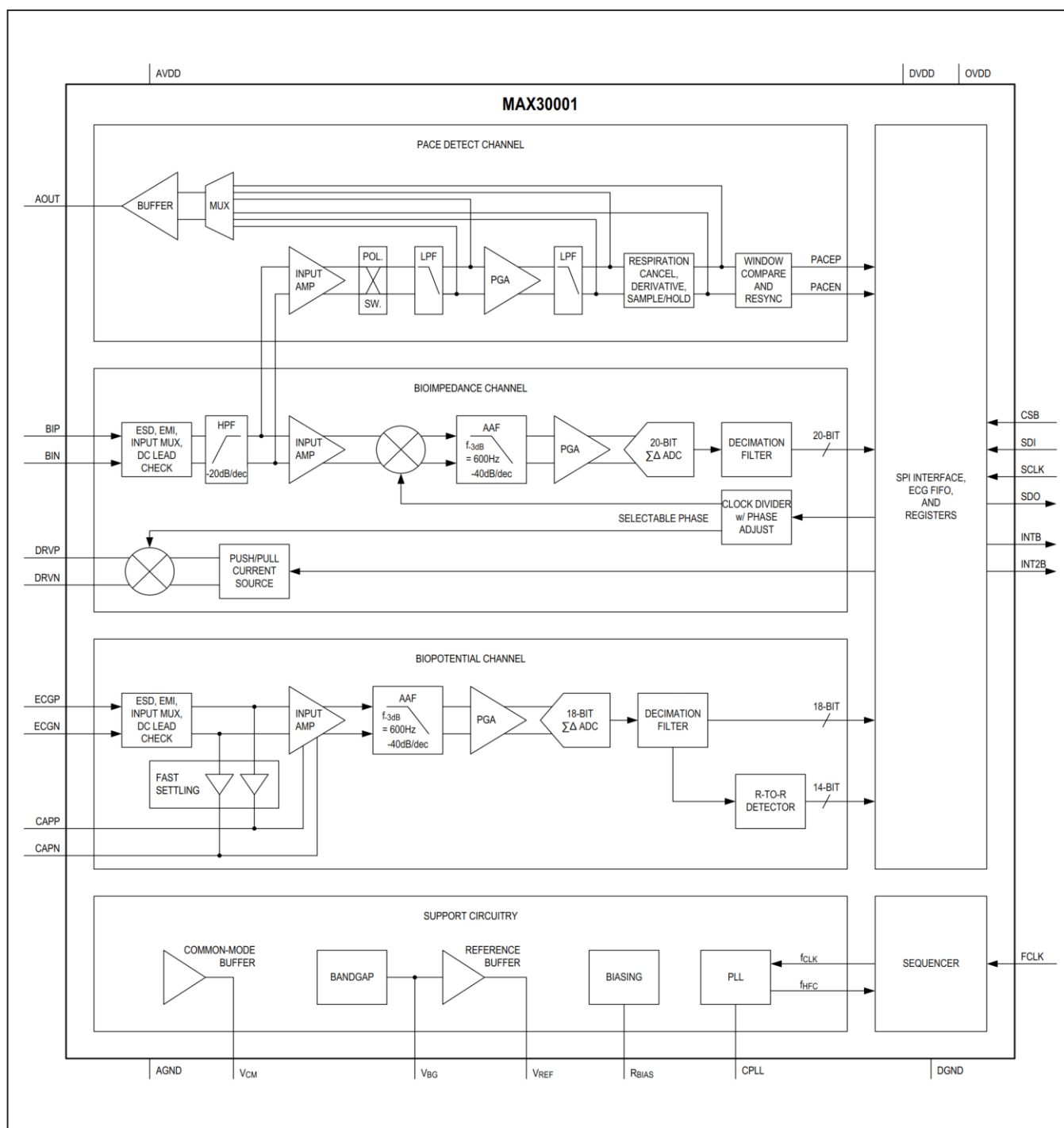
## 機能と利点

- IEC 60601-2-47:2012 準拠システムで使用可能
- 高分解能データ・コンバータを備えた医療グレード ECG および BioZ AFE
  - 15.9 ビットの ENOB と 3.1μV<sub>P-P</sub> (代表値) のノイズ (ECG)
  - 17 ビットの ENOB と 1.1μV<sub>P-P</sub> のノイズ (BioZ)
- 現実的条件での CMRR の大幅な向上と高い入力インピーダンスによってドライ・スタートを改善
  - 完全差動入力構造 (CMRR: 100dB 以上)
- 高い入力インピーダンスによってコモンモード-差動モード変換の向上を提供
- 高い入力インピーダンス (1GΩ 以上) によって非常に低いコモンモード-差動モードを実現
- 高い電極インピーダンスによって入力におけるドライ・スタート時の信号減衰を最小化
- ±650mV (1.8V、代表値) の広い DC オフセット範囲によって多様な電極と組み合わせで使用可能
- 広い 65mV<sub>P-P</sub> (ECG) および 90mV<sub>P-P</sub> (BioZ) の AC ダイナミック・レンジによって、モーション/ダイレクト電極ヒットが存在する場合の飽和を防止
- 競合ソリューションと比べてバッテリー寿命を延長
  - 85μW (電源電圧 1.1V 時、ECG)
  - 158μW (電源電圧 1.1V 時、BioZ)
- リードオン割込み機能によって、有効なリード状態が検出されるまで μC をディープ・スリープ・モードに維持することが可能
  - リードオン検出電流: 0.7μA (代表値)
- 割込み機能を備えた内蔵の心拍数検出によって、マイクロコントローラ (μC) での HR アルゴリズムの実行が不要
  - 高モーション環境における超低電力での堅牢な R-R 検出
- 設定可能な割込みによって、各心拍時にのみ μC をウェイクアップし全体的なシステム電力を削減することが可能
- 高精度のため、より生理学的なデータ抽出が可能
- 32 ワード (ECG) および 8 ワード (BioZ) の FIFO によって、256ms の間 MCU をパワーダウン状態にしたままで完全なデータ・アキュジションが可能
- 高速 SPI インターフェース
- シャットダウン電流: 0.6μA (代表値)

オーダー情報はデータシート末尾に記載されています。



## 機能図



MAX30001

超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位  
(ECG、R-R、およびペース検出) および  
生体インピーダンス (BioZ) AFE

絶対最大定格

|                              |                                       |                                     |              |
|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| AVDD~AGND .....              | -0.3V~+2.0V                           | 各端子に流れる最大電流 .....                   | ±50mA        |
| DVDD~DGND .....              | -0.3V~+2.0V                           | 連続消費電力 (T <sub>A</sub> = +70°C)     |              |
| AVDD~DVDD .....              | -0.3V~+0.3V                           | 30 バンプ WLP                          |              |
| OVDD~DGND .....              | -0.3V~+3.6V                           | (+70°C 超で 24.3mW/°C ディレーティング) ..... | 1945.5mW     |
| AGND~DGND .....              | -0.3V~+0.3V                           | 動作温度範囲 .....                        | 0°C~+70°C    |
| CSB、SCLK、SDI、FCLK~DGND ..... | -0.3V~+3.6V                           | ジャンクション温度 .....                     | +150°C       |
| SDO、INTB、INT2B~              |                                       | 保存温度範囲 .....                        | -65°C~+150°C |
| DGND .....                   | -0.3V~ (3.6V または OVDD + 0.3V) の低い方の電位 | リード温度 (はんだ処理、10 秒) .....            | +300°C       |
| 他の全ての端子~                     |                                       | はんだ処理温度 (リフロー) .....                | +260°C       |
| AGND .....                   | -0.3V~ (2.0V または AVDD + 0.3V) の低い方の電位 |                                     |              |

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。これらの規定はストレス定格のみを定めたものであり、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上でデバイスが正常に動作することを意味するものではありません。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くとデバイスの信頼性に影響を与えます。

パッケージ熱特性

|                                        |                                |
|----------------------------------------|--------------------------------|
| PACKAGE TYPE: 30 WLP                   |                                |
| Package code                           | W302L2+1                       |
| Outline Number                         | 21-100074                      |
| Land Pattern Number                    | Refer to Application Note 1891 |
| THERMAL RESISTANCE, FOUR-LAYER BOARD   |                                |
| Junction to Ambient (θ <sub>JA</sub> ) | 44°C/W                         |

パッケージの熱抵抗は、JEDEC 規格 JESD51-7 に記載の方法で 4 層基板を使用して求めたものです。パッケージの熱に対する考慮事項の詳細については、[www.maxim-ic.com/thermal-tutorial](http://www.maxim-ic.com/thermal-tutorial) を参照してください。

最新のパッケージ外形図とランド・パターン（フットプリント）に関しては、[www.maximintegrated.com/packages](http://www.maximintegrated.com/packages) で確認してください。パッケージ・コードの「+」、「#」、「-」は RoHS 対応状況のみを示します。パッケージ図面は異なる末尾記号が示されている場合がありますが、図面は RoHS 状況に関わらず該当のパッケージについて図示しています。

電気的特性

(特に指定のない限り、V<sub>DVDD</sub> = V<sub>AVDD</sub> = +1.1V~+2.0V、V<sub>OVDD</sub> = +1.65V~+3.6V、f<sub>FCLK</sub> = 32.768kHz、LN\_BIOZ = 1、T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub>~T<sub>MAX</sub>。代表値は、V<sub>DVDD</sub> = V<sub>AVDD</sub> = +1.8V、V<sub>OVDD</sub> = +2.5V、T<sub>A</sub> = +25°C における値。) (Note 1)

| PARAMETER                   | SYMBOL | CONDITIONS                                                                      | MIN  | TYP   | MAX  | UNITS             |
|-----------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------|------|-------|------|-------------------|
| ECG CHANNEL                 |        |                                                                                 |      |       |      |                   |
| AC Differential Input Range |        | V <sub>AVDD</sub> = +1.1V, THD < 0.3%                                           | -15  |       | +15  | mV <sub>P-P</sub> |
|                             |        | V <sub>AVDD</sub> = +1.8V, THD < 0.3%                                           |      | ±32.5 |      |                   |
| DC Differential Input Range |        | V <sub>AVDD</sub> = +1.1V, shift from nominal gain < 2%                         | -300 |       | +300 | mV                |
|                             |        | V <sub>AVDD</sub> = +1.8V                                                       |      | ±650  |      |                   |
| Common Mode Input Range     |        | V <sub>AVDD</sub> = +1.1V, from V <sub>MID</sub> , shift from nominal gain < 2% | -150 |       | +150 | mV                |
|                             |        | V <sub>AVDD</sub> = +1.8V, from V <sub>MID</sub> , shift from nominal gain < 2% |      | ±550  |      |                   |
| Common Mode Rejection Ratio | CMRR   | 0Ω source impedance, f = 64Hz, T <sub>A</sub> = +25°C (Note 2)                  | 100  | 115   |      | dB                |
|                             |        | With impedance mismatch (Note 3)                                                |      | 77    |      |                   |

## 電氣的特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.1V \sim +2.0V$ 、 $V_{OVDD} = +1.65V \sim +3.6V$ 、 $f_{CLK} = 32.768kHz$ 、 $LN\_BIOZ = 1$ 、 $T_A = T_{MIN} \sim T_{MAX}$ 。代表値は、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.8V$ 、 $V_{OVDD} = +2.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$  における値。) (Note 2)

| PARAMETER                                    | SYMBOL           | CONDITIONS                                                                                                                                   |                | MIN        | TYP  | MAX  | UNITS             |
|----------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|------|------|-------------------|
| ECG Channel Input Referred Noise             |                  | BW = 0.05 – 150Hz, G <sub>CH</sub> = 20x                                                                                                     |                | 0.77       |      |      | μV <sub>RMS</sub> |
|                                              |                  |                                                                                                                                              |                | 4.6        |      |      | μV <sub>P-P</sub> |
|                                              |                  | BW = 0.05 – 40Hz, G <sub>CH</sub> = 20x (Note 2)                                                                                             |                | 0.46       |      | 1.0  | μV <sub>RMS</sub> |
|                                              |                  |                                                                                                                                              |                | 3.1        |      | 6.6  | μV <sub>P-P</sub> |
| Input Leakage Current                        |                  | T <sub>A</sub> = +25°C                                                                                                                       |                | −1         | ±0.1 | +1   | nA                |
| Input Impedance (INA)                        |                  | Common-mode, DC                                                                                                                              |                | 45         |      |      | GΩ                |
|                                              |                  | Differential, DC                                                                                                                             |                | 1500       |      |      | MΩ                |
| ECG Channel Total Harmonic Distortion        | THD              | V <sub>AVDD</sub> = +1.80V, V <sub>IN</sub> = 65mV <sub>P-P</sub> , F <sub>IN</sub> = 64Hz, G <sub>CH</sub> = 20x, electrode offset = ±300mV |                | 0.025      |      |      | %                 |
|                                              |                  | V <sub>AVDD</sub> = +1.1V, V <sub>IN</sub> = 30mV <sub>P-P</sub> , F <sub>IN</sub> = 64Hz, G <sub>CH</sub> = 20x, electrode offset = ±300mV  |                | 0.3        |      |      |                   |
| ECG Channel Gain Setting                     | G <sub>CH</sub>  | Programmable, see ECG_GAIN[1:0]                                                                                                              |                | 20 to 160  |      |      | V/V               |
| ECG Channel Gain Error (Excluding Reference) |                  | V <sub>AVDD</sub> = +1.8V, G <sub>CH</sub> = 20x, ECGP = ECGN = VMID                                                                         |                | −2.5       |      | +2.5 | %                 |
|                                              |                  | V <sub>AVDD</sub> = +1.1V, G <sub>CH</sub> = 20x, ECGP = ECGN = VMID                                                                         |                | −4.5       |      | +4.5 | %                 |
| ECG Channel Offset Error                     |                  | (Note 4)                                                                                                                                     |                | ±0.1       |      |      | % of FSR          |
| ADC Resolution                               |                  |                                                                                                                                              |                | 18         |      |      | Bits              |
| ADC Sample Rate                              |                  | Programmable, see ECG_RATE[1:0]                                                                                                              |                | 125 to 512 |      |      | SPS               |
| CAPP to CAPN Impedance                       | R <sub>HPF</sub> | FHP = 1/(2π × R <sub>HPF</sub> × C <sub>HPF</sub> ),<br>C <sub>HPF</sub> = capacitance between CAPP and CAPN                                 |                | 320        | 450  | 600  | kΩ                |
| Analog High-Pass Filter Slew Current         |                  | Fast recovery enabled (1.8V)                                                                                                                 |                | 160        |      |      | μA                |
|                                              |                  | Fast recovery enabled (1.1V)                                                                                                                 |                | 55         |      |      |                   |
|                                              |                  | Fast recovery disabled                                                                                                                       |                | 0.09       |      |      |                   |
| Fast Settling Recovery Time                  |                  | C <sub>HPF</sub> = 10μF, Note: varies by sample rate, see Table 3.                                                                           |                | 500        |      |      | ms                |
| Digital Low-Pass Filter                      |                  | Linear phase FIR filter.<br>ECG_RATE = 00, 01                                                                                                | DLPF[0:1] = 01 | 40         |      |      | Hz                |
|                                              |                  |                                                                                                                                              | DLPF[0:1] = 10 | 100        |      |      |                   |
|                                              |                  |                                                                                                                                              | DLPF[0:1] = 11 | 150        |      |      |                   |
| Digital High-Pass Filter                     |                  | Phase-corrected 1st-order IIR filter. DHPF = 1                                                                                               |                | 0.5        |      |      | Hz                |
| ECG Power Supply Rejection                   | PSRR             | Lead bias disabled, DC                                                                                                                       |                | 107        |      |      | dB                |
|                                              |                  | Lead bias disabled, f = 64Hz                                                                                                                 |                | 110        |      |      |                   |

## 電気的特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.1V \sim +2.0V$ 、 $V_{OVDD} = +1.65V \sim +3.6V$ 、 $f_{FCLK} = 32.768kHz$ 、 $LN\_BIOZ = 1$ 、 $T_A = T_{MIN} \sim T_{MAX}$ 。代表値は、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.8V$ 、 $V_{OVDD} = +2.5V$ 、 $T_A = +25^{\circ}C$  における値。) (Note 2)

| PARAMETER                             | SYMBOL           | CONDITIONS                    |                      | MIN                     | TYP | MAX | UNITS |
|---------------------------------------|------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|-----|-----|-------|
| ECG INPUT MUX                         |                  |                               |                      |                         |     |     |       |
| DC Lead Off Check                     |                  | Pullup/pulldown               | IMAG[2:0] = 001      | 5                       |     |     | nA    |
|                                       |                  |                               | IMAG[2:0] = 010      | 10                      |     |     |       |
|                                       |                  |                               | IMAG[2:0] = 011      | 20                      |     |     |       |
|                                       |                  |                               | IMAG[2:0] = 100      | 50                      |     |     |       |
|                                       |                  |                               | IMAG[2:0] = 101      | 100                     |     |     |       |
| DC Lead Off Comparator Low Threshold  |                  | VTH[1:0] = 11 (Note 5)        |                      | V <sub>MID</sub> − 0.50 |     |     | V     |
|                                       |                  | VTH[1:0] = 10 (Note 6)        |                      | V <sub>MID</sub> − 0.45 |     |     |       |
|                                       |                  | VTH[1:0] = 01 (Note 7)        |                      | V <sub>MID</sub> − 0.40 |     |     |       |
|                                       |                  | VTH[1:0] = 00                 |                      | V <sub>MID</sub> − 0.30 |     |     |       |
| DC Lead Off Comparator High Threshold |                  | VTH[1:0] = 11 (Note 5)        |                      | V <sub>MID</sub> + 0.50 |     |     | V     |
|                                       |                  | VTH[1:0] = 10 (Note 6)        |                      | V <sub>MID</sub> + 0.45 |     |     |       |
|                                       |                  | VTH[1:0] = 01 (Note 7)        |                      | V <sub>MID</sub> + 0.40 |     |     |       |
|                                       |                  | VTH[1:0] = 00                 |                      | V <sub>MID</sub> + 0.30 |     |     |       |
| Lead Bias Impedance                   |                  | Lead bias enabled             | RBIASV[1:0] = 00     | 50                      |     |     | MΩ    |
|                                       |                  |                               | RBIASV[1:0] = 01     | 100                     |     |     |       |
|                                       |                  |                               | RBIASV[1:0] = 10     | 200                     |     |     |       |
| Lead Bias Voltage                     | V <sub>MID</sub> | Lead bias enabled             |                      | V <sub>AVDD</sub> /2.15 |     |     | V     |
| Calibration Voltage Magnitude         |                  | Single-ended                  | V <sub>MAG</sub> = 0 | 0.25                    |     |     | mV    |
|                                       |                  |                               | V <sub>MAG</sub> = 1 | 0.50                    |     |     |       |
| Calibration Voltage Magnitude Error   |                  | Single-ended (Note 8)         |                      | −3                      | +3  |     | %     |
| Calibration Voltage Frequency         |                  | Programmable, see FCAL[2:0]   |                      | 0.0156 to 256           |     |     | Hz    |
| Calibration Voltage Pulse Time        |                  | Programmable, see THIGH[10:0] | FIFTY = 0            | 0.03052 to 62.474       |     |     | ms    |
|                                       |                  |                               | FIFTY = 1            | 50                      |     |     | %     |

## 電気的特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.1V \sim +2.0V$ 、 $V_{OVDD} = +1.65V \sim +3.6V$ 、 $f_{CLK} = 32.768kHz$ 、 $LN\_BIOZ = 1$ 、 $T_A = T_{MIN} \sim T_{MAX}$ 。代表値は、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.8V$ 、 $V_{OVDD} = +2.5V$ 、 $T_A = +25^{\circ}C$  における値。) (Note 2)

| PARAMETER                                        | SYMBOL | CONDITIONS                                                                                   | MIN | TYP                   | MAX | UNITS            |
|--------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------|-----|------------------|
| BIOIMPEDANCE (BioZ) CHANNEL                      |        |                                                                                              |     |                       |     |                  |
| Signal Generator Resolution                      |        | Square wave generator                                                                        |     | 1                     |     | Bits             |
| DRV/P/N Injected Full-Scale Current              |        | Programmable, see BIOZ_CGMAG[2:0]                                                            |     | 8 to 96               |     | $\mu A_{PK}$     |
| DRV/P/N Injected Current Accuracy                |        | Internal bias resistor, see EXT_RBIA5                                                        | -30 |                       | +30 | %                |
|                                                  |        | External bias resistor (0.1%, 10ppm, 324k $\Omega$ )                                         | -10 |                       | +10 |                  |
| DRV/P/N Injected Current Power Supply Rejection  |        |                                                                                              |     | < $\pm 1$             |     | %/V              |
| DRV/P/N Injected Current Temperature Coefficient |        | External bias resistor, 32 $\mu A_{P-P}$ , 0 to 70 $^{\circ}C$ (0.1%, 10ppm, 324k $\Omega$ ) |     | 50                    |     | ppm/ $^{\circ}C$ |
| DRV/P/N Compliance Voltage                       |        | $V_{DRV/P} - V_{DRV/N}$                                                                      |     | $\pm(V_{AVDD} - 0.5)$ |     | $V_{P-P}$        |
| Current Injection Frequency                      |        | Programmable, see BIOZ_FCGEN[3:0]                                                            |     | 0.125 to 131.072      |     | kHz              |
| AC Differential Input Range                      |        | Shift from nominal gain < 1% ( $V_{AVDD} = 1.1V$ )                                           |     | 25                    |     | mV               |
|                                                  |        | Shift from nominal gain < 1% ( $V_{AVDD} = 1.8V$ )                                           |     | 90                    |     | mV               |
| BioZ Channel Gain                                |        | Programmable, see BIOZ_GAIN[1:0]                                                             |     | 10 to 80              |     | V/V              |
| ADC Sample Rate                                  |        | Programmable, see BIOZ_RATE                                                                  |     | 24.98 to 64           |     | sps              |
| ADC Resolution                                   |        |                                                                                              |     | 20                    |     | Bits             |
| Input Referred Noise (BIP, BIN)                  |        | BW = 0.05 to 4Hz, Gain = 20x                                                                 |     | 0.16                  |     | $\mu V_{RMS}$    |
|                                                  |        | BW = 0.05 to 4Hz, Gain = 20x                                                                 |     | 1.1                   |     | $\mu V_{P-P}$    |
| Impedance Resolution                             |        | DC to 4Hz, 32 $\mu A_{P-P}$ , 40kHz, Gain = 20x, $R_{BODY} = 680\Omega$                      |     | 40                    |     | m $\Omega_{P-P}$ |
| Input Analog High Pass Filter                    |        | Programmable, see BIOZ_AHPF[2:0]                                                             |     | 125 to 7200           |     | Hz               |
| Demodulation Phase Range                         |        | Programmable, see BIOZ_PHOFF[3:0]                                                            |     | 0 – 168.75            |     | $^{\circ}$       |
| Demodulation Phase Resolution                    |        |                                                                                              |     | 11.25                 |     | $^{\circ}$       |
| Output Digital Low Pass Filter                   |        | BIOZ_DLPF[1:0] = 01                                                                          |     | 4                     |     | Hz               |
|                                                  |        | BIOZ_DLPF[1:0] = 10                                                                          |     | 8                     |     |                  |
|                                                  |        | BIOZ_DLPF[1:0] = 11                                                                          |     | 16                    |     |                  |
| Output Digital High Pass Filter                  |        | BIOZ_DHPF[1:0] = 01                                                                          |     | 0.05                  |     | Hz               |
|                                                  |        | BIOZ_DHPF[1:0] = 1x                                                                          |     | 0.5                   |     | Hz               |

## 電気的特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.1V \sim +2.0V$ 、 $V_{OVDD} = +1.65V \sim +3.6V$ 、 $f_{CLK} = 32.768kHz$ 、 $LN\_BIOZ = 1$ 、 $T_A = T_{MIN} \sim T_{MAX}$ 。代表値は、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.8V$ 、 $V_{OVDD} = +2.5V$ 、 $T_A = +25^{\circ}C$  における値。) (Note 2)

| PARAMETER                             | SYMBOL    | CONDITIONS                          | MIN       | TYP               | MAX | UNITS |
|---------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------------|-----|-------|
| BIOIMPEDANCE (BioZ) INPUT MUX         |           |                                     |           |                   |     |       |
| DC Lead Off Check                     |           | IMAG[2:0] = 001                     |           | 5                 |     | nA    |
|                                       |           | IMAG[2:0] = 010                     |           | 10                |     |       |
|                                       |           | IMAG[2:0] = 011                     |           | 20                |     |       |
|                                       |           | IMAG[2:0] = 100                     |           | 50                |     |       |
|                                       |           | IMAG[2:0] = 101                     |           | 100               |     |       |
| DC Lead Off Comparator Low Threshold  |           | DCLOFF_VTH[1:0] = 11 (Note 5)       |           | $V_{MID} - 0.50$  |     | V     |
|                                       |           | DCLOFF_VTH[1:0] = 10 (Note 6)       |           | $V_{MID} - 0.45$  |     |       |
|                                       |           | DCLOFF_VTH[1:0] = 01 (Note 7)       |           | $V_{MID} - 0.40$  |     |       |
|                                       |           | DCLOFF_VTH[1:0] = 00                |           | $V_{MID} - 0.30$  |     |       |
| DC Lead Off Comparator High Threshold |           | DCLOFF_VTH[1:0] = 11 (Note 5)       |           | $V_{MID} + 0.50$  |     | V     |
|                                       |           | DCLOFF_VTH[1:0] = 10 (Note 6)       |           | $V_{MID} + 0.45$  |     |       |
|                                       |           | DCLOFF_VTH[1:0] = 01 (Note 7)       |           | $V_{MID} + 0.40$  |     |       |
|                                       |           | DCLOFF_VTH[1:0] = 00                |           | $V_{MID} + 0.30$  |     |       |
| Lead Bias Impedance                   |           | Lead bias enabled, RBIASV[1:0] = 00 |           | 50                |     | MΩ    |
|                                       |           | Lead bias enabled, RBIASV[1:0] = 01 |           | 100               |     |       |
|                                       |           | Lead bias enabled, RBIASV[1:0] = 10 |           | 200               |     |       |
| Lead Bias Voltage                     | $V_{MID}$ | Lead bias enabled.                  |           | $V_{AVDD}/2.15$   |     | V     |
| Calibration Voltage Magnitude         |           | Single-ended. $V_{MAG} = 0$         |           | 0.25              |     | mV    |
|                                       |           | Single-ended. $V_{MAG} = 1$         |           | 0.50              |     |       |
| Calibration Voltage Error             |           | Single-ended. (Note 8)              | -3        |                   | +3  | %     |
| Calibration Voltage Frequency         |           | Programmable, see FCAL[2:0]         |           | 0.0156 to 256     |     | Hz    |
| Calibration Voltage Pulse Time        |           | Programmable, see THIGH[10:0]       | FIFTY = 0 | 0.03052 to 62.474 |     | ms    |
|                                       |           |                                     | FIFTY = 1 | 50                |     | %     |
| Resistive Load Nominal Value          | $R_{VAL}$ | Programmable, see BMUX_RNOM[2:0]    |           | 0.625 to 5.0      |     | kΩ    |
| Resistive Load Modulation Value       | $R_{MOD}$ | Programmable, see BMUX_RMOD[2:0]    |           | 15 to 2960        |     | mΩ    |
| Resistive Load Modulation Frequency   | $F_{MOD}$ | Programmable, see BMUX_FBIST[1:0]   |           | 0.625 to 4.0      |     | Hz    |

## 電气的特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.1V \sim +2.0V$ 、 $V_{OVDD} = +1.65V \sim +3.6V$ 、 $f_{FCLK} = 32.768kHz$ 、 $LN\_BIOZ = 1$ 、 $T_A = T_{MIN} \sim T_{MAX}$ 。代表値は、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.8V$ 、 $V_{OVDD} = +2.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$  における値。) (Note 2)

| PARAMETER                                        | SYMBOL            | CONDITIONS                         | MIN                      | TYP   | MAX   | UNITS             |
|--------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------|-------|-------|-------------------|
| PACE DETECTION                                   |                   |                                    |                          |       |       |                   |
| Pace Artifact Width                              |                   |                                    | 0.05 to 2.0              |       |       | ms                |
| Minimum Pace Artifact Amplitude                  |                   |                                    | 0.5                      |       |       | mV                |
| Time Resolution                                  |                   |                                    | 16                       |       |       | μs                |
| Recovery Time                                    |                   | Large Pacer Pulse (100mV to 700mV) | 500                      |       |       | μs                |
| AOOUT Output Voltage Swing                       |                   | f = 1kHz, THD < 0.2%               | 100                      |       |       | mV <sub>P-P</sub> |
| INTERNAL REFERENCE/COMMON-MODE                   |                   |                                    |                          |       |       |                   |
| V <sub>BG</sub> Output Voltage                   | V <sub>BG</sub>   |                                    | 0.650                    |       |       | V                 |
| V <sub>BG</sub> Output Impedance                 |                   |                                    | 100                      |       |       | kΩ                |
| External V <sub>BG</sub> Compensation Capacitor  | C <sub>VBG</sub>  |                                    | 1                        |       |       | μF                |
| V <sub>REF</sub> Output Voltage                  | V <sub>REF</sub>  | T <sub>A</sub> = +25°C             | 0.995                    | 1.000 | 1.005 | V                 |
| V <sub>REF</sub> Temperature Coefficient         | TC <sub>REF</sub> | T <sub>A</sub> = 0°C to +70°C      | 10                       |       |       | ppm/°C            |
| V <sub>REF</sub> Buffer Line Regulation          |                   |                                    | 330                      |       |       | μV/V              |
| V <sub>REF</sub> Buffer Load Regulation          |                   | I <sub>LOAD</sub> = 0 to 100μA     | 25                       |       |       | μV/μA             |
| External V <sub>REF</sub> Compensation Capacitor | C <sub>REF</sub>  |                                    | 1                        | 10    |       | μF                |
| V <sub>CM</sub> Output Voltage                   | V <sub>CM</sub>   |                                    | 0.650                    |       |       | V                 |
| External V <sub>CM</sub> Compensation Capacitor  | C <sub>CM</sub>   |                                    | 1                        | 10    |       | μF                |
| DIGITAL INPUTS (SDI, SCLK, CSB, FCLK)            |                   |                                    |                          |       |       |                   |
| Input-Voltage High                               | V <sub>IH</sub>   |                                    | 0.7 × V <sub>OVDD</sub>  |       |       | V                 |
| Input-Voltage Low                                | V <sub>IL</sub>   |                                    | 0.3 × V <sub>OVDD</sub>  |       |       | V                 |
| Input Hysteresis                                 | V <sub>HYS</sub>  |                                    | 0.05 × V <sub>OVDD</sub> |       |       | V                 |
| Input Capacitance                                | C <sub>IN</sub>   |                                    | 10                       |       |       | pF                |
| Input Current                                    | I <sub>IN</sub>   |                                    | −1 +1                    |       |       | μA                |
| DIGITAL OUTPUTS (SDO, INTB, INT2B)               |                   |                                    |                          |       |       |                   |
| Output Voltage High                              | V <sub>OH</sub>   | I <sub>SOURCE</sub> = 1mA          | V <sub>OVDD</sub> − 0.4  |       |       | V                 |
| Output Voltage Low                               | V <sub>OL</sub>   | I <sub>SINK</sub> = 1mA            | 0.4                      |       |       | V                 |
| Three-State Leakage Current                      |                   |                                    | −1 +1                    |       |       | μA                |
| Three-State Output Capacitance                   |                   |                                    | 15                       |       |       | pF                |
| POWER SUPPLY                                     |                   |                                    |                          |       |       |                   |
| Analog Supply Voltage                            | V <sub>AVDD</sub> | Connect AVDD to DVDD               | 1.1 2.0                  |       |       | V                 |
| Digital Supply Voltage                           | V <sub>DVDD</sub> | Connect DVDD to AVDD               | 1.1 2.0                  |       |       | V                 |
| Interface Supply Voltage                         | V <sub>OVDD</sub> | Power for I/O drivers only         | 1.65 3.6                 |       |       | V                 |



## 電气的特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.1V \sim +2.0V$ 、 $V_{OVDD} = +1.65V \sim +3.6V$ 、 $f_{CLK} = 32.768kHz$ 、 $LN\_BIOZ = 1$ 、 $T_A = T_{MIN} \sim T_{MAX}$ 。代表値は、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.8V$ 、 $V_{OVDD} = +2.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$  における値。) (Note 2)

| PARAMETER                | SYMBOL                  | CONDITIONS                                           |                               | MIN | TYP  | MAX | UNITS   |
|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|------|-----|---------|
| Supply Current           | $I_{AVDD} + I_{DVDD}$   | ECG channel                                          | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.1V$ |     | 76   |     | $\mu A$ |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.8V$ |     | 95   |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +2.0V$ |     | 102  | 120 |         |
|                          |                         | ECG channel with Pace (Note 2)                       | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.1V$ |     | 100  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.8V$ |     | 124  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +2.0V$ |     | 133  | 150 |         |
|                          |                         | ECG channel with Pace and AOUT (Note 2)              | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.1V$ |     | 114  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.8V$ |     | 138  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +2.0V$ |     | 147  | 190 |         |
|                          |                         | ECG channel with Pace, and BioZ, $LN\_BIOZ = 0$      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.1V$ |     | 205  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.8V$ |     | 232  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +2.0V$ |     | 242  | 270 |         |
|                          |                         | ECG channel with Pace, and BioZ, $LN\_BIOZ = 1$      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.1V$ |     | 220  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.8V$ |     | 247  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +2.0V$ |     | 256  | 285 |         |
|                          |                         | BioZ channel, $LN\_BIOZ = 0$ (Note 2)                | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.1V$ |     | 144  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.8V$ |     | 163  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +2.0V$ |     | 170  | 190 |         |
|                          |                         | BioZ channel, $LN\_BIOZ = 1$ (Note 2)                | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.1V$ |     | 158  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.8V$ |     | 178  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +2.0V$ |     | 185  | 205 |         |
|                          |                         | ECG channel and BioZ, $LN\_BIOZ = 0$ (Note 2)        | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.1V$ |     | 186  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.8V$ |     | 211  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +2.0V$ |     | 220  | 250 |         |
|                          |                         | ECG channel and BioZ, $LN\_BIOZ = 1$ (Note 2)        | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.1V$ |     | 200  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +1.8V$ |     | 225  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = +2.0V$ |     | 235  | 265 |         |
|                          |                         | ULP Lead On Detect                                   | $T_A = +70^\circ C$           |     | 1.3  |     |         |
|                          |                         |                                                      | $T_A = +25^\circ C$           |     | 0.63 | 2.5 |         |
| Interface Supply Current | $I_{OVDD}$              | $V_{OVDD} = +1.65V$ , ECG channel at 512sps (Note 9) |                               |     | 0.2  |     | $\mu A$ |
|                          |                         | $V_{OVDD} = 3.6V$ , ECG channel at 512sps (Note 9)   |                               |     | 0.6  | 1.6 |         |
| Shutdown Current         | $I_{SAVDD} + I_{SDVDD}$ | $V_{AVDD} = V_{DVDD} = 2.0V$ (Note 4)                | $T_A = +70^\circ C$           |     | 1.3  |     | $\mu A$ |
|                          |                         |                                                      | $T_A = +25^\circ C$           |     | 0.58 | 2.5 |         |
|                          | $I_{SOVDD}$             | $V_{OVDD} = 3.6V$ , $V_{AVDD} = V_{DVDD} = 2.0V$     |                               |     |      | 1.1 |         |

## 電氣的特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.1V \sim +2.0V$ 、 $V_{OVDD} = +1.65V \sim +3.6V$ 、 $f_{FCLK} = 32.768kHz$ 、 $LN\_BIOZ = 1$ 、 $T_A = T_{MIN} \sim T_{MAX}$ 。代表値は、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = +1.8V$ 、 $V_{OVDD} = +2.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$  における値。) (Note 2)

| PARAMETER                        | SYMBOL            | CONDITIONS                                                                                       | MIN    | TYP | MAX | UNITS |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|-----|-------|
| ESD PROTECTION                   |                   |                                                                                                  |        |     |     |       |
| ECGP, ECGN, BIP, BIN             |                   | IEC 61000-4-2 Contact Discharge (Note 10)                                                        | ±8     |     |     | kV    |
|                                  |                   | IEC 61000-4-2 Air-Gap Discharge (Note 10)                                                        | ±15    |     |     |       |
| All Other Pins                   |                   | JEDEC JESD22-A114 HBM Transient Pulse                                                            | ±2.5   |     |     | kV    |
| TIMING CHARACTERISTICS (NOTE 3)  |                   |                                                                                                  |        |     |     |       |
| SCLK Frequency                   | f <sub>SCLK</sub> |                                                                                                  | 0      | 12  |     | MHz   |
| SCLK Period                      | t <sub>CP</sub>   |                                                                                                  | 83     |     |     | ns    |
| SCLK Pulse Width High            | t <sub>CH</sub>   |                                                                                                  | 15     |     |     | ns    |
| SCLK Pulse Width Low             | t <sub>CL</sub>   |                                                                                                  | 15     |     |     | ns    |
| CSB Fall to SCLK Rise Setup Time | t <sub>CSS0</sub> | To 1st SCLK rising edge (RE)                                                                     | 15     |     |     | ns    |
| CSB Fall to SCLK Rise Hold Time  | t <sub>CSH0</sub> | Applies to inactive RE preceding 1st RE                                                          | 0      |     |     | ns    |
| CSB Rise to SCLK Rise Hold Time  | t <sub>CSH1</sub> | Applies to 32nd RE, executed write                                                               | 10     |     |     | ns    |
| CSB Rise to SCLK Rise            | t <sub>CSA</sub>  | Applies to 32nd RE, aborted write sequence                                                       | 15     |     |     | ns    |
| SCLK Rise to CSB Fall            | t <sub>CSF</sub>  | Applies to 32nd RE                                                                               | 100    |     |     | ns    |
| CSB Pulse-Width High             | t <sub>CSPW</sub> |                                                                                                  | 20     |     |     | ns    |
| SDI-to-SCLK Rise Setup Time      | t <sub>DS</sub>   |                                                                                                  | 8      |     |     | ns    |
| SDI to SCLK Rise Hold Time       | t <sub>DH</sub>   |                                                                                                  | 8      |     |     | ns    |
| SCLK Fall to SDO Transition      | t <sub>DOT</sub>  | C <sub>LOAD</sub> = 20pF                                                                         |        |     | 40  | ns    |
|                                  |                   | C <sub>LOAD</sub> = 20pF, V <sub>AVDD</sub> = V <sub>DVDD</sub> ≥ 1.8V, V <sub>OVDD</sub> ≥ 2.5V |        |     | 20  | ns    |
| SCLK Fall to SDO Hold            | t <sub>DOH</sub>  | C <sub>LOAD</sub> = 20pF                                                                         | 2      |     |     | ns    |
| CSB Fall to SDO Fall             | t <sub>DOE</sub>  | Enable time, C <sub>LOAD</sub> = 20pF                                                            |        |     | 30  | ns    |
| CSB Rise to SDO Hi-Z             | t <sub>DOZ</sub>  | Disable time                                                                                     |        |     | 35  | ns    |
| FCLK Frequency                   | f <sub>FCLK</sub> | External reference clock                                                                         | 32.768 |     |     | kHz   |
| FCLK Period                      | t <sub>FP</sub>   |                                                                                                  | 30.52  |     |     | µs    |
| FCLK Pulse-Width High            | t <sub>FH</sub>   | 50% duty cycle assumed                                                                           | 15.26  |     |     | µs    |
| FCLK Pulse-Width Low             | t <sub>FL</sub>   | 50% duty cycle assumed                                                                           | 15.26  |     |     | µs    |

Note 1: 全てのデバイスは、 $T_A = +25^\circ C$  で 100%製造テストされています。動作温度範囲および関連する電源電圧範囲における仕様は、設計および特性評価により確保されています。

Note 2: 設計および特性評価により確保。製造時にはテストしていません。

Note 3: 片方の電極は 10 $\Omega$  未満のソース・インピーダンスで駆動し、もう片方は IEC60601-2-47 に従って 47nF と並列接続した 51k $\Omega$  で駆動します。

