

## MAX17710

# エネルギーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

## 概要

MAX17710は、例としてInfinite Power Solutions社のTHINERGY®マイクロエネルギーセル(MEC)などのマイクロパワーストレージセルの充電と保護のための完全なシステムです。このICは、レギュレート状態の悪い電流源、たとえばエネルギーハーベスティングデバイスなど出力レベルが $1\mu\text{W}$ ~ $100\text{mW}$ で変動するものを管理することが可能です。このデバイスはまた、最低 $0.75\text{V}$  (typ)のソースからセルに充電するためのブーストレギュレータ回路を内蔵しています。内蔵のレギュレータは過充電からセルを保護します。

ターゲットのアプリケーションに供給される出力電圧は、 $3.3\text{V}$ 、 $2.3\text{V}$ 、または $1.8\text{V}$ の電圧を選択可能な低ドロップアウト(LDO)リニアレギュレータによって安定化されます。この出力レギュレータはセルの損失を最小限にするため、選択可能な低電力または超低電力にて動作します。内蔵の電圧保護によって、セルの過放電を防止します。

このデバイスは超薄型、12ピンUTDFNパッケージ( $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ )で提供されます。

[型番](#)はデータシートの最後に記載されています。

関連部品およびこの製品とともに使用可能な推奨製品については、[japan.maxim-ic.com/MAX17710.related](http://japan.maxim-ic.com/MAX17710.related)を参照してください。

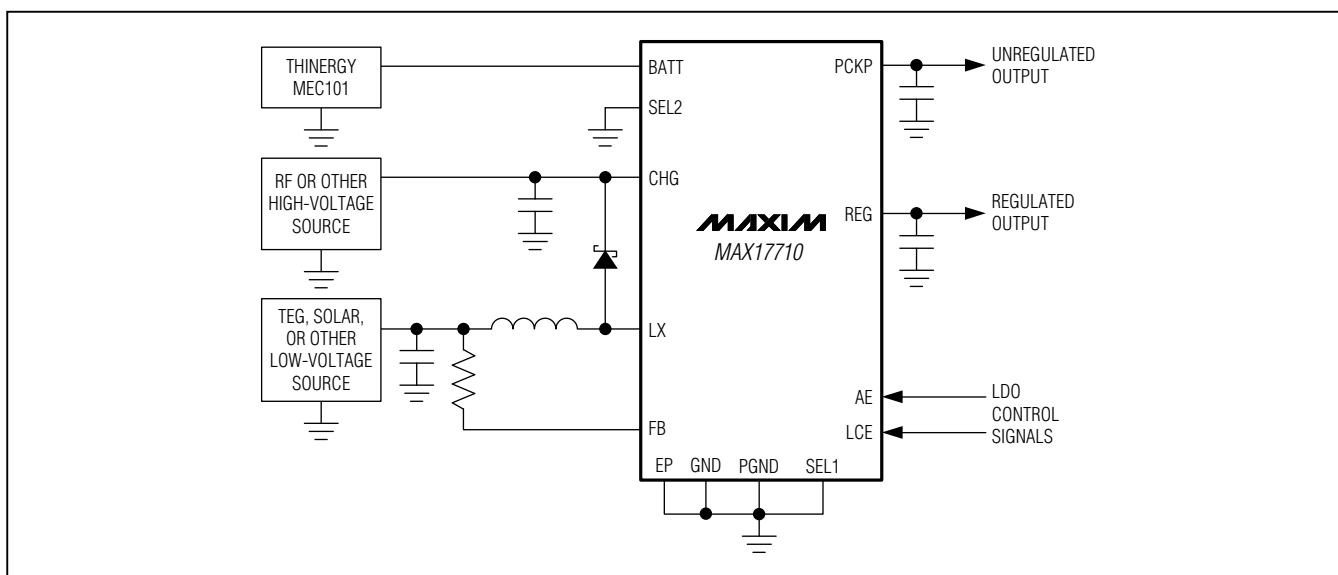
## アプリケーション

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| 受電/スマートカード             | セミアクティブRFIDタグ |
| リモートワイヤレスセンサー          | 医療用機器         |
| メモリおよびリアルタイムクロックバックアップ | 高温アプリケーション    |
|                        | 軍用/国防および航空宇宙  |
|                        | 玩具            |

## 特長

- ◆ 蓄電および負荷管理のためのパワーマネジメントICを集積
- ◆ リチウムチャージャ
  - スタンバイ $I_{\text{QBATT}}$  :  $1\text{nA}$
  - リニア充電 :  $625\text{nA}$
  - ブースト充電 :  $1\mu\text{W}$
- ◆ リチウムセル低電圧保護
- ◆ チャージャ過電圧シャント保護
- ◆  $1.8\text{V}$ 、 $2.3\text{V}$ 、または $3.3\text{V}$ のLDO ( $I_{\text{QBATT}}$  :  $150\text{nA}$ )
- ◆ リチウムセル出力バッファ
- ◆ 超薄型UTDFNパッケージ( $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ )

## 簡略動作回路



THINERGYはInfinite Power Solutions, Inc.の登録商標です。

# エネルギーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

BATT to GND.....-0.3V to +6V  
 CHG to GND .....-0.3V to +6V  
 LX to PGND .....-0.3V to +6V  
 GND to PGND .....-0.3V to +0.3V  
 FB, AE, LCE, SEL1, SEL2, REG,  
 PCKP to GND.....-0.3V to VBATT + 0.3V  
 CHG Continuous Current  
 (limited by power dissipation of package) .....100mA

Continuous Power Dissipation ( $T_A = +70^\circ\text{C}$ )  
 12-Pin UTDFN (derate 15mW/ $^\circ\text{C}$  above  $+70^\circ\text{C}$ ) ..... 1200mW  
 Operating Temperature Range .....  $-40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$   
 Junction Temperature .....  $+150^\circ\text{C}$   
 Storage Temperature Range.....  $-65^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$   
 Lead Temperature (soldering, 10s) .....  $+300^\circ\text{C}$   
 Lead Temperature (reflow).....  $+260^\circ\text{C}$

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

( $V_{\text{CHG}} = +4.3\text{V}$ , [Figure 1](#),  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ\text{C}$ .) (Note 1)

| PARAMETER                   | SYMBOL             | CONDITIONS                                                                                | MIN   | TYP   | MAX   | UNITS |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| CHG Input Maximum Voltage   |                    | Limited by shunt regulator (Note 2)                                                       | 4.875 | 5.3   | 5.7   | V     |
| CHG Enable Threshold        | V <sub>CE</sub>    |                                                                                           | 4.07  | 4.15  | 4.21  | V     |
| CHG Quiescent Current       | I <sub>QCHG</sub>  | V <sub>CHG</sub> = 4.0V rising, V <sub>BATT</sub> = 4.0V                                  |       | 625   | 1300  | nA    |
| CHG Shunt Delay             |                    |                                                                                           |       | 25    |       | μs    |
| CHG Input Shunt Limit       |                    | (Note 2)                                                                                  |       |       | 50    | mA    |
| CHG Maximum Input Current   |                    | V <sub>CHG</sub> input current limited by Absolute Maximum Ratings                        | 50    | 100   |       | mA    |
| CHG-to-BATT Dropout Voltage |                    | V <sub>CHG</sub> = 4.0V, I <sub>CHG</sub> = 1μA                                           |       | 45    |       | mV    |
|                             |                    | V <sub>CHG</sub> = 4.0V, I <sub>BATT</sub> = -6mA                                         |       | 55    |       |       |
|                             |                    | V <sub>CHG</sub> = 4.0V, I <sub>BATT</sub> = -20mA                                        |       | 65    |       |       |
|                             |                    | V <sub>CHG</sub> = 4.0V, I <sub>BATT</sub> = -40mA                                        |       | 100   |       |       |
| BATT REG                    |                    |                                                                                           |       |       |       |       |
| BATT Regulator Voltage      |                    |                                                                                           | 4.065 | 4.125 | 4.160 | V     |
| BATT Regulation Delay       |                    | V <sub>CHG</sub> = 4.2V, starting at 4V                                                   |       | 30    |       | μs    |
| BATT Quiescent Current      | I <sub>QBATT</sub> | Regulator in dropout;<br>V <sub>CHG</sub> = 4.15V, V <sub>BATT</sub> = 4.12V              |       | 450   | 1030  | nA    |
|                             |                    | Harvest standby (AE pulse low)<br>V <sub>CHG</sub> = 0V, V <sub>BATT</sub> = 2.1V to 4.0V |       | 1     | 165   |       |
|                             |                    | AE regulator on, boost off;<br>V <sub>CHG</sub> = 0V, V <sub>BATT</sub> = 4.0V, AE high   |       | 725   | 1650  |       |
|                             |                    | LCE regulator on, boost off;<br>V <sub>BATT</sub> = 4.0V, LCE mode (Note 3)               |       | 150   | 550   |       |

# エネルギーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>CHG</sub> = +4.3V, [Figure 1](#), T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.) (Note 1)

| PARAMETER                              | SYMBOL              | CONDITIONS                                                                           | MIN   | TYP  | MAX   | UNITS |
|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|-------|
| LINEAR LDO REGULATOR                   |                     |                                                                                      |       |      |       |       |
| REG Voltage                            |                     | V <sub>PCKP</sub> = 4.0V, I <sub>REG</sub> = 50μA, SEL1 = open                       | 3.22  | 3.3  | 3.37  | V     |
|                                        |                     | V <sub>PCKP</sub> = 4.0V, I <sub>REG</sub> = 50μA, SEL1 = GND                        | 2.25  | 2.3  | 2.375 |       |
|                                        |                     | V <sub>PCKP</sub> = 4.0V, I <sub>REG</sub> = 50μA, SEL1 = BATT                       | 1.75  | 1.8  | 1.9   |       |
| REG Voltage, LCE Mode (Note 3)         |                     | V <sub>PCKP</sub> = 4.0V, I <sub>REG</sub> = 50μA, SEL1 = open                       | 2.9   | 3.3  | 3.7   | V     |
|                                        |                     | V <sub>PCKP</sub> = 4.0V, I <sub>REG</sub> = 50μA, SEL1 = GND                        | 2.1   | 2.3  | 2.5   |       |
|                                        |                     | V <sub>PCKP</sub> = 4.0V, I <sub>REG</sub> = 50μA, SEL1 = BATT                       | 1.6   | 1.8  | 2.05  |       |
| REG Current Limit                      |                     | V <sub>REG</sub> = 2.15V, V <sub>PCKP</sub> = 3.8V, AE high                          | 75    |      |       | mA    |
|                                        |                     | V <sub>REG</sub> = 2.15V, V <sub>PCKP</sub> = 3.8V, LCE mode (Note 3)                | 50    |      |       | μA    |
| REG Startup Time                       |                     | V <sub>PCKP</sub> = 4.0V, AE rising, C <sub>REG</sub> = 1μF                          |       | 5.3  |       | ms    |
| LCE Threshold High (Note 4)            | V <sub>IH-LCE</sub> | SEL1 = open                                                                          | 2.175 |      |       | V     |
|                                        |                     | SEL1 = GND                                                                           | 1.575 |      |       |       |
|                                        |                     | SEL1 = BATT                                                                          | 1.30  |      |       |       |
| LCE Threshold Low (Note 5)             | V <sub>IL-LCE</sub> | SEL1 = open                                                                          |       |      | 0.9   | V     |
|                                        |                     | SEL1 = GND                                                                           |       |      | 0.6   |       |
|                                        |                     | SEL1 = BATT                                                                          |       |      | 0.5   |       |
| PCKP REGULATOR                         |                     |                                                                                      |       |      |       |       |
| AE Threshold High                      | V <sub>IH-AE</sub>  |                                                                                      | 1.13  |      |       | V     |
| AE Threshold Low                       | V <sub>IL-AE</sub>  |                                                                                      |       |      | 0.15  | V     |
| AE Low Input Current                   |                     | V <sub>AE</sub> = 0V, persists < 1μs                                                 | -4    | -2   |       | μA    |
|                                        |                     | V <sub>AE</sub> = 0V, persists > 1μs                                                 |       | 1    |       | nA    |
| AE High Input Current                  |                     | V <sub>AE</sub> = 3.6V                                                               |       | 1    |       | nA    |
| PCKP Enable Threshold                  |                     | REG enabled                                                                          | 3.62  | 3.7  | 3.78  | V     |
| PCKP Charge Current                    |                     | V <sub>PCKP</sub> = 0V, V <sub>BATT</sub> = 2.2V                                     |       | 100  |       | mA    |
| PCKP Impedance Ramp Rate               |                     | V <sub>BATT</sub> = 4.0V, resistance between BATT and PCKP from high impedance to 5Ω |       | 5    |       | ms    |
| BATT Undervoltage Lockout (UVLO) Delay | t <sub>UVLO1</sub>  | V <sub>BATT</sub> = 2.15V, AE high, first ramp of PCKP                               |       | 5    |       | s     |
| BATT UVLO Delay                        | t <sub>UVLO2</sub>  | V <sub>BATT</sub> = 2.15V, AE high, not first PCKP ramp                              |       | 0.5  |       | ms    |
| BATT UVLO Threshold                    |                     | AE regulator active, LCE regulator inactive                                          | 1.990 | 2.15 | 2.30  | V     |
|                                        |                     | LCE regulator active, AE regulator inactive                                          |       | 3    |       |       |

# エネルギーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{CHG} = +4.3V$ , [Figure 1](#),  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ .) (Note 1)

| PARAMETER              | SYMBOL            | CONDITIONS                                        | MIN   | TYP  | MAX  | UNITS    |
|------------------------|-------------------|---------------------------------------------------|-------|------|------|----------|
| <b>BOOST REGULATOR</b> |                   |                                                   |       |      |      |          |
| CHG Regulation Voltage |                   | $V_{BATT} = 4.125V$                               | 4.3   | 4.5  | 4.7  | V        |
| Frequency              |                   | $V_{BATT} = 3.9V$ , $V_{CHG} = 3.95V$             | 0.73  | 1    | 1.27 | MHz      |
| Boost Turn-On Time     | $t_{BOOST-ON}$    | Design guidance, typical only                     |       | 850  |      | ns       |
| FB Threshold           | FB <sub>ON</sub>  | Rising (enable)                                   | 0.485 | 0.75 | 1.0  | V        |
|                        | FB <sub>OFF</sub> | Falling (disable), $V_{CHG} = 3.8V$               | 0.22  | 0.25 | 0.27 |          |
| FB Input Current Low   |                   | $V_{FB} = GND$ , momentary                        |       | 600  |      | nA       |
| LX nMOS On-Resistance  | $R_{DS-ON}$       | $I_{LX} = 20mA$ , $V_{BATT} = 3.8V$ , SEL2 = GND  | 0.275 | 0.5  | 0.7  | $\Omega$ |
|                        |                   | $I_{LX} = 10mA$ , $V_{BATT} = 3.8V$ , SEL2 = open | 4     | 8    | 12   |          |

**Note 1:** Specifications are 100% production tested at  $T_A = +25^{\circ}C$ . Limits over the operating temperature range are guaranteed by design and characterization.

**Note 2:** Since the CHG shunt regulator has a 25 $\mu s$  delay, the user must limit the voltage to the Absolute Maximum Rating until the internal CHG shunt provides the voltage limit at the pin in response to 50mA input. Larger currents must be shunted with an external clamp to protect the CHG pin from damage.

**Note 3:** LCE mode is entered by pulsing AE high, then pulsing AE low.

**Note 4:** For logic-high, connect LCE to the REG output. Do not connect to the BATT or PCKP pins.

**Note 5:** Since LCE is compared to the REG pin voltage for operation, the low-power regulator cannot be switched off under conditions where the REG output is shorted to GND.

# エナジーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

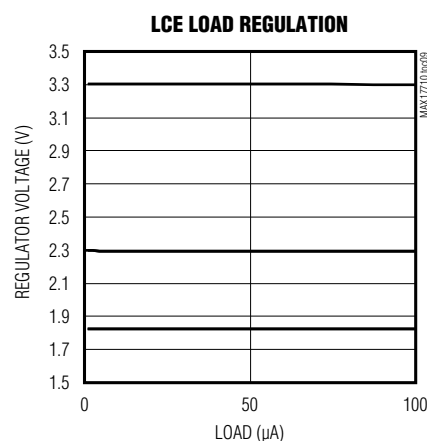
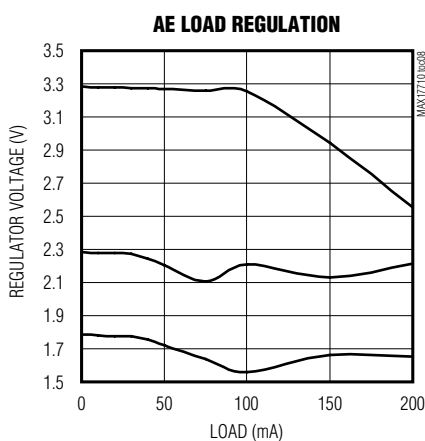
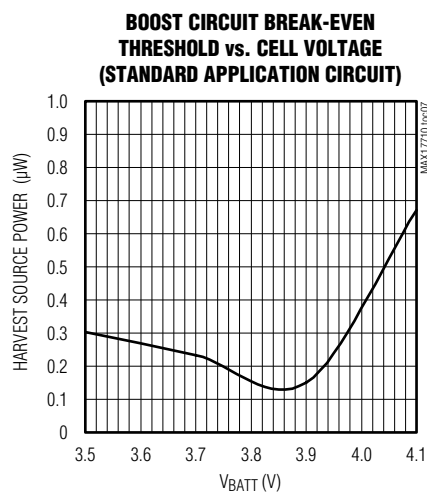
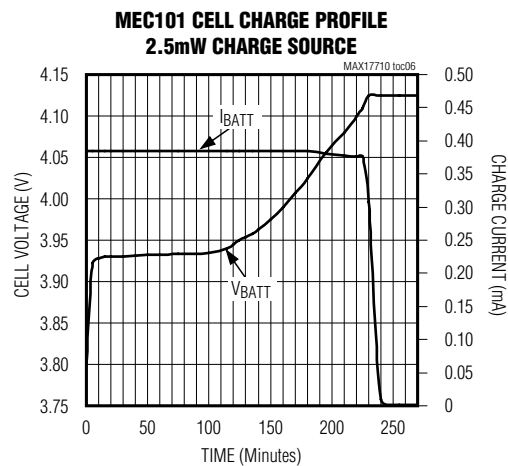
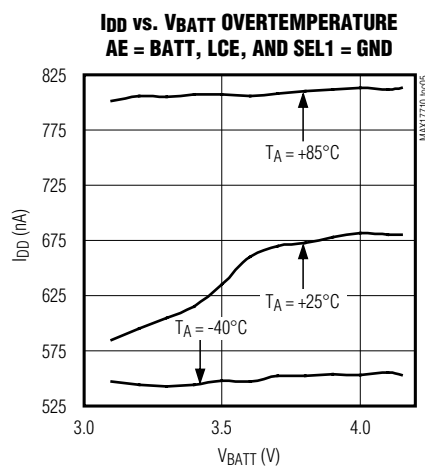
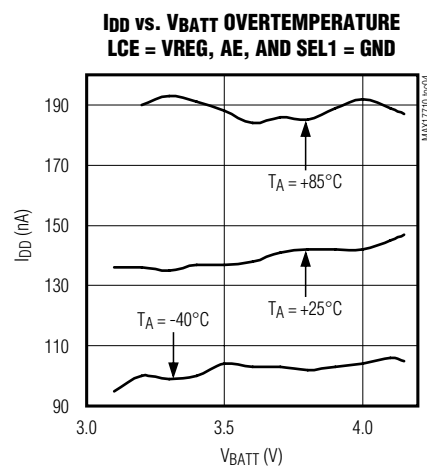
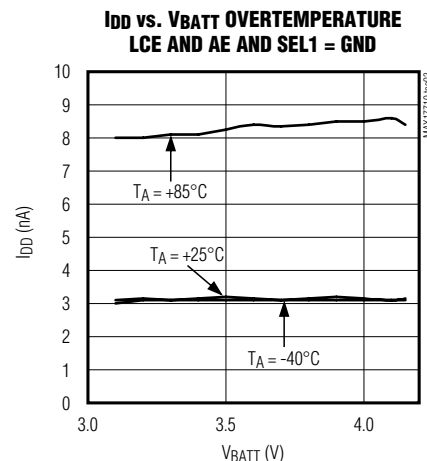
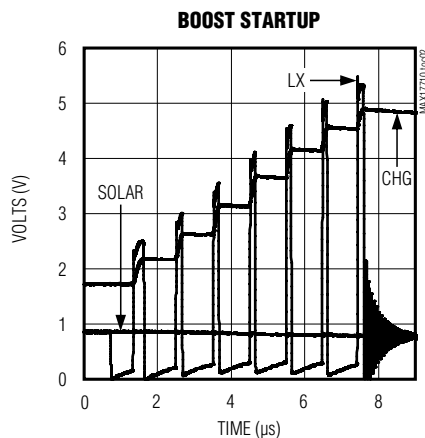
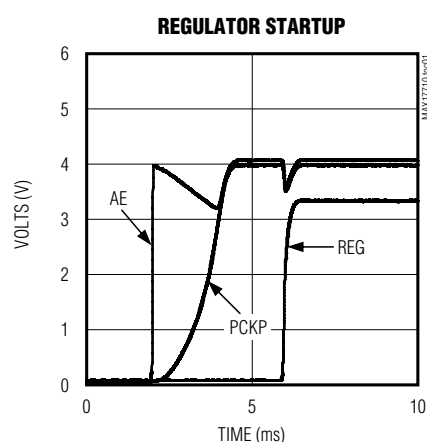
表1. 動作条件別の標準自己消費電流の一覧

| NAME                 | MODE                                                                                              | CONDITIONS                                                                        | I <sub>QBATT</sub><br>(nA) | I <sub>QCHG</sub><br>(nA) | TOTAL QUIESCENT<br>CURRENT (nA)                                          |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Standby              | Cell Connection:<br>Regulator outputs off,<br>no charger present                                  | Cell connected to circuit<br>during assembly                                      | 1                          | —                         | 1 (from cell)                                                            |
| Shutdown             | UVLO or Shutdown:<br>Regulator outputs off,<br>no charger present                                 | V <sub>BATT</sub> falls below 2.15V<br>or AE and LCE pulsed low                   | 1                          | —                         | 1 (from cell)                                                            |
| Full Charge          | Charger Present:<br>Regulator outputs off,<br>cell charging                                       | V <sub>CHG</sub> = 4V,<br>V <sub>CHG</sub> > V <sub>BATT</sub> ,<br>AE pulsed low | 1                          | 625                       | 626 (from energy-harvesting<br>cell); <b>can harvest down to<br/>1μW</b> |
| Dropout<br>Charge    | Charger in Dropout:<br>Regulator outputs off,<br>charger present, but<br>below regulation voltage | V <sub>CHG</sub> = 4.15V,<br>V <sub>BATT</sub> = 4.12V,<br>AE pulsed low          | 450                        | —                         | 450 (from cell)                                                          |
| AE Active            | AE Regulator On:<br>Boost off, no charge<br>source present                                        | AE pulsed high                                                                    | 725                        | —                         | 725 (from cell)                                                          |
| AE and LCE<br>Active | AE and LCE Regulators<br>On: Boost off, no charge<br>source present                               | LCE pulsed high after AE<br>pulsed high                                           | 875                        | —                         | 875 (from cell)                                                          |
| LCE Active           | LCE Regulator On:<br>Boost off, no charge<br>source present                                       | AE pulsed high, then LCE<br>pulsed high, then AE pulsed<br>low                    | 150                        | —                         | 150 (from cell)                                                          |

# エネルギーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

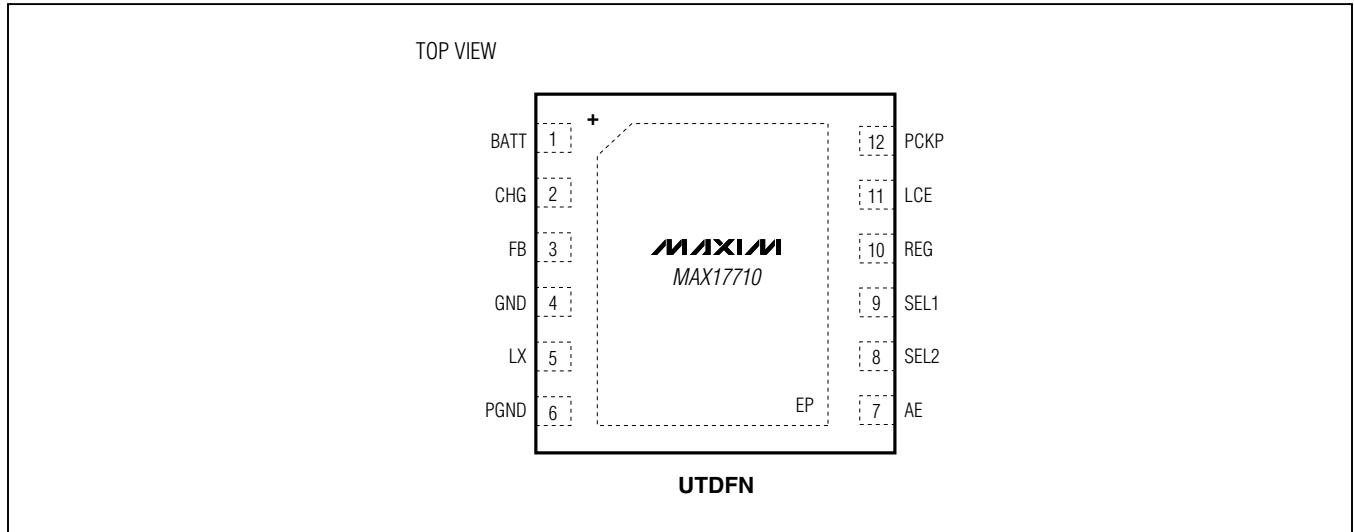
## 標準動作特性

( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)



# エナジーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

## ピン配置

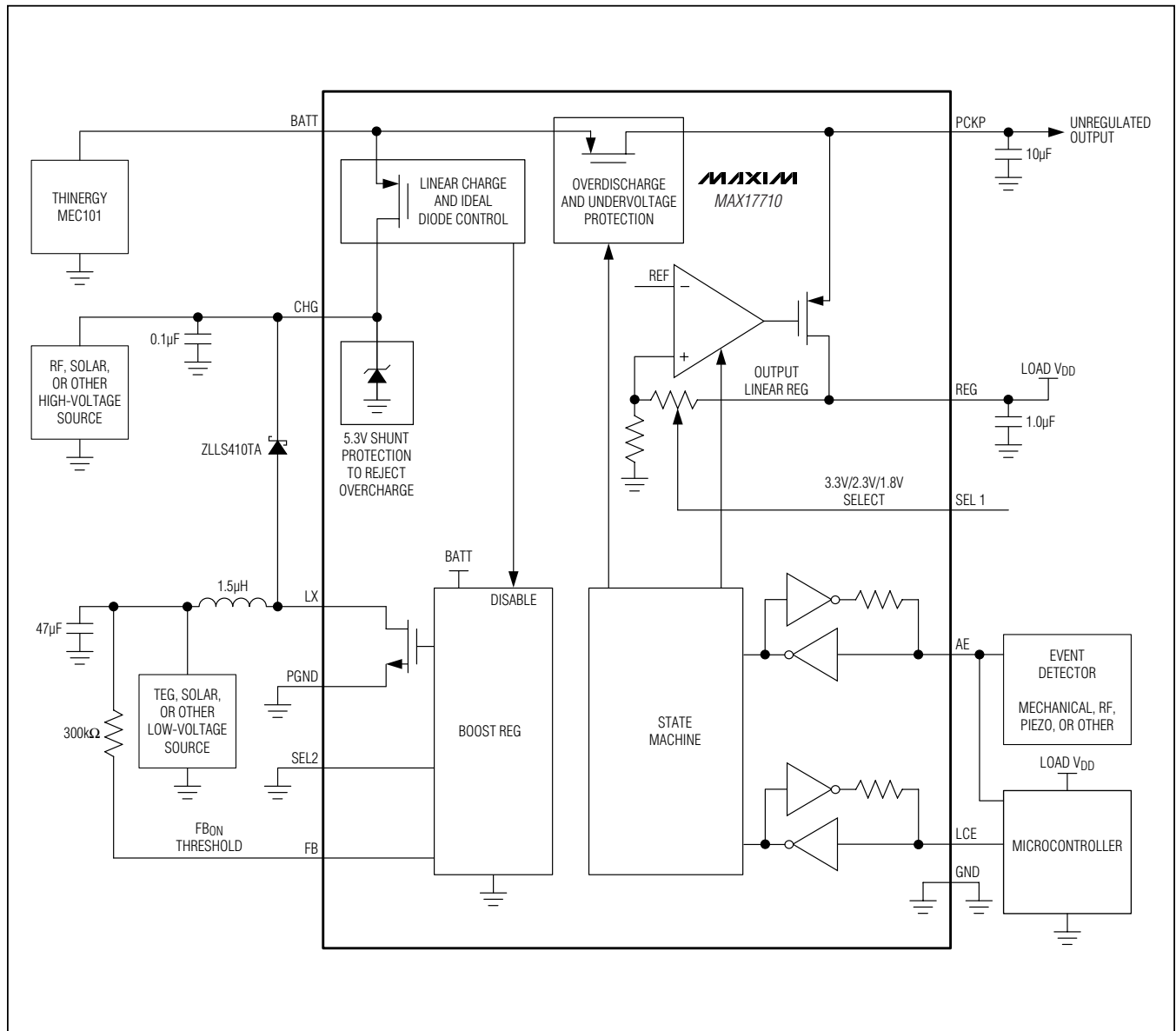


## 端子説明

| 端子 | 名称   | 機能                                                                                                                               |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | BATT | セル入力。バイパスコンデンサなしでセルの正の端子に接続してください。                                                                                               |
| 2  | CHG  | 充電入力。ICはこの端子に接続された電力ソースからセルに充電します。ブースト回路の出力または直接4.21V以上の充電ソースに接続してください。                                                          |
| 3  | FB   | ブーストイネーブル。この端子をFB <sub>ON</sub> のスレッショルド以上に駆動することによってブースト回路がイネーブルされます。その後、この端子をFB <sub>OFF</sub> 以下に駆動することによってブースト回路がディセーブルされます。 |
| 4  | GND  | デバイスグラウンド。システムグラウンドに接続してください。                                                                                                    |
| 5  | LX   | ブースト入力。外部ブースト回路のインダクタに流れる電流を制御します。                                                                                               |
| 6  | PGND | 電源グラウンド。システムグラウンドに接続してください。                                                                                                      |
| 7  | AE   | アクティブイネーブル。大電力レギュレータ出力をイネーブルする場合はハイに駆動してください。レギュレータ出力をディセーブルする場合はローに駆動してください。                                                    |
| 8  | SEL2 | ブーストR <sub>DS-ON</sub> 選択。通常のアプリケーションではシステムグラウンドに接続して0.5ΩのブーストR <sub>DS-ON</sub> を選択してください。                                      |
| 9  | SEL1 | レギュレータ電圧選択。2.3Vのレギュレータ出力電圧を選択する場合はこの端子をグラウンドに接続し、レギュレータ出力電圧を3.3Vにする場合は未接続のままとし、レギュレータ出力電圧を1.8Vにする場合はBATT端子に接続してください。             |
| 10 | REG  | レギュレータ出力。負荷回路に接続してください。1μF (typ)のコンデンサでシステムグラウンドに接続してください。                                                                       |
| 11 | LCE  | 低電流イネーブル。大電流レギュレータ出力がすでにアクティブになっている状態で低電流レギュレータ出力をイネーブルする場合はハイに駆動してください。ディセーブルする場合はローに駆動してください。                                  |
| 12 | PCKP | 保護されたバックの出力。特に低温アプリケーションの場合、負荷に対するエネルギーのバッファをサポートするためPCKPに外付けのコンデンサを接続してください(表4を参照)。PCKPはパルス電流の蓄積に使用されます。                        |
| —  | EP   | エクスポーズドパッド。GNDに接続してください。                                                                                                         |

## エネルギーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

### ブロック図





# エナジーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

## 詳細

### 動作

MAX17710は、過充電保護を備えた低容量セルの充電および過放電保護を備えたLDOレギュレータ出力という、エナジーハーベスティングアプリケーションの管理に関係する2つの主要な機能を制御します。保護機能以外の充電およびレギュレーション機能は、相互に完全に独立して動作します。

デバイスの最初のパワーアップは、セルがBATT端子に接続されたときに発生します。この状態では、LDO機能はディセーブルされており、デバイスのセルからの消費はわずか1nA (typ)です。チャージャが接続され $V_{CHG}$ が4.15V ( $V_{CE}$ )を上回ったあとでのみ、デバイスが完全に動作するよう初期化され、放電が可能になります。

### 充電レギュレータの動作

このデバイスは、CHG端子に接続された外部エネルギーソースからセルの充電を行います。CHGの電圧がBATTの電圧を上回っている場合、エナジーハーベスティング回路はデバイスからの相互作用なしに電流を直接セルに通過させます。CHGが $V_{CE}$ を上回った時点で入力リニアレギュレータがオンになり、充電電圧を4.125Vに制限してセルを過充電から保護します。またこの時点ですべてのUVLOがリセットされ、LDOによるアプリケーション負荷への給電が可能になります。このロックアウトの解除はCHGが $V_{CE}$ を超えることによってラッチされ、充電電圧が除去さ

れたあとも作動したままとなります。このラッチの状態は、最初に電力がBATT端子に印加された時点でオフになります。

充電中は、CHGの電圧が4.15Vを超えるまでデバイスはCHGソースから約625nAを消費します。4.15V以上ではICがドロップアウトに移行して、BATTの自己消費電流が1nAから450nAに増大します。

