

24/48 ポート IEEE 802.3bt PoE PSE コントローラ

特長

- ▶ IEEE 802.3bt に完全に適合したタイプ 3 の 2 ペア PSE
- ▶ 最大 48 個の PSE ポート (1 ポートあたり 1 個の電源チャンネル)
- ▶ +80V/-20V に対応可能なポート対向ピン
- ▶ ECC で保護された eFlash とデータ RAM
- ▶ 業界をリードする電力経路効率
 - ▶ 検出抵抗: 100mΩ
 - ▶ 30mΩ 以下の MOSFET $R_{DS(ON)}$
- ▶ チップセット構成時の電氣的絶縁
 - ▶ フォトカプラおよび 3.3V 絶縁型電源が不要
- ▶ 非常に信頼性の高いマルチポイント PD 検出
- ▶ 電圧、温度、電流を継続的に監視
- ▶ 1MHz I²C 対応のシリアル制御インターフェース
- ▶ ピンまたは I²C により PD 電力を設定可能
- ▶ 24 ピン 4mm × 4mm QFN パッケージ (LTC9101-2B)
および 64 ピン 7mm × 11mm QFN パッケージ (LTC9102)
で供給

アプリケーション

- ▶ PoE PSE スイッチ/ルータおよびミッドスパン

標準的応用例

概要

LTC[®]9101-2B/LTC9102 チップセットは、IEEE 802.3bt に適合するタイプ 3 の 2 ペア PoE (Power over Ethernet) システム用に設計された、12/24/48 ポートの給電デバイス (PSE) コントローラです。LTC9101-2B/LTC9102 は、802.3af、802.3at、および 802.3bt に準拠した PD に電力を供給するように設計されています。LTC9101-2B/LTC9102 チップセットは、パワー・チャンネルごとに低 $R_{DS(ON)}$ の外部 MOSFET と 0.1Ω の検出抵抗を利用することで、同様のデバイスの中で最も低い熱損失を実現します。トランス絶縁型の通信プロトコルを使用しているため、高価なオプト・カプラや複雑な絶縁型 3.3V 電源は不要で、部品コストを大幅に低減できます。

高度なパワー・マネージメント機能には、ポートごとの 14 ビット電流/電圧モニタリング、プログラマブル電力制限、事前選択したポートに対する柔軟な高速のシャットダウンなどが含まれています。PD 検出には独自のマルチポイント検出機構を使用しており、PD の誤検出を高い確率で防止します。また、Autoclass と 2 イベントによる物理層分類をサポートしています。LTC9101-2B/LTC9102 は、1MHz まで動作可能な I²C シリアル・インターフェースを内蔵しています。LTC9101-2B/LTC9102 は、ピンまたは I²C を使い、最大 25.5W までの範囲で PD への供給電力を設定できます。

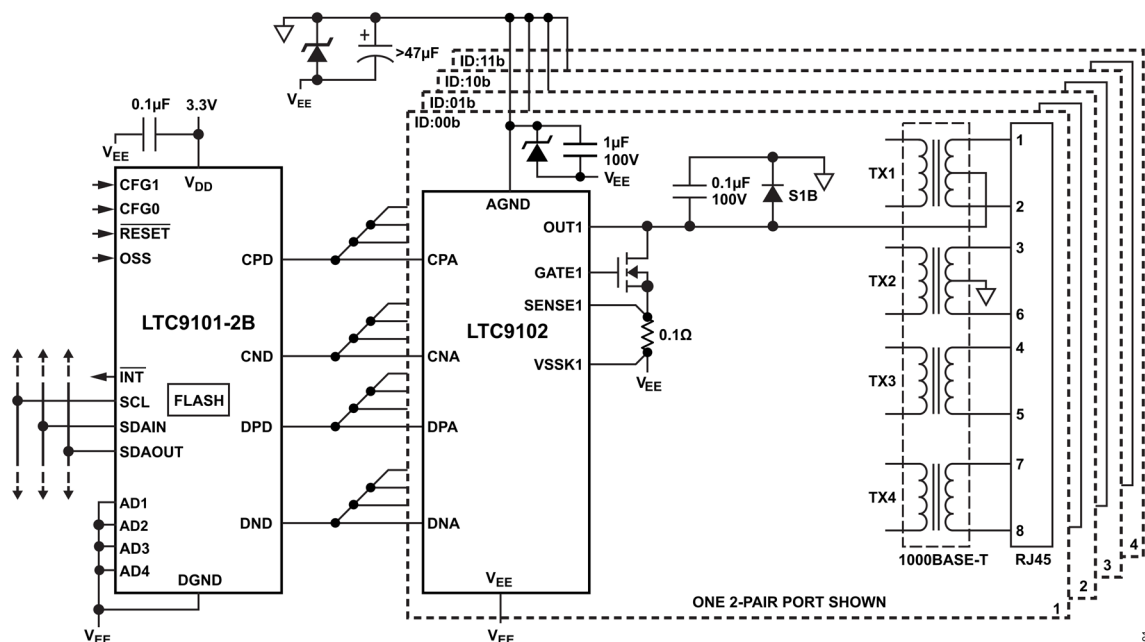


図 1. 802.3bt 2 ペア・アプリケーション (図は 1 ポートを示す)

アナログ・デバイセズでは、文化的に適切な用語および言語を提供するよう、技術資料の更新を行っております。これは広い範囲にわたるプロセスですが、できるだけ早期に段階的に導入して行く予定です。完了までしばらくお待ちいただけますようお願いいたします。

目次

特長	1	802.3bt 2 ペア動作	18
アプリケーション	1	PoE の基本	20
概要	1	デバイスの設定	21
標準的応用例	1	動作モード	22
絶対最大定格	3	接続チェック	22
LTC9101-2B	3	検出	22
LTC9102	3	分類	24
ESD に関する注意	3	電力の制御	26
ピン配置	4	シリアル・デジタル・インターフェース	30
オーダー情報	5	絶縁条件	30
電気的特性	6	外付け部品の選択	31
代表的な性能特性	10	レイアウト条件	35
テスト・タイミング図	14	代表的なアプリケーション	36
I ² C タイミング図	15	パッケージの説明	37
ピン機能	16	標準的応用例	39
アプリケーション情報	18	関連製品	39
概要	18		

改訂履歴

11/2024—Revision 0: Initial Version

絶対最大定格

LTC9101-2B

表 1. (Notes 1、4)

PARAMETER	RATING
Supply Voltages (with respect to DGND)	
V_{DD}	-0.3V to 3.6V
CAP1, CAP2	-0.3V to 1.32V
Digital Pins	
ADn, CFGn, OSS, SDAIN, SDAOUT, SCL, \overline{RESET} , \overline{INT}	-0.3V to $V_{DD} + 0.3V$
Analog Pins	
CPD, CND, DPD, DND	-0.3V to $V_{DD} + 0.3V$
Operating Ambient Temperature Range	-40°C to 85°C
Operating Junction Temperature Range (Note 2)	-40°C to 125°C
Storage Temperature Range	-65°C to 150°C

LTC9102

表 2. (Note 1)

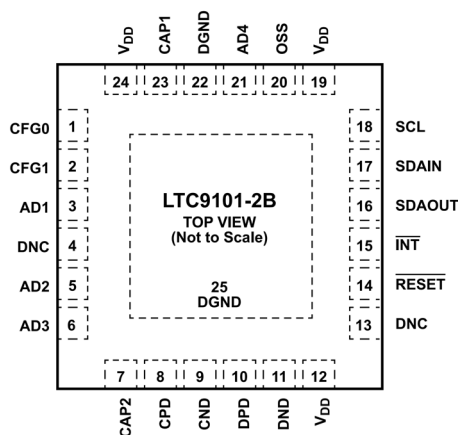
PARAMETER	RATING
Supply Voltages (with respect to V_{EE})	
AGND	-0.3V to 80V
PWRIN	-0.3V to 80V
CAP3, CAP4	-0.3V to 5V
VSSKn	-0.3V to 0.3V
Analog Pins	
SENSEn, OUTn	-20V to 80V
GATEn, IDn, PWRMDn	-0.3V to 80V
CPA, CNA, DPA, DNA	-0.3V to CAP3 + 0.3V
EXT3	-0.3V to 30V
Operating Ambient Temperature Range	-40°C to 85°C
Operating Junction Temperature Range (Note 2)	-40°C to 125°C
Storage Temperature	-65°C to 150°C

ESD に関する注意



ESD（静電放電）の影響を受けやすいデバイスです。電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

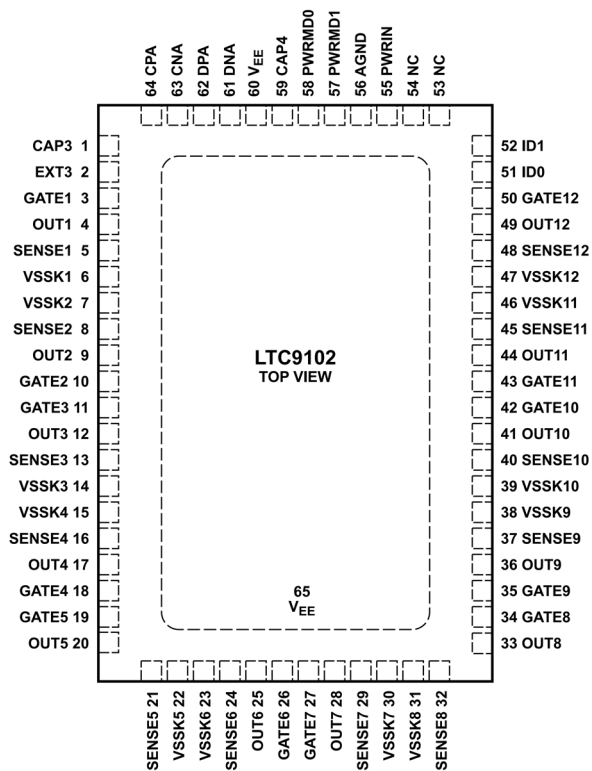
ピン配置



NOTES

- NOTES**
1. DNC = DO NOT CONNECT. DO NOT CONNECT TO THIS PIN.
 2. $\theta_{JC} = 4^{\circ}\text{C/W}$, $\theta_{JA} = 47^{\circ}\text{C/W}$
 3. EXPOSED PAD (PIN 25) IS DGND, MUST BE SOLDERED TO PCB.

図 2. LTC9101-2B



NOTES

- NOTES**
1. NC = NO CONNECT. DO NOT CONNECT TO THIS PIN.
 2. $\theta_{JC} = 1^{\circ}\text{C/W}$, $\theta_{JA} = 22^{\circ}\text{C/W}$
 3. EXPOSED PAD (PIN 65) IS V_{EE} , MUST BE SOLDERED TO PCB.

图 3. LTC9102

オーダー情報

表 3.

LEAD FREE FINISH	TAPE AND REEL	PART MARKING	PACKAGE DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE
LTC9101AUF-2B#PBF	LTC9101AUF-2B#TRPBF	9101B	24-Lead (4mm × 4mm) Plastic QFN	–40°C to 85°C
LTC9102AUKJ#PBF	LTC9102AUKJ#TRPBF	LTC9102	64-Lead (7mm × 11mm) Plastic QFN	–40°C to 85°C

更に広い動作温度範囲仕様のデバイスについては、弊社または弊社代理店までお問い合わせください。[テープ&リールの仕様](#)。一部のパッケージは指定された販売チャンネルを通じて 500 個単位のリールで供給され、製品番号末尾に「#TRMPBF」という記号が付いています。

電気的特性

*は全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ の仕様です。また、特に指定のない限り、 $\text{AGND} - V_{EE} = 55\text{V}$ 、 $V_{DD} - \text{DGND} = 3.3\text{V}$ です。(Notes 3、4)

表 4.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{DD}	Main PoE Supply Voltage	$\text{AGND} - V_{EE}$				
	Type 3 Compliant Output		* 51		57	V
	LTC9102 Undervoltage Lockout	$\text{AGND} - V_{EE}$	*	8.2	9	V
	V_{DD} Supply Voltage	$V_{DD} - \text{DGND}$	* 3	3.3	3.6	V
	Undervoltage Warning			2.8		V
	Undervoltage Lockout			2.6		
	V_{DD} Slew Rate, Falling	$2.4 \leq V_{DD} - \text{DGND} \leq 3.0$ (Note 7)			20	mV/ μs
V_{CAP1}, V_{CAP2}	Internal Regulator Supply Voltage	$V_{CAP1} - \text{DGND}, V_{CAP2} - \text{DGND}$ (Note 13)		1.2		V
V_{CAP3}	Internal 3.3V Regulator Supply Voltage	$\text{CAP3} - V_{EE}$ (Note 13)	* 3	3.3	3.6	V
$t_{CAP3EXT}$	CAP3 External Supply Rise Time	$0.5\text{V} < \text{CAP3} < \text{CAP3}(\text{Min})$, EXT3 Tied to CAP3 (Note 7)	*		1	ms
V_{CAP4}	Internal 4.3V Regulator Supply Voltage	$\text{CAP4} - V_{EE}$ (Note 13)	*	4.3		V
I_{EE}	V_{EE} Supply Current	PWRIN Pin Connected to AGND, EXT3 LOW, All Gates Fully Enhanced	7.7	11	14	mA
	3.3V Rail Supply Current	From CAP3 = 3.3V (EXT3 HIGH)	4.2	5.4	6.6	mA
I_{DD}	V_{DD} Supply Current	$(V_{DD} - \text{DGND}) = 3.3\text{V}$	*	40	60	mA
Detection						
	Forced Current	Load Resistance 15.5k to 32k	* 220	240	260	μA
			* 143	160	180	μA
	Forced Voltage	Load Resistance 18.5k to 27.5k	* 7	8	9	V
			* 3	4	5	V
V_{OC}	Detection Current Compliance	$\text{AGND} - \text{OUTn} = 0\text{V}$	*	0.8	0.9	mA
	Detection Voltage Compliance	$\text{AGND} - \text{OUTn}$, Open Port	*	10.4	12	V
	Detection Voltage Slew Rate	$\text{AGND} - \text{OUTn}$, $C_{PORT} = 150\text{nF}$ (Note 7)			0.01	V/ μs
	Min. Valid Signature Resistance		* 15.5	17	18.5	k Ω
	Max. Valid Signature Resistance		* 27.5	29.7	32	k Ω
Classification						
V_{CLASS}	Classification Voltage	$\text{AGND} - \text{OUTn}$, $\text{SENSEn} - \text{VSSKn} < 5\text{mV}$	* 16		20.5	V
	Classification Current Compliance	$\text{SENSEn} - \text{VSSKn}$, $\text{OUTn} = \text{AGND}$ (Note 14)	* 7	8	9	mV
	Classification Threshold	$\text{SENSEn} - \text{VSSKn}$ (Note 14)				
		Class Signature 0 – 1	* 0.5	0.65	0.8	mV
		Class Signature 1 – 2	* 1.3	1.45	1.6	mV
		Class Signature 2 – 3	* 2.1	2.3	2.5	mV
		Class Signature 3 – 4	* 3.1	3.3	3.5	mV
		Class Signature 4 – Overcurrent	* 4.5	4.8	5.1	mV
V_{MARK}	Classification Mark State Voltage	$\text{AGND} - \text{OUTn}$, $\text{SENSEn} - \text{VSSKn} < 5\text{mV}$	* 7.5	9	10	V
	Mark State Current Compliance	$\text{OUTn} = \text{AGND}$	* 7	8	9	mV
Gate Driver						
	GATE Pin Pull-Down Current	Port Off, $\text{GATEn} = V_{EE} + 5\text{V}$		1		mA
	GATE Pin Fast Pull-Down Current	$\text{GATEn} = V_{EE} + 5\text{V}$		65		mA
	GATE Pin On Voltage	$\text{GATEn} - V_{EE}$, $I_{\text{GATEn}} = 1\mu\text{A}$	* 11		14	V
Output Voltage Sense						
V_{PG}	Power Good Threshold Voltage	$\text{OUTn} - V_{EE}$	* 2	2.4	2.8	V
	OUT Pin Pull-Up Resistance to AGND	Port On		2500		k Ω
		Port Off	* 300	500	700	k Ω

電気的特性

表 4. (続き)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Current Sense						
V_{LIM-2P}	Active Current Limit	$OUTn - V_{EE} < 10V$				
		Class 1 to Class 3	*	40	42.5	45 mV
		Class 4	*	80	85	90 mV
$V_{INRUSH-2P}$	Active Current Limit, Inrush	$OUTn - V_{EE} < 30V$ (Note 15)	*	40	42.5	45 mV
$V_{HOLD-2P}$	DC Disconnect Sense Voltage	$SENSEn - VSSKn$	*	500	700	900 μV
V_{SC}	Short-Circuit Sense	$SENSEn - VSSKn - V_{LIM-2P}$		60		mV
Port Current Readback (See Typical Performance Characteristics, Note 16)						
	Full-Scale Range	(Notes 7, 15)		204.6		mV
	LSB Weight	$ SENSEn - VSSKn $, $VSSKn = V_{EE}$ (Note 14)		24.98		$\mu V/LSB$
	Conversion Period			1.967		ms
V_{EE} Readback (See Typical Performance Characteristics, Note 16)						
	Full-Scale Range	(Note 7)		82		V
	LSB Weight	$ AGND - V_{EE} $		10.01		mV/LSB
	Conversion Period			1.967		ms
Digital Interface						
V_{ILD}	Digital Input Low Voltage	$ADn, \overline{RESET}, OSS, CFGn$ (Note 6)	*		0.8	V
	I ² C Input Low Voltage	SCL, SDAIN (Note 6)	*		1	V
V_{IHD}	Digital Input High Voltage		*	2.2		V
	Digital Output Low Voltage	$I_{SDAOUT} = 3mA, I_{INT} = 3mA$	*		0.4	V
		$I_{SDAOUT} = 5mA, I_{INT} = 5mA$	*		0.7	V
	Internal Pull-Up to V_{DD}	$ADn, \overline{RESET}, OSS$		50		k Ω
	Internal Pull-Down to DGND	CFG0		50		k Ω
	EXT3 Pull-Down to V_{EE}			50		k Ω
	IDn Internal Pull-Up to CAP4	IDn = 0V		5		μA
PSE Timing Characteristics (Note 7)						
t_{DET}	Detection Time	Beginning to End of Detection	*	380	500	ms
t_{CLASS_RESET}	Classification Reset Duration		*	15		ms
t_{CEV}	Class Event Duration		*	6	15	20 ms
t_{CEVON}	Class Event Turn On Duration	$C_{PORT} = 0.6\mu F$	*		0.1	ms
t_{LCE}	Long Class Event Duration		*	88	105	ms
t_{CLASS}	Class Event I_{CLASS} Measurement Timing		*	6		ms
t_{CLASS_LCE}	Long Class Event I_{CLASS} Measurement Timing		*	6	75	ms
t_{CLASS_ACS}	Autoclass I_{CLASS} Measurement Timing		*	88	105	ms
t_{ME1}	Mark Event Duration (Except Last Mark Event)	(Note 11)	*	6	9.6	12 ms
t_{ME2}	Last Mark Event Duration	(Note 11)	*	6	20	ms
t_{PON}	Power On Delay, Auto Mode	From End of Valid Detect to End of Valid Inrush	*		400	ms
t_{AUTO_PSE1}	Autoclass Power Measurement Start	From End of Inrush to Beginning of Autoclass Power Measurement	*	1.4	1.6	s
t_{AUTO_PSE2}	Autoclass Power Measurement End	From End of Inrush to End of Autoclass Power Measurement	*	3.1	3.5	s
t_{AUTO_WINDOW}	Autoclass Average Power Sliding Window		*	0.15	0.23	0.3 s
t_{ED}	Fault Delay	From Power On Fault to Next Detect	*	1.0	1.3	1.8 s
t_{START}	Maximum Current Limit Duration During Inrush		*	50	60	75 ms
t_{LIM}	Maximum Current Limit Duration After Inrush	(Note 12)				
		$t_{LIMn} = 0x0$		50		ms
		$t_{LIMn} = 0x1$		15		ms
		$t_{LIMn} = 0x2$		10	15	22 ms