Note 4: 入力は、47nF と並列接続した 51k $\Omega$  で  $V_{CM}$  に接続。

Note 5:  $V_{AVDD} = V_{DVDD} \geq 1.65V$  の場合にのみこの設定を使用してください。

Note 6:  $V_{AVDD} = V_{DVDD} \geq 1.55V$  の場合にのみこの設定を使用してください。

Note 7:  $V_{AVDD} = V_{DVDD} \geq 1.45V$  の場合にのみこの設定を使用してください。

Note 8: この仕様は、ADC チャンネルを介して測定されたものでなく、ECG 入力に印加されたキャリブレーション電圧源の精度を定義するものです。

Note 9:  $f_{SCLK} = 4MHz$ 、バースト・モード、EFIT = 8、 $C_{SDO} = C_{INTB} = 50pF$ 。

Note 10: 8kV のサージ電圧に耐えるように設計された 1k $\Omega$  の直列抵抗で ESD テストを実施。

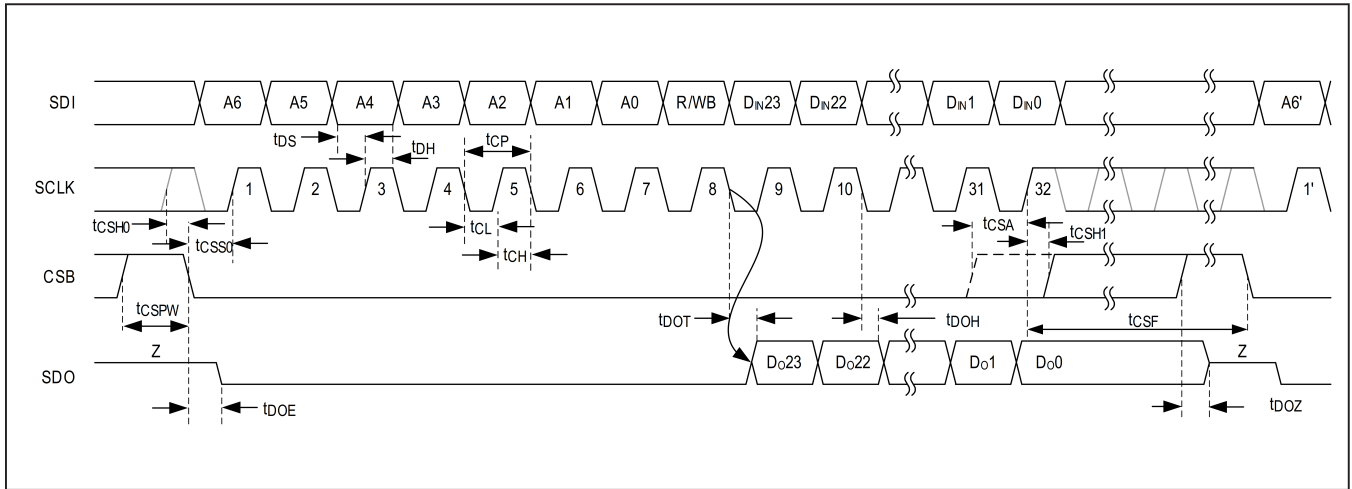


図 1a. SPI タイミング図

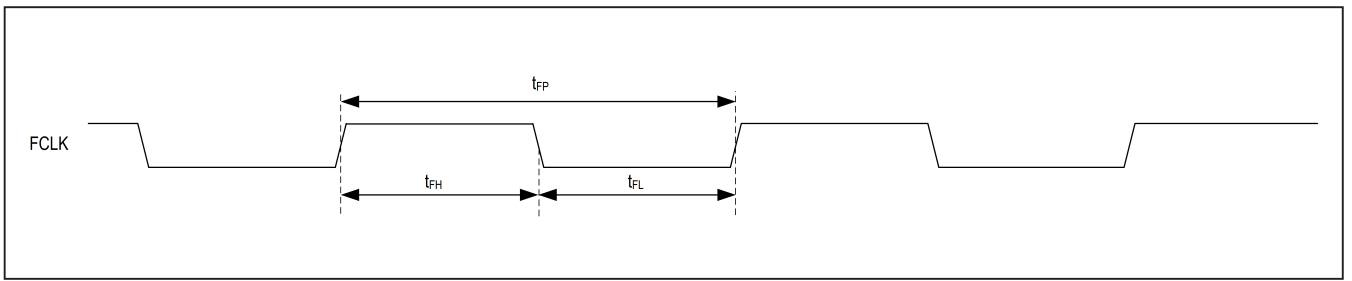
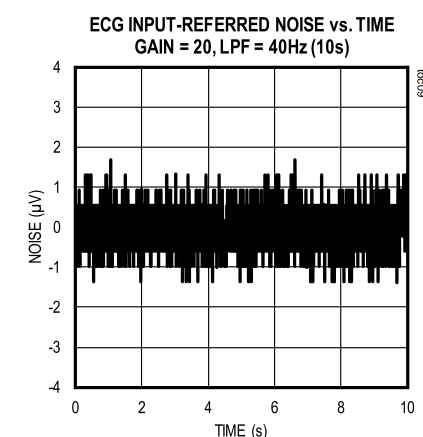
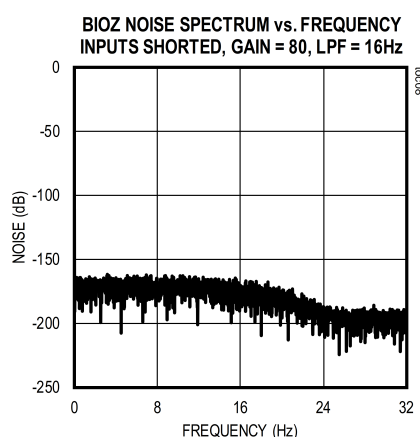
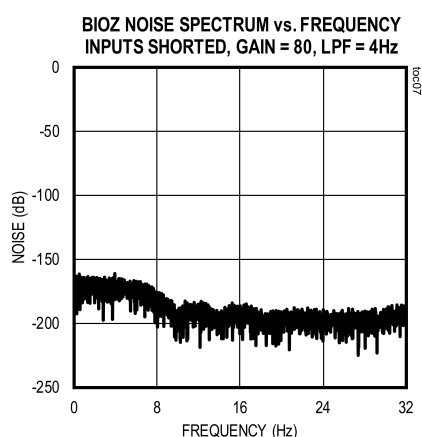
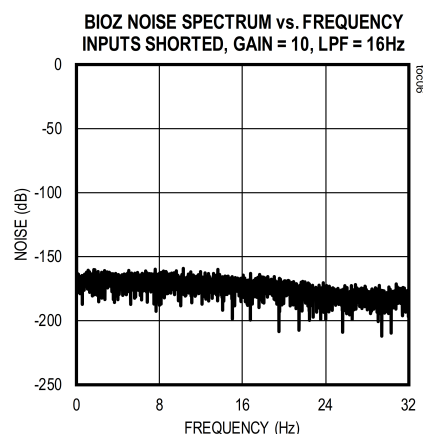
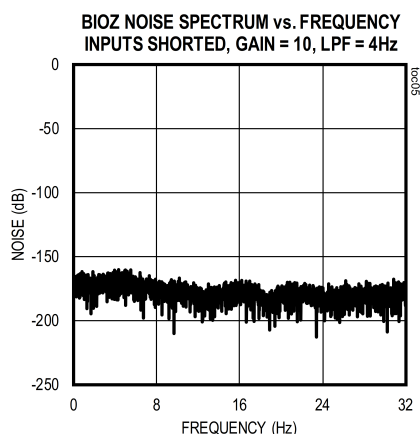
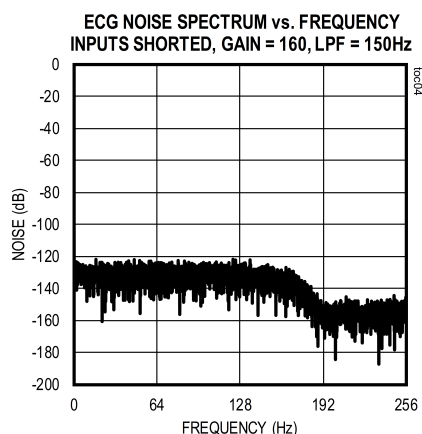
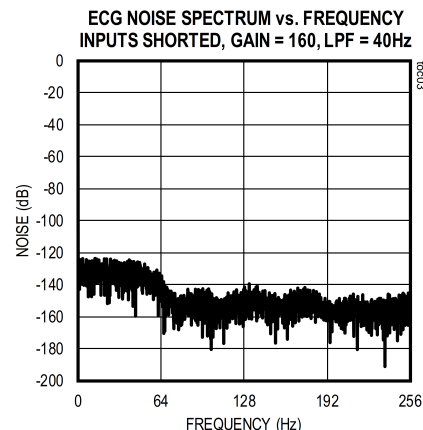
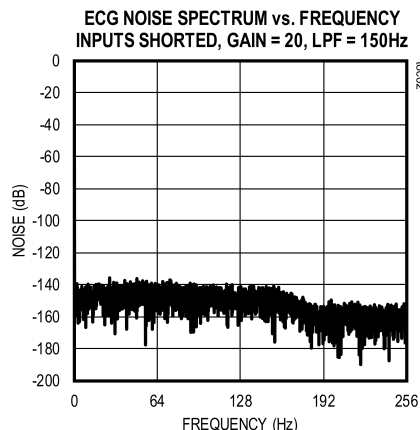
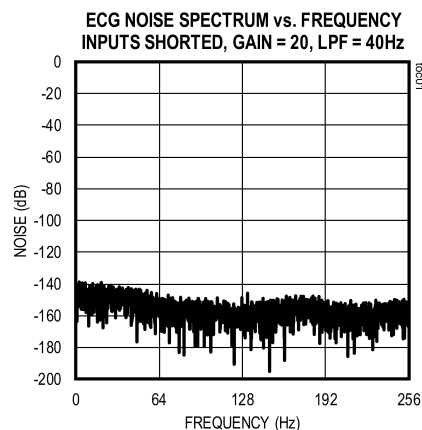


図 1b. FCLK タイミング図

## 標準動作特性

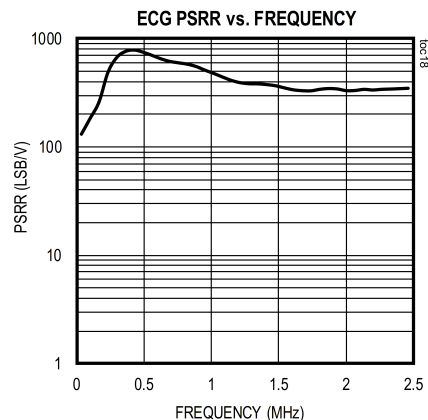
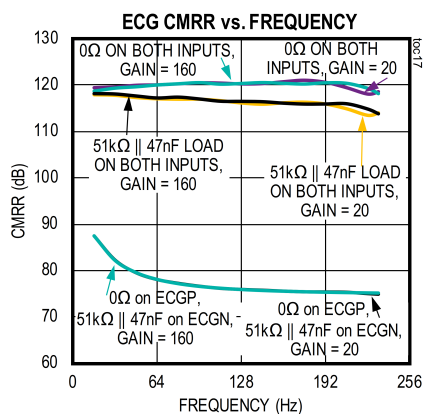
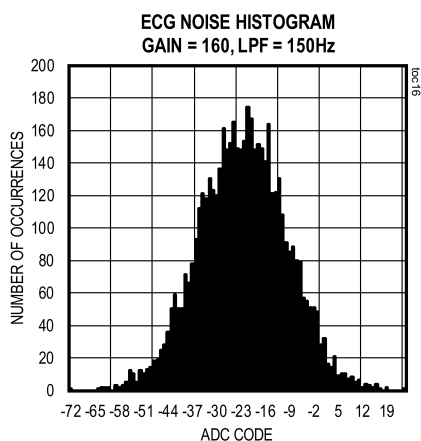
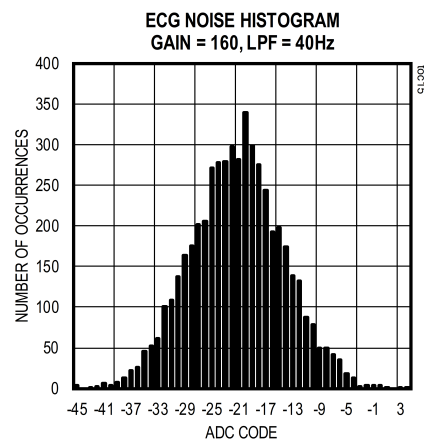
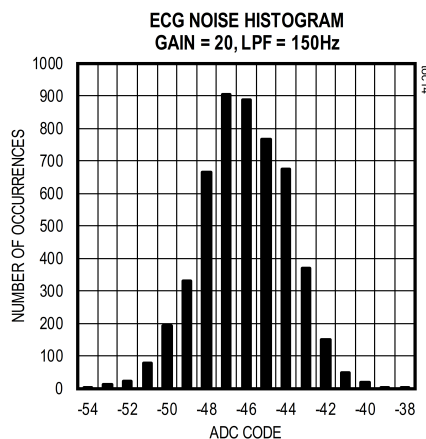
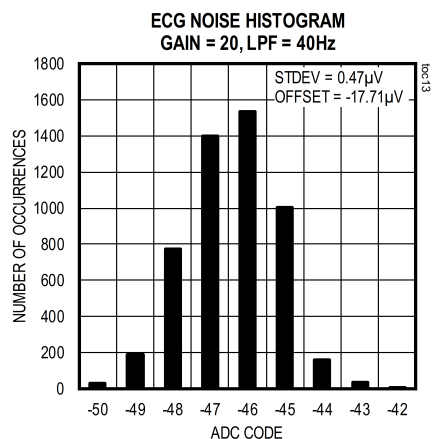
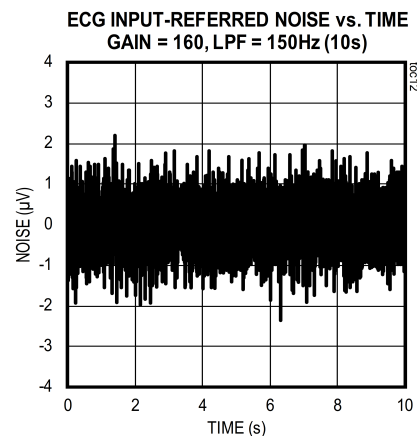
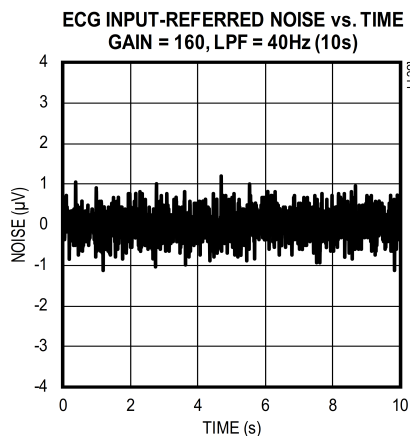
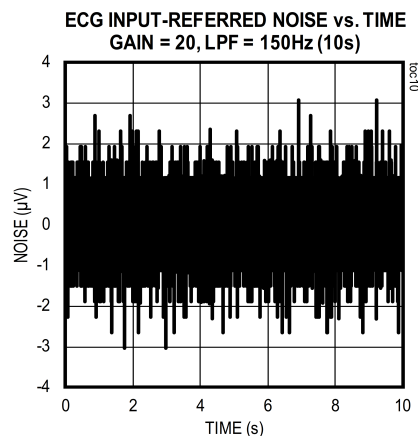
(特に指定のない限り、 $V_{DD} = V_{AVDD} = 1.8V$ 、 $V_{OVDD} = 2.5V$ 、 $T_A = +25^{\circ}C$ 。)



# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

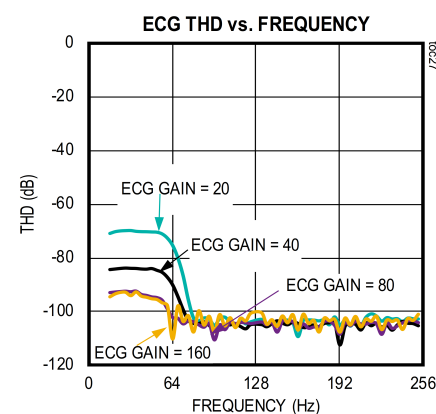
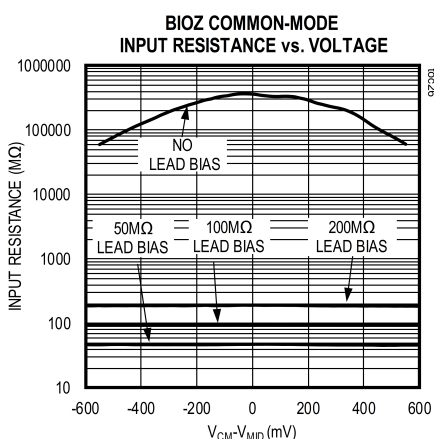
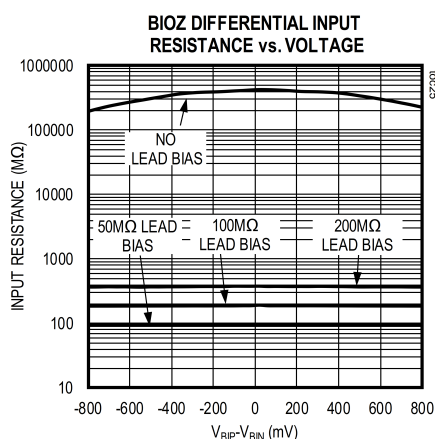
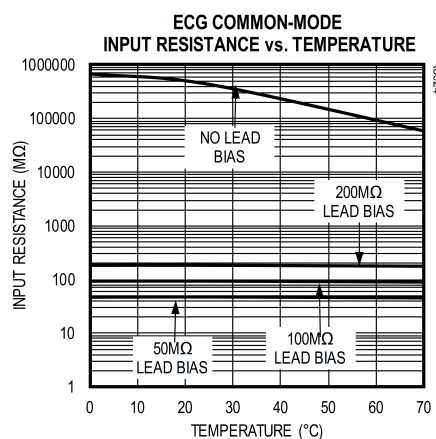
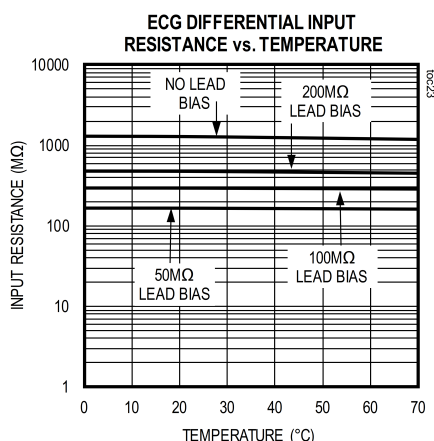
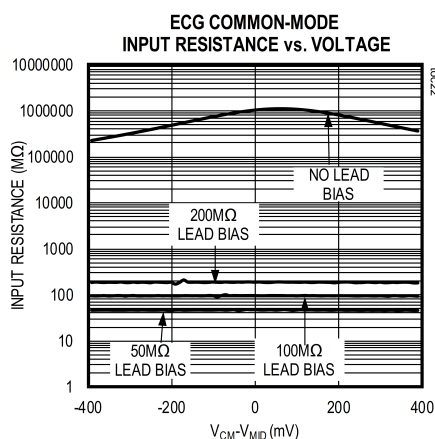
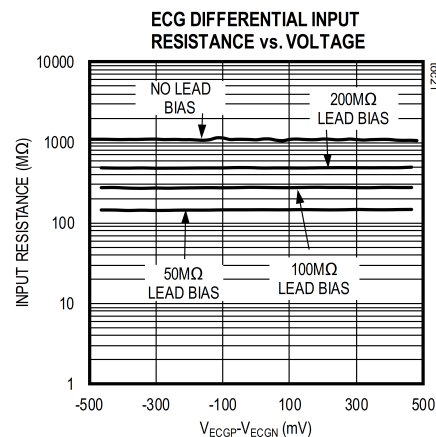
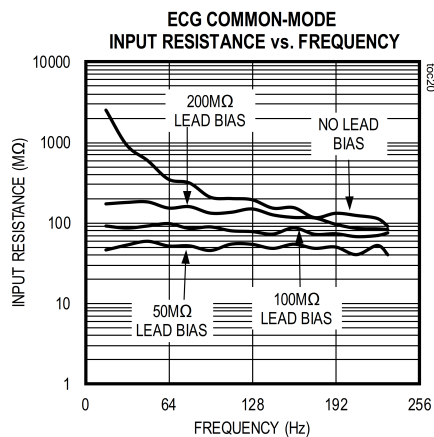
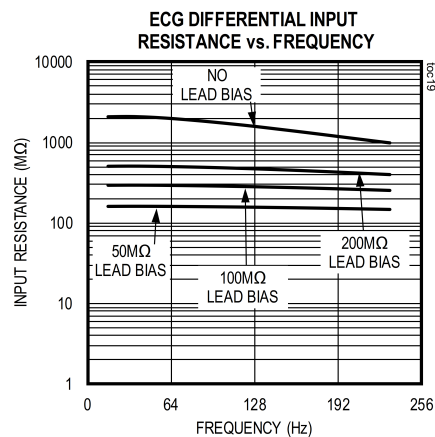
## 標準動作特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DD} = V_{AVDD} = 1.8V$ 、 $V_{OVD} = 2.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)



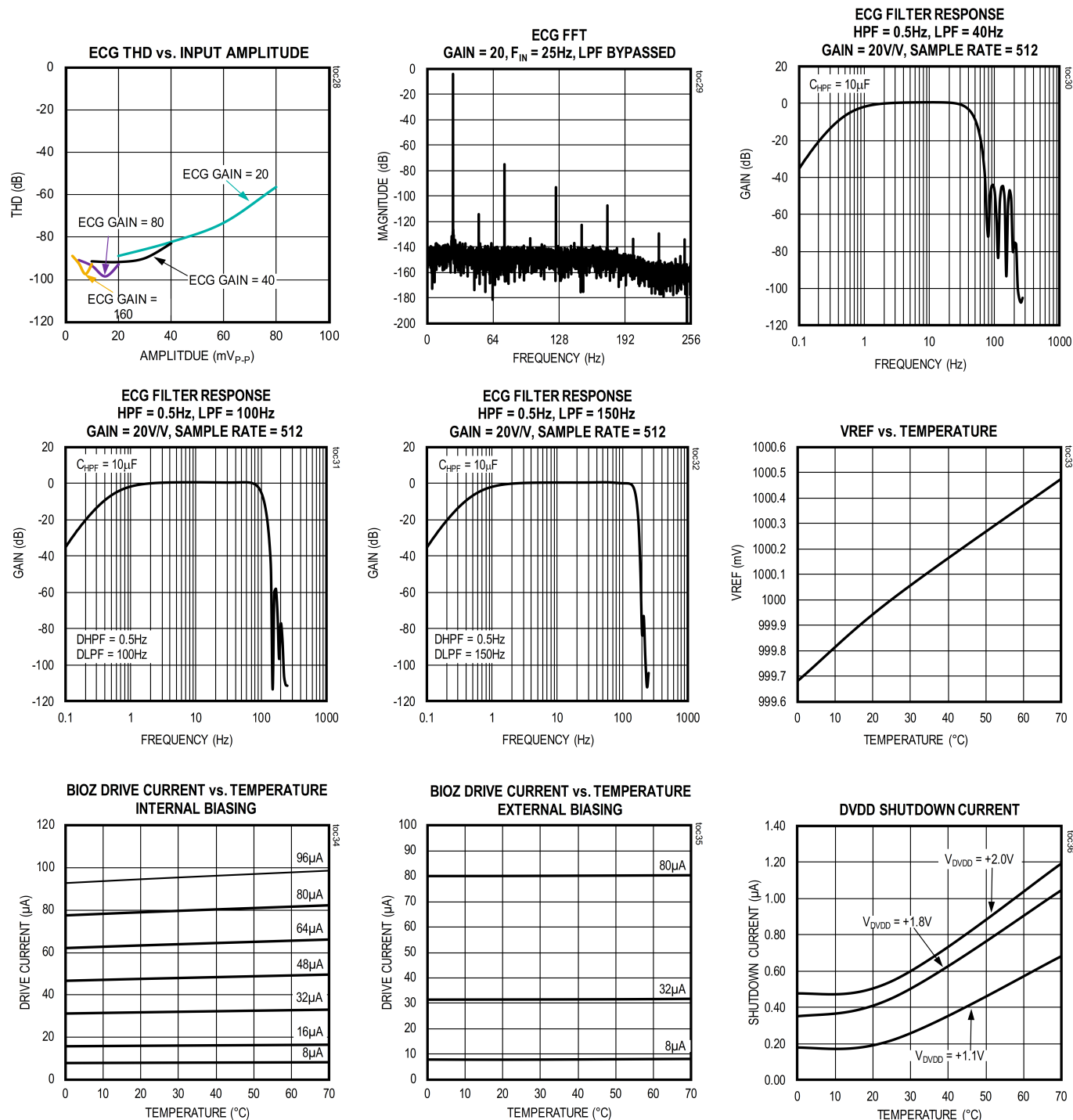
## 標準動作特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = 1.8V$ 、 $V_{OVDD} = 2.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)



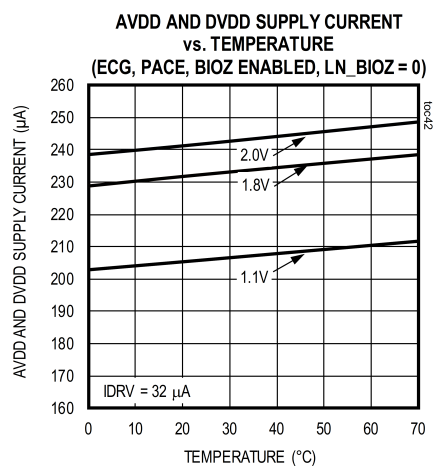
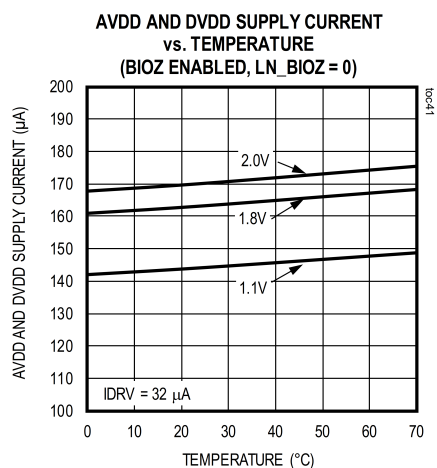
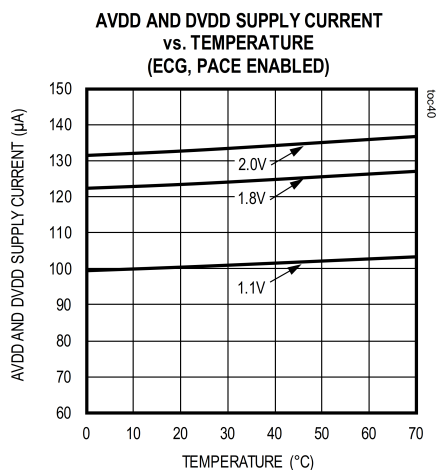
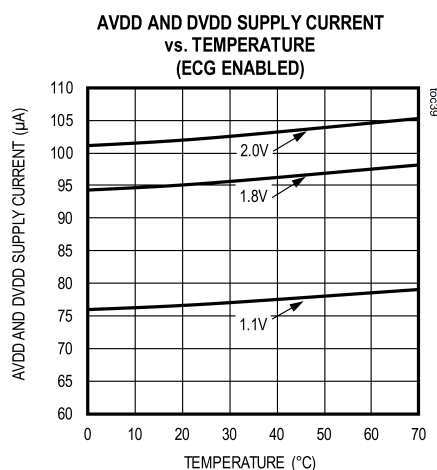
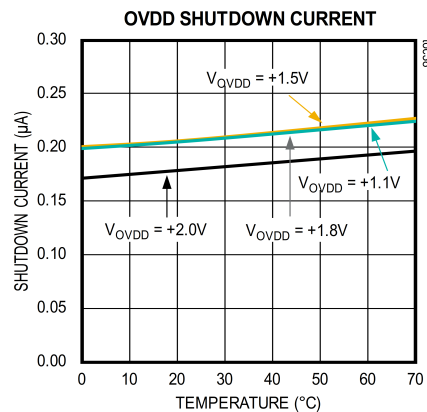
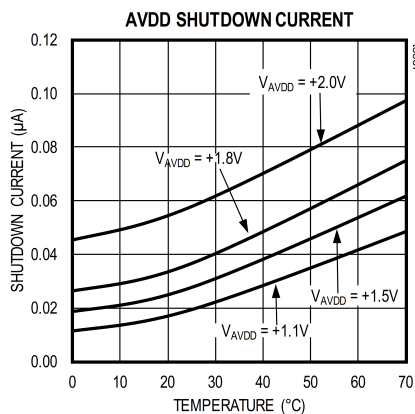
## 標準動作特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DD} = V_{AVDD} = 1.8V$ 、 $V_{OVDD} = 2.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)



## 標準動作特性 (続き)

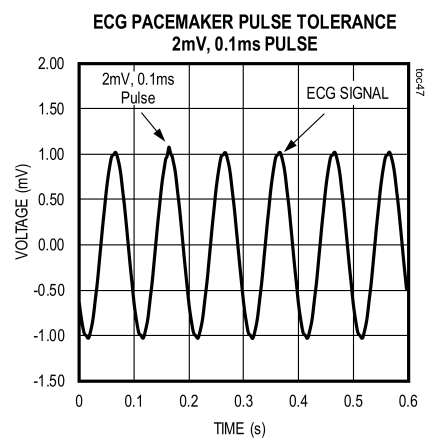
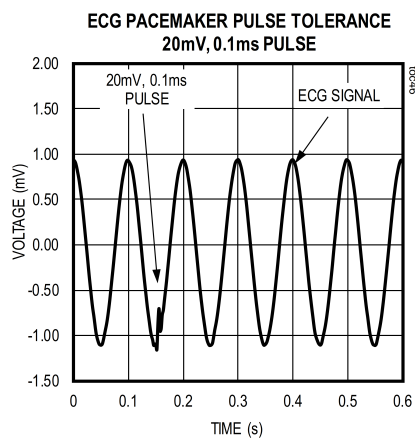
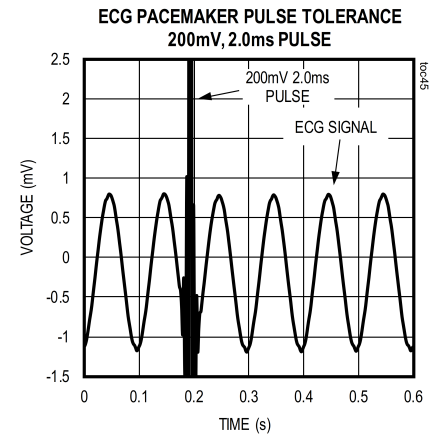
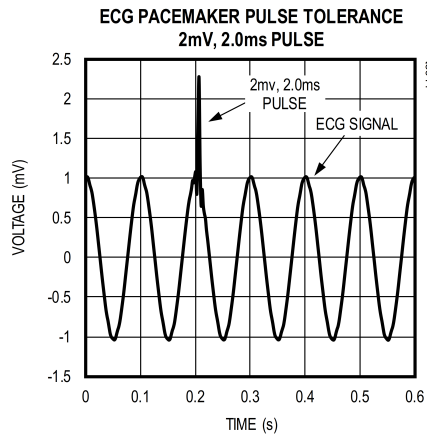
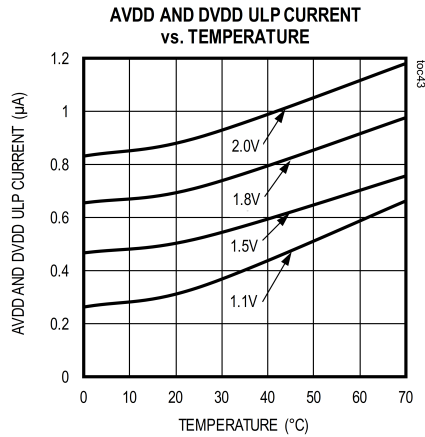
(特に指定のない限り、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = 1.8V$ 、 $V_{OVDD} = 2.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)



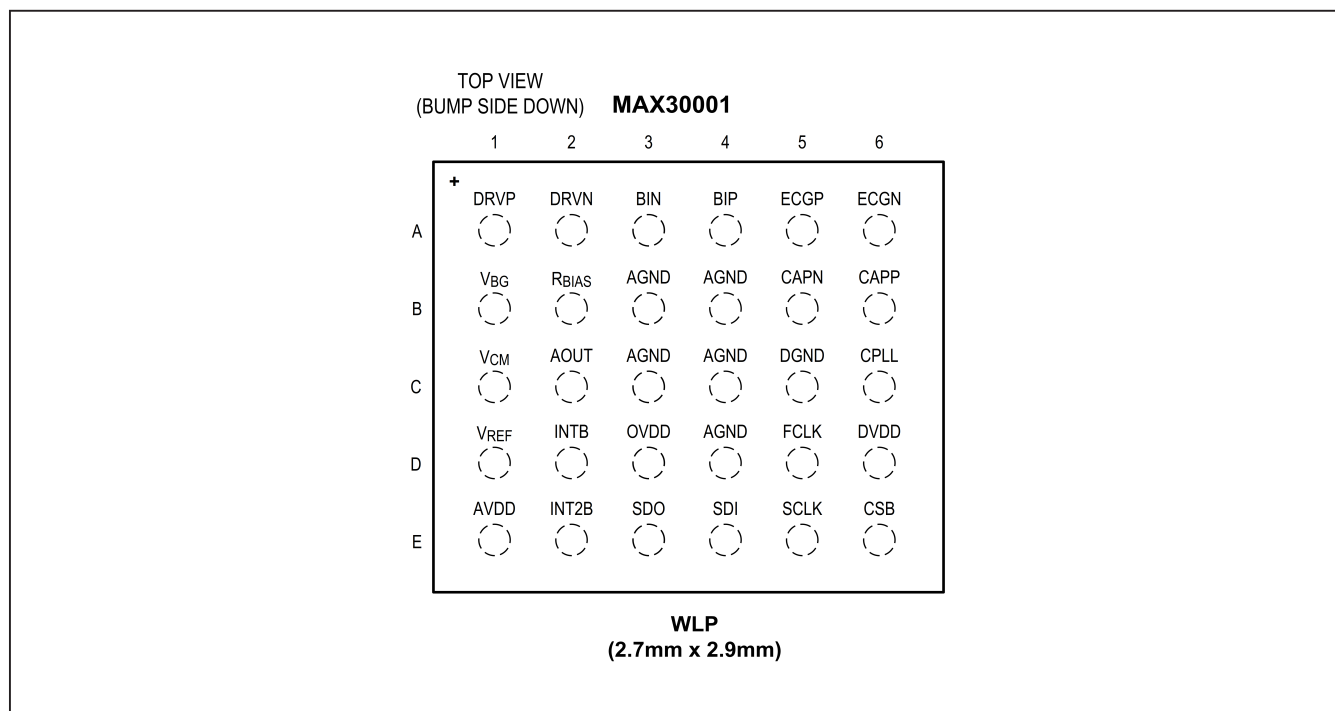


### 標準動作特性 (続き)

(特に指定のない限り、 $V_{DVDD} = V_{AVDD} = 1.8V$ 、 $V_{OVDD} = 2.5V$ 、 $T_A = +25^{\circ}C$ 。)



## ピン配置



## 端子説明

| BUMP               | 名称                | 説明                                                                                                                                                     |
|--------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| WLP                |                   |                                                                                                                                                        |
| A1                 | DRVP              | 生体インピーダンス励起用の正出力電流源。端子と電極の間に直列コンデンサが必要です。                                                                                                              |
| A2                 | DRVN              | 生体インピーダンス励起用の負出力電流源。端子と電極の間に直列コンデンサが必要です。                                                                                                              |
| A3                 | BIN               | 生体インピーダンス負入力。                                                                                                                                          |
| A4                 | BIP               | 生体インピーダンス正入力。                                                                                                                                          |
| A5                 | ECGP              | ECG 正入力。                                                                                                                                               |
| A6                 | ECGN              | ECG 負入力。                                                                                                                                               |
| B1                 | V <sub>BG</sub>   | バンドギャップ・ノイズ・フィルタ出力。V <sub>BG</sub> と AGND の間に 1.0μF X7R のセラミック・コンデンサを接続します。                                                                            |
| B2                 | R <sub>BIAS</sub> | 外付け抵抗バイアス。R <sub>BIAS</sub> と AGND の間に低温度係数の抵抗を接続します。外部バイアス発生器を使用しない場合、R <sub>BIAS</sub> をフロート状態のままにしておくことができます。                                       |
| B3, B4, C3, C4, D4 | AGND              | アナログ電源およびリファレンスのグラウンド。プリント基板のグラウンド・プレーンに接続します。                                                                                                         |
| B5                 | CAPN              | アナログ・ハイパス・フィルタ入力。CAPP と CAPN の間に 1μF X7R コンデンサ (C <sub>HPF</sub> ) を接続し、ECG チャンネルに 0.5Hz のハイパス応答を形成します。ECG 信号経路の直線性を向上させるために、高電圧定格 (25V) のコンデンサを選択します。 |

## 端子説明 (続き)

| BUMP<br>WLP | 名称               | 説明                                                                                                                                                     |
|-------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B6          | CAPP             | アナログ・ハイパス・フィルタ入力。CAPP と CAPN の間に 1 $\mu$ F X7R コンデンサ ( $C_{HPF}$ ) を接続し、ECG チャンネルに 0.5Hz のハイパス応答を形成します。ECG 信号経路の直線性を向上させるために、高電圧定格 (25V) のコンデンサを選択します。 |
| C1          | V <sub>CM</sub>  | コモンモード・バッファ出力。V <sub>CM</sub> と AGND の間に 10 $\mu$ F X5R のセラミック・コンデンサを接続します。                                                                            |
| C2          | AOUT             | ペース・チャンネルのアナログ出力電圧。信号経路のどこで AOUT に出力するかを設定可能。                                                                                                          |
| C5          | DGND             | デジタル・コアと I/O パッド・ドライバの両方のデジタル・グラウンド。AGND プレーンへ接続することを推奨します。                                                                                            |
| C6          | CPLL             | PLL ループ・フィルタ入力。CPLL と AGND の間に 1nF C0G のセラミック・コンデンサを接続します。                                                                                             |
| D1          | V <sub>REF</sub> | ADC リファレンス・バッファ出力。V <sub>REF</sub> と AGND の間に 10 $\mu$ F X7R のセラミック・コンデンサを接続します。                                                                       |
| D2          | INTB             | 割込み出力。INTB はアクティブ・ローのステータス出力です。外部デバイスの割込みに使用できます。                                                                                                      |
| D3          | OVDD             | ロジック・インターフェースの電源電圧。                                                                                                                                    |
| D5          | FCLK             | 内蔵デルタシグマ・コンバータとデシメータのサンプリングを制御する外付けの 32.768kHz クロック。                                                                                                   |
| D6          | DVDD             | デジタル・コアの電源電圧。AVDD に接続します。                                                                                                                              |
| E1          | AVDD             | アナログ・コアの電源電圧。DVDD に接続します。                                                                                                                              |
| E2          | INT2B            | 割込み 2 出力。INT2B はアクティブ・ローのステータス出力です。外部デバイスの割込みに使用できます。                                                                                                  |
| E3          | SDO              | シリアル・データ出力。CSB がローの時、SDO は SCLK の立下がりエッジで状態が変化します。CSB がハイの時、SDO はスリーステートになります。                                                                         |
| E4          | SDI              | シリアル・データ入力。CSB がローの時、SDI は SCLK の立上がりエッジでデバイスにサンプリングされます。                                                                                              |
| E5          | SCLK             | シリアル・クロック入力。CSB がローの時、シリアル・インターフェースのデータをクロック入力／出力します。                                                                                                  |
| E6          | CSB              | アクティブ・ローのチップ・セレクト入力。シリアル・インターフェースをイネーブルします。                                                                                                            |

## 詳細

### ECG チャンネル

図 2 は、ADC を除いた、ECG チャンネルのブロック図を示しています。このチャンネルは、入力 MUX、高速回復計装アンプ、アンチエイリアシング・フィルタ、プログラマブル・ゲイン・アンプから構成されています。入力 MUX には、ESD 保護、EMI フィルタ除去、リード・バイアス、リードオフ・チェック、超低消費電力のリードオン・チェックなどの機能があります。このアナログ・チャンネルの出力は、18 ビットのデルタシグマ ADC を駆動します。

### 入力 MUX

図 3 に示す ECG 入力 MUX には、ESD および EMI 保護、DC リードオフ検出電流源、リードオン検出、直列絶縁スイッチ、リード・バイアス、およびチャンネルの内部セルフテストを可能にするプログラマブル・キャリブレーション電圧源が統合されています。

### EMI フィルタ除去と ESD 保護

ECGP および ECGN 入力の EMI フィルタ除去は、単極、ローパス、差動、およびコモンモードのフィルタで構成されており、極は約 32MHz にあります。また、ECGP および ECGN 入力には、ESD イベントから入力を保護するための入力クランプもあります。

- IEC61000-4-2 ESD で規定された接触放電方式にて $\pm 8\text{kV}$
- IEC61000-4-2 ESD で規定された気中放電方式にて $\pm 15\text{kV}$
- IEC61000-4-2 ESD 保護として、ECGP と ECGN には $\pm 8\text{kV}$  のサージ電圧に耐える  $1\text{k}\Omega$  の直列抵抗を使用。

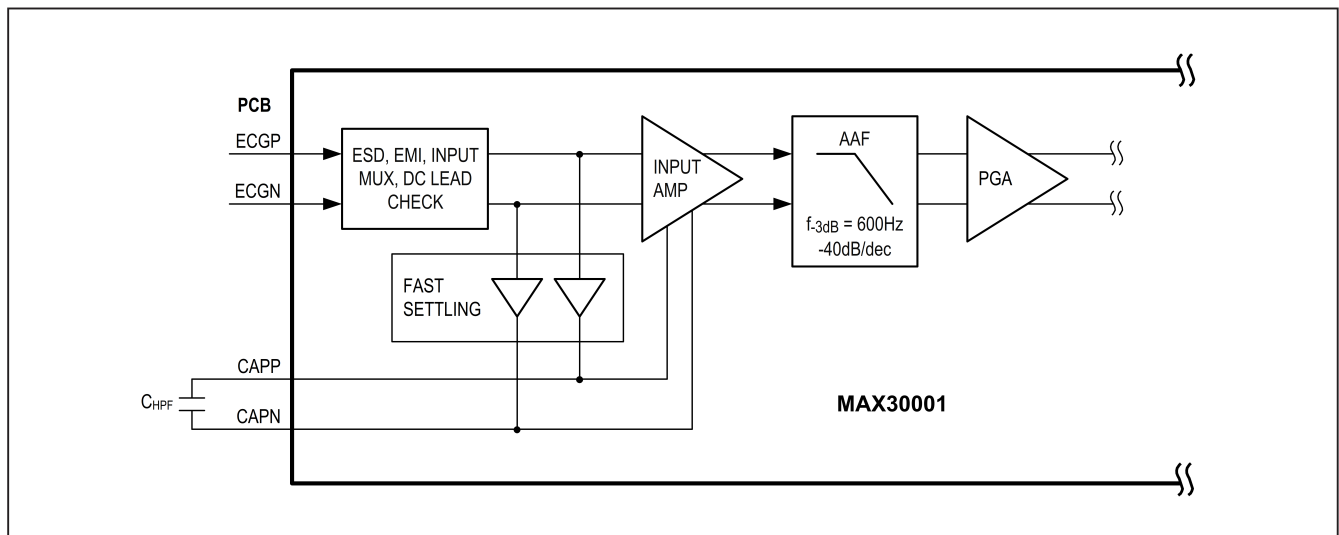


図 2. ECG チャンネルの入力アンプと PGA (ADC を除く)

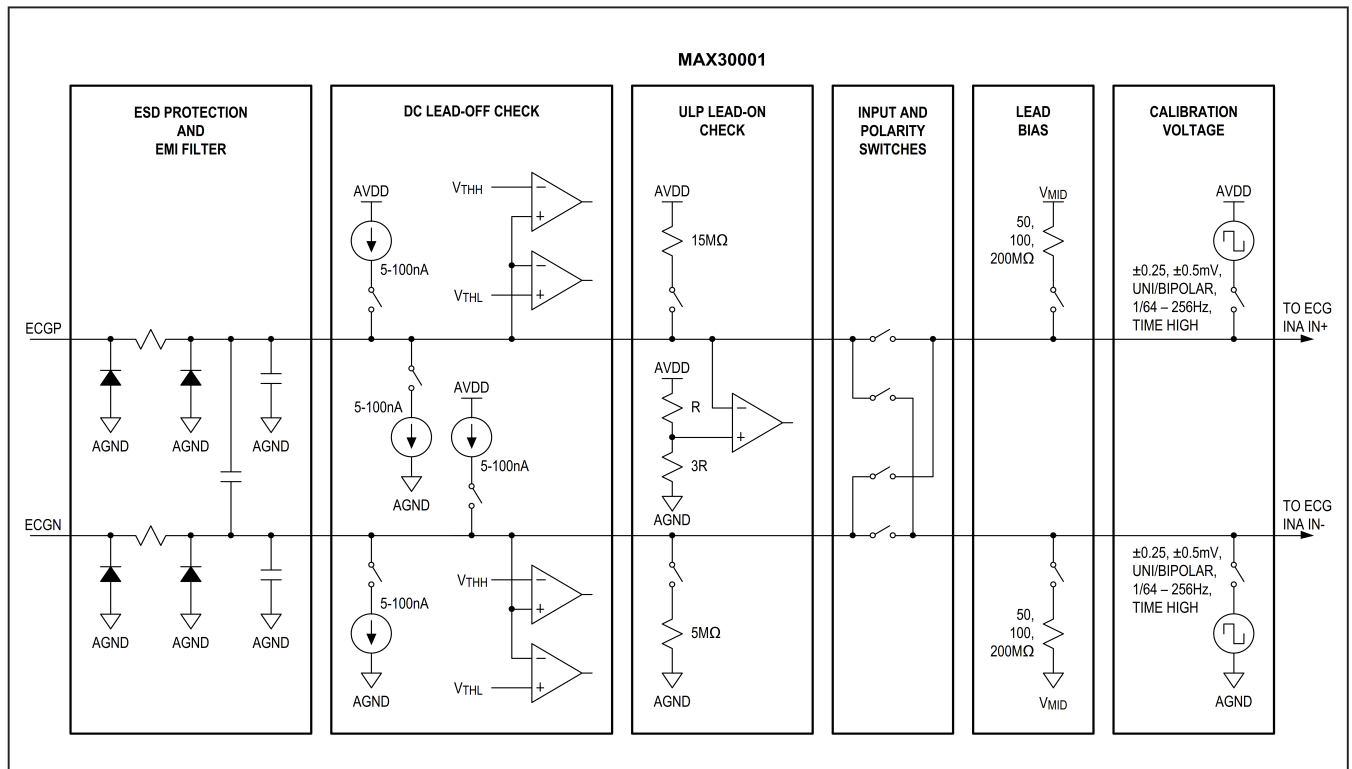


図 3. ECG の入力 MUX

## DC リードオフ検出と ULP リードオン検出

入力MUXのリードオフ検出回路は、プログラマブルなシンク/ソース DC 電流源で構成され、チャンネルが通常動作でパワーアップしている時は DC リードオフ検出、チャンネルがパワーダウンしている時は超低消費電力 (ULP) のリードオン検出が可能です。

