

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

## 概要

MAX5971Aは、IEEE® 802.3af/at準拠のPSEで使用するために設計されたシングルポート給電機器(PSE)パワーコントローラです。このデバイスは、受電機器(PD)の検出、分類、電流制限、およびDCとACの負荷切断検出を提供します。MAX5971Aは、ソフトウェア設定を必要とせずに自動的に動作し、パワーMOSFETおよび検出抵抗を内蔵しています。このデバイスは、ハイパワーPDの検出と分類に対応する新しいクラス5および2イベント分類もサポートしています。MAX5971Aは、最大40Wをシングルポート(クラス5対応)に供給し、レガシーPDの大容量検出も提供します。

MAX5971Aは、入力低電圧ロックアウト(UVLO)、入力過電圧ロックアウト、温度過昇検出、起動時の出力電圧スルーレート制限、およびLEDステータス表示を備えています。

MAX5971Aは、省スペースの28ピンTQFN (5mm x 5mm)のパワーパッケージで提供され、拡張温度範囲の-40°C ~ +85°Cが保証されています。

## アプリケーション

シングルポートPSEエンドポイントアプリケーション

シングルポートPSEパワーインジェクタ(ミッドスパンアプリケーション)

スイッチ/ルータ

産業オートメーション機器

無線LANアクセスポイント/WiMAX™基地局

IEEEはInstitute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.の登録サービスマークです。

WiMAXはWiMAX Forumの商標です。

## 特長

- ◆ IEEE 802.3af/at準拠
- ◆ シングルポートPSEアプリケーション：40W (max)
- ◆ 0.5ΩパワーMOSFETおよび検出抵抗内蔵
- ◆ PD検出および分類
- ◆ 設定可能なクラス5 PD用の電流制限
- ◆ レガシー機器用の大容量検出
- ◆ DCおよびACの負荷除去検出の両方をサポート
- ◆ 電流フォールドバックおよびデューティサイクル制御の電流制限
- ◆ ポートステータス用LEDインジケータ
- ◆ ダイレクト高速シャットダウン制御機能
- ◆ 省スペース28ピンTQFNパッケージ(5mm x 5mm)

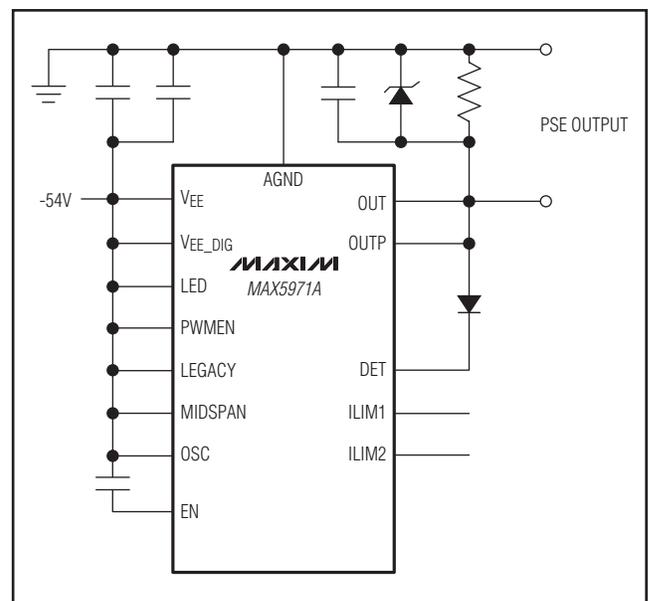
## 型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX5971AETI+	-40°C to +85°C	28 TQFN-EP*

+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠パッケージを表します。

\*EP = エクスポーズドパッド

## 標準動作回路



# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Voltages referenced to VEE, unless otherwise noted.)  
 AGND, DET, LED ..... -0.3V to +80V  
 OUT ..... -0.3V to (VAGND + 0.3V)  
 OUTP ..... -6V to (VAGND + 0.3V)  
 VEE\_DIG ..... -0.3V to +0.3V  
 OSC ..... -0.3V to +6V  
 EN, PWMEN, MIDSPAN, LEGACY, ILIM1, ILIM2 ..... -0.3V to +4V  
 Maximum Current Into LED ..... 40mA  
 Maximum Current Into OUT ..... Internally regulated  
 Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)  
 28-Pin TQFN (derate 34.5mW/°C above +70°C) ..... 2758mW

Package Thermal Resistance (Note 1)  
 $\theta_{JA}$  ..... 29°C/W  
 $\theta_{JC}$  ..... 2°C/W  
 Operating Temperature Range ..... -40°C to +85°C  
 Storage Temperature Range ..... -65°C to +150°C  
 Junction Temperature ..... +150°C  
 Lead Temperature (soldering, 10s) ..... +300°C  
 Soldering Temperature (reflow) ..... +260°C

**Note 1:** Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to [japan.maxim-ic.com/thermal-tutorial](http://japan.maxim-ic.com/thermal-tutorial).

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

(VAGND - VEE = 32V to 60V, TA = -40°C to +85°C, all voltages are referenced to VEE, unless otherwise noted. Typical values are at VAGND - VEE = +54V, TA = +25°C. Currents are positive when entering the pin and negative otherwise.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>POWER SUPPLIES</b>							
Operating Voltage Range	VAGND	VAGND - VEE	32		60	V	
Supply Current	IEE	VOUT = VEE, all logic inputs unconnected, measured at AGND in power mode		2.5	4	mA	
<b>CURRENT LIMIT</b>							
Current Limit	ILIM	Maximum ILOAD allowed during current-limit conditions, VOUT = 0V (Note 3)	Class 0, 1, 2, 3	400	420	441	mA
			Class 4	684	720	756	
			Class 5 if ILIM1 = VEE, ILIM2 = unconnected	807	850	893	
			Class 5 if ILIM1 = unconnected, ILIM2 = VEE	855	900	945	
			Class 5 if ILIM1 = VEE, ILIM2 = VEE	902	950	998	
Foldback Initial OUT Voltage	VFLBK_ST	VAGND - VOUT below which the current limit starts folding back		27		V	
Foldback Final OUT Voltage	VFLBK_END	VAGND - VOUT below which the current limit reaches ITH_FB		10		V	
Minimum Foldback Current Limit Threshold	ITH_FB	VOUT = VAGND		166		mA	

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

MAX5971A

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(VAGND - VEE = 32V to 60V, TA = -40°C to +85°C, all voltages are referenced to VEE, unless otherwise noted. Typical values are at VAGND - VEE = +54V, TA = +25°C. Currents are positive when entering the pin and negative otherwise.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>OVERCURRENT</b>							
Overcurrent Threshold	ICUT	Overcurrent threshold allowed for $t \leq t_{FAULT}$ , $V_{OUT} = 0V$ (Note 3)	Class 0, 1, 2, 3	351	370	389	mA
			Class 4	602	634	666	
			Class 5 if ILIM1 = VEE, ILIM2 = unconnected	710	748	785	
			Class 5 if ILIM1 = unconnected, ILIM2 = VEE	752	792	832	
			Class 5 if ILIM1 = VEE, ILIM2 = VEE	794	836	878	
<b>INTERNAL POWER</b>							
DMOS On-Resistance	RDS(ON)	Measured from OUT to VEE, IOUT = 100mA	TA = +25°C		0.5	0.9	Ω
			TA = +85°C		0.6	1.3	
Power-Off OUT Leakage Current	IOUT_LEAK	VEN = VEE, VOUT = VAGND			10	μA	
<b>SUPPLY MONITORS</b>							
VEE Undervoltage Lockout	VEE_UVLO	VAGND - VEE, VAGND increasing		28.5		V	
VEE Undervoltage Lockout Hysteresis	VEE_UVLOH	Port is shutdown if: VAGND - VEE < VEE_UVLO - VEE_UVLOH		3		V	
VEE Overvoltage Lockout	VEE_OV	VAGND - VEE > VEE_OV, VAGND increasing		62.5		V	
VEE Overvoltage Lockout Hysteresis	VEE_OVH			1		V	
Thermal Shutdown Threshold	TSHD	Port is shutdown and device resets if the junction temperature exceeds this limit, temperature increasing		150		°C	
Thermal Shutdown Hysteresis	TSHDH	Temperature decreasing		20		°C	
<b>OUTPUT MONITOR</b>							
OUT Input Current	IBOUT	VOUT = VAGND, probing phases			6	μA	
Idle Pullup Current at OUT	IDIS	OUTP discharge current, detection and classification off, port shutdown, VOUTP = VAGND - 2.8V	200		265	μA	
Short to VEE Detection Threshold	DCNTH	VOUT - VEE, VOUT decreasing, enabled during detection	1.5	2.0	2.5	V	
Short to VEE Detection Threshold Hysteresis	DCNHY			220		mV	
<b>LOAD DISCONNECT</b>							
DC Load-Disconnect Threshold	IDCTH	Minimum load current allowed before disconnect (DC disconnect active), VOUT = 0V	5	7.5	10	mA	
AC Load-Disconnect Threshold	IACTH	Current into DET, for IDET < IACTH the port powers off (AC disconnect active)	115	130	145	μA	

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

MAX5971A

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>AGND</sub> - V<sub>EE</sub> = 32V to 60V, T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C, all voltages are referenced to V<sub>EE</sub>, unless otherwise noted. Typical values are at V<sub>AGND</sub> - V<sub>EE</sub> = +54V, T<sub>A</sub> = +25°C. Currents are positive when entering the pin and negative otherwise.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Triangular Wave Peak-to-Peak Voltage Amplitude	AMPTRW	Measured at DET, referred to AGND	3.85	4	4.2	V	
OSC Pullup/Pulldown Currents	I <sub>OSC</sub>	Measured at OSC	26	32	39	μA	
ACD_EN Threshold	V <sub>ACD_EN</sub>	V <sub>OSC</sub> - V <sub>EE</sub> > V <sub>ACD_EN</sub> to activate AC disconnect	280	330	380	mV	
Load Disconnect Timer	t <sub>DISC</sub>	Time from I <sub>RSENSE</sub> < I <sub>DCTH</sub> (DC disconnect active) or I <sub>DET</sub> < I <sub>ACTH</sub> (AC disconnect active) to gate shutdown	300		400	ms	
<b>DETECTION</b>							
Detection Probe Voltage (First Phase)	V <sub>DPH1</sub>	V <sub>AGND</sub> - V <sub>DET</sub> during the first detection phase	3.8	4	4.2	V	
Detection Probe Voltage (Second Phase)	V <sub>DPH2</sub>	V <sub>AGND</sub> - V <sub>DET</sub> during the second detection phase	9	9.3	9.6	V	
Current-Limit Protection	I <sub>DLIM</sub>	V <sub>DET</sub> = V <sub>AGND</sub> during detection, measure current through DET	1.50	1.75	2.00	mA	
Short-Circuit Threshold	V <sub>DCP</sub>	If V <sub>AGND</sub> - V <sub>OUT</sub> < V <sub>DCP</sub> after the first detection phase a short circuit to AGND is detected.		1		V	
Open-Circuit Threshold	I <sub>D_OPEN</sub>	First point measurement current threshold for open condition		20		μA	
Resistor Detection Window	R <sub>DOK</sub>	(Note 4)	19		26.5	kΩ	
Resistor Rejection Window	R <sub>DBAD</sub>	Detection rejects lower values			15.5	kΩ	
		Detection rejects higher values	32				
<b>CLASSIFICATION</b>							
Classification Probe Voltage	V <sub>CL</sub>	V <sub>AGND</sub> - V <sub>DET</sub> during classification	16		20	V	
Current-Limit Protection	I <sub>CILIM</sub>	V <sub>DET</sub> = V <sub>AGND</sub> , during classification measure current through DET	65		80	mA	
Classification Current Thresholds	I <sub>CL</sub>	Classification current thresholds between classes	Class 0, Class 1	5.5	6.5	7.5	mA
			Class 1, Class 2	13.0	14.5	16.0	
			Class 2, Class 3	21	23	25	
			Class 3, Class 4	31	33	35	
			Class 4 upper limit (Note 5)	45	48	51	
Mark Event Voltage	V <sub>MARK</sub>	V <sub>AGND</sub> - V <sub>DET</sub> during mark event	8		10	V	
Mark Event Current Limit	I <sub>MARK_LIM</sub>	V <sub>DET</sub> = V <sub>AGND</sub> , during mark event measure current through DET	55		80	mA	