電気的特性

表 4. (続き)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
		$t_{LIMn} = 0x3$	6	11	17	ms
t_{MPS}	Maintain Power Signature (MPS) Pulse Width Sensitivity	Current Pulse Width to Reset Disconnect Timer (Note 8)	*		6	ms
t_{DIS}	Maintain Power Signature (MPS) Dropout Time	(Note 5)	* 320	370	400	ms
t_{BIT}	Bit Duration		* 24	25	26	μs
$t_{OSS-OFF}$	Shutdown Priority Delay		*	6.5	10	μs
t_{r_OSS}	OSS Rise Time		* 1		300	ns
t_{f_OSS}	OSS Fall Time		* 1		300	ns
t_{OSS_IDL}	OSS Idle Time			50		μs
	I ² C Watchdog Timer Duration		* 1.5	2	3	s
	Minimum Pulse Width for Masked Shutdown		* 3			μs
	Minimum Pulse Width for RESET		* 4.5			μs

I²C Timing (Note 7)

f_{SCLK}	Clock Frequency		*		1	MHz
t_1	Bus Free Time	Figure 31 (Note 9)	* 480			ns
t_2	Start Hold Time	Figure 31 (Note 9)	* 240			ns
t_3	SCL Low Time	Figure 31 (Note 9)	* 480			ns
t_4	SCL High Time	Figure 31 (Note 9)	* 240			ns
t_5	SDAIN Data Hold Time	Figure 31 (Note 9)	* 60			ns
	Data Clock to SDAOUT Valid	Figure 31 (Note 9)	*		250	ns
t_6	Data Set-Up Time	Figure 31 (Note 9)	* 80			ns
t_7	Start Set-Up Time	Figure 31 (Note 9)	* 240			ns
t_8	Stop Set-Up Time	Figure 31 (Note 9)	* 240			ns
t_r	SCL, SDAIN Rise Time	Figure 31 (Note 9)	*		120	ns
t_f	SCL, SDAIN Fall Time	Figure 31 (Note 9)	*		60	ns
	Fault Present to \overline{INT} Pin Low	(Notes 9, 10)	*		150	ns
	Stop Condition to \overline{INT} Pin Low	(Notes 9, 10)	*		1.5	μs
	ARA to \overline{INT} Pin High Time	(Note 9)	*		1.5	μs
	SCL Fall to ACK Low	(Note 9)	*		250	ns

- Note 1 :** 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えます。
- Note 2 :** このチップセットは、一時的な過負荷状態からデバイスを保護することを目的とした過熱保護機能を備えています。過熱保護機能が作動した場合、ジャンクション温度は 140°C を超過しています。仕様規定された最高動作ジャンクション温度より上での連続動作はデバイスの信頼性を損なう可能性があります。
- Note 3 :** デバイスのピンに流れ込む電流はすべて正です。デバイスのピンから流れ出す電流はすべて負です。
- Note 4 :** LTC9102 は負の電源電圧 (AGND 基準) で動作します。混乱を避けるために、このデータシートの電圧は絶対値で示されています。
- Note 5 :** t_{DIS} は、IEEE 802.3 に定める t_{MPDO} と同じです。
- Note 6 :** LTC9101-2B のデジタル・インターフェースは DGND 基準で動作します。すべてのロジック・レベルは DGND 基準で測定されます。
- Note 7 :** 設計上の性能は確保していますが、テストの対象外です。
- Note 8 :** IEEE 802.3 は、電力維持のための最小 PSE および PD 入力電流条件のセットとして MPS を定義しています。LTC9101-2B/LTC9102 のポートは、 $V_{SENSEn} - V_{SSKn} \geq V_{HOLD-2P}$ の状態が t_{MPS} に達するとその MPS タイマーをリセットし、 $V_{SENSEn} - V_{SSKn} \geq V_{HOLD-2P}$ の状態が t_{DIS} を超えるとポートの電力供給を停止します。切断のセクションを参照してください。
- Note 9 :** V_{IHD} で測定した値。

電气的特性

Note 10 : I²C トランザクション中にフォルト状態が生じた場合でも、I²C バスの停止条件が満たされるまで $\overline{\text{INT}}$ ピンはプルダウンされません。

Note 11 : マーク時の LTC9102 の負荷特性 : $7\text{V} < (\text{AGND} - \text{V}_{\text{OUTn}}) < 10\text{V}$

Note 12 : シリアル・バスの使用法、デバイスの設定、およびステータス・レジスタについては、LTC9101-2B ソフトウェア・インターフェース・ガイドを参照してください。

Note 13 : CAP1、CAP2、CAP3、CAP4 から電流のソースやシンクはしないでください。

Note 14 : ポート電流とポート電力の測定値は、検出抵抗の値（代表値 : 0.1Ω ）によって異なります。詳細については、[外付け部品の選択](#)のセクションを参照してください。

Note 15 : 突入電流閾値の選択については、[突入電流の制御](#)のセクションを参照してください。

Note 16 : ADC の特性と代表的性能値は、LTC9102 のハードウェア能力に関するものです。LTC9102 での測定値は LTC9101-2B で処理と合成が行われます。レジスタの説明とユーザに提示される LSB の重み付け（ポート電流、ポート電圧、V_{EE} 電圧、およびシステム温度）については、LTC9101-2B ソフトウェア・インターフェース・ガイドを参照してください。

代表的な性能特性

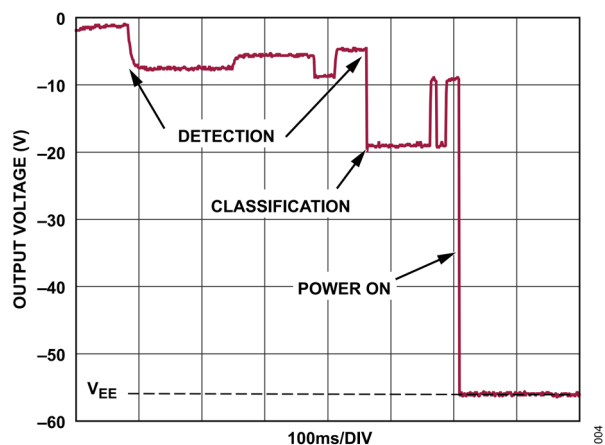


図 4. パワー・オン・シーケンス、802.3bt 2 ペア

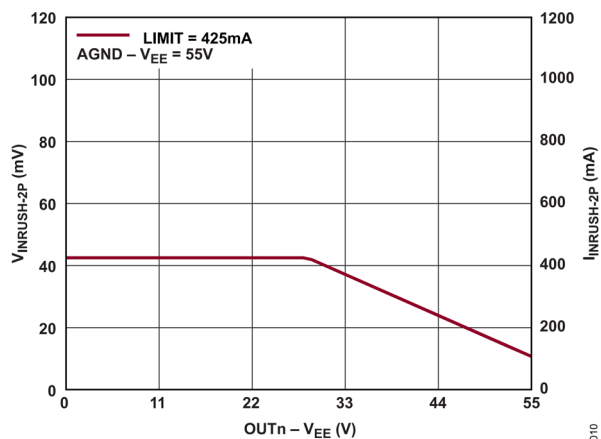


図 7. 突入電流制限 (Note 15)