MAX30001 は、ECG 入力電圧を  $V_{MID} + V_{TH}$  以上または  $V_{MID} - V_{TH}$  以下にプルアップする DC 電流を印加することで、DC リードオフ検出を実現します。電流源は、0nA、5nA、10nA、20nA、50nA、100nA から選択可能で、乾式および湿式電極のインピーダンス範囲をカバーできます。スレッシュホールドは、 $V_{MID} \pm 300mV$  (推奨)、 $V_{MID} \pm 400mV$ 、 $V_{MID} \pm 450mV$ 、 $V_{MID} \pm 500mV$  をサポートしています。400mV、450mV、500mV のスレッシュホールドは、それぞれ  $V_{AVDD} \geq 1.45V$ 、1.55V、1.65V の時にのみ使用する必要があります。ダイナミック・コンパレータは、入力アンプや入力チョッピングによって発生する誤動作から保護します。コンパレータは、LDOFF\_xx の割込みフラグのいずれかをアサートする前に、FMSTR[1:0] の設定に応じて 115ms~140ms の最小連続違反 (またはスレッシュホールド超過) をチェックします (図 4)。設定については CNFG\_GEN (0x10) と CNFG\_EMUX (0x14) のレジスタを参照してください。また、電極の種類と電源電圧に応じた推奨値については表 1 を参照してください。DC リードオフ検出が不要な場合は、0nA の設定を  $V_{MID} \pm 300mV$  のスレッシュホールドと併用して、INA の入力コンプライアンスをモニタすることもできます。

ULP リードオン検出は、ECGN を  $5M\Omega$  以上の抵抗でローにプルダウンし、ECGP を  $15M\Omega$  以上の抵抗でハイにプルアップすることで動作します。低消費電力コンパレータは、両方の電極が身体に接触した時に、予め設定されたスレッシュホールドよりも ECGP が低くなったかどうかを判断します。ECGP と ECGN の間のインピーダンスが  $40M\Omega$  未満になると、LONINT 割込みがアサートされ、 $\mu C$  にリードオン状態を警告します。

## リード・バイアス

MAX30001 は、ECGP および ECGN の DC 入力コモンモード電圧範囲を  $V_{AVDD} = 1.1V$  で  $V_{MID} \pm 150mV$ 、 $V_{AVDD} = 1.8V$  で  $V_{MID} \pm 550mV$  (代表値) に制限します。この範囲は、外部/内部のいずれかのリード・バイアスによって維持できます。

内部の DC リード・バイアスは、電極を駆動する  $V_{MID}$  に接続された  $50M\Omega$ 、 $100M\Omega$ 、または  $200M\Omega$  の選択可能な抵抗器で構成され、電極を ECG チャンネルの入力コモンモード条件内で駆動し、接続された身体を適切なコモンモード電圧レベルに駆動することが可能です。設定については、CNFG\_GEN (0x10) レジスタを参照してください。

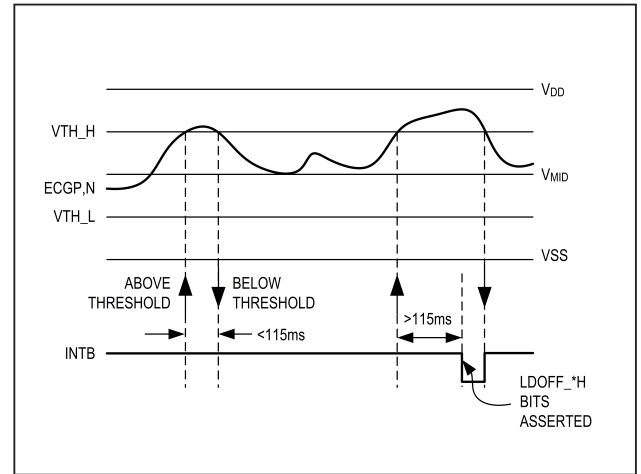


図 4. リードオフ検出動作

オプションで、IEC 60601-1:2005, 8.7.3 に従って身体への電流を制限するために  $200k\Omega$  以上の抵抗を介して  $V_{CM}$  を身体上の電極に接続することで、身体をコモンモード電圧に駆動するための身体バイアスとして  $V_{CM}$  を使用できます。こうした場合、 $V_{MID}$  への内部リード・バイアス抵抗はディスエーブルできます。

## 絶縁スイッチと極性スイッチ

MAX30001 の直列スイッチは、ECGP 端子と ECGN 端子を内部の信号経路から絶縁して、モニタ対象から切り離します。直列スイッチは、デフォルトではディスエーブルに設定されています。ECG を記録するには、これらをイネーブルにする必要があります。また、極性スイッチもあり、ECGP がマイナスの INA 入力に、ECGN がプラスの INA 入力になるように入力が入れ替わります。

## キャリブレーション用電圧源

ECG チャンネルには  $\pm 0.25mV$  ( $0.5mV_{P-P}$ ) または  $\pm 0.5mV$  ( $1.0mV_{P-P}$ ) を入力するキャリブレーション用電圧源があり、周波数とデューティ・サイクルを設定できます。電圧源は、 $V_{MID}$  に対してユニポーラ/バイポーラにできます。

図 5 は、キャリブレーション波形の例を示しています。周波数は  $15.625mHz \sim 256Hz$  を 4 倍刻みで選択でき、パルス幅は  $30.5\mu s \sim 31.723ms$ 、デューティ・サイクルは 50% です。信号は、シングルエンド、差動、コモンモードのいずれかを選択できます。この柔軟性により、ECG 信号経路に対するエンド to エンドのチャンネル・テストが可能になります。

デバイスを被験者に接続してキャリブレーション電圧源を印加する際には、被験者に信号を送らないように、直列入力スイッチを切り離す必要があります。設定については、CNFG\_CAL (0x12) と CNFG\_EMUX (0x14) のレジスタを参照してください。

表 1. 電極インピーダンスに対する推奨リード・バイアス、電流源値、およびスレッシュホールド

| $I_{DC}$ $V_{TH}$ | ELECTRODE IMPEDANCE                                              |                               |                               |                             |                           |                                                                                            |                                                                                            |                             |
|-------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|                   | <100k $\Omega$                                                   | 100k $\Omega$ – 200k $\Omega$ | 200k $\Omega$ – 400k $\Omega$ | 400k $\Omega$ – 1M $\Omega$ | 1M $\Omega$ – 2M $\Omega$ | 2M $\Omega$ – 4M $\Omega$                                                                  | 4M $\Omega$ – 10M $\Omega$                                                                 | 10M $\Omega$ – 20M $\Omega$ |
| $I_{DC} = 10nA$   | All settings of $R_b$<br>$V_{TH} = V_{MID} \pm 300mV, \pm 400mV$ |                               |                               |                             |                           |                                                                                            |                                                                                            |                             |
| $I_{DC} = 20nA$   | All settings of $R_b$<br>All settings of $V_{TH}$                |                               |                               |                             |                           |                                                                                            | All settings of $R_b$<br>$V_{TH} = V_{MID}$<br>$\pm 400mV,$<br>$\pm 450mV,$<br>$\pm 500mV$ |                             |
| $I_{DC} = 50nA$   | All settings of $R_b$<br>All settings of $V_{TH}$                |                               |                               |                             |                           |                                                                                            | All settings of $R_b$<br>$V_{TH} = V_{MID}$<br>$\pm 450mV,$<br>$\pm 500mV$                 |                             |
| $I_{DC} = 100nA$  | All settings of $R_b$<br>All settings of $V_{TH}$                |                               |                               |                             |                           | All settings of $R_b$<br>$V_{TH} = V_{MID}$<br>$\pm 400mV,$<br>$\pm 450mV,$<br>$\pm 500mV$ |                                                                                            |                             |

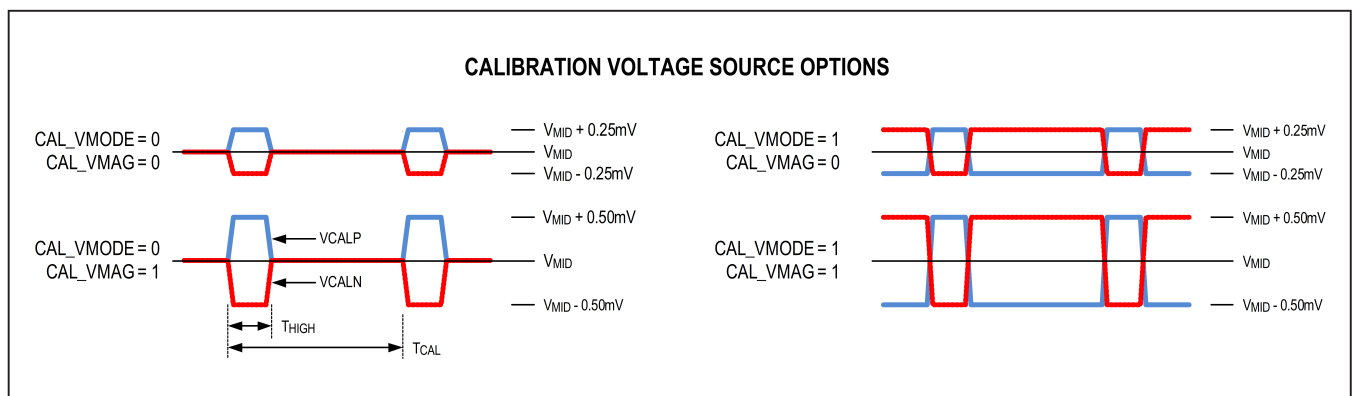


図 5. キャリブレーション用電圧源のオプション

ゲイン設定、入力範囲、フィルタ処理

本デバイスの ECG チャンネルには入力計装アンプが組み込まれており、差動信号の低ノイズ固定ゲイン増幅 (ゲイン=20)、電極の分極による差動 DC 電圧の除去、主に AC 電源干渉による同相干渉の除去などの機能を備え、また、電極のインピーダンス不整合が大きい場合でも高い CMRR を確保するための高入力インピーダンスとなっています。(図 2 参照)。差動 DC 除去のコーナ周波数は、CAPP と CAPN の端子間の外付けコンデンサ (C<sub>HPF</sub>) によって設定します (適切な値の選択については、表 2 を参照)。カットオフ周波数には、5Hz、0.5Hz、0.05Hz の 3 つの推奨オプションがあります。カットオフ周波数を 5Hz に設定すると、ECG 波形の品質が劣化しますが、モーション・アーチファクトをほとんど除去することができ、心拍数モニタリングに最適です。中程度のモーション・アーチファクト除去でより堅実な ECG 波形を必要とする携帯用途では、0.5Hz を推奨します。ECG 波形の品質を重視し、モーション・アーチファクトの除去が不十分でもかまわない患者モニタリングの用途では、0.05Hz を選択します。ハイパスのコーナ周波数は次式で計算します。

$$1/(2\pi \times R_{HPF} \times C_{HPF})$$

R<sub>HPF</sub> は電気的特性の表で仕様規定されています。計装アンプの次段には、2 極のアクティブ・アンチエイリアス・フィルタ (-3dB 周波数が 600Hz) があり、変調器のサンプリング・レート (約 16kHz) で 57dB の減衰を実現します。また、1、2、4、8V/V に設定可能なゲインを持つ PGA により、全体のゲインを 20、40、80、160V/V に設定できます。計装アンプと PGA は、オフセットと 1/f ノイズを最小にするためにチョップされます。ゲインは、CNFG\_ECG (0x15) レジスタで設定します。使用可能なコモンモード範囲は、V<sub>AVDD</sub> = 1.1V で V<sub>MID</sub>±150mV、V<sub>AVDD</sub> = 1.8V で V<sub>MID</sub>±550mV (代表値) です。この要求を満たすために、内部リード・バイアスを使用できます。使用可能な DC 差動範囲は、各電極の分極電圧を考慮して、V<sub>AVDD</sub> = 1.1V で ±300mV、V<sub>AVDD</sub> = 1.8V で ±650mV (代表値) です。入力 AC の差動範囲は、±32.5mV、つまり 65mV<sub>P-P</sub> です。

ECG サンプルの電圧への変換

ECG サンプルは 18 ビット左詰め (2 の補数フォーマット) で記録されます。符号付き絶対値フォーマットへの変換後、ECG 入力電圧は次式で計算されます。

$$V_{ECG} \text{ (mV)} = \text{ADC} \times V_{REF} / (2^{17} \times \text{ECG\_GAIN})$$

ここで、ADC は符号付き絶対値フォーマットの ADC カウント、V<sub>REF</sub> は 1000mV (代表値) (電気的特性のセクションを参照)、ECG\_GAIN は 20V/V、40V/V、80V/V、160V/V (CNFG\_ECG (0x15) で設定) です。

高速回復モード

入力計装アンプは、除細動パルス、高電圧外部ペーシング、電気手術の干渉などの過大なオーバードライブ・イベントから迅速に回復する機能を備えています。回復には、自動回復と手動回復の 2 つのモードがあります。これらのモードは、MNGR\_DYN (0x05) レジスタの FAST[1:0] ビットで設定します。

表 2. ECG アナログ HPF のコーナ周波数

| C <sub>HPF</sub> | HPF CORNER FREQUENCY |
|------------------|----------------------|
| 0.1μF            | ≤ 5Hz                |
| 1.0μF            | ≤ 0.5Hz              |
| 10μF             | ≤ 0.05Hz             |

表 3. 高速回復モードの回復時間とサンプル数の関係

| SAMPLE RATE (sps) | NUMBER OF SAMPLES | RECOVERY TIME (APPROXIMATE) (ms) |
|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| 512               | 255               | 498                              |
| 256               | 127               | 496                              |
| 128               | 63                | 492                              |
| 500               | 249               | 498                              |
| 250               | 124               | 496                              |
| 125               | 64                | 512                              |
| 200               | 99                | 495                              |
| 199.8             | 99                | 495.5                            |



## 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

自動モードは飽和カウンタが約 125ms ( $t_{SAT}$ ) を超えると作動します。このカウンタは、ADC 出力が対称スレッショルド (MNGR\_DYN (0x05) レジスタの FAST\_TH[5:0] ビットで定義) を初めて超えた時にアクティブになり、ADC 出力が正または負のスレッショルドを超えた時間を積算します。飽和カウンタが 125ms を超えると、高速セトリング・モード (有効な場合) をトリガし、リセットされます。また、ADC 出力が 125ms ( $t_{BLW}$ ) の間連続してスレッショルドを下回った場合、高速セトリング・モードをトリガする前に、飽和カウンタをリセットすることもできます。この機能は、QRS 複合体による誤ったトリガを回避するためのものです。一度トリガされると、高速セトリング・モードは 500ms の間作動します (表 3)。ECG サンプルは、

高速セトリング・モードのアサート時に取得された場合にタグ付けされます (図 6)。

手動モードでは、ホストのマイクロコントローラで実行されているユーザ・アルゴリズムまたは外部刺激入力によって、高速回復モードに入るトリガが生成されます。その後、ホストのマイクロコントローラは、MNGR\_DYN (0x05) レジスタの手動高速回復モードを有効化します。手動の高速回復モードは、自動モードよりもはるかに短い時間で、より敏速に回復できます。そのような例としては、外部の高電圧ペーシング信号からの回復が挙げられ、数ミリ秒で回復するため、それに続く p 波を観測できます。

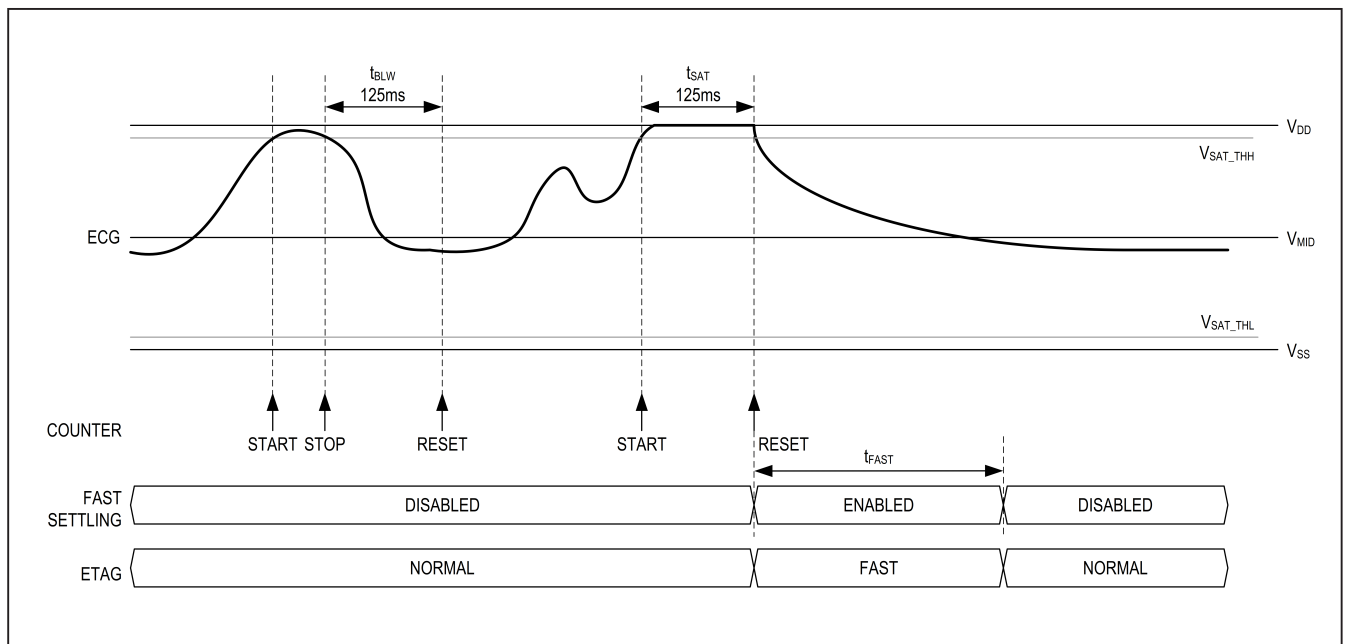


図 6. 自動高速セトリング動作

## デシメーション・フィルタ

デシメーション・フィルタは、データ・レートに対する FIR デシメーション・フィルタと、その後段に、HPF または LPF を実装するためのプログラマブルな IIR および FIR フィルタで構成されます。

ハイパス・フィルタのオプションには、コーナ周波数が 0.4Hz の 1 次 IIR バターワース・フィルタがあり、DC カップリング用にパス・スルーの設定が可能です。ローパス・フィルタのオプションには、12 タップのリニア・フェーズ (群遅延一定、サン

プリング・レートに応じてコーナ周波数は約 40Hz、100Hz、150Hz) があります。フィルタを設定するには、[CNFG\\_ECG \(0x15\)](#) レジスタを参照してください。表 4 は、各 ADC データ・レートにおける ECG 遅延をサンプル数と時間で表しています。

## ノイズの測定

表 5 は、ECG 入力を基準とした、MAX30001 の ECG チャンネルのノイズ性能を示しています。

表 4. ECG 遅延 (サンプル数と時間を単位) と ECG のデータ・レートおよびデシメーションの関係

| ECG CHANNEL SETTINGS   |                        |                  | LATENCY                     |                          |                  |               |
|------------------------|------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------|---------------|
| INPUT SAMPLE RATE (Hz) | OUTPUT DATA RATE (sps) | DECIMATION RATIO | WITHOUT LPF (INPUT SAMPLES) | WITH LPF (INPUT SAMPLES) | WITHOUT LPF (ms) | WITH LPF (ms) |
| 32,768                 | 512                    | 64               | 650                         | 1,034                    | 19.836           | 31.555        |
| 32,000                 | 500                    | 64               | 650                         | 1,034                    | 20.313           | 32.313        |
| 32,768                 | 256                    | 128              | 2,922                       | 3,690                    | 89.172           | 112.610       |
| 32,000                 | 250                    | 128              | 2,922                       | 3,690                    | 91.313           | 115.313       |
| 32,000                 | 200                    | 160              | 1,242                       | 2,202                    | 38.813           | 68.813        |
| 31,968                 | 199.8                  | 160              | 1,242                       | 2,202                    | 38.851           | 68.881        |
| 32,768                 | 128                    | 256              | 3,370                       | 4,906                    | 102.844          | 149.719       |
| 32,000                 | 125                    | 256              | 3,370                       | 4,906                    | 105.313          | 153.313       |

表 5. ECG チャンネルのノイズ性能

| GAIN | BANDWIDTH | NOISE                      |                            | SNR  | ENOB |
|------|-----------|----------------------------|----------------------------|------|------|
| V/V  | Hz        | $\mu\text{V}_{\text{RMS}}$ | $\mu\text{V}_{\text{P-P}}$ | dB   | Bits |
| 20   | 40        | 0.46                       | 3.04                       | 97.7 | 15.9 |
|      | 100       | 0.64                       | 4.20                       | 94.9 | 15.5 |
|      | 150       | 0.77                       | 4.60                       | 93.2 | 15.2 |
| 40   | 40        | 0.40                       | 2.64                       | 92.9 | 15.1 |
|      | 100       | 0.54                       | 3.56                       | 90.3 | 14.7 |
|      | 150       | 0.66                       | 4.34                       | 88.6 | 14.4 |
| 80   | 40        | 0.35                       | 2.31                       | 88.0 | 14.3 |
|      | 100       | 0.50                       | 3.33                       | 84.9 | 13.8 |
|      | 150       | 0.62                       | 4.09                       | 83.1 | 13.5 |
| 160  | 40        | 0.34                       | 2.22                       | 82.4 | 13.4 |
|      | 100       | 0.49                       | 3.24                       | 79.1 | 12.8 |
|      | 150       | 0.61                       | 4.01                       | 77.2 | 12.5 |

## R-R 検出

MAX30001は、Pan-Tompkins QRS検出アルゴリズム\*を応用してR-R間隔を検出するハードウェアを内蔵しています。R-R間隔のタイミング分解能は約 8ms で、CNFG\_GEN (0x10) レジスタのFMSTR[1:0]の設定に依存します。各設定のタイミング分解能については、表 26 を参照してください。

R イベントが識別されると、RRINT ステータス・ビットがアサートされ、RTOR\_REG (0x25) レジスタが前回の R イベントから数えたカウントで更新されます。図 7 は、QRS 複合体の R-R 間隔を示しています。選択の詳細については、CNFG\_RTOR1 (0x1D) および CNFG\_RTOR2 (0x1E) レジスタを参照してください。

RTOR 間隔メモリ・レジスタに書き込まれた R-R 値の遅延は、R-R デシメーション遅延と R-R 検出遅延ブロックの合計になります。R-R デシメーション係数は256に固定され、デシメーション遅延 ( $t_{R2R\_DEC}$ ) は表 6 に示すように常に 3,370FMSTR クロックです。

検出回路は複数のデジタル・フィルタと信号処理遅延で構成されます。これらはCNFG\_RTOR (0x1D) レジスタのWNDW[3:0]ビットに依存します。検出遅延 ( $t_{R2R\_DET}$ ) は、次式で示されます。

$$t_{R2R\_DET} = 5,376 + 256 \times \text{WNDW}$$

(FMSTR クロック数を単位、WNDW は 0~15 の整数)

総遅延 ( $t_{R2R\_DEL}$ ) は 2 つの遅延の合計で、次式で求められます。

$$t_{R2R\_DEL} = t_{R2R\_DEC} + t_{R2R\_DET} = 3,370 + 5,376 + 256 \times \text{WNDW}$$

(FMSTR クロック数を単位、WNDW は 0~15 の整数)

R-R 遅延の合計から ECG 遅延を差し引いたものが、ECG データに対する R-R 値の遅延であり、ECG データ・プロット上に最初の R-R 値を配置するのに使用できます。R-R 間隔メモリ・レジスタ内の後続の値はそのまま、ECG データ・プロット上で最初の配置を基準にして後続の R-R 値を配置するのに使用できます。

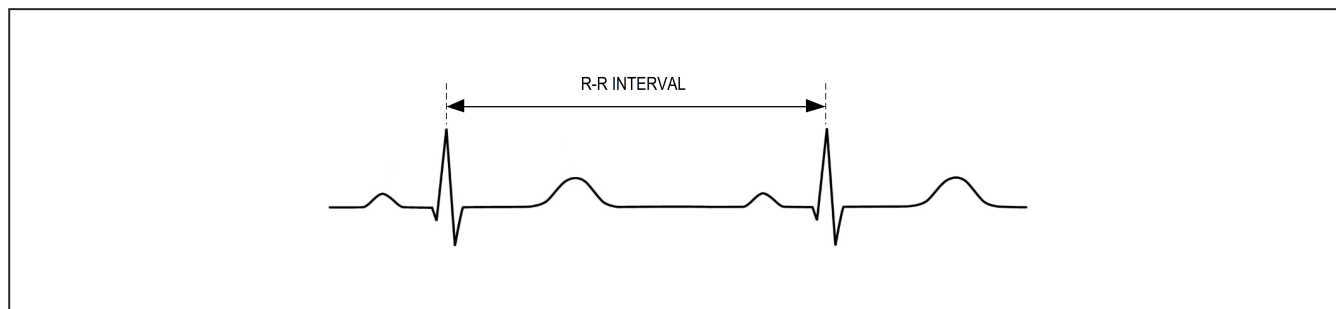


図 7. R-R 間隔

表 6. R-R デシメーション遅延とレジスタ設定の関係

| FMSTR [1:0] | FMSTR FREQ     | FMSTR FREQ (Hz) | DECIMATION | RTOR TIME RESOLUTION (ms) | DELAY IN R-TO-R DECIMATION |         |
|-------------|----------------|-----------------|------------|---------------------------|----------------------------|---------|
|             |                |                 |            |                           | FMSTR CLKs                 | (ms)    |
| 00          | FCLK           | 32,768          | 256        | 7.8125                    | 3370                       | 102.844 |
| 01          | FCLK × 625/640 | 32,000          | 256        | 8.0                       | 3370                       | 105.313 |
| 10          | FCLK × 625/640 | 32,000          | 256        | 8.0                       | 3370                       | 105.313 |
| 11          | FCLK × 640/656 | 31,968.78       | 256        | 8.0078                    | 3370                       | 105.415 |

\*J. Pan and W.J. Tompkins, "A Real-Time QRS Detection Algorithm," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 32, pp. 230-236

## ペース・チャンネル

MAX30001 は最大 3 チャンネルのペースング用にアナログ・ペースのペース検出機能を備えており、ECG サンプルごとに最大 3 つの立上がりおよび立下がりエッジのデータ・ロギングと ECG タグ付けが可能です。設定の選択については CNFG\_PACE (0x1A) レジスタを、ECG FIFO と PACE FIFO の詳細については、ECG FIFO と PACE メモリを参照してください。

EN\_INT (0x02) および EN\_INT2 (0x03) を介して PEDGE をマスク解除し、セルフクリア動作を使用することにより、ペース・エッジ・イベントのリアルタイム・モニタを実現できます (MNGR\_INT (0x04) レジスタの CLR\_PEDGE = 1 を参照)。

生体インピーダンス測定の電流注入率は、電流注入によるグリッチがペース・イベントとして解釈されることを避けるため、ペース検出が有効な場合は 40kHz と 80kHz に制限されます。外

部 A/D コンバータで PACE パルスをデジタル化できるように、AOUT 端子にシングルエンドのアナログ信号が出力されます。ゲイン、ローパスおよびハイパス・フィルタのオプション、および AOUT 信号の選択については、CNFG\_PACE (0x1A) レジスタを参照してください。

## BioZ チャンネル

図 8 は、ADC を除いた、BioZ チャンネルのブロック図を示しています。このチャンネルは、入力 MUX、計装アンプ、ミキサー、アンチエイリアシング・フィルタ、プログラマブル・ゲイン・アンプから構成されています。MUX には、ESD 保護、EMI フィルタ除去、リード・バイアス、リードオフ・チェック、超低消費電力のリードオン・チェックなどの機能が備わっています。このアナログ・チャンネルの出力は、20 ビットのデルタシグマ ADC を駆動します。

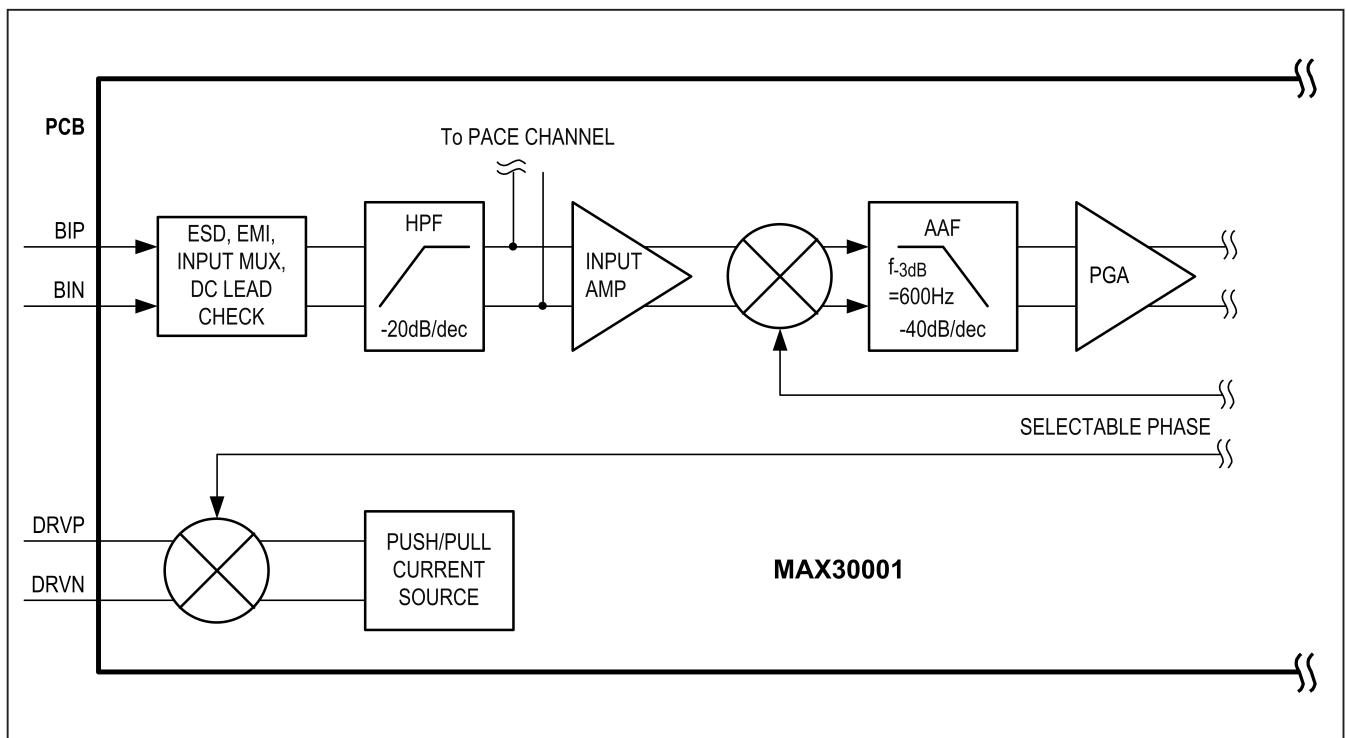


図 8. BioZ チャンネルの入力アンプ、ミキサー、PGA (ADC と電流ドライブ出力を除く)

# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

## 入力 MUX

図 9 に示す BioZ 入力 MUX には、ESD および EMI 保護、DC リードオフ検出電流源およびコンパレータ、リードオン検出、直列絶縁スイッチ、リード・バイアス、ペース・チャンネルの内部セルフテストを可能にするプログラマブル・キャリブレーション電圧源、およびプログラマブル抵抗負荷が統合されています。

## EMI フィルタ除去と ESD 保護

BIP および BIN 入力の EMI フィルタ除去は、単極、ローパス、差動、およびコモンモードのフィルタで構成されており、極は

約 32MHz にあります。また、BIP および BIN 入力には、ESD イベントから入力を保護するための入力クランプもあります。

- IEC61000-4-2 ESD で規定された接触放電方式にて  $\pm 8\text{kV}$
- IEC61000-4-2 ESD で規定された気中放電方式にて  $\pm 15\text{kV}$
- IEC61000-4-2 ESD 保護として、BIP と BIN には  $\pm 8\text{kV}$  のサージ電圧に耐える  $1\text{k}\Omega$  の直列抵抗を使用

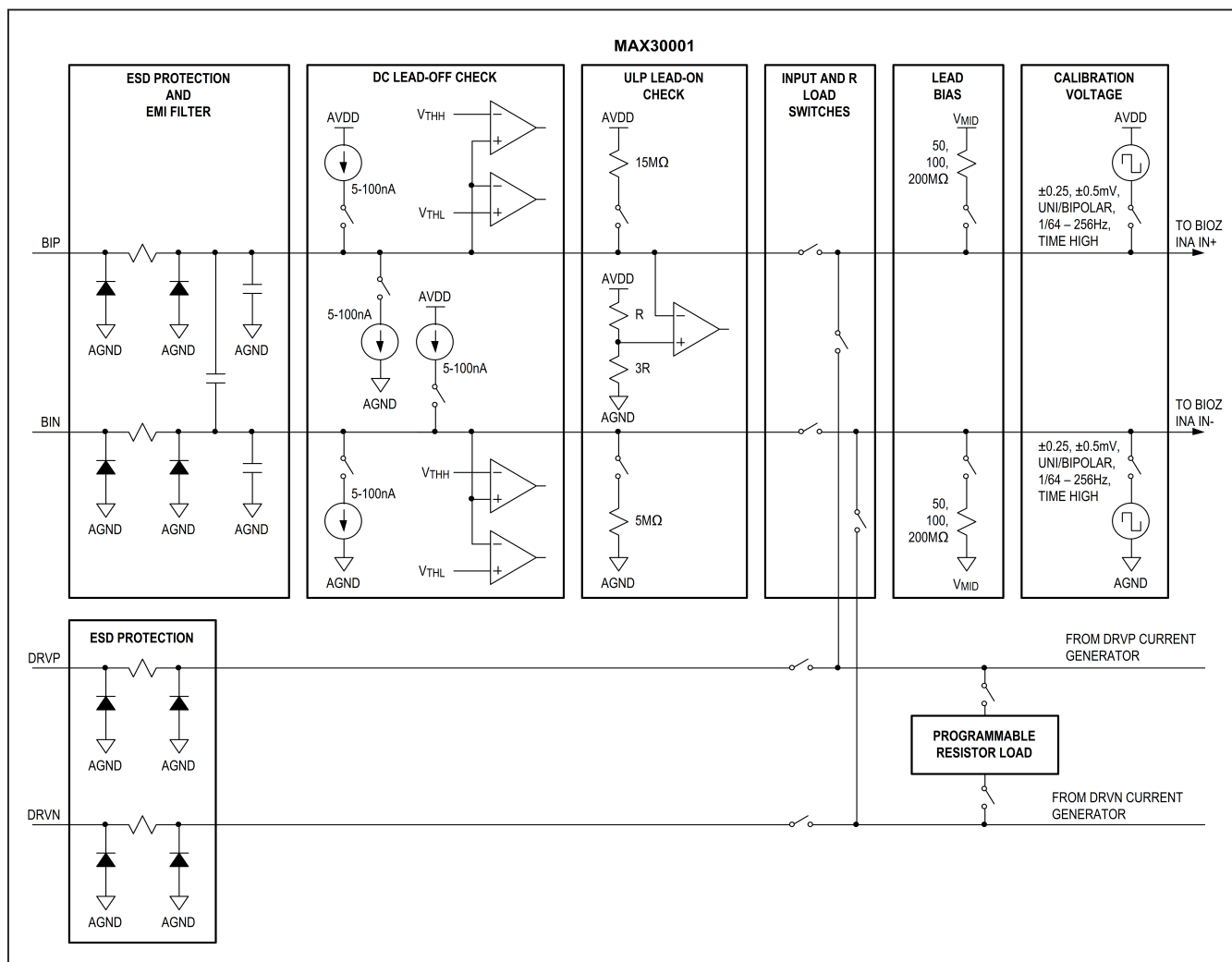


図 9. BioZ の入力 MUX

## リードオフ検出と ULP リードオン検出

MAX30001 は、デジタル・スレッショルドおよびアナログ・スレッショルドの比較により、2 電極および 4 電極構成のリードオフ状況を検出する機能を備えています。BioZ チャンネルのリードオフを検出する方法は 3 つあります。DRV<sub>P</sub> 端子と DRV<sub>N</sub> 端子の電流発生器には、これらの端子の電圧が動作範囲外になったことを検出するコンプライアンス・モニタがあります。CNFG\_BIOZ (0x18) レジスタの BIOZ\_CGMON ビットでこの機能を有効化すると、STATUS (0x01) レジスタの BCGMON、BCGM<sub>P</sub>、BCGM<sub>N</sub> ビットが、DRV<sub>P</sub> 端子と DRV<sub>N</sub> 端子がコンプライアンス違反かどうかを示します。BIP 端子と BIN 端子には、設定可能な DC 電流をシンクまたはソースする DC リードオフ回路 (ECGP 端子と ECGN 端子と同様、ECG の説明を参照) と、この状態を検出するための設定可能なスレッショルドを持ったウィンドウ・コンパレータがあります。BioZ ADC の出力を監視するデジタル AC リードオフ検出機能があり、設定可能な不足電圧と過電圧のレベルによりデジタル的な比較を行います。CNFG\_GEN (0x10) レジスタの EN\_BLOFF ビットでこの機能を有効化し、MN<sub>GR</sub>\_DYN (0x05) レジスタの BLOFF\_HI\_IT[7:0] および BLOFF\_LO\_IT[7:0] ビットで検出用のデジタル・スレッショルドを設定します。検出を行うためのリードオフ条件とレジスタ設定については、表 7 を参照してください。

DC リードオフ検出が不要な場合は、0nA の設定を  $V_{MID} \pm 300mV$  のスレッショルドと併用して、INA の入力コンプライアンスをモニタすることもできます。

ULP リードオン検出は、BIN を  $5M\Omega$  以上の抵抗でローにプルダウンし、BIP を  $15M\Omega$  以上の抵抗でハイにプルアップすることで動作します。低消費電力コンパレータは、両方の電極が身体に接触した時に、予め設定されたスレッショルドよりも BIP が低くなったかどうかを判断します。BIP と BIN の間のインピーダンスが  $40M\Omega$  未満になると、LONINT 割込みがアサートされ、 $\mu C$  にリードオン状態を警告します。

## リード・バイアス

MAX30001 は、BIP および BIN の DC 入力コモンモード電圧範囲を  $V_{AVDD} = 1.1V$  で  $V_{MID} \pm 150mV$ 、 $V_{AVDD} = 1.8V$  で  $V_{MID} \pm 550mV$  (代表値) に制限します。この範囲は、外部または内部のいずれかのリード・バイアスによって維持できます。

内部の DC リード・バイアスは、電極を駆動する  $V_{MID}$  に接続された  $50M\Omega$ 、 $100M\Omega$ 、または  $200M\Omega$  の選択可能な抵抗器で構成され、電極を ECG チャンネルの入力コモンモード条件内で駆動し、接続された身体を適切なコモンモード電圧レベルに駆動することが可能です。設定を選択するには、CNFG\_GEN (0x10) レジスタの EN\_RB<sub>IAS</sub>[1:0]、RB<sub>IASV</sub>[1:0]、RB<sub>IASP</sub>、RB<sub>IASN</sub> ビットを参照してください。

表 7. BioZ リードオフ検出の設定

| CONFIGURATION                               | CONDITION                                | DRV <sub>P</sub> /N | BIP/N                                  | MEASURED SIGNAL                 | REGISTER SETTING TO DETECT                                                                  |
|---------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Two-Electrode (Shared DRV <sub>P</sub> /BI) | 1 Electrode Off                          | Rail to Rail        | Rail to Rail                           | Rail to Rail (Saturated Inputs) | CNFG_GEN (0x10), EN_BLOFF[1:0] = 10 or 11<br>MN <sub>GR</sub> _DYN (0x05), BLOFF_HI_IT[7:0] |
| Four-Electrode (Force/Sense)                | 1 DRV Electrode Off, Large Body Coupling | Rail to Rail        | Normal                                 | ½ Signal                        | CNFG_BIOZ (0x18), BIOZ_CGMON=1                                                              |
|                                             | 1 DRV Electrode Off, Small Body Coupling | Rail to Rail        | Rail to Rail                           | Rail to Rail (Saturated Inputs) | CNFG_GEN (0x10), EN_BLOFF[1:0] = 10 or 11<br>MN <sub>GR</sub> _DYN (0x05), BLOFF_HI_IT[7:0] |
|                                             | 1 BI (sense) Electrode Off               | Normal              | Floating                               | ½ Signal                        | CNFG_GEN (0x10), EN_DCLOFF=10                                                               |
|                                             | Both BIP/N (sense) Electrodes Off        | Normal              | Floating                               | No Signal                       | CNFG_GEN (0x10), EN_BLOFF[1:0] = 01 or 11<br>MN <sub>GR</sub> _DYN (0x05), BLOFF_LO_IT[7:0] |
|                                             | 1 DRV and 1 BI Electrode Off             | Rail to Rail        | Wide Swing, Dependent on Body Coupling | Rail to Rail                    | CNFG_GEN (0x10), EN_BLOFF[1:0] = 10 or 11<br>MN <sub>GR</sub> _DYN (0x05), BLOFF_HI_IT[7:0] |

## 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

オプションで、IEC 60601-1:2005, 8.7.3 に従って身体への電流を制限するために  $200\text{k}\Omega$  以上の抵抗を介して  $V_{CM}$  を身体上の電極に接続することで、身体をコモンモード電圧に駆動するための身体バイアスとして  $V_{CM}$  を使用できます。こうした場合、 $V_{MID}$  への内部リード・バイアス抵抗はディスエーブルできます。ECGP/ECGN 端子が BIP/BIN 端子と共有されている場合は、ECG または BioZ のリード・バイアスを有効化するだけで済みます。

### キャリブレーション用電圧源

BioZ/Pace チャンネルには、周波数とデューティ・サイクルが設定可能な、 $\pm 0.25\text{mV}$  ( $0.5\text{mV}_{P-P}$ ) または  $\pm 0.5\text{mV}$  ( $1.0\text{mV}_{P-P}$ ) を入力するためのキャリブレーション用電圧源があります。電圧源は、 $V_{MID}$  に対してユニポーラ/バイポーラにできます。

図 10 は、キャリブレーション波形の例を示しています。周波数は  $15.625\text{mHz} \sim 256\text{Hz}$  を 4 倍刻みで選択でき、パルス幅は  $30.5\mu\text{s} \sim 31.723\text{ms}$ 、デューティ・サイクルは 50% です。信号は、シングルエンド、差動、コモンモードのいずれかを選択できます。この柔軟性により、ペースの信号経路におけるエンド・ツー・エンドのチャンネル・テストが可能になり、主にペースメーカーのパルス検出の検証に使用されます。

デバイスを被験者に接続してキャリブレーション電圧源を印加する際には、被験者に信号を送らないように、直列入力スイッチを切り離す必要があります。設定については、[CNFG\\_CAL \(0x12\)](#) と [CNFG\\_EMUX \(0x14\)](#) のレジスタを参照してください。