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

MAX5971A

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>AGND</sub> - V<sub>EE</sub> = 32V to 60V, T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C, all voltages are referenced to V<sub>EE</sub>, unless otherwise noted. Typical values are at V<sub>AGND</sub> - V<sub>EE</sub> = +54V, T<sub>A</sub> = +25°C. Currents are positive when entering the pin and negative otherwise.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>DIGITAL INPUTS/OUTPUTS (Voltages referenced to V<sub>EE</sub>)</b>						
Digital Input Low	V <sub>IL</sub>				0.8	V
Digital Input High	V <sub>IH</sub>		2.4			V
Internal Input Pullup Current	I <sub>PU</sub>	Pullup current to internal digital supply to set default values	3	5	7	μA
LED Output Low Voltage	V <sub>LED_LOW</sub>	I <sub>LED</sub> = 10mA, PWM disabled, port power-on			0.8	V
LED Output Leakage	I <sub>LED_LEAK</sub>	PWM disabled, shutdown mode, V <sub>LED</sub> = 60V			10	μA
PWM Frequency				25		kHz
PWM Duty Cycle				6.25		%
<b>TIMING</b>						
Startup Time	t <sub>START</sub>	Time during which a current limit set to 420mA is allowed, starts when power is turned on	50	60	70	ms
Fault Time	t <sub>FAULT</sub>	Maximum allowed time for an overcurrent condition set by I <sub>CUT</sub> after startup	50	60	70	ms
Detection Reset Time	t <sub>ME</sub>	Time allowed for the port voltage to reset before detection starts		80	90	ms
Detection Time	t <sub>DET</sub>	Maximum time allowed before detection is completed			330	ms
Midspan Mode Detection Delay	t <sub>DMID</sub>		2	2.2	2.4	s
Classification Time	t <sub>CLASS</sub>	Time allowed for classification		19	23	ms
Mark Event Time		Time allowed for mark event	7	9	11	ms
V <sub>EEUVLO</sub> Turn-On Delay	t <sub>DLY</sub>	Time V <sub>AGND</sub> must be above the V <sub>EEUVLO</sub> thresholds before the device operates		5.2		ms
Restart Timer	t <sub>RESTART</sub>	Time the device waits before turning on after an overcurrent fault		16 x t <sub>FAULT</sub>		ms

**Note 2:** This device is production tested at T<sub>A</sub> = +25°C. Limits at T<sub>A</sub> = -40°C and +85°C are guaranteed by design.

**Note 3:** If I<sub>LIM1</sub> and I<sub>LIM2</sub> are both unconnected, Class 5 detection is disabled. See the *Class 5 PD Classification* section and Table 3 for details and settings.

**Note 4:**  $R_{DOK} = (V_{OUT2} - V_{OUT1}) / (I_{DET2} - I_{DET1})$ . V<sub>OUT1</sub>, V<sub>OUT2</sub>, I<sub>DET2</sub>, and I<sub>DET1</sub> represent the voltage at OUT and the current at DET during phase 1 and 2 of the detection, respectively.

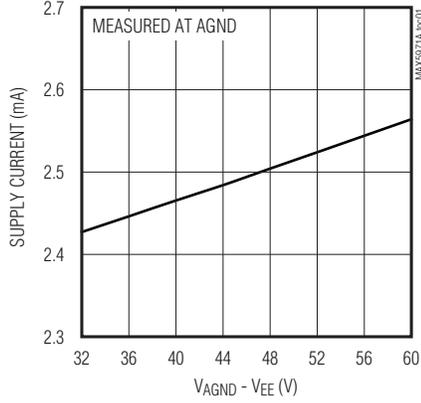
**Note 5:** If Class 5 is enabled, this is the classification current thresholds from Class 4 to Class 5.

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

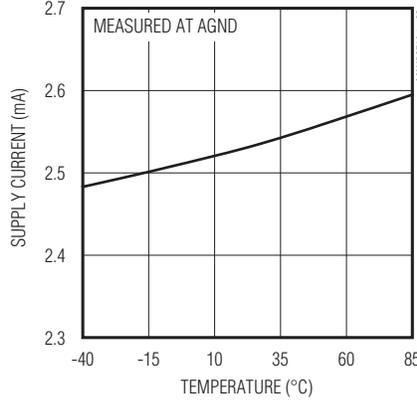
## 標準動作特性

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

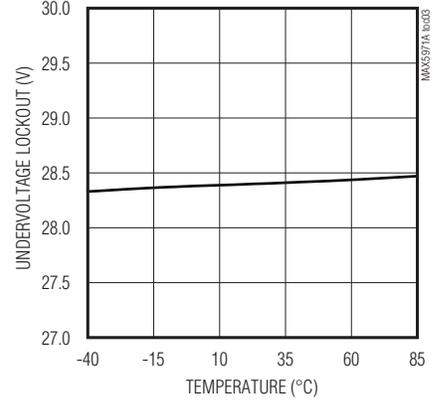
**ANALOG SUPPLY CURRENT vs. INPUT VOLTAGE**



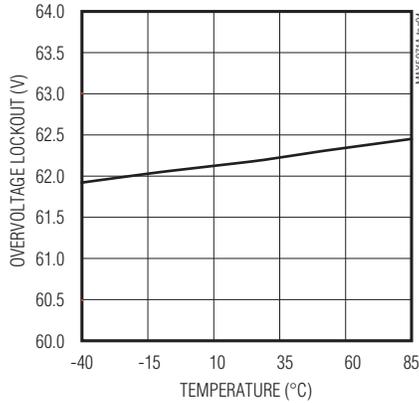
**ANALOG SUPPLY CURRENT vs. TEMPERATURE**



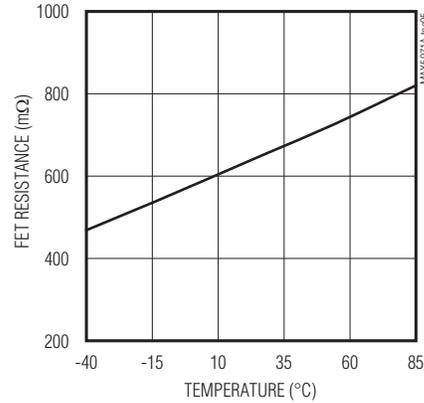
**V<sub>EE</sub> UNDERVOLTAGE LOCKOUT vs. TEMPERATURE**



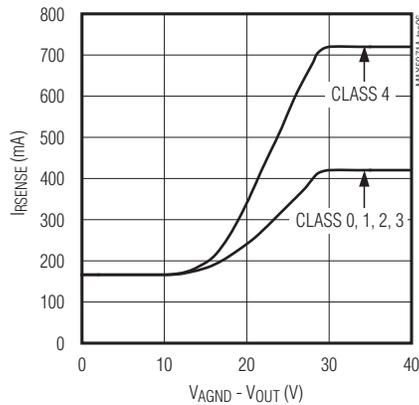
**V<sub>EE</sub> OVERVOLTAGE LOCKOUT vs. TEMPERATURE**



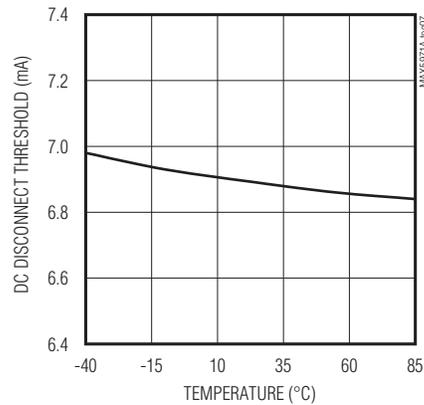
**INTERNAL FET RESISTANCE vs. TEMPERATURE**



**FOLDBACK CURRENT-LIMIT THRESHOLD vs. OUTPUT VOLTAGE**



**DC DISCONNECT THRESHOLD vs. TEMPERATURE**



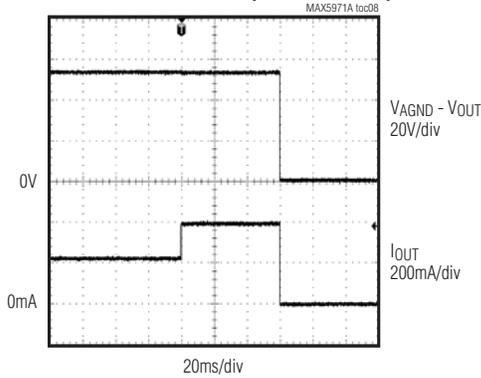
# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

MAX5971A

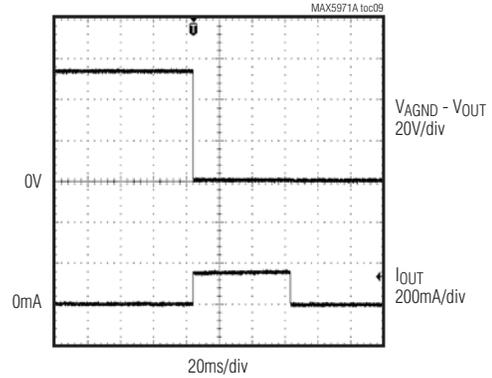
## 標準動作特性(続き)

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

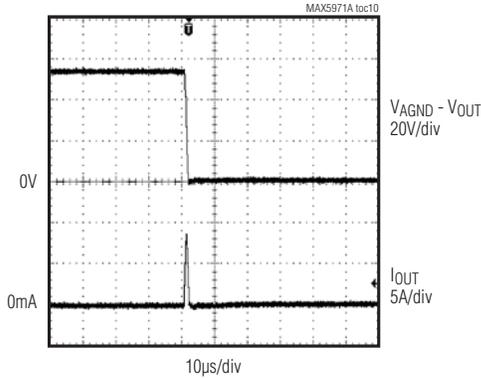
**OVERCURRENT TIMEOUT (240 $\Omega$  TO 138 $\Omega$ )**