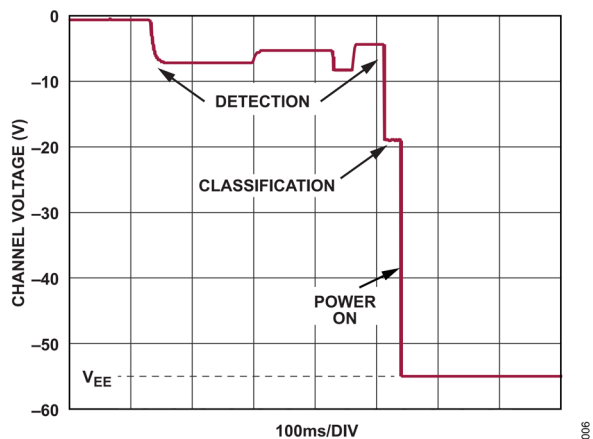


図 5. パワー・オン・シーケンス、タイプ 1 モード

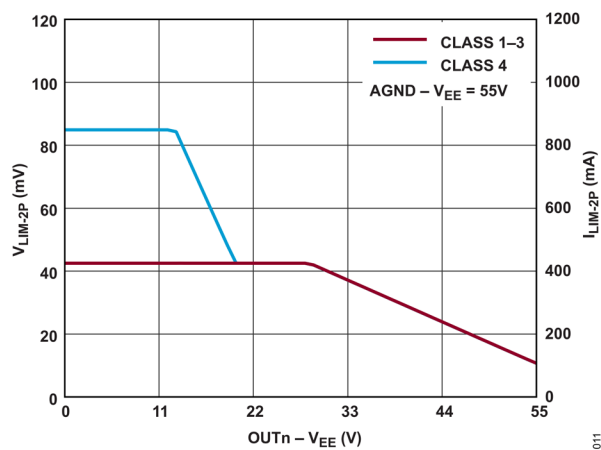


図 8. パワー・オン電流制限

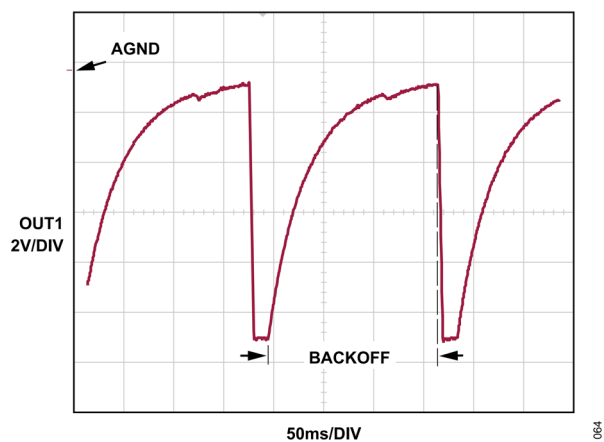


図 6. オープン・サーキット検出

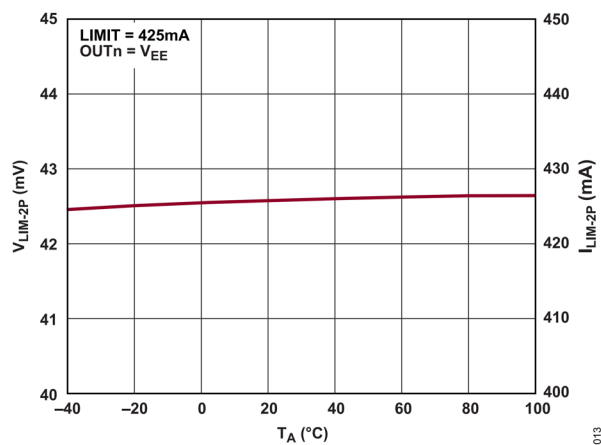


図 9. I_{LIM-2P} と温度の関係

代表的な性能特性

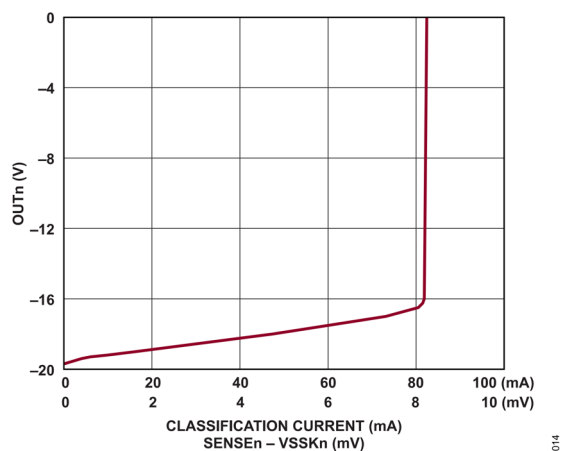


図 10. 分類電流コンプライアンス

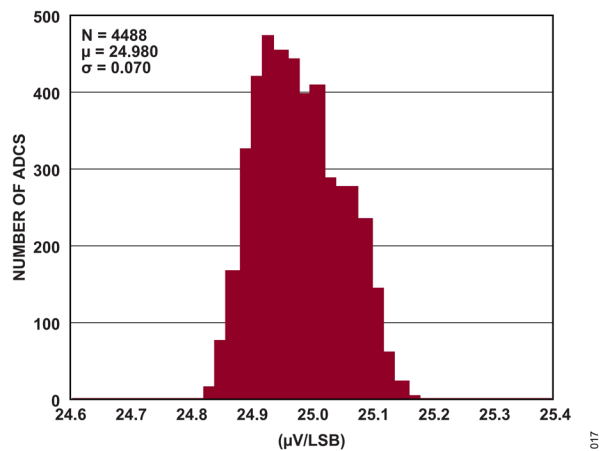


図 13. ポート電流リードバック LSB

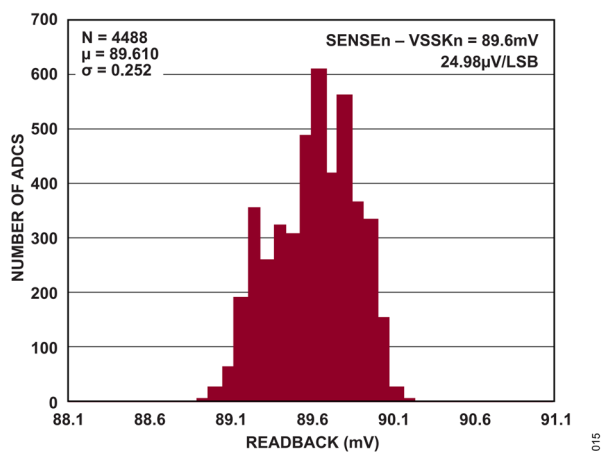


図 11. ポート電流のリードバック

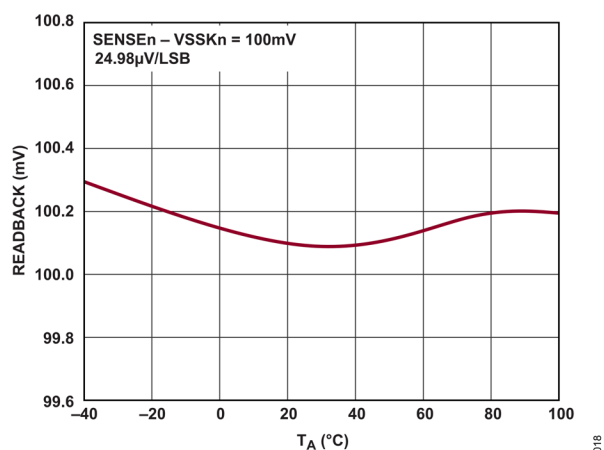


図 14. ポート電流リードバックと温度の関係

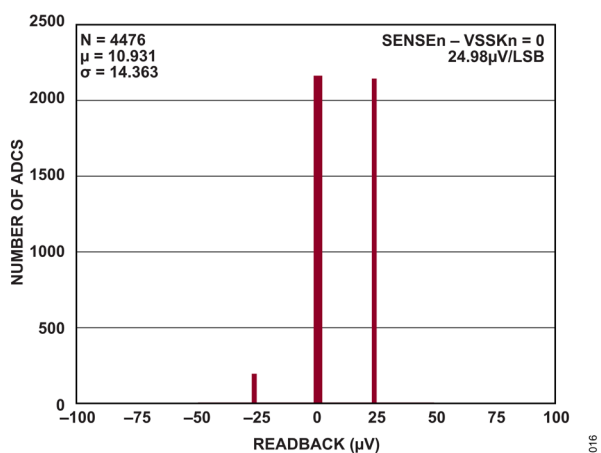


図 12. ポート電流リードバック・オフセット

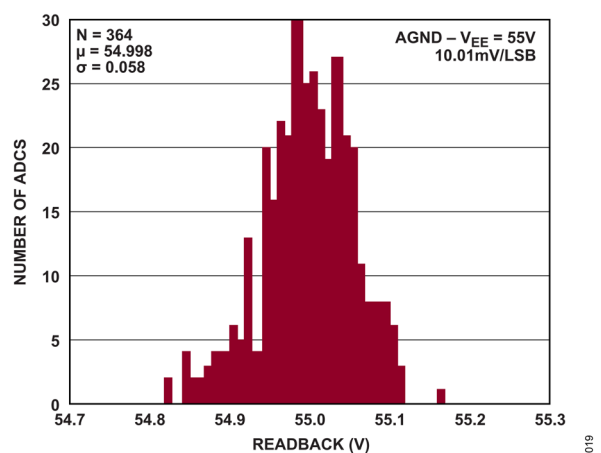


図 15. VEE のリードバック

代表的な性能特性

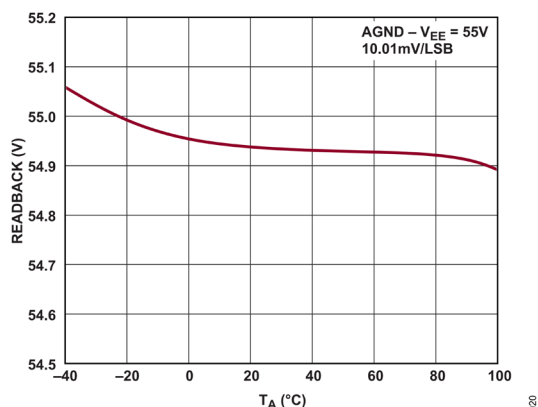


図 16. V_{EE} リードバックと温度の関係

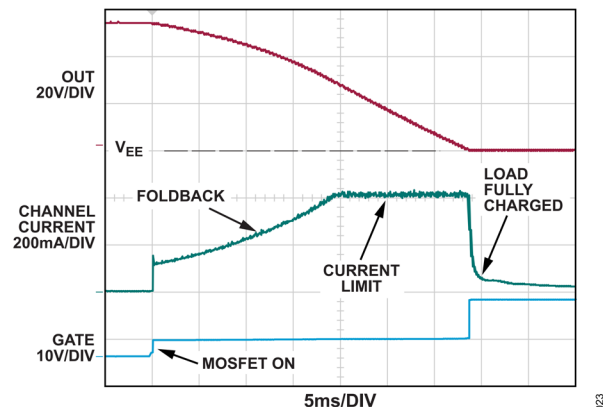


図 19. 180 μ F 負荷への給電

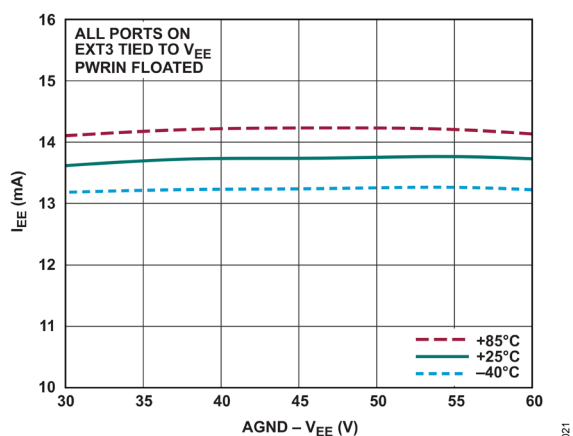


図 17. V_{EE} 電源電流 (I_{EE}) と電圧および温度の関係

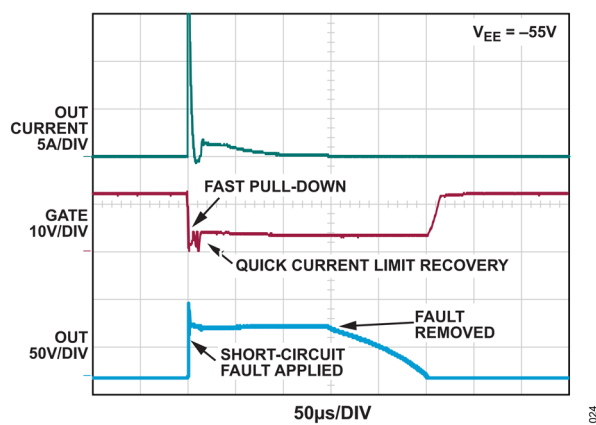


図 20. 短絡からの回復

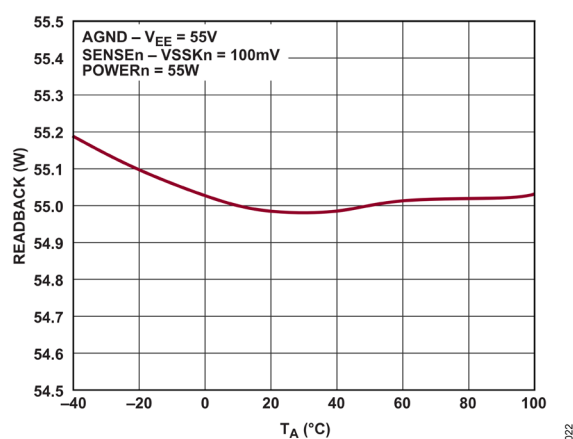


図 18. ポート電力モニタ精度と温度の関係

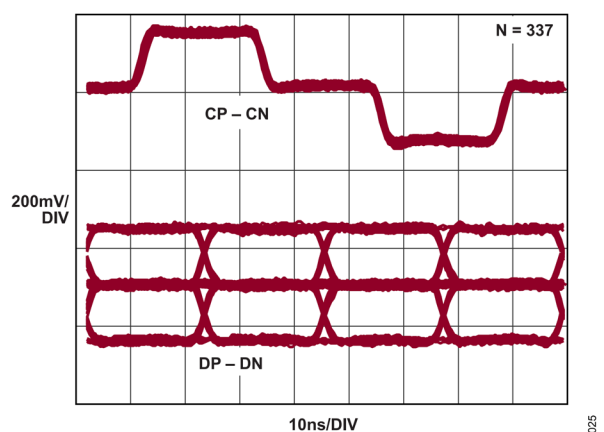


図 21. クロックとデータ書き込みのアイ・ダイアグラム

代表的な性能特性

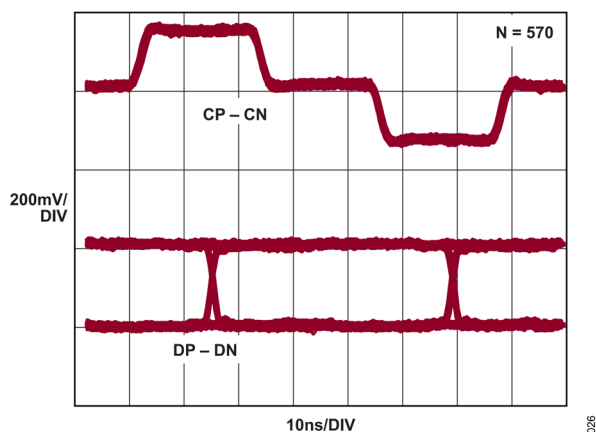


図 22. クロックとデータ読出しのアイ・ダイアグラム

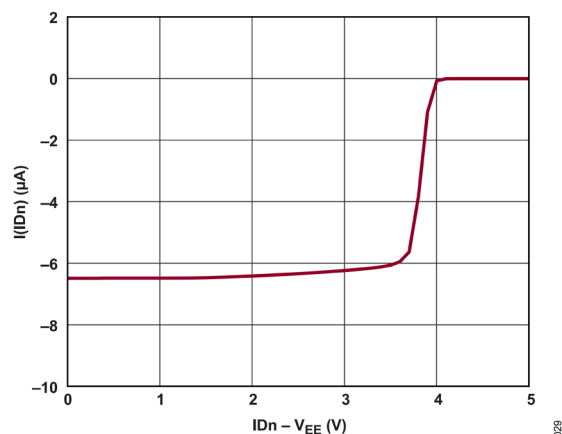


図 25. IDn ピン電流と電圧の関係

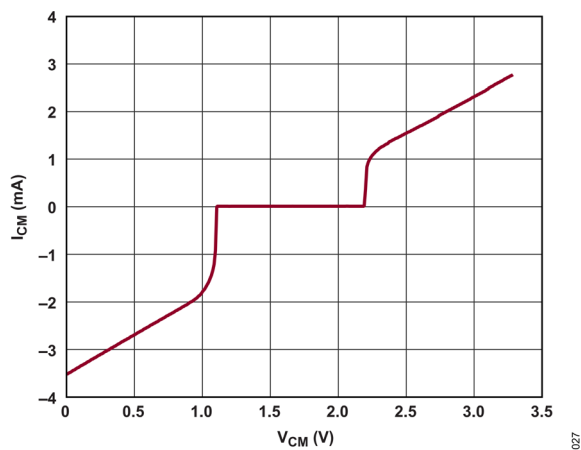


図 23. LTC9102 の CP/CN および DP/DN コモンモード補正電流

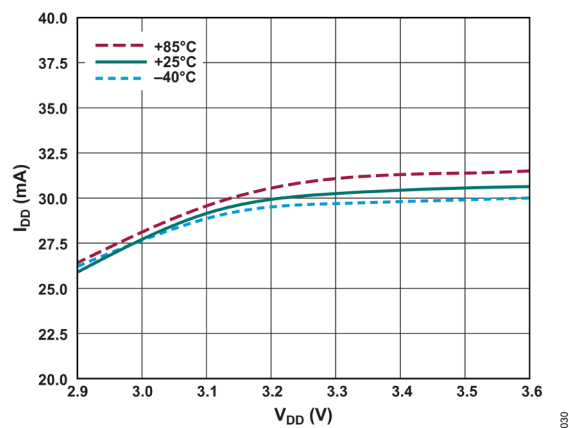


図 26. V_{DD} 電源電流 (I_{DD}) と電圧および温度の関係

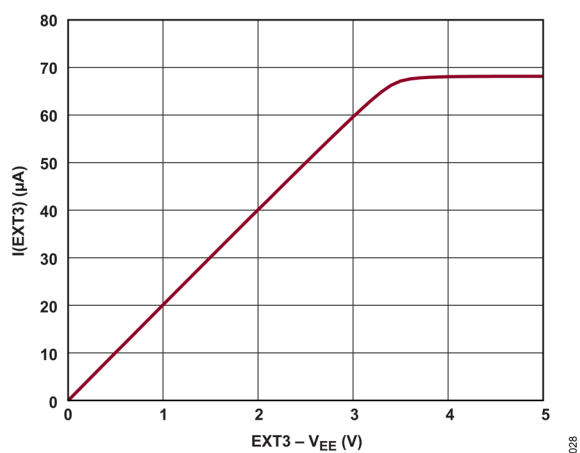


図 24. EXT3 ピン電流と電圧の関係

テスト・タイミング図

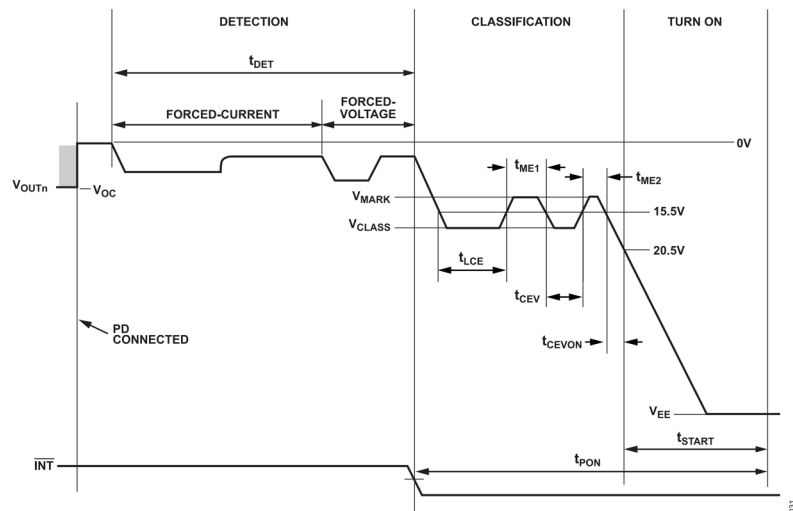


図 27. 検出、分類、およびターン・オンのタイミング（自動または半自動モード）

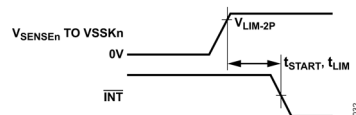


図 28. 電流制限タイミング

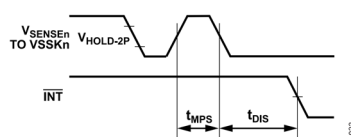


図 29. DC 切断タイミング

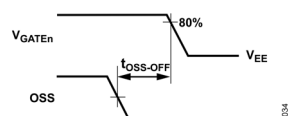


図 30. 1 ビット・シャットダウン優先度のタイミング

テスト・タイミング図

I²C タイミング図

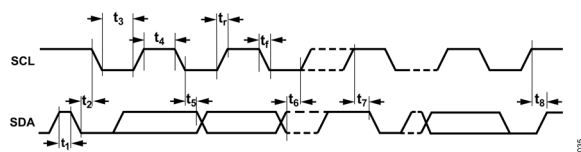


図 31. I²C インターフェースのタイミング

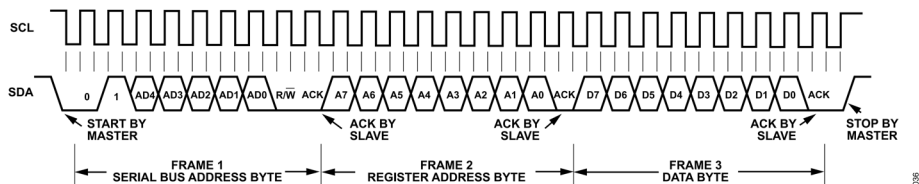


図 32. レジスタへの書込み

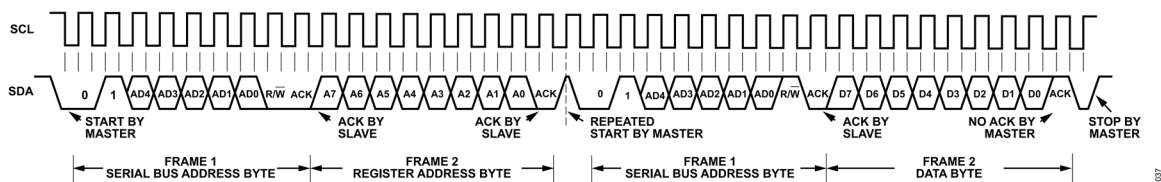


図 33. レジスタからの読出し

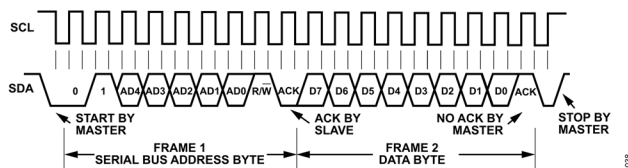


図 34. 割込みレジスタの読出し (ショート・フォーム)

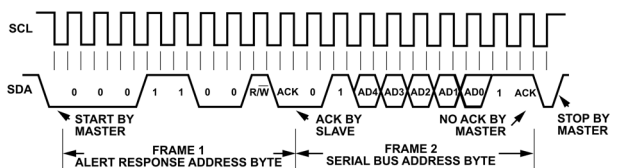


図 35. アラート応答アドレスからの読出し

ピン機能

ピン番号	記号	説明
LTC9101-2B		
Pins 2, 1 Respectively	CFG[1:0]	デバイス設定入力。接続する LTC9102 デバイスの数を設定するには、これらの設定ピンをハイまたはローに接続します。詳細については デバイスの設定 のセクションを参照してください。
Pins 7, 23 Respectively	CAP[2:1]	コア電源バイパス・コンデンサ。これらのピンは、内部 1.2V レギュレータのバイパス用に 1 μ F のコンデンサを介して DGND に接続します。コンデンサの容量は必ず 1 μ F としてください。また、このピンからは電流のソースやシンクをしないでください。
Pin 8	CPD	クロック・トランシーバの正の入出力（デジタル）。データ・トランスを介して CPA に接続します。
Pin 9	CND	クロック・トランシーバの負の入出力（デジタル）。データ・トランスを介して CNA に接続します。
Pin 10	DPD	データ・トランシーバの正の入出力（デジタル）。データ・トランスを介して DPA に接続します。
Pin 11	DND	データ・トランシーバの負の入出力（デジタル）。データ・トランスを介して DNA に接続します。
Pins 12, 19, 24	V _{DD}	V _{DD} IO 電源。DGND 基準の 3.3V 電源に接続します。それぞれの V _{DD} ピンは、0.1 μ F 以上のコンデンサを使いローカルでバイパスする必要があります。サージ耐性を向上させるには、V _{DD} に 10 μ F のバルク・コンデンサを接続する必要があります。
Pin 14	RESET	リセット入力、アクティブ・ロー。RESET がローになると LTC9101-2B/LTC9102 は非アクティブになり、すべてのポートがオフになって内部レジスタもすべてリセットされます。RESET がハイになると、LTC9101-2B/LTC9102 は通常動作を開始します。RESET を外付けのコンデンサまたは RC 回路に接続すると、パワー・オン遅延を設定することができます。RESET には内部フィルタリングがあるため、幅 1 μ s 未満のグリッチによって LTC9101-2B/LTC9102 がリセットされることはありません。内部で V _{DD} にプルアップされます。
Pin 15	INT	割込み出力、オープン・ドレイン。いくつかのイベントのいずれか 1 つが LTC9101-2B 内で発生すると、INT はローになります。このピンは、Reset レジスタのビット 6 または 7 がセットされると高インピーダンス状態に戻ります。INT 信号を使用すればホスト・プロセッサへの割込みを生成できるので、継続的にソフトウェア・ポーリングを行う必要がなくなります。INT イベントは、Int Mask レジスタを使って個別にディスエーブルできます詳細については LTC9101-2B のソフトウェア・インターフェース・ガイドを参照してください。INT は 2 つの I ² C トランザクションの間のみ更新されます。

ピン番号	記号	説明
Pin 16	SDAOUT	シリアル・データ出力、つまり I ² C シリアル・インターフェース・バスのオープン・ドレイン・データ出力。LTC9101-2B は、2 つのピンを使って双方向 SDA 機能を実現し、I ² C バスの光絶縁を簡略化します。標準的な双方向 SDA ピンを実装するには、SDAOUT と SDAIN を互いに接続します。詳細については アプリケーション情報 のセクションを参照してください。
Pin 17	SDAIN	シリアル・データ入力。I ² C シリアル・インターフェース・バスの高インピーダンス・データ入力。LTC9101-2B は、2 つのピンを使って双方向 SDA 機能を実現し、I ² C バスの光絶縁を簡略化します。標準的な双方向 SDA ピンを実装するには、SDAOUT と SDAIN を互いに接続します。詳細については アプリケーション情報 のセクションを参照してください。
Pin 18	SCL	シリアル・クロック入力。I ² C シリアル・インターフェース・バスの高インピーダンス・クロック入力。SCL ピンは、I ² C SCL バス・ラインに直接接続する必要があります。I ² C シリアル・インターフェース・バスを使用しない場合は、SCL をハイに接続してください。
Pin 20	OSS	マスク可能なシャットダウン入力、アクティブ・ハイ。1 ビット・シャットダウン優先度と 3 ビット・シャットダウン優先度の両方がサポートされています。詳細については 過電流シャットダウン (OSS) のセクションを参照してください。内部で DGND にプルダウンされます。
Pins 21, 6, 5, 3 Respectively	AD[4:1]	I ² C アドレス・ビット 4~1。ベース I ² C シリアル・アドレスを設定するには、これらのアドレス・ピンをハイまたはローに接続します。ベース・アドレスは (01A ₄ A ₃ A ₂ A ₁ 0b) になり、内部で V _{DD} にプルアップされます。詳細については バス・アドレスの指定 のセクションを参照してください。
Pins 22, 25	DGND	デジタル・グラウンド。DGND は、V _{DD} 電源からのリターンに接続する必要があります。
LTC9102		
Pin 1	CAP3	3.3V 内部アナログ電源のバイパス・コンデンサ。V _{EE} との間に 1 μ F のセラミック・コンデンサを接続してください。3.3V 電源をこのピンに接続すれば電源効率を改善できます。外部電源使用時に内部 3.3V レギュレータをシャットオフするには、EXT3 ピンを CAP3 と同じ電圧にする必要があります。また、このピンからは電流のソースやシンクをしないでください。アナログ・デバイセズのマニュアルに明示されている場合（例えば、LTC9102 のピンをストラップ配線する場合やシリアル・インターフェースを終端する場合）を除き、CAP3 には何も接続しないでください。

ピン機能

ピン番号	記号	説明
Pin 2	EXT3	外部 3.3V イネーブル。外部電源使用時に内部 3.3V レギュレータをシャットオフするには、EXT3 ピンをCAP3に接続します。内部レギュレータを作動させるには、フロート状態にするか V _{EE} に接続してください。
Pins 47, 46, 39, 38, 31, 30, 23, 22, 15, 14, 7, 6 Respectively	VSSK[12:1]	V _{EE} へのケルビン検出接続。0.1Ωの抵抗を介して、チャンネル n 用検出抵抗の V _{EE} 側へ接続します。V _{EE} ブレーンに直接接続することはいけません。要件については ケルビン検出 のセクションを参照してください。
Pins 48, 45, 40, 37, 32, 29, 24, 21, 16, 13, 8, 5 Respectively	SENSE[12:1]	チャンネル n の電流検出入力。SENSEn は、SENSEn と VSSKn の間にある 0.1Ω の検出抵抗を介して外部 MOSFET の電流をモニタします。検出抵抗の電圧が電流制限閾値 I _{LIM-2P} に達すると、外部 MOSFET の電流を一定に保つために GATEn ピン電圧が下げられます。詳細については アプリケーション情報のセクション を参照してください。そのチャンネルを使わない場合は、SENSEn を V _{EE} に接続します。
Pins 49, 44, 41, 36, 33, 28, 25, 20, 17, 12, 9, 4 Respectively	OUT[12:1]	チャンネル n の出力電圧モニタ。OUTn を出力チャンネルに接続してください。ドレインとソース間の電圧が 10V を超えた場合は、電流制限閾値を下げることによって、電流制限フォールドバック回路が外部 MOSFET の消費電力を制限します。OUTn と V _{EE} 間の電圧が 2.4V（代表値）未満になると、ポート・パワーグッド・イベントが生成されます。チャンネルがアイドル状態のときは、OUTn と AGND 間に 500k の抵抗が内部で接続されます。そのチャンネルを使用しない場合は、OUTn ピンをフロート状態にしてください。
Pins 50, 43, 42, 35, 34, 27, 26, 19, 18, 11, 10, 3 Respectively	GATE[12:1]	チャンネル n のゲート駆動。GATEn をチャンネル n の外部 MOSFET のゲートに接続してください。MOSFET をオンすると、ゲート電圧が V _{EE} より 12V（代表値）高い値に駆動されます。電流制限状態では、外部 MOSFET に流れる電流を一定に保つために GATEn の電圧が下げられます。フォルト・タイマーが終了すると GATEn がプルダウンされて MOSFET がオフになり、ポート・フォルト・イベントが生成されます。そのチャンネルを使用しない場合は、GATEn ピンをフロート状態にしてください。
Pins 52, 51 Respectively	ID[1:0]	トランシーバ ID。マルチドロップ高速データ・インターフェース上での LTC9102 のアドレスを設定します。ID の値は 00b から始めてください。CAP3 に接続することによってハイにし、V _{EE} に接続することによってローにします。詳細については デバイスの設定 のセクションを参照してください。