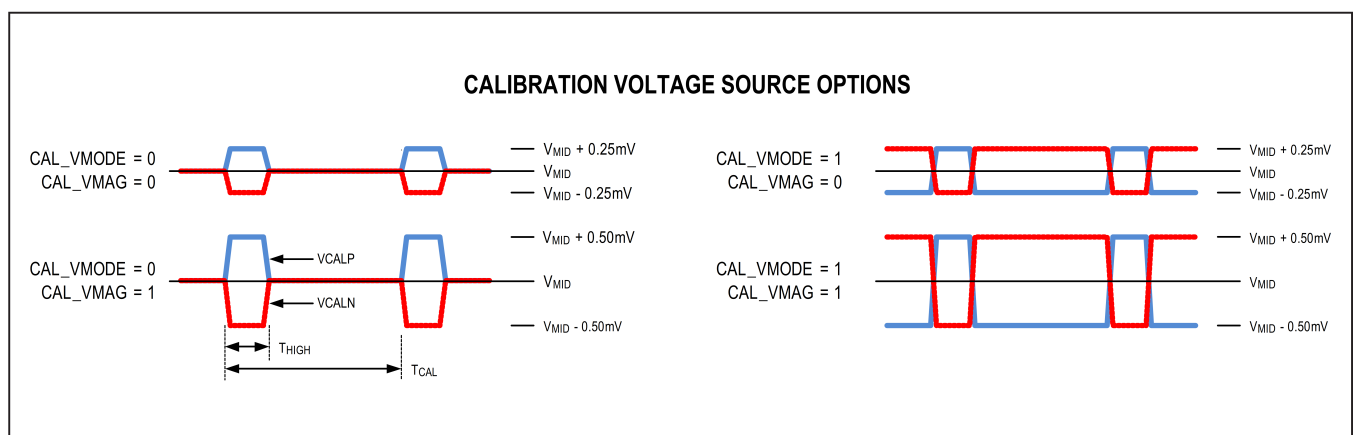


図 10. キャリブレーション用電圧源のオプション

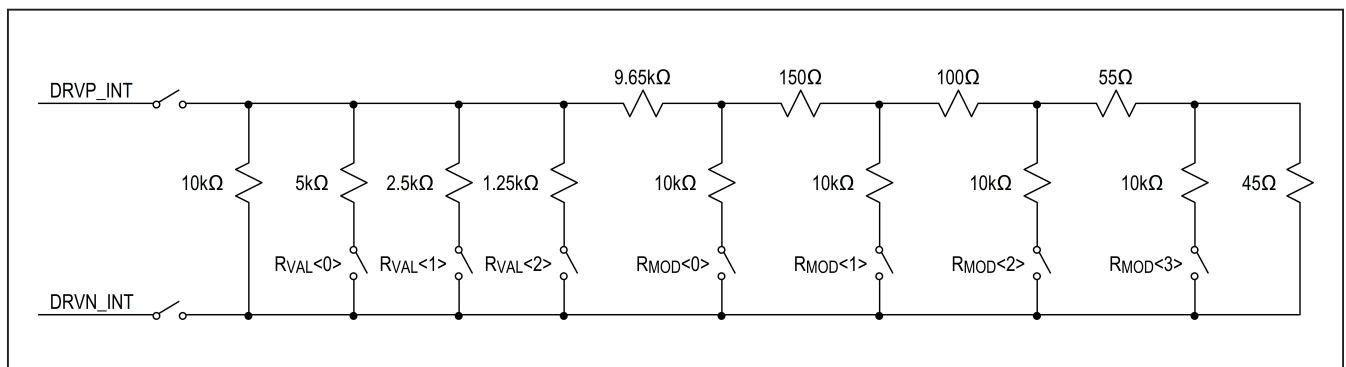


図 11. プログラマブル抵抗負荷の回路

## プログラマブル抵抗負荷

DRVVP/DRVN 端子のプログラマブル抵抗負荷により、電流発生器 (CG) と BioZ チャンネル全体のセルフテストが可能です。実装の詳細については、図 11 を参照してください。

公称抵抗値は、 $5\text{k}\Omega \sim 625\Omega$  の間で変化させることができます。変調抵抗器は、選択した変調率で負荷抵抗を  $R_{\text{NOM}} \sim (R_{\text{NOM}} - R_{\text{MOD}})$  の間で切り替えるために使用します。変調抵抗器は公称抵抗値に依存し、最大の公称抵抗値 ( $5\text{k}\Omega$ ) で  $50.4\text{m}\Omega \sim 2.96\Omega$ 、最小の公称抵抗値 ( $625\Omega$ ) で  $15.3\text{m}\Omega \sim 46.3\text{m}\Omega$  の分解能があります。公称抵抗値および変調抵抗値の完全な一覧は、表 8 を参照してください。変調率は  $625\text{mHz} \sim 4\text{Hz}$  の間で設定できます。

変調率と抵抗値の設定については、CNFG\_CAL (0x12) レジスタと CNFG\_BMUX (0x17) レジスタを参照してください。

## 電流発生器

電流発生器は方形波変調差動電流を供給し、この電流が DRVVP 端子と DRVN 端子を介して身体に AC 注入され、BIP 端子と BIN 端子を介して生体インピーダンスが差動で検出されます。一般的な湿式および乾式電極のインピーダンスに対して、2 電極および 4 電極の構成をサポートしています。

表 8. プログラマブル抵抗負荷値の値

| $R_{\text{NOM}} (\Omega)$ | $R_{\text{MOD}} (\text{m}\Omega)$ | $R_{\text{VAL}}$ |     |     | $R_{\text{MOD}}$ |     |     |     |
|---------------------------|-----------------------------------|------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|
|                           |                                   | <2>              | <1> | <0> | <3>              | <2> | <1> | <0> |
| 5000.000                  | —                                 | 0                | 0   | 0   | 0                | 0   | 0   | 0   |
|                           | 2960.7                            | 0                | 0   | 0   | 0                | 0   | 0   | 1   |
|                           | 980.6                             | 0                | 0   | 0   | 0                | 0   | 1   | 0   |
|                           | 247.5                             | 0                | 0   | 0   | 0                | 1   | 0   | 0   |
| 2500.000                  | —                                 | 0                | 0   | 1   | 0                | 0   | 0   | 0   |
|                           | 740.4                             | 0                | 0   | 1   | 0                | 0   | 0   | 1   |
|                           | 245.2                             | 0                | 0   | 1   | 0                | 0   | 1   | 0   |
|                           | 61.9                              | 0                | 0   | 1   | 0                | 1   | 0   | 0   |
| 1666.667                  | —                                 | 0                | 1   | 0   | 0                | 0   | 0   | 0   |
|                           | 329.1                             | 0                | 1   | 0   | 0                | 0   | 0   | 1   |
|                           | 109.0                             | 0                | 1   | 0   | 0                | 0   | 1   | 0   |
|                           | 27.5                              | 0                | 1   | 0   | 0                | 1   | 0   | 0   |
| 1250.000                  | —                                 | 0                | 1   | 1   | 0                | 0   | 0   | 0   |
|                           | 185.1                             | 0                | 1   | 1   | 0                | 0   | 0   | 1   |
|                           | 61.3                              | 0                | 1   | 1   | 0                | 0   | 1   | 0   |
| 1000.000                  | —                                 | 1                | 0   | 0   | 0                | 0   | 0   | 0   |
|                           | 118.5                             | 1                | 0   | 0   | 0                | 0   | 0   | 1   |
|                           | 39.2                              | 1                | 0   | 0   | 0                | 0   | 1   | 0   |
| 833.333                   | —                                 | 1                | 0   | 1   | 0                | 0   | 0   | 0   |
|                           | 82.3                              | 1                | 0   | 1   | 0                | 0   | 0   | 1   |
|                           | 27.2                              | 1                | 0   | 1   | 0                | 0   | 1   | 0   |
| 714.286                   | —                                 | 1                | 1   | 0   | 0                | 0   | 0   | 0   |
|                           | 60.5                              | 1                | 1   | 0   | 0                | 0   | 0   | 1   |
|                           | 20.0                              | 1                | 1   | 0   | 0                | 0   | 1   | 0   |
| 625.000                   | —                                 | 1                | 1   | 1   | 0                | 0   | 0   | 0   |
|                           | 46.3                              | 1                | 1   | 1   | 0                | 0   | 0   | 1   |
|                           | 15.3                              | 1                | 1   | 1   | 0                | 0   | 1   | 0   |



# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

電流振幅は  $8\mu\text{A}_{\text{PK}} \sim 96\mu\text{A}_{\text{PK}}$ 、電流注入周波数は  $125\text{Hz} \sim 131.072\text{kHz}$  から (2 のべき乗刻みで) 選択可能です。設定方法は、**CNFG\_BIOZ (0x18)** レジスタを参照してください。

電流注入周波数でのネットワーク・インピーダンスに基づいて、BIP および BIN 端子の電流振幅が  $90\text{mV}_{\text{P-P}}$  を超えないように選択する必要があります。DRV\_P と DRV\_N はどちらも、それぞれの電極との間に、 $47\text{nF}$  の DC ブロッキング・コンデンサが必要です。

また、電流発生器には位相オフセット調整機能があり、入力ミキサーに対して駆動電流変調器を遅延させます。位相は、 $f_{\text{MSTR}}$  までの注入周波数に対して、 $0^\circ \sim 168.75^\circ$  の間で  $11.25^\circ$  刻みで調整できます。位相分解能は、注入周波数が  $2 \times f_{\text{MSTR}}$  の場合は  $22.5^\circ$  に、 $4 \times f_{\text{MSTR}}$  の場合は  $45^\circ$  に減少します。詳細については、**CNFG\_BIOZ (0x18)** を参照してください。

## BioZ サンプルのオームへの変換

BioZ サンプルは 20 ビット左詰め 2 の補数フォーマットで記録されます。符号付絶対値フォーマットに変換した後、BioZ は次式で計算されます。

$$\text{BioZ } (\Omega) = \text{ADC} \times V_{\text{REF}} / (2^{19} \times \text{BIOZ\_CGMAG} \times \text{BIOZ\_GAIN})$$

ADC は符号付き絶対値フォーマット、 $V_{\text{REF}}$  は  $1\text{V}$  (代表値、[電気的特性](#)のセクションを参照)、BIOZ\_CGMAG は  $8 \sim 96 \times 10^{-6}\text{A}$ 、BIOZ\_GAIN は  $10\text{V/V}$ 、 $20\text{V/V}$ 、 $40\text{V/V}$ 、 $80\text{V/V}$  のいずれかです。BIOZ\_CGMAG と BIOZ\_GAIN は、**CNFG\_BIOZ (0x18)** で設定します。

## 電流選択と分解能の計算例 1 (2 端子、共通保護あり)

適切な電流の選択は、まず注入周波数でのネットワーク・インピーダンスの抵抗成分を計算することによって行います。最も厳しい条件での電極インピーダンスを使用する必要があります。

[図 12](#) で、電流注入周波数を  $80\text{kHz}$  とした場合、ネットワーク・インピーダンスの抵抗成分は次のようになります。

$$R_{\text{BODY}} + 2R_{\text{P1}} + 2R_{\text{P2}} + 2R_{\text{S}} + \text{Re}\left\{\frac{2R_{\text{E}}}{1 + j\omega R_{\text{E}}C_{\text{E}}}\right\} = 2.7\text{k}\Omega$$

ここで、 $R_{\text{BODY}} = 100\Omega$ 、 $R_{\text{P1}} = 1\text{k}\Omega$ 、 $R_{\text{P2}} = 200\Omega$ 、 $R_{\text{S}} = 100\Omega$ 、 $R_{\text{E}} = 1\text{M}\Omega$ 、 $C_{\text{E}} = 5\text{nF}$  です。最大電流注入量は、最大 AC 入力差動範囲 ( $90\text{mV}_{\text{PK}}$ ) をネットワークインピーダンス ( $2.7\text{k}\Omega$ ) で割った値、つまり  $33.3\mu\text{A}_{\text{PK}}$  です。最も近い選択可能な低い方の値は  $32\mu\text{A}_{\text{PK}}$  です。

電流注入値とチャンネル帯域幅 (デジタル LPF の選択については、**CNFG\_BIOZ (0x18)** を参照) が決まれば、求めるインピーダンスは適切な入力換算ノイズを電流注入値で割ることによって算出できます。例えば、帯域幅が  $4\text{Hz}$  の場合、ゲイン  $20\text{V/V}$  の入力換算ノイズは  $0.16\mu\text{V}_{\text{RMS}}$ 、つまり  $1.1\mu\text{V}_{\text{P-P}}$  です。したがって、求めるインピーダンスは、 $1.1\mu\text{V}_{\text{P-P}} / 32\mu\text{A}_{\text{PK}} = 69\text{m}\Omega_{\text{P-P}}$ 、つまり  $5\text{m}\Omega_{\text{RMS}}$  となります。

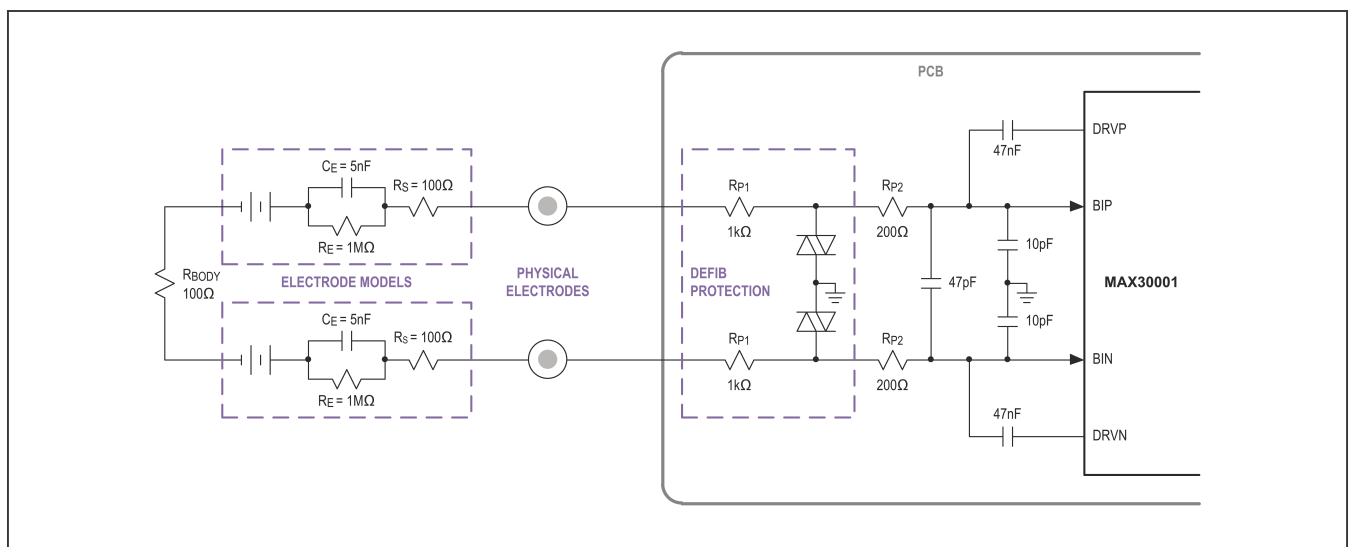


図 12. 構成例 – 2 端子、共通保護あり

# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

## 電流選択と分解能の計算例 2 (4 端子)

適切な電流の選択は、まず注入周波数でのネットワーク・インピーダンスの抵抗成分を計算することによって行います。最も厳しい条件での電極インピーダンスを使用する必要があります。

図 13 で、電流注入周波数を 80kHz とした場合、ネットワーク・インピーダンスの抵抗成分は次のようになります。

$$R_{\text{BODY}} + 2R_{\text{DP1}} + 2R_{\text{DP2}} + 2R_{\text{S}} + \text{Re}\left\{\frac{2R_{\text{E}}}{1+j\omega R_{\text{E}}C_{\text{E}}}\right\} = 2.7\text{k}\Omega$$

ここで、 $R_{\text{BODY}} = 100\Omega$ 、 $R_{\text{DP1}} = 1\text{k}\Omega$ 、 $R_{\text{DP2}} = 200\Omega$ 、 $R_{\text{S}} = 100\Omega$ 、 $R_{\text{E}} = 1\text{M}\Omega$ 、 $C_{\text{E}} = 5\text{nF}$  です。最大電流注入量は、最大 DRVP/N コンプライアンス電圧 ( $V_{\text{DD}} = 1.1\text{V}$  の場合は  $V_{\text{DD}} - 0.5\text{V} = 0.6\text{V}$ ) をネットワーク・インピーダンス ( $2.7\text{k}\Omega$ ) で割った値、つまり  $222.2\mu\text{A}_{\text{PK}}$  です。最も近い選択可能な低い方の値は  $96\mu\text{A}_{\text{PK}}$  です。

電流注入値とチャンネル帯域幅 (デジタル LPF の選択については、[CNFG\\_BIOZ \(0x18\)](#) を参照) が決まれば、求めるインピーダンスは適切な入力換算ノイズを電流注入値で割ることによって算出できます。例えば、帯域幅が 4Hz の場合、ゲイン 40V/V

の入力換算ノイズは  $0.12\mu\text{V}_{\text{RMS}}$ 、つまり  $0.78\mu\text{V}_{\text{P-P}}$  です。したがって、求めるインピーダンスは、 $0.78\mu\text{V}_{\text{P-P}}/96\mu\text{A}_{\text{PK}} = 8\text{m}\Omega_{\text{P-P}}$ 、つまり  $1.2\text{m}\Omega_{\text{RMS}}$  となります。

## デシメーション・フィルタ

デシメーション・フィルタは、データ・レートに対する FIR デシメーション・フィルタと、その後段に、HPF または LPF を実装するためのプログラマブルな IIR および FIR フィルタで構成されます。

ハイパス・フィルタのオプションには、コーナ周波数が 0.05Hz または 0.5Hz の 4 次 IIR パターワース・フィルタがあり、DC カップリング用にパス・スルーの設定が可能です。ローパス・フィルタのオプションには、12 タップのリニア位相 (群遅延が一定) の FIR フィルタがあり、コーナ周波数は 4Hz、8Hz、または 16Hz を選択できます。フィルタの設定については、[CNFG\\_BIOZ \(0x18\)](#) レジスタを参照してください。表 9 は、各 ADC データ・レートの BioZ 遅延 (サンプル数と時間を単位) を示しています。

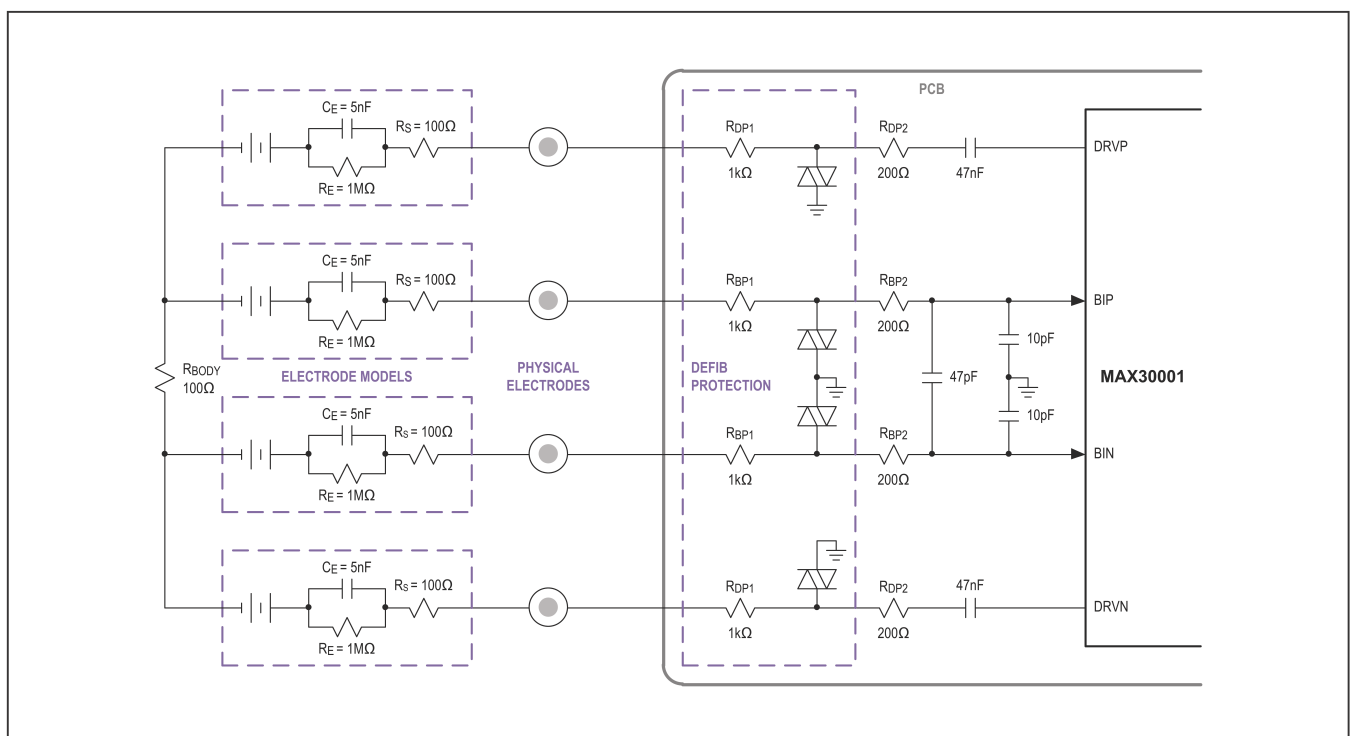


図 13. 構成例 - 4 端子

MAX30001

超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位  
(ECG、R-R、およびペース検出) および  
生体インピーダンス (BioZ) AFE

ノイズの測定

表 10 に、BioZ 入力を基準とした BioZ チャンネルのノイズ性能を示します。

リファレンスとコモンモード・バッファ

MAX30001 はリファレンス電圧を内部で生成します。バンドギャップ出力 (V<sub>BG</sub>) 端子と AGND の間に 1.0μF の外付けコンデンサを接続する必要があり、リファレンス出力 (V<sub>REF</sub>) 端子と AGND の間に補償とノイズ・フィルタ処理のために 10μF の外付けコンデンサを接続する必要があります。

コモンモード・バッファは、内部ブロックのコモンモード電圧を駆動するのに使用される 650mV をバッファするために提供されています。補償とノイズ・フィルタ処理のために、V<sub>CM</sub> と AGND の間に 10μF の外付けコンデンサを使用します。オプションで、IEC 60601-1:2005, 8.7.3 に従って身体への電流を制限するために 200kΩ 以上の抵抗を介して V<sub>CM</sub> を身体上の電極に接続することで、身体をコモンモード電圧に駆動するための身体バイアスとして V<sub>CM</sub> を使用できます。このようにした場合、入力信号がコモンモード入力範囲内に収まれば、V<sub>MID</sub> への内部リード・バイアス抵抗はディスエーブルにできます。

表 9. BioZ 遅延 (サンプル数と時間を単位) と BioZ のデータ・レートおよびデシメーションの関係

| BioZ CHANNEL SETTINGS  |                        |                  | LATENCY                     |                          |                  |               |
|------------------------|------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------|---------------|
| INPUT SAMPLE RATE (Hz) | OUTPUT DATA RATE (sps) | DECIMATION RATIO | WITHOUT LPF (INPUT SAMPLES) | WITH LPF (INPUT SAMPLES) | WITHOUT LPF (ms) | WITH LPF (ms) |
| 32,768                 | 64                     | 512              | 3,397                       | 6,469                    | 103.668          | 197.418       |
| 32,000                 | 62.5                   | 512              | 3,397                       | 6,469                    | 106.156          | 202.156       |
| 32,000                 | 50                     | 640              | 5,189                       | 9,029                    | 162.156          | 282.156       |
| 31,968                 | 49.95                  | 640              | 5,189                       | 9,029                    | 162.319          | 282.439       |
| 32,768                 | 32                     | 1,024            | 7,557                       | 13,701                   | 230.621          | 418.121       |
| 32,000                 | 31.25                  | 1,024            | 7,557                       | 13,701                   | 236.156          | 428.156       |
| 32,000                 | 25                     | 1,280            | 9,605                       | 17,285                   | 300.156          | 540.156       |
| 31,968                 | 24.975                 | 1,280            | 9,605                       | 17,285                   | 300.457          | 540.697       |

表 10. BioZ チャンネルのノイズ性能

| GAIN | BANDWIDTH | NOISE             |                   | SNR   | ENOB |
|------|-----------|-------------------|-------------------|-------|------|
| V/V  | Hz        | μV <sub>RMS</sub> | μV <sub>P-P</sub> | dB    | Bits |
| 10   | 4         | 0.23              | 1.55              | 101.6 | 16.6 |
|      | 8         | 0.28              | 1.87              | 100.0 | 16.3 |
|      | 16        | 0.35              | 2.34              | 98.0  | 16.0 |
| 20   | 4         | 0.16              | 1.10              | 104.9 | 17.1 |
|      | 8         | 0.19              | 1.27              | 103.4 | 16.9 |
|      | 16        | 0.26              | 1.68              | 100.9 | 16.5 |
| 40   | 4         | 0.12              | 0.78              | 107.6 | 17.6 |
|      | 8         | 0.16              | 1.07              | 104.9 | 17.1 |
|      | 16        | 0.22              | 1.48              | 102.0 | 16.7 |
| 80   | 4         | 0.11              | 0.72              | 108.3 | 17.7 |
|      | 8         | 0.15              | 1.01              | 105.3 | 17.2 |
|      | 16        | 0.21              | 1.42              | 102.4 | 16.7 |

SNR (S/N 比) = 20log(V<sub>IN(RMS)</sub>/V<sub>N(RMS)</sub>), ENOB = (SNR - 1.76)/6.02  
V<sub>IN(P-P)</sub> = 100mV, V<sub>INRMS</sub> = 35.4mV (ゲインが10V/V の場合)。ゲインを高く設定した場合、それに応じて入力振幅が減少します。

## SPI インターフェースの概要

### 32 ビット通常動作モードの読出し／書込みシーケンス

MAX30001 のインターフェースは、SPI/QSPI/Micro-wire/DSP 互換です。SPI インターフェースの動作を図 1a に示します。データは、SCLK の立上がりエッジで MAX30001 にストローブされます。デバイスは、CSB のロー・インターバルでフレーム化された 32 サイクルの SPI 命令によって設定およびアクセスが行われます。SPI 動作の内容は、1 バイトのコマンド・ワード (7 ビット・アドレスと読出し／書込みモード・インジケータ、すなわち  $A[6:0]+R/\overline{W}$  で構成) と 3 バイトのデータ・ワードで構成されています。MAX30001 は、CPOL = 0/CPHA = 0 および CPOL = 1/CPHA = 1 の動作モードに対応しています。

書込みモード動作は、利用可能な最初の 4 バイトのデータを用いて、32 番目の SCLK の立上がりエッジで実行されます。書込みモードでは、SCLK の 32 番目の立上がりエッジ以降に供給されたデータは全て無視されます。次の書込みを行うには、CSB のアサートを解除してから、次の書込みコマンド用にローにアサートする必要があります。コマンド・シーケンスを中断するには、CSB の立上がりエッジで SCLK の更新 (32 番目) の立上がりエッジより前で、 $t_{CSA}$  の条件を満たす必要があります。

読出しモード動作では、8 番目の SCLK 立上がりエッジで要求されたデータにアクセスし、次の SCLK 立下がりエッジで要求されたデータの MSB を提示して、9 番目の SCLK 立上がりエッジで  $\mu C$  がデータの MSB をサンプリングできるようにします。設定、ステータス、FIFO データは全て、通常動作モードでのリードバック・シーケンスで利用できます。通常の読出しシーケンスで 32 個を超える SCLK の立上がりエッジが供給されると、余分なエッジは無視され、デバイスはゼロをリードバックします。

STATUS レジスタ、ECG、BioZ、または BioZ FIFO メモリにアクセスする場合、全ての割込み更新が行われ、内部 FIFO の読出しポインタが 30 番目の SCLK 立上がりエッジに回答してインク

リメントされるので、内部同期動作が可能になります。ファイル終端 (EOF) サンプル、無効 (空サンプル) を検出する手段や、通常動作モードのリードバック動作を効率的に使用および管理するためのその他の補助手段については、各 FIFO 内で使用されるデータ・タグ構造を参照してください。

### バースト・モードの読出しシーケンス

MAX30001 には、データ転送の効率を向上させるために、バースト・モードで ECG、BioZ、または PACE FIFO メモリをリードバックするコマンドがあります。バースト・モードでは、通常の読出しシーケンス・レジスタのアドレスとは異なるレジスタ・アドレスを使用します。修正されたバースト・モードが PACE FIFO ワードグループごとにサポートされています (PACE0~PACE5 のレジスタ・グループの説明を参照)。最初の 32SCLK サイクルは、通常動作モードの説明と全く同じように動作します。 $\mu C$  が 32 番目の立上がりエッジ以降に SCLK エッジを供給し続けると、次の利用可能な FIFO ワードの MSB が次の SCLK 立下がりエッジで提示され、 $\mu C$  は 33 番目の SCLK 立上がりエッジで次のワードの MSB をサンプルできるようになります。影響を受ける全ての割込みや FIFO の読出しポインタは、 $(30 + n \times 24)$  番目の SCLK 立上がりエッジに回答してインクリメントされます ( $n$  は 0 から始まる整数)。(例: 3 ワードのバースト・モード転送の場合、30 番目、54 番目、78 番目の SCLK 立上がりエッジ)。

この動作モードは、FIFO に有効なデータがある限り、24 サイクルのサブフレームごとに継続されます。バースト・モードのリードバック動作を効率的に使用、管理するためのファイル終端 (EOF) サンプル、無効 (空サンプル) の検出手段やその他の補助手段については、各 FIFO 内で使用されるデータ・タグ構造を参照してください。

書込みモードには、バースト・モードに相当するものではありません。

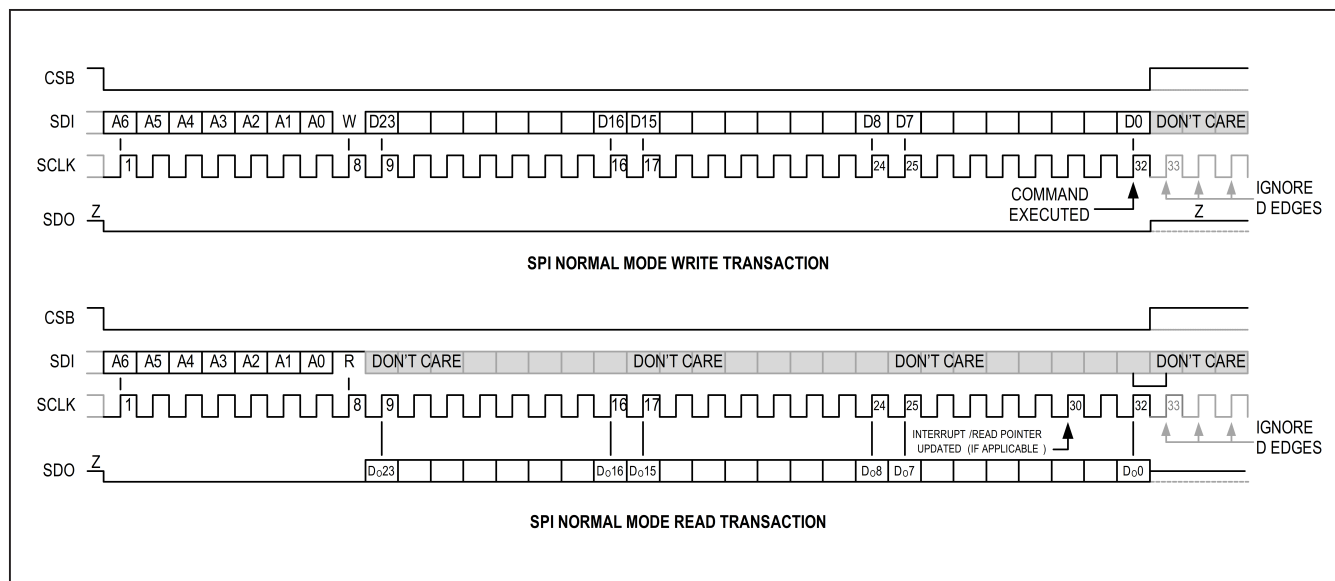


図 14. SPI 通常動作モードのトランザクション図

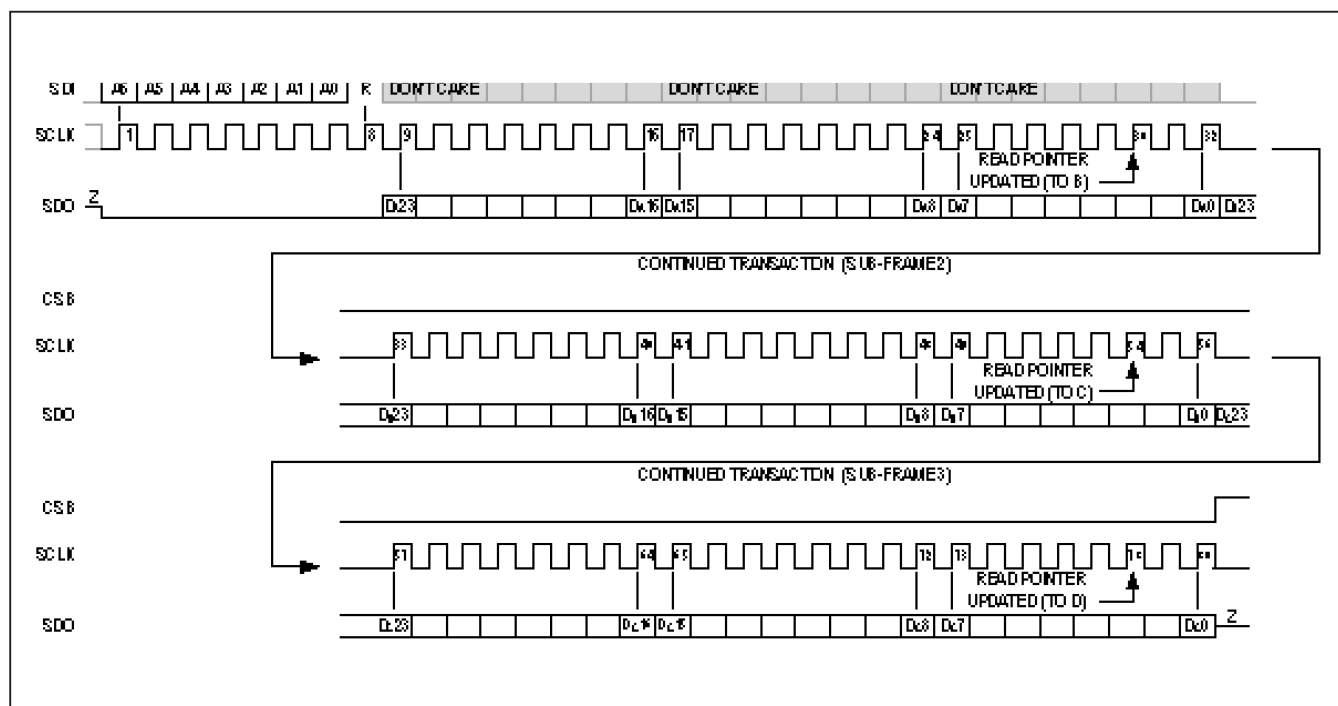


図 15. SPI バースト・モードの読出しトランザクション図

## ユーザ・コマンドとレジスタ・マップ

| REG<br>[6:0] | NAME              | R/W<br>MODE | DATA INDEX                             |           |                |              |                   |             |                   |           |
|--------------|-------------------|-------------|----------------------------------------|-----------|----------------|--------------|-------------------|-------------|-------------------|-----------|
|              |                   |             | 23/15/7                                | 22/14/6   | 21/13/5        | 20/12/4      | 19/11/3           | 18/10/2     | 17/9/1            | 16/8/0    |
| 0x00         | NO-OP             | R/W         | x / x / x                              | x / x / x | x / x / x      | x / x / x    | x / x / x         | x / x / x   | x / x / x         | x / x / x |
| 0x01         | STATUS            | R           | EINT                                   | EOVF      | FSTINT         | DCLOFFINT    | BINT              | BOVF        | BOVER             | BUNDR     |
|              |                   |             | BCGMON                                 | PINT      | POVF           | PEDGE        | LONINT            | RRINT       | SAMP              | PLLINT    |
|              |                   |             | x                                      | x         | BCGMP          | BCGMN        | LDOFF_PH          | LDOFF_PL    | LDOFF_NH          | LDOFF_NL  |
| 0x02<br>0x03 | EN_INT<br>EN_INT2 | R/W         | EN_EINT                                | EN_EOVF   | EN_FSTINT      | EN_DCLOFFINT | EN_BINT           | EN_BOVF     | EN_BOVER          | EN_BUNDR  |
|              |                   |             | EN_BCGMON                              | EN_PINT   | EN_POVF        | EN_PEDGE     | EN_LONINT         | EN_RRINT    | EN_SAMP           | EN_PLLINT |
|              |                   |             | x                                      | x         | x              | x            | x                 | x           | INTB_TYPE[1:0]    |           |
| 0x04         | MNGR_INT          | R/W         | EFIT[4:0]                              |           |                |              |                   | BFIT[2:0]   |                   |           |
|              |                   |             | x                                      | x         | x              | x            | x                 | x           | x                 | x         |
|              |                   |             | x                                      | CLR_FAST  | CLR_RRINT[1:0] |              | CLR_PEDGE         | CLR_SAMP    | SAMP_IT[1:0]      |           |
| 0x05         | MNGR_DYN          | R/W         | FAST[1:0]                              |           | FAST_TH[5:0]   |              |                   |             |                   |           |
|              |                   |             | BLOFF_HI_IT[7:0]                       |           |                |              |                   |             |                   |           |
|              |                   |             | BLOFF_LO_IT[7:0]                       |           |                |              |                   |             |                   |           |
| 0x08         | SW_RST            | W           | Data Required for Execution = 0x000000 |           |                |              |                   |             |                   |           |
| 0x09         | SYNCH             | W           | Data Required for Execution = 0x000000 |           |                |              |                   |             |                   |           |
| 0x0A         | FIFO_RST          | W           | Data Required for Execution = 0x000000 |           |                |              |                   |             |                   |           |
| 0x0F         | INFO              | R           | 0                                      | 1         | 0              | 1            | REV_ID[3:0]       |             |                   |           |
|              |                   |             | x                                      | x         | 0              | 1            | x                 | x           | x                 | x         |
|              |                   |             | x                                      | x         | x              | x            | x                 | x           | x                 | x         |
| 0x10         | CNFG_GEN          | R/W         | EN_ULP_LON[1:0]                        |           | FMSTR[1:0]     |              | EN_ECG            | EN_BIOZ     | EN_PACE           | x         |
|              |                   |             | EN_BLOFF[1:0]                          |           | EN_DCLOFF[1:0] |              | IPOL              | IMAG[2:0]   |                   |           |
|              |                   |             | VTH[1:0]                               |           | EN_RBIA[1:0]   |              | RBIASV[1:0]       |             | RBIASP            | RBIASN    |
| 0x12         | CNFG_CAL          | R/W         | x                                      | EN_VCAL   | VMODE          | VMAG         | x                 | x           | x                 | x         |
|              |                   |             | x                                      | FCAL[2:0] |                |              | FIFTY             | THIGH[10:8] |                   |           |
|              |                   |             | THIGH[7:0]                             |           |                |              |                   |             |                   |           |
| 0x14         | CNFG_EMUX         | R/W         | ECG_POL                                | x         | ECG_OPENP      | ECG_OPENN    | ECG_CALP_SEL[1:0] |             | ECG_CALN_SEL[1:0] |           |
|              |                   |             | x                                      | x         | x              | x            | x                 | x           | x                 | x         |
|              |                   |             | x                                      | x         | x              | x            | x                 | x           | x                 | x         |
| 0x15         | CNFG_ECG          | R/W         | ECG_RATE[1:0]                          |           | x              | x            | x                 | x           | ECG_GAIN[1:0]     |           |
|              |                   |             | x                                      | ECG_DHPF  | ECG_DLPF[1:0]  |              | x                 | x           | x                 | x         |
|              |                   |             | x                                      | x         | x              | x            | x                 | x           | x                 | x         |

## ユーザ・コマンドとレジスタ・マップ (続き)

| REG<br>[6:0] | NAME            | R/W<br>MODE | DATA INDEX                                      |                 |                   |            |                                  |                |                    |        |
|--------------|-----------------|-------------|-------------------------------------------------|-----------------|-------------------|------------|----------------------------------|----------------|--------------------|--------|
|              |                 |             | 23/15/7                                         | 22/14/6         | 21/13/5           | 20/12/4    | 19/11/3                          | 18/10/2        | 17/9/1             | 16/8/0 |
| 0x17         | CNFG_BMUX       | R/W         | x                                               | x               | BMUX_OPENP        | BMUX_OPENN | BMUX_CALP_SEL[1:0]               |                | BMUX_CALN_SEL[1:0] |        |
|              |                 |             | x                                               | x               | BMUX_CG_MODE[1:0] |            | BMUX_EN_BIST                     | BMUX_RNOM[2:0] |                    |        |
|              |                 |             | x                                               | BMUX_RMOD[2:0]  |                   |            | x                                | x              | BMUX_FBIST[1:0]    |        |
| 0x18         | CNFG_BioZ       | R/W         | BIOZ_RATE                                       | BIOZ_AHPF[2:0]  |                   |            | EXT_RBIA                         | LN_BIOZ        | BIOZ_GAIN[1:0]     |        |
|              |                 |             | BIOZ_DHPF[1:0]                                  |                 | BIOZ_DLPF[1:0]    |            | BIOZ_FCGEN[3:0]                  |                |                    |        |
|              |                 |             | BIOZ_CGMON                                      | BIOZ_CGMAG[2:0] |                   |            | BIOZ_PHOFF[3:0]                  |                |                    |        |
| 0x1A         | CNFG_PACE       | R/W         | PACE_POL                                        | x               | x                 | x          | DIFF_OFF                         | PACE_GAIN[2:0] |                    |        |
|              |                 |             | x                                               | AOUT_LBW        | AOUT[1:0]         |            | x                                | x              | x                  | x      |
|              |                 |             | PACE_DACP[3:0]                                  |                 |                   |            | PACE_DACN[3:0]                   |                |                    |        |
| 0x1D         | CNFG_RTOR1      | R/W         | WNDW[3:0]                                       |                 |                   |            | RGAIN[3:0]                       |                |                    |        |
|              |                 |             | EN_RTOR                                         | x               | PAVG[1:0]         |            | PTSF[3:0]                        |                |                    |        |
|              |                 |             | x                                               | x               | x                 | x          | x                                | x              | x                  | x      |
| 0x1E         | CNFG_RTOR2      | R/W         | x                                               | x               | HOFF[5:0]         |            |                                  |                |                    |        |
|              |                 |             | x                                               | x               | RAVG[1:0]         |            | x                                | RHSF[2:0]      |                    |        |
|              |                 |             | x                                               | x               | x                 | x          | x                                | x              | x                  | X      |
| 0x20         | ECG_FIFO_BURST  | R+          | ECG FIFO Burst Mode Read Back                   |                 |                   |            | See FIFO Description for details |                |                    |        |
| 0x21         | ECG_FIFO        | R           | ECG FIFO Normal Mode Read Back                  |                 |                   |            | See FIFO Description for details |                |                    |        |
| 0x22         | BIOZ_FIFO_BURST | R+          | BioZ FIFO Burst Mode Read Back                  |                 |                   |            | See FIFO Description for details |                |                    |        |
| 0x23         | BIOZ_FIFO       | R           | BioZ FIFO Normal Mode Read Back                 |                 |                   |            | See FIFO Description for details |                |                    |        |
| 0x25         | RTOR            | R           | R-to-R Interval Register Read Back              |                 |                   |            | See FIFO Description for details |                |                    |        |
| 0x30         | PACE0_BURST     | R           | PACE0 (Data Sets 0 to 5) Burst Mode Read Back   |                 |                   |            | See PACE Description for details |                |                    |        |
| 0x31         | PACE0_A         | R           | PACE0 (Data Sets 0 and 1) Normal Mode Read Back |                 |                   |            | See PACE Description for details |                |                    |        |
| 0x32         | PACE0_B         | R           | PACE0 (Data Sets 2 and 3) Normal Mode Read Back |                 |                   |            | See PACE Description for details |                |                    |        |
| 0x33         | PACE0_C         | R           | PACE0 (Data Sets 4 and 5) Normal Mode Read Back |                 |                   |            | See PACE Description for details |                |                    |        |
| 0x34         | PACE1_BURST     | R           | PACE1 (Data Sets 0 to 5) Burst Mode Read Back   |                 |                   |            | See PACE Description for details |                |                    |        |
| 0x35         | PACE1_A         | R           | PACE1 (Data Sets 0 and 1) Normal Mode Read Back |                 |                   |            | See PACE Description for details |                |                    |        |
| 0x36         | PACE1_B         | R           | PACE1 (Data Sets 2 and 3) Normal Mode Read Back |                 |                   |            | See PACE Description for details |                |                    |        |
| 0x37         | PACE1_C         | R           | PACE1 (Data Sets 4 and 5) Normal Mode Read Back |                 |                   |            | See PACE Description for details |                |                    |        |