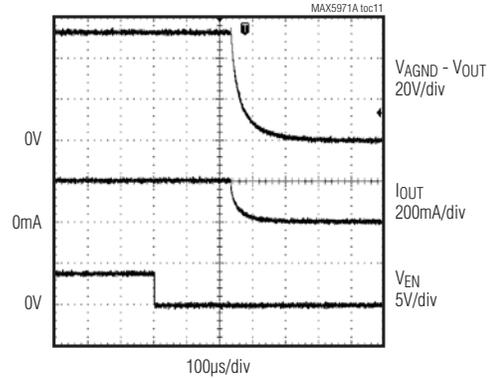
**SHORT-CIRCUIT RESPONSE TIME**



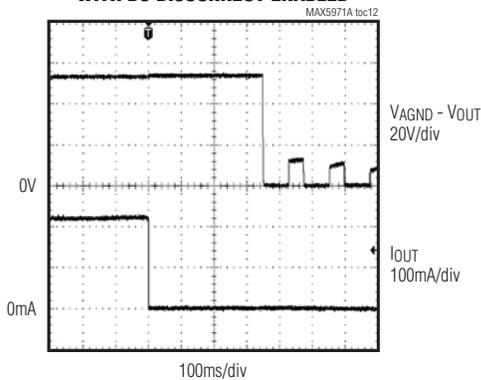
**SHORT-CIRCUIT TRANSIENT RESPONSE**



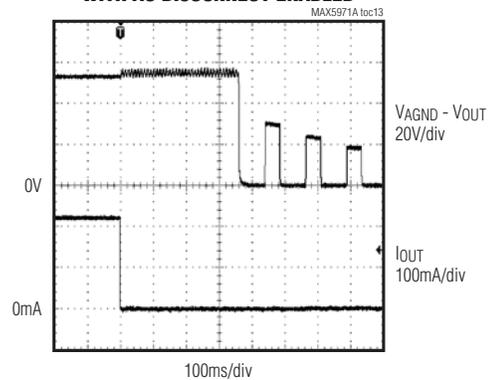
**EN TO OUT TURN-OFF DELAY**



**ZERO-CURRENT DETECTION WAVEFORM  
WITH DC DISCONNECT ENABLED**



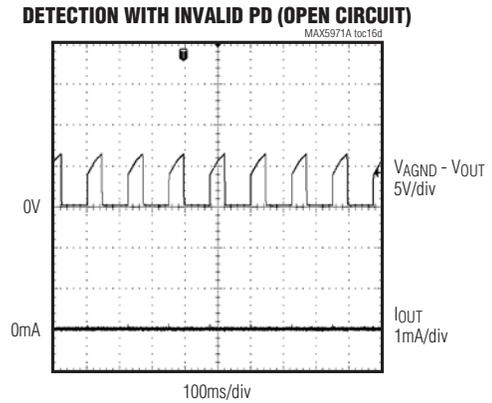
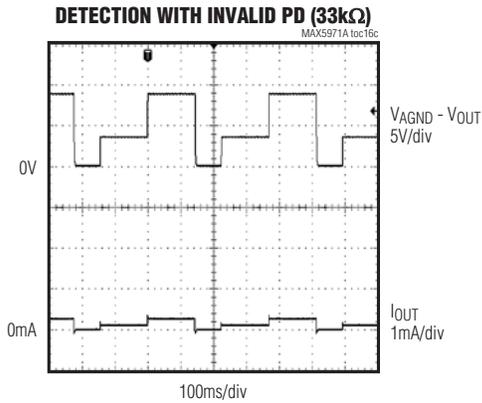
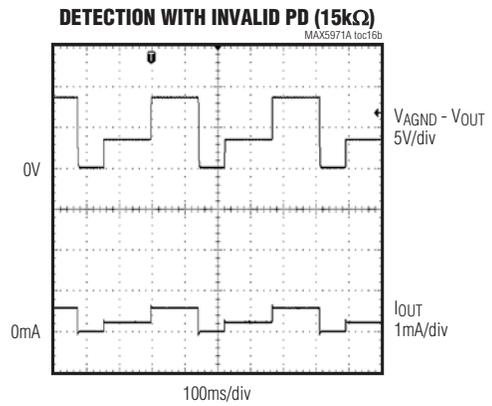
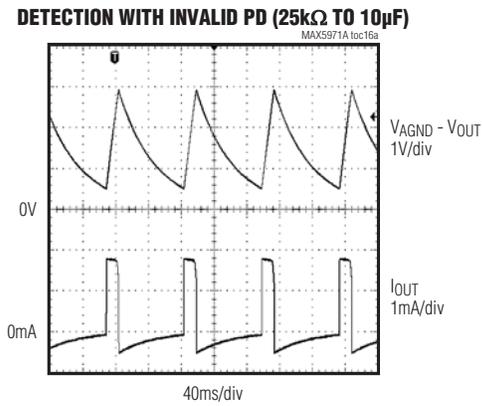
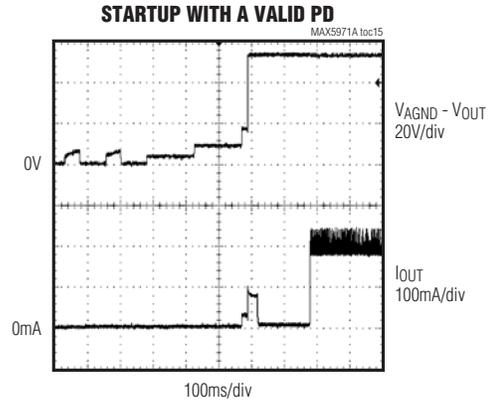
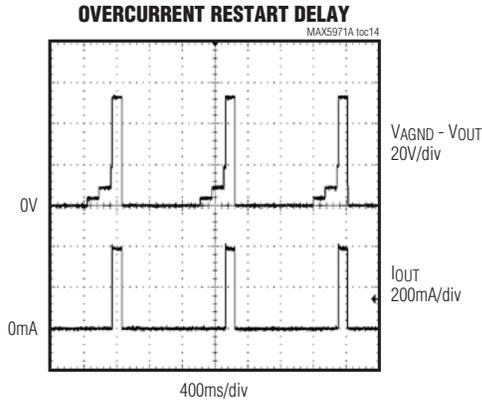
**ZERO-CURRENT DETECTION WAVEFORM  
WITH AC DISCONNECT ENABLED**



# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

## 標準動作特性(続き)

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



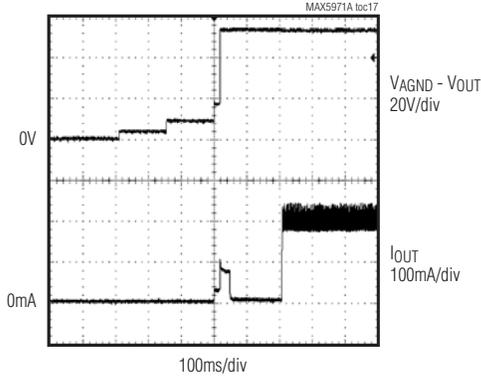
# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

MAX5971A

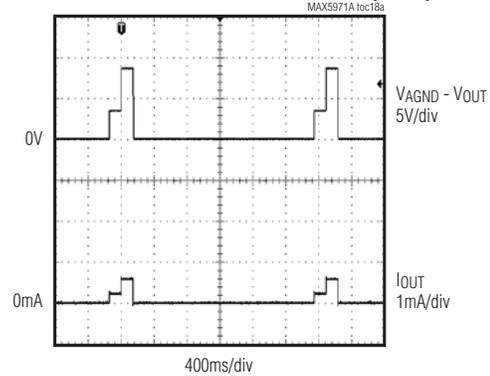
## 標準動作特性(続き)

(T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)

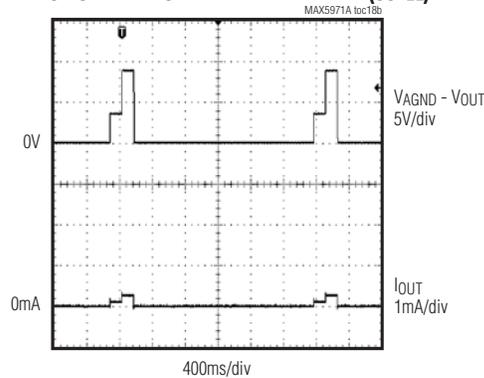
**STARTUP IN MIDSPAN WITH A VALID PD**



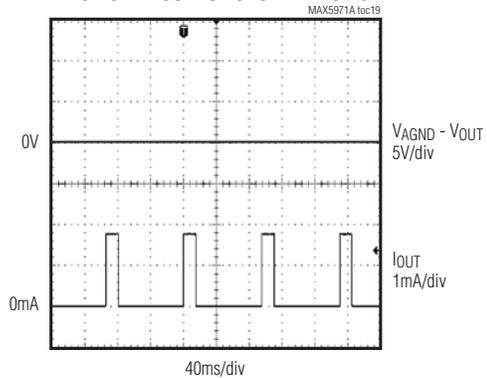
**DETECTION IN MIDSPAN WITH INVALID PD (15kΩ)**



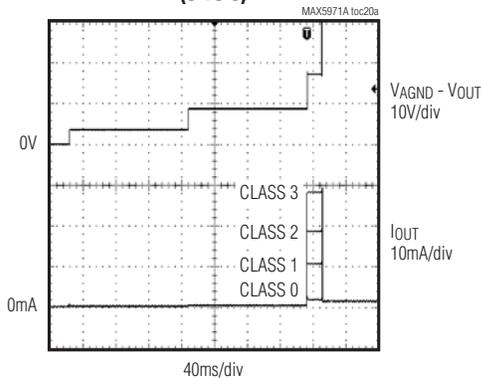
**DETECTION IN MIDSPAN WITH INVALID PD (33kΩ)**