ピン番号	記号	説明
Pin 55	PWRIN	スタートアップ・レギュレータ・バイパスおよび外部低電圧電源入力。内部 4.3V および 3.3V 電源用の電力。内部レギュレータが、このピンの電圧を 6V より高い値に維持します。このノードに外付けの抵抗または電源を接続すれば、LTC9102 の電力効率を改善することができます。このピンと V _{EE} の間には 1μF のコンデンサを接続してください。
Pin 56	AGND	アナログ・グラウンド。
Pins 57, 58 Respectively	PWRMD[1:0]	最大電力モード入力。ID[1:0] = 00b として、設定抵抗 R _{PWRMD} を使い LTC9102 の PWRMD0 を V _{EE} に接続します。LTC9101-2B をリセットすると、R _{PWRMD} がチップセット内のすべてのポートの初期最大電力割当て値を選択します。システム電源のサイズは、R _{PWRMD} までの電力を出力するすべてのポートに対応できるように決定する必要があります。自動モードをイネーブルすると、チップセットは PoE PSE として独立して動作します。チップセットはすべてのポートの検出と分類を行い、R _{PWRMD} で設定された値までの電力を各ポートに供給できるようにします。ID ピンが 01b、10b、および 11b に設定された LTC9102 の PWRMD0 ピンは、フロート状態のままにしておく必要があります。すべての LTC9102 の PWRMD1 ピンもフロート状態のままにしてください。R _{PWRMD} オプションとその詳細については、 自動モードでの最大 PSE 電力のセクション を参照してください。カスタム設定パッケージが存在する場合、PWRMD ピンは無視されます。詳細については 保存されている設定 のセクションを参照してください。
Pin 59	CAP4	4.3V 内部アナログ電源のバイパス・コンデンサ。V _{EE} との間に 1μF のセラミック・コンデンサを接続してください。また、このピンからは電流のソースやシンクをしないでください。
Pins 60, 65	V _{EE}	PoE 主電源入力。AGND を基準として、-51V~-57V の電源に接続します。電圧は PSE のタイプ（タイプ 3 または 4）によって異なります。
Pin 61	DNA	データ・トランシーバの負の入出力（アナログ）。データ・トランスを介して DND に接続します。
Pin 62	DPA	データ・トランシーバの正の入出力（アナログ）。データ・トランスを介して DPD に接続します。
Pin 63	CAN	クロック・トランシーバの負の入出力（アナログ）。データ・トランスを介して CND に接続します。
Pin 64	CPA	クロック・トランシーバの正の入出力（アナログ）。データ・トランスを介して CPD に接続します。
Common Pins		
LTC9101-2B Pins 4, 13; LTC9102 Pins 53, 54	NC, DNC	「NC」または「DNC」で識別されるピンは、すべて未接続のままにします。

アプリケーション情報

概要

PoE (Power over Ethernet) は、銅製のイーサネット用データ配線を使って DC 電力を供給するための標準プロトコルです。802.3 イーサネット・データ規格を管理する IEEE グループは、PoE 給電機能を 2003 年に追加しました。802.3af と呼ばれる最初の PoE 規格は、最大 13W で 48V の DC 電力を供給できました。802.3af は広く普及していましたが、アプリケーションによっては 13W の電力では不十分でした。2009 年、IEEE は 802.3at (PoE+) として知られる新規格を公開し、電圧と電流の条件を上げて 25.5W の電力を供給できるよう規定しました。IEEE 802.3af と 802.3at は PoE 1 として広く認知されています。更に 2018 年、IEEE は 802.3bt (PoE 2) と呼ばれる最新の PoE 規格を公開しました。802.3bt では PD の最大供給電力が 71.3W まで上げられています。

IEEE 規格は PoE の用語も定義しています。ネットワークに電力を供給するデバイスは PSE (Power Sourcing Equipment) と呼ばれ、ネットワークから電力を取り込むデバイスは PD (Powered Device) と呼ばれます。PSE には 2 つのタイプがあります。データと電力を供給するエンドポイント (代表的なものとしてはネットワーク・スイッチやルータ) と、電力を供給する一方でデータはバス・スルーするミッドスパンです。ミッドスパンは、主に PoE 非対応の既存ネットワークに PoE 機能を追加するために使われます。PD の代表的なものは、IP 電話、ワイヤレス・アクセス・ポイント、防犯カメラなどです。

PoE++の進化

IEEE 802.3at (PoE 1) の 25.5W 規格の策定中でさえ 25.5W を超える供給電力を求める声は大きく、その声が更に高まるであろうことは明らかでした。2013 年には、増大する PD 供給電力に対応できる規格を策定するために 802.3bt 作業部会が設置されました。

この作業部会の主な目標は、802.3at で利用されている 2 ペアの電源ではなく、4 ペアのイーサネット・ケーブルすべてを使用することでした。4 ペアすべてを使用すれば、既存のイーサネット・ケーブルに対して少なくとも 2 倍の電力を供給することができます。更に、イーサネットのデータ信号の完全性を維持しながら、(ペアセットと呼ばれる) 2 ペアあたりの電流量も増加しました。802.3bt では PD 供給電力が 25.5W から 71.3W に増加し、IEEE 準拠の大電力 PD アプリケーションを実現することが可能になります。

LTC9101-2B/LTC9102 は 2 ペアのデバイスで、1 つのペアセットを介して各ポートに電力を供給します。各ペアは、専用のパワー・チャンネルによって駆動されます。このデータシートでは、チャンネルという語は対応するペアセットに割り当てられた PSE 回路のことを指します。したがって、このデータシートにおいては、「チャンネル」と「ペアセット」という語は同義と見なすことができます。

加えて、IEEE 802.3bt では電力維持シグネチャ (Maintain Power Signature: MPS) 電流を大幅に低減できるので、待機時の消費電力も大幅に減ります。これにより、標準的な PoE 部品を使って、政府や業界の新たな待機電力規制を満たすことができます。

LTC9101-2B/LTC9102 の製品概要

LTC9101-2B/LTC9102 は第 6 世代の PSE コントローラで、エンドポイント・アプリケーションまたはミッドスパン・アプリケーションにおいて、最大 48 個 (25.5W) の 2 ペア PSE ポートに対応できます。IEEE 802.3bt 準拠の PSE 設計を実現するために必要な回路を実質的にすべて内蔵しており、必要なのは 1 ポートにつき 1 つの外付けパワー MOSFET とポートごとの検出抵抗だけです。これにより、MOSFET を内蔵する同様のデバイスと比較して電力損失が最小限に抑えられ、システムの信頼性が向上します。

LTC9101-2B/LTC9102 チップセットは、チップ間通信用に独自の絶縁方式を実装しています。このアーキテクチャは、高価な光アイソレータや絶縁型電源を 1 個の低価格トランスで置き換えることによって、部品コストを大幅に削減します。1 個の LTC9101-2B は、このトランス絶縁されたインターフェースを介して最大 4 個の LTC9102 のバスを制御することができます。LTC9101-2B と、対応する LTC9102 を直接接続することも可能です。

LTC9101-2B/LTC9102 は、ポートごとのイベントでトリガされる設定可能な割込み信号、チャンネルごとのパワー・オン制御とフォルト・テレメトリ、チャンネルごとの電流モニタリング、 V_{EE} モニタリング、電流および電圧の 100ms の移動平均などの機能を備えています。

LTC9101-2B/LTC9102 は高度な第 6 世代 PSE 機能も備えており、これには、ファームウェア・アップデートやカスタム・ユーザ構成パッケージを保存する内蔵 eFlash、802.3at/bt 対応モードの選択、クワッド・ベースの IC ドライバとの完全な後方互換性を確保する I²C クワッド・バーチャライゼーション、100mΩ の極小検出抵抗、+80V/-20V 対応のポート対向ピン、ケーブル・サージ・ライドスルーの改善などが含まれています。

LTC9102 の各パワー・チャンネルには専用の検出および分類ハードウェアが含まれています。これは、すべてのポートとチャンネルの検出、分類、パワー・オンを同時に行うことを可能にして、スイッチを介したパワー・オン遅延を大幅に短縮します。それほど高度な機能を持たないその他の PSE では、例えば LED ライトなどの PD へポートごとに給電する際に、目立った遅延が生じます。

V_{EE} とポート電流の測定は同時に行われるので、ポートごとに一貫した高精度の電力モニタリングを行うことができます。

802.3bt 2 ペア動作

LTC9101-2B には、4 個の同じチャンネルで構成されるグループが最大 12 個含まれています。4 個のポートからなるそれぞれのグループは、「クワッド」と呼ばれます。LTC9101-2B のアーキテクチャでは、各クワッドにレジスタ設定とちょうど 4 個のチャンネルのステータスがあり、4 つの 2 ペア 802.3bt ポートを制御できます。

2 ペア・モードでは、IEEE 802.3bt 規格は最大 25.5W の供給電力をサポートし、クラス 4 以下の電力を必要とする PD をサポートします。ハイパワー・シングルシグネチャ PD (クラス 5 以上) およびデュアルシグネチャ PD はクラス 4 (25.5W) の電力に格下げされ、1 つのペアセットを介して電力を受け取ります。

アプリケーション情報

802.3at タイプ 1 モード

表 5 に示すように、802.3bt 適合のすべての PSE は、既存の 802.3at タイプ 1 およびタイプ 2 の PD と後方互換です。

802.3bt PSE では、この完全互換性に加えて、低待機電力、電流制限タイミング機能の強化、ダイナミック・パワー・マネジメントなどのサポートがすべての PD タイプに拡張されています (PD アプリケーションでサポートされているのと同様)。

LTC9101-2B は更に 802.3af 準拠のポート動作もサポートしています。802.3af PD が 802.3bt 動作に対応できないというまれなケースに備え、cfp2p4p レジスタには 15W で CC なしのモードがサポートされています。

なお、802.3at PSE は 802.3bt PSE のコンプライアンス・テストに適合せず、802.3bt PSE は 802.3at PSE のコンプライアンス・テストに適合しません。これは、それぞれの規格の設計によるものです。802.3at と 802.3bt のデバイスは相互運用が可能なように設計されています。802.3at 規格と 802.3bt 規格の主な特性の対比を表 6 に示します。

表 5. PSE の最大供給電力 (ポートごと) ¹

DEVICE			PSE				
STANDARD			802.3at		802.3bt		
PD		TYPE	1	2	3 (2-Pair)	3 (4-Pair)	4
		1	13W	13W	13W	13W	13W
	802.3at	2	13W ¹	25.5W	25.5W	25.5W	25.5W
	802.3bt	3	13W ¹	25.5W ¹	25.5W ¹	51W	51W
		4	13W ¹	25.5W ¹	25.5W ¹	51W ¹	71.3W

¹ PD には要求値より少ない電力を割り当てられる (格下げできる) ことを示します。

表 6. 802.3at タイプ 1 と 802.3bt の特性

FEATURE	802.3at (Type 1)	802.3bt
First Class Event	Short	Long
First Mark Event (15W Mode)	No	Yes
Limit Timer	No (Uses Cutoff Timer)	Yes
Connection Check	No	2-Pair: No 4-Pair: Yes
Active Alternative(s)	A or B	2-Pair: A or B 4-Pair: A and B
Maximum Class Events	1	2-Pair: 2 4-Pair: 5
Maximum Available Power	Class 3	2-Pair: Class 4 4-Pair: Class 8
Short MPS	No	Yes
Autoclass	No	Yes

アプリケーション情報

PoE の基本

一般的なイーサネット・データ接続は 2 本または 4 本のツイスト・ペア銅線（通称イーサネット・ケーブル）で構成され、それぞれの端をトランスで結合してグラウンド・ループを防止しています。PoE システムはこの結合配置の利点を生かし、データ・トランスのセンタータップ間に電圧を加えることによって、データ伝送に影響することなく PSE から PD へ電力を送ります。PoE システムの回路図の概要を図 36 に示します。

DC 電圧が加わることを想定していない旧式のデータ装置を損傷させないように、PoE 規格では、PSE による電力の供給および停止が可能かどうかを判定するプロトコルを規定しています。有

効な PD には、その入力に 25k の固有コモンモード抵抗が必要です。このような PD をケーブルに接続すると、PSE はこのシグネチャ抵抗を検出して電力を供給します。その後に PD を切り離すと、PSE はオープン・サーキットを検出して電力の供給を停止します。PSE は、電流フォルトや短絡が発生した場合も電力の供給を停止します。

PD が検出されると、PSE は、PD で消費する最大電力を PSE に知らせる分類シグネチャを探します。PSE はこの情報を使って、いくつかのポートに電力を割り振る、PD の消費電力を監視する、あるいは PSE が供給できる電力以上の電力を消費する PD を拒否する、といった対応を取ることができます。

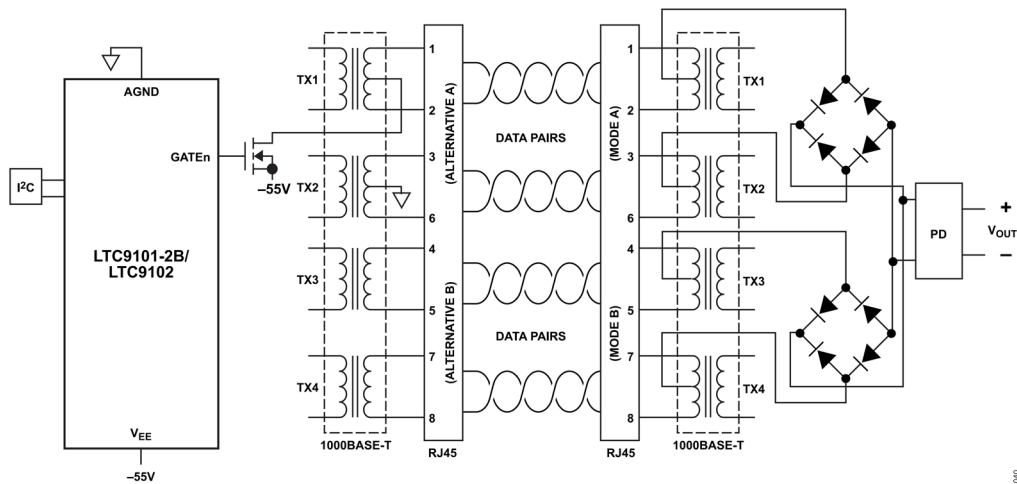


図 36. 802.3bt システムの構成図 - 2 ペア PSE とシングルシグネチャ PD

アプリケーション情報

802.3bt の新機能

802.3bt 仕様では、いくつかの新機能が導入されています。

- ▶ タイプ 3 の PSE は、2 ペアまたは 4 ペア・デバイスとして構成できます。タイプ 4 の PSE は 4 ペア・デバイスとして構成できます。
- ▶ タイプ 3 およびタイプ 4 の PSE は、PSE の構成および接続されている PD の特性に応じて、4 ペアすべて（両方のペアセット）を介して電力を供給できます。
- ▶ タイプ 3 およびタイプ 4 の PD は、4 ペアすべて（両方のペアセット）を介して電力を受け取ることができなければなりません。
- ▶ タイプ 3 およびタイプ 4 の PD は、シングルシグネチャ PD またはデュアルシグネチャ PD として構成できます。シングルシグネチャ PD は、両方のペアセットに対して有効な同じシグネチャ抵抗を同時に示します（図 36 を参照）。デュアルシグネチャ PD は、完全に独立した 2 つの有効な検出シグネチャを、各ペアセットに対して 1 つずつ示します。
- ▶ タイプ 3 のシングルシグネチャ PD は、6 種類の電力レベル（3.84W、6.49W、13W、25.5W、40W、51W）のいずれか 1 つを要求します。
- ▶ タイプ 3 のデュアルシグネチャ PD は、4 種類の電力レベル（3.84W、6.49W、13W、25.5W）のいずれか 1 つを各ペアセットに要求します。PD の合計要求電力は、両方のペアセットが要求する電力の合計です。
- ▶ タイプ 3 の PD クラスは、より低い電力レベルでタイプ 3 の追加機能セットを提供するために、タイプ 1 およびタイプ 2 クラスとオーバーラップしています。
- ▶ タイプ 4 のシングルシグネチャ PD は、2 種類の電力レベル（62W、71.3W）のいずれか 1 つを要求します。
- ▶ タイプ 4 のデュアルシグネチャ PD は、少なくとも一方のペアセットで 35.6W の電力を要求し、もう一方のペアセットで 5 種類の電力レベル（3.84W、6.49W、13W、25.5W、35.6W）のいずれか 1 つを要求します。PD の合計要求電力は、両方のペアセットが要求する電力の合計です。
- ▶ 分類は、最大で 5 つのクラス・イベントに拡張されます。追加イベントは、既存の PD クラスと新しい PD クラスを一意に識別できます。

- ▶ タイプ 3 と 4 の PSE は、長い最初のクラス・イベントを発行して、タイプ 3 と 4 の機能をサポートしていることを接続先の PD に通知します。
- ▶ 低待機電力機能は、電力維持シグネチャ・パルスの長さを短縮する（短縮 MPS）ことによって有効にします。PD のデューティ・サイクルは約 23% から約 2% に低下します。PSE が長い最初のクラス・イベントを発行した場合、PD は短縮 MPS を出力できます。
- ▶ パワー・マネージメント機能は、Autoclass（802.3bt の PSE および PD のオプション機能）によって強化されています。Autoclass システムでは、PD の最大電力が測定されて PSE ホストに報告され、PD アプリケーションで使われなかった出力電力とイーサネット・ケーブル配線の損失を PSE に回収することができます（表 7）。詳細については、Autoclass のセクションと、LTC9101-2B のソフトウェア・プリンターフェース・ガイドを参照してください。

表 7. IEEE が仕様規定した電力割当て
(シングルシグネチャ PD)

PD CLASS	PSE OUTPUT POWER	ALLOCATED CABLING LOSS	PD INPUT POWER
1	4W	0.16W	3.84W
2	6.7W	0.21W	6.49W
3	14W	1W	13W
4	30W	4.5W	25.5W
5	45W	5W	40W
6	60W	9W	51W
7	75W	13W	62W
8	90W	18.7W	71.3W

デバイスの設定

1 個の LTC9101-2B は、1 個から 4 個までの LTC9102 を制御できます。それぞれの LTC9102 は 12 個のパワー・チャンネルを制御します。したがって、各 LTC9101-2B は最大 48 個のパワー・チャンネルを制御できます。

バス・アドレスの指定のセクションに述べるように、4 チャンネルからなる各グループが 1 個の I²C アドレスを使用します。

表 8. デバイスの設定オプション

CFG[1:0]	NUMBER OF PORTS	NUM 9102s	I ² C ADDRs	I ² C ADDRESS OFFSET											
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 (00b)	12	1	3	✓	✓	✓									
1 (01b)	24	2	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
2 (10b)	36	3	9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
3 (11b)	48	4	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

アプリケーション情報

動作モード

LTC9101-2B/LTC9102 は最大で 48 個の独立したチャンネルを制御し、それぞれを 3 つのモード（手動、半自動、自動）のいずれかで動作させることができます。4 つ目のモードはシャットダウン・モードで、ポートをディスエーブルします（表 9 を参照）。

表 9. 動作モード

MODE	AUTO MODE	PORT MODE	DETECT/ CLASS	POWER-UP	AUTOMATIC THRESHOLD ASSIGNMENT
Auto	1	11b	Enabled at Reset	Automatically	Yes
	0	11b	Host Enabled	Automatically	Yes
Semi-Auto	0	10b	Host Enabled	Upon Request	Yes
Manual	0	01b	Once Upon Request	Upon Request	Yes
Shut down	0	00b	Disabled	Disabled	No

手動モードでは、ポートはホスト・システムからの命令を待ってから動作します。ポートは、ホストによって命令されると検出サイクルまたは分類サイクルを 1 回実行して、その結果をポート・ステータス・レジスタで報告します。ホスト・システムは、いつでも電力の供給または停止をポートに命令できます。

半自動モードでは、ポートは、接続されたすべての PD の検出と分類を繰り返し試みます。ポートはこれらの試行のステータスをホストに報告し、ホストからの命令を待ってポートに電力を供給します。ホストは、検出と分類をイネーブルする必要があります。検出および分類の結果は、供給される電力に対して有効なものではありません。

自動モードは半自動モードと同様に動作しますが、検出と分類の結果が有効だった場合は自動的にポートへ電力が供給される点が異なります。自動モードでは、2P Police と I_{LIM-2P} の値が PSE 割当てクラスに基づいて自律的に設定されます。この動作モードにするには、表 14 に示すように PWRMD0 ピンを抵抗経由で V_{EE} に接続するか、動作モード・レジスタを自動モードに設定します。自動モードでの最大 PSE 電力のセクションを参照してください。

シャットダウン・モードではポートがディスエーブルされて PD の検出も分類も行われず、電力も供給されません。

LTC9101-2B/LTC9102 は、現在どのモードにあるのかに関係なく、フォルトが発生したポートへの電力供給を自動的に停止します。切断検出がイネーブルされた場合は、切断イベントが発生したすべてのポートへの電力供給が自動的に停止します。ホスト・コントローラも、いつでも電力供給停止をポートに命令できます。

リセットと PWRMD

LTC9101-2B/LTC9102 の初期設定は、リセット時の PWRMD0 の状態によって異なります。リセットは、パワーアップ時、RESET がローになったとき、またはグローバルの Reset All ビットがセットされたときに行われます。

パワーアップ後に PWRMD0 の状態を変更しても、リセットされるまで LTC9101-2B/LTC9102 のポート動作は変わりません。PWRMD1 ピンは予備です。

