

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

## 概要

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483Eは±15kV ESD保護されたUSB準拠トランシーバで、低電圧ASICとUSBデバイスをインタフェースします。これらのトランシーバは、フルスピード(12Mbps)動作時にUSB 2.0に完全準拠しています。また、これらのトランシーバは最低1.6Vの $V_L$ で動作し、低電圧ASICとの互換性を保障します。

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483Eは、ロジックで選択可能な電流消費を低減するサスペンドモードを備えています。内蔵の±15kV ESD回路は、D+およびD-バス接続を保護します。

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483Eは-40°C ~ +85°Cの拡張温度範囲で動作し、16ピンTQFNパッケージ(3mm x 3mm)で提供されます。

## アプリケーション

携帯電話

PDA

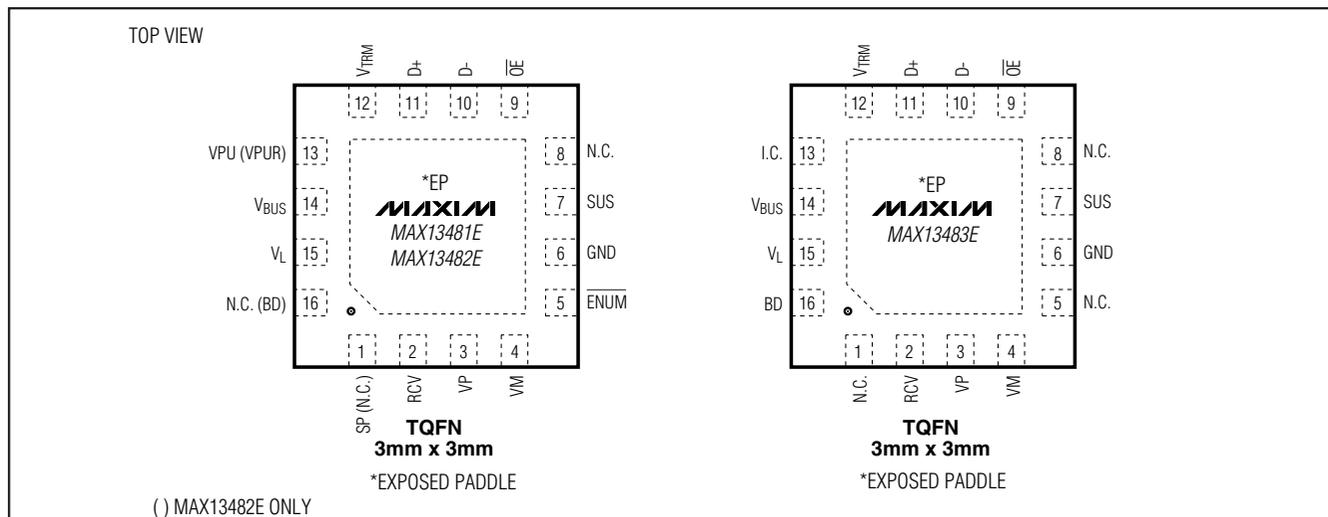
デジタルスチルカメラ

## 選択ガイド

PART	ENUM INPUT	INTERNAL 1.5kΩ RESISTOR	V <sub>BUS</sub> DETECTION
MAX13481EETE	✓	—	—
MAX13482EETE	✓	✓	✓
MAX13483EETE	—	—	✓

標準動作回路はデータシートの最後に記載されています。

## ピン配置



## 特長

- ◆ アクティブローのエnumレーション入力でのD+プルアップ抵抗を制御(MAX13482E)
- ◆ アクティブローのエnumレーション入力での内蔵プルアップスイッチを制御(MAX13481E)
- ◆ D+およびD-の±15kV ESD保護
- ◆ USB 2.0フルスピード準拠トランシーバ
- ◆ V<sub>BUS</sub>検出(MAX13482E/MAX13483E)
- ◆ +1.60V ~ +3.6Vの $V_L$ によって低電圧ASICとの接続が可能
- ◆ 電源シーケンス不要
- ◆ MIC2551Aとピンコンパチブル(MAX13481E)
- ◆ DP1680とピンコンパチブル(MAX13483E)
- ◆ DP1681とピンコンパチブル(MAX13481E)
- ◆ DP1682とピンコンパチブル(MAX13482E)

## 型番

PART	PIN-PACKAGE	TOP MARK	PACKAGE CODE
MAX13481EETE*	3mm x 3mm TQFN	ADF	T1633-4
MAX13482EETE*	3mm x 3mm TQFN	ADI	T1633-4
MAX13483EETE	3mm x 3mm TQFN	ADJ	T1633-4

\*開発中の製品。入手性についてはお問い合わせください。

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(All voltages referenced to GND, unless otherwise noted.)

V <sub>BUS</sub> , V <sub>L</sub> .....	-0.3V to +7V
V <sub>TRM</sub> , V <sub>PUR</sub> , V <sub>PU</sub> .....	-0.3V to (V <sub>BUS</sub> + 0.3V)
Input Voltage (D+, D-) .....	-0.3V to +7V
V <sub>M</sub> , V <sub>P</sub> , S <sub>US</sub> , R <sub>CV</sub> , $\overline{E}NUM$ , B <sub>D</sub> , $\overline{O}E$ .....	-0.3V to (V <sub>L</sub> + 0.3V)
Short-Circuit Current to V <sub>CC</sub> or GND (D+, D-) .....	±150mA
Maximum Continuous Current (all other pins) .....	±15mA

Continuous Power Dissipation (T<sub>A</sub> = +70°C)

16-Pin, 3mm x 3mm TQFN (derate 15.6mW/°C above +70°C) .....	1250mW
Operating Temperature Range .....	-40°C to +85°C
Junction Temperature .....	+150°C
Storage Temperature Range .....	-65°C to +150°C
Lead Temperature (soldering, 10s) .....	+300°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<sub>CC</sub> = +4V to +5.5V, V<sub>L</sub> = +1.6V to +3.6V, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted. Typical values are at V<sub>CC</sub> = +5V, V<sub>L</sub> = +2.5V, T<sub>A</sub> = +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>SUPPLY INPUTS (V<sub>BUS</sub>, V<sub>TRM</sub>, V<sub>L</sub>)</b>						
V <sub>BUS</sub> Input Range	V <sub>BUS</sub>		4.0		5.5	V
V <sub>L</sub> Input Range	V <sub>L</sub>		1.6		3.6	V
Regulated Supply-Voltage Output	V <sub>VTRM</sub>		3.0	3.3	3.6	V
Operating V <sub>CC</sub> Supply Current	I <sub>VCC</sub>	Full-speed transmitting/receiving at 12Mbps, C <sub>L</sub> = 50pF on D+ and D- (Note 2)			10	mA
Operating V <sub>L</sub> Supply Current	I <sub>VL</sub>	Full-speed transmitting/receiving at 12Mbps, C <sub>L</sub> = 15pF receiver outputs, V <sub>L</sub> = 2.5V (Note 2)			2.5	mA
Full-Speed Idle and SE0 Supply Current	I <sub>VCC(IDLE)</sub>	Full-speed idle, V <sub>D+</sub> > 2.7V, V <sub>D-</sub> < 0.3V		250	350	μA
		SE0: V <sub>D+</sub> < 0.3V, V <sub>D-</sub> < 0.3V		250	350	
Static V <sub>L</sub> Supply Current	I <sub>VL(STATIC)</sub>	Full-speed idle, SE0 or suspend mode			5	μA
Suspend Supply Current	I <sub>VCC(SUSP)</sub>	V <sub>M</sub> = V <sub>P</sub> = open, $\overline{E}NUM$ = S <sub>US</sub> = $\overline{O}E$ = high			35	μA
Disabled-Mode Supply Current	I <sub>VCC(DIS)</sub>	V <sub>L</sub> = GND or open			20	μA
Sharing-Mode V <sub>L</sub> Supply Current	I <sub>VL(SHARING)</sub>	V <sub>BUS</sub> = GND or open, $\overline{O}E$ = low, V <sub>P</sub> = low or high, V <sub>M</sub> = low or high, S <sub>US</sub> = high, $\overline{E}NUM$ = high			5	μA
Disable-Mode Load Current on D+ and D-	I <sub>DX(DISABLE)</sub>	V <sub>L</sub> = GND or open, V <sub>D-</sub> = 0 or 5.5V			5	μA
Sharing-Mode Load Current on D+ and D-	I <sub>DX(SHARING)</sub>	V <sub>BUS</sub> = GND or open, V <sub>D-</sub> = 0 or 5.5V			20	μA
USB Power-Supply Detection Threshold	V <sub>TH_H</sub>	Supply present	3.6			V
	V <sub>TH_L</sub>	Supply lost	V <sub>L</sub> ≥ 1.7V		0.8	
			V <sub>L</sub> < 1.7V		0.7	
USB Power-Supply Detection Hysteresis	V <sub>HYST</sub>			75		mV
V <sub>L</sub> Supply-Voltage Detection Threshold	V <sub>TH(VL)</sub>			0.85		V