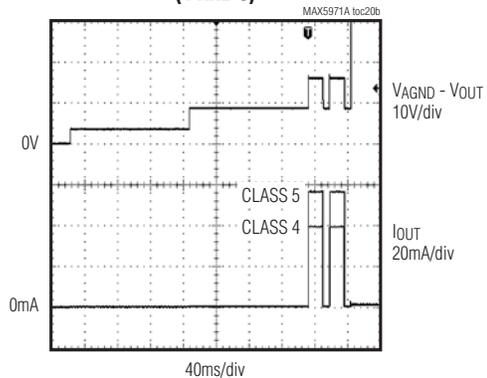
**DETECTION IN OUTPUT SHORTED TO AGND**



**CLASSIFICATION WITH DIFFERENT PD CLASSES  
(0 TO 3)**



**CLASSIFICATION WITH DIFFERENT PD CLASSES  
(4 AND 5)**

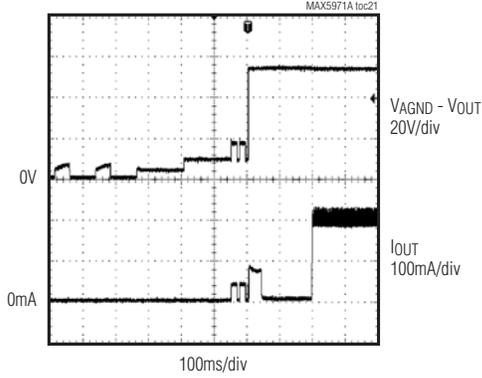


# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

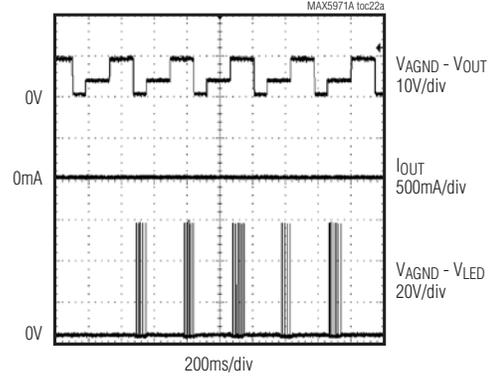
## 標準動作特性(続き)

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

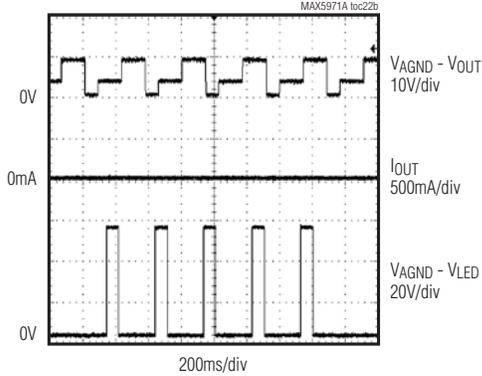
**STARTUP USING 2-EVENT CLASSIFICATION  
WITH A VALID PD**



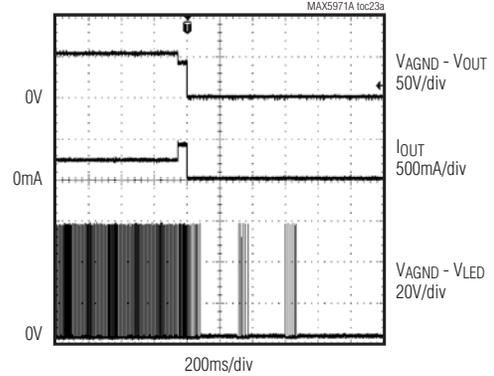
**LED DETECTION FAULT WITH PWM ENABLED**



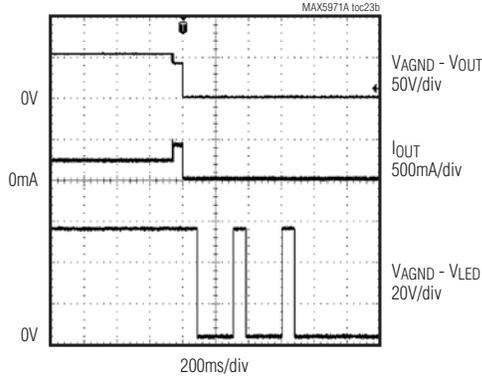
**LED DETECTION FAULT WITH PWM DISABLED**



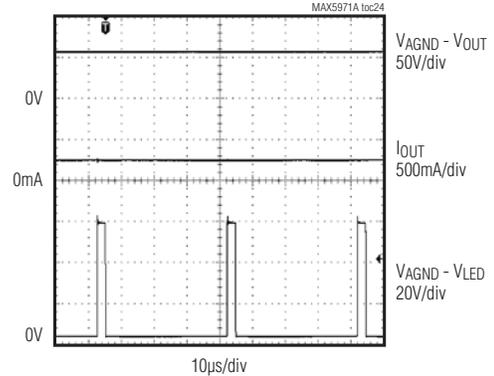
**LED OVERCURRENT FAULT WITH PWM ENABLED**



**LED OVERCURRENT FAULT WITH PWM DISABLED**



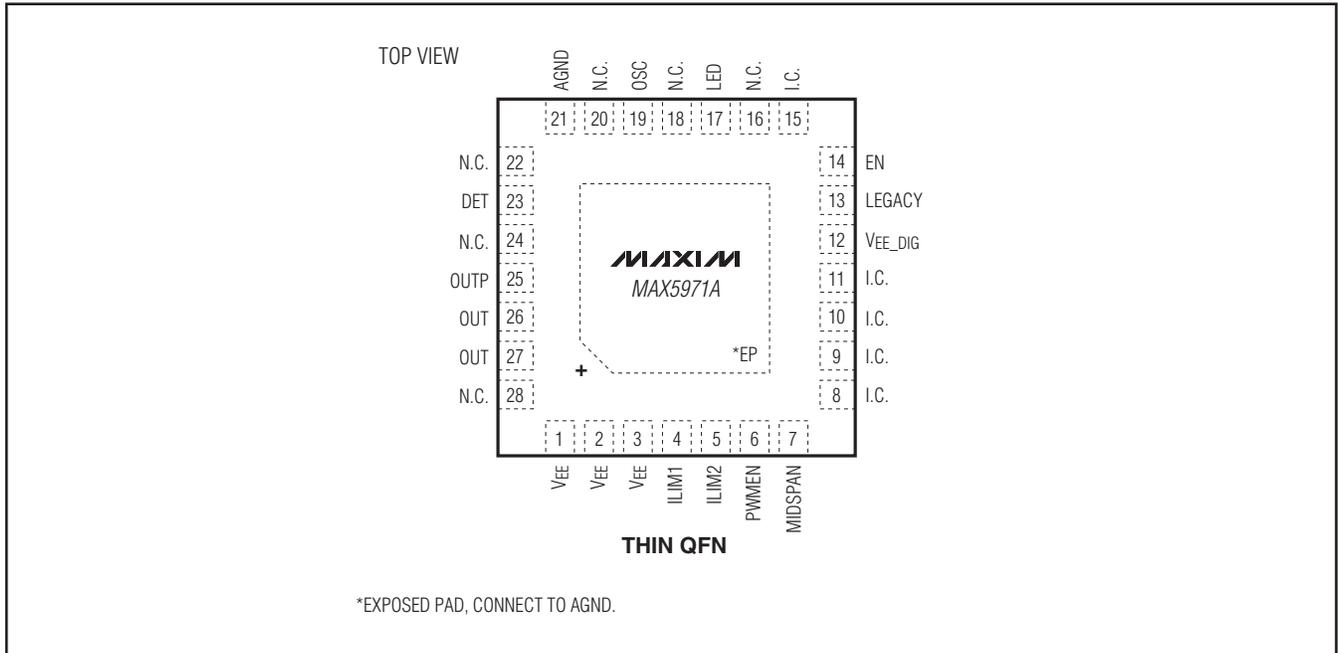
**LED PWM TIMING AND DUTY CYCLE**



# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

MAX5971A

## ピン配置



## 端子説明

端子	名称	機能
1, 2, 3	VEE	アナログローサイド電源入力。AGNDとVEE間に外付けの100V、47 $\mu$ Fコンデンサを100V、0.1 $\mu$ Fのセラミック容量を並列にしてバイパスしてください。
4	ILIM1	クラス5電流制限デジタル調整1。VEEを基準。ILIM1は内部でデジタル電源にプルアップされています。クラス5動作をイネーブルし、クラス5電流制限値を調整するには、ILIM1をILIM2とともに使用します。詳細は、「Electrical Characteristics (電気的特性)」の表、および「クラス5 PD分類」の項の表3を参照してください。
5	ILIM2	クラス5電流制限デジタル調整2。VEEを基準。ILIM2は内部でデジタル電源にプルアップされています。クラス5動作をイネーブルし、クラス5電流制限値を調整するには、ILIM2をILIM1とともに使用します。詳細は、「Electrical Characteristics」の表、および「クラス5 PD分類」の項の表3を参照してください。
6	PWMEN	PWM制御ロジック入力。VEEを基準。PWMENは内部でデジタル電源にプルアップされています。LEDピンを駆動するために内蔵PWMをイネーブルするには、未接続のままにします。内蔵PWMをディセーブルするには、ローに強制します。
7	MIDSPAN	検出衝突回避ロジック入力。VEEを基準。MIDSPANは内部でデジタル電源にプルアップされています。ミッドスパンPSEシステムの検出衝突回避回路をアクティブにするには、未接続のままにします。エンドポイントPSEシステムに対してこの機能をディセーブルするには、ローに強制します。MIDSPANロジックレベルは、デバイスのパワーアップ後またはリセット状態後にラッチされます。
8-11, 15	I.C.	内部で接続されています。I.C.をVEEに接続します。
12	VEE_DIG	デジタルローサイド電源入力。外部でVEEに接続します。