R_{PWRMD} を介して自動モードがイネーブルされた場合は、PD が見つかるまで各ポートが検出と分類を繰り返します。PD が見つかったら、そのポートは PSE が割り当てたクラスに従い 2P Police をセットして有効な PD に電力を供給し、フォルトが検出されると電力の供給を停止します。

PSE が割り当てたクラスに基づいて自動モードで自動的に設定される 2P Police の値を、表 10 に示します。DC Disconnect の閾値はすべての PSE 割当てクラスで 7.0mA（代表値）です。4P Police の値は無視されます。

表 10. 自動モードでのパワー・オン閾値（代表値）

PSE ASSIGNED CLASS	2P POLICE (W)
0	15.5
1	4
2	7
3	15.5
4	30
CLASS 4+, TYPE 1 LIMITED	15.5

接続チェック

接続チェックの概要

IEEE 802.3bt は接続チェックを導入しています。これは、4 ペア PSE が PD のシグネチャ設定、つまりシングルシグネチャ、デュアルシグネチャ、または無効な結果（PD 以外）を検出するためのメカニズムです。接続チェックの結果は、4 ペア対応の PSE が 4 ペア電力を供給すべきかどうかと、供給する場合の方法を決定します。

802.3at で記述されていた PD 構成は 1 つだけで、これはシングルシグネチャ PD と呼ばれます。その構成を図 36 に示します。シングル・シグネチャ PD は、両方のペアセットに対して同じ 25k 検出抵抗を並列に示します。

802.3bt ではデュアルシグネチャ PD が新たに加わりました。デュアルシグネチャ PD では、完全に独立した 2 つの 25k 検出シグネチャ抵抗が各ペアセットに対して 1 つずつあります。

802.3bt 2 ペア PSE（LTC9101-2B/LTC9102 を含む）は接続チェックを行いません。シングルシグネチャ PD とデュアルシグネチャ PD は同様に扱われます。つまり、PSE が検出と分類を行って、1 つのペアセットに電力を供給します。ハイパワーPD は、PSE によってより低い割当てクラスに格下げされます。デュアルシグネチャ PD では、1 つのペアセットだけに電力が割り当てられます。

検出

検出の概要

DC 電圧に耐えられるように設計されていないネットワーク・デバイスを損傷させてしまうことがないように、PSE は、電力を供給する前に、接続されたデバイスが有効な PD であるかどうかを確認する必要があります。IEEE802.3 規格では、有効な PD は、すべてのチャンネル電圧が 10V 未満のときに 25k±5% のコモンモード抵抗を内蔵していることが求められます。PSE は 19k〜26.5k の抵抗を合格とし、33k を超える抵抗または 15k 未満の抵抗（図 37 の網掛け領域）を不合格とする必要があります。必須

アプリケーション情報

合格範囲と必須不合格範囲の間の未定義領域の抵抗を合格にするか不合格にするかは、PSE が選択できます。特に、PSE はコンピュータの標準的なネットワーク・インターフェース・カード (NIC) を不合格にする必要があります。これらのカードの多くは 150Ω のコモンモード終端抵抗を使用しており、電力を供給すると損傷させてしまうことになります (図 37 の左側に黒で示された領域)。

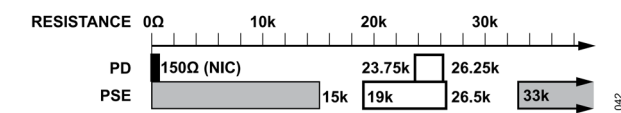


図 37. IEEE 802.3 のシグネチャ抵抗範囲

マルチポイント検出

LTC9101-2B/LTC9102 はマルチポイント方式を使って PD を検出します。強制電流測定と強制電圧測定を併用してシグネチャ抵抗をチェックすることにより、誤検出が最小限に抑えられます。最初は 2 種類のテスト電流を (OUTn ピンを通じて) そのチャンネルに強制的に流し、それによって得られる電圧を測定します。検出回路は 2 つの V-I ポイントの差を取って抵抗の傾きを求める一方、ポートのリーク電流や直列ダイオードによって生じるオフセットを除去します (図 38 参照)。強制電流検出によって有効なシグネチャ抵抗が得られた場合は、2 種類のテスト電圧をチャンネルに加え、それによって得られる電流を測定して差を取ります。有効な検出をレポートするには、両方の方法で有効な抵抗がレポートされなければなりません。PD シグネチャ抵抗が 17k~29k (代表値) の範囲内であれば有効として検出され、対応する検出ステータス・レジスタで、有効な検出 (Detect Valid) として報告されます。また、オープン・サーキットや短絡を含めて、この範囲外の値も報告されます。強制電流テスト時にチャンネルの測定値が 1V 未満の値を示した場合、検出サイクルは中断されて短絡 (Short Circuit) がレポートされます。考えられる検出結果を表 11 に示します。

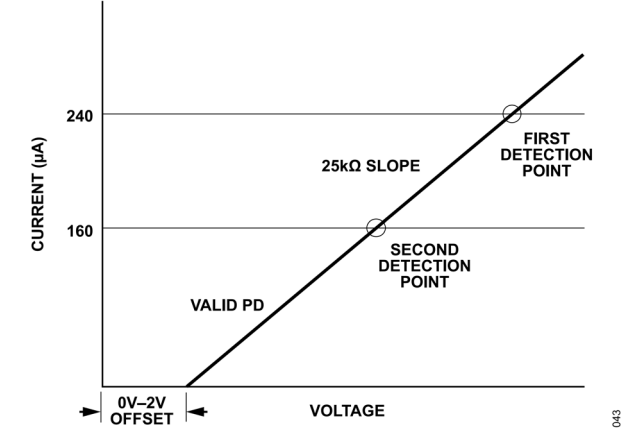


図 38. PD 検出

表 11. 検出ステータス

MEASURED PD SIGNATURE (TYPICAL)	DETECTION RESULT
Incomplete or Not Yet Tested	Detect Status Unknown
$V_{PD} < 1V$	Short Circuit
$C_{PD} > 2.7\mu F$ or $V_{PD} > 10V$	C_{PD} Too High
$R_{PD} < 17k$	R_{SIG} Too Low
$17k < R_{PD} < 29k$	Detect Valid
$R_{PD} > 29k$	R_{SIG} Too High
$R_{PD} > 50k$	Open Circuit
PSE Detected	PSE Detected or Port is Precharged
MOSFET Fault	MOSFET Fault Detected

動作モードに関するその他の情報

LTC9101-2B/LTC9102 が検出サイクルを実行するタイミングは、ポートの動作モードによって決まります。手動モードでは、ホストが検出サイクルを命令するまでポートはアイドル状態になります。その後ポートは検出を実行し、結果をレポートしてアイドル状態に戻り、次のコマンドを待ちます。

半自動モードでは、LTC9101-2B/LTC9102 はポートを自律的にポーリングして PD を探しますが、ホストが命令するまで電力は供給しません。ポート・ステータス・レジスタとチャンネル・ステータス・レジスタは各検出/分類サイクルの最後に更新されます。

半自動モードでは、有効なシグネチャ抵抗が検出されて分類がイネーブルされると、ポートが PD を分類してその結果もレポートします。その後ポートは少なくとも 100ms 待機してから検出サイクルを繰り返し、検出/分類ステータス・レジスタ内のデータを更新します。電流検出の結果が有効 (Detect Valid) でない限り、ポートがパワー・オン・コマンドに応じてターン・オンされることはありません。検出結果がそれ以外の場合にパワー・オン・コマンドを受け取ると、t_{START} フォルトが発生します。

自動モードでの動作は半自動モードと同様です。ただし、有効な検出 (Detect Valid) が報告されてポートの分類が完了すると、ポートはホストの介入なしで自動的にパワー・オンされます。自動モードでは、2P Police と DC Disconnect が自動的に設定されます。詳細についてはリセットと PWRMD のセクションを参照してください。

ポートがシャットダウン・モードにある場合、または対応する検出イネーブル (Detect Enable) ビットがクリアされている場合は、ポートの検出がディスエーブルされます。

レガシーPD の検出

最初の IEEE 802.3af 規格以前から存在する独自設計の PD は、現在では一般にレガシーPD と呼ばれています。ある種のレガシーPD は、大容量のコモンモード容量 (>10μF) を検出シグネチャとして使用します。

レガシーPD は検出結果によって推定できます。レガシーPD は自動モードでは自動的に電力供給されません。

アプリケーション情報

分類

802.3af (タイプ 1) の分類

PD は、オプションで分類シグネチャを PSE に示して、動作時に消費する最大電力を知らせることができます。図 40 に示すように、IEEE 仕様ではこのシグネチャを、PSE ポートの電圧が V_{CLASS} の範囲 (15.5V~20.5V) 内にあるときに流れる定電流として規定しています。5 種類ある PD シグネチャのどれになるかは、この電流レベルによって示されます。PD の代表的な負荷曲線を図 39 に示します。10V 以下の 25k シグネチャ抵抗による勾配に始まり、 V_{CLASS} の範囲で分類シグネチャ電流 (この場合はクラス 3) に遷移します。考えられる分類値を表 12 に示します。

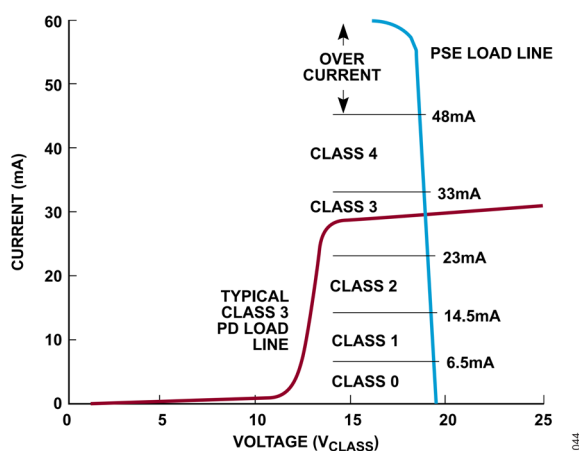


図 39. PD 分類

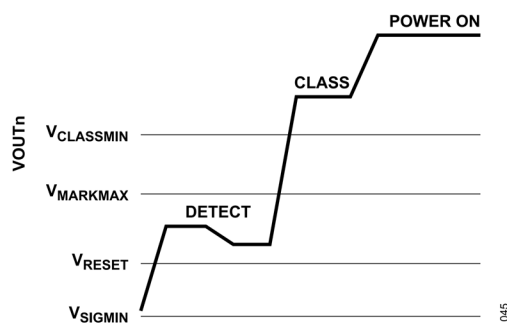


図 40. タイプ 1 またはタイプ 2 PSE (1 イベント・クラス・シーケンス)

表 12. タイプ 1 およびタイプ 2 PD の分類値

CLASS	RESULT
Class 0	No Class Signature Present; Treat Like Class 3
Class 1	3.84W
Class 2	6.49W
Class 3	13W
Class 4	25.5W (802.3at, Type 2)

分類がイネーブルされると、PSE は検出サイクルが正常に終了した直後に PD を分類します。PSE は、 O_{UTn} を介してポートに V_{CLASS} 電圧を加え、それにより流れる電流を測定して PD 分類シグネチャを測定します。その後、PD が要求したクラスを該当

ポート・ステータス・レジスタでレポートします。自動モードの場合、LTC9101-2B/LTC9102 は、それに応じて 2P Police、Current Limit、および DC Disconnect の各閾値を設定します。

ポートがシャットダウン・モードにある場合、または対応する分類イネーブル (Class Enable) ビットがクリアされている場合は、ポートの分類がディスエーブルされます。

LLDP 分類

PoE におけるリンク層検出プロトコル (LLDP) は、802.3at で導入され、802.3bt で拡張された PoE 仕様によって分類方式が規定されています。LLDP 方式では、イーサネット LLDP データ・プロトコルに特別なフィールドを追加します。

LTC9101-2B/LTC9102 はこの分類方式に対応していますが、データ・バスへのアクセス権がないため、LLDP 分類を直接実行することはできません。LLDP 分類では、ホストが PD と LLDP 通信を行って、PD の電力割当てを更新できます。LTC9101-2B/LTC9102 は 2P Police レベルを動的に変更でき、システムレベルで LLDP をサポート可能です。

802.3at の 2 イベント分類

802.3at では、802.3af の分類をタイプ 1 分類と呼んでいます。802.3at 規格は、タイプ 1 分類の拡張版であるタイプ 2 (2 イベント) 分類を導入しています。タイプ 2 の PSE には分類の実行が求められます。

25.5W を要求するタイプ 2 PD は、すべてのクラス・イベント時にクラス・シグネチャ 4 を示します。供給可能電力が 25.5W のタイプ 2 PSE は、図 41 に示すように、最初のクラス・イベント時にクラス・シグネチャ 4 を認識すると、PD に V_{MARK} (代表値 9V) を供給し、少し間を置いてから 2 番目のクラス・イベントを発行します。2 番目のクラス・イベントは、PSE が 25.5W を割り当てたことを PD に知らせます。

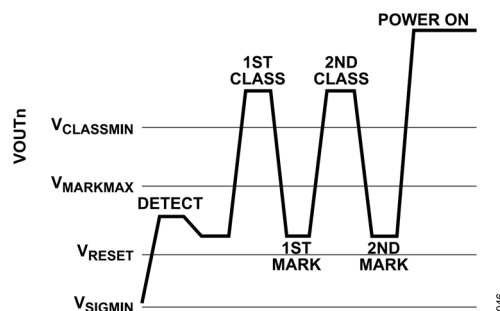


図 41. タイプ 2 PSE (2 イベント・クラス・シーケンス)

2 番目の分類イベントが実行されるのは、IEEE 分類手順で必要とされる場合に限られます。例えば、クラス 0~3 の PD に発行されるのは、図 40 に示すようなシングル・クラス・イベントに限られます。

802.3at では格下げの概念が導入されています。タイプ 2 の PD は、パワー・マネージメント上の制限などのため供給能力が 13W に限られる PSE にも接続できます。この場合、PSE は図 40 に示すようなシングル分類イベントを実行しますが、要求されるのは 25.5W です。供給できる電力が限られているので、PSE は 2 番目のイベントを発行することなく、そのまま PD に電力を供給する段階に進みます。シングル・クラス・イベントが存在するという事実により、タイプ 2 PD が 13W に格下げされたことがその PD に通知されます。格下げされた PD は電力制限を受け、低減電力モードで動作します。

アプリケーション情報

802.3bt のマルチイベント分類

802.3bt はタイプ 3 およびタイプ 4 の分類を導入しています。タイプ 2 (802.3at) 分類はタイプ 1 (802.3af) 分類を拡張したもので、タイプ 3 およびタイプ 4 分類はタイプ 1 分類とタイプ 2 分類に代わるものです。ここまでのセクションで示したタイプ 1 分類とタイプ 2 分類に関する説明は、従来規格に関する参考情報として示したものです。また、電力の格下げ、クラス・イベント、マーク・イベント、電氣的パラメータといった共通用語の定義を示すことも目的としています。

802.3bt は、表 13 に示すように、シングルシグネチャ PD に対して 8 つの PD クラスを規定し、デュアルシグネチャ PD に対して 5 つの PD クラスを規定しています。

表 13. PD 構成によるタイプ 3 およびタイプ 4 PD の分類

SINGLE-SIGNATURE PDs		DUAL-SIGNATURE PDs	
CLASS	PD AVAILABLE POWER	CLASS	CHANNEL AVAILABLE POWER ¹
Class 1	3.84W	Class 1	3.84W
Class 2	6.49W	Class 2	6.49W
Class 3	13W	Class 3	13W
Class 4	25.5W	Class 4	25.5W
Class 5	40W	Class 5	35.6W
Class 6	51W		
Class 7	62W		
Class 8	71.3W		

¹ デュアルシグネチャ PD が受給できる全電力は、両方のチャンネルが受給できる電力の合計です。クラス・シグネチャはポートのチャンネル間で異なる場合があります。例えば、クラス 3 + クラス 4 = 13W + 25.5W = 38.5W となります。

LTC9101-2B/LTC9102 はタイプ 3 の 2 ペア PSE として 802.3bt の分類を満たしています。

802.3bt 2 ペア PSE の割当てクラスは、クラス 4 までに制限されています。クラス 4 を超える電力を要求する PD は、LTC9101-2B/LTC9102 ポートの最大電力設定に応じて、クラス 4 またはクラス 3 に格下げされます。

802.3bt 2 ペア PSE は、シングルシグネチャ PD とデュアルシグネチャ PD を区別しません。検出、分類、および電力供給は、1 つのペアセット（通常はオルタナティブ A）で行われます。シングルシグネチャ PD はクラス 4 までの要求電力を受け取り、デュアルシグネチャ PD は 1 つのペアセットのみでクラス 4 までの電力を受け取ります。詳細については[接続チェックの概要](#)のセクションを参照してください。

802.3bt 2 ペアの分類

802.3bt 2 ペア PSE は、クラス 0 からクラス 3 までの PD にシングル分類イベントを発行します。クラス 0~3 の PD はそのクラ

ス・シグネチャを PSE に提示し、十分な電力が得られる場合はパワー・オンされます。また、電力制限された 802.3bt PSE は、クラス 4 以上の PD にもシングル分類イベントを発行して、それらの PD をクラス 3 (13W) に格下げすることができます。[図 42](#)を参照してください。

十分な電力を利用できる場合、802.3bt の 2 ペア PSE はクラス 4 以上を要求する PD に 2 つの分類イベントを発行します。クラス 4 以上を要求する PD は、両方の分類イベントに対してクラス・シグネチャ 4 を示します。クラス 5 以上を要求する PD はクラス 4 (25.5W) に格下げされます。[図 43](#)を参照してください。

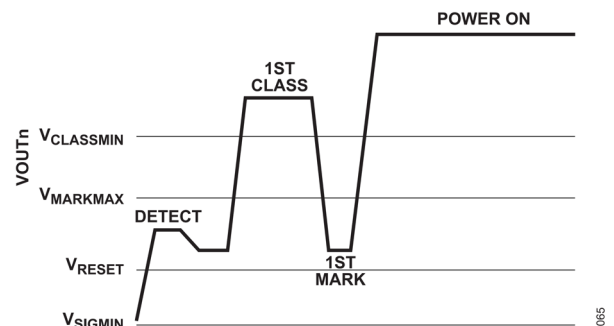


図 42. タイプ 3 2 ペア PSE (1 イベント・クラス・シーケンス)

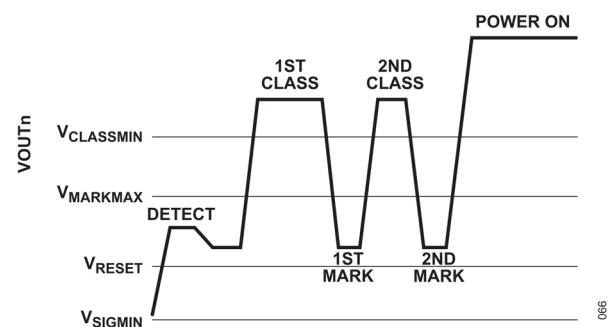


図 43. タイプ 3 2 ペア PSE (2 イベント・クラス・シーケンス)

無効なマルチイベント分類の組み合わせ

802.3bt 規格は、一連の有効なクラス・シグネチャの組み合わせを規定しています。すべての PD は、最初の 2 回のクラス・イベントで同じ分類シグネチャを返します。タイプ 3 とタイプ 4 の PD は、その後のすべてのクラス・イベントで分類シグネチャを変更します。例えば、シングル・シグネチャのクラス 5 PD は、クラス・シグネチャ 4、4、0、0 を使って、それぞれクラス・イベント 1、2、3、4 に応答します。

クラス電流制限値を超える個々のクラス・シグネチャは、無効な分類結果としてフラグされます。PD の設定に基づく正しいシーケンスを表さないクラス・シグネチャのシーケンスも、同様に無効な分類結果としてフラグされます。

アプリケーション情報

自動モードでの最大 PSE 電力

自動モードでは、接続されているすべての有効 PD の検出、分類、電力供給を LTC9101-2B/LTC9102 が自動的に行います。そのためには、最大電力を割り当てるように各ポートを設定する必要があります。システムのポートごとの最大電力供給能力を反映する抵抗 R_{PWRMD} を、表 14 から選択してください。