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>CC</sub> = +4V to +5.5V, V<sub>L</sub> = +1.6V to +3.6V, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted. Typical values are at V<sub>CC</sub> = +5V, V<sub>L</sub> = +2.5V, T<sub>A</sub> = +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>ANALOG VOLTAGE OUTPUTS (VPU, VPUR)</b>						
Off-State Leakage	I <sub>LZ</sub>	$\overline{\text{ENUM}} = V_L$	-1		+1	μA
VPU Switch Resistance		MAX13481E		10		Ω
VPUR Pullup Resistance		MAX13482 (Note 3)	1.425		1.575	kΩ
<b>DIGITAL INPUTS/OUTPUTS (VP, VM, RCV, OE, ENUM, SUS, BD)</b>						
Input-High Voltage	V <sub>IH</sub>	VP, VM, $\overline{\text{OE}}$ , $\overline{\text{ENUM}}$ , SUS	0.7 × V <sub>L</sub>			V
Input-Low Voltage	V <sub>IL</sub>	VP, VM, $\overline{\text{OE}}$ , $\overline{\text{ENUM}}$ , SUS			0.3 × V <sub>L</sub>	V
Output Voltage High	V <sub>OH</sub>	VP, VM, RCV, BD, I <sub>SOURCE</sub> = 2mA	V <sub>L</sub> - 0.4			V
Output Voltage Low	V <sub>OL</sub>	VP, VM, RCV, BD, I <sub>SINK</sub> = 2mA			0.4	V
Input Leakage Current	I <sub>LKG</sub>		-1		+1	μA
Input Capacitance		Measured from input to GND		10		pF
<b>ANALOG INPUT/OUTPUTS (D+, D-)</b>						
Differential Input Sensitivity	V <sub>DI</sub>	V <sub>D+</sub> - V <sub>D-</sub>	200			mV
Differential Common-Mode Voltage Range	V <sub>CM</sub>	Include V <sub>DI</sub>	0.8		2.5	V
Single-Ended Input-Low Voltage	V <sub>IL</sub>				0.8	V
Single-Ended Input-High Voltage	V <sub>IH</sub>		2.0			V
Hysteresis	V <sub>HYS</sub>			250		mV
Output Voltage Low	V <sub>OL</sub>	R <sub>L</sub> = 1.5kΩ from D+ or D- to 3.6V			0.3	V
Output Voltage High	V <sub>OH</sub>	R <sub>L</sub> = 15kΩ to GND	2.8		3.6	V
Off-State Leakage Current		Three-state driver	-1		+1	μA
Transceiver Capacitance	C <sub>IND</sub>	D <sub>-</sub> to GND		20		pF
Driver Output Impedance	R <sub>OUT</sub>		2		15	Ω
<b>ESD PROTECTION (D+, D-)</b>						
Human Body Model				±15		kV
IEC 61000-4-2 Contact Discharge				±8		kV

## TIMING CHARACTERISTICS

(V<sub>CC</sub> = +4V to +5.5V, V<sub>L</sub> = +1.6V to +3.6V, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted. Typical values are at V<sub>CC</sub> = +5V, V<sub>L</sub> = +2.5V, T<sub>A</sub> = +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>DRIVER CHARACTERISTICS (C<sub>L</sub> = 50pF)</b>						
Rise Time D+/D-	t <sub>FR</sub>	10% to 90% of I <sub>VOH-VOL</sub> (Figures 1, 9)	4		20	ns
Fall Time D+/D-	t <sub>FF</sub>	90% to 10% of I <sub>VOH-VOL</sub> (Figures 1, 9)	4		20	ns
Rise- and Fall-Time Matching	t <sub>FR</sub> /t <sub>FF</sub>	Excluding the first transition from idle state, (Figure 1) (Note 2)	90		110	%

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

## TIMING CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{CC} = +4V$  to  $+5.5V$ ,  $V_L = +1.6V$  to  $+3.6V$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $V_{CC} = +5V$ ,  $V_L = +2.5V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ .) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Signal Crossover Voltage	$V_{CRS}$	(Figure 2) (Note 2)	1.3		2	V
Driver Propagation Delay	$t_{PLH\_DRV}$	Low-to-high transition (Figure 2)			18	ns
	$t_{PHL\_DRV}$	High-to-low transition (Figure 2)			18	ns
Driver-Enabled Delay Time	$t_{PZH\_DRV}$	Off-to-high transition (Figures 3, 10)			20	ns
	$t_{PZL\_DRV}$	Off-to-low transition (Figures 3, 10)			20	ns
Driver Disabled Delay	$t_{PHZ\_DRV}$	High-to-off transition (Figures 3, 10)			20	ns
	$t_{PLZ\_DRV}$	Low-to-off transition (Figures 3, 10)			20	ns
<b>RECEIVER (<math>C_L = 15pF</math>)</b>						
Differential Receiver Propagation Delay	$t_{PLH\_RCV}$	Low-to-high transition (Figures 4, 9)			20	ns
	$t_{PHL\_RCV}$	High-to-low transition (Figures 4, 9)			20	
Single-Ended Receiver Propagation Delay	$t_{PLH\_SE}$	Low-to-high transition (Figures 4, 9)			12	ns
	$t_{PHL\_SE}$	High-to-low transition (Figures 4, 9)			12	
Single-Ended Receiver Disable Delay	$t_{PHZ\_SE}$	High-to-off transition (Figure 5)			15	ns
	$t_{PLZ\_SE}$	Off-to-low transition (Figure 5)			15	
Single-Ended Receiver Enable Delay	$t_{PZH\_SE}$	Off-to-high transition (Figure 5)			15	ns
	$t_{PZL\_SE}$	Off-to-low transition (Figure 5)			15	

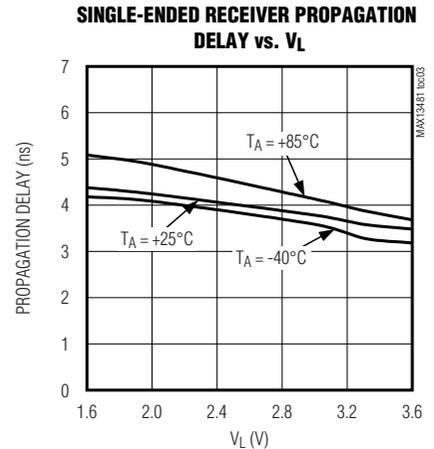
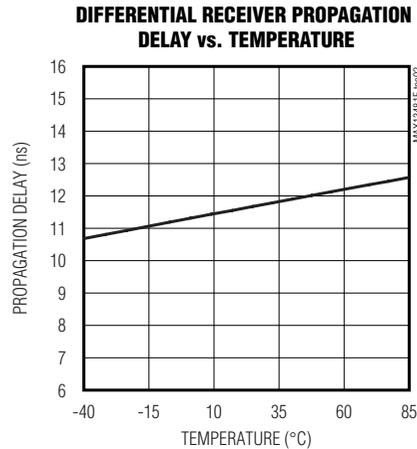
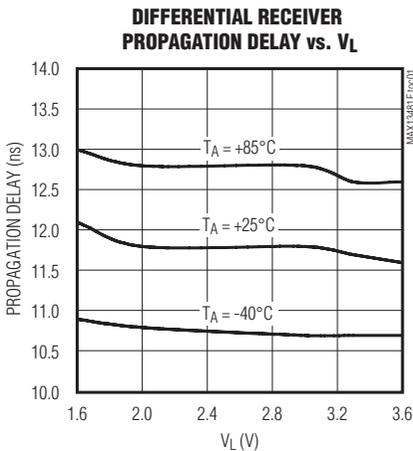
**Note 1:** Parameters are 100% production tested at  $+25^\circ C$ , unless otherwise noted. Limits over temperature are guaranteed by design.

**Note 2:** Guaranteed by design, not production tested.

**Note 3:** Including external  $27\Omega$  series resistor.

## 標準動作特性

( $V_{BUS} = 5V$ ,  $V_L = +3.3V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



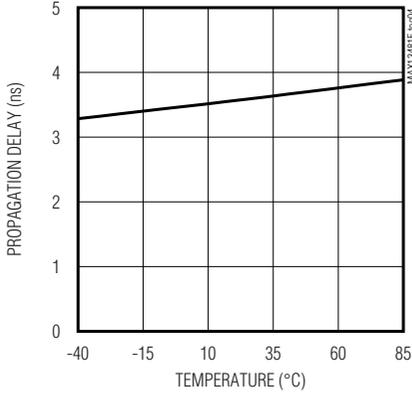
# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

## 標準動作特性(続き)

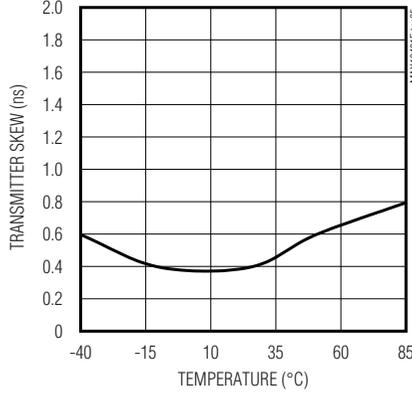
( $V_{BUS} = 5V$ ,  $V_L = +3.3V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

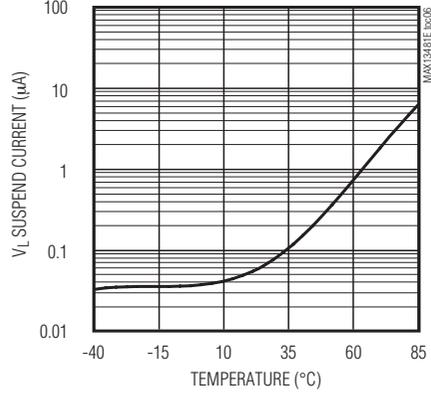
**SINGLE-ENDED RECEIVER PROPAGATION DELAY vs. TEMPERATURE**