### CHGのシャント

ハーベストソースがCHG端子を5.3V以上に駆動している場合は、内蔵シャントレギュレータがGNDへの経路をイネーブルしてCHG端子の電圧を制限します。内部のシャント経路は、最大50mAの電流に耐えることができます。ハーベストソースがこの電力制限を上回る可能性がある場合は、デバイスの損傷を防ぐために外付けの保護回路が必要です。図1に、高電圧充電ソースからハーベスティングする場合の標準アプリケーション充電回路を示します。高電圧ソースから充電する場合には、シャントを安定させるためにCHGへの0.22 $\mu$ Fの付加が推奨されることに注意してください。

このアプリケーション回路例では、セルは複数の高電圧ハーベストソースによって充電されます。いずれかのハーベストソース電圧がセル電圧より高い場合は、電荷が直接移送されます。いずれかの充電ソースが4.15Vを超えた場合、デバイスはセルの電圧を4.125Vに安定化するために電流の制限を開始します。いずれかの充電ソースが5.3Vを超えた場合、CHG端子を保護するために内蔵CHGシャントがデバイスを介してGNDに最大50mAを放電します。

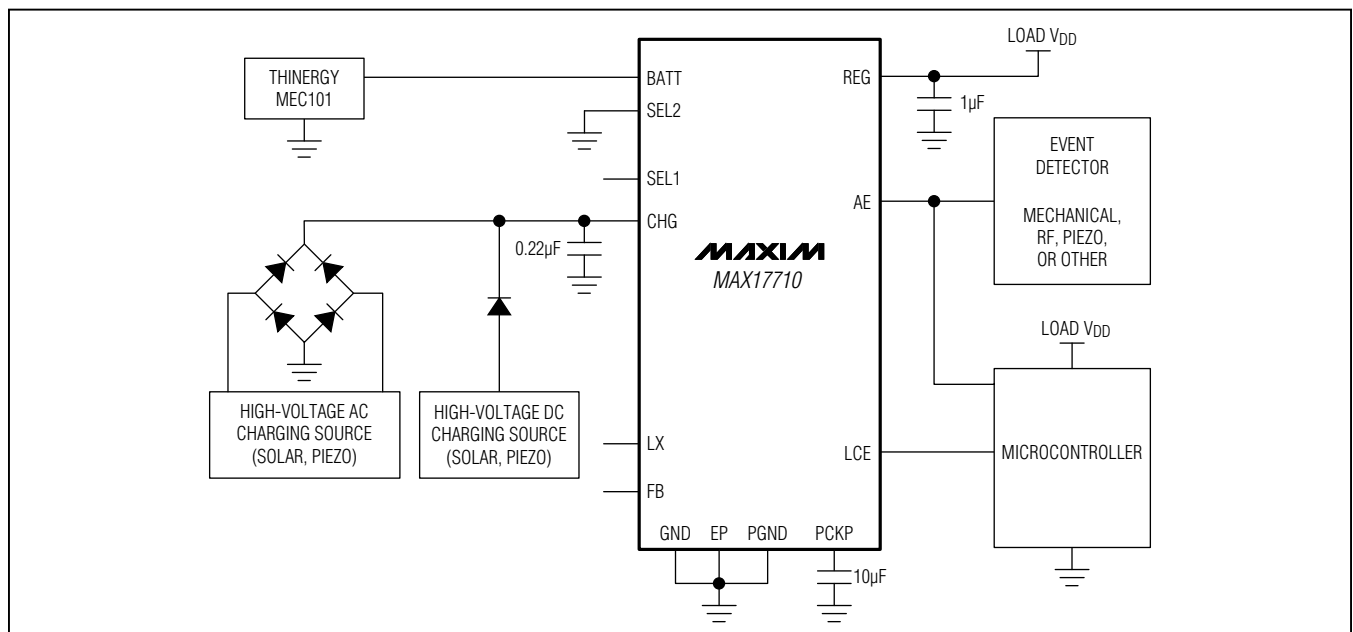


図1. 高電圧充電ソースからハーベスティングする場合の標準アプリケーション充電回路

## エネルギーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

## ブーストレギュレータの動作

このデバイスは、低電圧ソーラーまたは熱電ジェネレータ (TEG) デバイスからのエネルギーハーベスティングをサポートするための簡単なブーストレギュレータコントローラを内蔵しています。ブーストコンバータは、パルスハーベストモードでの動作で最小約  $1\mu\text{W}$  まで、連続変換で最大  $100\text{mW}$  までのエネルギーをハーベスト可能です。  $0.8\text{V}$  のハーベストソースと  $4.1\text{V}$  のセルの場合、ハーベストソースがサポート可能である限り、デバイスは  $20\text{mA}$  ( $80\text{mW}$ ) 以上を供給することができます。図2に、低電圧太陽電池パネルからブーストハーベスティングを行う標準アプリケーションブースト回路を示します。

このアプリケーション回路例では、FBの電圧がFB<sub>ON</sub>スレッシュホールドを超えるまで太陽電池パネルが47μFのハーベストソースコンデンサを充電します。その時点で、LX端子がローに引き落とされて電流を外付けインダクタに流します。LXは固定1.0MHz、デューティサイクル90%で発振を開始します。LXがデバイスから解放されるたびに、外付けインダクタがLXの電圧をCHG以上に持ち上げ、CHG端子の0.1μFのコンデンサを充電します。CHGがV<sub>BATT</sub>の電圧を上回った時点で、電荷がセルに供給されます。この間にCHG端子が4.5Vを超えた場合、ブーストコンバータはスキップモード動作に移行してCHGの電圧を4.5Vに制限します。この

動作はハーベストソースコンデンサの電圧が低下するまで継続し、FBをFB<sub>OFF</sub>スレッショルド以下に駆動してブースト回路をディセーブルします。ハーベストソースコンデンサが再充電されたあと、このプロセスが繰り返されます。

ブーストコンバータは(スタートアップのための)自己消費電流をセルから直接取得するため、ブーストコンバータがセルから消費する以上の電力を供給できる場合のみブーストコンバータをイネーブルすることが重要です。TEGの両端に接続したコンデンサがCHGをBATT端子以上にブーストするのに十分な大きさである限りこれが保証されます。ブースト動作中にLXが絶対最大電圧定格を超えないことを保証するために、LXとCHGの間に高速ショットキーダイオードを使用することが重要であることに注意してください。

## 充電レギュレータの部品を選択

外付け部品の選択は、デバイスが利用することができる充電ソースに依存します。適切な部品を選択することにより、エナジーハーベスティング中のICが最高の効率で動作します。リファレンスとして[図2](#)を参照してください。この項では、動作電圧が1.0Vのブーストソースまたは高電圧ソース用の部品の選択について説明します。動作電圧が1.0V～2.0Vの範囲のブースト充電ソースの場合は、追加の部品が必要になります。詳細については、「[FBの分圧器](#)」の項を参照してください。