ID アドレス 00b にある LTC9102 の $PWRMD0$ ピンを、 R_{PWRMD} を介して V_{EE} に接続します。ID アドレス 01b、10b、11b にある LTC9102 の $PWRMD0$ ピンは、フロート状態のままにしておく必要があります。それぞれの LTC9102 の $PWRMD1$ ピンもフロート状態のままにしてください。 $PWRMD0$ 抵抗はリセット時に測定されます。

最大電力割当ては、電源と電力パスの能力を反映するものです。 $PWRMD0$ 抵抗による設定は、すべてのクワッドと IC を通じ、このチップセット内のすべてのポートに適用されます。したがって、 $PWRMD0$ 抵抗の設定は、各ポートの電力パスの能力とシステムの電力供給能力を考慮して行う必要があります。

LTC9101-2B の内部フラッシュ・ストレージにカスタム設定を保存することによって、最大電力設定およびその他のポート制御をポートごとに指定することもできます。詳細については[保存されている設定](#)のセクションを参照してください。

表 14. $PWRMD0$ ピンの R_{PWRMD0} 設定

MODE	R_{PWRMD} (k Ω)	PORT MODE 0x12	DETECT/ CLASS ENABLE	2P/4P CONFIG 0x29
			0x14	
Disabled	Open	0000,0000b	0000,0000b	0000,0000b
Class 3 (2P)	24.3	1111,1111b	1111,1111b	0000,0000b
Class 4 (2P)	18.7	1111,1111b	1111,1111b	0011,0011b

電力の制御

LTC9101-2B/LTC9102 の主な機能は、PSE ポートへの電力供給を制御することです。LTC9101-2B/LTC9102 の PSE ポートは、ペアセットを介して電力供給を制御する 1 つのパワー・チャンネルで構成されています。

LTC9101-2B/LTC9102 は、（外付けの検出抵抗を流れる）電流と（各 OUT ピンの）出力電圧をモニタしながら、外付けされたパワー-MOSFET のゲート駆動電圧を制御することによって電力を供給します。

LTC9101-2B/LTC9102 は、制御された状態で V_{EE} 電源を PSE ポートに接続し、PD の電力需要を満たすと同時に、外付け MOSFET の消費電力と V_{EE} バックプレーンに対する外乱を最小限に抑えます。

突入電流の制御

LTC9101-2B/LTC9102 は、ポートに電力を供給するよう命令されると、対応するチャンネルの GATE ピン電圧をランプ・アップさせ、制御された状態で外付け MOSFET のゲート電圧を上昇させます。

通常の突入電流時には、外付け MOSFET が完全な導通状態になるまで、あるいはチャンネルが突入電流制限値 ($I_{INRUSH-2P}$) に達するまで、MOSFET のゲート電圧が増加します。 $I_{INRUSH-2P}$ は

PSE によって自動的に設定されます。 $I_{INRUSH-2P}$ はチャンネルあたり 425mA（代表値）です。

チャンネルの電流が $I_{INRUSH-2P}$ を超えると GATE ピンがサーボ制御されて、能動的に電流を $I_{INRUSH-2P}$ 以内に制限します。GATE ピンがサーボ制御されていない場合、最終的な V_{GS} は 12V（代表値）です。

突入電流時、ポートではタイマー (t_{START}) が作動します。ポートは、 t_{START} が経過するまで突入電流状態を維持します。 t_{START} の経過後は、PSE がチャンネルの電圧と電流を確認します。PSE が PD に電力を供給している場合は、チャンネルの供給する電流が $I_{INRUSH-2P}$ 未満であれば、突入電流は正常です。

突入電流が正常でない場合は電力の供給が停止され、対応する Start フォルトがセットされます。それ以外の場合はポートがパワー・オン状態になり、[電流制限](#)のセクションに示すように、事前に設定された電流制限閾値が使われます。

電力の監視

電力監視閾値 (2P Police) は、128W まで 0.5W 刻み（代表値）でチャンネルごとにモニタされます。IEEE の仕様に従い、LTC9101-2B/LTC9102 では、チャンネル電力が 2P Police 閾値を超えてから一定時間が経過した後に、チャンネルへの電力供給が停止するようになっています。

電力が 2P Police 閾値を超えると、そのチャンネルは t_{CUT} タイマーを起動します。 t_{CUT} タイマーの設定時間が経過する前にチャンネル電力が減少して 2P Police 閾値未満になると、 t_{CUT} タイマーは逆にカウント・ダウンを始めますが、その速度はカウント・アップ時の 1/16 になります。

t_{CUT} タイマーが 65ms（代表値）に達するとそのチャンネルはオフになり、対応する P_{CUT} フォルトがセットされます。これにより、デューティ・サイクルが約 6%未満の断続的なものであれば、そのチャンネルでは過負荷信号が許容されます。過負荷のデューティ・サイクルがこれより大きい場合、そのチャンネルへの電力供給は停止されます。

電流制限

各々の LTC9101-2B/LTC9102 チャンネルには、対応するタイマー (t_{LIM}) によって暗黙的な電流制限閾値 (I_{LIM-2P}) が設定されています。表 15 に示すように、 I_{LIM-2P} の閾値は、適用される 2P Police 閾値の関数です。802.3bt 2 ペア PSE はクラス 4 出力電力だけに限られており、この閾値を超えての連続動作は 802.3bt に適合しません。

表 15. I_{LIM} の値

2P POLICE	I_{LIM}
0.5W to 15.5W	425mA
16W to 45W	850mA

LTC9101-2B/LTC9102 はチャンネル電流が I_{LIM-2P} 未満になるように MOSFET ゲート・ドライブを能動的に制御します。LTC9101-2B/LTC9102 の I_{LIM-2P} 閾値は、チャンネル電圧が通常動作電圧未満に下がるとチャンネル電流を減らす 2 段階のフォールドバック回路として実装されており、これにより MOSFET の消費電力が安全なレベルに維持されます。 I_{LIM-2P} 電流制限回路は常にイネーブルされており、チャンネルの電流を能動的に制限します。

アプリケーション情報

T_{LIM} レジスタはチャンネルごとの t_{LIM} の設定を調整するのに用いられ、最小限の時間を示します。表 16 に示すように、各チャンネルには 2 ビットが割り当てられています。自動モードではこれらのビットは自動的に設定されます。 t_{LIM} はチャンネルが有効になっている間も調整可能です。

表 16. T_{LIM} の設定

FIELD	T_{LIM} (min)
00b (Default)	50ms
01b	15ms
10b	10ms
11b	6ms

チャンネル I_{LIM} イベントが発生すると、そのチャンネルへの電力供給は停止されてポートの I_{LIM} フォルトがセットされます。

MOSFET のフォルト検出

LTC9101-2B/LTC9102 の PSE ポートは、かなり厳しい条件にも耐えられるように設計されていますが、極端な場合は外付けの MOSFET が損傷する可能性があります。MOSFET が損傷するとソースとドレインの間が短絡することがあり、その場合は本来オフしているはずのポートがオンしているような状態になります。また、この状態が原因で検出抵抗が溶断してオープン状態になり、ポートはオフしているにもかかわらず、SENSE 電圧が異常に高くなる場合があります。また、MOSFET が損傷するとゲートとドレインの間が短絡して、GATE 電圧が異常に高くなることもあります。OUT、SENSE、および GATE は、最大 80V の異常電圧にも損傷せずに耐えられるよう設計されています。

LTC9101-2B/LTC9102 がこれらいずれかの状態を検出して、その状態にある時間が 3.8ms (代表値) を超えると、デバイスはすべてのポート機能をディスエーブルしてポートのゲート駆動プルダウン電流を減らし、MOSFET フォルトの検出ステータスをレポートします。これは一般的には永続的なフォルト状態ですが、ホストはポートをリセットしたりポートをシャットダウン・モードにしたりすることによって回復を試みることができます。ポートのリセットでフォルトを解消できない場合は、デバイス全体をリセットして回復を試みます。実際に MOSFET が損傷している場合はすぐにフォルトが再発し、ポートは再度ディスエーブルされます。LTC9101-2B/LTC9102 の残りのポートは影響を受けません。

MOSFET がオープン状態になることや存在しないことによって MOSFET フォルト検出ステータスがトリガされることはありませんが、LTC9101-2B/LTC9102 がポートをオンにしようとする、スタート・フォルトが発生します。

切断

LTC9101-2B/LTC9102 は受電チャンネルをモニタして、仕様規定された最小電流が PD に流れるようにします。 $I_{HOLD-2P}$ 閾値 (7mA、代表値) は 0.1Ω の検出抵抗に生じる電圧の閾値 $V_{HOLD-2P}$ としてモニタされ、PD との接続が切断されたかどうかを判断するために使われます。

各ポートには専用の切断タイマー (t_{DIS}) があります。チャンネル電流が $I_{HOLD-2P}$ 閾値未満になると切断タイマーがカウント・アップを開始して、PD との接続が遮断されたことを示します。 t_{DIS} が経過するとそのチャンネルへの電力供給が停止して、対応するポート切断フォルトがセットされます。 t_{DIS} が経過する前に

電流が増加して $I_{HOLD-2P}$ を超えると、タイマーがリセットされます。PD 電流が最小レベルを超えても、それが t_{DIS} の経過前である限り、PD への給電は継続されます。

推奨はしませんが、DC 切断機能は対応する DC 切断イネーブル (DC Disconnect Enable) ビットをクリアすればディスエーブルできます。DC 切断機能をディスエーブルすると、LTC9101-2B/LTC9102 は IEEE 規格に適合しなくなります。PD 取り外し後も受電ポートには電力が供給されます。受電状態のポートをその後に PoE 非対応のデータ・デバイスに接続することもできますが、そのデバイスを損傷させてしまう可能性があります。

LTC9101-2B/LTC9102 は AC 切断回路を内蔵していません。AC 切断機能は 802.3bt のサポート対象外です。

高速のサージ回復

信頼性の高いシステムには優れたサージ回復機能が求められます。PSE にとっては、極端な電力トランジェント発生時でも PD への給電中断を最小限に抑えることが、ますます重要になっています。更に、最小バルク容量に関する要求を満たしていない PD は、従来型の PSE ソリューションで生じるブラウンアウトに対して特に脆弱です。LTC9101-2B/LTC9102 はホット・スワップ応答性が改善されており、サージ・イベントからの回復についても優れた特性を備えています。

サージ発生時、LTC9102 の GATE ピンは直ちに外部 MOSFET の電流をオフにして、PSE、MOSFET、および下流側回路を保護します。サージ状態が解消されると、LTC9102 は電流を制限した安全な方法で直ちに MOSFET を再度オンにし、PD への電力供給中断を最小限に抑えます。LTC9102 の高速な MOSFET ターンオフと電力回復は、高信頼性アプリケーションにおける IEEE 準拠の PD とバルク容量の小さい PD の両方を、より望ましい形でサポートします。

Autoclass

IEEE 802.3bt では新しいオプション機能である Autoclass が導入されています。Autoclass により、PSE は、最も厳しい動作条件下で必要以上の電力を要求しているシングルシグネチャ PD から、パワー・バジェットを回収することができます。802.3bt は、デュアルシグネチャ PD の Autoclass を規定していません。LTC9101-2B/LTC9102 は Autoclass を完全にサポートしています。

802.3 PoE 規格の旧バージョンは、最も厳しい条件でのイーサネット・ケーブルによる IR 電圧降下および最小 PSE 出力電圧に対する最小 PSE 出力電力を規定しています。ただし、過剰に割り当てられた電力を PSE が回収する方法は規定されていません。短いイーサネット・ケーブルを使用する場合や、サポートされている PSE 出力電圧が最小規定値より高い場合、規定の最小 PSE 出力電力ではかなり多めの電力が PD に割り当てられます。

PoE システムの例を 2 つ示します。図 44 は、100m のケーブルを介して 3 つの 25.5W PD に電力を供給する 100W の 4 ポート PSE の例です。このようなシステムでは、PSE が PD ごとに 25.5W を割り当て、更にケーブル 100m あたりの IR 電圧降下ごとに 4.5W を割り当てる必要があります。

全電力割当ては次のようになります。

$$3 \text{ Ports} \times (4.5W + 25.5W) = 90W$$

アプリケーション情報

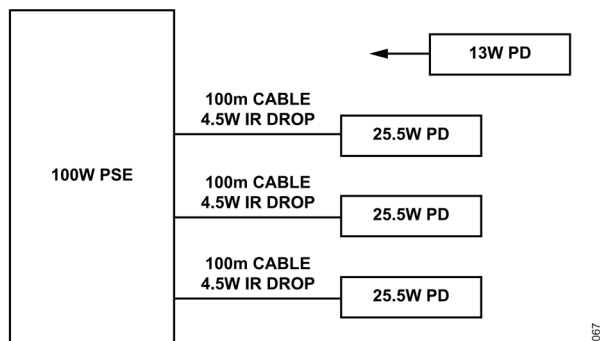


図 44. 100m のケーブルを使用する 100W PoE システム

別の 13W PD を 4 番目の PSE ポートに接続した場合に供給できるのは 10W だけで、この PD には必要な電力を供給できません。

図 45 は、100m のケーブルを介して 3 つの 25.5W PD に電力を供給する 100W の 4 ポート PSE の例です。このようなシステムでは、PSE が PD ごとに 25.5W を割り当て、更にケーブル 10m あたりの IR 電圧降下ごとに約 0.5W を割り当てる必要があります。Autoclass を使用しない場合、全電力割り当ては次のようになります。

$$3 \text{ Ports} \times (4.5\text{W} + 25.5\text{W}) = 90\text{W}$$

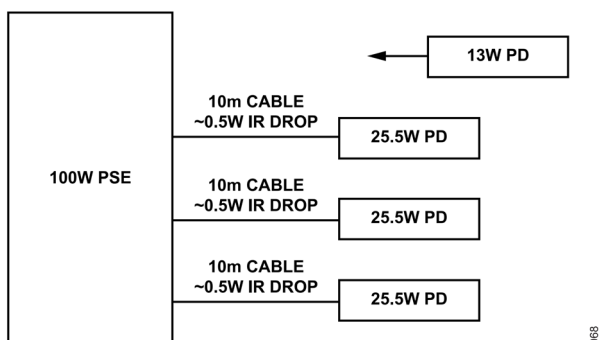


図 45. 10m のケーブルを使用する 100W PoE システム

別の 13W PD を 4 番目の PSE ポートに接続した場合に供給できるのは 10W だけで、IR 電圧降下が前の例よりはるかに小さいにしても、この PD に必要な電力を供給することはできません。

図 45 のシステムが Autoclass 対応だとすると、回収されたパワー・バジェットを使って追加ポートに電力を供給することができます。分類時、PSE は PD の Autoclass 要求の有無を確認します。802.3bt の規定に従い、パワー・オン完了後は PD にその最大電力が供給され、PSE は Autoclass 測定を実行します。図 45 の PSE は 3 つの 25.5W PD のそれぞれの消費電力が 26Wであることを測定し、それをレポートします。この結果によりホストは、PSE が供給できるパワー・バジェットを修正することができます。

Autoclass を使用した場合、図 45 の全電力割り当ては次のようになります。

$$3 \text{ Ports} \times 26\text{W (Measured)} = 78\text{W}$$

別の 13W PD を 4 番目の PSE ポートに接続した場合には、今度は 22W を供給することができるので、この PD にも必要な電力を供給できます。

Autoclass のネゴシエーション手順

PSE は、物理層分類または（PSE ホスト経由の）LLDP によって PD からの Autoclass 要求を受け取ります。物理層の要求については、以下に示す Autoclass ネゴシエーション手順を図 46 に示します。

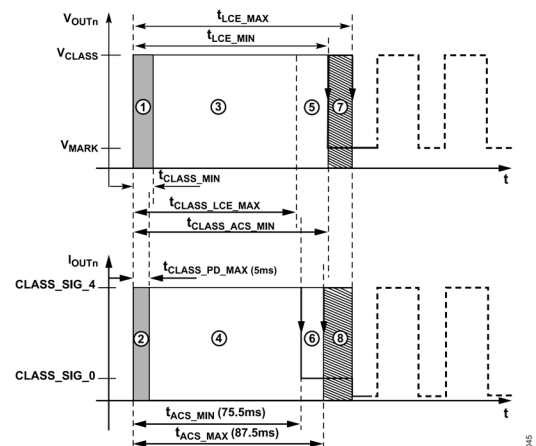


図 46. Autoclass ネゴシエーションの電圧と電流

1. PSE が最初の長いクラス・イベント発行を開始します。PD のクラス・シグネチャはこの時間内に安定します。
2. PD はそのクラスに対応するクラス・シグネチャによって応答します。この時間内のクラス・シグネチャは、Autoclass ネゴシエーションとは無関係です。
3. PSE はこの時間内に PD クラス・シグネチャを測定して、その結果を通常のマルチイベント分類に使用します。
4. PD は、そのクラス・シグネチャを示し続けます。
5. PSE は長いクラス・イベントを継続し、この時点ではクラス・シグネチャ電流を測定しません。
6. PD は、Autoclass を要求している場合はクラス・シグネチャ 0 に遷移します。Autoclass を要求していない場合は、そのクラス・シグネチャを示し続けます。
7. PSE は PD の Autoclass 応答を測定します。クラス・シグネチャ 0 が測定された場合、PD は Autoclass を要求しています。測定が完了すると、最初のクラス・イベントは終了します。
8. PD は、最初のクラス・イベントが終了するまで、手順 6 で選択したクラス・シグネチャを保持します。

Autoclass のネゴシエーション手順に続いて PSE と PD は引き続き物理層分類を行い、通常どおりに起動します。Autoclass かどうかに関わらず、PD には、PD 割当てクラスに従ってネゴシエートされた電力割当て未満の電力で動作することが求められます。

Autoclass の測定手順

Autoclass の測定は、PD が物理層分類を介して要求するか、または電源投入後に LLDP を介して要求することができます。LTC9101-2B/LTC9102 は LLDP ベースの Autoclass 要求に対応していますが、データ・パスへのアクセス権がないので LLDP の Autoclass 要求を直接受け取ることはできません。

アプリケーション情報

PSE が物理層要求に続いて Autoclass 測定を実行するよう命令されている場合は、通常、ポートの突入電流が正常に終了してから $t_{\text{AUTO_PSE1}}$ (代表値 1.5 秒) が経過した後、測定が開始されます。LLDP ベースの Autoclass 要求では、直ちに測定が開始されます。

Autoclass の測定時間は $t_{\text{AUTO_PSE2}} - t_{\text{AUTO_PSE1}}$ (代表値 1.8 秒) で、 $t_{\text{AUTO_WINDOW}}$ (代表値 0.23 秒) の移動区間を使用します。Autoclass の測定時間中、PSE は I_{PORT} と V_{EE} を継続的にモニタして、最大平均電力値を計算します。Autoclass 測定時間の終了後、Autoclass の測定値がポート・パラメトリック・レジスタ (Port Parametric) にレポートされます。

Autoclass のイネーブル、Autoclass ネゴシエーションのステータス、Autoclass 測定結果の読出し、Autoclass 測定の動的要求の詳細については、LTC9101-2B のソフトウェア・インターフェース・ガイドを参照してください。

ポート電流のリードバック

LTC9101-2B は、チャンネルごとの A/D コンバータを使って各パワー・チャンネルの電流を測定します。チャンネル電流が有効となるのはパワー・チャンネルがオンになっている場合に限り、それ以外の場合、リードバック値は常にゼロになります。サンプリングは継続して行われ、100ms の平均値としてレポートされます。

ポート電圧と V_{EE} のリードバック

LTC9101-2B/LTC9102 は、専用の A/D コンバータを使って V_{EE} の電圧を継続的に測定します。このグローバル V_{EE} 測定はすべてのポート電流測定と完全に同期しており、LTC9102 の UVLO 閾値までモニタすることができます。

温度のリードバック

電源イベント・レジスタの過熱フォルトに加えて、LTC9101-2B は対応する各 LTC9102 のダイ温度もレポートします。

過熱保護

過熱保護機能は、LTC9102 の温度がプリセットされている閾値 (代表値 150°C) を超えると、影響するポートへの電力供給を自動的に停止します。ポートの動作は、ダイ温度がプリセットされている回復閾値 (代表値 125°C) 未満に低下するまで再開されません。詳細については、LTC9101-2B のソフトウェア・インターフェース・ガイドを参照してください。

過電流シャットダウン (OSS)