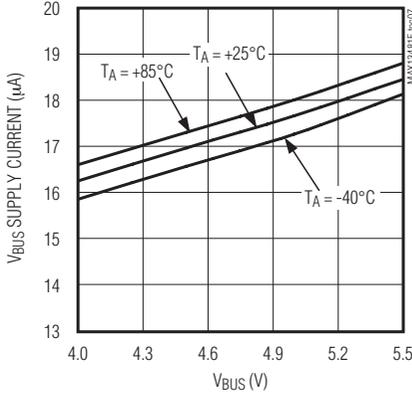
**TRANSMITTER SKEW vs. TEMPERATURE**



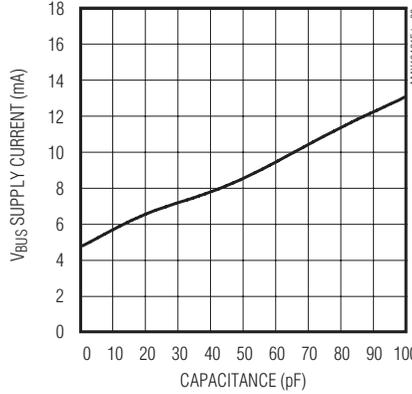
**$V_L$  SUSPEND CURRENT vs. TEMPERATURE**



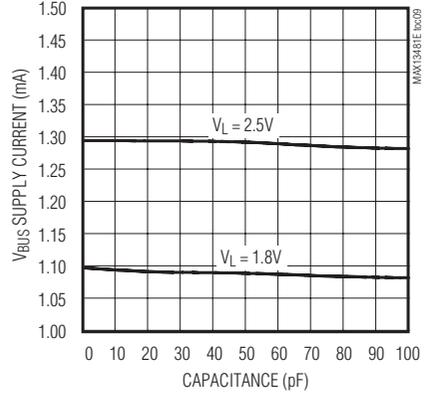
**$V_{BUS}$  SUSPEND CURRENT vs.  $V_{BUS}$**



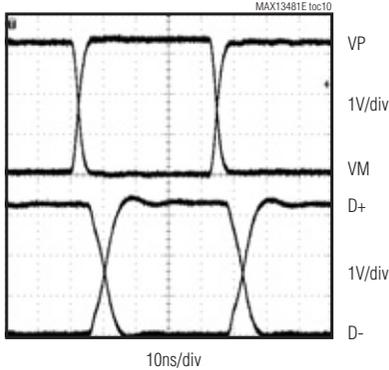
**$V_{BUS}$  SUPPLY CURRENT vs. D+/D- CAPACITANCE**



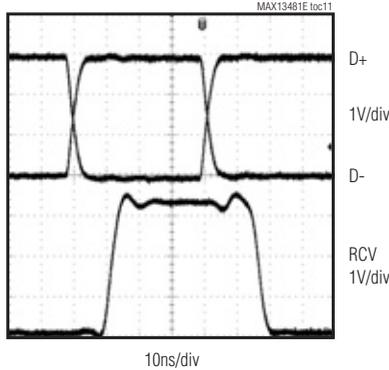
**$V_L$  SUPPLY CURRENT vs. D+/D- CAPACITANCE**



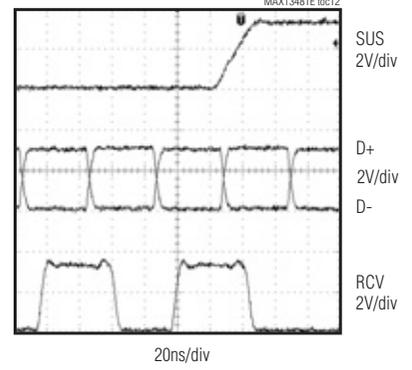
**TRANSMIT MODE ( $\overline{OE} = \text{LOW}$ )**



**RECEIVE MODE ( $\overline{OE} = \text{HIGH}$ )**



**SUSPEND MODE**

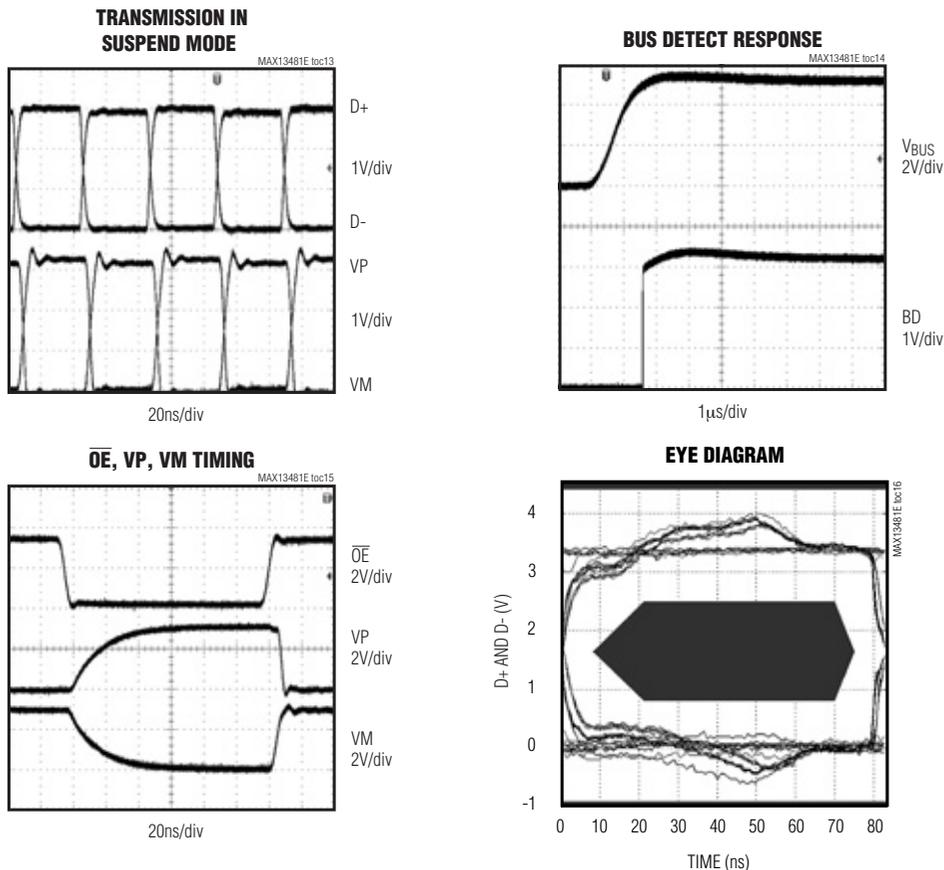


# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

## 標準動作特性(続き)

( $V_{BUS} = 5V$ ,  $V_L = +3.3V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



## 端子説明

端子			名称	機能
MAX13481E	MAX13482E	MAX13483E		
8, 16	1, 8	1, 5, 8	N.C.	接続なし。内部接続なし。
1	—	—	SP	MIC2551Aとピンコンパチブルにするには $V_L$ に接続し、またはフローティング状態にします。内部接続なし。
2	2	2	RCV	差動レシーバ出力。RCVは、D+およびD-の差動入力に応答します。SUS = $V_L$ の場合は、RCVはローにアサートします。
3	3	3	VP	レシーバ出力/ドライバ入力。 $\overline{OE} = V_L$ の場合は、VPはレシーバ出力として機能します。受信時には、VPはD+を複製します。 $\overline{OE} = GND$ の場合は、VPはドライバ入力として機能します。