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

MAX5971A

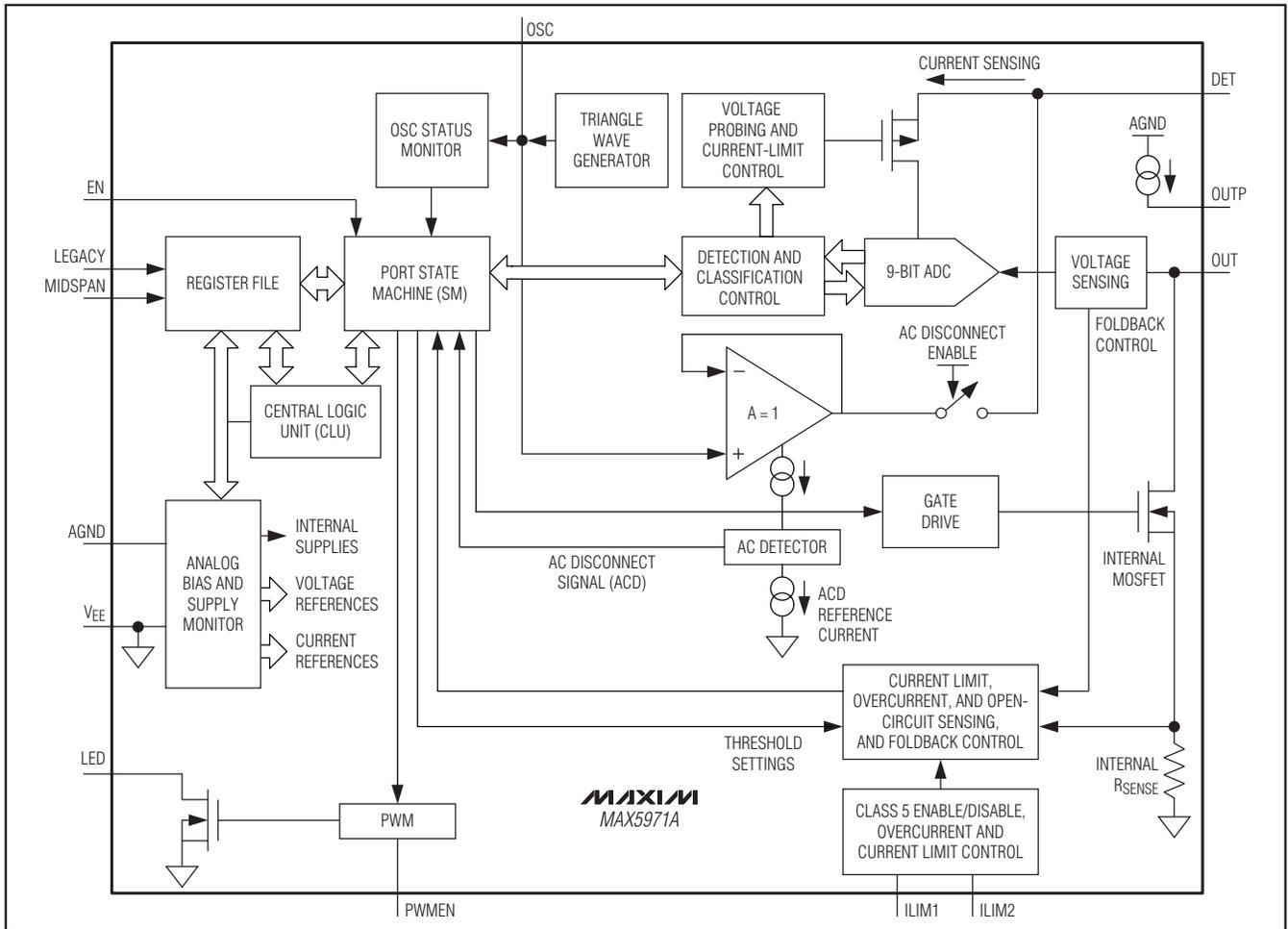
## 端子説明(続き)

端子	名称	機能
13	LEGACY	レガシー検出口ジック入力。V <sub>EE</sub> を基準。LEGACYは内部でデジタル電源にプルアップされています。レガシーPD検出をアクティブにするには、未接続のままにします。この機能をディセーブルするには、ローに強制します。LEGACYロジックレベルは、デバイスのパワーアップ後、またはリセット状態後にラッチされます。
14	EN	イネーブル入力。V <sub>EE</sub> を基準。ENは内部でデジタル電源にプルアップされています。このデバイスをイネーブルするには、未接続のままにします。このデバイスをリセットするには、最低40μsの間ローに強制します。MIDSPAN、OSC、およびLEGACYの各状態は、リセット条件が除去される(ローからハイへの遷移)とラッチインされます。
16, 18, 20, 22, 24, 28	N.C.	接続なし。内部で接続されていません。N.C.を未接続のままにします。
17	LED	LEDインジケータオーブンドレイン出力。V <sub>EE</sub> を基準。LEDは、10mAをシンク可能で、外部LEDを直接駆動することができます。さまざまな状態を示すために、点滅機能が提供されています(IPWMおよびLED信号)の項を参照)。LEDを外部でAGNDに接続する(図6および7を参照)か、直列抵抗を通じて外部電源(使用可能な場合)に接続します。
19	OSC	AC切断三角波出力。AC切断機能をイネーブルするには、100nF(±10%許容差)の外付けコンデンサでV <sub>EE</sub> にバイパスします。AC切断機能をディセーブルし、DC切断機能をアクティブにするには、OSCをV <sub>EE</sub> に接続します。OSC状態は、デバイスのパワーアップ後、またはリセット状態後にラッチされます。
21	AGND	ハイサイド電源入力
23	DET	検出/分類電圧出力。DETは、検出マークイベントおよび分類プローブ電圧の設定や、AC切断機能の使用時のAC電流検出に使用されます。AC切断機能を使用するには、OUTPに対して1kΩおよび0.47μFのRC直列回路を外付け保護ダイオードと並列にして配置します(図7参照)。
25	OUTP	ポートプルアップ出力。OUTPは、必要に応じて、ポート電圧をAGNDにプルアップするために使用されます。AC切断が使用される場合、OUTPをACブロッキングダイオードの陽極に接続します。AC切断が使用されない場合、OUTPをOUTに接続します(図6および8参照)。100V、0.1μFのセラミックコンデンサでOUTPをAGNDにバイパスします。
26, 27	OUT	内蔵MOSFET出力。DC切断が使用される場合、ポート出力をOUTPに接続します(図6および8参照)。AC切断機能が使用される場合、OUTをACブロッキングダイオードの陰極に接続します(図7参照)。
—	EP	エクスポーズドパッド。EPを外部でV <sub>EE</sub> に接続します。詳細は、「レイアウト手順」の項を参照。

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

MAX5971A

## 簡略図



## 詳細

MAX5971Aは、IEEE 802.3af/IEEE 802.3at準拠のPSE向けに設計されたシングルポートPSEパワーコントローラです。このデバイスは、PDの検出、分類、電流制限、およびDCとACの負荷切断検出を提供します。MAX5971Aは、ソフトウェア設定を必要とせずに自動的に動作し、パワーMOSFETおよび検出抵抗を内蔵しています。このデバイスは、ハイパワーPDの検出と分類に対応する新しいクラス5および2イベント分類もサポートしています。MAX5971Aは、最大40Wをシングルポート(クラス5イネーブル)に供給し、レガシーPDの大容量の検出も提供します。

MAX5971Aは、入力UVLO、入力過電圧ロックアウト、温度過昇検出、起動時の出力電圧スルーレート制限、およびLEDステータス表示を備えています。

## リセット

MAX5971Aは、以下のいずれかの条件によってリセットされます。

- 1) パワーアップ。V<sub>EE</sub>がUVLOスレッショルドより上昇すると、リセット条件がクリアされます。
- 2) ハードウェアリセット。パワーアップ後、EN入力がロー(40μs typ以上)に駆動されると、常にリセットが発生します。EN入力が再びハイに駆動されると、デバイスはリセット条件を抜け出します。
- 3) サーマルシャットダウン。デバイスは150°Cでサーマルシャットダウンに入ります。温度が130°C以下に下降すると、デバイスはサーマルシャットダウンを抜け出し、リセットされます。

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

リセット時、MAX5971AはMIDSPAN、LEGACY、およびOSCの状態をラッチします。通常動作時、これらの入力への変更は無視されます。

## ミッドスパンモード

ミッドスパンモードでは、デバイスは検出位相時、Cadenceタイミングを採用しています。Cadenceタイミングがイネーブルされ、検出の失敗が発生すると、ポートは2~2.4秒の経過を待ってから、再び検出を試みます。MIDSPANをハイに設定し、デバイスに給電またはリセットすると、ミッドスパンモードはアクティブになります。デフォルトでは、MIDSPAN入力は内部でハイに強制されています。この機能をディセーブルするには、MIDSPANをローに強制します。

## 自動動作

MAX5971Aは、リセット条件がクリアされると、自動的に動作します。このデバイスは、検出および分類を実行し、ポートに正当なPDが検出されるとポートを自動的にパワーアップします。ポートに正当なPDが接続されていない場合、MAX5971Aは、正当なPDが接続されるまで連続的に検出ルーチンを繰り返します。

## PD検出

通常動作時、MAX5971AはPDが正当であるか探索します。正当なPDは、IEEE 802.3af/802.3at規格に定められた25k $\Omega$ の検出シグネチャ特性を備えています。表1は、正当なPDのシグネチャを検出するPSEのIEEE 802.3at仕様を示しています。

検出時、MAX5971Aは、内蔵MOSFETをオフに維持し、DETを通じて2つのプローブ電圧を印加します。DETからの電流、およびOUTの電圧が測定されます。ポートに接続されたデバイスを検証するために、IEEE 802.3af/802.3at規格に定められているように、2ポイントスローブ測定が使用されます。

IEEE 802.3af/802.3at規格に定められているように、DET入力と直列の外付けダイオードによって、PD検出を最初のクワドラントに制限します。PD以外の機器への損傷を防ぎ、出力短絡回路から自身を保護するために、MAX5971Aは、PD検出時、DETへの電流を2mA (max)以下に制限します。

ミッドスパンモードでは、MAX5971Aは、検出が失敗するたびに最低2.0秒の経過を待ってから、さらに別の検出サイクルを試みます。ただし、最初の検出は、リセット条件を抜け出すと即時に起こります。

## 大容量検出

LEGACY入力のステータスは、パワーアップ時またはリセット条件のクリア後にラッチされます。LEGACY入力は、内部でハイにプルアップされていて、大容量検出がイネーブルになります。大容量検出が必要でなければ、この機能をディセーブルするために、LEGACYを $V_{EE}$ に接続します。大容量検出がイネーブルされている場合、最大47 $\mu$ F (typ)のPDシグネチャ容量が受け付けられます。

表1. PSE PI検出モードの電氣的要件(IEEE 802.3at)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	MAX	UNITS	ADDITIONAL INFORMATION
Open-circuit voltage	VOC		30	V	In detection mode only
Short-circuit current	ISC		5	mA	In detection mode only
Valid test voltage	VVALID	2.8	10	V	
Voltage difference between test points	$\Delta V_{TEST}$	1		V	
Time between any two test points	tBP	2		ms	This timing implies a 500Hz maximum probing frequency
Slew rate	VSLEW		0.1	V/ $\mu$ s	
Accept signature resistance	RGOOD	19	26.5	k $\Omega$	
Reject signature resistance	RBAD	< 15	> 33	k $\Omega$	
Open-circuit resistance	ROPEN	500		k $\Omega$	
Accept signature capacitance	CGOOD		150	nF	
Reject signature capacitance	CBAD	10		$\mu$ F	
Signature offset voltage tolerance	VOS	0	2.0	V	
Signature offset current tolerance	IOS	0	12	$\mu$ A	

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

## 受電機器分類(PD分類)

PD分類モード時、MAX5971Aは、DETにプローブ電圧(-18V typ)を印加し、DETへの電流を測定します。測定された電流によって、PDのクラスが決定されます。ILIM1およびILIM2ピンの両方が未接続のままになっている場合、MAX5971Aは、IEEE 802.3at規格の表33.9に基づいてPDを分類します(表2参照)。測定された電流が51mAを上回ると、MAX5971Aは、PDに給電せず、アイドル状態に戻ってから、新しい検出サイクルを試みます。

## クラス5 PD分類

MAX5971Aは、必要に応じて、追加の分類(クラス5)を提供することによって、IEEE 802.3at規格を超えるハイパワーをサポートします。クラス5検出をイネーブルし、対応する電流制限/過電流スレッショルドを選択するには、表3に詳述した組合せに基づいて、ILIM1およびILIM2を設定する必要があります。クラス5がイネーブルされると、