LTC9101-2B は、必要に応じてシステム負荷を直ちに軽減する低遅延のポート削減機能を備えています。予め設定された一連のポートをオフできるようにすることで、過負荷状態の主電源から流れる電流を急速に減少させる一方、優先度の高いデバイスには引き続き電力を供給することができます。LTC9101-2B は 1 ビットまたは 3 ビットのシャットダウン優先度をマルチビット優先度フィールドによって設定することができます。

1 ビット優先度モードでは、各ポートを高優先度か低優先度のどちらかに設定します。特に、マルチビット優先度が無効であれば、ポート電力優先度 (Port Power Priority) に従ってポート優先度が決まり、OSS が動作します (すなわち従来の 1 ビット優先度)。OSS ピンの立上がりエッジで、低優先度のポートが 6.5 μ s (代表値) 以内にシャットダウンされます。OSS が発生すると、OSS イベントと切断割込みがセットされます。

3 ビット優先度モード、すなわちマルチビット優先度が有効な場合には、各ポートを 8 つのマルチビット優先度のどれかに設定することができます。ホスト・システムが特定の優先度のポート・グループをシャットダウンするときには、対応するシャットダウン・コードを OSS ピンに送出します。LTC9101-2B は OSS で受けたシャットダウン・コードを各ポートのマルチビット電力優先度と比較し、指示されたシャットダウン・コード (図 47 を参照) と同じ優先度か、より低い優先度のポートをシャットダウンします。

OSS によってポートをオフにすると、対応する検出イネーブル (Detection Enable) ビットと分類イネーブル (Classification Enable) ビットは変化せず、ポートは設定に従って検出を再開します。

ポートのリマッピング

LTC9101-2B/LTC9102 にはポートを論理的にリマップする機能があり、これはポート・リマッピング・レジスタに適切な値を書き込むことによって実行できます (表 17 参照)。デフォルトではリマッピングはありません。

表 17. ポートのリマッピング

CODE	REMAPING
00b	Port 1
01b	Port 2
10b	Port 3
11b	Port 4

各クワッド内での物理的なポート・リマッピングに制限はなく、任意の物理ポートを任意の論理ポートにマップできます。

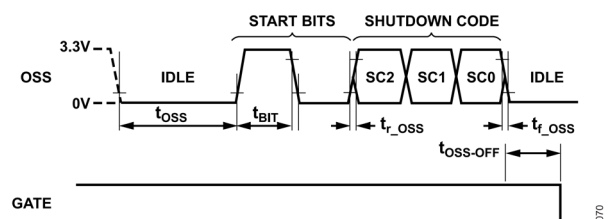


図 47. マルチビット優先度での低優先度ポートのポート・シャットダウン

コードのダウンロード

LTC9101-2B のファームウェアは、ファームウェア・イメージをダウンロードして実行することによりフィールドでアップグレードできます。

ダウンロード手順とファームウェア・イメージの詳細については、アナログ・デバイセズへお問い合わせください。

ファームウェア・イメージは専用のフラッシュ・パーティションに保存されます。LTC9101-2B には、IEEE 802.3bt 完全準拠のファームウェア・イメージが予め設定されています。このファームウェア・イメージはユーザが上書きできます。

アプリケーション情報

このファームウェア・イメージは、最大限のデータ保護を実現するために 2 つの完全なコピーが使われており、それぞれに対して個別に ECC 保護と CRC 保護がかけられています。

保存されている設定

オプションで、カスタムの I²C レジスタ・マップ初期値をフラッシュ・パーティションに保存することができます（設定パッケージ）。工場出荷時の LTC9101-2B にはデフォルトの設定パッケージが組み込まれており、そのレジスタ・マップ初期値は LTC9101-2B のソフトウェア・インターフェース・ガイドの指定に従って設定されています。レジスタ・マップのデフォルト設定は、製造工程で保存されたものか、設定パッケージのダウンロードによりフィールドで更新されたもので、起動時に自動的にロードされます。

カスタム設定パッケージの作成についてご不明な点は、アナログ・デバイセズのアプリケーション・サポートまでお問い合わせください。設定パッケージは、ファームウェア・パッケージの場合と同じコード・ダウンロード・メカニズムを使ってダウンロードします。設定パッケージはパッケージ・ヘッダによって確認し、適切なフラッシュ・パーティションに保存することができます。

設定パッケージを使用すれば、PWRMD0 ピンをオーバーライドして各ポートの最大電力レベルを指定することができます。ユーザは、AD[4:1]ピンをオーバーライドして各クワッドの I²C チップ・アドレスを指定できます。ただし、CFG[1:0]ピンは何個の LTC9102 が接続されているかを LTC9101-2B に通知するので、これらのピンは依然として必要です。

設定イメージには、最大限のデータ完全性を実現するために 2 つの同じコピーが使われ、それぞれに対して個別に ECC 保護と CRC 保護がかけられています。

シリアル・デジタル・インターフェース

概要

LTC9101-2B は、標準的な SMBus/I²C 2 線インターフェースを使ってホストと通信します。LTC9101-2B は従属デバイスで、標準 SMBus プロトコルを使ってホスト・コントローラと通信します。割込み信号は $\overline{\text{INT}}$ を介してホストに送られます。標準的な通信波形と、それらの波形のタイミング関係をタイミング図（図 31～図 35）に示します。SMBus データ・プロトコルの詳細については www.smbus.org を参照してください。

バス・アドレスの指定

LTC9101-2B の最初の 7 ビット・シリアル・バス・アドレスは 01A₄A₃A₂A₁0b で、ビット 4:1 はそれぞれ AD[4:1]によって設定されます。デバイスの設定オプションについては表 8 を参照してください。デバイスの設定に応じて、最大 12 個の I²C アドレスが I²C ベース・アドレスから昇順に設定されます。すべての LTC9101-2B はブロードキャスト・アドレス 1111111b にも応答するので、ホストは 1 回のトランザクションで複数の LTC9101-2B に同じコマンド（通常は設定コマンド）を書き込むことができます。LTC9101-2B が $\overline{\text{INT}}$ をアサートしている場合、このデバイスは SMBus 規格に従ってアラート応答アドレス（0001100b）にも応答します。

論理的には、それぞれの LTC9101-2B/LTC9102 はクワッドと呼ばれる複数の 4 ポート・グループで構成されており、各グルー

プは 1 つの I²C アドレスにまとめられています。詳細については、[デバイスの設定](#)のセクションを参照してください。例えば、CFG[1:0]が 00 に設定されている場合に 1 個の LTC9101-2B を 1 個の LTC9102 に接続すると、その LTC9101-2B は 12 ポートのデバイス 1 個として設定されます（表 8 を参照）。この設定には連続した I²C アドレスが必要です。この場合はクワッド・オフセット 0 が I²C ベース・アドレスから開始します。

割込みと SMBAlert

大半のポート・イベントは、割込みをトリガするように設定できます。この割込みが $\overline{\text{INT}}$ をアサートし、イベントに関するアラートをホストに通知します。これにより、ホストが LTC9101-2B に対してポーリングを行う必要なくなるのでシリアル・バスのトラフィックが最小限に抑えられ、ホストの CPU サイクルも節約できます。また、複数の LTC9101-2B が 1 つの $\overline{\text{INT}}$ ラインを共有できますが、この場合、ホストは SMBAlert プロトコル（ARA）を使って、どの LTC9101-2B が割込みを発生させたのかを特定することができます。

レジスタの説明

シリアル・バスの使用法、およびデバイスの設定とステータスの詳細については、LTC9101-2B のソフトウェア・インターフェース・ガイドを参照してください。ソフトウェア・インターフェース・ガイドをお求めの際は、[ソフトウェア・リクエスト・フォーム](#)に必要事項をご記入ください。

絶縁条件

IEEE 802.3 イーサネット仕様では、ネットワーク・セグメント（PoE 回路を含む）を、各ネットワーク・インターフェース・デバイスのシャーシ・グラウンドから電氣的に絶縁する必要があります。ただし、これらのセグメントが単一配電システムを使用する 1 つの建屋内に設置された装置に接続されている場合は、ネットワーク・セグメント同士を互いに絶縁する必要はありません。

PSE が大規模システムの一部である場合や、イーサネット非対応の追加的な外部ポートを備えている場合、または何か他の理由によって保護グラウンドを基準にする必要がある場合は、PoE サブシステムをシステムの残りの部分から電氣的に絶縁する必要があります。

LTC9101-2B/LTC9102 チップセットでは LTC9101-2B チップを非絶縁側に置くことができるので、PSE の絶縁が容易になります。したがって、このチップセットはロジックの主電源から電力を受け取って、I²C/SMBus バスに直接接続することができます。この場合は SDA_{IN} ピンと SDA_{OUT} ピンを互いに接続し、標準的な I²C/SMBus SDA ピンとして動作させることができます。LTC9101-2B と LTC9102 の間の絶縁は、トランスをベースとした独自の通信プロトコルを使って実施されます。詳細については、このデータシートの[高速データ・インターフェース](#)のセクションを参照してください。

非管理型 PoE スイッチなどの単純なデバイスでは、デバイス全体に絶縁型主電源を使用することによって、絶縁条件を満たすことができます。ツイストペア・イーサネット以外にデバイスに導電性ポートがない場合は、この方法を使用できます。上記のような状況の場合や、システムが既に絶縁されている場合は、LTC9101-2B を直接 LTC9102 に接続することができます。

アプリケーション情報

外付け部品の選択

電源

LTC9101-2B/LTC9102 を動作させるには2つの電源電圧が必要です。V_{DD} には DGND 基準で 3.3V (公称値) が必要で、V_{EE} には AGND 基準で -51V~-57V の負電圧が必要です。

デジタル電源

V_{DD} は、LTC9101-2B のプロセッサに電力を供給するデジタル電源として機能します。各 V_{DD} と DGND の間には 0.1μF 以上のセラミック・デカップリング・コンデンサを接続する必要があります。接続時は、それぞれの LTC9101-2B にできるだけ近付けてください。更に、十分なサージ耐性を持たせるために、各 LTC9101-2B には 10μF のバルク・コンデンサを組み込む必要があります。1.2V のコア電圧源が内部で生成されるので、CAP1 ピンと DGND の間、および CAP2 と DGND の間に 1μF のセラミック・デカップリング・コンデンサが必要です。

アナログ・デバイス独自の絶縁技術を使うシステム内では、ホスト・コントローラの非絶縁 3.3V 電源によって V_{DD} を供給する必要があります。必要な絶縁を維持するために、LTC9102 の AGND と LTC9101-2B の DGND は接続しないでください。直接接続方式を用いる場合は、LTC9101-2B の DGND を LTC9102 の V_{EE} に接続する必要があります。

PoE 主電源

V_{EE} は、PD に電力を供給する絶縁型 PoE 主電源です。この電源は比較的大量の電力を供給し、大きな電流トランジェントが発生することがあるので、設計時には単純なロジック電源の場合より注意が必要です。IR 損失を最小限に抑えて最大限のシステム効率を実現するために、V_{EE} を最大振幅 (57V) 付近に設定し、使用する特定の電源のトランジェント・オーバーシュート/アンダーシュート、温度ドリフト、ライン・レギュレーションの仕様値を見込んで十分なマージンを取ってください。

それぞれの LTC9102 の AGND と V_{EE} 間のバイパス・コンデンサおよび電圧トランジェント圧縮 (TVS) は、信頼性の高い動作を確保する上で非常に重要です。いずれかの出力ポートで短絡が発生した場合、LTC9102 が電流のレギュレーションを開始するまでに 1μs ほどかかることがあります。この間、電流は、回路内の小さなインピーダンスによる制限を受けるだけです。このため、通常は大きな電流スパイクが発生して V_{EE} 電源に電圧トランジェントが生じ、UVLO フォルトによって LTC9101-2B/

LTC9102 がリセットされてしまうおそれがあります。誤ってリセットされてしまう可能性を最小限に抑えるために、1μF、100V の X7R コンデンサと SMAJ58A を、それぞれの LTC9102 の近くに配置することを推奨します。あわせて、システムごとに 47μF、100V 以上の電解バルク・コンデンサと、バルク TVS を使用することも推奨します。

LTC9102 の低電圧電源

LTC9102 は、PoE 主電源から直接低電圧電源を生成する電圧レギュレータを内蔵しています。スタートアップ時は内部レギュレータが PWRIN に 6V の電圧を生成して、AGND から電力を取り込みます。4.3V と 3.3V の各内部レールは、PWRIN からサブレギュレーションされます。PWRIN ピンには、1μF 100V のローカル・バイパス・コンデンサが必要です。

PWRIN と AGND の間には、LTC9102 のパッケージ外部で熱を放出するために、ブルアップ抵抗を接続できます。オプションで、外部電源を PWRIN に接続してスタートアップ・レギュレータをオーバーライドし、消費電力を減らすこともできます。

3.3V 内部レギュレータ使用時のブルアップ抵抗構成を図 48 に示します。バイパス抵抗 R1、R2、R3、R4 は、LTC9102 に発生する熱を外部に放出します。PWRIN ピンの電圧は、LTC9102 の動作モードと、それに対応する消費電流に従って変化します。バイパス抵抗が提供する電流以上の電流が消費される場合は、スタートアップ・レギュレータが電圧を 6V (代表値) に維持します。スペースに制約のあるアプリケーションでは、ブルアップ抵抗なしで LTC9102 を動作させることができます。

外部 PWRIN 電源を使用するアプリケーションでは、6.5V レギュレータが最適な電圧を維持して 6V 内部スタートアップ・レギュレータをオーバーライドしながら、LTC9102 の発熱を最小限に抑えます。外部電源は複数の LTC9102 で共有できます。

図 49 に示すように、3.3V 電源は CAP3 ピンに直接接続できます。これにより、最も電力効率の良いスリープ・モードが実現されます。3.3V 外部電源を使用するときは、EXT3 ピンを CAP3 に接続します。これは内部 3.3V レギュレータをディスエーブルして、電力の逆流を防ぎます。3.3V レギュレータは、電気的特性の表に指定された t_{CAP3EXT} 以内にパワーアップする必要があります。

直接接続方式を使用する場合は、LTC9101-2B に電力を供給する 3.3V 電源から、LTC9102 にも電力を供給することができます。LTC9101-2B と LTC9102 がシステム絶縁バリアの同じ側にある場合は、これが望ましいオプションです。

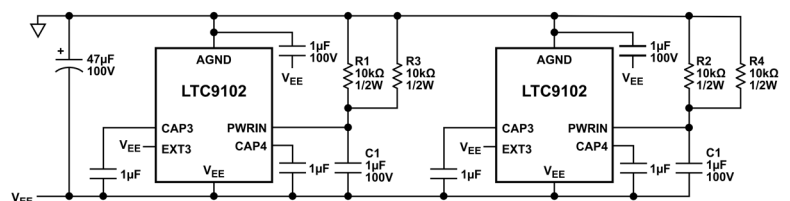


図 48. 3.3V 内部電源使用時の電源構成

アプリケーション情報

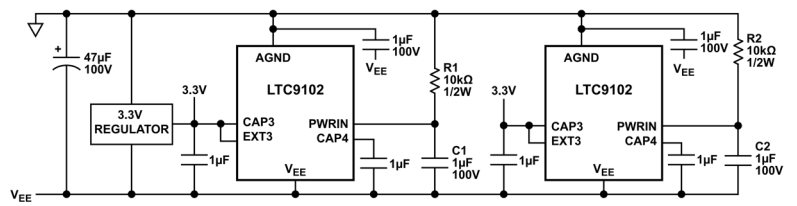


図 49. 3.3V 外部レギュレータ使用時の電源構成

高速データ・インターフェース

LTC9101-2B と LTC9102 間の通信は、独自の絶縁方式あるいは直接接続方式の高速データ・インターフェースを通じて行われます。正しく動作させるには、厳密なレイアウト・ガイドラインに従う必要があります。高速データ・インターフェースのレイアウトのセクションを参照してください。

この独自絶縁方式では、LTC9101-2B/LTC9102 チップセットはトランスを使用して、1~4 個の LTC9102 から LTC9101-2B を絶縁します (図 50 を参照)。この場合、SDAIN ピンと SDAOUT ピンを互いに短絡させて、直接 I²C/SMBus バスに接続できます。トランスは、巻数比 1:1 の 10Base-T または 10/100Base-T のものを使用する必要があります。最適な選択肢はコモンモード・チョークのないトランスです。この種のトランスでは、通常、LTC9101-2B と LTC9102 の間に 1500V の絶縁が得られます。この独自の絶縁方式を使用すれば、BOM コストを大幅に削減できます。

直接接続方式では、LTC9101-2B/LTC9102 チップセットは既存のシステム絶縁に依存します。この方式では、独自の通信プロトコルを使って、LTC9101-2B を 1 つまたは複数の LTC9102 に接続します (図 51 を参照)。

外部 MOSFET

システムの信頼性を確保するには、パワー MOSFET を慎重に選択することが極めて重要です。MOSFET を選択するには、様々な PSE の電流制限条件に対して MOSFET の SOA 曲線を広範に分析し、テストを行う必要があります。アナログ・デバイセズは、クラス 4 (30W) 出力電力までの 802.3bt 2 ペア・アプリケーションに PSMN075-100MSE、PSMN040-100MSE、または FDMC3612 を推奨しています。これらの MOSFET を選んだ理由は、様々な PoE アプリケーションで証明されたその信頼性にあります。これらの推奨品以外の MOSFET を使用する場合は、事前にアナログ・デバイセズのテクニカル・サポートへご相談ください。

検出抵抗

LTC9101-2B/LTC9102 はチャンネルあたり 0.1Ω の小さい検出抵抗に合わせて設計されており、この検出抵抗はレイアウト条件のセクションの図 53 に示すようにレイアウトされています。IEEE の仕様が求める $I_{HOLD-2P}$ と I_{LIM-2P} の精度を満たすには、許容誤差が $\pm 1\%$ 以下、温度係数が $\pm 200\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以下の検出抵抗を使用する必要があります。

ポートの出力コンデンサ

起動時や過負荷時の電流が制限される場合は、LTC9102 を安定した状態に保つために、各ポートの OUTn と AGND の間に $0.1\mu\text{F}$ のコンデンサを配置する必要があります (図 52 を参照)。一般的なセラミック・コンデンサは多くの場合、かなり大きな電圧係数の値を示します。つまり、加えられる電圧が高くなると容量が減少します。この問題の影響を最小限に抑えるために、定格 100V 以上の X7R セラミック・コンデンサの使用を推奨します。このコンデンサは、LTC9102 の近くに配置する必要があります。

アプリケーション情報

サージ保護

イーサネット・ポートには、かなり大きなケーブル・サージが加わることがあります。PoE 電圧を安全なレベル未満に維持してアプリケーションを損傷から保護するには、図 52 に示すように、主電源、LTC9102 の電源ピン、および各ポートに保護部品が必要です。

PoE 主電源の両端には、バルク電圧トランジェント圧縮 (TVS_{BULK}) およびバルク容量 (C_{BULK}) が必要です。また、これらはシステム・レベルのサージ条件に見合ったサイズにする必要があります。

それぞれの LTC9102 の AGND ピンと V_{EE} ピンの間には、SMAJ58A 58V TVS (D1) と、1μF 100V のバイパス・コンデンサ (C1) を接続します。これらの部品は、LTC9102 の各ピンの近くに配置する必要があります。

各ポートには S1B クランプ・ダイオードが必要で、これは OUTn と電源 AGND の間に接続します。このダイオードは有害なサージを電源レールに誘導し、サージはそこでサージ・サプレッサと V_{EE} のバイパス・コンデンサに吸収されます。これらの経路のレイアウトは低インピーダンスにする必要があります。