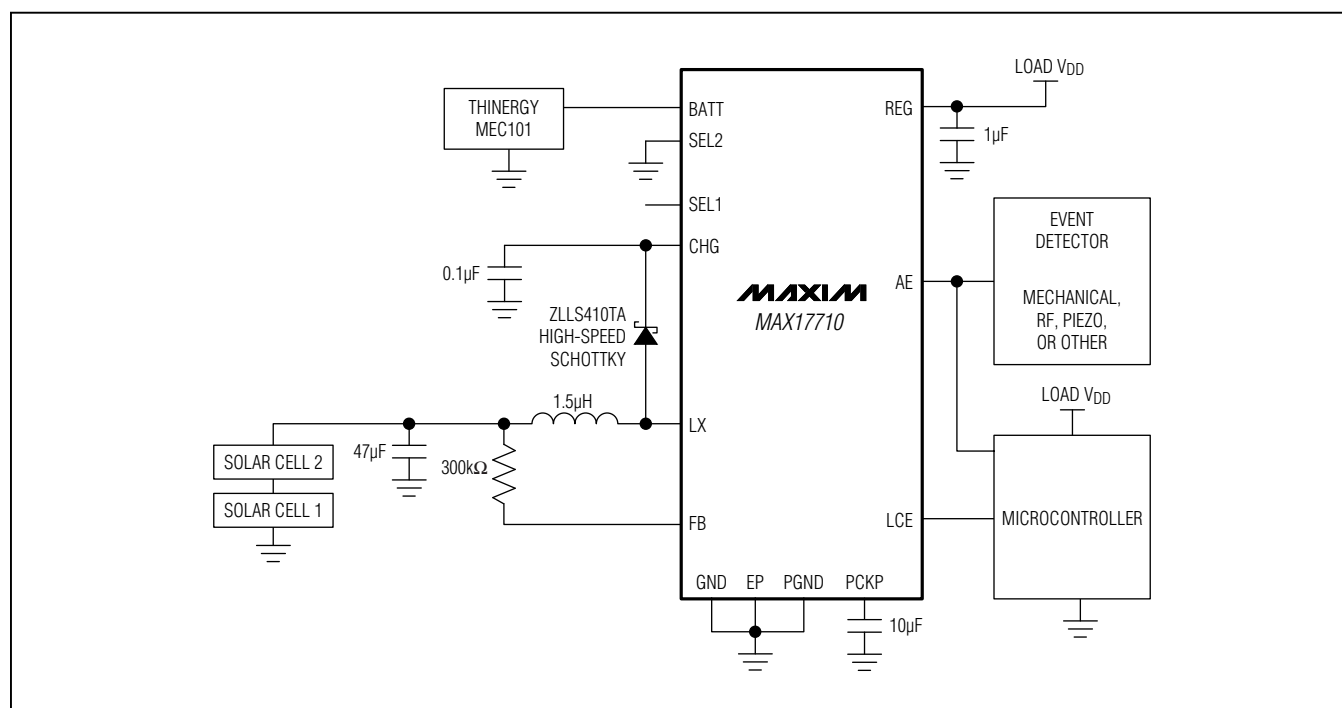


図2. 低電圧太陽電池パネルからブーストハーベスティングを行う標準アプリケーションブースト回路

## エネルギーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

### CHGのコンデンサ

最高の充電効率とするために、CHG端子のコンデンサは最小限の0.1μFとしてください。しかし、高電圧ソースから充電する場合は、シャントの安定性のために少なくとも0.22μFが必要になります。

### LXのインダクタ

高電圧充電ソースの場合、LX端子のインダクタは不要です。低電圧ソースの場合、LX端子の最大電流定格を超えることを防止するために0.68μH (min)のインダクタが必要です。インダクタの最小値は、次式で計算されます。

$$\text{LXのインダクタ} = V_{\text{FB-ON}} \times t_{\text{BOOST-ON}} / \text{LX}_{\text{IMAX}} = 1.0\text{V} \times 850\text{ns} / 1\text{A} = 0.85\mu\text{H}$$

### ブーストダイオード

ブースト回路のダイオードには、Diodes Incorporated社のZLLS410TAなどの高速なショットキーを使用する必要があります。このダイオードはLXドライバがターンオフするときにLX端子の電圧上昇を6.0V以下にクランプするために短時間でターンオンする必要があります。最大電圧を超えた場合、LX端子が損傷する可能性があります。

### ハーベストソースコンデンサ

ワーストケースの条件下で充電端子を最大充電電圧にブーストするために、ハーベストソースコンデンサはCHG端子のコンデンサの少なくとも70倍にする必要があります。

$$\text{ソースコンデンサ} = (4.125\text{V})^2 / (0.485\text{V})^2 \times \text{CHGコンデンサ}$$

これは動作に必要な最小限の容量です。ハーベストソースコンデンサの容量をこのレベルより増大させることによって、非常に低い入力電力(10μW以下)における充電回路の効率が向上しますが、ハーベストソースがコンデンサのリーク電流を上回ることができないほどコンデンサを大きくしないように注意してください。推奨される最大値は47μFです。

表2に、ブーストコンバータの外付け部品の値を示します。コンデンサとインダクタの最小値は、充電回路が正常に動作するために必要な値です。コンデンサとインダクタの推奨値は、最高の充電効率を提供する値です。アプリケーションで可能な範囲でできる限り推奨値に近い部品を使用してください。最小値以下、または最適値以上の部品の値は推奨されません。

### FBの分圧器

動作電圧が1.0V～2.0Vの範囲の充電ソースにはブーストが必要ですが、ブースト回路を効率的に制御するには高すぎる電圧です。これらの条件下では、FB端子にかかる電圧を低下させるための抵抗分圧器が必要になります(図3を参照)。R1とR2によって形成される分圧器を使用して、ブースト中のFB端子の電圧がFB<sub>ON</sub>とFB<sub>OFF</sub>のスレッショルド間を適切に遷移するようにします。R2の値は以下のように計算します。

$$\begin{aligned} V_{\text{HARVEST-ON}} &= \text{FB}_{\text{ON}} \times (R1 + R2) / R1 \\ R2 &= (V_{\text{HARVEST-ON}} - 1.0\text{V}) \times 500\text{k}\Omega \end{aligned}$$

ここで、V<sub>HARVEST-ON</sub>はハーベストソースの動作電圧です。

表2. ブーストコンバータの外付け部品の値

| APPLICATION<br>CHARGE SOURCE           | CHG<br>CAPACITOR<br>(μF) | MINIMUM LX<br>INDUCTOR<br>(μH) | RECOMMENDED<br>LX INDUCTOR<br>(μH) | MINIMUM<br>HARVEST SOURCE<br>CAPACITOR (μF) | RECOMMENDED<br>HARVEST SOURCE<br>CAPACITOR (μF) |
|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| High voltage                           | 0.22                     | N/A                            | N/A                                | N/A                                         | N/A                                             |
| Low voltage < 10μW                     | 0.1                      | 0.85                           | 1.5                                | 7.0                                         | 47                                              |
| Low voltage > 10μW                     | 0.1                      | 0.85                           | 1.5                                | 7.0                                         | 7.0                                             |
| High voltage and low<br>voltage < 10μW | 0.22                     | 0.85                           | 1.5                                | 15.4                                        | 47                                              |
| High voltage and low<br>voltage > 10μW | 0.22                     | 0.85                           | 1.5                                | 15.4                                        | 15.4                                            |

## エナジーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

C1の1nFのコンデンサは、ハーベストコンデンサの放電時に分圧器回路の応答性を向上させるための電圧レベルのフィードフォワードとして動作します。最小電圧は次のように定義されます。

$$V_{\text{HARVEST-OFF}} \approx V_{\text{HARVEST-ON}} - (F_{\text{BON}} - F_{\text{BOFF}})$$

$$V_{\text{HARVEST-OFF}} \approx V_{\text{HARVEST-ON}} - 0.5\text{V (typ)}$$

ここで、 $V_{\text{HARVEST-OFF}}$ はブースト中のハーベストソースコンデンサの最低電圧です。

FB端子の分圧器が原因で、LX端子のインダクタにかかる電圧は標準回路より高くなります。LX端子の電流制限を超えないようにインダクタの値を変える必要があります。

$$LX \text{ のインダクタ} = V_{\text{HARVEST-ON}} \times t_{\text{BOOST-ON}} / L_{X\text{MAX}} = V_{\text{HARVEST-ON}} \times (8.5 \times 10^{-7})$$

他のすべての部品は通常どおりに選択します。

### エナジーハーベスティングの設計方式

最適なエナジーハーベストシステムを設計するための設計方式には、リニアハーベスト、ブーストハーベスト、および最大電力点追従(MPPT)の3種類があります。ハーベスティングアプリケーションでは、充電することができない場合にセルを放電しないことが非常に重要です。ハーベスティング電力が一定値より低い場合、結局はシステムがセルを充電ではなく放電させることになります。これがハーベスタの損益分岐点です。リニアハーベスティングの場合、必要な自己消費電流が他の方式より少ないため、この損益分岐点が低くなります。しかし、ブーストハーベスティングの場合は、損益分岐のスレッシュホールドが1μAになります。MPPTシステムは大電力の状況においてハーベスティングソースをよりインテリジェントに利用することができますが、その結果として自己消費電力の増大が不可避であり、損益分岐のスレッシュホールドが悪化します。MPPTシステムは電流および電圧を測定し、乗算によって電力を求め、電力を向上させるための判断を行う必要があります。これらの必要な測定には、必然的に数十μAという大幅な自己消費電流バジェットが増大がともないます。図4に、エナジーハーベスティングの動作方式と充電効率の関係を示します。

### LDO出力の動作

このデバイスは、LDOレギュレータを介してセルからREG端子の負荷回路への電圧を安定化します。レギュレータは、3.3V、2.3V、または1.8V動作に設定可能です。LDOは最大75mAの負荷をサポートします(大電流モード)。より軽負荷のアプリケーションの場合は、低電力動作モードを使用してセルの自己消費電流ドレインを軽減することがで