分類時、MAX5971Aがクラス4の上限スレッショルドを上回る電流を検出した場合、このPDはクラス5受電機器として分類されます。このPDは、51mAから分類電流制限スレッショルドまでの任意の分類電流に対し、クラス5機器として分類されることが保証されています。

クラス5の過電流スレッショルドおよび電流制限は、ILIM1およびILIM2によって設定されます。ILIM1およびILIM2は、いずれも、 $V_{EE}$ を基準とし、内部でデジタル電源にプルアップされています。クラス5検出をディセーブルし、IEEE 802.3at規格の分類に完全準拠するには、ILIM1およびILIM2を未接続のままにします。1つまたは両方を $V_{EE}$ に接続すると、クラス5検出がイネーブルされ、対応する過電流スレッショルドおよび電流制限が調整されます(表3参照)。

## 2イベントPD分類

最初の分類イベントの結果がクラス0~クラス3である場合、図1に示すように、1回の分類イベントのみが起こります。ただし、結果がクラス4またはクラス5(イネーブル時)である場合、このデバイスは、図2に示すように、2回目の分類イベントを実行します。分類サイクル間で、MAX5971Aは、IEEE 802.3at規格によって要求された1回目と2回目のマークイベントを実行し、DETに-9.0Vのプローブ電圧を印加します。

## 受電状態

MAX5971Aが受電状態に入ると、 $t_{FAULT}$ および $t_{DISC}$ タイマーがリセットされます。起動タイマーがタイムアウトすると、デバイスは通常の受電状態に入り、PDへの電力供給が可能になります。

表2. PDのPSE分類(IEEE 802.3at規格の表33.9)

MEASURED $I_{CLASS}$ (mA)	CLASSIFICATION
0 to 5	Class 0
> 5 and < 8	Can be Class 0 or 1
8 to 13	Class 1
> 13 and < 16	Either Class 1 or 2
16 to 21	Class 2
> 21 and < 25	Either Class 2 or 3
25 to 31	Class 3
> 31 and < 35	Either Class 3 or 4
35 to 45	Class 4
> 45 and < 51	Either Class 4 or Invalid

表3. クラス5の過電流スレッショルドおよび電流制限設定

ILIM2 CONFIGURATION	ILIM1 CONFIGURATION	OVERCURRENT THRESHOLD (mA)	CURRENT LIMIT (mA)
Unconnected	Unconnected	Class 5 disabled	Class 5 disabled
Unconnected	$V_{EE}$	748	850
$V_{EE}$	Unconnected	792	900
$V_{EE}$	$V_{EE}$	836	950

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

MAX5971A

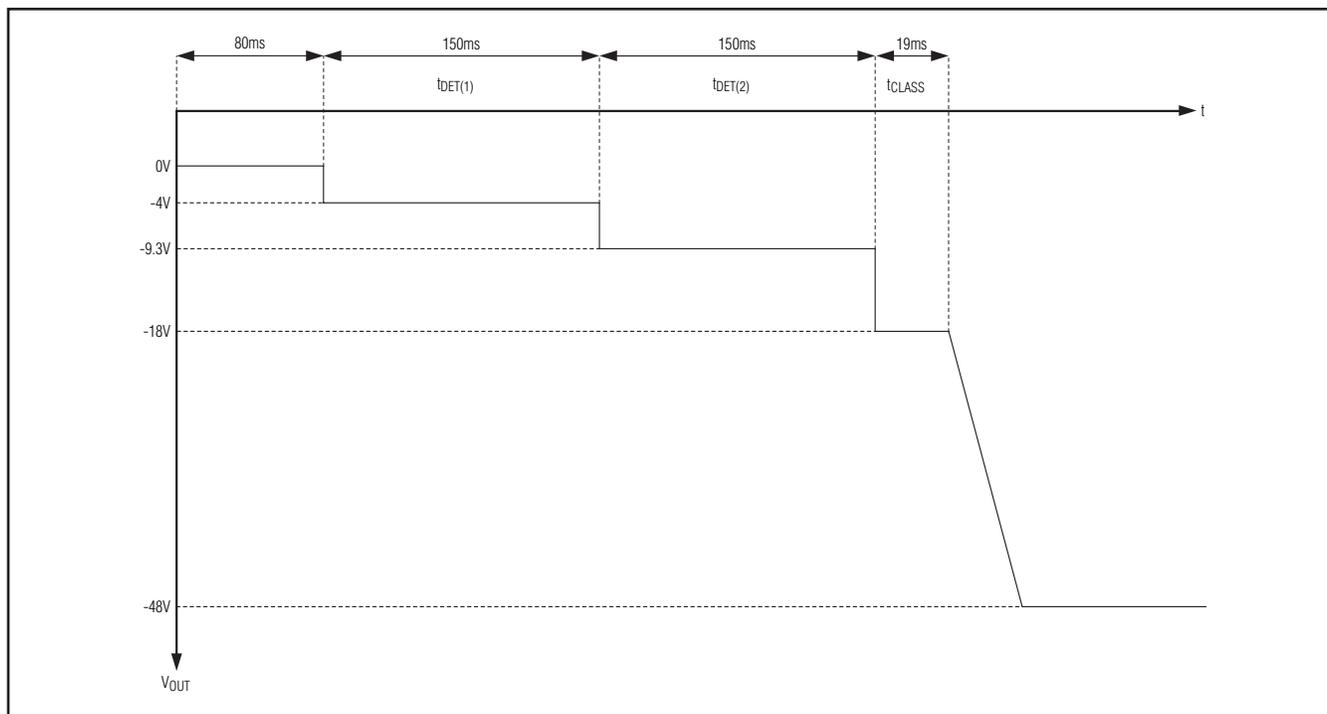


図1. 検出、分類、およびポートパワーアップシーケンス

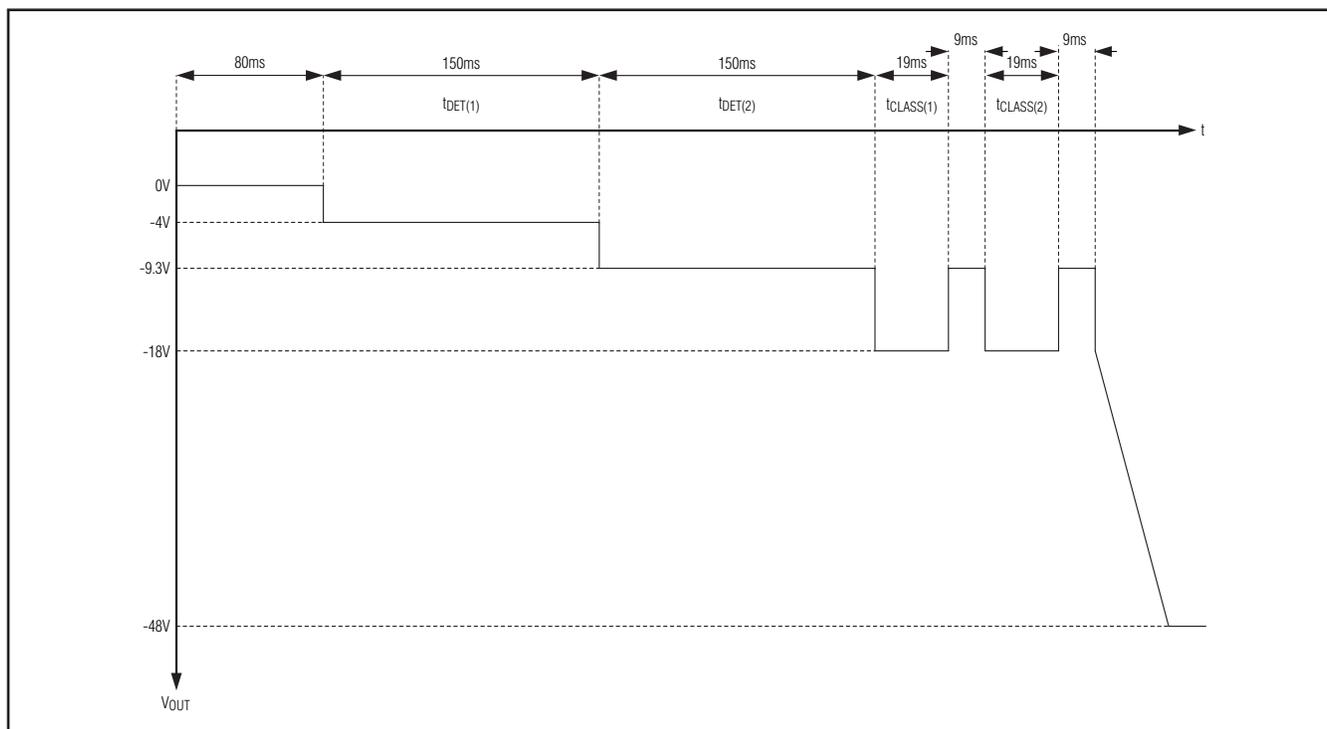


図2. 検出、2イベント分類、およびポートパワーアップシーケンス

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

## 過電流保護

MAX5971Aは、負荷電流を監視するために、内蔵MOSFETのソースと $V_{EE}$ 間に接続された検出抵抗 $R_{SENSE}$ （「簡略図」参照）を備えています。通常動作状態にある場合、 $R_{SENSE}$  ( $I_{RSENSE}$ )からの電流は、スレッショルド $I_{LIM}$ を上回ることはありません。 $I_{RSENSE}$ が $I_{LIM}$ を上回ると、内部電流制限回路が内蔵MOSFETのゲート電圧をレギュレートし、電流を制限します。過渡状態時、 $I_{RSENSE}$ が $I_{LIM}$ を2A以上上回ると、電流オーバーシュートから迅速に回復するために、高速プルダウ回路がアクティブになります。

通常受電状態では、MAX5971Aは、 $I_{CUT}$ を $I_{LIM}$ のおよそ88%にして過電流状態を確認します。 $t_{FAULT}$ カウンタは、最大許容連続過電流期間を設定します。このタイマーは、起動時および通常受電状態時のいずれの場合もインクリメントされますが、異なる条件下で行われます。起動時の場合、カウンタは $I_{RSENSE}$ が $I_{LIM}$ を上回ったときに増加するのに対し、通常受電状態時の場合、カウンタは $I_{RSENSE}$ が $I_{CUT}$ を上回ったときに増加します。 $I_{RSENSE}$ が $I_{LIM}$ または $I_{CUT}$ より下降すると、カウンタはより遅いペースで減少します。 $t_{FAULT}$ カウンタのデクリメントが遅くなると、短い過電流イベントの繰返しが検出可能になります。カウンタが $t_{FAULT}$ 制限に達すると、MAX5971Aはポートをパワーダ

ウンします。連続的なオーバーストレスの場合、正確に $t_{FAULT}$ 期間後にフォルトが発生します。

過電流フォルトに起因する電源オフ後、 $t_{FAULT}$ タイマーは即時にリセットされず、デクリメントを開始します。MAX5971Aでは、ポートは、 $t_{FAULT}$ カウンタがゼロに達したときのみ受電することができます。この機能によって、自動ポート電源デューティサイクル保護が内蔵MOSFETに設定されて、過熱が防止されます。