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

## 端子説明(続き)

端子			名称	機能
4	4	4	VM	レシーバ出力/ドライバ入力。 $\overline{OE} = V_L$ の場合は、VMはレシーバ出力として機能します。受信時には、VMはD-を再現します。 $\overline{OE} = GND$ の場合は、VMはドライバ入力として機能します。
5	5	—	$\overline{ENUM}$	アクティブロー、エニユメレータ機能選択入力。ENUMは、プルアップ抵抗またはスイッチ接続を制御します。[ENUM(MAX13481E/MAX13482E)]の項を参照してください。
6	6	6	GND	グラウンド
7	7	7	SUS	サスペンド入力。通常動作にするには、SUSをローにします。低電力状態にするには、SUSをハイにします。サスペンドモード時には、RCVはローにアサートし、D+/D-はハイインピーダンスになります。サスペンドモード時には、VPおよびVMはアクティブ状態を維持します。
9	9	9	$\overline{OE}$	出カインエーブル。D+/D-トランスミッタ出力をインエーブルするには、 $\overline{OE}$ をGNDに駆動します。トランスミッタ出力をディセーブルするには、 $\overline{OE}$ を $V_L$ に駆動します。また $\overline{OE}$ は、VPおよびVMのI/O方向も制御します(表3および表4を参照)。
10	10	10	D-	USB入力/出力。 $\overline{OE} = GND$ の場合は、VMは入力信号を供給し、D-はUSB出力として機能します。 $\overline{OE} = V_L$ の場合は、VMはシングルエンドレシーバ出力として機能し、D-はUSB入力として機能します。
11	11	11	D+	USB入力/出力。 $\overline{OE} = GND$ の場合は、VPIは入力信号を供給し、D+はUSB出力として機能します。 $\overline{OE} = V_L$ の場合は、VPIはシングルエンドレシーバ出力として機能し、D+はUSB入力として機能します。
12	12	12	$V_{TRM}$	安定化出力電圧。 $V_{TRM}$ は、 $V_{BUS}$ から得られる3.3Vの出力を供給します。セラミックまたはプラスチックフィルムタイプなどの1 $\mu$ F(min)の低ESRコンデンサで $V_{TRM}$ をGNDにバイパスします。 $V_{TRM}$ は内蔵回路、内蔵D+プルアップ抵抗、VPU、およびVPURに電源を供給します。あるいは、+3.3V $\pm$ 10%の電源で $V_{TRM}$ を直接駆動します(MAX13483E)。 $V_{TRM}$ を使って外部回路に電源供給しないでください。
13	—	—	VPU	プルアップ電圧。 $\overline{ENUM} = GND$ の場合は、VPUは3.3Vの内部電圧に吊り上げられます。フルスピード動作にするには、1.5k $\Omega$ の抵抗をD+とVPUの間に接続します。 $\overline{ENUM} = V_L$ の場合は、VPUはハイインピーダンスになります。
—	—	13	I.C.	内部接続。オープン状態にします。外部回路に接続しないでください。
—	13	—	VPUR	内蔵プルアップ抵抗。VPURは、1.5k $\Omega$ の抵抗を通じて3.3Vの内部電圧に吊り上げられます( $\overline{ENUM} = GND$ )。フルスピード動作にするには、VPURをD+に接続します。 $\overline{ENUM} = V_L$ の場合は、VPUはハイインピーダンスになります。
14	14	14	$V_{BUS}$	USB側電源入力。+4V~+5.5Vの電源を $V_{BUS}$ に接続します。 $V_{BUS}$ は、内蔵レギュレータに電源を供給します。1 $\mu$ Fのセラミックコンデンサで $V_{BUS}$ をGNDにバイパスします。外部電源でMAX13481E/MAX13482E/MAX13483Eに電源供給する場合は、 $V_{BUS}$ と $V_{TRM}$ とともに接続します。
15	15	15	$V_L$	デジタル入力/出力接続ロジック電源。+1.6V~+3.6Vの電源を $V_L$ に接続します。0.1 $\mu$ F(min)の低ESRセラミックコンデンサで $V_L$ をGNDにバイパスします。
—	16	16	BD	USB検出出力(プッシュ/プル)。BDがハイの場合に、 $V_{BUS}$ が存在することをASICに通知します。
EP	EP	EP	EP	エクスポーズドパッド。EPをGNDに接続します。

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

## 詳細

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483Eは±15kV ESD保護されたUSB準拠のトランシーバであり、シングルエンドまたは差動ロジックレベル信号をUSB信号に、USB信号をシングルエンドまたは差動ロジック信号に変換します。フルスピード(12Mbps)での動作時には、これらのデバイスはUSB 2.0に完全準拠し、最低1.6Vの $V_L$ で動作し、低電圧ASICとの互換性を保障します。内蔵する±15kV ESD回路保護は、D+およびD-のバス接続を保護します。

フルスピード動作にするには、MAX13481E/MAX13483Eは $V_{TRM}$ への1.5k $\Omega$ の外付けプルアップ抵抗が必要です。MAX13481Eは1.5k $\Omega$ の外付けプルアップ抵抗を必要とし、VPUで+3.3Vの電圧を接続するアクティブローのエニュメレーション機能を装備しています。MAX13482Eはアクティブローのエニュメレーション機能を装備し、フルスピード動作にはVPURに1.5k $\Omega$ のプルアップ抵抗を接続します。また、MAX13482E/MAX13483Eは、 $V_{BUS}$ が3.6Vを上回るとハイにアサートするバス検出(BD)出力も備えています。

## アプリケーション情報

### 電源設定

#### 標準動作モード

$V_L$ および $V_{BUS}$ をシステム電源に接続します(表1)。 $V_L$ を+1.6V~+3.6Vの電源に接続します。 $V_{BUS}$ を+4.0V~+5.5Vの電源、または $V_{BUS}$ コネクタに接続します。

また、MAX13481Eは単一のLi+セルから電源を得ることもできます。バッテリーを $V_{BUS}$ に接続します。最低+3.1Vの $V_{BUS}$ に対して、 $V_{TRM}$ は+3.0V以上を維持します。また、MAX13481Eは、+3.3V ±10%の電圧レギュレータから電源を得ることができます。 $V_{BUS}$ および $V_{TRM}$ を+3.3Vの外付け電圧レギュレータに接続します。この設定では、 $V_{BUS}$ は内蔵リニアレギュレータに電源供給するために電流をほぼ消費しません。

#### ディセーブルモード

$V_{BUS}$ をシステム電源に接続して、 $V_L$ を未接続状態にするか、またはGNDに接続します。D+およびD-はトリステートモードに入り、 $V_{BUS}$ (または $V_{BUS}$ および $V_{TRM}$ )の消費電流は20 $\mu$ A未満になります。ディセーブルモードでは、D+およびD-は、最大+5.5Vの外部信号に対する耐性を備えています(表2)。

表1. 電源設定

$V_{BUS}$ (V)	$V_{TRM}$ (V)	$V_L$ (V)	CONFIGURATION	NOTES
+4.0 to +5.5	+3.0 to +3.6 output	+1.6 to +3.6	Normal mode	—
+4.0 to +5.5	+3.0 to +3.6 output	GND or floating	Disable mode	Table 2
GND or floating	High Z	+1.6 to +3.6	Sharing mode	Table 2
+3.1 to +4.5	+3.0 to +3.6 output	+1.6 to +3.6	Battery supply	MAX13481E
+3.0 to +3.6	+3.0 to +3.6 input	+1.6 to +3.6	Voltage regulator supply	

表2. ディセーブルモードおよび共有モードの接続

INPUTS/OUTPUTS	DISABLE MODE	SHARING MODE
$V_{BUS}$ / $V_{TRM}$	4V to 5.5V	Floating or connected to GND
$V_L$	Floating or connected to GND	1.6V to 3.6V input
D+ and D-	High impedance	High impedance
VP and VM	Invalid*	For $\overline{OE}$ = low, high impedance
		For $\overline{OE}$ = high, output logic high
RCV	Invalid*	Undefined
BD (MAX13482E/MAX13483E)	Invalid*	Low

\*ハイインピーダンスまたはロジックロー

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

## 共有モード接続

$V_L$ をシステム電源に接続して、 $V_{BUS}$ (または $V_{BUS}$ および $V_{TRM}$ )を未接続状態にするかGNDに接続します。D+およびD-はトライステートモードに入り、他の回路がUSBのD+およびD-ラインを共有できるようにします。 $V_L$ の消費電流は20 $\mu$ A未満になります。共有モードでは、D+およびD-は最大+5.5Vの外部信号に対する耐性を備えています(表2)。

## デバイス制御

### $\overline{OE}$

$\overline{OE}$ は、通信の方向を制御します。ロジック側からUSB側にデータを転送するには、 $\overline{OE}$ をローにします。 $\overline{OE} = \text{ロー}$ の場合は、VPおよびVMはUSBトランスミッタに対する差動ドライバ入力として機能します。USB側からロジック側にデータを転送するには、 $\overline{OE}$ をハイにします。 $\overline{OE} = \text{ハイ}$ の場合は、VPおよびVMはUSB入力からのシングルエンドレシーバ出力として機能します(D+およびD-)。RCVは $\overline{OE}$ の状態にかかわらず、差動レシーバ出力として機能します。

### $\overline{ENUM}$ (MAX13481E/MAX13482E)

MAX13481E/MAX13482Eは、1.5k $\Omega$ のプルアップ抵抗のソフトウェア制御を可能にするアクティブローのエニユメレート機能を備え、フルスピード動作用にD+に切り替えます。

MAX13481Eの場合は、1.5k $\Omega$ のプルアップ抵抗をD+とVPUの間に接続します。MAX13481Eは、VPUを+3.3Vの電圧まで吊り上げるスイッチを内蔵しています。電圧からVPUを切断するには、 $\overline{ENUM}$ をハイにします。VPUと外付けプルアップ抵抗を+3.3Vの電圧に接続するには、 $\overline{ENUM}$ をローにします。

MAX13482Eは、VPURで接続する1.5k $\Omega$ の抵抗を内蔵しています。VPURをD+に直接接続します。VPURで内蔵プルアップ抵抗を切断するには、 $\overline{ENUM}$ をハイにします。内蔵プルアップ抵抗をVPURに接続するには、 $\overline{ENUM}$ をローにします。

### SUS

SUSの状態によって、MAX13481E/MAX13482E/MAX13483Eが通常モードまたはサスペンドモードで動作するかが決まります。通常動作をイネーブルするには、SUSをGNDに接続します。サスペンドモードをイネーブルするには、SUSをハイにします。サスペンドモードでは、RCVはローをアサートし、VPとVMはアクティブを維持します(表3および表4)。サスペンドモードでは、消費電流が低減します。

表3. 送信の真理値表  
( $\overline{OE} = 0$ )

INPUTS		OUTPUTS	
VP	VM	D+	D-
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	1

表4a. 受信の真理値表  
( $\overline{OE} = 1$ )