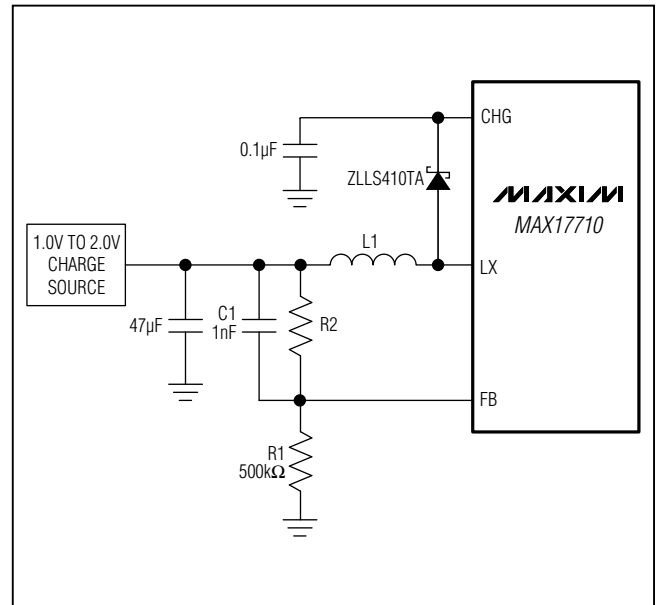


図3. 1.0V~2.0Vの充電ソースの場合にブーストの効率を改善するためのFBの分圧器回路

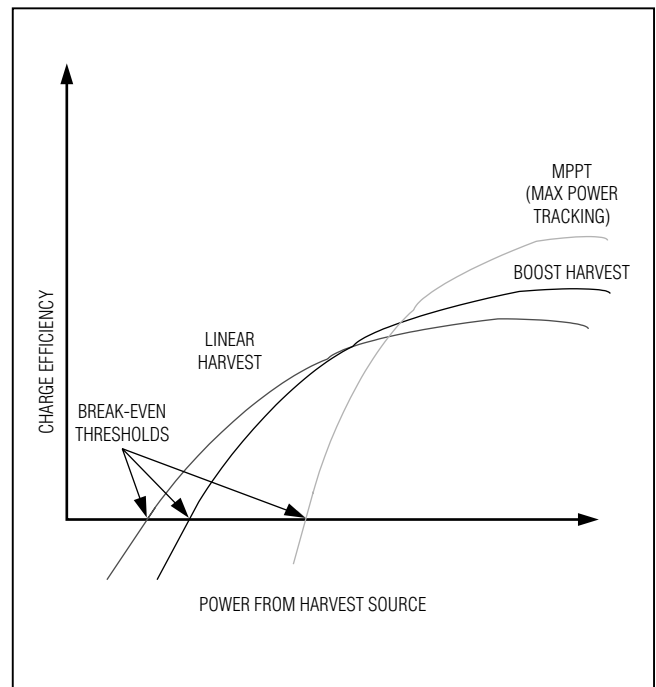


図4. エナジーハーベスティングの動作方式と充電効率の関係

きます。UVLO回路はセルが過放電になった場合にレギュレータの動作開始を防止し、すでに動作している場合はディセーブルします。

## エネルギーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

LDOはAE端子がロジックハイのスレッショルド以上に駆動または維持されている場合にアクティブになりますが、レギュレータ出力は直にはイネーブルされません。デバイスは最初にPCKPの外付けコンデンサを充電します。PCKPの電圧レベルが3.7Vに達した時点で、レギュレータ出力が大電流モードでイネーブルされます。セルから直接ではなくPCKPからLDOに給電することによって、デバイスはセルが直接扱うことができないほど大きい負荷からのサージや起動時の突入電流をサポートすることができます。

大電流モードへの移行後、AE端子はロジックハイのままでもオープン状態に遷移してもよく、出力はアクティブのままになります。AE端子がロジックローのスレッショルド以下に駆動された場合のみ、LDOはシャットダウンに戻ります。あるいは、LCEをREG端子の電圧に駆動または維持して、そのあとにAE端子をロジックローにパルスまたは維持することによって、LDOは低電流モードに移行します。レギュレータは、大電流モードと低電流モードの両方が同時にアクティブになる状態を介して遷移することに注意してください。低電流モードでは、セルから引き出される静止時消費電流は150nAに低減され、供給可能な最大負荷電流は50μAになります。AE端子の動作と同様に、LCE端子がオープンまたはREGに引かれた場合もレギュレータは

アクティブなままになり、LCEがロジックローのスレッショルド以下に駆動された場合にシャットダウンモードに戻ります。図5にレギュレータ出力の状態遷移図を示します。

### セル低電圧ロックアウト(UVLO)

セルおよびPCKPの容量が負荷に対する継続的なサポートを提供することができない場合、PCKPの電圧が低下します。PCKPが低下した場合、通常はシステム負荷が停止してPCKPの電圧を回復させ、サポート不可能な負荷をサポートしようと無駄な試みを永久に繰り返す結果になります。このようにPCKPが機能しなくなった場合、デバイスはREG出力をオフにして無駄な負荷の再試行を防止し、セルを過放電から保護します。REG出力がオフでラッチされた場合、BATTの静止時消費電流は1nA (typ)に減少します。UVLOの発生後は、充電ソースがシステムに接続されたこと ( $V_{CHG} > 4.15V$ ) をデバイスが検出するまで、レギュレータ出力はディセーブルされたままになります。図6に、UVLO保護モードを示します。

すべての負荷をセルに直接接続せずにREGまたはPCKPに接続することが強く推奨されます。それによってシャットダウン中の静止時消費電流が制御され、デバイスが低温でのスタートアップをサポート可能になるとともに、セルが過放電から保護されます。

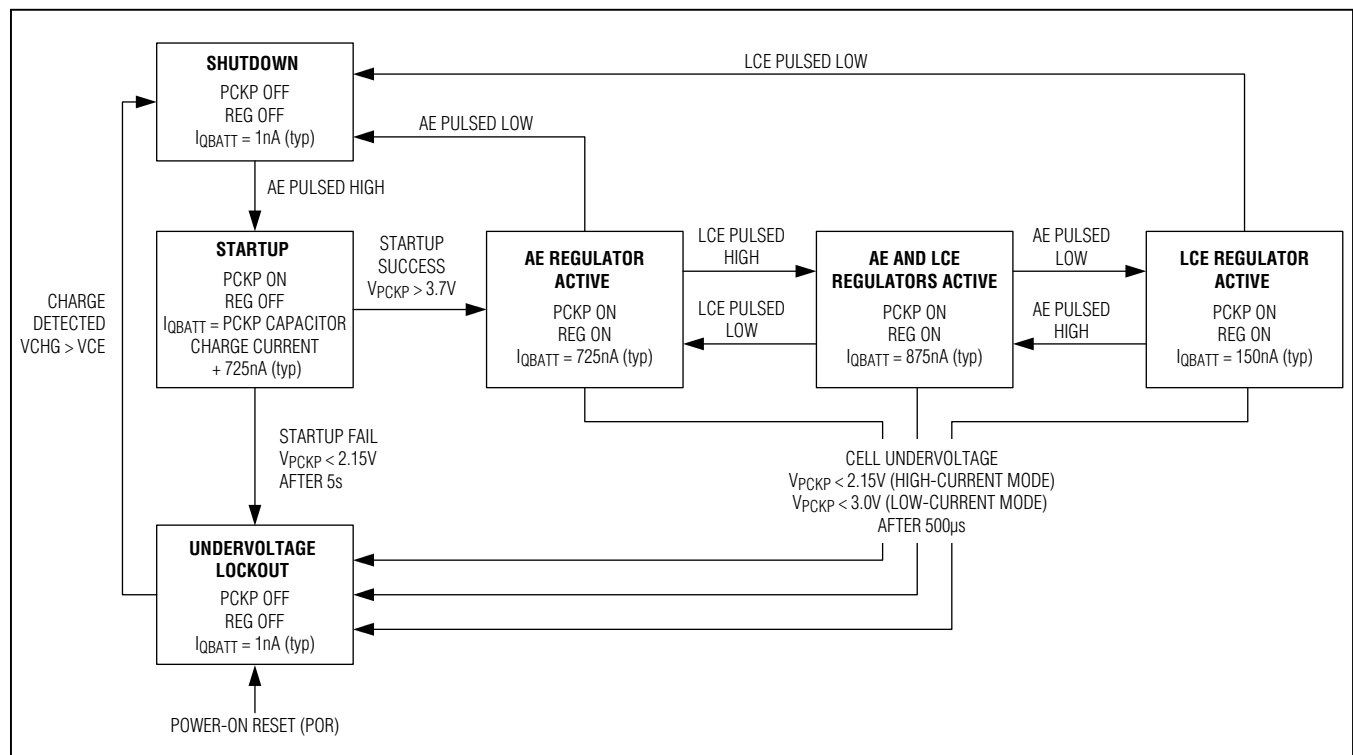
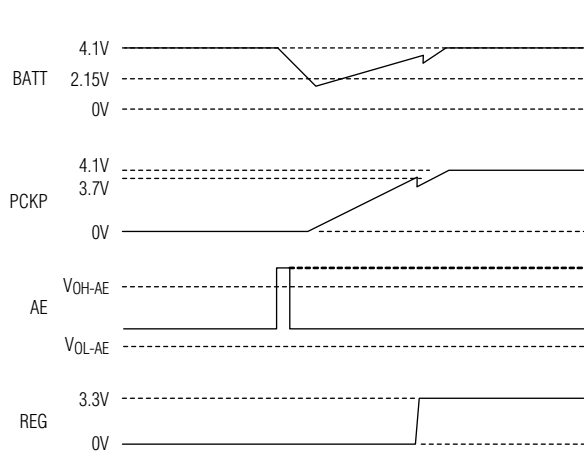
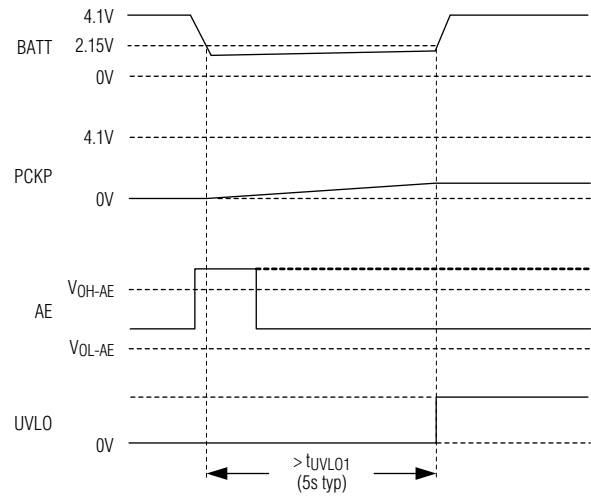