通常受電状態の場合、 $I_{LIM}$ および $I_{CUT}$ スレッショルドは、分類結果に従って自動的に設定されます（検出電流に基づく分類については表2参照、および対応するスレッショルドについては「Electrical Characteristics」の表参照）。起動時には、 $I_{LIM}$ は、検出されたクラスに関係なく、常に420mAに設定されます。

## フォールドバック電流

起動時および通常動作時、内部回路によって、ポート電圧が検出され、 $(V_{AGND} - V_{OUT}) < 27V$ である場合、電流制限値と過電流スレッショルドが低減されます。このフォールドバック機能は、内蔵MOSFETの電力損失を低減することに役立ちます。 $(V_{AGND} - V_{OUT}) < 10V$ である場合、電流制限は最終的に $I_{TH\_FB}$ まで低減します（図3参照）。

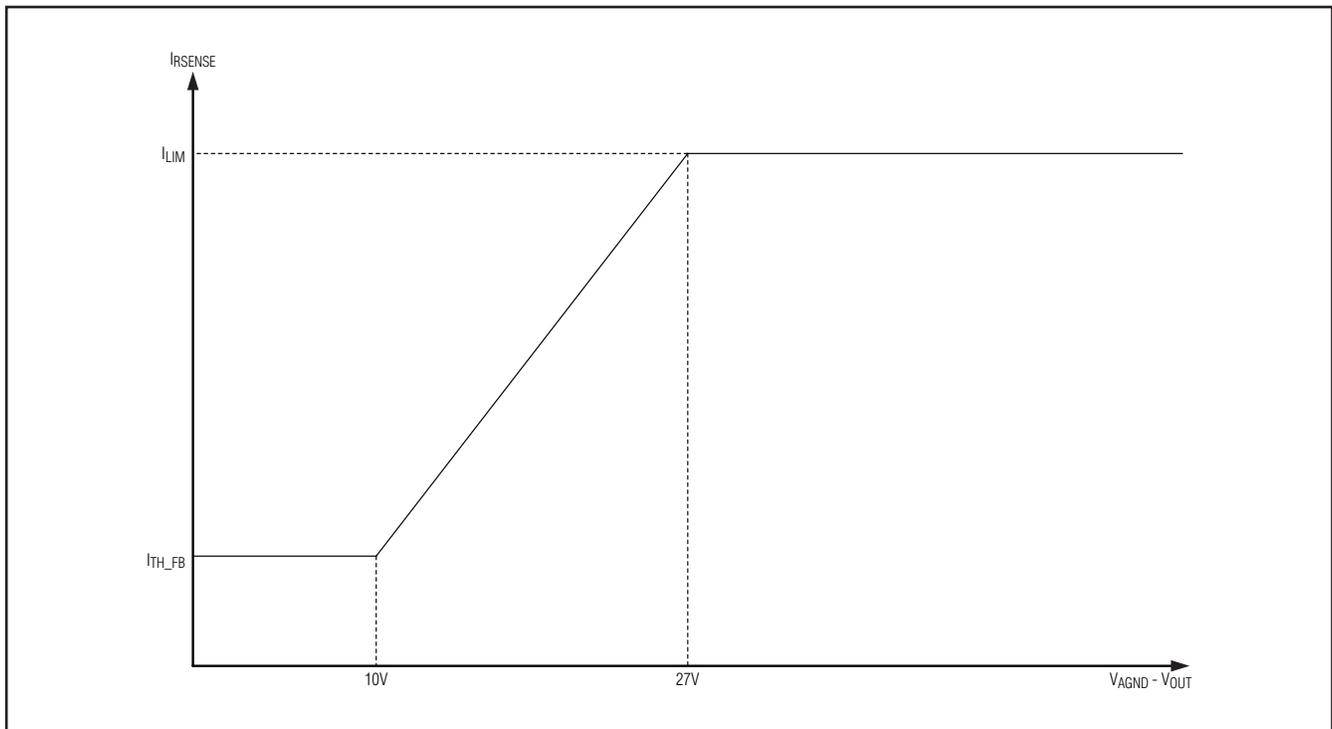


図3. フォールドバック電流特性

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

## デジタルロジック

MAX5971Aは、内部ロジック回路に給電するために、内部でデジタル電源( $V_{EE}$ 基準)を生成します。すべてのロジック入力および出力は、 $V_{EE}$ を基準にしています。デジタル入力スレッショルドについては、「Electrical Characteristics」の表を参照してください。デジタルロジック入力が外部から駆動されている場合、公称デジタルロジックレベルは3.3Vとなります。

## 低電圧および過電圧保護

MAX5971Aは、低電圧および過電圧保護機能を備えています。内部 $V_{EE}$ 低電圧ロックアウト( $V_{EE\_UVLO}$ )回路は、2.5ms以上の間、 $V_{AGND} - V_{EE}$ が28.5V (typ)を上回るまで、ポートをオフに維持し、MAX5971Aをリセット状態に維持します。 $(V_{AGND} - V_{EE})$ が62.5V (typ)を上回ると、内部 $V_{EE}$ 過電圧( $V_{EE\_OV}$ )回路がポートをシャットダウンします。

## DC切断の監視

DC負荷切断監視をアクティブにするには、OSCを $V_{EE}$ に強制し、デバイスに給電またはリセットします。 $t_{DISC}$ 以上の間、 $I_{RSENSE}$  ( $R_{SENSE}$ 両端間の電流)がDC負荷切断スレッショルド $I_{DCTH}$ より低下すると、デバイスはポート電源をオフにします。

## AC切断の監視

MAX5971Aは、AC負荷切断監視を備えています。AC切断をイネーブルするには、100nF ( $\pm 10\%$ 許容差)の外付け

コンデンサでOSCを $V_{EE}$ にバイパスし、デバイスに給電またはリセットします。AC切断がイネーブルされている場合、図7の標準動作回路に示すように、OUTに直列のブロッキングダイオード、およびDETダイオードに並列のRC回路を使用する必要があります。

AC切断は、内蔵の三角波発生器を使用し、プローブ信号を供給します。すると、その結果DET上に4V<sub>p-p</sub>振幅波が印加されます。DET上でプローブされた出力信号のコモンモードは、AGNDより5V低くなります。 $t_{DISC}$ 以上の間、DETへのAC電流ピークが $I_{ACTH}$ より下降すると、デバイスはポートをパワーダウンします。

## PWMおよびLED信号

MAX5971Aは、ポートステータスをユーザに通知するために、マルチ機能LEDドライバを備えています。LEDは、 $V_{EE}$ 基準のオープンドレインマルチ機能出力であり、外部LEDを駆動しながら、10mA (typ)までシンク可能です。ポートが正当なPDに接続され受電している場合、このLEDはオンになります。ポートが受電していないか、切断されている場合、LEDはオフになります。

その他の2つの状態の場合、MAX5971Aは、ポートステータスを通信するためにコードを点滅します。2回連続点滅は、ポート電源オン時に発生した過電流フォルトを示し、図4で詳述するタイミング特性を備えています。5回連続点滅は、検出時に無効なローまたはハイ検出シグネチャ抵抗が検出され、図5に詳述するタイミング特性を備えています。

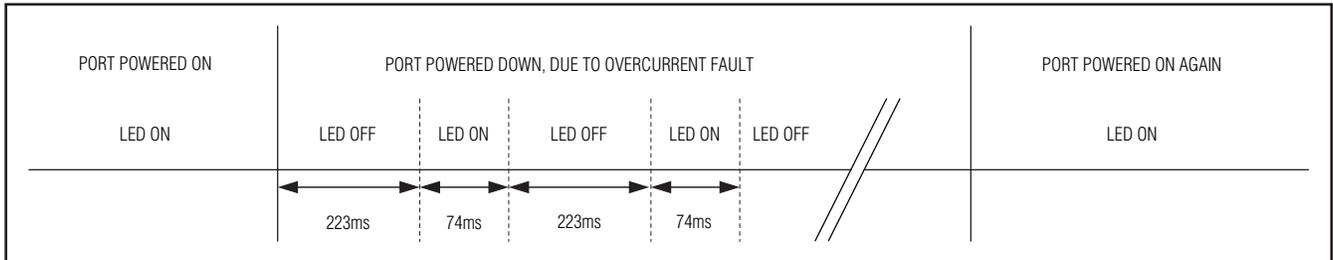


図4. ポート電源オン時の過電流フォルトのLEDコードタイミング

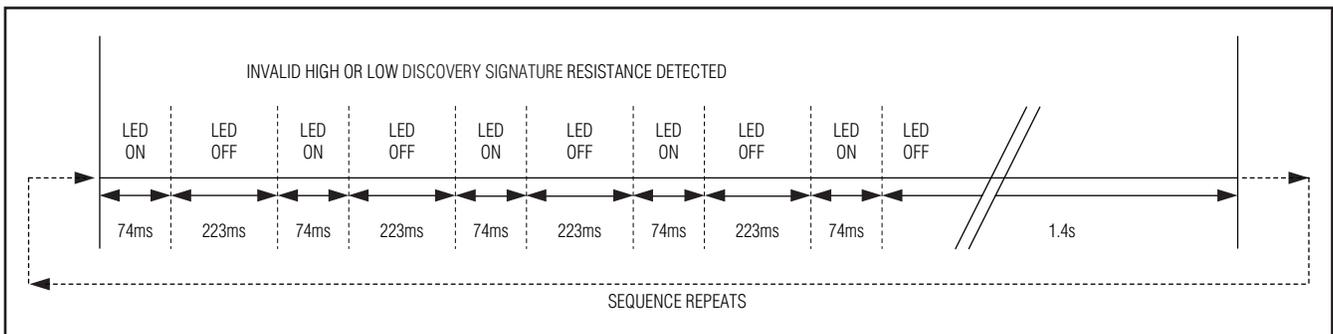


図5. ハイまたはロー検出シグネチャ抵抗による検出フォルトのLEDコードタイミング

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

MAX5971Aは、方形波PWM信号発生器を内蔵しています。このPWMは、約6.25%の標準デューティサイクルの25kHzの標準周波数で動作します。PWMENは、PWMをイネーブ爾またはディセーブ爾するために使用されます。PWMENは、内部でデジタル電源にプルアップされており、未接続のままにすることができ、内部PWMをイネーブ爾にします。イネーブ爾されている場合、LEDパルスはPWMによって駆動され、電力損失が低減され、システム効率が向上します。内部PWMをディセーブ爾するには、PWMENをローに強制します。すると、LEDは直接駆動されます。

## サーマルシャットダウン

MAX5971Aのダイ温度が150℃に達すると、温度過昇フォルトが生成され、デバイスはシャットダウンします。温度過昇フォルト条件を除去するには、ダイ温度を130℃以下に冷却する必要があります。サーマルシャットダウン条件がクリアされると、デバイスはリセットされます。