INPUTS		OUTPUTS		
D+	D-	VP	VM	RCV
0	0	0	0	RCV*
0	1	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	1	1	X

\* = 直前の状態

X = 未定義

表4b. 受信の真理値表  
( $\overline{OE} = 1$ 、SUS = 1)

INPUTS		OUTPUTS		
D+	D-	VP	VM	RCV
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	1	1	0

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

## V<sub>TRM</sub>

内蔵リニアレギュレータは、V<sub>TRM</sub>電圧(+3.3V、typ)を生成します。V<sub>TRM</sub>はV<sub>BUS</sub>から電源を得ます(「電源設定」の項を参照)。V<sub>TRM</sub>はUSB回路の内部に電源供給し、MAX13481E/MAX13482Eにプルアップ電圧を供給します。デバイスにできるだけ近接して1μFのセラミックコンデンサでV<sub>TRM</sub>をGNDにバイパスします。V<sub>TRM</sub>を使って、その他の外部回路に電源供給しないでください。

## D+およびD-

D+およびD-は双方向バス接続として機能し、±15kVまでESD保護されています(ヒューマンボディモデル)。OE = ローの場合は、D+とD-はトランスミッタ出力として機能します。OE = ハイの場合は、D+とD-はレシーバ入力として機能します。

## BD (MAX13482E/MAX13483E)

プッシュプルバス検出(BD)出力はV<sub>BUS</sub>を監視し、V<sub>BUS</sub>がV<sub>TH\_H</sub>を上回る場合はハイをアサートします。V<sub>BUS</sub>がV<sub>TH\_L</sub>を下回る場合はBDはローをアサートし、MAX13482E/MAX13483Eは共有モードに入ります(表2)。

## V<sub>BUS</sub>

ほとんどのアプリケーションの場合、V<sub>BUS</sub>をUSBコネクタ上のV<sub>BUS</sub>端子に接続します(「電源設定」の項を参照)。また、V<sub>BUS</sub>は外付け電源にも接続できます。共有モードをイネーブルするには、V<sub>BUS</sub>をローにします。デバイスにできるだけ近接して1μFのセラミックコンデンサでV<sub>BUS</sub>をGNDにバイパスします。

## 外付け部品

### 外付けコンデンサ

正常に動作させるには、MAX13481E/MAX13482E/MAX13483Eには3つの外付けコンデンサが必要です。0.1μFのセラミックコンデンサでV<sub>L</sub>をGNDにバイパスします。1μFのセラミックコンデンサでV<sub>BUS</sub>をGNDにバイパスします。1μF(min)のセラミックコンデンサでV<sub>TRM</sub>をGNDにバイパスします。デバイスにできるだけ近接してすべてのコンデンサを設置します。

### 外付け抵抗

正常なUSB動作には、それぞれ27Ω ±1%の2個の外付け抵抗が必要です。MAX13481E/MAX13482E/MAX13483EのD+とUSBコネクタのD+の間に1個の直列抵抗を設置します。MAX13481E/MAX13482E/MAX13483EのD-とUSBコネクタのD-の間にもう1個の直列抵抗を設置します(「標準動作回路」を参照)。フルスピード動作にするには、MAX13483EはV<sub>TRM</sub>と

D+の間に1.5kΩの外付けプルアップ抵抗が必要です。フルスピード動作にするには、MAX13481EはVPUとD+の間に1.5kΩの外付けプルアップ抵抗が必要です。フルスピード動作にするには、MAX13482Eには外付けプルアップ抵抗は不要ですが、VPURをD+に接続する必要があります。

## データ転送

### USBへのデータ送信

データをUSBに送信するには、OEをローにします。MAX13481E/MAX13482E/MAX13483Eは、D+およびD-でデータをUSBに差動送信します。VPおよびVMは差動ドライバへの入力信号として機能し、シングルエンドゼロ(SE0)ドライバをアサートするのにも使用されます(表3を参照)。

### USBからのデータ受信

USBからデータを受信するには、OEをハイにして、SUSをローにします。D+およびD-で受信される差動データは、RCVに現れます。D+およびD-でのシングルエンドレシーバは、それぞれVPおよびVMを駆動します。

## RCV

データ受信時に、RCVはD+とD-を監視します。D+がハイでD-がローの場合は、RCVはロジック1です。D+がローでD-がハイの場合は、RCVはロジック0です。D+とD-がともにローの場合は、RCVはその直前の有効状態を保持します(シングルエンドゼロ、またはSE0)。

## ESD保護

D+およびD-は静電気に対する特別保護機能を備え、最大±15kVまでデバイスを保護します。このESD保護機構は、標準動作、サスペンドモード、およびパワーダウンのどの動作モードでも高ESDに対する耐性を備えています。D+およびD-は、以下の制限値まで保護を行います。

- ヒューマンボディモデルによる±15kV
- IEC 61000-4-2で規定されている接触放電法による±8kV
- ±15kV ESDからV<sub>BUS</sub>を保護するには、1μF以上のコンデンサをV<sub>BUS</sub>とGNDの間に接続する必要があります。

## ESD試験条件

ESD性能は、各種条件に依存します。試験のセットアップ、試験方法、および試験結果を記載した信頼性レポートについては、マキシムにお問い合わせください。

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

## タイミングダイアグラム

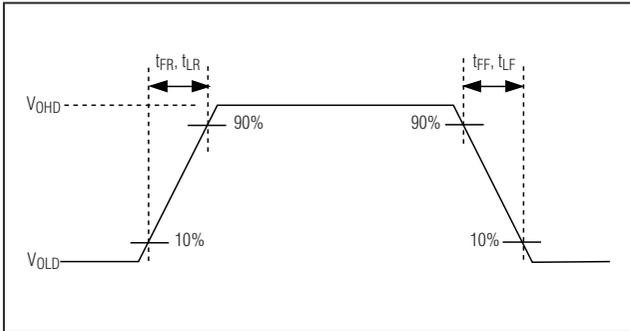


図1. 立上り/立下り時間

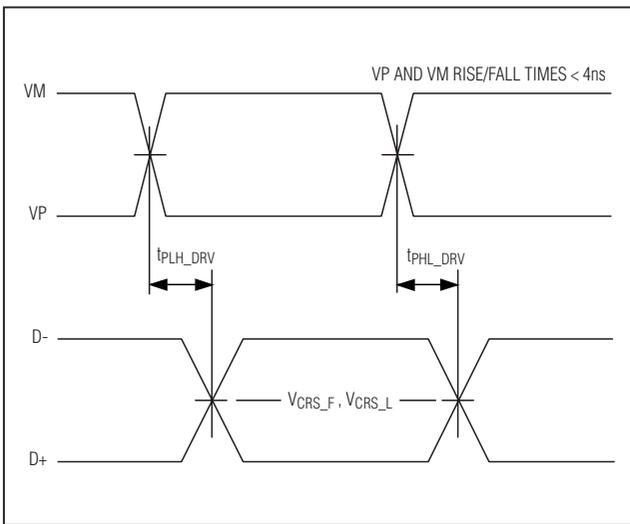


図2. VPおよびVMからD+およびD-までのタイミング

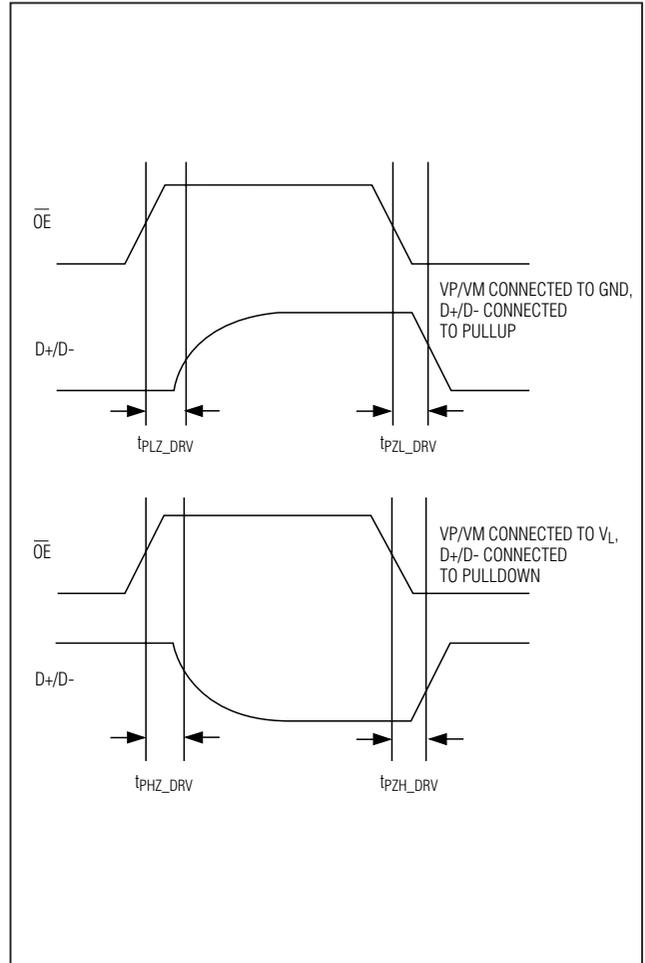


図3. ドライバのイネーブルおよびディセーブルのタイミング

### ヒューマンボディモデル

図6はヒューマンボディモデルを示し、図7はローインピーダンスに対して放電される場合に生成される電流波形を示しています。このモデルは、対象のESD電圧まで充電された100pFのコンデンサから構成され、この電圧は1.5kΩの抵抗を通じて試験デバイスに放電されます。