## ユーザ・コマンドとレジスタ・マップ (続き)

| REG<br>[6:0] | NAME        | R/W<br>MODE | DATA INDEX                                      |         |         |         |                                  |         |        |        |
|--------------|-------------|-------------|-------------------------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------------|---------|--------|--------|
|              |             |             | 23/15/7                                         | 22/14/6 | 21/13/5 | 20/12/4 | 19/11/3                          | 18/10/2 | 17/9/1 | 16/8/0 |
| 0x38         | PACE2_BURST | R+          | PACE2 (Data Sets 0 to 5) Burst Mode Read Back   |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x39         | PACE2_A     | R           | PACE2 (Data Sets 0 and 1) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x3A         | PACE2_B     | R           | PACE2 (Data Sets 2 and 3) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x3B         | PACE2_C     | R           | PACE2 (Data Sets 4 and 5) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x3C         | PACE3_BURST | R+          | PACE3 (Data Sets 0 to 5) Burst Mode Read Back   |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x3D         | PACE3_A     | R           | PACE3 (Data Sets 0 and 1) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x3E         | PACE3_B     | R           | PACE3 (Data Sets 2 and 3) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x3F         | PACE3_C     | R           | PACE3 (Data Sets 4 and 5) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x40         | PACE4_BURST | R+          | PACE4 (Data Sets 0 to 5) Burst Mode Read Back   |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x41         | PACE4_A     | R           | PACE4 (Data Sets 0 and 1) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x42         | PACE4_B     | R           | PACE4 (Data Sets 2 and 3) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x43         | PACE4_C     | R           | PACE4 (Data Sets 4 and 5) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x44         | PACE5_BURST | R+          | PACE5 (Data Sets 0 to 5) Burst Mode Read Back   |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x45         | PACE5_A     | R           | PACE5 (Data Sets 0 and 1) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x46         | PACE5_B     | R           | PACE5 (Data Sets 2 and 3) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x47         | PACE5_C     | R           | PACE5 (Data Sets 4 and 5) Normal Mode Read Back |         |         |         | See PACE Description for details |         |        |        |
| 0x7F         | NO-OP       | R/W         | x/x/x                                           | x/x/x   | x/x/x   | x/x/x   | x/x/x                            | x/x/x   | x/x/x  | x/x/x  |

Note : R+ (R/W Mode) はバースト・モードを示します。  
x = 任意。



## レジスタの説明

## NO\_OP (0x00 および 0x7F) レジスタ

無操作 (NO\_OP) レジスタは、デバイス内部に影響を与えないリード/ライト・レジスタです。これらのレジスタが読み出された場合、DOUT は SPI トランザクションの間ゼロのままです。これらのレジスタに書き込もうとすると、無視され、内部動作には影響を与えません。

## STATUS (0x01) レジスタ

STATUS は読出し専用レジスタで、現在のデバイス状態を総合的に把握できます。最初の 2 バイトは全ての割込みビットの状態を示します (EN\_INT (0x02) または EN\_INT2 (0x03) レジスタで割込みが有効化されているかどうかに関わらず)。全ての割込みビットはアクティブ・ハイです。最後のバイトには、他の割込みビットに関連する状態の詳細なステータス情報が含まれます。

表 11. STATUS (0x01) レジスタのマッピング

| REG  | NAME   | R/W | 23/15/7 | 22/14/6 | 21/13/5 | 20/12/4   | 19/11/3  | 18/10/2  | 17/9/1   | 16/8/0   |
|------|--------|-----|---------|---------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 0x01 | STATUS | R   | EINT    | EOVF    | FSTINT  | DCLOFFINT | BINT     | BOVF     | BOVER    | BUNDR    |
|      |        |     | BCGMON  | PINT    | POVF    | PEDGE     | LONINT   | RRINT    | SAMP     | PLLINT   |
|      |        |     | x       | x       | BCGMP   | BCGMN     | LDOFF_PH | LDOFF_PL | LDOFF_NH | LDOFF_NL |

表 12. Status (0x01) レジスタの意味

| インデックス | 名称        | 説明                                                                                                                                                                                          |
|--------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[23]  | EINT      | ECG FIFO 割込み。ECG レコードが、ECG FIFO 割込みスレッシュホールド (EFIT) の条件を満たし、リードバック可能であることを示します。EFIT 条件の解除に必要な程度に ECG FIFO がリードバックされるまでアクティブのままです。                                                           |
| D[22]  | EOVF      | ECG FIFO オーバーフロー。ECG FIFO がオーバーフローし、データ・レコードが破損したことを示します。FIFO リセット (推奨) または SYNCH 動作が発行されるまでアクティブのままです。                                                                                     |
| D[21]  | FSTINT    | ECG 高速回復モード。ECG 高速回復モードが (手動または自動で) 作動した時に発行されます。ステータスと割込みクリア動作は CLR_FAST で指定します。詳しくは <a href="#">MNGR_INT</a> を参照してください。                                                                   |
| D[20]  | DCLOFFINT | DC リードオフ検出割込み。MAX30001 が、ECG が 90ms 以上リードオフ状態であると判断したこと (CNFG_GEN で選択) を示します。リードオフ状態が続く限りアクティブのままで、その後、STATUS のリードバック (32 番目の SCLK) でクリアされるまで保持されます。                                        |
| D[19]  | BINT      | BioZ FIFO 割込み。BioZ レコードが、BioZ FIFO 割込みスレッシュホールド (BFIT) の条件を満たし、リードバック可能であることを示します。BFIT 条件の解除に必要な程度に BioZ FIFO がリードバックされるまでアクティブのままです。                                                       |
| D[18]  | BOVF      | BioZ FIFO オーバーフロー。BioZ FIFO がオーバーフローし、データ・レコードが破損したことを示します。FIFO リセット (推奨) または SYNCH 動作が発行されるまでアクティブのままです。                                                                                   |
| D[17]  | BOVER     | BioZ オーバー・レンジ。BioZ 出力の大きさが、少なくとも 100ms の間、BioZ 上限スレッシュホールド (BLOFF_HI_IT) を超えたことを示します。2 電極および 4 電極の BioZ リードオフ検出での使用を推奨します。状態が続く限りアクティブのままで、その後、STATUS リードバック (32 番目の SCLK) でクリアされるまで保持されます。 |
| D[16]  | BUNDR     | BioZ アンダー・レンジ。BioZ 出力の大きさが、少なくとも 1.7 秒間、BioZ の下限スレッシュホールド (BLOFF_LO_IT) を超えたことを示します。4 電極の BioZ リードオフ検出での使用を推奨します。状態が続く限りアクティブのままで、その後、STATUS リードバック (32 番目の SCLK) でクリアされるまで保持されます。          |

表 12. Status (0x01) レジスタの意味 (続き)

| インデックス | 名称       | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[15]  | BCGMON   | BioZ 電流発生器モニタ。DRVVP または DRVN の電流発生器が、少なくとも 128ms の間リードオフ状態であったことを示します。4 電極の BioZ リードオフ検出での使用を推奨します。状態が続く限りアクティブのままで、その後、STATUS リードバック (32 番目の SCLK) でクリアされるまで保持されます。                                                                                                                                                                                      |
| D[14]  | PINT     | PACE FIFO 割込み。PACE レコードがリードバック可能であることを示します (EINT と併用する必要があります)。利用可能な PACE FIFO レコードが全てリードバックされるまで、アクティブな状態のままです。                                                                                                                                                                                                                                          |
| D[13]  | POVF     | PACE FIFO オーバーフロー。PACE FIFO がオーバーフローし、データ・レコードが破損したことを示します。FIFO リセット (推奨) または SYNCH 動作が発行されるまでアクティブのままです。                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D[12]  | PEDGE    | PACE エッジ検出割込み。PACE エッジが発生したと MAX30001 が判断したことを示すリアルタイムの PACE エッジ・インジケータです (検出されたエッジが PACE FIFO に記録されたことを示す PINT 割込みとは異なることに注意してください)。クリア動作は CLR_PEDGE[1:0] で定義します。詳細については、 <a href="#">MNGR_INT (0x04)</a> レジスタを参照してください。                                                                                                                                 |
| D[11]  | LONINT   | 超低消費電力 (ULP) リードオン検出割込み。リードオン状態であると MAX30001 が判断したこと (CNFG_GEN で選択) を示します。<br>LONINT は、CNFG_GEN レジスタの EN_ULP_LON[1:0] を 01 または 10 のいずれかに設定するとアサートされ、ULP リードオン検出モードが有効化されていることを示します。ULP リードオン検出モードがアクティブになった後は、STATUS レジスタを一度読み出して LONINT をクリアし、リードオン検出を有効化する必要があります。<br>LONINT は、リードオン状態が継続する間アクティブのままで、その後 STATUS のリードバック (32 番目の SCLK) でクリアされるまで保持されます。 |
| D[10]  | RRINT    | ECG R-R 検出器 R イベント割込み。R-R 検出器が新しい R イベントを識別した時に発行されます。クリア動作は CLR_RRINT[1:0] で定義します。詳しくは、 <a href="#">MNGR_INT</a> を参照してください。                                                                                                                                                                                                                              |
| D[9]   | SAMP     | サンプル同期パルス。ECG のベースレートでのサンプリング時に発行され、 $\mu\text{C}$ が他の周辺動作やデータをモニタしたり、それらと同期をとったりする際の補助に使用されます。一般に、専用割込みとして使用することを推奨します。<br>周波数は SAMP_IT[1:0] で選択します。詳細は <a href="#">MNGR_INT</a> を参照してください。<br>クリア動作は CLR_SAMP で指定します。詳しくは <a href="#">MNGR_INT</a> を参照してください。                                                                                           |
| D[8]   | PLLINT   | PLL ロック解除割込み。PLL が位相ロックを実現していない、または喪失したことを示します。<br>PLLINT は、PLL がパワーアップしてアクティブな状態の時 (ECG や BioZ チャンネルを有効化した時) にのみアサートされます。<br>PLL ロック解除状態が続く間はアサートされ、その後 STATUS リードバック (32 番目の SCLK) でクリアされるまで保持されます。                                                                                                                                                     |
| D[5]   | BCGMPP   | BioZ 電流発生器モニタの正出力。DRVVP 電流発生器が少なくとも 128ms の間リードオフ状態であったことを示します。これは厳密には割込みビットではなく、詳細なステータス・ビットであり、BCGMON 割込みビットに対応しています。                                                                                                                                                                                                                                   |
| D[4]   | BCGMN    | BioZ 電流発生器モニタの負出力。DRVN 電流発生器が少なくとも 128ms の間リードオフ状態であったことを示します。これは厳密には割込みビットではなく、詳細なステータス・ビットであり、BCGMON 割込みビットに対応しています。                                                                                                                                                                                                                                    |
| D[3]   | LDOFF_PH | DC リードオフ検出の詳細ステータス。MAX30001 が (CNFG_GEN で選択された以下の内容を) 判定したことを示します。<br>それぞれのビットは、ECGP が上限スレッショルド ( $V_{\text{THH}}$ ) を上回ったこと、ECGP が下限スレッショルド ( $V_{\text{THL}}$ ) を下回ったこと、ECGN が上限スレッショルド ( $V_{\text{THH}}$ ) を上回ったこと、ECGN が下限スレッショルド ( $V_{\text{THL}}$ ) を下回ったことを示します。                                                                                 |
| D[2]   | LDOFF_PL |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| D[1]   | LDOFF_NH |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| D[0]   | LDOFF_NL |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        |          | リードオフ検出がアクティブでリードオフ状態が続く限りアクティブとなり、その後、STATUS のリードバック (32 番目の SCLK) によりクリアされるまで保持されます。LDOFF_PH~LDOFF_NL は詳細ステータス・ビットで、DCLOFFINT と同時にアサートされます。                                                                                                                                                                                                             |

**EN\_INT (0x02) および EN\_INT2 (0x03) レジスタ**

EN\_INT と EN\_INT2 は、それぞれ INTB 出力と INT2B 出力の動作を制御するリード/ライト・レジスタです。最初の 2 バイトは、どの割込み入力ビットが割込み出力の OR 項に含まれているかを示しています (例: EN\_INT レジスタの 1 は、対応する入力ビットが INTB 割込み出力の OR 項に含まれていることを示します)。割込みビットの詳細な説明については、[STATUS レジスタ](#)を参照してください。全ての EN\_INT ビットのパワーオン・リセット時での状態は 0 です (INT によって無視されます)。

EN\_INT と EN\_INT2 は、持続的な割込み条件をマスクして、持続的な条件が解決されるまで他の割込み駆動動作を実行するのに使用することもできます。

INTB\_TYPE[1:0]により、INTB 出力を CMOS にするか NMOS のオープンドレイン・モードにするかを選択できます。オープンドレイン・モードを使用する場合、内部 125k $\Omega$  プルアップ抵抗のオプションも提供されます。

INTB と INT2B は全てアクティブ・ロー (INTB ローはデバイスが  $\mu$ C によるサービスを必要とすることを示す) ですが、オープンドレイン・モードでは、INTB ラインを他のデバイスと共有し、ワイヤード OR 構成とすることが可能です。

一般に、INT2B は、SAMP や RRINT でのセルフクリアなど、特定のアプリケーションで使用される特殊または専用の割込みをサポートする際に使用することを推奨します。

表 13. EN\_INT (0x02) および EN\_INT2 (0x03) レジスタのマップ

| REG          | NAME              | R/W | 23/15/7   | 22/14/6 | 21/13/5   | 20/12/4      | 19/11/3   | 18/10/2  | 17/9/1         | 16/8/0    |
|--------------|-------------------|-----|-----------|---------|-----------|--------------|-----------|----------|----------------|-----------|
| 0x02<br>0x03 | EN_INT<br>EN_INT2 | R/W | EN_EINT   | EN_EOVF | EN_FSTINT | EN_DCLOFFINT | EN_BINT   | EN_BOVF  | EN_BOVER       | EN_BUNDR  |
|              |                   |     | EN_BCGMON | EN_PINT | EN_POVF   | EN_PEDGE     | EN_LONINT | EN_RRINT | EN_SAMP        | EN_PLLINT |
|              |                   |     | x         | x       | x         | x            | x         | x        | INTB_TYPE[1:0] |           |

表 14. EN\_INT (0x02 および 0x03) レジスタの意味

| インデックス  | 名称                                                                                                                                                                                            | デフォルト  | 説明                                                                                                                                                       |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[23:8] | EN_EINT<br>EN_EOVF<br>EN_FSTINT<br>EN_DCLOFFINT<br>EN_BINT<br>EN_BOVF<br>EN_BOVER<br>EN_BUNDR<br>EN_BCGMON<br>EN_PINT<br>EN_POVF<br>EN_PEDGE<br>EN_LONINT<br>EN_RRINT<br>EN_SAMP<br>EN_PLLINT | 0x0000 | STATUS[23:8]の割込みビットに対する割込みイネーブル。<br>0 = 個々の割込みビットは、割込み OR 項に含まれない<br>1 = 個々の割込みビットは、割込み OR 項に含まれる                                                        |
| D[1:0]  | INTB_TYPE[1:0]                                                                                                                                                                                | 11     | INTB ポート・タイプ (EN_INT 選択)<br>00 = ディスエーブル (高インピーダンス)<br>01 = CMOS ドライバ<br>10 = オープンドレイン NMOS ドライバ<br>11 = オープンドレイン NMOS ドライバ、内部 125k $\Omega$ プルアップ抵抗付き   |
|         |                                                                                                                                                                                               | 11     | INT2B ポート・タイプ (EN_INT2 選択)<br>00 = ディスエーブル (高インピーダンス)<br>01 = CMOS ドライバ<br>10 = オープンドレイン nMOS ドライバ<br>11 = オープンドレイン nMOS ドライバ、内部 125k $\Omega$ プルアップ抵抗付き |

**MNGR\_INT (0x04)**

MNGR\_INT はリード/ライト・レジスタで、ECG および BioZ FIFO の状態に応じて設定可能な割込みビットの動作を管理します（詳細は [STATUS レジスタ](#) と ECG および BioZ FIFO の説明を参照）。最後に、このレジスタにはサンプル同期パルス (SAMP) と RTOR 心拍検出割込み (RRINT) をサポートする設定ビットが含まれています。

表 15. MNGR\_INT (0x04) レジスタのマップ

| REG  | NAME     | R/W | 23/15/7   | 22/14/6  | 21/13/5        | 20/12/4 | 19/11/3   | 18/10/2   | 17/9/1       | 16/8/0 |
|------|----------|-----|-----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|--------------|--------|
| 0x04 | MNGR_INT | R/W | EFIT[4:0] |          |                |         |           | BFIT[2:0] |              |        |
|      |          |     | x         | x        | x              | x       | x         | x         | x            | x      |
|      |          |     | x         | CLR_FAST | CLR_RRINT[1:0] |         | CLR_PEDGE | CLR_SAMP  | SAMP_IT[1:0] |        |

表 16. MNGR\_INT (0x04) レジスタの機能

| インデックス   | 名称             | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------|----------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[23:19] | EFIT[4:0]      | 01111 | ECG FIFO 割込みスレッシュホールド (FIFO の未読レコード数に基づいて EINT を発行)。<br>00000～11111 = それぞれ 1～32 (すなわち、未読レコード数が EFIT[4:0]+1)                                                                                                                                                                               |
| D[18:16] | BFIT[2:0]      | 011   | BioZ FIFO 割込みスレッシュホールド (FIFO の未読レコード数に基づいて BINT を発行)。<br>000～111 = それぞれ 1～8 (すなわち、未読レコード数が BFIT[2:0]+1)                                                                                                                                                                                   |
| D[6]     | CLR_FAST       | 0     | 高速モード割込みクリアの動作：<br>0 = FSTINT は、高速 (FAST) モードが (手動または自動で) 解除されるまでアクティブのまま、その後、STATUS のリードバック (32 番目の SCLK) でクリアされるまで保持されます。<br>1 = FSTINT は、MAX30001 が高速回復モードにある場合でも、STATUS のリードバック (32 番目の SCLK) でクリアされるまでアクティブのままです。いったんクリアされると、手動または自動で FAST モードを終了し、再度このモードに入るまでは FSTINT は再アサートされません。 |
| D[5:4]   | CLR_RRINT[1:0] | 00    | RTOR R 検出割込み (RRINT) クリアの動作：<br>00 = STATUS レジスタのリードバックで RRINT をクリア<br>01 = RTOR レジスタのリードバックで RRINT をクリア<br>10 = ECG データ・レート の 1 サイクル (約 2ms～8ms) 後に RRINT をセルフクリア<br>11 = 予約済み。使用不可                                                                                                      |
| D[3]     | CLR_PEDGE      | 0     | PACE エッジ検出割込み (PEDGE) クリアの動作：<br>0 = STATUS レジスタのリードバックで PEDGE をクリア<br>1 = PACE 比較の 1 サイクル (約 16μs) 後に PEDGE をセルフクリア<br><b>Note</b> : セルフクリア・モードは、INT2B の使用時にのみ推奨します。                                                                                                                     |
| D[2]     | CLR_SAMP       | 1     | サンプル同期パルス (SAMP) クリアの動作：<br>0 = STATUS レジスタ・リードバック時に SAMP をクリア (デバッグ/評価時のみ推奨)。<br>1 = 1 データ・レート・サイクルの約 4 分の 1 後に SAMP をセルフクリア。                                                                                                                                                            |
| D[1:0]   | SAMP_IT[1:0]   | 00    | サンプル同期パルス (SAMP) の周波数<br>00 = サンプル・タイミングごとに発行<br>01 = 2 番目のサンプル・タイミングごとに発行<br>10 = 4 番目のサンプル・タイミングごとに発行<br>11 = 16 番目のサンプル・タイミングごとに発行                                                                                                                                                     |

**MNGR\_DYN (0x05)**

MNGR\_DYN はリード/ライト・レジスタで、デバイス内の汎用/ダイナミック・モードの設定を管理します。ECG 高速回復モードとスレッシュホールドはここで管理します。また、このレジスタには、BioZ AC リードオフ検出の割込みスレッシュホールドも含まれています（詳細は [CNFG\\_GEN](#) を参照）。多くの CNFG レジスタとは異なり、ダイナミック・モードへの変更は FIFO 動作に影響を与えず、SYNCH 動作を必要としません（ただし、影響を受ける回路はセトリングに時間を要するため、セトリング間隔中に FIFO 出力電圧情報が無効になったり破損したりする可能性があります）。

表 17. MNGR\_DYN (0x05) レジスタのマップ

| REG  | NAME     | R/W | 23/15/7          | 22/14/6 | 21/13/5      | 20/12/4 | 19/11/3 | 18/10/2 | 17/9/1 | 16/8/0 |
|------|----------|-----|------------------|---------|--------------|---------|---------|---------|--------|--------|
| 0x05 | MNGR_DYN | R/W | FAST[1:0]        |         | FAST_TH[5:0] |         |         |         |        |        |
|      |          |     | BLOFF_HI_IT[7:0] |         |              |         |         |         |        |        |
|      |          |     | BLOFF_LO_IT[7:0] |         |              |         |         |         |        |        |

表 18. MNGR\_DYN (0x05) レジスタの機能

| インデックス   | 名称               | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[23:22] | FAST[1:0]        | 00    | ECG チャンネル高速回復モードの選択 (ECG ハイパス・フィルタをバイパス) :<br>00 = 通常動作モード (高速回復モードを無効化)<br>01 = 手動高速回復モードを有効化 (無効化されるまでアクティブなまま)<br>10 = 自動高速回復モードを有効化 (ECG 出力の飽和時に高速回復が自動的に起動、FAST_TH を使用)<br>11 = 予約済み。使用不可                                                                                                                                                    |
| D[21:16] | FAST_TH[5:0]     | 0x3F  | 自動高速回復のスレッシュホールド :<br>FAST[1:0] = 10 で、ECG 測定出力が 125ms 以上の間、2048*FAST_TH で定義された対称スレッシュホールドを超えた場合、高速回復モードが自動的に作動し、500ms の間アクティブな状態になります。<br>例えば、デフォルト値 (FAST_TH = 0x3F) は、ECG 出力の上限スレッシュホールドが 0x1F800、ECG 出力の下限スレッシュホールドが 0x20800 に相当します。                                                                                                          |
| D[15:8]  | BLOFF_HI_IT[7:0] | 0xFF  | BioZ AC リードオフのオーバー・レンジ・スレッシュホールド<br>EN_BLOFF[1:0] = 1x で、BioZ 測定 ADC 出力が 128ms 以上の間、 $\pm 2048 * \text{BLOFF\_HI\_IT}$ で定義される対称スレッシュホールドを超えた場合、BOVER 割込みビットがアサートされます。<br>例えば、デフォルト値 (BLOFF_HI_IT = 0xFF) は、BioZ 出力の上限スレッシュホールドが 0x7F800、つまりフルスケール範囲の約 99.6%、および BioZ 出力の下限スレッシュホールドが 0x80800、つまりフルスケール範囲の約 0.4% で、LSB の重み $\approx 0.4\%$ に相当します。 |
| D[7:0]   | BLOFF_LO_IT[7:0] | 0xFF  | BioZ AC リードオフのアンダー・レンジ・スレッシュホールド<br>EN_BLOFF[1:0] = 1x で、BioZ 測定出力が 128ms 以上の間、 $\pm 32 * \text{BLOFF\_LO\_IT}$ で定義される対称スレッシュホールドを超えた場合、BUNDR 割込みビットがアサートされます。                                                                                                                                                                                    |

**SW\_RST (0x08)**

SW\_RST (ソフトウェアリセット) は書き込み専用のレジスタ/コマンドで、SPI SW\_RST トランザクションの終了時 (すなわち 32 番目の SCLK 立上がりエッジ) で MAX30001 を元のデフォルト状態にリセットします。DIN[23:0] = 0x000000 の場合にのみ実行されます。SW\_RST の効果は、デバイスの電源を一度切った後で入れ直した場合と同じです。

表 19. SW\_RST (0x08) レジスタのマッピング

| REG  | NAME   | R/W | 23/15/7         | 22/14/6 | 21/13/5 | 20/12/4 | 19/11/3 | 18/10/2 | 17/9/1 | 16/8/0 |
|------|--------|-----|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| 0x08 | SW_RST | W   | D[23:16] = 0x00 |         |         |         |         |         |        |        |
|      |        |     | D[15:8] = 0x00  |         |         |         |         |         |        |        |
|      |        |     | D[7:0] = 0x00   |         |         |         |         |         |        |        |

**SYNCH (0x09)**

SYNCH (同期) は書き込み専用のレジスタ/コマンドで、SPI SYNCH トランザクションの終了後の内部 MSTR クロック・エッジ (すなわち 32 番目の SCLK 立上がりエッジ) から、ECG/BioZ の新しい動作と記録を開始させます。DIN[23:0] = 0x000000 の場合にのみ実行されます。SYNCH は、アクティブな ECG、R-R、BioZ、および PACE 回路の動作をリセットおよび同期化するだけでなく、FIFO メモリと DSP フィルタも (ミッドスケールに) リセットおよびクリアするため、実質的に FIFO レコードの「タイムゼロ」を設定できます。構成設定には影響しません。CNFG\_GEN の設定を変更した場合は、PLL がロックするまで待つってから同期をとるようにすると最良の結果が得られます。

デバイスの初期パワーアップ後、記録動作を開始する前に完全に設定する必要があります。同様に、CNFG\_GEN、CNFG\_ECG、または CNFG\_BIOZ レジスタを変更すると、ECG と BioZ のレコードに不連続性が生じ、FIFO に記録されるタイム・ステップのサイズに変更が生じる可能性があります。SYNCH コマンドは、このような乱れの後で動作をクリーンに再開する手段を提供します。

マルチチャンネル動作時、FIFO オーバーフローが発生し、レコードの一部が失われた場合、SYNCH コマンドを用いて記録を回復し、再開させることを推奨します (1 つまたは複数のチャンネル・レコードでデータが欠落する問題を回避できます)。フィルタの選択によってはグループの遅延が大きく異なるため、2 つのチャンネル・レコードをデバイス内で直接同期させることはできず、レコードの位置合わせは外部で行う必要があります。

表 20. SYNCH (0x09) レジスタのマッピング

| REG  | NAME  | R/W | 23/15/7         | 22/14/6 | 21/13/5 | 20/12/4 | 19/11/3 | 18/10/2 | 17/9/1 | 16/8/0 |
|------|-------|-----|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| 0x09 | SYNCH | W   | D[23:16] = 0x00 |         |         |         |         |         |        |        |
|      |       |     | D[15:8] = 0x00  |         |         |         |         |         |        |        |
|      |       |     | D[7:0] = 0x00   |         |         |         |         |         |        |        |

**FIFO\_RST (0x0A)**

FIFO\_RST (FIFO リセット) は書き込み専用のレジスタ/コマンドで、FIFO メモリをリセットし、次の ECG および BioZ データで記録を再開することにより、新しい ECG および BioZ の記録を開始させます。DIN[23:0] = 0x000000 の場合にのみ実行されます。SYNCH コマンドとは異なり、アクティブな ECG、R-R、BioZ、および PACE 回路の動作は FIFO\_RST によって影響を受けないため、セトリング/回復のトランジェントは発生しません。FIFO\_RST は、FIFO オーバーフロー状態から迅速に回復するのに使用できます (ECG または BioZ の単一チャンネルを使用する場合に推奨、上記を参照)。

表 21. FIFO\_RST (0x0A) レジスタのマッピング

| REG  | NAME     | R/W | 23/15/7         | 22/14/6 | 21/13/5 | 20/12/4 | 19/11/3 | 18/10/2 | 17/9/1 | 16/8/0 |
|------|----------|-----|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| 0x0A | FIFO_RST | W   | D[23:16] = 0x00 |         |         |         |         |         |        |        |
|      |          |     | D[15:8] = 0x00  |         |         |         |         |         |        |        |
|      |          |     | D[7:0] = 0x00   |         |         |         |         |         |        |        |



**INFO (0x0F)**

INFO は、MAX30001 に関する情報を提供する読出し専用レジスタです。最初のニブルには、インターフェースの検証に役立つ交互のビットパターンが含まれています。2 番目のニブルには、リビジョン ID が含まれています。3 番目のニブルには、製品 ID 情報が含まれています。

Note : 内部の初期化手順のため、このコマンドがパワーサイクル・イベントまたは SW\_RST イベントの後に最初に実行された場合、有効なデータを読み出すことはできません。

表 22. INFO (0x0F) レジスタのマップ

| REG  | NAME | R/W | 23/15/7 | 22/14/6 | 21/13/5 | 20/12/4 | 19/11/3     | 18/10/2 | 17/9/1 | 16/8/0 |
|------|------|-----|---------|---------|---------|---------|-------------|---------|--------|--------|
| 0x0F | INFO | R   | 0       | 1       | 0       | 1       | REV_ID[3:0] |         |        |        |
|      |      |     | x       | x       | 0       | 1       | x           | x       | x      | x      |
|      |      |     | x       | x       | x       | x       | x           | x       | x      | x      |

表 23. INFO (0x0F) レジスタの意味

| インデックス   | 名称          | 説明       |
|----------|-------------|----------|
| D[19:16] | REV_ID[3:0] | リビジョン ID |

**CNFG\_GEN (0x10)**

CNFG\_GEN はリード/ライト・レジスタで、一般的な設定、特に内部タイミング動作全てのマスタ・クロック・レートを制御します。CNFG\_GEN を変更すると、ECG と BioZ のレコードに不連続性が生じ、FIFO に記録されるタイム・ステップのサイズに変更が生じる可能性があります。SYNCH コマンドは、設定変更に伴う内部同期の回復に使用できます。EN\_ECG と EN\_BIOZ が共にロジック・ローの時、デバイスは 2 つの超低消費電力モードのいずれか (EN\_ULP\_LON で指定) になることに注意してください。

表 24. CNFG\_GEN (0x10) レジスタのマップ

| REG  | NAME     | R/W | 23/15/7         | 22/14/6 | 21/13/5        | 20/12/4 | 19/11/3     | 18/10/2   | 17/9/1  | 16/8/0 |
|------|----------|-----|-----------------|---------|----------------|---------|-------------|-----------|---------|--------|
| 0x10 | CNFG_GEN | R/W | EN_ULP_LON[1:0] |         | FMSTR[1:0]     |         | EN_ECG      | EN_BIOZ   | EN_PACE | x      |
|      |          |     | EN_BLOFF[1:0]   |         | EN_DCLOFF[1:0] |         | IPOL        | IMAG[2:0] |         |        |
|      |          |     | VTH[1:0]        |         | EN_RBIAS[1:0]  |         | RBIASV[1:0] |           | RBIASP  | RBIASN |

表 25. CNFG\_GEN (0x10) レジスタの機能

| インデックス   | 名称              | デフォルト | 説明                                                                                                                                                       |
|----------|-----------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[23:22] | EN_ULP_LON[1:0] | 00    | 超低消費電力リードオン検出イネーブル<br>00 = ULP リードオン検出を無効化<br>01 = ECG ULP リードオン検出を有効化<br>10 = 予約済み。使用不可<br>11 = 予約済み。使用不可<br>ULP モードは、ECG チャンネルをパワーダウンまたは無効化した時にのみ有効です。 |

表 25. CNFG\_GEN (0x10) レジスタの機能 (続き)

| インデックス   | 名称            | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|---------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[21:20] | FMSTR[1:0]    | 00    | <p>マスタ・クロック周波数。マスタ・クロック周波数 (FMSTR) とタイミング分解能 (T<sub>RES</sub>) を選択します。これにより ECG と CAL のタイミング特性も決定されます。これらは FCLK (常時 32.768kHz) から生成されます。</p> <p>00 = F<sub>MSTR</sub> = 32768Hz、T<sub>RES</sub> = 15.26μs (512Hz ECG プログレッション)</p> <p>01 = F<sub>MSTR</sub> = 32000Hz、T<sub>RES</sub> = 15.63μs (500Hz ECG プログレッション)</p> <p>10 = F<sub>MSTR</sub> = 32000Hz、T<sub>RES</sub> = 15.63μs (200Hz ECG プログレッション)</p> <p>11 = F<sub>MSTR</sub> = 31968.78Hz、T<sub>RES</sub> = 15.64μs (199.8049Hz ECG プログレッション)</p> |
| D[19]    | EN_ECG        | 0     | <p>ECG チャンネル・イネーブル</p> <p>0 = ECG チャンネルを無効化</p> <p>1 = ECG チャンネルを有効化</p> <p>Note : R-R 動作のためには、ECG チャンネルを有効化する必要があります。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| D[18]    | EN_BIOZ       | 0     | <p>BioZ チャンネル・イネーブル</p> <p>0 = BioZ チャンネルを無効化</p> <p>1 = BioZ チャンネルを有効化</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| D[17]    | EN_PACE       | 0     | <p>PACE チャンネル・イネーブル</p> <p>0 = PACE チャンネルを無効化</p> <p>1 = PACE チャンネルを有効化 (ECG チャンネルも有効化した場合 (EN_ECG = 1) )</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| D[15:14] | EN_BLOFF[1:0] | 00    | <p>BioZ デジタル・リードオフ検出イネーブル</p> <p>00 = デジタル・リードオフ検出を無効化</p> <p>01 = リードオフ・アンダー・レンジ検出、4 電極 BioZ アプリケーション</p> <p>10 = リードオフ・オーバー・レンジ検出、2 電極および 4 電極の BioZ アプリケーション</p> <p>11 = リードオフ・オーバー&amp;アンダー・レンジ検出、4 電極 BioZ アプリケーション</p> <p>AC 方式、アクティブな BioZ チャンネルを必要とし、BOVER と BUNDR の割込み動作を有効化します。CNFG_BIOZ で設定した BioZ 励起電流と MNGR_DYN で設定したデジタル・スレッシュホールドを使用します。</p>                                                                                                                                                  |
| D[13:12] | EN_DCLOFF     | 00    | <p>DC リードオフ検出イネーブル</p> <p>00 = DC リードオフ検出を無効化</p> <p>01 = DCLOFF 検出を ECGP/N 端子に適用</p> <p>10 = 予約済み。使用不可</p> <p>11 = 予約済み。使用不可</p> <p>DC 方式、アクティブに選択したチャンネルを必要とし、DCLOFF 割込みとステータス・ビットの動作を有効化します。</p> <p>下記の電流源とコンパレータ・スレッシュホールドを使用します。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| D[11]    | DCLOFF_IPOL   | 0     | <p>DC リードオフ電流の極性 (電流源が有効化/接続されている場合)</p> <p>0 = ECGP - プルアップ      ECGN - プルダウン</p> <p>1 = ECGP - プルダウン      ECGN - プルアップ</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D[10:8]  | IMAG[2:0]     | 000   | <p>DC リードオフ電流の大きさの選択</p> <p>000 = 0nA (電流源を無効化および切断)</p> <p>001 = 5nA</p> <p>010 = 10nA</p> <p>011 = 20nA</p> <p>100 = 50nA</p> <p>101 = 100nA</p> <p>110 = 予約済み。使用不可</p> <p>111 = 予約済み。使用不可</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |



表 25. CNFG\_GEN (0x10) レジスタの機能 (続き)

| インデックス | 名称           | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------|--------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[7:6] | VTH[1:0]     | 00    | DC リードオフ電圧スレッシュホールドの選択<br>00 = $V_{MID} \pm 300mV$<br>01 = $V_{MID} \pm 400mV$<br>10 = $V_{MID} \pm 450mV$<br>11 = $V_{MID} \pm 500mV$                                                                                                        |
| D[5:4] | EN_RBIA[1:0] | 00    | 抵抗リード・バイアス・モードの有効化および選択<br>00 = 抵抗バイアスを無効化<br>01 = ECG 抵抗バイアスを有効化 (EN_ECG も有効化した場合)<br>10 = BioZ 抵抗バイアスを有効化 (EN_BIOZ も有効化した場合)<br>11 = 予約済み。使用不可<br>EN_RBIA[1:0]を有効化すると同時かその前に EN_ECG または EN_BIOZ がアサートされない場合、EN_RBIA[1:0]は 00 に設定されたままになります。 |
| D[3:2] | RBIASV[1:0]  | 01    | 抵抗バイアス・モード値の選択<br>00 = $R_{BIAS} = 50M\Omega$<br>01 = $R_{BIAS} = 100M\Omega$<br>10 = $R_{BIAS} = 200M\Omega$<br>11 = 予約済み。使用不可                                                                                                               |
| D[1]   | RBIASP       | 0     | 正入力抵抗バイアスを有効化<br>0 = ECGP/BIP は $V_{MID}$ に抵抗を介して接続されない<br>1 = ECGP/BIN は抵抗 (RBIASV で選択) を介して $V_{MID}$ に接続される                                                                                                                                |
| D[0]   | RBIASN       | 0     | 負入力抵抗バイアスを有効化<br>0 = ECGN は $V_{MID}$ に抵抗を介して接続されない<br>1 = ECGN は抵抗 (RBIASV で選択) を介して $V_{MID}$ に接続される                                                                                                                                        |

表 26 は、FMSTR の設定によって実現可能な ECG および BioZ のデータ・レートと、CNFG\_ECG および CNFG\_BIOZ レジスタで使用できる RATE の設定ビットを示しています。FMSTR は、PACE 検出ブロックのタイミング分解能 (および ECG\_RATE の選択に応じた記録深度)、および CAL 波形生成器のタイミング分解能も決定することに注意してください。

表 26. マスタ周波数の概要表

| FMSTR [1:0] | MASTER<br>FREQUENCY<br>( $f_{MSTR}$ ) (Hz) | ECG DATA<br>RATE<br>(ECG_RATE)<br>(sps) | RTOR TIMING<br>RESOLUTION<br>(RTOR_RES)<br>(ms) | PACE TIMING<br>RESOLUTION<br>(PACE_RES)<br>( $\mu s$ ) | PACE FIFO<br>RECORD<br>DEPTH<br>(ECG_RATE) | CALIBRATION<br>TIMING<br>RESOLUTION<br>(CAL_RES)<br>( $\mu s$ ) | BioZ DATA<br>RATES<br>(B_RATE)<br>(sps) |
|-------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 00          | 32,768                                     | 00 = 512<br>01 = 256<br>10 = 128        | 7.8125                                          | 15.26                                                  | 00 = 128<br>01 = 256<br>1x = 512           | 30.52                                                           | 0 = 64<br>1 = 32                        |
| 01          | 32,000                                     | 00 = 500<br>01 = 250<br>10 = 125        | 8.000                                           | 15.63                                                  | 00 = 128<br>01 = 256<br>1x = 512           | 31.25                                                           | 0 = 62.50<br>1 = 31.25                  |
| 10          | 32,000                                     | 10 = 200                                | 8.000                                           | 15.63                                                  | 320                                        | 31.25                                                           | 0 = 50<br>1 = 25                        |
| 11          | 31,968                                     | 10 = 199.8049                           | 8.008                                           | 15.64                                                  | 320                                        | 31.28                                                           | 0 = 49.95<br>1 = 24.98                  |

**CNFG\_CAL (0x12)**

CNFG\_CALはリード/ライト・レジスタで、内部キャリブレーション電圧源 (VCALPおよびVCALN) の動作、設定値、機能を設定します。電圧源の出力はチャンネル入力 MUX を介して ECG または BioZ/PACE の入力にルーティングでき、エンド to エンドのテスト動作が容易になります。接続されたデバイスに VCAL 源を印加する場合、適切なチャンネル MUX スイッチをオープンに位置にすることを推奨します。

表 27. CNFG\_CAL (0x12) レジスタのマップ

| REG  | NAME     | R/W | 23/15/7    | 22/14/6   | 21/13/5 | 20/12/4 | 19/11/3 | 18/10/2     | 17/9/1 | 16/8/0 |
|------|----------|-----|------------|-----------|---------|---------|---------|-------------|--------|--------|
| 0x12 | CNFG_CAL | R/W | x          | EN_VCAL   | VMODE   | VMAG    | x       | x           | x      | x      |
|      |          |     | x          | FCAL[2:0] |         |         | FIFTY   | THIGH[10:8] |        |        |
|      |          |     | THIGH[7:0] |           |         |         |         |             |        |        |

表 28. CNFG\_CAL (0x12) レジスタの機能

| インデックス   | 名称          | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|-------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[22]    | EN_VCAL     | 0     | キャリブレーション源 (VCALP および VCALN) イネーブル<br>0 = キャリブレーション源とキャリブレーション・モードを無効化<br>1 = キャリブレーション源とキャリブレーション・モードを有効化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| D[21]    | VMODE       | 0     | キャリブレーション源のモードの選択<br>0 = ユニポーラ、キャリブレーション源は $V_{MID} \pm V_{MAG}$ と $V_{MID}$ の間でスイング<br>1 = バイポーラ、キャリブレーション源は $V_{MID} + V_{MAG}$ と $V_{MID} - V_{MAG}$ の間でスイング                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| D[20]    | VMAG        | 0     | キャリブレーション源の大きさの選択 ( $V_{MAG}$ )<br>0 = 0.25mV<br>1 = 0.50mV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| D[14:12] | FCAL[2:0]   | 100   | キャリブレーション源周波数の選択 (FCAL)<br>000 = $F_{MSTR}/128$ (256、250、または 249.75Hz)<br>001 = $F_{MSTR}/512$ (64、62.5、または 62.4375Hz)<br>010 = $F_{MSTR}/2048$ (16、15.625、または 15.609375Hz)<br>011 = $F_{MSTR}/8192$ (4、3.90625、または 3.902344Hz)<br>100 = $F_{MSTR}/2^{15}$ (1、0.976563、または 0.975586Hz)<br>101 = $F_{MSTR}/2^{17}$ (0.25、0.24414、または 0.243896Hz)<br>110 = $F_{MSTR}/2^{19}$ (0.0625、0.061035Hz、または 0.060974Hz)<br>111 = $F_{MSTR}/2^{21}$ (0.015625、0.015259、または 0.015244Hz)<br>実際の周波数は FMSTR の選択によって決まります (詳細は <a href="#">CNFG_GEN</a> を参照)。<br>括弧内の周波数は 32768、32000 または 31968Hz クロック (FMSTR[1:0] = 00) に基づくものです。TCAL = 1/FCAL。 |
| D[11]    | FIFTY       | 1     | キャリブレーション源のデューティ・サイクル・モードの選択<br>0 = CAL_THIGH を用いて VCALP と VCALN のハイ・タイムを選択<br>1 = THIGH = 50% (CAL_THIGH[10:0]は無視)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| D[10:0]  | THIGH[10:0] | 0x000 | キャリブレーション源のハイ・タイムの選択<br>FIFTY = 1 の場合、 $t_{HIGH} = 50\%$ (THIGH[10:0]は無視)、<br>それ以外の場合、 $THIGH = THIGH[10:0] \times CAL\_RES$<br>CAL_RES は FMSTR の選択で決定されます (詳細は <a href="#">CNFG_GEN</a> を参照)。<br>例えば、FMSTR[1:0] = 00 の場合、CAL_RES = 30.52μs です。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