## アプリケーション情報

### レイアウト手順

高効率かつ低EMIを達成するために、注意深いPCBレイアウトが重要となります。最良の性能を得るために、以下のレイアウトガイドラインに従ってください。

- 1) 入力バイパス容量および出力バイパスコンデンサ(AGNDとOUTP間の0.1μFセラミックコンデンサ)を、可能な限りMAX5971Aの近くに配置します。
- 2) MAX5971Aなどの電力損失を生じるデバイスや高電力経路内の外付けダイオードには、大型のSMT部品パッドを使用します。
- 3) 高電力経路には、可能な場合は短くてかつ幅広いトレースを使用します。
- 4) MAX5971Aの評価キットをデザインおよびレイアウトの参考に使用します。
- 5) エクスポートパッド(EP)は、適正な動作と電力損失のために、PCBグラウンドに均一にはんだ付けする必要があります。放熱を最大限にするために、エクスポートパッドの下に複数のビアを使用します。これらのビアは、1.0mm~1.2mmのピッチ間隔が推奨され、めっき加工(1oz銅)され、小型バレル直径(0.30mm~0.33mm)である必要があります。

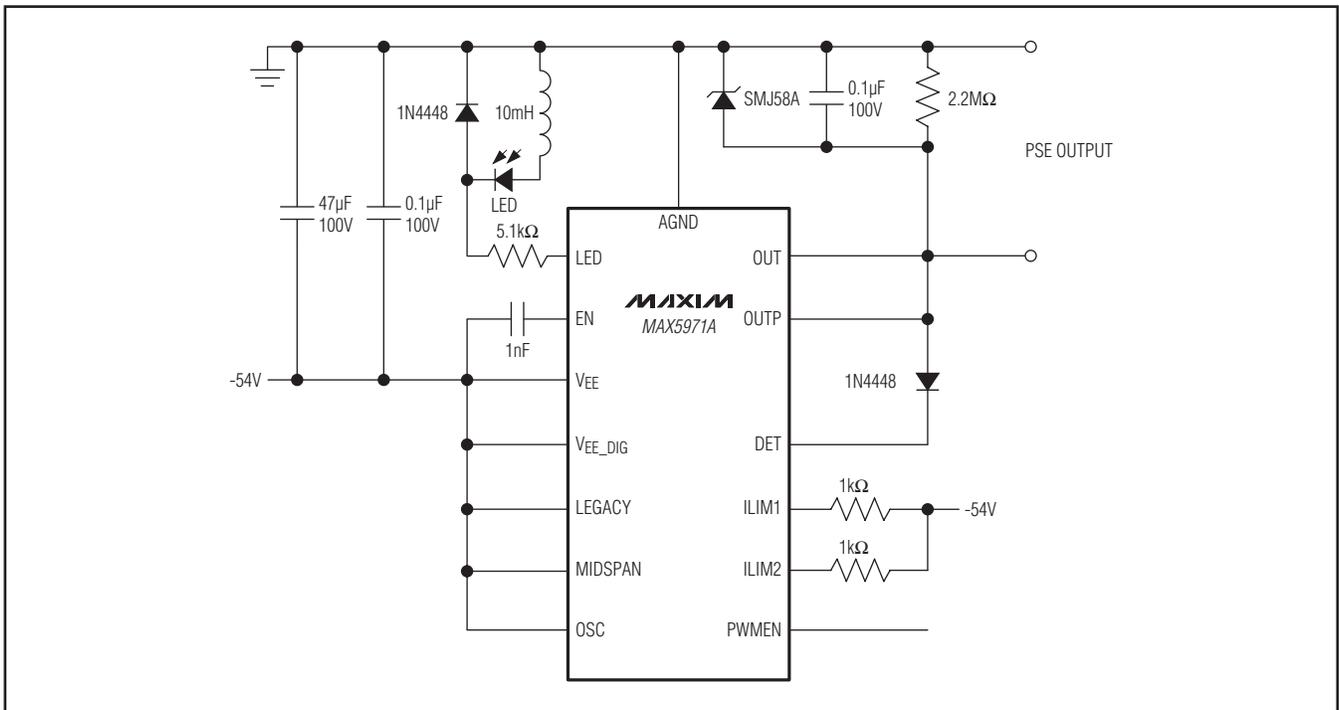


図6. 標準動作回路1 (DC負荷除去検出、LED表示対応内部PWM、およびクラス5検出対応)

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

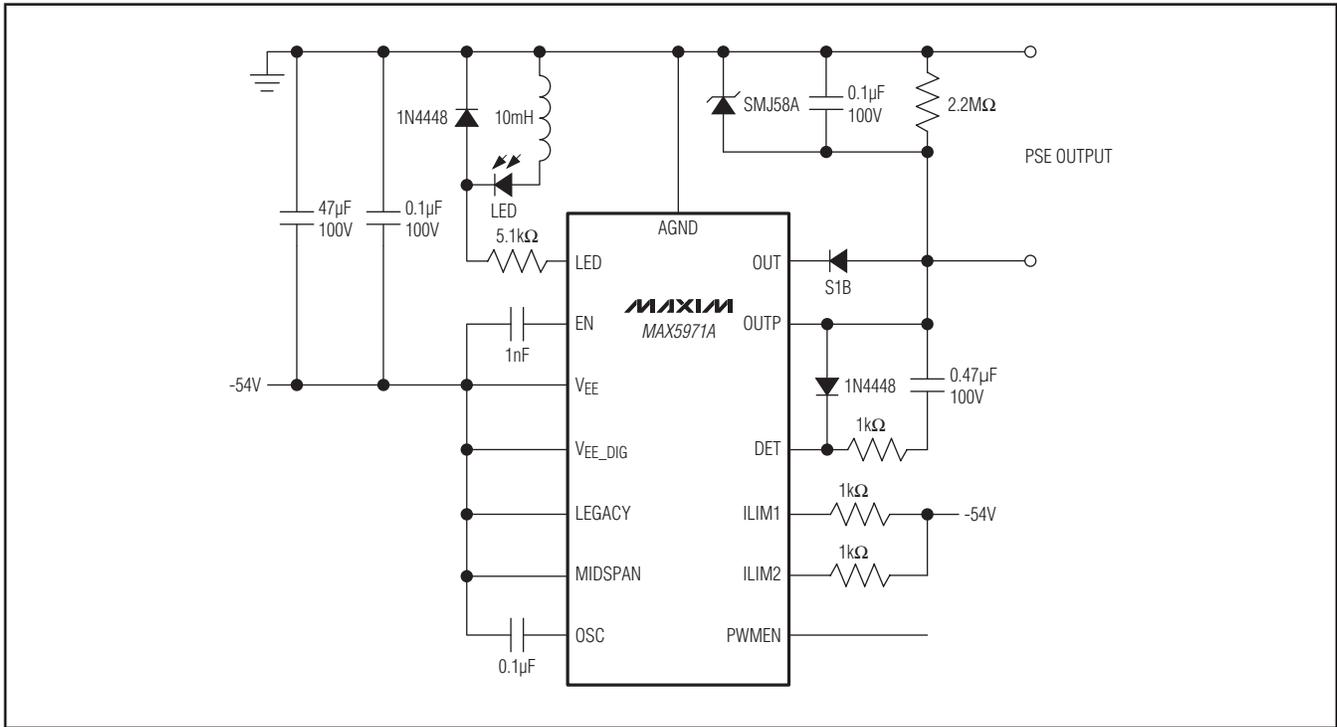


図7. 標準動作回路2 (AC負荷除去検出、LED表示対応内部PWM、およびクラス5検出対応)

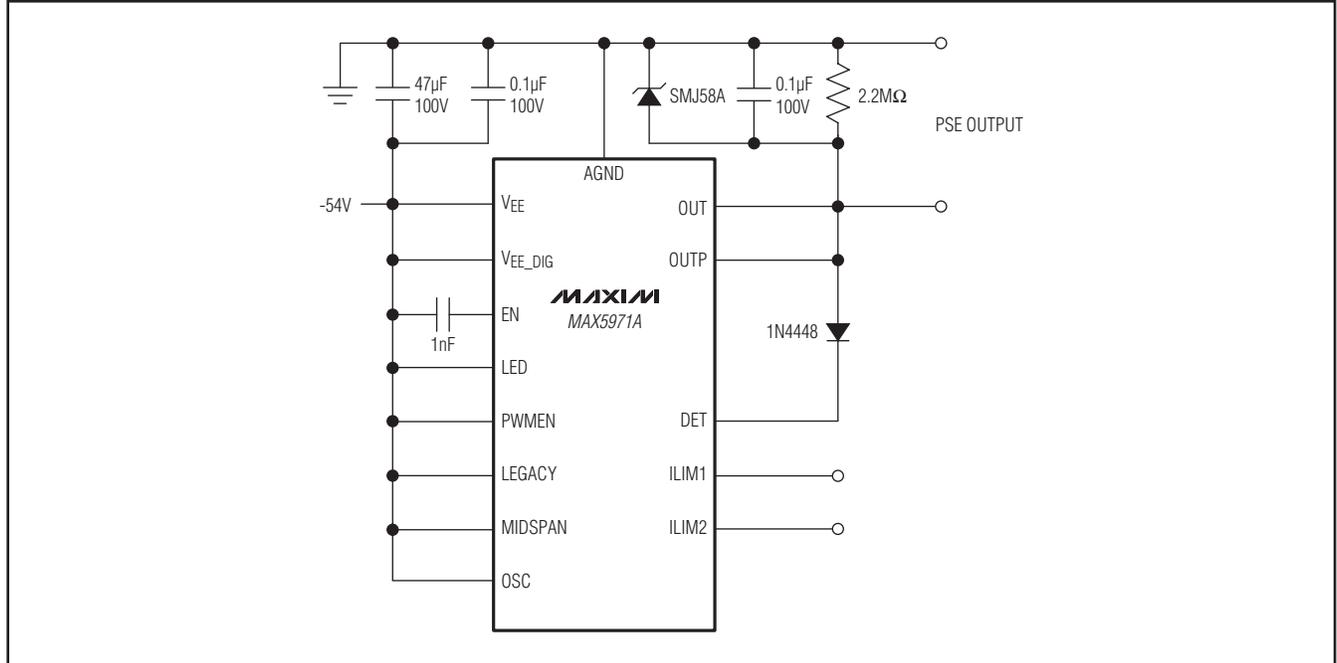


図8. 標準動作回路3 (IEEE 802.3at準拠、DC負荷除去検出付き、LED表示なしの最小アプリケーション回路)

# MOSFET内蔵、シングルポート、40W、 IEEE 802.3af/at PSEコントローラ

## チップ情報

PROCESS: BiCMOS

## 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は、[japan.maxim-integrated.com/packages](http://japan.maxim-integrated.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。

パッケージタイプ	パッケージコード	ドキュメントNo.
28 TQFN-EP	T2855+6	<b>21-0140</b>

MAX5971A

マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16 (ホリゾン1ビル)  
TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

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。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 21

© 2010 Maxim Integrated Products

Maxim is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.