### IEC 61000-4-2

IEC 61000-4-2規格は完成品のESD試験および性能を対象にしています。この規定はICについては特記していません。ヒューマンボディモデルによる試験とIEC 61000-4-2による試験の主な違いは、IEC 61000-4-2の方が直列抵抗が小さいため、ピーク電流が大きいことです。このため、IEC 61000-4-2に従って測定されたESD耐圧は、ヒューマンボディモデルによって測定された耐圧よりも通常は低くなっています。

図8は、IEC 61000-4-2モデルを示しています。接触放電法では、プローブを充電する前にプローブをデバイスに接触させます。

### マシンモデル

ESD試験のマシンモデルでは、200pFの蓄積コンデンサとゼロ放電抵抗を使って、すべての接続を試験します。その目的は、製造時の取扱いと組み立てで発生する接触によるストレスをエミュレートすることです。製造時には、入力/出力だけでなく、すべての端子にこうした保護が必要です。プリント基板のアセンブリの後では、マシンモデルはI/Oポートにはあまり有効ではありません。

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

## タイミングダイアグラム(続き)

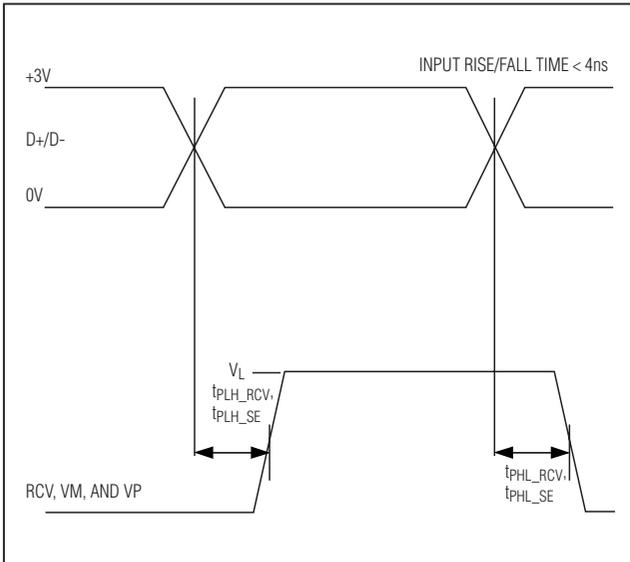


図4. VP、VM、およびRCVに対するD+/D-のタイミング

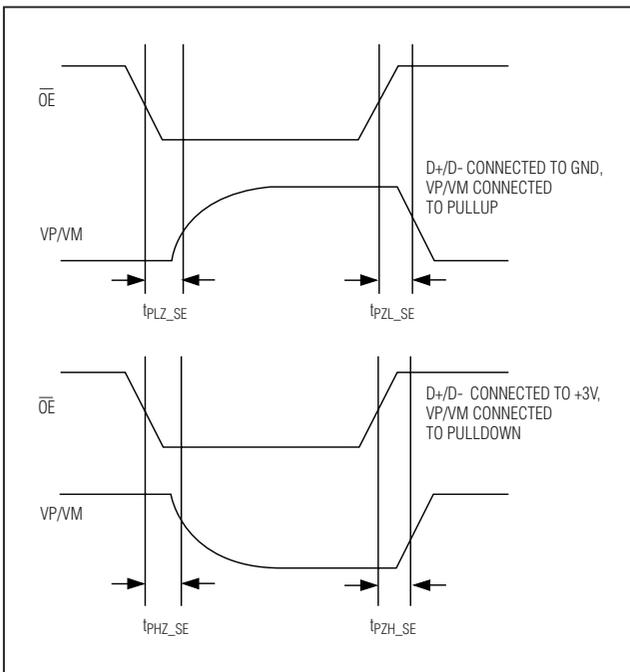