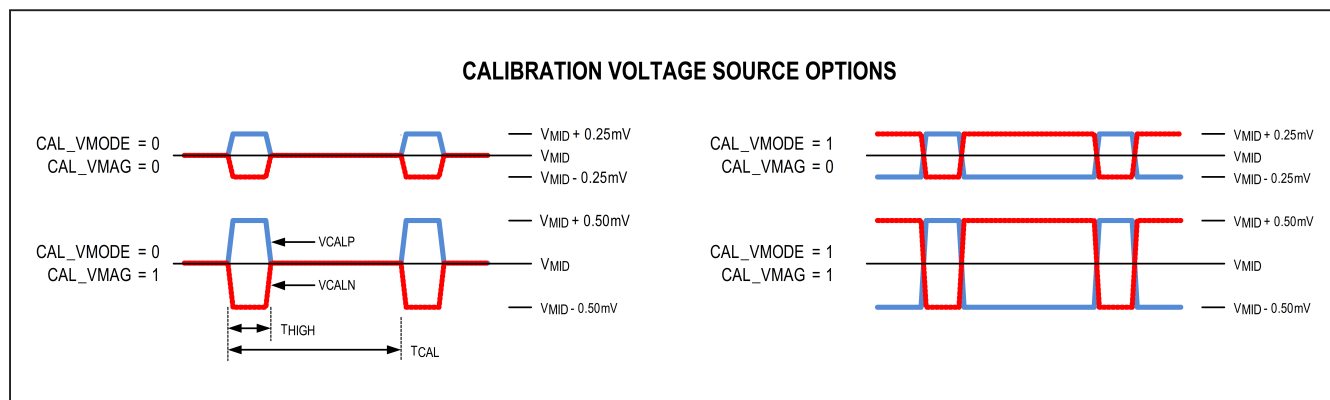


図 16. キャリブレーション用電圧源のオプション

**CNFG\_EMUX (0x14)**

CNFG\_EMUX はリード/ライト・レジスタで、ECG チャンネルに関連する入力マルチプレクサの動作、設定値、機能を設定します。

表 29. CNFG\_EMUX (0x14) レジスタのマップ

| REG  | NAME      | R/W | 23/15/7 | 22/14/6 | 21/13/5   | 20/12/4   | 19/11/3           | 18/10/2 | 17/9/1            | 16/8/0 |
|------|-----------|-----|---------|---------|-----------|-----------|-------------------|---------|-------------------|--------|
| 0x14 | CNFG_EMUX | R/W | ECG_POL | x       | ECG_OPENP | ECG_OPENN | ECG_CALP_SEL[1:0] |         | ECG_CALN_SEL[1:0] |        |
|      |           |     | x       | x       | x         | x         | x                 | x       | x                 | x      |
|      |           |     | x       | x       | x         | x         | x                 | x       | x                 | x      |

表 30. CNFG\_EMUX (0x14) レジスタの機能

| インデックス   | 名称                | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                    |
|----------|-------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[23]    | ECG_POL           | 0     | ECG 入力極性の選択<br>0 = 非反転<br>1 = 反転                                                                                                                                      |
| D[21]    | ECG_OPENP         | 1     | ECGP 入力スイッチ・オープン (多くの場合テストやキャリブレーションに使用)<br>0 = ECGP を内部で ECG AFE チャンネルに接続<br>1 = ECGP を内部で ECG AFE チャンネルから絶縁                                                         |
| D[20]    | ECG_OPENN         | 1     | ECGN 入力スイッチ・オープン (多くの場合テストやキャリブレーションに使用)<br>0 = ECGN を内部で ECG AFE チャンネルに接続<br>1 = ECGN を内部で ECG AFE チャンネルから絶縁                                                         |
| D[19:18] | ECG_CALP_SEL[1:0] | 00    | ECGP キャリブレーションの選択<br>00 = キャリブレーション信号なし<br>01 = 入力を $V_{MID}$ に接続<br>10 = 入力を VCALP に接続 (CAL_EN_VCAL = 1 の場合にのみ利用可)<br>11 = 入力を VCALN に接続 (CAL_EN_VCAL = 1 の場合にのみ利用可) |
| D[17:16] | ECG_CALN_SEL[1:0] | 00    | ECGN キャリブレーションの選択<br>00 = キャリブレーション信号なし<br>01 = 入力を $V_{MID}$ に接続<br>10 = 入力を VCALP に接続 (CAL_EN_VCAL = 1 の場合にのみ利用可)<br>11 = 入力を VCALN に接続 (CAL_EN_VCAL = 1 の場合にのみ利用可) |

**CNFG\_ECG (0x15)**

CNFG\_BMUX はリード/ライト・レジスタで、ECG チャンネルの動作、設定値、機能を設定します。CNFG\_ECG を変更すると、ECG レコードに不連続性が生じ、ECG FIFO に記録されるタイム・ステップのサイズに変更が生じる可能性があります。SYNCH コマンドは、設定変更に伴う内部同期の回復に使用できます。

表 31. CNFG\_ECG (0x15) レジスタのマッピング

| REG  | NAME     | R/W | 23/15/7       | 22/14/6  | 21/13/5       | 20/12/4 | 19/11/3 | 18/10/2 | 17/9/1        | 16/8/0 |
|------|----------|-----|---------------|----------|---------------|---------|---------|---------|---------------|--------|
| 0x15 | CNFG_ECG | R/W | ECG_RATE[1:0] |          | x             | x       | x       | x       | ECG_GAIN[1:0] |        |
|      |          |     | x             | ECG_DHPF | ECG_DLPF[1:0] |         | x       | x       | x             | x      |
|      |          |     | x             | x        | x             | x       | x       | x       | x             | x      |

表 32. CNFG\_ECG (0x15) レジスタの機能

| インデックス   | 名称            | DEFAULT | 説明                                                                                                                                                                    |
|----------|---------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[23:22] | ECG_RATE[1:0] | 10      | ECG データ・レート (FMSTR の選択にも依存します。CNFG_GEN (表 33) を参照)。                                                                                                                   |
|          |               |         | FMSTR = 00 : $f_{MSTR} = 32768\text{Hz}$ 、 $t_{RES} = 15.26\mu\text{s}$ (512Hz ECG プログレッション)<br>00 = 512sps<br>01 = 256sps<br>10 = 128sps<br>11 = 予約済み。使用不可           |
|          |               |         | FMSTR = 01 : $f_{MSTR} = 32000\text{Hz}$ 、 $t_{RES} = 15.63\mu\text{s}$ (500Hz ECG プログレッション)<br>00 = 500sps<br>01 = 250sps<br>10 = 125sps<br>11 = 予約済み。使用不可           |
|          |               |         | FMSTR = 10 : $f_{MSTR} = 32000\text{Hz}$ 、 $t_{RES} = 15.63\mu\text{s}$ (200Hz ECG プログレッション)<br>00 = 予約済み。使用不可<br>01 = 予約済み。使用不可<br>10 = 200sps<br>11 = 予約済み。使用不可     |
|          |               |         | FMSTR = 11 : $f_{MSTR} = 31968\text{Hz}$ 、 $t_{RES} = 15.64\mu\text{s}$ (199.8Hz ECG プログレッション)<br>00 = 予約済み。使用不可<br>01 = 予約済み。使用不可<br>10 = 199.8sps<br>11 = 予約済み。使用不可 |

表 32. CNFG\_ECG (0x15) レジスタの機能 (続き)

| インデックス   | 名称            | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------|---------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[17:16] | ECG_GAIN[1:0] | 00    | ECG チャンネル・ゲインの設定<br>00 = 20V/V<br>01 = 40V/V<br>10 = 80V/V<br>11 = 160V/V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| D[14]    | ECG_DHPF      | 1     | ECG チャンネルのデジタル・ハイパス・フィルタのカットオフ周波数<br>0 = バイパス (DC)<br>1 = 0.50Hz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| D[13:12] | ECG_DLPF[1:0] | 01    | ECG チャンネルのデジタル・ローパス・フィルタのカットオフ周波数<br>00 = バイパス (デシメーションのみ、FIR フィルタなし)<br>01 = 約 40Hz (125 および 128sps の設定を除く、表 33 参照)<br>10 = 約 100Hz (ECG レートを 512、256、500、および 250sps に選択した時にのみ有効)<br>11 = 約 150Hz (ECG レートを 512 および 500sps に選択した時にのみ有効)<br><b>Note :</b> 表 33 を参照してください。サポートされていない DLPF 設定を指定した場合、内部で 40Hz の設定 (ECG_DLPF[1:0] = 01) が使用されます。CNFG_ECG レジスタは書き込まれた値を保持し続けますが、リードバックした時に有効な内部値を返します。 |

表 33. サポートされる ECG\_RATE と ECG\_DLPF のオプション

| CNFG_GEN<br>FMSTR[1:0] | ECG_RATE[1:0]<br>SAMPLE RATE<br>(sps) | ECG_DLPF[1:0]/DIGITAL LPF CUTOFF |         |              |              |
|------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------|--------------|--------------|
|                        |                                       | 00                               | 01 (Hz) | 10 (Hz)      | 11 (Hz)      |
| 00 = 32,768Hz          | 00 = 512                              | Bypass                           | 40.96   | 102.4        | 153.6        |
|                        | 01 = 256                              | Bypass                           | 40.96   | 102.4        | <b>40.96</b> |
|                        | 10 = 128                              | Bypass                           | 28.35   | <b>28.35</b> | <b>28.35</b> |
| 01 = 32,000Hz          | 00 = 500                              | Bypass                           | 40.00   | 100.0        | 150.0        |
|                        | 01 = 250                              | Bypass                           | 40.00   | 100.0        | <b>40.00</b> |
|                        | 10 = 125                              | Bypass                           | 27.68   | <b>27.68</b> | <b>27.68</b> |
| 10 = 32,000Hz          | 10 = 200                              | Bypass                           | 40.00   | <b>40.00</b> | <b>40.00</b> |
| 11 = 31,968Hz          | 10 = 199.8                            | Bypass                           | 39.96   | <b>39.96</b> | <b>39.96</b> |

**Note :** グレーで示された組み合わせは対応せず、示されたデフォルト設定に内部でマッピングされます。

## CNFG\_BMUX (0x17)

CNFG\_BMUX はリード/ライト・レジスタで、BioZ チャンネルに関連する入力マルチプレクサの動作、設定値、機能を設定します。

表 34. CNFG\_BMUX (0x17) レジスタのマッピング

| REG  | NAME      | R/W | 23/15/7 | 22/14/6        | 21/13/5           | 20/12/4    | 19/11/3            | 18/10/2        | 17/9/1             | 16/8/0          |
|------|-----------|-----|---------|----------------|-------------------|------------|--------------------|----------------|--------------------|-----------------|
| 0x17 | CNFG_BMUX | R/W | x       | x              | BMUX_OPENP        | BMUX_OPENN | BMUX_CALP_SEL[1:0] |                | BMUX_CALN_SEL[1:0] |                 |
|      |           |     | x       | x              | BMUX_CG_MODE[1:0] |            | BMUX_EN_BIST       | BMUX_RNOM[2:0] |                    |                 |
|      |           |     | x       | BMUX_RMOD[2:0] |                   |            |                    | x              | x                  | BMUX_FBIST[1:0] |

表 35. CNFG\_BMUX (0x17) レジスタの機能

| インデックス   | 名称                 | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|--------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[21]    | BMUX_OPENP         | 1     | BIP 入力スイッチ・オープン (多くの場合テストやキャリブレーションに使用)<br>0 = BIP を内部で BioZ チャンネルに接続<br>1 = BIP を内部で BioZ チャンネルから絶縁                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| D[20]    | BMUX_OPENN         | 1     | BIN 入力スイッチ・オープン (多くの場合テストやキャリブレーションに使用)<br>0 = BIN を内部で BioZ チャンネルに接続<br>1 = BIN を内部で BioZ チャンネルから絶縁                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| D[19:18] | BMUX_CALP_SEL[1:0] | 00    | BIP キャリブレーションの選択 (BIP/N 入力への VCAL 印加は、PACE テストでの使用のみを想定しています)。<br>00 = キャリブレーション信号なし<br>01 = 入力を VMID に接続<br>10 = 入力を VCALP に接続 (CAL_EN_VCAL = 1 の場合にのみ利用可)<br>11 = 入力を VCALN に接続 (CAL_EN_VCAL = 1 の場合にのみ利用可)                                                                                                                                                                 |
| D[17:16] | BMUX_CALN_SEL[1:0] | 00    | BIN キャリブレーションの選択 (BIP/N 入力への VCAL 印加は、PACE テストでの使用のみを想定)。<br>00 = キャリブレーション信号なし<br>01 = 入力を VMID に接続<br>10 = 入力を VCALP に接続 (CAL_EN_VCAL = 1 の場合にのみ利用可)<br>11 = 入力を VCALN に接続 (CAL_EN_VCAL = 1 の場合にのみ利用可)                                                                                                                                                                      |
| D[13:12] | BMUX_CG_MODE[1:0]  | 00    | BioZ 電流発生器のモードの選択<br>00 = チョッピングしない電流源、ローパス・フィルタあり<br>(低ノイズ、優れた 50/60Hz 除去、ECG、BioZ アプリケーションに推奨)<br>01 = チョッピングした電流源、ローパス・フィルタなし<br>(低ノイズ、50/60Hz 除去なし、デジタル LPF を使用する BioZ アプリケーション、例えばバッテリー駆動の ECG、BioZ アプリケーションに推奨)<br>10 = チョッピングした電流源、ローパス・フィルタあり<br>(低ノイズ、優れた 50/60Hz 除去)<br>11 = チョッピングした電流源、抵抗性 CM 設定あり<br>(駆動電流が 32μA を超える使用は非推奨)<br>(低ノイズ、優れた 50/60Hz 除去、低入力インピーダンス) |

表 35. CNFG\_BMUX (0x17) レジスタの機能 (続き)

| インデックス  | 名称              | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------|-----------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[11]   | BMUX_EN_BIST    | 0     | <p>BioZ 変調抵抗の内部自己診断 (RMOD BIST) モード・イネーブル</p> <p>0 = RMOD BIST を無効化</p> <p>1 = RMOD BIST を有効化</p> <p>Note : CNFG_CAL_EN_VCAL = 0 の時にのみ有効です。</p> <p>身体の干渉を避けるため、このモードでは BIP/N スイッチはオープンにします。</p> <p>有効化すると、DRV/P/N 絶縁スイッチがオープンになり、DRV/P/N-BIP/N 内部スイッチが作動します。また、200MΩ モードでは、BioZ 入力にリード・バイアス抵抗が挿入されます。</p>                                                                                                               |
| D[10:8] | BMUX_RNOM[2:0]  | 000   | <p>BioZ RMOD BIST 公称抵抗値の選択</p> <p>詳細は <a href="#">RMOD BIST の設定表</a> を参照してください。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| D[6:4]  | BMUX_RMOD[2:0]  | 100   | <p>BioZ RMOD BIST 変調抵抗値の選択 (詳細は <a href="#">RMOD BIST の設定表</a> を参照)</p> <p>000 = 変調抵抗値 0</p> <p>001 = 変調抵抗値 1</p> <p>010 = 変調抵抗値 2</p> <p>011 = 予備、使用不可</p> <p>1xx = 全ての SWMOD スイッチをオープン - 変調なし (DC 値 = RNOM)</p>                                                                                                                                                                                                       |
| D[1:0]  | BMUX_FBIST[1:0] | 00    | <p>BioZ RMOD BIST 周波数の選択</p> <p>キャリブレーション源周波数の選択 (FCAL)</p> <p>00 = <math>f_{MSTR}/2^{13}</math> (約 4Hz)</p> <p>01 = <math>f_{MSTR}/2^{15}</math> (約 1Hz)</p> <p>10 = <math>f_{MSTR}/2^{17}</math> (約 1/4Hz)</p> <p>11 = <math>f_{MSTR}/2^{19}</math> (約 1/16Hz)</p> <p>実際の周波数は FMSTR の選択により決定され (詳細は <a href="#">CNFG_GEN</a> を参照)、およびその周波数は 32768Hz のクロック (FMSTR[1:0] = 00) を基準にします。全ての選択で、50% のデューティ・サイクルを使用します。</p> |

表 36. CNFG\_BMUX (0x17) RMOD BIST の設定

| BMUX_RNOM[2:0] | BMUX_RMOD[2:0] | NOMINAL RESISTANCE (Ω) | MODULATED RESISTANCE (mΩ) |
|----------------|----------------|------------------------|---------------------------|
| 000            | 000            | 5000                   | 2960.7                    |
|                | 001            |                        | 980.6                     |
|                | 010            |                        | 247.5                     |
|                | 1xx            |                        | Unmodulated               |
| 001            | 000            | 2500                   | 740.4                     |
|                | 001            |                        | 245.2                     |
|                | 010            |                        | 61.9                      |
|                | 1xx            |                        | Unmodulated               |
| 010            | 000            | 1667                   | 329.1                     |
|                | 001            |                        | 109.0                     |
|                | 010            |                        | 27.5                      |
|                | 1xx            |                        | Unmodulated               |

表 36. CNFG\_BMUX (0x17) RMOD BIST の設定 (続き)

| BMUX_RNOM[2:0] AND<br>SWNOM SWITCHES ENGAGED | BMUX_RMOD[2:0] | NOMINAL RESISTANCE ( $\Omega$ ) | MODULATED RESISTANCE<br>(m $\Omega$ ) |
|----------------------------------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 011                                          | 000            | 1250                            | 185.1                                 |
|                                              | 001            |                                 | 61.3                                  |
|                                              | 1xx            |                                 | Unmodulated                           |
| 100                                          | 000            | 1000                            | 118.5                                 |
|                                              | 001            |                                 | 39.2                                  |
|                                              | 1xx            |                                 | Unmodulated                           |
| 101                                          | 000            | 833                             | 82.3                                  |
|                                              | 001            |                                 | 27.2                                  |
|                                              | 1xx            |                                 | Unmodulated                           |
| 110                                          | 000            | 714                             | 60.5                                  |
|                                              | 001            |                                 | 20.0                                  |
|                                              | 1xx            |                                 | Unmodulated                           |
| 111                                          | 000            | 625                             | 46.3                                  |
|                                              | 001            |                                 | 15.3                                  |
|                                              | 1xx            |                                 | Unmodulated                           |

**CNFG\_BIOZ (0x18)**

CNFG\_BIOZ はリード/ライト・レジスタで、関連する変調電流発生器など、BioZ チャンネルの動作、設定値、機能を設定します。CNFG\_BIOZ を変更すると、BioZ レコードに不連続性が生じ、FIFO に記録されるタイム・ステップのサイズに変更が生じる可能性があります。SYNCH コマンドは、設定変更に伴う内部同期の回復に使用できます。

表 37. CNFG\_BIOZ (0x18) レジスタのマッピング

| REG  | NAME      | R/W | 23/15/7        | 22/14/6         | 21/13/5        | 20/12/4 | 19/11/3         | 18/10/2 | 17/9/1         | 16/8/0 |
|------|-----------|-----|----------------|-----------------|----------------|---------|-----------------|---------|----------------|--------|
| 0x18 | CNFG_BioZ | R/W | BIOZ_RATE      | BIOZ_AHPF[2:0]  |                |         | EXT_RBIA        | LN_BIOZ | BIOZ_GAIN[1:0] |        |
|      |           |     | BIOZ_DHPF[1:0] |                 | BIOZ_DLPF[1:0] |         | BIOZ_FCGEN[3:0] |         |                |        |
|      |           |     | BIOZ_CGMON     | BIOZ_CGMAG[2:0] |                |         | BIOZ_PHOFF[3:0] |         |                |        |



表 38. CNFG\_BIOZ (0x18) レジスタの機能

| インデックス   | 名称             | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------|----------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[23]    | BIOZ_RATE      | 0     | BioZ データ・レート (FMSTR の選択にも依存します。CNFG_GEN を参照)。                                                                                                                                                                                               |
|          |                |       | FMSTR = 00 : $f_{MSTR} = 32,768\text{Hz}$ (512Hz ECG/BioZ プログレッション)<br>0 = 64sps<br>1 = 32sps                                                                                                                                               |
|          |                |       | FMSTR = 01 : $f_{MSTR} = 32,000\text{Hz}$ (500Hz ECG/BioZ プログレッション)<br>0 = 62.50sps<br>1 = 31.25sps                                                                                                                                         |
|          |                |       | FMSTR = 10 : $f_{MSTR} = 32,000\text{Hz}$ (200Hz ECG/BioZ プログレッション)<br>0 = 50sps<br>1 = 25sps                                                                                                                                               |
|          |                |       | FMSTR = 11 : $f_{MSTR} = 31,968\text{Hz}$ (199.8Hz ECG/BioZ プログレッション)<br>0 = 49.95sps<br>1 = 24.98sps                                                                                                                                       |
| D[22:20] | BIOZ_AHPF[2:0] | 010   | BioZ/PACE チャンネルのアナログ・ハイパス・フィルタのカットオフ周波数とバイパス<br>000 = 125Hz<br>001 = 300Hz<br>010 = 800Hz<br>011 = 2000Hz<br>100 = 3700Hz<br>101 = 7200Hz<br>11x = バイパス AHPF                                                                                |
| D[19]    | EXT_RBIAS      | 0     | 外部抵抗バイアス・イネーブル<br>0 = 内部バイアス発生器を使用<br>1 = 外部バイアス発生器を使用<br><b>Note</b> : 外部抵抗バイアスを使用すると、製品内の全てのバイアスの温度係数が向上しますが、主な利点は BioZ 電流発生器の大きさを制御しやすくなることです。有効化した場合、 $R_{BIAS}$ と GND の間に外付け抵抗を挿入する必要があり、実現される温度係数は、内部バンドギャップと外付け抵抗を組み合わせた性能によって決まります。 |
| D[18]    | LN_BIOZ        | 0     | BioZ チャンネル計装アンプ (INA) のパワー・モード<br>0 = BioZ INA は低消費電力モード<br>1 = BioZ INA は低ノイズ・モード                                                                                                                                                          |
| D[17:16] | BIOZ_GAIN[1:0] | 00    | BioZ チャンネル・ゲインの設定<br>00 = 10V/V<br>01 = 20V/V<br>10 = 40V/V<br>11 = 80V/V                                                                                                                                                                   |
| D[15:14] | BIOZ_DHPF[1:0] | 00    | BioZ チャンネルのデジタル・ハイパス・フィルタのカットオフ周波数<br>00 = バイパス (DC)<br>01 = 0.05Hz<br>1x = 0.50Hz                                                                                                                                                          |

表 38. CNFG\_BIOZ (0x18) レジスタの機能 (続き)

| インデックス                          | 名称              | デフォルト                 | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
|---------------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|----------------------|-----------|---------------------------------|-------------|-----------------------|-----------|-------------------------|-------------|-----------------------|-----------|---------------------------|-------------|-----------------------|-----------|---------------------|------------|--|--|---------------------|------------|--|--|----------------------|------------|--|--|----------------------|------------|--|--|
| D[13:12]                        | BIOZ_DLPF[1:0]  | 01                    | <p>BioZ チャンネルのデジタル・ローパス・フィルタのカットオフ周波数</p> <p>00 = バイパス (デシメーションのみ、FIR フィルタなし)</p> <p>01 = 4Hz</p> <p>10 = 8Hz</p> <p>11 = 16Hz (BioZ レートを 64、62.5、50、49.95sps に選択した時のみ有効)</p> <p><b>Note :</b> 表 39 を参照してください。サポートされていない DLPF 設定を指定した場合、4Hz 設定 (BIOZ_DLPF[1:0] = 01) が内部で使用されます。</p> <p>CNFG_BIOZ レジスタは書き込まれた値を保持し続けますが、リードバック時に有効な内部値を返します。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| D[11:8]                         | BIOZ_FCGEN[3:0] | 1000                  | <p>BioZ 電流発生器の変調周波数</p> <table border="0"> <tr> <td>0000 = <math>4 \cdot f_{MSTR}</math></td> <td>(約 128000Hz)</td> <td>1000 = <math>f_{MSTR}/64</math></td> <td>(約 500Hz)</td> </tr> <tr> <td>0001 <math>\approx 2 \cdot f_{MSTR}</math></td> <td>(約 80000Hz)</td> <td>1001 = <math>f_{MSTR}/128</math></td> <td>(約 250Hz)</td> </tr> <tr> <td>0010 <math>\approx f_{MSTR}</math></td> <td>(約 40000Hz)</td> <td>101x = <math>f_{MSTR}/256</math></td> <td>(約 125Hz)</td> </tr> <tr> <td>0011 <math>\approx f_{MSTR}/2</math></td> <td>(約 18000Hz)</td> <td>11xx = <math>f_{MSTR}/256</math></td> <td>(約 125Hz)</td> </tr> <tr> <td>0100 = <math>f_{MSTR}/4</math></td> <td>(約 8000Hz)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0101 = <math>f_{MSTR}/8</math></td> <td>(約 4000Hz)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0110 = <math>f_{MSTR}/16</math></td> <td>(約 2000Hz)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0111 = <math>f_{MSTR}/32</math></td> <td>(約 1000Hz)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>実際の周波数は FMSTR の選択により決まります。詳細は CNFG_GEN レジスタおよび下の表を参照してください。ECG/PACE チャンネルのクロストークを低減するため、約 16kHz~約 64kHz で想定される周波数は約 18kHz~約 80kHz にオフセットされます。PACE 動作は、FCGEN[3:0] = 0001 または 0010 を選択して、オフセットを約 40kHz および約 80kHz に選択した時のみサポートされます。他を選択した場合、PACE は動作しません。</p> | 0000 = $4 \cdot f_{MSTR}$ | (約 128000Hz) | 1000 = $f_{MSTR}/64$ | (約 500Hz) | 0001 $\approx 2 \cdot f_{MSTR}$ | (約 80000Hz) | 1001 = $f_{MSTR}/128$ | (約 250Hz) | 0010 $\approx f_{MSTR}$ | (約 40000Hz) | 101x = $f_{MSTR}/256$ | (約 125Hz) | 0011 $\approx f_{MSTR}/2$ | (約 18000Hz) | 11xx = $f_{MSTR}/256$ | (約 125Hz) | 0100 = $f_{MSTR}/4$ | (約 8000Hz) |  |  | 0101 = $f_{MSTR}/8$ | (約 4000Hz) |  |  | 0110 = $f_{MSTR}/16$ | (約 2000Hz) |  |  | 0111 = $f_{MSTR}/32$ | (約 1000Hz) |  |  |
| 0000 = $4 \cdot f_{MSTR}$       | (約 128000Hz)    | 1000 = $f_{MSTR}/64$  | (約 500Hz)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| 0001 $\approx 2 \cdot f_{MSTR}$ | (約 80000Hz)     | 1001 = $f_{MSTR}/128$ | (約 250Hz)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| 0010 $\approx f_{MSTR}$         | (約 40000Hz)     | 101x = $f_{MSTR}/256$ | (約 125Hz)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| 0011 $\approx f_{MSTR}/2$       | (約 18000Hz)     | 11xx = $f_{MSTR}/256$ | (約 125Hz)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| 0100 = $f_{MSTR}/4$             | (約 8000Hz)      |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| 0101 = $f_{MSTR}/8$             | (約 4000Hz)      |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| 0110 = $f_{MSTR}/16$            | (約 2000Hz)      |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| 0111 = $f_{MSTR}/32$            | (約 1000Hz)      |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| D[7]                            | BIOZ_CGMON      | 0                     | <p>BioZ 電流発生器モニタ</p> <p>0 = 電流発生器モニタを無効化</p> <p>1 = 電流発生器モニタを有効化、BioZ チャンネルと電流発生器をアクティブにすることが必要。BCGMON の割込みおよびステータス・ビットの動作を有効化します。電流源のコンプライアンス・レベルをモニタし、4 電極の BioZ アプリケーションで DRVP/DRVN のリードオフ状態を検出するのに有効です。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| D[6:4]                          | BIOZ_CGMAG[2:0] | 000                   | <p>BioZ 電流発生器の電流量</p> <p>000 = オフ (DRVP および DRVN はフロート状態、電流発生器はオフ)</p> <p>001 = 8<math>\mu</math>A</p> <p>010 = 16<math>\mu</math>A</p> <p>011 = 32<math>\mu</math>A</p> <p>100 = 48<math>\mu</math>A</p> <p>101 = 64<math>\mu</math>A</p> <p>110 = 80<math>\mu</math>A</p> <p>111 = 96<math>\mu</math>A</p> <p>許容される BIOZ_CGMAG の設定と FCGEN の選択の一覧は、以下の表 40 と表 41 を参照してください。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |
| D[3:0]                          | BIOZ_PHOFF[3:0] | 0000                  | <p>BioZ 電流発生器の変調の位相オフセット</p> <p>位相の分解能およびオフセットは、次のように BIOZ_FCGEN の設定に依存します。</p> <p>BIOZ_FCGEN[3:0] <math>\geq</math> 0010 : 位相オフセット = BIOZ_PHOFF[3:0] * 11.25° (0~168.75°)</p> <p>BIOZ_FCGEN[3:0] = 0001 : 位相オフセット = BIOZ_PHOFF[3:1] * 22.50° (0~157.50°)</p> <p>BIOZ_FCGEN[3:0] = 0000 : 位相オフセット = BIOZ_PHOFF[3:2] * 45.00° (0~135.00°)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                           |              |                      |           |                                 |             |                       |           |                         |             |                       |           |                           |             |                       |           |                     |            |  |  |                     |            |  |  |                      |            |  |  |                      |            |  |  |

表 39. サポートされる BIOZ\_RATE と BIOZ\_DLPF のオプション

| CNFG_GEN<br>FMSTR[1:0] | BIOZ_RATE<br>Sample Rate | BIOZ_DLPF[1:0] / Digital LPF Cut Off |         |         |          |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------|---------|----------|
|                        |                          | 00                                   | 01      | 10      | 11       |
| 00 = 32,768Hz          | 0 = 64sps                | Bypass                               | 4.096Hz | 8.192Hz | 16.384Hz |
|                        | 1 = 32sps                |                                      |         |         | 4.096Hz  |
| 01 = 32,000Hz          | 0 = 62.5sps              | Bypass                               | 4.0Hz   | 8.0Hz   | 16.0Hz   |
|                        | 1 = 31.25sps             |                                      |         |         | 4.0Hz    |
| 10 = 32,000Hz          | 0 = 50sps                | Bypass                               | 4.0Hz   | 8.0Hz   | 16.0Hz   |
|                        | 1 = 25sps                |                                      |         |         | 4.0Hz    |
| 11 = 31,968Hz          | 0 = 49.95sps             | Bypass                               | 3.996Hz | 7.992Hz | 15.984Hz |
|                        | 1 = 25.98sps             |                                      |         |         | 3.996Hz  |

Note : グレーで示された組み合わせは対応せず、示されたデフォルト設定に内部でマッピングされます。

表 40. 実際の BioZ 電流発生器変調器の周波数と FMSTR[1:0] 選択の関係

| BIOZ_FCGEN[3:0] | BioZ Current Generator Modulation Frequency (Hz) |                                                 |                                                 |                                                 |
|-----------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                 | FMSTR[1:0] = 00<br>$f_{MSTR} = 32,768\text{Hz}$  | FMSTR[1:0] = 01<br>$f_{MSTR} = 32,000\text{Hz}$ | FMSTR[1:0] = 10<br>$f_{MSTR} = 32,000\text{Hz}$ | FMSTR[1:0] = 11<br>$f_{MSTR} = 31,968\text{Hz}$ |
| 0000            | 131,072                                          | 128,000                                         | 128,000                                         | 127,872                                         |
| 0001            | 81,920                                           | 80,000                                          | 80,000                                          | 81,920                                          |
| 0010            | 40,960                                           | 40,000                                          | 40,000                                          | 40,960                                          |
| 0011            | 18,204                                           | 17,780                                          | 17,780                                          | 18,204                                          |
| 0100            | 8,192                                            | 8,000                                           | 8,000                                           | 7,992                                           |
| 0101            | 4,096                                            | 4,000                                           | 4,000                                           | 3,996                                           |
| 0110            | 2,048                                            | 2,000                                           | 2,000                                           | 1,998                                           |
| 0111            | 1,024                                            | 1,000                                           | 1,000                                           | 999                                             |
| 1000            | 512                                              | 500                                             | 500                                             | 500                                             |
| 1001            | 256                                              | 250                                             | 250                                             | 250                                             |
| 101x, 11xx      | 128                                              | 125                                             | 125                                             | 125                                             |

Note : グレーの選択項目は、ECG/PACE システムのクロストークを改善するために意図的にオフセットされています。

表 41. 許容される CGMAG オプションと FCGEN 選択の関係

| FCGEN[3:0] | APPROXIMATE CURRENT GENERATOR MODULATION FREQUENCY (Hz) | CGMAG[2:0] OPTIONS ALLOWED | CURRENT GENERATOR MAGNITUDE OPTIONS ALLOWED ( $\mu A_{P-P}$ ) |
|------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 0000       | 12,8000                                                 | All                        | All                                                           |
| 0001       | 80,000                                                  |                            |                                                               |
| 0010       | 40,000                                                  |                            |                                                               |
| 0011       | 18,000                                                  |                            |                                                               |
| 0100       | 8,000                                                   | All except 111             | All except 96                                                 |
| 0101       | 4,000                                                   | 000, 001, 010, 011         | Off, 8, 16, 32                                                |
| 0110       | 2,000                                                   | 000, 001, 010              | Off, 8, 16                                                    |
| 0111       | 1,000                                                   | 000, 001                   | Off, 8                                                        |
| 1000       | 500                                                     |                            |                                                               |
| 1001       | 250                                                     |                            |                                                               |
| 101x, 11xx | 125                                                     |                            |                                                               |

**CNFG\_PACE (0x1A) レジスタ**

CNFG\_PACE はリード/ライト・レジスタで、PACE 検出チャンネルの動作、設定値、機能を設定します。PACE AFE の一部は BioZ チャンネルと共有されているため、CNFG\_BIOZ または CNFG\_PACE を変更すると、ECG/PACE FIFO の組み合わせ出力に不連続性が生じることがあります。SYNCH コマンドは、設定変更に伴う内部同期の回復に使用できます。

PACE 機能を有効化する場合、BioZ 機能が無効 (CNFG\_GEN レジスタの EN\_BIOZ = 0) であっても、BioZ/PACE AFE で共有されたアナログ・ハイパス・フィルタを CNFG\_BIOZ レジスタの BIOZ\_AHPF[1:0] で目的の値に設定する必要があることに注意してください。

表 42. CNFG\_PACE (0x1A) レジスタのマップ

| REG  | NAME      | R/W | 23/15/7        | 22/14/6  | 21/13/5   | 20/12/4 | 19/11/3        | 18/10/2        | 17/9/1 | 16/8/0 |
|------|-----------|-----|----------------|----------|-----------|---------|----------------|----------------|--------|--------|
| 0x1A | CNFG_PACE | R/W | PACE_POL       | x        | x         | x       | DIFF_OFF       | PACE_GAIN[2:0] |        |        |
|      |           |     | x              | AOUT_LBW | AOUT[1:0] |         | x              | x              | x      | x      |
|      |           |     | PACE_DACP[3:0] |          |           |         | PACE_DACN[3:0] |                |        |        |

表 43. CNFG\_PACE (0x1A) レジスタの機能

| インデックス   | 名称                     | デフォルト                      | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
|----------|------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------|----------------------------|----------------------------|-------|--------------|-------------------|---------------------|-------|--------------|-------------------|---------------------|-------|--------------|-------------------|--------------------|-------|--------------|-------------------|--------------------|-------|------------|-----------------|-------------------|-------|------------|-----------------|-------------------|-------|----------------|-----------------|-------------------|-------|----------------|-----------------|-------------------|
| D[23]    | PACE_POL               | 0                          | PACE 入力極性の選択<br>0 = 非反転<br>1 = 反転                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| D[19]    | DIFF_OFF               | 0                          | PACE 微分器（導関数）モード<br>0 = 微分器機能を有効化（デフォルト）<br>1 = 微分器機能を無効化し、サンプル&ホールド機能を使用                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| D[18:16] | PACE_GAIN[2:0]         | 000                        | PACE チャンネル・ゲインの選択<br><table><thead><tr><th></th><th>通常動作モード<br/>(AOUT = 00)</th><th>INA OUT モード<br/>(AOUT = 01)</th><th>PGA OUT モード<br/>(AOUT = 10)</th></tr></thead><tbody><tr><td>000 =</td><td>45*4*3 = 540</td><td>45*1.125 = 50.625</td><td>45*4*1.125 = 202.50</td></tr><tr><td>001 =</td><td>45*2*3 = 270</td><td>45*1.125 = 50.625</td><td>45*2*1.125 = 101.25</td></tr><tr><td>010 =</td><td>20*4*3 = 240</td><td>20*1.125 = 22.500</td><td>20*4*1.125 = 90.00</td></tr><tr><td>011 =</td><td>20*2*3 = 120</td><td>20*1.125 = 22.500</td><td>20*2*1.125 = 45.00</td></tr><tr><td>100 =</td><td>5*4*3 = 60</td><td>5*1.125 = 5.625</td><td>5*4*1.125 = 22.50</td></tr><tr><td>101 =</td><td>5*2*3 = 30</td><td>5*1.125 = 5.625</td><td>5*2*1.125 = 11.25</td></tr><tr><td>110 =</td><td>2.2*4*3 = 26.4</td><td>5*1.125 = 5.625</td><td>5*4*1.125 = 22.50</td></tr><tr><td>111 =</td><td>2.2*2*3 = 13.2</td><td>5*1.125 = 5.625</td><td>5*2*1.125 = 11.25</td></tr></tbody></table> |  | 通常動作モード<br>(AOUT = 00) | INA OUT モード<br>(AOUT = 01) | PGA OUT モード<br>(AOUT = 10) | 000 = | 45*4*3 = 540 | 45*1.125 = 50.625 | 45*4*1.125 = 202.50 | 001 = | 45*2*3 = 270 | 45*1.125 = 50.625 | 45*2*1.125 = 101.25 | 010 = | 20*4*3 = 240 | 20*1.125 = 22.500 | 20*4*1.125 = 90.00 | 011 = | 20*2*3 = 120 | 20*1.125 = 22.500 | 20*2*1.125 = 45.00 | 100 = | 5*4*3 = 60 | 5*1.125 = 5.625 | 5*4*1.125 = 22.50 | 101 = | 5*2*3 = 30 | 5*1.125 = 5.625 | 5*2*1.125 = 11.25 | 110 = | 2.2*4*3 = 26.4 | 5*1.125 = 5.625 | 5*4*1.125 = 22.50 | 111 = | 2.2*2*3 = 13.2 | 5*1.125 = 5.625 | 5*2*1.125 = 11.25 |
|          | 通常動作モード<br>(AOUT = 00) | INA OUT モード<br>(AOUT = 01) | PGA OUT モード<br>(AOUT = 10)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| 000 =    | 45*4*3 = 540           | 45*1.125 = 50.625          | 45*4*1.125 = 202.50                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| 001 =    | 45*2*3 = 270           | 45*1.125 = 50.625          | 45*2*1.125 = 101.25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| 010 =    | 20*4*3 = 240           | 20*1.125 = 22.500          | 20*4*1.125 = 90.00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| 011 =    | 20*2*3 = 120           | 20*1.125 = 22.500          | 20*2*1.125 = 45.00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| 100 =    | 5*4*3 = 60             | 5*1.125 = 5.625            | 5*4*1.125 = 22.50                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| 101 =    | 5*2*3 = 30             | 5*1.125 = 5.625            | 5*2*1.125 = 11.25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| 110 =    | 2.2*4*3 = 26.4         | 5*1.125 = 5.625            | 5*4*1.125 = 22.50                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| 111 =    | 2.2*2*3 = 13.2         | 5*1.125 = 5.625            | 5*2*1.125 = 11.25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| D[14]    | AOUT_LBW               | 0                          | PACE アナログ出力バッファ帯域幅モード<br>0 = BW を最大（約 100kHz）<br>1 = BW を制限（約 16kHz）<br>この選択は、AOUT バッファがアクティブな時（AOUT≠00）にのみ関連します。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| D[13:12] | AOUT[1:0]              | 00                         | PACE シングルエンド・アナログ出力バッファの信号モニタリング選択<br>00 = アナログ出力バッファを無効化<br>01 = PACE INA 出力<br>10 = PACE PGA 出力<br>11 = PACE 入力をコンパレータへ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| D[7:4]   | PACE_DACP[3:0]         | 0101                       | PACE 検出器コンパレータにおける正のスレッシュホルド<br>VDACP = PACE_DACP[3:0]*22.5mV（+112.5mV デフォルト）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |
| D[3:0]   | PACE_DACN[3:0]         | 0101                       | PACE 検出器コンパレータにおける負のスレッシュホルド<br>VDACN = -PACE_DACN[3:0]*22.5mV（-112.5mV デフォルト）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |                        |                            |                            |       |              |                   |                     |       |              |                   |                     |       |              |                   |                    |       |              |                   |                    |       |            |                 |                   |       |            |                 |                   |       |                |                 |                   |       |                |                 |                   |

MAX30001

超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位  
(ECG、R-R、およびペース検出) および  
生体インピーダンス (BioZ) AFE

CNFG\_RTOR1 (0x1D) および CNFG\_RTOR2 (0x1E)

CNFG\_RTOR は 2 つのレジスタで構成されるリード/ライト・レジスタで、R-R 心拍検出ブロックの動作、設定値、機能を設定します。最初のレジスタにはアルゴリズム電圧ゲインとスレッシュホールドのパラメータが、2 番目のレジスタにはアルゴリズム・タイミングのパラメータが含まれます。

表 44. CNFG\_RTOR1 および CNFG\_RTOR2 (0x1D および 0x1E) レジスタのマップ

| REG  | NAME       | R/W | 23/15/7   | 22/14/6 | 21/13/5   | 20/12/4 | 19/11/3    | 18/10/2   | 17/9/1 | 16/8/0 |
|------|------------|-----|-----------|---------|-----------|---------|------------|-----------|--------|--------|
| 0x1D | CNFG_RTOR1 | R/W | WNDW[3:0] |         |           |         | RGAIN[3:0] |           |        |        |
|      |            |     | EN_RTOR   | x       | PAVG[1:0] |         | PTSF[3:0]  |           |        |        |
|      |            |     | x         | x       | x         | x       | x          | x         | x      | x      |
| 0x1E | CNFG_RTOR2 | R/W | x         | x       | HOFF[5:0] |         |            |           |        |        |
|      |            |     | x         | x       | RAVG[1:0] |         | x          | RHSF[2:0] |        |        |
|      |            |     | x         | x       | x         | x       | x          | x         | x      | X      |

表 45. CNFG\_RTOR1 (0x1D) レジスタの機能

| インデックス            | 名称         | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------|------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CNFG_RTOR1 (0x1D) |            |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| D[23:20]          | WNDW[3:0]  | 0011  | 平均化ウィンドウの幅で、QRS 複合体の幅に対するアルゴリズムの感度を調整します。<br>R-R ウィンドウ平均化 (ウィンドウ幅 = WNDW[3:0]*8ms)<br><br>0000 = 6 × RTOR_RES<br>0001 = 8 × RTOR_RES<br>0010 = 10 × RTOR_RES<br>0011 = 12 × RTOR_RES (デフォルト = 96ms)<br>0100 = 14 × RTOR_RES<br>0101 = 16 × RTOR_RES<br>0110 = 18 × RTOR_RES<br>0111 = 20 × RTOR_RES<br>1000 = 22 × RTOR_RES<br>1001 = 24 × RTOR_RES<br>1010 = 26 × RTOR_RES<br>1011 = 28 × RTOR_RES<br>1100 = 予約済み、使用不可<br>1101 = 予約済み、使用不可<br>1110 = 予約済み、使用不可<br>1111 = 予約済み、使用不可<br><br>RTOR_RES の値は約 8ms です (表 26 を参照)。 |
| D[19:16]          | RGAIN[3:0] | 1111  | R-R ゲイン (ゲイン = 2^RGAIN[3:0] + オートスケール・オプション)。アルゴリズムのダイナミック・レンジを最大化するのに使用します。<br><br>0000 = 1                    1000 = 256<br>0001 = 2                    1001 = 512<br>0010 = 4                    1010 = 1024<br>0011 = 8                    1011 = 2048<br>0100 = 16                   1100 = 4096<br>0101 = 32                   1101 = 8192<br>0110 = 64                   1110 = 16384<br>0111 = 128                  1111 = オートスケール (デフォルト)<br><br>オートスケール・モードでは、初期ゲインは 64 に設定されます。                                  |