図5. レギュレータ出力の状態遷移図

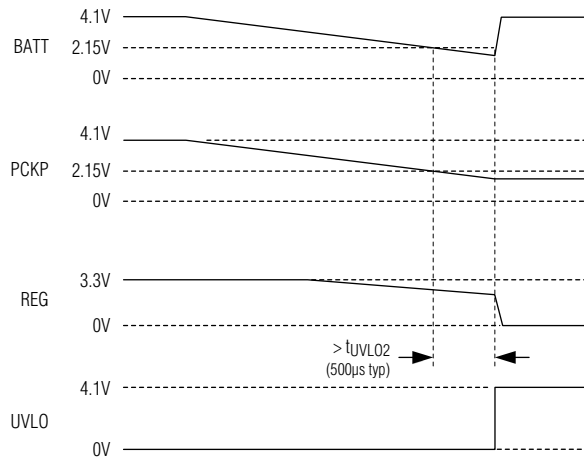
# エナジーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ



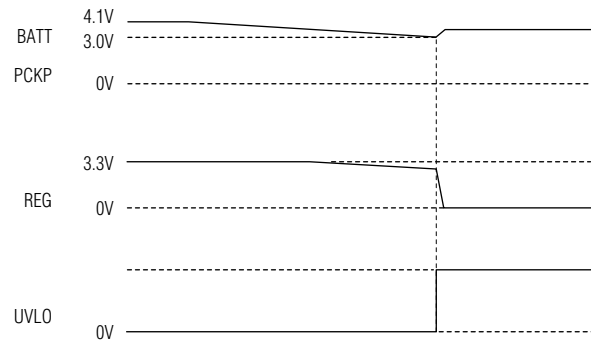
a. NORMAL REGULATOR OUTPUT ENABLE SEQUENCE



b. REGULATOR OUTPUT ENABLE FAIL DUE TO UVLO TIMEOUT



c. HIGH-CURRENT MODE REGULATOR OUTPUT DISABLED DUE TO UVLO TIMEOUT



d. LOW-CURRENT MODE REGULATOR OUTPUT DISABLED DUE TO UVLO DETECTION

図6. UVLO保護モード



## エナジーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

### レギュレータ電圧の選択

SEL1端子は、REGが動作する電圧を選択します。1.8V動作の場合はSEL1をBATTに接続して、3.3V動作の場合はハイインピーダンス状態とし、または2.3V動作の場合はGNDに接続してください。イネーブル状態では、電圧レギュレーション値はラッチされていることに注意してください。レギュレーション電圧ポイントを変更するには、レギュレータをディセーブルして再度イネーブルする必要があります。表3を参照してください。

### PCKP端子のコンデンサの選択

システムがセルに過負荷をかけ、損傷の原因となる可能性には、いくつかの場合があります。それらは、PCKPの負荷スイッチブロックおよび外付けコンデンサを使用して防止されます。

- スタートアップ時に、アプリケーションの負荷および容量に起因する突入電流が存在する場合。
- セルが低温(-40℃など)で、セルの抵抗の増大によって大負荷電流をサポートすることができない場合。
- セルのみでサポート可能な値より大きい負荷電流をシステムが必要とする場合。

このデバイスは、BATTからPCKPへの電流を制限することによってセルの低電圧保護を提供し、セル電圧が2.15V以下に低下しないことを保証します。電圧の保護に加えて、PCKPスイッチのインピーダンス上昇の変化が低速(完全なオンまで5ms)なため、セルに徐々に負荷がかかり室温でのセル電圧の低下が防止されます。これらの保護機能によって、アプリケーションはPCKPに大容量を接続することで短い大電流パルスをサポート可能になります。これによって、セル自体が本来サポートするより何倍も大きいパルス負荷のサポートが可能になります。

セルが非常に低温で通常は大きい負荷をサポートできない状態でも、大きいPCKPの容量を選択してパルス負荷をサポートすることも可能です。このコンデンサは、表4または次式に基づいて選択してください。

$$C_{PCKP} = I_{TASK} \times t_{TASK} / (3.7 - V_{MIN})$$

ここで、

$I_{TASK}$ は必要な作業の維持に必要な電流、 $t_{TASK}$ は作業の持続時間、 $V_{MIN}$ は作業を行う負荷の最小電圧です。

この式は、BATTのインピーダンスが高く、負荷をサポートすることができない場合を想定しています。

表3. レギュレータの出力電圧の選択

| SEL1 PIN CONNECTION | REG PIN OUTPUT VOLTAGE (V) |
|---------------------|----------------------------|
| Connect to BATT     | 1.8                        |
| Open circuit        | 3.3                        |
| Connect to GND      | 2.3                        |

表4. アプリケーションによるPCKP端子のコンデンサの値

| $V_{MIN}$ | $t_{TASK}$ (ms) | $I_{TASK}$ (mA) | $C_{PCKP}$ (μF)* |
|-----------|-----------------|-----------------|------------------|
| 3.0       | 5               | 8               | 100              |
| 3.0       | 5               | 4               | 50               |
| 2.8       | 5               | 5               | 28               |
| 2.8       | 5               | 2.5             | 14               |
| 2.3       | 5               | 5               | 18               |
| 2.3       | 5               | 10              | 36               |

\*容量値の許容誤差を考慮する必要があります。

# エナジーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

## パッケージ

最新のパッケージ図面情報およびランドパターン(フットプリント)は[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)を参照してください。なお、パッケージコードに含まれる「+」、「#」、または「-」はRoHS対応状況を表したものでしかありません。パッケージ図面はパッケージそのものに関するものでRoHS対応状況とは関係がなく、図面によってパッケージコードが異なることがある点に注意してください。

| パッケージ<br>タイプ | パッケージ<br>コード | 外形図<br>No.              | ランド<br>パターンNo.          |
|--------------|--------------|-------------------------|-------------------------|
| 12 UTDFN-EP  | V1233N+1     | <a href="#">21-0451</a> | <a href="#">90-0339</a> |

## 型番

| PART        | TEMP RANGE     | PIN-PACKAGE  |
|-------------|----------------|--------------|
| MAX17710G+U | -40°C to +85°C | 12 UTDFN-EP* |
| MAX17710G+T | -40°C to +85°C | 12 UTDFN-EP* |

+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠パッケージを表します。

U = テープカットを示します。

T = テープ&リール

\*EP = エクスPOSEドパッド



# エナジーハーベスティングチャージャおよびプロテクタ

## 改訂履歴

| 版数 | 改訂日  | 説明                                                                          | 改訂ページ             |
|----|------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 0  | 6/11 | 初版                                                                          | —                 |
| 1  | 7/11 | お客様からのフィードバックに基づく修正および明確化として、新たにTOC (標準動作特性)の9個目を追加し、EC (電気的特性)の表の制限値を2箇所更新 | 3-7, 9, 10, 12-15 |

マキシム・ジャパン株式会社 〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ 4号館 20F TEL: 03-6893-6600

Maximは完全にMaxim製品に組込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。Maximは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。[Electrical Characteristics (電気的特性)]の表に示すパラメータ値(min、maxの各制限値)は、このデータシートの他の場所で引用している値より優先されます。

**Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600** \_\_\_\_\_ **17**