図5. レシーバのイネーブ爾およびディセーブ爾のタイミング

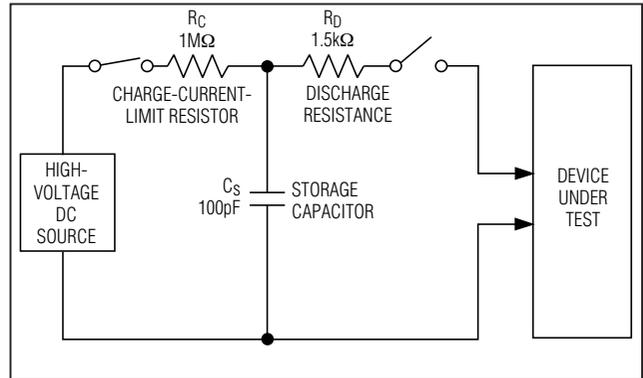


図6. ヒューマンボディのESD試験モデル

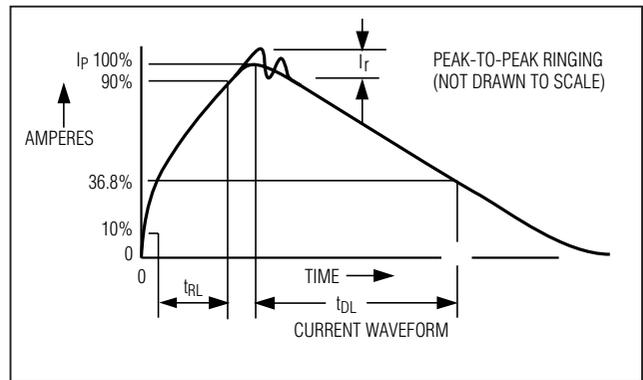


図7. ヒューマンボディモデルの電流波形

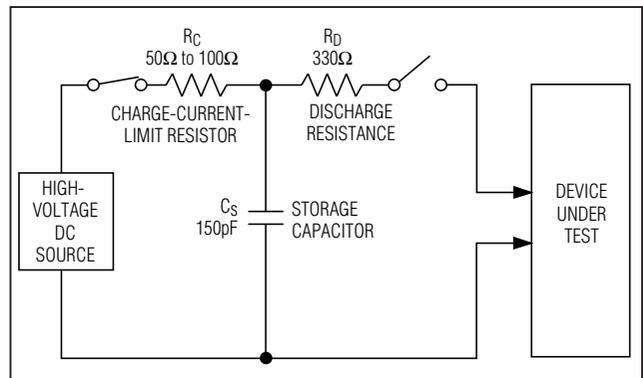


図8. IEC 61000-4-2規格のESD試験モデル

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

## 試験回路

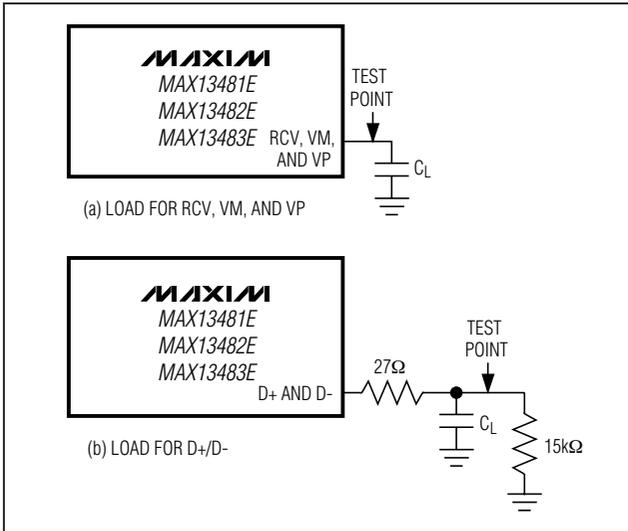


図9. トランスミッタおよびレシーバの伝搬遅延

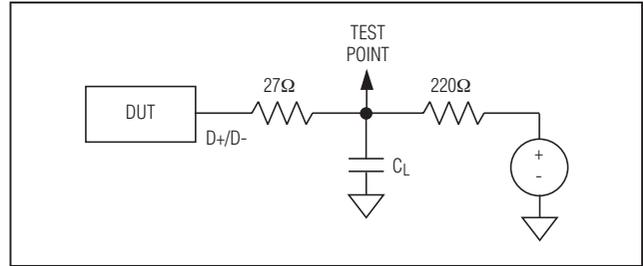
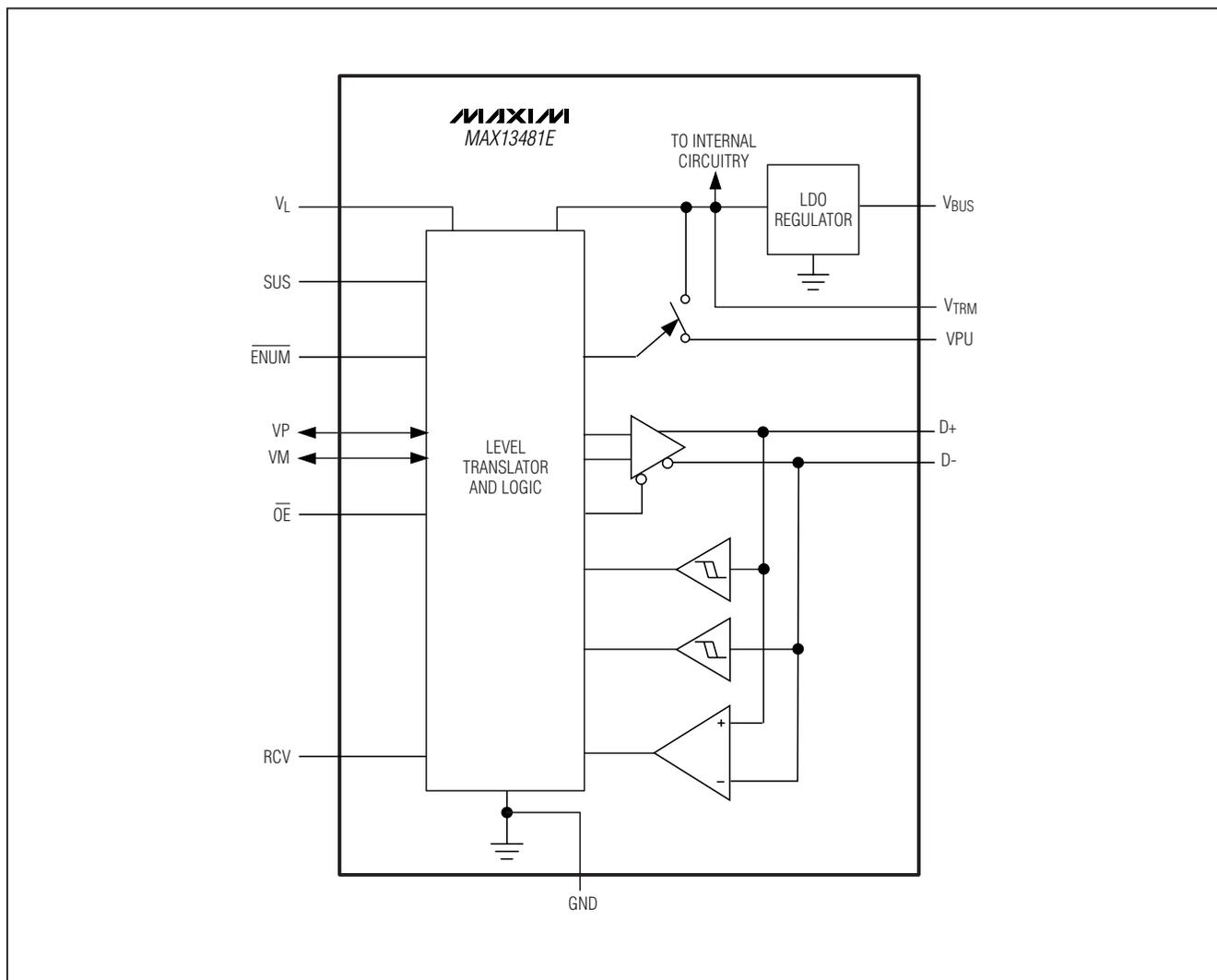


図10. ドライバのイネーブルおよびディセーブルのタイミング

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

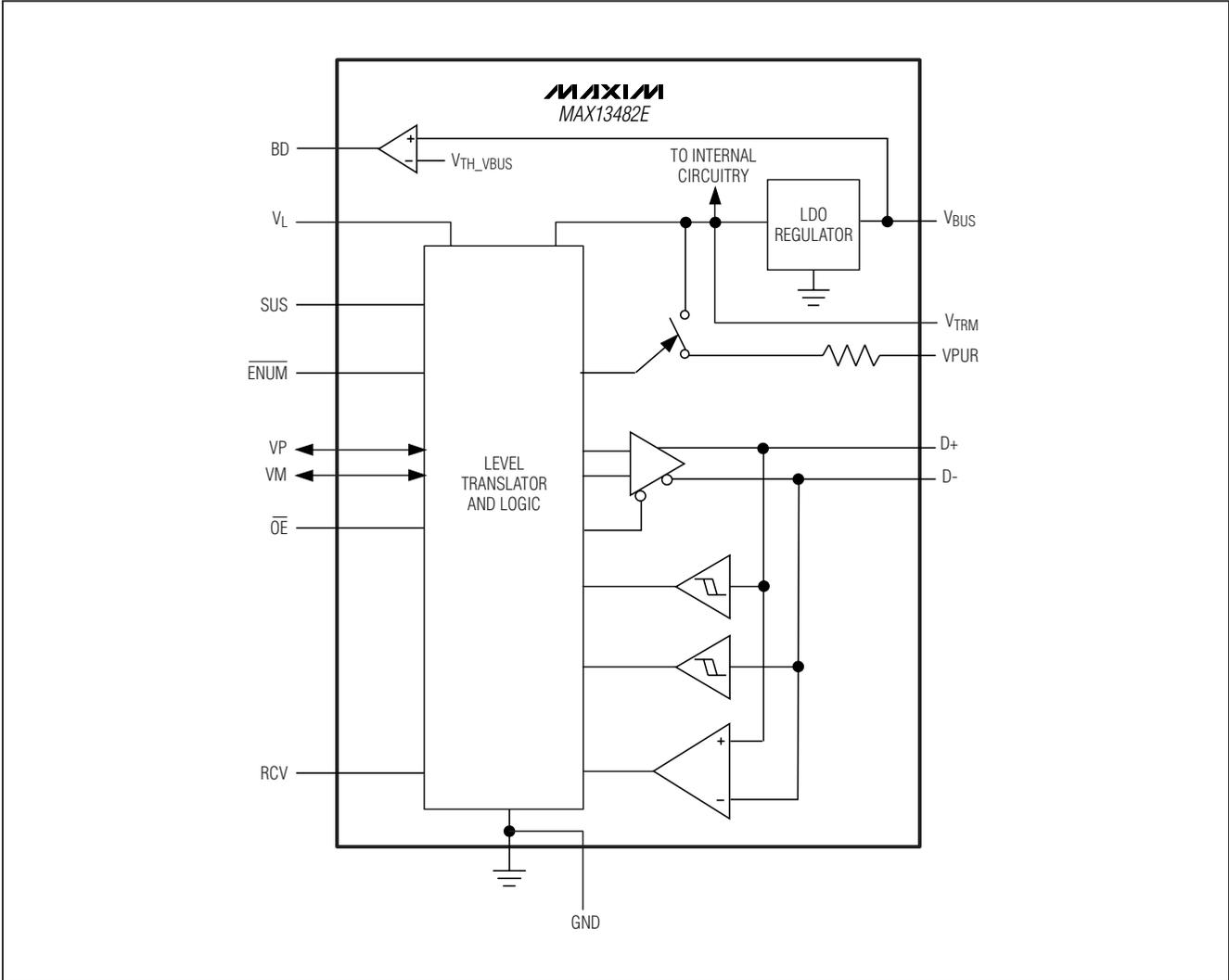
ファンクションダイアグラム



MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

ファンクションダイアグラム(続き)