表 45. CNFG\_RTOR1 (0x1D) レジスタの機能 (続き)

| インデックス   | 名称        | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                     |
|----------|-----------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[15]    | EN_RTOR   | 0     | ECG R-R 検出イネーブル<br>0 = R-R 検出を無効化<br>1 = R-R 検出を有効化 (EN_ECG も有効化した場合)                                                                                                                                                  |
| D[13:12] | PAVG[1:0] | 10    | R-R ピーク平均化重み係数<br>ピーク・スレッシュホールドを決定する際に、R-R ピークの現在の観測値と過去のピーク観測値との関係に対して重み付けを行う係数です。数値が小さいほど、現在のピークの重みが大きくなります。<br>00 = 2<br>01 = 4<br>10 = 8 (デフォルト)<br>11 = 16<br>ピーク平均(n) = [ピーク(n) + (PAVG-1) × ピーク平均(n-1)] / PAVG。 |
| D[11:8]  | PTSF[3:0] | 0011  | R-R ピーク・スレッシュホールドのスケーリング係数<br>スレッシュホールドの計算に使用されるピーク平均値の割合です。(PTSF[3:0]+1)/16 により、1/16~16/16 の値を選択します。デフォルトは 4/16 です。                                                                                                   |

表 46. CNFG\_RTOR2 (0x1E) レジスタの機能

| インデックス            | 名称        | デフォルト   | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|-----------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CNFG_RTOR2 (0x1E) |           |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| D [21:16]         | HOFF[5:0] | 10_0000 | R-R 最小ホールド・オフ<br>ホールド・オフ基準の静的な部分に使用される絶対最小間隔を設定します。0~63 の値を設定可能で、デフォルトは 32 です。<br>$t_{\text{HOLD\_OFF\_MIN}} = \text{HOFF}[5:0] * t_{\text{RTOR}}$ 、ここで、 $t_{\text{RTOR}}$ は約 8ms で、CNFG_GEN レジスタの FMSTR[1:0] で決まります。<br>(約%秒に相当します。)<br>R-R ホールド・オフの適格間隔は<br>$t_{\text{Hold\_Off}} = \text{MAX}(t_{\text{Hold\_Off\_Min}}, t_{\text{Hold\_Off\_Dyn}})$ (下記参照) です。 |
| D[13:12]          | RAVG[1:0] | 10      | R-R 間隔平均化重み係数<br>動的ホールド・オフの基準を決める際に、現在の R-R 間隔観測値と過去の間隔観測値の関係に対して重み付けを行う係数です。数値が小さいほど、現在の間隔重みが大きくなります。<br>00 = 2<br>01 = 4<br>10 = 8 (デフォルト)<br>11 = 16<br>間隔平均(n) = [間隔(n) + (RAVG-1) × 間隔平均(n-1)] / RAVG。                                                                                                                                                        |
| D[10:8]           | RHSF[2:0] | 100     | R-R 間隔ホールド・オフのスケーリング係数<br>ホールド・オフ基準の動的部分 ( $t_{\text{HOLD\_OFF\_DYN}}$ ) に使用される R-R 平均間隔の割合です。<br>RTOR_RHSF[3:0]/8 により、0/8~7/8 の値を選択します。デフォルトは 4/8 です。<br>000 (0/8) を選択した場合、動的係数は使用されず、ホールド・オフ基準は HOFF[5:0] でのみ決まります (上記参照)。                                                                                                                                       |

MAX30001

超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位  
(ECG、R-R、およびペース検出) および  
生体インピーダンス (BioZ) AFE

FIFO メモリの説明

デバイスには、ECG、BioZ、PACE 情報用の読出し専用 FIFO メモリが用意されています。また、心拍検出出力データ (R-R) 用に単一のメモリ・レジスタがサポートされています。これらの FIFO メモリの動作とレジスタについて、以下のセクションで詳しく説明します。

表 47 に、FIFO メモリのアクセス方法とデータ構造を示します。

ECG FIFO メモリ (32 ワード × 24 ビット)

ECG FIFO メモリは、32 ワード (それぞれが 24 ビットの情報を含む) で構成される標準的な循環型 FIFO です。

ECG FIFO は、内部の読出しポインタと書込みポインタによって独立に管理されます。読出しポインタは、通常動作モードのリードバック・トランザクションでは 32 番目の SCLK の立上がりエッジに応答して更新され、バースト・モードのトランザクションでは (32 + n × 24) 番目の SCLK の立上がりエッジ (n = 0 ~ 最大 31) に応答して更新されます。FIFO サンプルは、いったん既読とマークされると、再度アクセスすることはできません。

書込みポインタは内部で管理されています。データ管理を容易にし、μC のオーバーヘッドを軽減するために、デバイスはユーザ・プログラマブルな ECG FIFO 割込みスレッシュホールド (EFIT[4:0]) を備え、ECG 割込みビット (EINT) を管理します。このスレッシュホールドは 1~32 の値で設定可能で、EINT ビットがアサートされるまでに必要な未読の ECG FIFO エントリ数を示し、ECG FIFO にリードバック可能な大量のデータがあることを μC に警告します (詳細は、MNGR\_INT (0x04) を参照)。

データの破損を防ぐため、最後の有効な FIFO ワードを超えて読出しを行わないようにしてください。

書込みポインタが FIFO アレイ全体を進んで読出しポインタに追いついた場合 (μC が FIFO データを読出し/管理できないことによる)、FIFO のオーバーフローが発生して、データが破損します。EOVF STATUS および tag ビットはこの状態を示し、測定を続行する前に、SYNCH または FIFO\_RST コマンドを用いて FIFO をクリアする必要があります。ただし、オーバーフローが発生すると、サンプル数が減少し、タイミング情報が失われるため、こうした状態は適切に設計されたアプリケーションでは発生することがあってはなりません。

表 47. FIFO メモリのアクセスとデータ構造の概要

| REG  | FIFO AND MODE | DATA STRUCTURE (D[23:0])         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |            |   |   |            |            |   |   |
|------|---------------|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|---|---|------------|------------|---|---|
|      |               | 23                               | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6          | 5 | 4 | 3          | 2          | 1 | 0 |
| 0x20 | ECG Burst     | ECG Sample Voltage Data [17:0]   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | ETAG [2:0] |   |   | PTAG [2:0] |            |   |   |
| 0x21 | ECG           | ECG Sample Voltage Data [17:0]   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | ETAG [2:0] |   |   | PTAG [2:0] |            |   |   |
|      |               | 23                               | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6          | 5 | 4 | 3          | 2          | 1 | 0 |
| 0x22 | BioZ Burst    | BioZ Sample Voltage Data [19:0]  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |            |   | 0 |            | BTAG [2:0] |   |   |
| 0x23 | BioZ          | BioZ Sample Voltage Data [19:0]  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |            |   | 0 |            | BTAG [2:0] |   |   |
|      |               | 23                               | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6          | 5 | 4 | 3          | 2          | 1 | 0 |
| 0x25 | RTOR          | RTOR Interval Timing Data [13:0] |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0 | 0 | 0 | 0          | 0 | 0 | 0          | 0          | 0 | 0 |



## ECG FIFO のデータ構造

ワードのデータ部分には、要求されたサンプリング・レートで測定された 18 ビットの ECG 電圧情報が左詰めの 2 の補数フォーマットで含まれます。残りの 6 ビットのデータには、重要なデータ・タグ情報が含まれます (表 48 と表 49 の詳細を参照)。

サンプルのデータ部分を符号付き絶対値フォーマットに変換した後、ECG 入力電圧が次式で計算されます。

$$V_{\text{ECG}} (\text{mV}) = \text{ADC} \times V_{\text{REF}} / (2^{17} \times \text{ECG\_GAIN})$$

ここで、

ADC は符号付き絶対値フォーマットの ADC カウント、 $V_{\text{REF}}$  は 1000mV (代表値) (電気的特性のセクションを参照)、ECG\_GAIN は 20V/V、40V/V、80V/V、160V/V (CNFG\_ECG (0x15) で設定) です。

## ECG データ・タグ (ETAG)

サンプル・レコードの 3 ビットは ECG データ・タグとして使用されます (ETAG[2:0] = D[5:3])。このセクションでは、ECG FIFO で使用される様々なデータ・タグの意味と、連続 ECG レコード内での推奨される処理について概説します。

**有効** : ETAG = 000 は、このサンプルの ECG データが ECG レコードの有効な電圧とタイム・ステップの両方を表していることを示します。

**高速** : ETAG = 001 は、このサンプルの ECG データが高速セトリング・モードで取得され、サンプルの電圧情報が一時的で無効なものとして扱われるべきことを示しています。この種のサンプルは、電圧データは無効でも、ECG レコード内の有効なタイム・ステップを表していることに注意してください。

**有効な EOF** : ETAG = 010 は、このサンプルの ECG データが ECG レコード内の有効な電圧とタイム・ステップの両方を表し、ECG FIFO で現在利用できる最後のサンプル (End-of-File, EOF) であることを示します。 $\mu\text{C}$  は、ECG FIFO に更にデータを要求する前に、さらなるサンプルが利用可能になるまで待機する必要があります。

**高速 EOF** : ETAG = 011 は、このサンプルの ECG データが高速セトリング・モードで取得され、サンプルの電圧情報が一時的で無効なものとして扱われるべきことを示しています。この種のサンプルは、電圧データは無効でも、ECG レコード内の有効なタイム・ステップを表していることに注意してください。加えて、これは ECG FIFO で現在利用可能な最後のサンプルでもあることも示します (End-of-File, EOF)。 $\mu\text{C}$  は、ECG FIFO に更にデータを要求する前に、さらなるサンプルが利用可能になるまで待機する必要があります。

表 48. ECG FIFO – ECG データ・タグ (ETAG[2:0] = D[5:3])

| ETAG [2:0] | 意味                 | 詳細                                                                      | 推奨されるユーザ・アクション                                                                                    | データ有効 | 時間有効 |
|------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|
| 000        | 有効なサンプル            | 有効な FIFO サンプルです。                                                        | ECG レコードにサンプルを記録し、タイム・ステップをインクリメントします。<br>ECG FIFO からのデータ取得を継続します。                                | Yes   | Yes  |
| 001        | 高速モード・サンプル         | このサンプルは、ECG チャンネルが高速回復モードであった時に取得されたものです。電圧情報は無効ですが、有効なタイム・ステップを表しています。 | この電圧サンプルは破棄するか、メモするか、あるいは後処理を行います。タイム・ベースはインクリメントします。<br>ECG FIFO からのデータ取得を継続します。                 | No    | Yes  |
| 010        | 最終有効サンプル (EOF)     | 有効な FIFO サンプルですが、FIFO で現在利用できる最後のサンプルです (End of File インジケータ)。           | ECG レコードにサンプルを記録し、タイム・ステップをインクリメントします。<br>サンプル数が増えるまで ECG FIFO のリードバック動作を一時停止します。                 | Yes   | Yes  |
| 011        | 高速モードの最終サンプル (EOF) | 上記 (ETAG = 001) を参照。ただし、FIFO で現在利用できる最後のサンプルです (End of File インジケータ)。    | この電圧サンプルは破棄するか、メモするか、あるいは後処理を行います。タイム・ベースはインクリメントします。<br>サンプル数が増えるまで ECG FIFO のリードバック動作を一時停止します。  | No    | Yes  |
| 10x        | 不使用                |                                                                         |                                                                                                   | —     | —    |
| 110        | FIFO は空 (例外)       | 空の FIFO 読出しという SPI リクエストに応答して提供された無効なサンプルです。                            | タイム・ベースをインクリメントせずに、このサンプルは破棄します。<br>サンプル数が増えるまで、FIFO のリードバック動作を一時停止します。                           | No    | No   |
| 111        | FIFO オーバーフロー (例外)  | FIFO がオーバーフローし、データが破損しています。                                             | 必要に応じて、FIFO_RST コマンドを発行して FIFO をクリアするか、再度 SYNCH を行います。<br>ECG/BioZ 時間/電圧のレコードに対応する停止と再開に注意してください。 | No    | No   |

**空:** 空の ECG FIFO からのリードバック・データには ETAG = 110 が付加されます。このタグが存在した場合、この FIFO データが有効なサンプルまたはタイム・ステップを表していないことを警告しています。ただし、 $\mu$ C が適切に処理すれば、空のタグが発生しても、連続した ECG レコードの整合性が損なわれることはありません。このタグは、リードバック要求が時期尚早であったか、不要であったかを示すにすぎません。

**オーバーフロー:** ETAG = 111 は、ECG FIFO がオーバーフローし、サンプル・レコードに中断やデータの欠落があったことを示します。ECG オーバーフロー (EOVF) ビットは STATUS レジスタにも含まれています。このような状況を解決するには FIFO\_RESET が必要で、効果的に FIFO をクリアし、今後有効なサンプリングが確保されます。

アプリケーションによっては、MAX30001 の内部チャンネル動作の再同期が必要な場合があり、SYNCH コマンドはこの機能を実行すると同時に、FIFO メモリをリセットできます。

### ECG PACE データ・タグ (PTAG)

PACE FIFO データ・コンテンツは、ECG FIFO コンテンツと密接に関連しています。ECG FIFO サンプルに関連する PACE 情報がある場合、このことは、ECG FIFO サンプルの最後に付加されリードバックされる 3 ビットの PACE タグ (PTAG[2:0] = D[2:0]) で示されます。

PACE タグ (PTAG) の値が 000~101 である場合、タグ付き ECG サンプルに関連するサンプル間隔およびそれに続くサンプル間隔の間に PACE イベントが検出されたことを示します。この場合、PTAG は、関連する PACE 情報が格納されている PACE FIFO 内の適切な場所へのポインタを格納します (詳細については、PACE FIFO メモリを参照)。PTAG の値が 111 の場合は、ECG サンプルに PACE イベントが関連付けられていないことを示します。

表 49. ECG FIFO - PACE データ・タグ (PTAG[2:0] = D[2:0])

| PTAG [2:0] | 詳細             | PACE グループ | 推奨されるユーザ・アクション                                                  |
|------------|----------------|-----------|-----------------------------------------------------------------|
| 000        | PACE イベントを検出した | 0         | PACE グループ 0 のデータをこの ECG データ・サンプルに関連付けます。ETAG 推奨のユーザ・アクションに従います。 |
| 001        | PACE イベントを検出した | 1         | PACE グループ 1 データをこの ECG データ・サンプルに関連付けます。ETAG 推奨のユーザ・アクションに従います。  |
| 010        | PACE イベントを検出した | 2         | PACE グループ 2 データをこの ECG データ・サンプルに関連付けます。ETAG 推奨のユーザ・アクションに従います。  |
| 011        | PACE イベントを検出した | 3         | PACE グループ 3 データをこの ECG データ・サンプルに関連付けます。ETAG 推奨のユーザ・アクションに従います。  |
| 100        | PACE イベントを検出した | 4         | PACE グループ 4 データをこの ECG データ・サンプルに関連付けます。ETAG 推奨のユーザ・アクションに従います。  |
| 101        | PACE イベントを検出した | 5         | PACE グループ 5 データをこの ECG データ・サンプルに関連付けます。ETAG 推奨のユーザ・アクションに従います。  |
| 110        | 不使用            | —         | —                                                               |
| 111        | PACE 不検出       | —         | PACE グループ 0 をこの ECG データ・サンプルに関連付けます。ETAG 推奨のユーザ・アクションに従います。     |

BioZ FIFO メモリ (8 ワード × 24 ビット)

BioZ FIFO メモリは、8 ワード (それぞれが 24 ビットの情報を含む) で構成される標準的な循環型 FIFO です。BioZ FIFO は、内部の読出しポインタと書込みポインタによって独立に管理されます。読出しポインタは、通常動作モードのリードバック・トランザクションでは 32 番目の SCLK の立上がりエッジに応答して更新され、バースト・モードのトランザクションでは  $(32 + n \times 24)$  番目の SCLK の立上がりエッジ ( $n = 0 \sim \text{最大 } 31$ ) に応答して更新されます。FIFO サンプルは、いったん既読とマークされると、再度アクセスすることはできません。

書込みポインタは内部で管理されています。データ管理を容易にし、 $\mu\text{C}$  のオーバーヘッドを軽減するために、デバイスはユーザ・プログラマブルな BioZ FIFO 割込みスレッシュホルド (BFIT[2:0]) を備え、BioZ 割込みビット (BINT) を管理します。このスレッシュホルドは 1~8 の値で設定可能で、BINT ビットがアサートされるまでに必要な未読の BioZ FIFO エントリ数を示し、BioZ FIFO にリードバック可能な大量のデータがあることを  $\mu\text{C}$  に警告します (詳細は、MNGR\_INT (0x04) を参照)。

書込みポインタが FIFO アレイ全体を進んで読出しポインタに追いついた場合 ( $\mu\text{C}$  が FIFO データを読出し/管理できないことによる)、FIFO のオーバーフローが発生して、データが破損します。BOVF STATUS および tag ビットはこの状態を示し、測定を続行する前に、SYNCH または FIFO\_RST コマンドを用いて FIFO をクリアする必要があります。ただし、オーバーフローが

発生すると、サンプル数が減少し、タイミング情報が失われるため、こうした状態は適切に設計されたアプリケーションでは発生することがあってはなりません。

データの破損を防ぐため、最後の有効な FIFO ワードを超えて読出しを行わないようにしてください。

BioZ FIFO のデータ構造

ワードのデータ部分には、要求されたサンプリング・レートで測定された 20 ビットの BioZ 電圧情報が左詰め 2 の補数フォーマットで含まれます。1 ビットは 0 に設定され、残りの 3 ビットのデータには重要なデータ・タグ情報が含まれます (詳細は表 50 を参照)。

サンプルのデータ部分が符号付き絶対値フォーマットに変換された後、BioZ が次式で計算されます。

$$\text{BioZ } (\Omega) = \text{ADC} \times V_{\text{REF}} / (2^{19} \times \text{BIOZ\_CGMAG} \times \text{BIOZ\_GAIN})$$

ここで、

ADC は符号付き絶対値フォーマットでの ADC カウント、 $V_{\text{REF}} = 1\text{V}$  (代表値、電気的特性を参照)、 $\text{BIOZ\_CGMAG} = 8 \sim 96 \times 10^{-6}\text{A}$ 、 $\text{BIOZ\_GAIN}$  は 10V/V、20V/V、40V/V、80V/V のいずれかです。 $\text{BIOZ\_CGMAG}$  と  $\text{BIOZ\_GAIN}$  は、CNFG\_BIOZ (0x18) で設定します。

表 50. BioZ FIFO BioZ データ・タグ (BTAG[2:0] = D[2:0])

| BTAG [2:0] | 説明                         | 推奨されるユーザ・アクション                                                                                                        | データ有効 | 時間有効 |
|------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|
| 000        | 有効なサンプル                    | BioZ レコードにサンプルを記録し、タイム・ステップをインクリメントします。BioZ FIFO からのデータ読出しを継続します。                                                     | Yes   | Yes  |
| 001        | オーバー/アンダー・レンジ・サンプル         | BioZ レコードにサンプルを記録し、タイム・ステップをインクリメントします。データが有効であるか、リードオフ状態であるかを判断します。BioZ FIFO からのデータ読出しを継続します。                        | ?     | Yes  |
| 010        | 最終有効サンプル (EOF)             | BioZ レコードにサンプルを記録し、タイム・ステップをインクリメントします。サンプル数が増えるまで BioZ FIFO の読出しを一時停止します。                                            | Yes   | Yes  |
| 011        | 最終オーバー/アンダー・レンジ・サンプル (EOF) | BioZ レコードにサンプルを記録し、タイム・ステップをインクリメントします。データが有効であるか、リードオフ状態であるかを判断します。サンプル数が増えるまで BioZ FIFO の読出しを一時停止します。               | ?     | Yes  |
| 10x        | 不使用                        | —                                                                                                                     | —     | —    |
| 110        | FIFO は空 (例外)               | タイム・ベースをインクリメントせずに、このサンプルを破棄します。サンプル数が増えるまで BioZ FIFO の読出しを一時停止します。                                                   | No    | No   |
| 111        | FIFO オーバーフロー (例外)          | タイム・ベースをインクリメントせずに、このサンプルを破棄します。必要に応じて、FIFO_RST コマンドを発行して FIFO をクリアするか、再度 SYNCH を行います。全ての FIFO で、これに伴う停止と再開に注意してください。 | No    | No   |

## BioZ データ・タグ (BTAG)

サンプルの最後の 3 ビットは、データ転送の管理を支援するデータ・タグ (BTAG[2:0] = D[2:0]) として使用されます。BTAG 構造の詳細は次のとおりです。

**有効:** BTAG = 000 は、このサンプルの BioZ データが BioZ レコードの有効な電圧とタイム・ステップの両方を表していることを示します。

**オーバー・レンジまたはアンダー・レンジ:** BTAG = 001 は、このサンプルの BioZ データが選択した範囲のスレッシュホールド (MNGR\_DYN および CNFG\_GEN を参照) に違反しており、サンプルの電圧情報を調べ、これが有効かまたはリードオフ状態を示しているかを確認する必要があることを示しています。この種のサンプルは、電圧データは無効でも、BioZ レコード内の有効なタイム・ステップを表していることに注意してください。

**有効な EOF:** BTAG = 010 は、このサンプルの BioZ データが BioZ レコード内で有効な電圧とタイム・ステップの両方を表し、BioZ FIFO で現在利用できる最後のサンプル (End-of-File, EOF) であることを示します。μC は、BioZ FIFO に更にデータを要求する前に、さらなるサンプルが利用可能になるまで待機する必要があります。

**オーバー・レンジまたはアンダー・レンジの EOF:** BTAG = 011 は、このサンプルの BioZ データが選択した範囲のスレッシュホールド (MNGR\_DYN および CNFG\_GEN を参照) に違反しており、サンプルの電圧情報を調べ、これが有効かまたはリードオフ状態を示しているかを確認する必要があることを示しています。この種のサンプルは、電圧データは無効でも、BioZ レコード内の有効なタイム・ステップを表していることに注意してください。また、BioZ FIFO 内で現在利用可能な最後のサンプルであることも示しています (End-of-File, EOF)。μC は、BioZ FIFO に更にデータを要求する前に、さらなるサンプルが利用可能になるまで待機する必要があります。

**空:** 空の FIFO からのリードバック・データには BTAG = 110 が付加されます。このタグが存在した場合、この FIFO データが有効なサンプルまたはタイム・ステップを表していないことを警告しています。ただし、μC が適切に処理すれば、空のタグが発生しても、連続した BioZ レコードの整合性が損なわれることはありません。このタグは、リードバック要求が時期尚早であったか、不要であったかを示すにすぎません。

**オーバーフロー:** BTAG = 111 は、BioZ FIFO がオーバーフローし、サンプル・レコードに中断やデータの欠落があったことを示します。BioZ オーバーフロー (BOVF) ビットは STATUS レジスタにも含まれています。このような状況を解決するには FIFO\_RESET が必要で、効果的に FIFO をクリアし、今後有効なサンプリングが確保されます。アプリケーションによっては、

MAX30001 の内部チャンネル動作の再同期が必要な場合があり、SYNCH コマンドはこの機能を実行すると同時に、FIFO メモリをリセットできます。

## R-R 間隔メモリ・レジスタ (1 ワード×24 ビット)

R-R 間隔 (RTOR) メモリ・レジスタは単一の読み出し専用レジスタで、左詰め 14 ビットのタイミング間隔情報 (およびゼロに設定された 10 ビットの未使用ビット) で構成されます。

RTOR レジスタには、ECG 出力データに対して動作する R-R 検出回路によって識別された、最後の 2 つの R イベント間の時間間隔が格納されます。RTOR レジスタ内の各 LSB は 8ms にほぼ等しい値です (正確な数値は CNFG\_GEN)。このため、14 ビットの保存間隔は、デバイスの設定にもよりますが、約 130 秒の長さになります。

R-R 検出器が新しい R イベントを識別するたびに、RTOR レジスタが更新され、RRINT 割込みビットがアサートされます (詳細については STATUS レジスタを参照)。

RTOR レジスタのデータに基づいて心拍数を記録したい場合は、MNGR\_INT レジスタで CLR\_RRINT = 01 を設定します。これにより、RTOR レジスタをリードバックした後、RRINT 割込みビットがクリアされ、デバイスは次の R-R 間隔を識別する準備をします。

μC を用いて RRINT アサート間の経過時間に基づいて心拍数を記録し、タイム・ベースを追跡したい場合 (RTOR レジスタのデータは無視)、割込み管理方法には 2 つの選択肢があります。MNGR\_INT レジスタで CLR\_RRINT = 00 の場合、STATUS レジスタをリードバックするたびに RRINT 割込みビットがクリアされ、デバイスは次の R-R 間隔を識別する準備をします。MNGR\_INT レジスタで CLR\_RRINT = 10 の場合、ECG データ・サイクルが 1 回経過するごとに RRINT 割込みビットがセルフクリアされ、次の R-R 間隔の識別に備えます (このモードは INT2B を専用の心拍インジケータとして使用する場合にのみ推奨します)。

CLR\_RRINT = 0x (割込みモード) で、R-R 検出器が R イベントを検出せずに数分後にオーバーフロー状態になった場合、RTOR レジスタ値 = 0x3FFF で RRINT をアサートし、オーバーフロー状態を示します。この割込みはタイムスタンプを生成するため、信号が長時間失われた場合でも、μC は検出された R イベント間の時間間隔を追跡できます。これは、RTOR レジスタのデータがタイム・ベースを追跡する唯一のソースである場合、重要です。オーバーフローが発生した場合、RTOR レジスタはリードバックされた後にリセットされるため、μC はその後の複数のオーバーフロー状態を追跡できます。RRINT は、CLR\_RRINT の設定で指定される適切なリードバック操作によって、RTOR レジスタとは無関係にリセットされます。

# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位（ECG、R-R、およびペース検出）および生体インピーダンス（BioZ）AFE

CLR\_RRINT = 1x（インジケータ・モード）で、R-R 検出器が R イベントを検出せずに数分後にオーバーフロー状態になった場合、カウンタは単にロール・オーバーし、専用の INT2B ライン上に RRINT アクティビティがないことによって、R-R アクティビティを検出しなかったことが  $\mu\text{C}$  に通知されます。このモードは  $\mu\text{C}$  がタイム・ベースの追跡に使用されるシステムで使用されるため、絶対時間を追跡するための割込みを生成する必要はありません。

## PACE0~PACE5（0x30~0x47）のレジスタ・グループ

PACE0~PACE5 のレジスタ・グループは 6 つの読出し専用メモリで、ペースメーカー検出回路によって検出されたペース・

エッジ情報を格納するのに使用されます。ペース・レジスタの各グループは、ECG\_FIFO レジスタに格納された 2 つの連続する ECG データ・サンプル間で検出された最大 6 つのペース・エッジのデータを格納し、先頭の ECG データ・サンプルと関連付けられます。関連する ECG データ・サンプルの PTAG[2:0] ビットは、1 つ以上のペース・エッジが検出されたかどうか、また、どのペース・グループに書き込まれたかを示します。ペース・レジスタの各グループは、A、B、または C のサフィックスで示される 3 つのサブグループ・レジスタで構成され、それぞれがペース・エッジ・データを保持する 2 つのセグメントに分割されて、グループごとに合計 6 つのペース・エッジ、18 個のレジスタで合計 36 のペース・エッジを保持します。

表 51. PACE0~PACE5（0x30~0x47）レジスタのマップ

| REG  | NAME        | R/W | 23                                                                                               | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13      | 12      | 11               | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1       | 0       |
|------|-------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|---------|------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|---------|
| 0x30 | PACE0_BURST | R   | Burst read of PACE0_A, PACE0_B & PACE0_C registers (80-bit frame: 8-bit command + 3*24-bit data) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |         |         |
| 0x31 | PACE0_A     | R   | PACE0_0DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P0_0RFB | P0_0LST | PACE0_1DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P0_1RFB | P0_1LST |
| 0x32 | PACE0_B     | R   | PACE0_2DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P0_2RFB | P0_2LST | PACE0_3DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P0_3RFB | P0_3LST |
| 0x33 | PACE0_C     | R   | PACE0_4DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P0_4RFB | P0_4LST | PACE0_5DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P0_5RFB | P0_5LST |
| 0x34 | PACE1_BURST | R   | Burst read of PACE1_A, PACE1_B & PACE1_C registers (80-bit frame: 8-bit command + 3*24-bit data) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |         |         |
| 0x35 | PACE1_A     | R   | PACE1_0DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P1_0RFB | P1_0LST | PACE1_1DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P1_1RFB | P1_1LST |
| 0x36 | PACE1_B     | R   | PACE1_2DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P1_2RFB | P1_2LST | PACE1_3DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P1_3RFB | P1_3LST |
| 0x37 | PACE1_C     | R   | PACE1_4DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P1_4RFB | P1_4LST | PACE1_5DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P1_5RFB | P1_5LST |
| 0x38 | PACE2_BURST | R   | Burst read of PACE2_A, PACE2_B & PACE2_C registers (80-bit frame: 8-bit command + 3*24-bit data) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |         |         |
| 0x39 | PACE2_A     | R   | PACE2_0DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P2_0RFB | P2_0LST | PACE2_1DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P2_1RFB | P2_1LST |
| 0x3A | PACE2_B     | R   | PACE2_2DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P2_2RFB | P2_2LST | PACE2_3DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P2_3RFB | P2_3LST |
| 0x3B | PACE2_C     | R   | PACE2_4DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P2_4RFB | P2_4LST | PACE2_5DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P2_5RFB | P2_5LST |
| 0x3C | PACE3_BURST | R   | Burst read of PACE3_A, PACE3_B & PACE3_C registers (80-bit frame: 8-bit command + 3*24-bit data) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |         |         |
| 0x3D | PACE3_A     | R   | PACE3_0DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P3_0RFB | P3_0LST | PACE3_1DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P3_1RFB | P3_1LST |
| 0x3E | PACE3_B     | R   | PACE3_2DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P3_2RFB | P3_2LST | PACE3_3DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P3_3RFB | P3_3LST |
| 0x3F | PACE3_C     | R   | PACE3_4DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P3_4RFB | P3_4LST | PACE3_5DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P3_5RFB | P3_5LST |
| 0x40 | PACE4_BURST | R   | Burst read of PACE4_A, PACE4_B & PACE4_C registers (80-bit frame: 8-bit command + 3*24-bit data) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |         |         |
| 0x41 | PACE4_A     | R   | PACE4_0DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P4_0RFB | P4_0LST | PACE4_1DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P4_1RFB | P4_1LST |
| 0x42 | PACE4_B     | R   | PACE4_2DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P4_2RFB | P4_2LST | PACE4_3DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P4_3RFB | P4_3LST |
| 0x43 | PACE4_C     | R   | PACE4_4DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P4_4RFB | P4_4LST | PACE4_5DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P4_5RFB | P4_5LST |
| 0x44 | PACE5_BURST | R   | Burst read of PACE5_A, PACE5_B & PACE5_C registers (80-bit frame: 8-bit command + 3*24-bit data) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |         |         |
| 0x45 | PACE5_A     | R   | PACE5_0DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P5_0RFB | P5_0LST | PACE5_1DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P5_1RFB | P5_1LST |
| 0x46 | PACE5_B     | R   | PACE5_2DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P5_2RFB | P5_2LST | PACE5_3DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P5_3RFB | P5_3LST |
| 0x47 | PACE5_C     | R   | PACE5_4DATA[9:0]                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | P5_4RFB | P5_4LST | PACE5_5DATA[9:0] |    |   |   |   |   |   |   |   |   | P5_5RFB | P5_5LST |



## 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

ペース・レジスタ・グループは、ECG データ・サンプルの間にペース・エッジのグループが見つかったら、PACE0 から始まり、PACE5 が書き込まれた後、PACE0 が次のグループとして書き込まれるような循環的な方法で時間的に順次書き込まれます。各ペース・グループ内では、各ペース・エッジのデータもエッジ 0 から始まるセグメントごとに時間的に順次書き込まれていきますが、ECG データ・サンプル間の最初の 6 つのペース・エッジのみが各ペース・グループに書き込まれるように、循環的に書き込まれることはありません。もし、あるペース・グループ内に 7 つ以上のエッジがあれば、このデータは保存されず、失われることになります。1 つまたは 2 つのペース・エッジのデータが書き込まれたサブグループ・レジスタは未読としてマークされ、もし最初のセグメントだけに書き込まれた場合、2 番目のセグメントは 0xFFFF に設定されます。ペース・エッジ・データが何も書き込まれていないサブグループ・レジスタには 0xFFFF FFF が設定され、既読としてマークされます。ペース・グループが既読としてマークされるためには、未読のサブグループ全てを読み出す必要があります。通常 (1 ワード) モードの読出しの場合、レジスタは 32 番目の SCLK 立上がりエッジで既読としてマークされます。同じシリアル・データ転送時に 3 つのサブグループ (A、B、C) 全てを読み出すために、ペース・レジスタ・グループごとにバースト・モード・レジスタが

あります。バースト・モード時は、サブグループ A、B、C に対してそれぞれ 32 番目、56 番目、80 番目の SCLK 立上がりエッジでサブグループが既読としてマークされます。80 番目の SCLK エッジを超えるバースト・モード・サイクルでは、次のペース・レジスタ・グループでリードバックは継続されません。代わりに、0xFFFF というデータが返されます。

ECG データ・サンプル間にペース・エッジが検出されるたびに、ペース割込みビット (PINT) がアサートされ、新しいペース・データをリードバックする準備ができたことを  $\mu$ C に警告します。 $\mu$ C は、まず PTAG で識別されたサンプルまで ECG FIFO データをリードバックし、次に、リンクされた PACE レジスタ・グループをリードバックして、ペース・イベントが正しい ECG データ・サンプルと関連付けられていることを確認する必要があります。以下に例を示します。以前に書込みがありながら未読となっている PACE レジスタ・グループに新しいペース・エッジ情報が書き込まれた場合、ペース・オーバーフロー・ステータス・ビットである POVR がアサートされ、ECG データ・サンプルとの関連付けが破損します。データが破損した場合は、SYNCH または FIFO\_RST コマンドを実行して、ECG データ・サンプルと PACE レジスタ・グループ間の同期を復元する必要があります。

表 52. PACE0~PACE5 (0x30~0x47) レジスタの機能

| インデックス               | 名称                            | デフォルト | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D[23:14],<br>D[11:2] | PACE <sub>x</sub> _yDATA[9:0] | 0x3FF | ペース・エッジのタイミング・データ<br>ペース・エッジ・タイミング = PACE <sub>x</sub> _yDATA[9:0]*t <sub>RES</sub> 。ここで、t <sub>RES</sub> = 1/(2*f <sub>MSTR</sub> ) で、CNFG_GEN レジスタの FMSTR[1:0] ビットで設定します。この時間は、関連する ECG データ・サンプルに対する相対的な時間です。<br>x = 0~5。特定の ECG データ出力サンプルに関連するペース・グループ。<br>y = 0~5。時間内に検出されたペース・エッジの連番。 |
| D[13], D[1]          | Px_yRFB                       | 1     | ペース・エッジの極性<br>0 = 立下がりエッジ<br>1 = 立上がりエッジ<br>x = 0~5。特定の ECG データ出力サンプルに関連するペース・グループ。<br>y = 0~5。時間内に検出されたペース・エッジの連番。                                                                                                                                                                        |
| D[12], D[0]          | Px_yLST                       | 1     | 最終ペース・エッジ<br>0 = グループ内で追加のペース・エッジが検出された<br>1 = グループ内で検出された最後のペース・エッジ、または空のレコード<br>x = 0~5。特定の ECG データ出力サンプルに関連するペース・グループ。<br>y = 0~5。時間内に検出されたペース・エッジの連番。                                                                                                                                  |

## ECG および PACE データの管理例と使用例

以下の図と例では、ECG FIFO および PACE レジスタ・グループのデータ・セット例を管理するためのいくつかの有効な手段を示しています。これらの例で使用するデータを以下の表に示します。

表 53 は、これらの例で使用する ECG FIFO の内部状態を示しています。この例では、ロケーション 0~7 の情報が以前にリードバックされ (READ 列の Y で示される)、ロケーション 16 以降のデータが以前にリードバックされたか、空であった (READ 列の <Y> で示される) と仮定しています。

表 53. ECG FIFO の例

| READ | INDEX | ECG FIFO DATA D[23:0]                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |           |   |   |           |   |   |   |
|------|-------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|-----------|---|---|-----------|---|---|---|
|      |       | ECG_DATA[17:0]                            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | ETAG[2:0] |   |   | PTAG[2:0] |   |   |   |
|      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2 | 1 | 0 |
| Y    | 0     | ECG Sample 00 Voltage Data [17:0] = 0x000 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | — | 1 | 1         | 1 | 1 |   |
| Y    | 1     | ECG Sample 01 Voltage Data [17:0] = 0x001 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | — | 1 | 1         | 1 | 1 |   |
| Y    | 2     | ECG Sample 02 Voltage Data [17:0] = 0x002 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
| Y    | 3     | ECG Sample 03 Voltage Data [17:0] = 0x003 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
| Y    | 4     | ECG Sample 04 Voltage Data [17:0] = 0x004 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
| Y    | 5     | ECG Sample 05 Voltage Data [17:0] = 0x005 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 0         | 0 | 0 |   |
| Y    | 6     | ECG Sample 06 Voltage Data [17:0] = 0x006 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
| Y    | 7     | ECG Sample 07 Voltage Data [17:0] = 0x007 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
|      | 8     | ECG Sample 08 Voltage Data [17:0] = 0x008 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
|      | 9     | ECG Sample 09 Voltage Data [17:0] = 0x009 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
|      | 10    | ECG Sample 10 Voltage Data [17:0] = 0x00A |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 0         | 0 | 1 |   |
|      | 11    | ECG Sample 11 Voltage Data [17:0] = 0x00B |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 0         | 1 | 0 |   |
|      | 12    | ECG Sample 12 Voltage Data [17:0] = 0x00C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
|      | 13    | ECG Sample 13 Voltage Data [17:0] = 0x00D |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
|      | 14    | ECG Sample 14 Voltage Data [17:0] = 0x00E |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
|      | 15    | ECG Sample 15 Voltage Data [17:0] = 0x00F |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | —         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1 |   |
| <Y>  | 16    | EMPTY                                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |           |   |   |           |   |   |   |
| <Y>  | 17    | EMPTY                                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |           |   |   |           |   |   |   |

# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

表 54 は、これらの例で使用する PACE レジスタ・グループの最初の 4 グループの内部状態を示しています。この例では、グループ 0 の情報が以前にリードバックされ (READ 欄の Y で示される)、アクティブなグループ 1 および 2 の未使用ワードが

内部で既読としてマークされ (READ 欄の<Y>で示される)、空のグループ 3、4、5 も内部で既読としてとしてマークされ、デフォルトのデータで埋められていると仮定しています。

表 54. PACE FIFO の例

| READ | INDEX | PACE DATA D[23:0]                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   |   |   |   |   |   |     |     |
|------|-------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------------------------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
|      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |   |   |   |   |   |   |   |   | RFB | LST |
|      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13  | 12  | 11                                        | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1   | 0   |
| Y    | 0A    | Group 0: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x000 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 0: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x011 |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 0   | 0   |
| Y    | 0B    | Group 0: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x022 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 0: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x033 |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 0   | 1   |
| Y    | 0C    | Group 0: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 0: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
|      | 1A    | Group 1: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x100 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 1: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x108 |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 0   | 0   |
|      | 1B    | Group 1: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x110 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 1C    | Group 1: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
|      | 2A    | Group 2: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x0A0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0   | 1   | Group 2: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 2B    | Group 2: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 2: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 2C    | Group 2: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 2: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 3A    | Group 3: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 3: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 3B    | Group 3: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 3: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 3C    | Group 3: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 3: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 4A    | Group 4: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 4: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 4B    | Group 4: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 4: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 4C    | Group 4: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 4: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 5A    | Group 5: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 5: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 5B    | Group 5: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 5: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |
| <Y>  | 5C    | Group 5: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 5: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 1   | 1   |



## ECG 割込み駆動通常動作モードの例

この例では、EINT がアサートされ、INTB または INT2B を介して  $\mu\text{C}$  に割込みがかかり、EFIT=8 となった場合に、 $\mu\text{C}$  は ECG およびペース・データをリードバックします。このサンプルでは、次のような SPI トランザクションが発生する可能性があります。

以下の例では、完全に正しい結果がリードバックされますが、ECG ETAG とペース情報をより有効に活用することで、更に効率的な  $\mu\text{C}$  通信が可能になります。

表 55. ECG FIFO および PACE レジスタのリードバック例 (EINT、通常動作モード)

| CMD  | FIFO | INDEX | FIFO DATA D[23:0]                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   |           |   |   |           |   |     |     |
|------|------|-------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------------------------------------------|----|---|---|---|-----------|---|---|-----------|---|-----|-----|
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13  | 12  | 11                                        | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2 | 1   | 0   |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | ETAG[2:0] |   |   | PTAG[2:0] |   |     |     |
| 0x21 | ECG  | 8     | ECG Sample 08 Voltage Data [17:0] = 0x008 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 9     | ECG Sample 09 Voltage Data [17:0] = 0x009 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 10    | ECG Sample 10 Voltage Data [17:0] = 0x00A |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 0 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 11    | ECG Sample 11 Voltage Data [17:0] = 0x00B |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 1 | 0   |     |
| 0x21 | ECG  | 12    | ECG Sample 12 Voltage Data [17:0] = 0x00C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 13    | ECG Sample 13 Voltage Data [17:0] = 0x00D |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 14    | ECG Sample 14 Voltage Data [17:0] = 0x00E |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 15    | ECG Sample 15 Voltage Data [17:0] = 0x00F |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 1 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | --    | ECG Empty Voltage Data [17:0] = 0x000     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 1         | 1 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13  | 12  | 11                                        | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2 | 1   | 0   |
|      |      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |   |   |   |           |   |   |           |   | RFB | LST |
| 0x35 | PACE | 1A    | Group 1: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x100 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 1: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x108 |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 0   | 0   |
| 0x36 | PACE | 1B    | Group 1: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x110 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |
| 0x37 | PACE | 1C    | Group 1: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |
| 0x39 | PACE | 2A    | Group 2: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0   | 1   | Group 2: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |
| 0x3A | PACE | 2B    | Group 2: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 2: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |
| 0x3B | PACE | 2C    | Group 2: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 2: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |

# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

以下のトランザクション例でも同じ結果がリードバックされますが、ECG ETAG ビットと PACE LST ビットで示される必要なロケーションのみをリードバックすることで、 $\mu$ C の通信効率を向上させています。