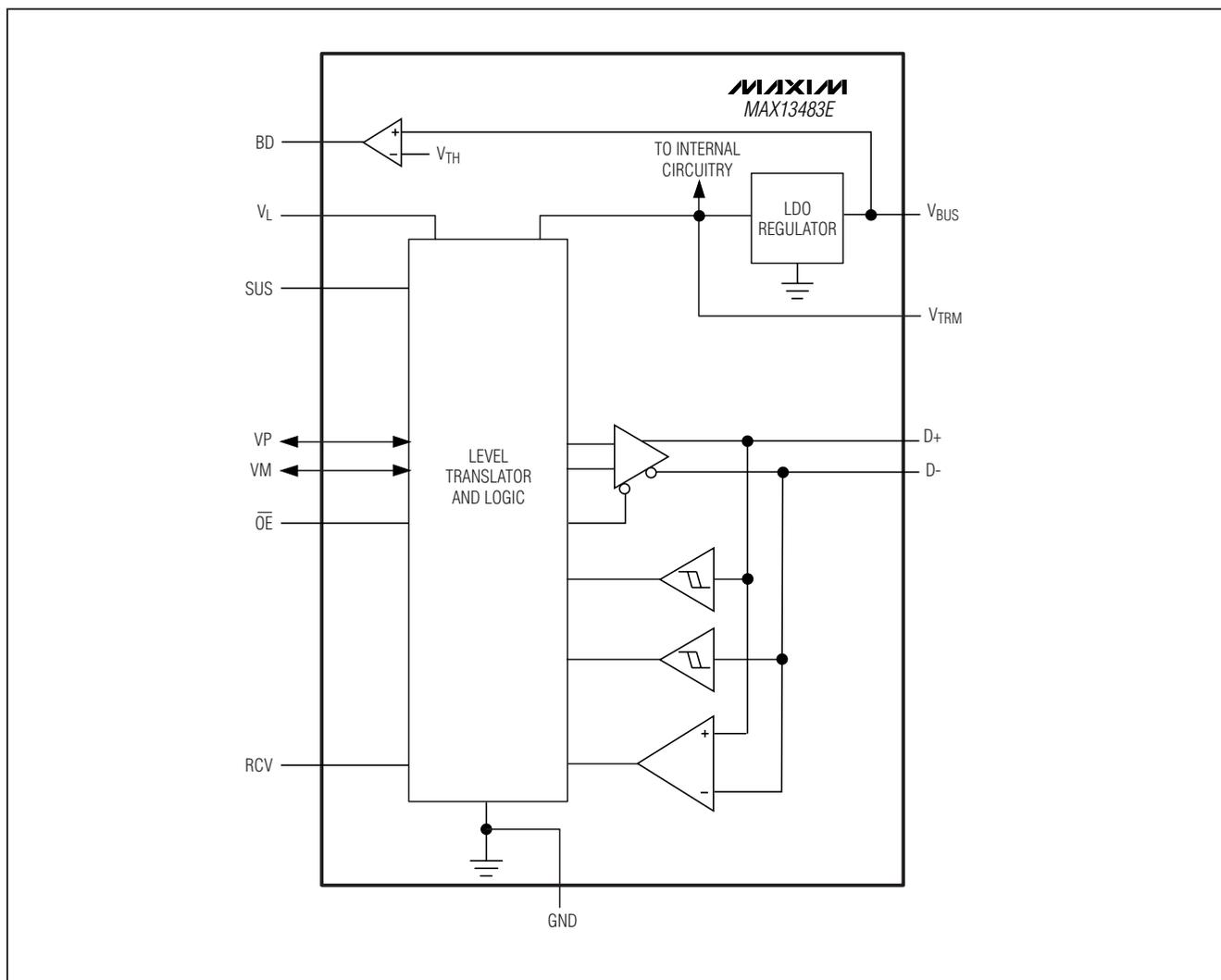


MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

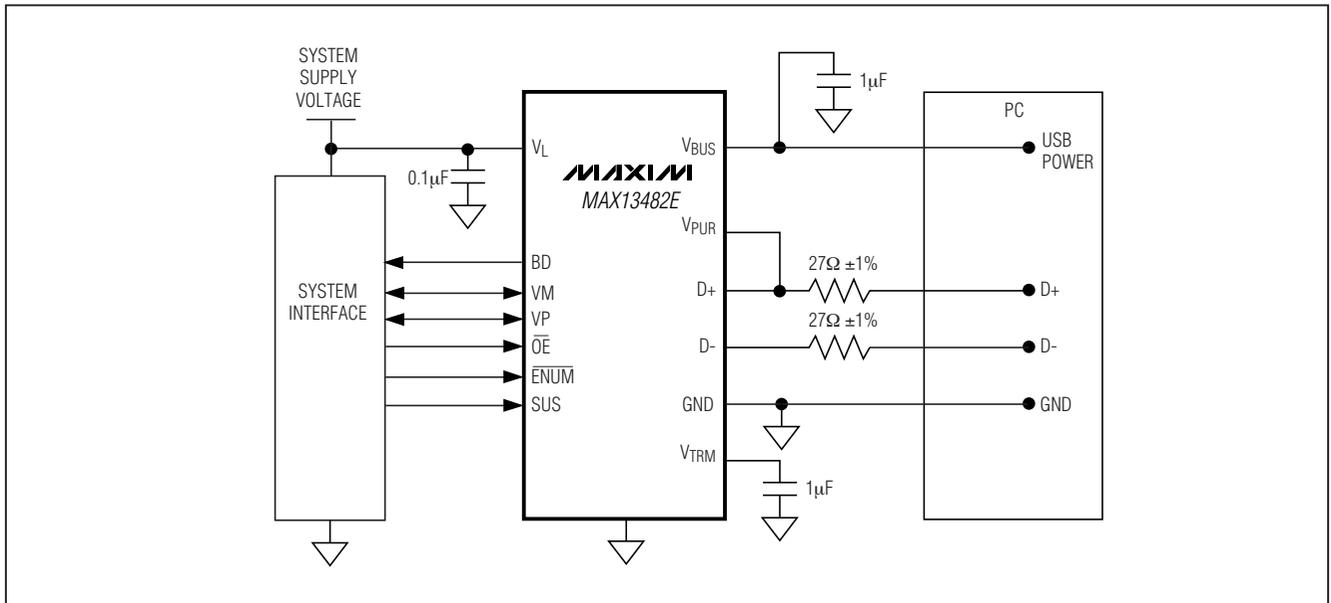
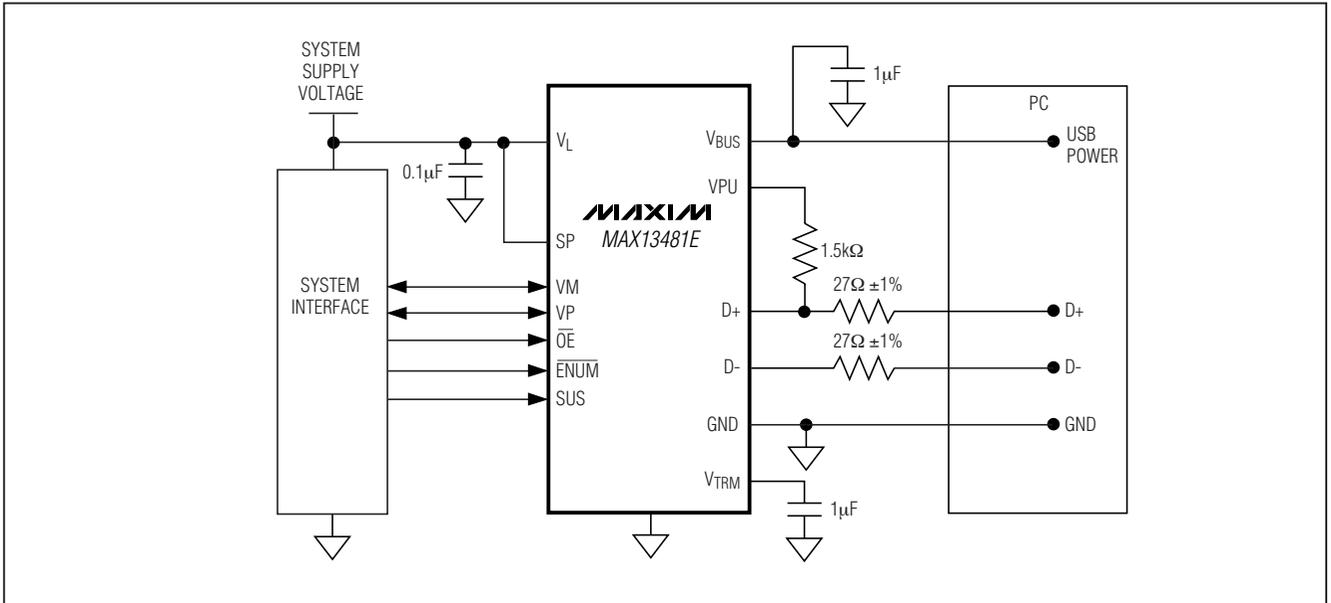
MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

ファンクションダイアグラム(続き)



# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

## 標準動作回路

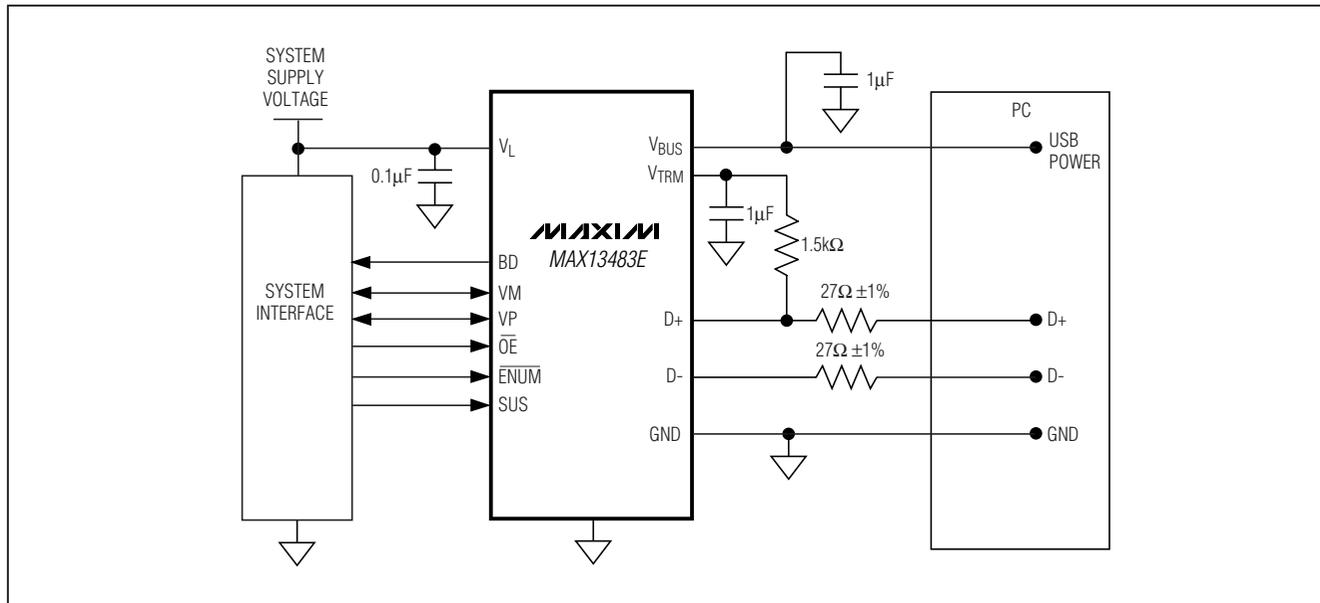


MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

# 外部/内部プルアップ抵抗付き、 ±15kV ESD保護USBトランシーバ

MAX13481E/MAX13482E/MAX13483E

標準動作回路(続き)



チップ情報

PROCESS: BiCMOS