表 56. ECG FIFO および PACE レジスタのリードバック例 (EINT、通常動作モード、トランザクション数を低減)

| CMD  | FIFO | INDEX | FIFO DATA D[23:0]                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   |           |   |   |           |   |     |     |
|------|------|-------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------------------------------------------|----|---|---|---|-----------|---|---|-----------|---|-----|-----|
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13  | 12  | 11                                        | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2 | 1   | 0   |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | ETAG[2:0] |   |   | PTAG[2:0] |   |     |     |
| 0x21 | ECG  | 8     | ECG Sample 08 Voltage Data [17:0] = 0x008 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 9     | ECG Sample 09 Voltage Data [17:0] = 0x009 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 10    | ECG Sample 10 Voltage Data [17:0] = 0x00A |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 0 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 11    | ECG Sample 11 Voltage Data [17:0] = 0x00C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 1 | 0   |     |
| 0x21 | ECG  | 12    | ECG Sample 12 Voltage Data [17:0] = 0x00D |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 13    | ECG Sample 13 Voltage Data [17:0] = 0x00E |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 14    | ECG Sample 14 Voltage Data [17:0] = 0x00F |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
| 0x21 | ECG  | 15    | ECG Sample 15 Voltage Data [17:0] = 0x00F |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 1 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13  | 12  | 11                                        | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2 | 1   | 0   |
|      |      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |   |   |   |           |   |   |           |   | RFB | LST |
| 0x35 | PACE | 1A    | Group 1: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x100 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 1: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x108 |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 0   | 0   |
| 0x36 | PACE | 1B    | Group 1: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x110 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |
| 0x39 | PACE | 2A    | Group 2: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x0A0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0   | 1   | Group 2: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |

## PACE 割込み方式通常動作モードの例

この例では、 $\mu C$  は PINT に応答してデータをリードバックします。PINT は、検出された 2 つのペース・イベントに応答してアサートされます (EFIT = 8 のスレッシュホールドを満たしていないため、EINT が発行される前にアサートされます)。ペース・イベントを適切に検出するためには、ECG 情報を最初にリードバックする必要があることに注意してください。このサンプルでは、次のような SPI トランザクションが発生します (注: PINT 割込みが処理された時の ECG FIFO の状態によって、ETAG の他の組み合わせもあり得ます)。

表 57. ECG FIFO および PACE レジスタのリードバック例 (PINT、通常動作モード)

| REG  | FIFO | INDEX | FIFO DATA D[23:0]                         |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |           |   |   |           |     |   |   |
|------|------|-------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------------------------------------------|----|----|---|---|---|-----------|---|---|-----------|-----|---|---|
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14  | 13  | 12                                        | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2   | 1 | 0 |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | ETAG[2:0] |   |   | PTAG[2:0] |     |   |   |
| 0x21 | ECG  | 8     | ECG Sample 08 Voltage Data [17:0] = 0x008 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 9     | ECG Sample 09 Voltage Data [17:0] = 0x009 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 10    | ECG Sample 10 Voltage Data [17:0] = 0x00A |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 0   | 1 |   |
|      |      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |   |   |   |           |   |   | RFB       | LST |   |   |
| 0x35 | PACE | 1A    | Group 1: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x100 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 1: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x108 |    |    |   |   |   |           |   |   | 0         | 0   |   |   |
| 0x36 | PACE | 1B    | Group 1: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x110 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |
| 0x37 | PACE | 1C    | Group 1: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | ETAG[2:0] |   |   | PTAG[2:0] |     |   |   |
| 0x21 | ECG  | 11    | ECG Sample 11 Voltage Data [17:0] = 0x00B |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 1   | 0 |   |
|      |      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |   |   |   |           |   |   | RFB       | LST |   |   |
| 0x39 | PACE | 2A    | Group 2: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x0A0 |    |    |    |    |    |    |    |    | 0   | 1   | Group 2: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |
| 0x3A | PACE | 2B    | Group 2: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 2: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |
| 0x3B | PACE | 2C    | Group 2: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 2: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | ETAG[2:0] |   |   | PTAG[2:0] |     |   |   |
| 0x21 | ECG  | 12    | ECG Sample 12 Voltage Data [17:0] = 0x00D |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 13    | ECG Sample 13 Voltage Data [17:0] = 0x00D |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 14    | ECG Sample 14 Voltage Data [17:0] = 0x00E |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 15    | ECG Sample 15 Voltage Data [17:0] = 0x00F |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 1 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | -     | ECG Empty Voltage Data [17:0] = 0x000     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 1         | 1 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |

# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

上記の例では、 $\mu\text{C}$  は完全に正しい結果をリードバックしますが、ECG ETAG とペース情報をより有効に活用することで、以下のように  $\mu\text{C}$  通信をより効率化できます。

上記のトランザクション例でも同じ結果がリードバックされますが、ECG ETAG および PACE LST ビットで示されるロケーションをリードバックするだけで効率が改善されます。

表 58. ECG FIFO および PACE レジスタのリードバック例 (PINT、通常動作モード、トランザクション数を低減)

| REG  | FIFO | INDEX | FIFO DATA D[23:0]                         |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   |           |   |     |           |   |   |
|------|------|-------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------------------------------------------|----|----|---|---|---|---|-----------|---|-----|-----------|---|---|
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14  | 13  | 12                                        | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5         | 4 | 3   | 2         | 1 | 0 |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | ETAG[2:0] |   |     | PTAG[2:0] |   |   |
| 0x21 | ECG  | 8     | ECG Sample 08 Voltage Data [17:0] = 0x008 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | 0         | 0 | 0   | 1         | 1 | 1 |
| 0x21 | ECG  | 9     | ECG Sample 09 Voltage Data [17:0] = 0x009 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | 0         | 0 | 0   | 1         | 1 | 1 |
| 0x21 | ECG  | 10    | ECG Sample 10 Voltage Data [17:0] = 0x00A |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | 0         | 0 | 0   | 0         | 0 | 1 |
|      |      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |   |   |   |   |           |   | RFB | LST       |   |   |
| 0x35 | PACE | 1A    | Group 1: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x100 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 1: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x108 |    |    |   |   |   |   |           |   | 0   | 0         |   |   |
| 0x36 | PACE | 1B    | Group 1: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x110 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |   |           |   | 1   | 1         |   |   |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | ETAG[2:0] |   |     | PTAG[2:0] |   |   |
| 0x21 | ECG  | 11    | ECG Sample 11 Voltage Data [17:0] = 0x00B |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | 0         | 0 | 0   | 0         | 1 | 0 |
|      |      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |   |   |   |   |           |   | RFB | LST       |   |   |
| 0x39 | PACE | 2A    | Group 2: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x0A0 |    |    |    |    |    |    |    |    | 0   | 1   | Group 2: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |   |           |   | 1   | 1         |   |   |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | ETAG[2:0] |   |     | PTAG[2:0] |   |   |
| 0x21 | ECG  | 12    | ECG Sample 12 Voltage Data [17:0] = 0x00D |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | 0         | 0 | 0   | 1         | 1 | 1 |
| 0x21 | ECG  | 13    | ECG Sample 13 Voltage Data [17:0] = 0x00D |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | 0         | 0 | 0   | 1         | 1 | 1 |
| 0x21 | ECG  | 14    | ECG Sample 14 Voltage Data [17:0] = 0x00E |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | 0         | 0 | 0   | 1         | 1 | 1 |
| 0x21 | ECG  | 15    | ECG Sample 15 Voltage Data [17:0] = 0x00F |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |   | 0         | 1 | 0   | 1         | 1 | 1 |

## バースト・モードの例

この例では、EINT ビットに応答して  $\mu\text{C}$  がデータを読み出します。EFIT は 8 です。このサンプルでは、以下のようなバースト・モードの SPI トランザクションが発生する可能性があります。

以下のバースト・モード・トランザクションの例では、完全に正しい結果がリードバックされます。バースト・モードでこのリードバックを実現するためには、次の 3 つのコマンドを発行するだけで済むことに注意してください。すなわち、ECG バースト 8 + (9 × 24) SCLK サイクル、PACE グループ 1 のバースト 8 + (3 × 24) SCLK サイクル、および PACE グループ 2 のバースト 8 + (3 × 24) SCLK サイクルです。ただし、ECG ETAG およびペース情報をより有効に使用することにより、 $\mu\text{C}$  通信を更に効率化できます。

表 59. ECG FIFO および PACE レジスタのリードバック例 (EINT、バースト・モード)

| REG  | FIFO | INDEX | FIFO DATA D[23:0]                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   |           |   |   |           |   |     |     |
|------|------|-------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------------------------------------------|----|---|---|---|-----------|---|---|-----------|---|-----|-----|
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13  | 12  | 11                                        | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2 | 1   | 0   |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | ETAG[2:0] |   |   | PTAG[2:0] |   |     |     |
| 0x20 | ECG  | 8     | ECG Sample 08 Voltage Data [17:0] = 0x008 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | 9     | ECG Sample 09 Voltage Data [17:0] = 0x009 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | 10    | ECG Sample 10 Voltage Data [17:0] = 0x00A |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 0 | 1   |     |
|      | ECG  | 11    | ECG Sample 11 Voltage Data [17:0] = 0x00B |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 1 | 0   |     |
|      | ECG  | 12    | ECG Sample 12 Voltage Data [17:0] = 0x00C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | 13    | ECG Sample 13 Voltage Data [17:0] = 0x00D |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | 14    | ECG Sample 14 Voltage Data [17:0] = 0x00E |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | 15    | ECG Sample 15 Voltage Data [17:0] = 0x00F |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 1 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | –     | ECG Empty Voltage Data [17:0] = 0x000     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 1         | 1 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13  | 12  | 11                                        | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2 | 1   | 0   |
|      |      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |   |   |   |           |   |   |           |   | RFB | LST |
| 0x34 | PACE | 1A    | Group 1: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x100 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 1: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x108 |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 0   | 0   |
|      | PACE | 1B    | Group 1: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x110 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |
|      | PACE | 1C    | Group 1: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |
| 0x38 | PACE | 2A    | Group 2: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x0A0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0   | 1   | Group 2: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |
|      | PACE | 2B    | Group 2: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 2: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |
|      | PACE | 2C    | Group 2: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 2: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |

# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

以下のバースト・モード・トランザクションの例でも同じ結果がリードバックされますが、ECG ETAG ビットと PACE LST ビットによって示されるロケーションのみが読み出されるため、効率が向上します。バースト・モードでこのリードバックを実現するには、次の 3 つのコマンドを発行するだけです: ECG バースト 8 + (8 × 24) SCLK サイクル、PACE グループ 1 のバースト 8 + (2 × 24) SCLK サイクル、および PACE グループ 2 のバースト 8 + 24 SCLK サイクル。

表 60. ECG FIFO および PACE レジスタのリードバック例 (EINT、バースト・モード、トランザクション数を低減)

| REG  | FIFO | INDEX | FIFO DATA D[23:0]                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   |           |   |   |           |   |     |     |
|------|------|-------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------------------------------------------|----|---|---|---|-----------|---|---|-----------|---|-----|-----|
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13  | 12  | 11                                        | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2 | 1   | 0   |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | ETAG[2:0] |   |   | PTAG[2:0] |   |     |     |
| 0x20 | ECG  | 8     | ECG Sample 08 Voltage Data [17:0] = 0x008 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | 9     | ECG Sample 09 Voltage Data [17:0] = 0x009 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | 10    | ECG Sample 10 Voltage Data [17:0] = 0x00A |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 0 | 1   |     |
|      | ECG  | 11    | ECG Sample 11 Voltage Data [17:0] = 0x00B |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 1 | 0   |     |
|      | ECG  | 12    | ECG Sample 12 Voltage Data [17:0] = 0x00C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | 13    | ECG Sample 13 Voltage Data [17:0] = 0x00D |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | 14    | ECG Sample 14 Voltage Data [17:0] = 0x00E |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      | ECG  | 15    | ECG Sample 15 Voltage Data [17:0] = 0x00F |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |   |   |   | 0         | 1 | 0 | 1         | 1 | 1   |     |
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13  | 12  | 11                                        | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2 | 1   | 0   |
|      |      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |   |   |   |           |   |   |           |   | RFB | LST |
| 0x34 | PACE | 1A    | Group 1: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x100 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 1: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x108 |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 0   | 0   |
|      | PACE | 1B    | Group 1: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x110 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |
| 0x38 | PACE | 2A    | Group 2: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x0A0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0   | 1   | Group 2: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |   |   |   |           |   |   |           |   | 1   | 1   |

## 読み出されたデータ・レコードの例

この例では、EINT に応答して  $\mu\text{C}$  がデータを読み出します。EFIT は 8 です。完全な FIFO サンプルとその結果生じた 2 つの割込みに対して、以下の SPI トランザクションが発生する可能性があります (FIFO レコードの先頭から始まる)。

表 61. 完全なリードバックの例 (EINT、通常動作モード)

| REG  | FIFO | INDEX | FIFO DATA D[23:0]                         |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   |           |   |   |           |     |   |   |
|------|------|-------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------------------------------------------|----|----|---|---|---|-----------|---|---|-----------|-----|---|---|
|      |      |       | 23                                        | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14  | 13  | 12                                        | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6         | 5 | 4 | 3         | 2   | 1 | 0 |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | ETAG[2:0] |   |   | PTAG[2:0] |     |   |   |
| 0x21 | ECG  | 0     | ECG Sample 00 Voltage Data [17:0] = 0x000 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 1 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 1     | ECG Sample 01 Voltage Data [17:0] = 0x001 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 1 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 2     | ECG Sample 02 Voltage Data [17:0] = 0x002 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 3     | ECG Sample 03 Voltage Data [17:0] = 0x003 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 4     | ECG Sample 04 Voltage Data [17:0] = 0x004 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 5     | ECG Sample 05 Voltage Data [17:0] = 0x005 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 0   | 0 |   |
| 0x21 | ECG  | 6     | ECG Sample 06 Voltage Data [17:0] = 0x006 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 7     | ECG Sample 07 Voltage Data [17:0] = 0x007 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 1 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | –     | ECG Empty Voltage Data [17:0] = 0x000     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 1         | 1 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
|      |      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |   |   |   |           |   |   | RFB       | LST |   |   |
| 0x31 | PACE | 0A    | Group 0: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x000 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 0: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x011 |    |    |   |   |   |           |   |   | 0         | 0   |   |   |
| 0x32 | PACE | 0B    | Group 0: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x022 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 0: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x033 |    |    |   |   |   |           |   |   | 0         | 1   |   |   |
| 0x33 | PACE | 0C    | Group 0: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 0: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |
|      |      |       | ECG Sample Voltage Data [17:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | ETAG[2:0] |   |   | PTAG[2:0] |     |   |   |
| 0x21 | ECG  | 8     | ECG Sample 08 Voltage Data [17:0] = 0x008 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 9     | ECG Sample 09 Voltage Data [17:0] = 0x009 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 10    | ECG Sample 10 Voltage Data [17:0] = 0x00A |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 0   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 11    | ECG Sample 11 Voltage Data [17:0] = 0x00B |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 0         | 1   | 0 |   |
| 0x21 | ECG  | 12    | ECG Sample 12 Voltage Data [17:0] = 0x00C |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 13    | ECG Sample 13 Voltage Data [17:0] = 0x00D |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 14    | ECG Sample 14 Voltage Data [17:0] = 0x00E |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 0 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | 15    | ECG Sample 15 Voltage Data [17:0] = 0x00F |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 0         | 1 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
| 0x21 | ECG  | –     | ECG Empty Voltage Data [17:0] = 0x000     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |                                           |    |    |   |   |   | 1         | 1 | 0 | 1         | 1   | 1 |   |
|      |      |       | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |    |    |    |    |    |    | RFB | LST | Edge Timing Data Segment [9:0]            |    |    |   |   |   |           |   |   | RFB       | LST |   |   |
| 0x35 | PACE | 1A    | Group 1: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x100 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 0   | Group 1: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x108 |    |    |   |   |   |           |   |   | 0         | 0   |   |   |
| 0x36 | PACE | 1B    | Group 1: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x110 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |
| 0x37 | PACE | 1C    | Group 1: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 1: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |
| 0x39 | PACE | 2A    | Group 2: Edge 0 Timing Data [9:0] = 0x0A0 |    |    |    |    |    |    |    |    | 0   | 1   | Group 2: Edge 1 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |
| 0x3A | PACE | 2B    | Group 2: Edge 2 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 2: Edge 3 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |
| 0x3B | PACE | 2C    | Group 2: Edge 4 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   | Group 2: Edge 5 Timing Data [9:0] = 0x3FF |    |    |   |   |   |           |   |   | 1         | 1   |   |   |

# 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

μC は、これまで観察されたデータを基に、ECG 波形の完全な記録を作成する必要があります。有効な ECG タイム・ステップまたは有効なペース・エッジを示さない全ての空のサンプルは、フィルタで除去されます。その後、ペース・エッジは適切な ECG サンプル間隔内でインターリーブされます。この例のために、FMSTR[1:0] = 01 (CNFG\_GEN レジスタ) および ECG\_RATE[1:0] = 10 (CNFG\_ECG レジスタ) と仮定すれば、次のようになります。

$$\begin{aligned} F_{\text{ECG}} &= 125\text{sps} \\ T_{\text{ECG}} &= 1/F_{\text{ECG}} = 8\text{ms} \\ F_{\text{PACE}} &= 64,000\text{Hz} \\ \text{PACE\_RES} &= 1/F_{\text{PACE}} = 15.625\mu\text{s} \end{aligned}$$

表 62. 後処理後の ECG および PACE レコードの例

| TIME (ms) | VOLTAGE (LSBs) | F* | C** | P*** | NOTE                                                                                             |
|-----------|----------------|----|-----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.000     | 0x000          | ●  |     |      | FAST mode engaged – ECG voltage may be invalid                                                   |
| 8.000     | 0x001          | ●  |     |      | FAST mode engaged – ECG voltage may be invalid                                                   |
| 16.000    | 0x002          |    |     |      |                                                                                                  |
| 24.000    | 0x003          |    |     |      |                                                                                                  |
| 32.000    | 0x004          |    |     |      |                                                                                                  |
| 40.000    | 0x005          |    | ●   |      | Pace edge(s) detected during current sample interval – ECG voltage might be impacted             |
| 40.000    |                |    |     | ↑    | Pace rising edge detected (0*15.625μs = 0.000ms delayed)                                         |
| 40.266    |                |    |     | ↓    | Pace falling edge detected (17*15.625μs = 0.256ms delayed)                                       |
| 40.531    |                |    |     | ↑    | Pace rising edge detected (34*15.625μs = 0.531ms delayed)                                        |
| 40.797    |                |    |     | ↓    | Pace falling edge detected (51*15.625μs = 0.797ms delayed)                                       |
| 48.000    | 0x006          |    | ●   |      | Pace edge(s) detected during preceding sample interval – ECG voltage might be impacted           |
| 56.000    | 0x007          |    |     |      |                                                                                                  |
| 64.000    | 0x008          |    |     |      |                                                                                                  |
| 72.000    | 0x009          |    |     |      |                                                                                                  |
| 80.000    | 0x00A          |    | ●   |      | Pace edge(s) detected during current sample interval – ECG voltage might be impacted             |
| 84.000    |                |    |     | ↑    | Pace rising edge detected (256*15.625μs = 4.000ms delayed)                                       |
| 84.125    |                |    |     | ↓    | Pace falling edge detected (264*15.625μs = 4.125ms delayed)                                      |
| 84.250    |                |    |     | ↑    | Pace rising edge detected (272*15.625μs = 4.250ms delayed)                                       |
| 88.000    | 0x00B          |    | ●   |      | Pace edge(s) detected during preceding & current sample interval – ECG voltage might be impacted |
| 90.500    |                |    |     | ↓    | Pace falling edge detected (160*15.625μs = 2.500ms delayed)                                      |
| 96.000    | 0x00C          |    | ●   |      | Pace edge(s) detected during preceding sample interval – ECG voltage might be impacted           |
| 104.000   | 0x00D          |    |     |      |                                                                                                  |
| 112.000   | 0x00E          |    |     |      |                                                                                                  |
| 120.000   | 0x00F          |    |     |      |                                                                                                  |

\*F = 高速モード

\*\*C = ペース・アクティビティにより破損したサンプル

\*\*\*P = ペース・エッジ



## アプリケーション情報

### 外部フィルタ

EMI が高いレベルの環境では、入力のノイズ除去を改善するために、外付けフィルタを推奨します。チャンネルの条件に応じてコーナ周波数を選択します。図 17 の標準アプリケーション回路には入力フィルタの例を示していますが、アプリケーションの条件に応じて部品の値を変更する必要があります。

ECG の差動信号は、約 0.05Hz~200Hz の周波数を使用します。フィットネス・モニタのように、あまり詳細な情報を必要としないアプリケーションでは、コーナ周波数を約 40Hz まで低下させることができ、ECG 詳細を減らすかわりにノイズ耐性を高めることができます。コモンモードのコーナ周波数は、AM ラジオの帯域 (535kHz) より 1 桁ほど低い周波数に設定します。

BioZ フィルタは、アプリケーションで使用される駆動周波数に依存します。差動モードのコーナ周波数は、最大駆動周波数より数十倍高い周波数に設定します。コモンモードのコーナ周波数は、差動モードのコーナ周波数より高くし、AM ラジオ帯域より低い周波数に設定します。

### 身体バイアス電極

ECG、BioZ チャンネルのコモンモード入力範囲へのコンプライアンスは、内部リード・バイアスを使用するか、第 3 の電極を追加して身体を  $V_{CM}$  に駆動することで実現します。身体バイアス駆動電極は、電極インピーダンスが高いアプリケーションや 50Hz/60Hz のカップリングが高いアプリケーションでの性能を向上させます。また、 $V_{CM}$  駆動にすると、内部リード・バイアスがディスキューブルされるため、入力インピーダンスも改善されます。

### IEC 60601-2-47 準拠

IEC 60601-2-47:2012 は、ホルタ心電図システムの基礎安全および基本性能に関するもので、MAX30001 はこうしたシステムで使用することができ、この規格に準拠します。MAX30001 は、このようなシステムのアナログ・フロント・エンドと A/D 変換部分に関連した各事項に従ってテストされています。適切なシステム設計を行えば、MAX30001 を搭載したシステムは規格認証を取得することが可能です。

## 標準アプリケーション回路

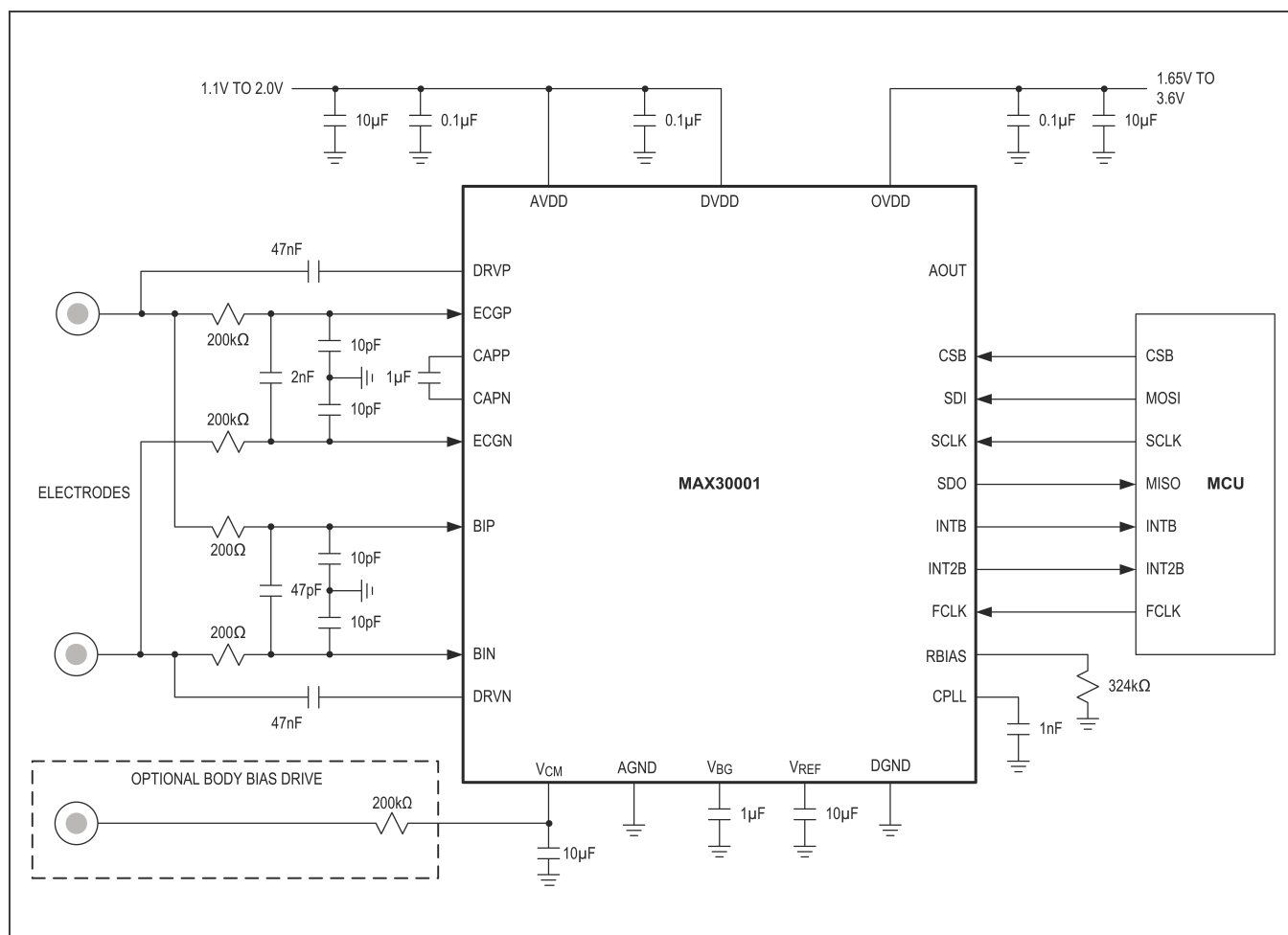


図 17a. 2 電極 ECG および呼吸モニタの標準アプリケーション回路

## 標準アプリケーション回路 (続き)

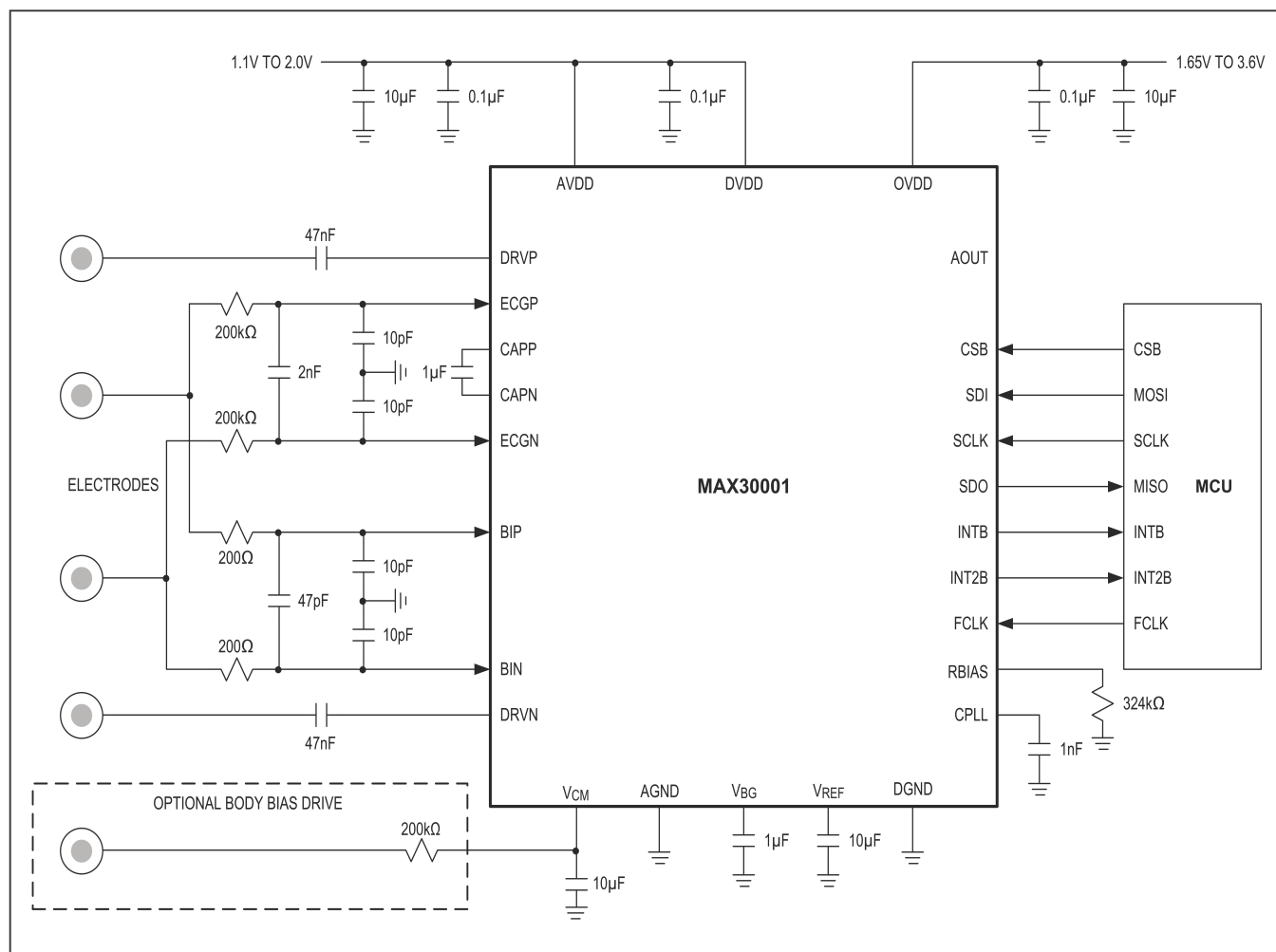


図 17b. 4 電極 ECG および呼吸モニタの標準アプリケーション回路

## 標準アプリケーション回路 (続き)

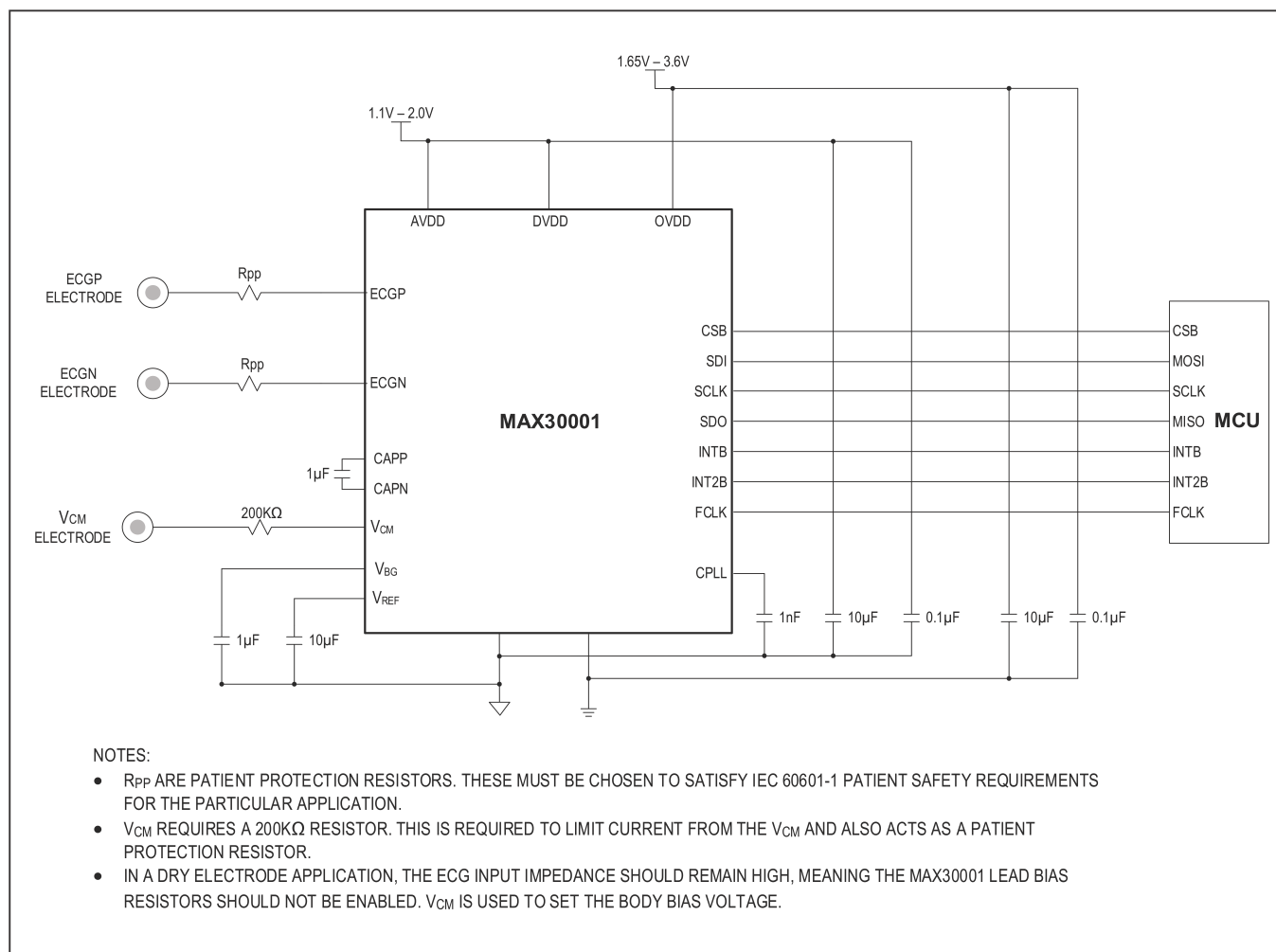


図 17c. ドライ 3 電極手首装着型 ECG モニタの標準アプリケーション回路例

## 超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位 (ECG、R-R、およびペース検出) および 生体インピーダンス (BioZ) AFE

### アプリケーション構成図

図 18 は、2 つの電極を用いて呼吸をモニタする臨床アプリケーションの例で、オプションで共有除細動保護回路を設けることができます。物理的な電極の電気的特性を説明するために、電極のモデルを示しています。

### 4 電極 ECG および呼吸モニタのアプリケーション

図 19 は、4 つの電極を使用し、オプションで除細動保護回路を使用する ECG および呼吸モニタの臨床応用の例です。物理的な電極の電気的特性を説明するために、電極のモデルを示しています。

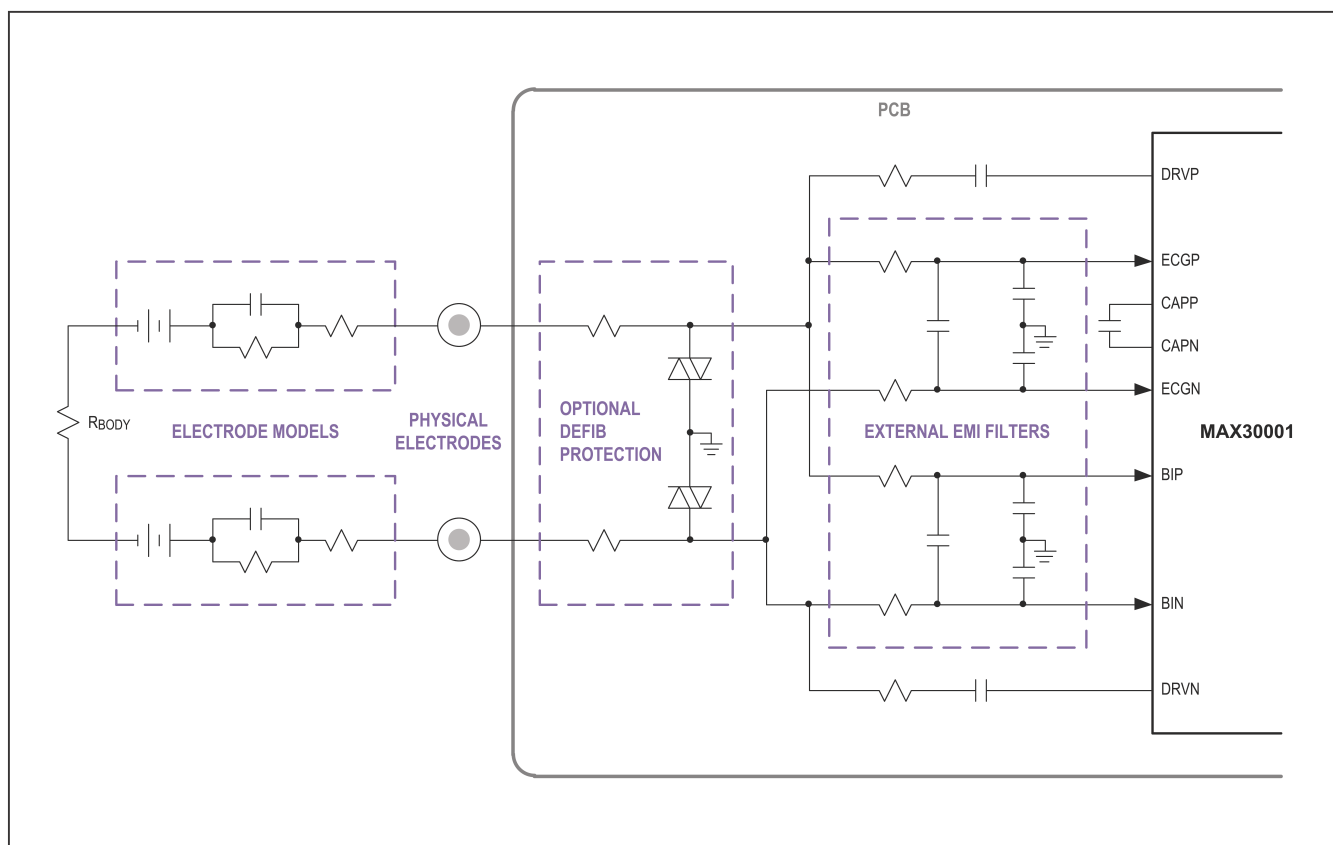


図 18. 2 電極 ECG および呼吸モニタとオプションの共通除細動保護

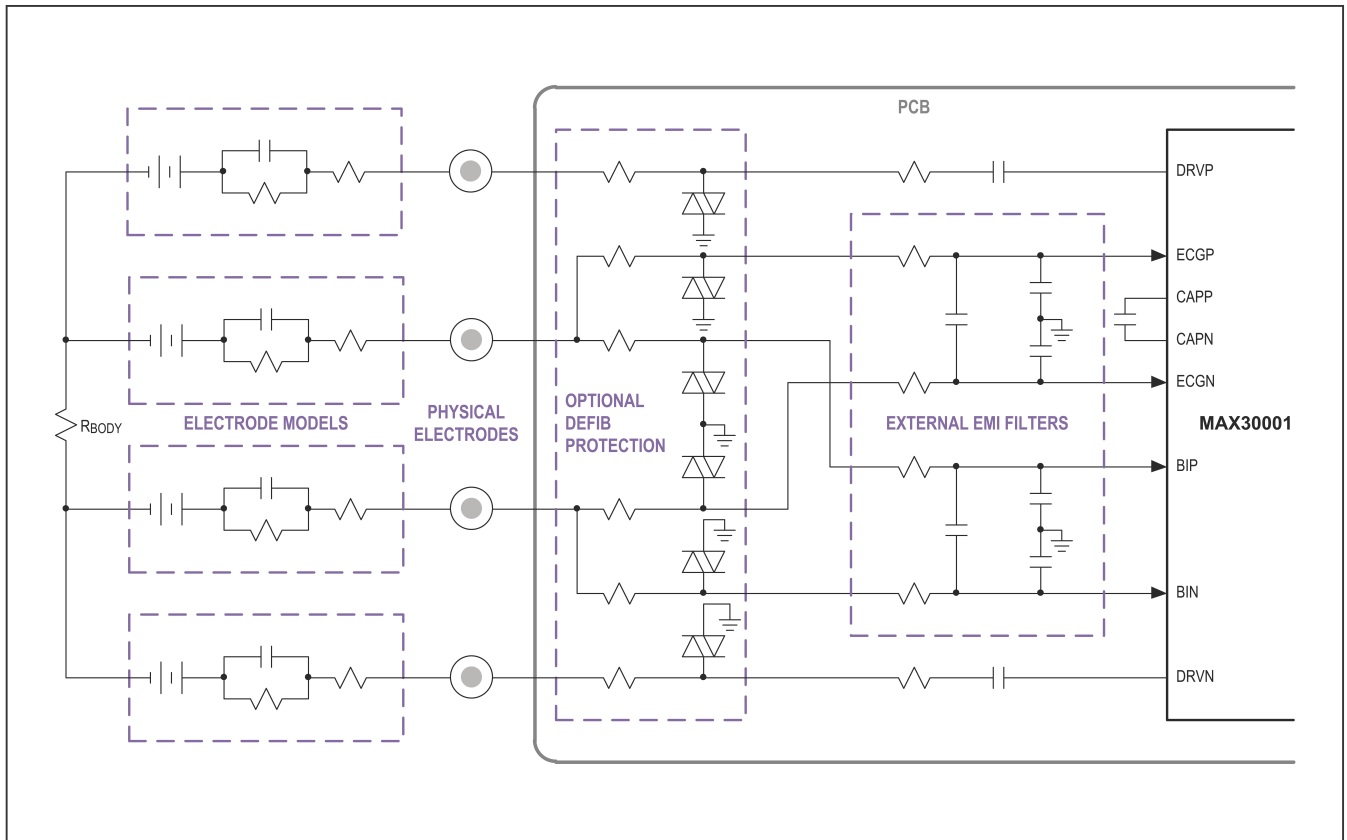


図 19. 4 電極 ECG および呼吸モニタとオプションの除細動保護

MAX30001

超低電力、シングルチャンネル集積型生体電位  
(ECG、R-R、およびペース検出) および  
生体インピーダンス (BioZ) AFE

オーダー情報

| PART          | TEMP RANGE   | PIN-PACKAGE |
|---------------|--------------|-------------|
| MAX30001CWV+  | 0°C TO +70°C | 30 WLP      |
| MAX30001CWV+T | 0°C TO +70°C | 30 WLP      |

+は鉛 (Pb) フリー／ROHS 準拠のパッケージを表します。  
T = テープ&リール。

チップ情報

プロセス : CMOS

## 改訂履歴

| 版数 | 改訂日  | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 改訂ページ                                                                        |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 0  | 8/17 | 初版発行                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | —                                                                            |
| 1  | 9/17 | 図を追加および表を更新                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1-86                                                                         |
| 2  | 8/19 | 概要、機能と利点、絶対最大定格、パッケージ、電気的特性、ピン配置、端子説明、ECG チャンネル、EMI フィルタ除去と ESD 保護、DC リードオフ検出と ULP リードオン検出、リード・バイアス、ゲイン設定、入力範囲、フィルタ処理、高速回復、デシメーション・フィルタ、BioZ チャンネル、EMI フィルタ除去と ESD 保護、リードオフ検出と ULP リードオン検出、リード・バイアス、プログラマブル抵抗負荷、電流発生器、電流選択と分解能の計算例 1 (共通保護付き 2 電極)、電流選択と分解能の計算例 2 (4 電極)、リファレンスとコモンモード・バッファ、表 11、表 14、表 19～表 21、CNFG_GEN (0x10)、表 32、表 33、ECG FIFO データ構造、BioZ FIFO データ構造、表 62、オーダー情報のセクションを更新。機能図、図 1a、目次 10～12、目次 17、目次 27、目次 28、目次 34～35、目次 38、図 3、図 9、図 17a、図 17b を差し替え。<br>ECG サンプルの電圧への変換、BioZ サンプルのオームへの変換 (記号を使用)、アプリケーション情報のセクションを追加。下付き文字と記号の一貫性をとるため誤字を修正。 | 1-8, 10-11, 13-16, 18-22, 24-26, 28-34, 41, 43, 46-47, 53, 65, 67, 80-83, 86 |
| 3  | 1/23 | EMI フィルタ除去と ESD 保護、DC リードオフ検出と ULP リードオン検出、EMI フィルタ除去と ESD 保護、リードオフ検出と ULP リードオン検出を更新。図 17c を追加。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 20, 22, 29, 30, 83                                                           |