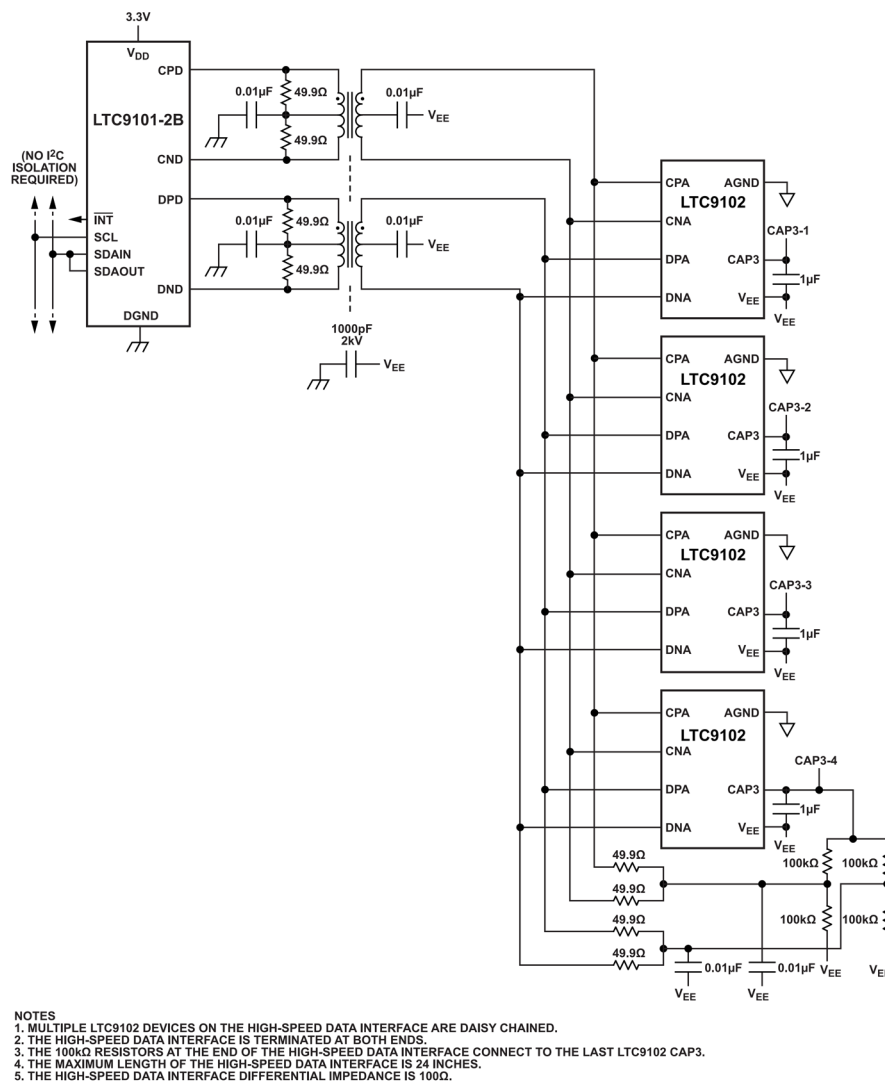
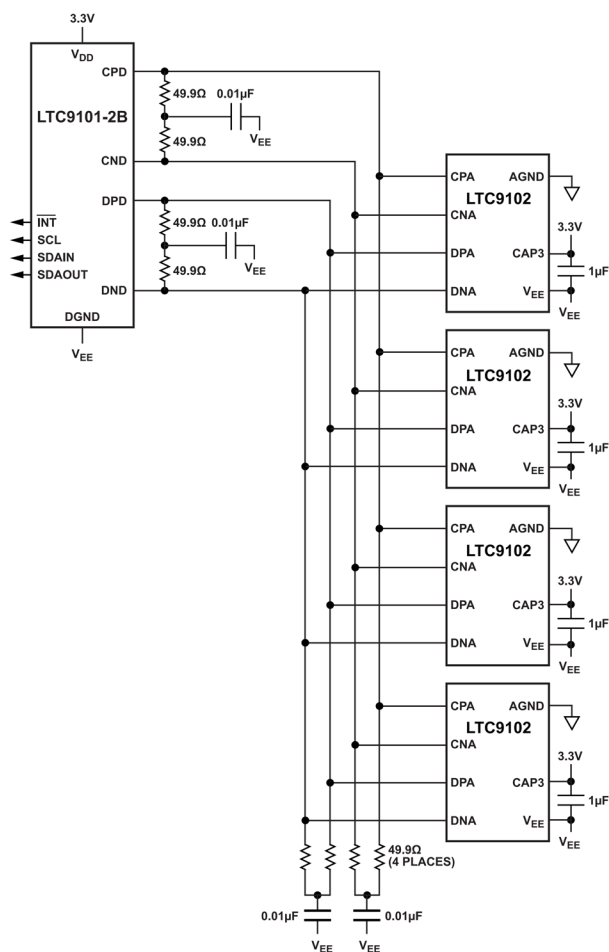


図 50. LTC9101-2B/LTC9102 の独自絶縁方式

アプリケーション情報



- NOTES
1. MULTIPLE LTC9102 DEVICES ON THE HIGH-SPEED DATA INTERFACE ARE DAISY CHAINED.
 2. THE HIGH-SPEED DATA INTERFACE IS TERMINATED AT BOTH ENDS.
 3. THE MAXIMUM LENGTH OF THE HIGH-SPEED DATA INTERFACE IS 24 INCHES.
 4. THE HIGH-SPEED DATA INTERFACE DIFFERENTIAL IMPEDANCE IS 100Ω.

図 51. LTC9101-2B/LTC9102 の直接接続方式

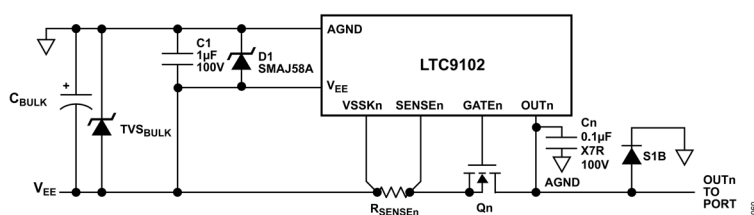


図 52. LTC9102 のサージ保護

表 18. PSE 最大クラスの部品選択

PSE CLASS	SENSE RESISTOR	HOT SWAP MOSFET	FUSE	ETHERNET TRANSFORMER
Class 3	100mΩ, 1%, 50mW	PSMN075-100MSE	SF-0603HI075F-2	7490220120
Class 4	100mΩ, 1%, 100mW	PSMN075-100MSE	SF-0603HI100F-2	7490220121

アプリケーション情報

レイアウト条件

IEEE への準拠、パラメータの測定精度、システムの堅牢性、および放熱などを実現するには、基板レイアウト、部品配置、および配線などに関する条件に厳密に従うことが極めて重要です。レイアウト例については、DC3160A-KIT デモ・キットを参照してください。

ケルビン検出

ポート電流のケルビン検出ラインを正しく接続することは、電流閾値の精度と IEEE への準拠を確保する上で重要です。これらのケルビン検出ラインのレイアウト例については、[図 53](#) を参照してください。LTC9102 の $VSSK_n$ ピンは検出抵抗 (V_{EE} 側) パッドにケルビン接続されており、それ以外で V_{EE} の銅領域に接続されていることはありません。同様に、LTC9102 の $SENSE_n$ ピンは検出抵抗 ($SENSE_n$ 側) にケルビン接続されており、それ以外で電力経路に接続されていることはありません。LTC9102 から検出抵抗 (R_{SENSE_n}) への 2 つのケルビン接続のパターンを [図 53](#) に示します。

高速データ・インターフェースのレイアウト

LTC9101-2B/LTC9102 チップセットは、独自の高速マルチドロップ・データ・インターフェースを介して通信を行い、これにより 1 つの LTC9101-2B で最大 4 つの LTC9102 を制御できます。

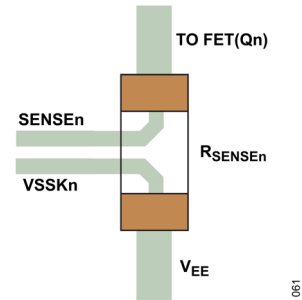


図 53. R_{SENSE} のケルビン接続

それぞれの LTC9102 へのデータ・ラインには、インピーダンス・マッチングされたパターンを使用する必要があります。データ・バスの終端抵抗は、絶縁トランスから最も離れた LTC9102 に配置します。また、絶縁型アプリケーションの DC バイアス抵抗は、絶縁トランスから最も離れた LTC9102 の CAP3 ピンに接続する必要があります。[図 50](#) と [図 51](#) に示すように、インターフェースは 100Ω の差動伝送ラインで設計して、 100Ω の差動終端抵抗を配置します。高速データ・インターフェース・ラインの長さは 24 インチまでとします。また、LTC9102 と高速データ・インターフェース間の伝送スタブの数は最小限に抑えてください。

代表的なアプリケーション

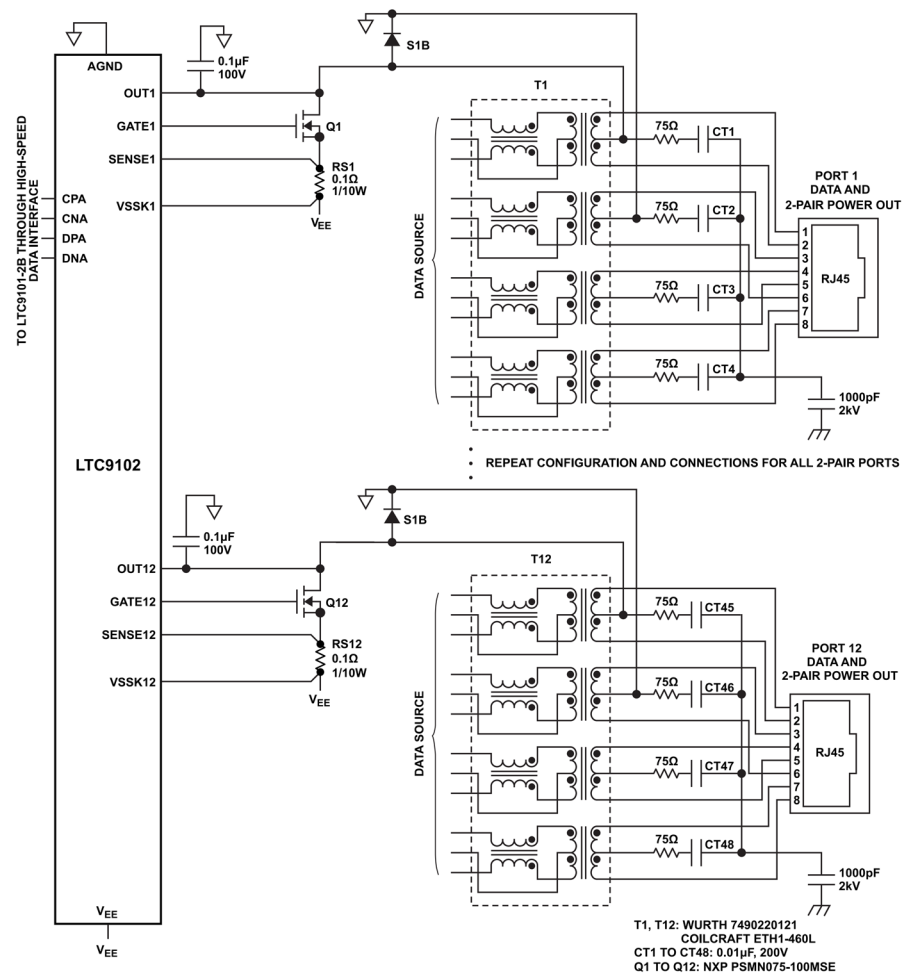


図 54. オルタナティブ A (MDI-X) および B (S)、1000BASE-T、IEEE 802.3bt タイプ 3 の 2 ペア PSE (図はポート 1 および 12 を示す)

パッケージの説明

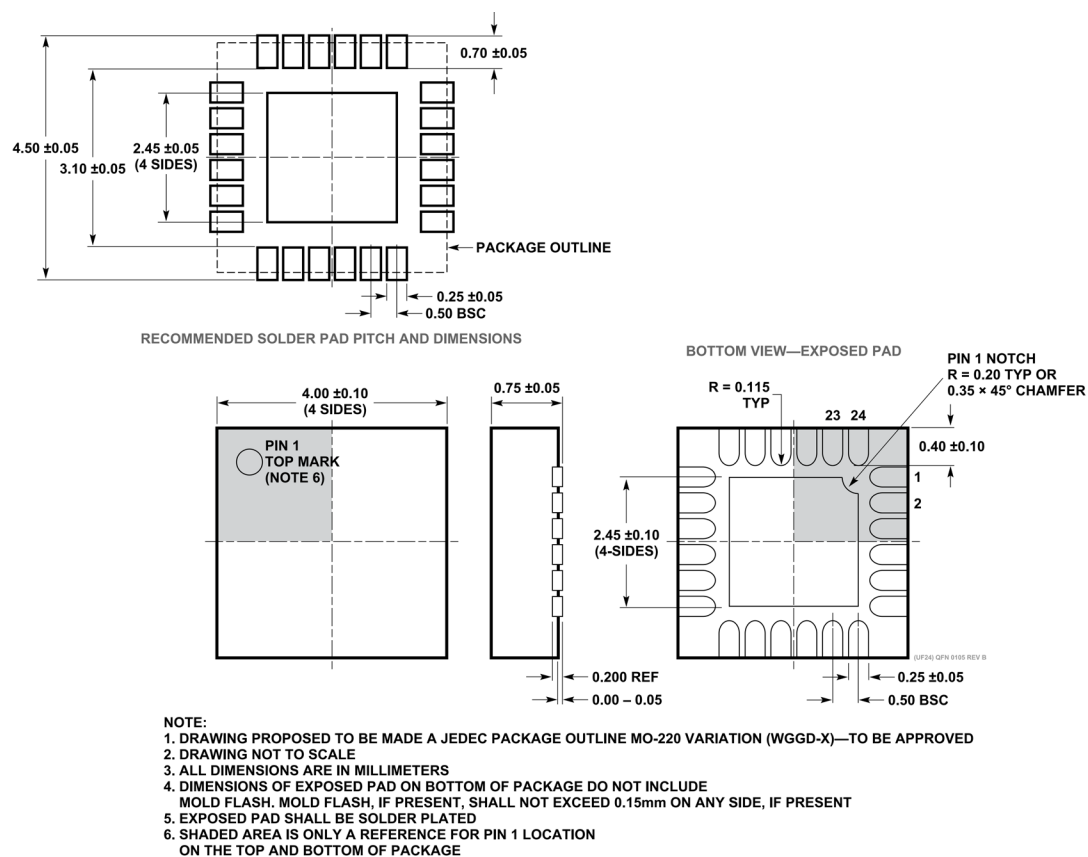


図 55. UF パッケージ

24 ピン・プラスチック QFN (4mm × 4mm) (LTC DWG 05-08-1697 Rev. B 参照)

パッケージの説明

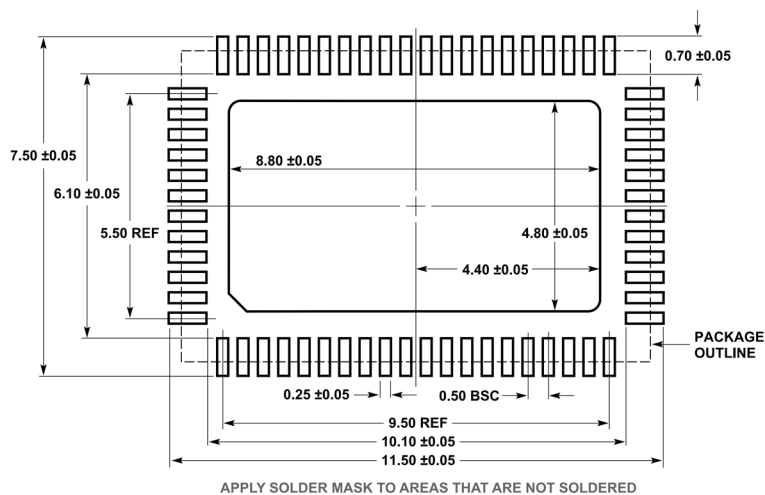
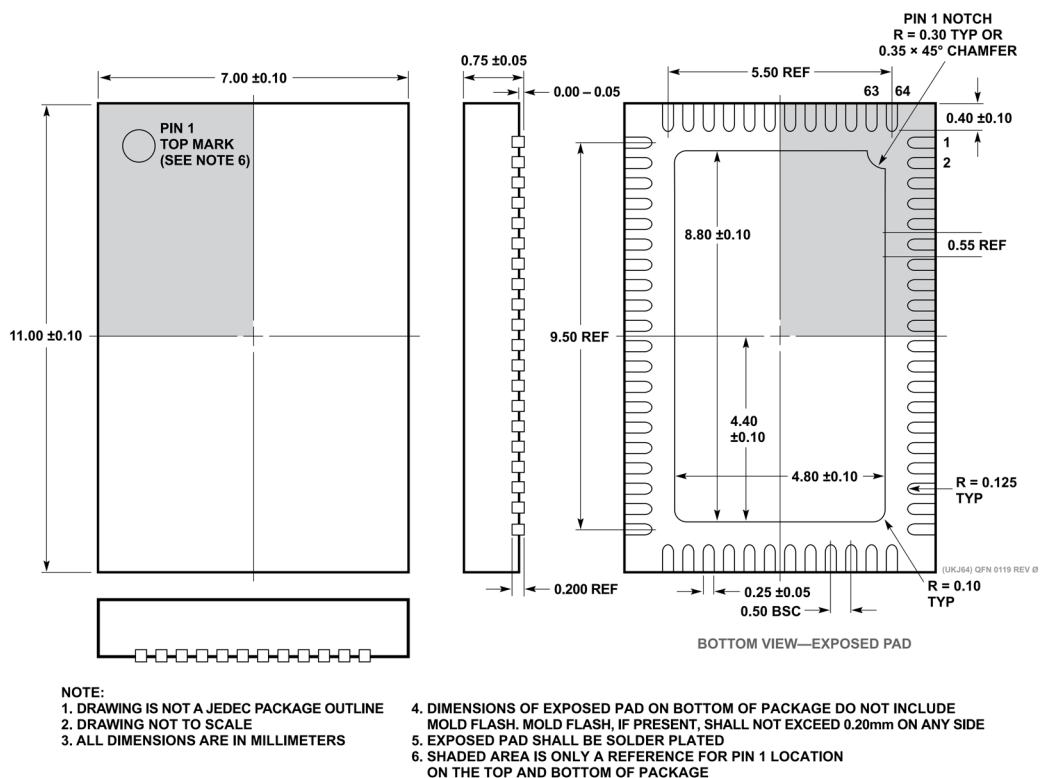
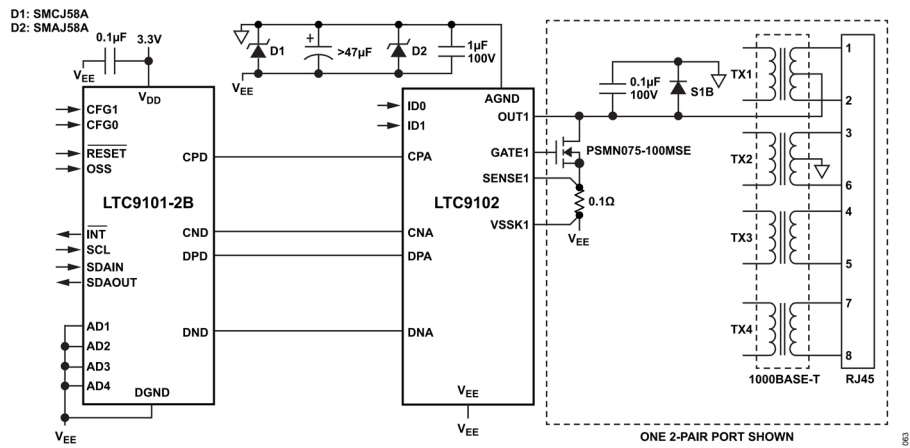


図 56. UKJ パッケージ
64 ピン・プラスチック QFN (7mm × 11mm) (LTC DWG 05-08-1780 Rev. 0 参照)

標準的応用例



関連製品

表 19. 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC9101-1/LTC9102/LTC9103	48 ポート IEEE 802.3at/bt PoE PSE コントローラ	4~48 ポート、ミックスド 2 ペア/4 ペア・ポートをサポート、LTC4291-1 とソフトウェア互換、0.1Ω の検出抵抗で業界最小の電力経路消費電力、直接通信またはトランス絶縁通信
LTC9101-2/LTC9102	24 ポート IEEE 802.3bt PoE PSE コントローラ	6~24 ポート、4 ペア・ポート、業界標準のレジスタ・マップ、0.1Ω 検出抵抗による業界最小の電力経路消費電力、直接通信またはトランス絶縁通信
LTC9101-2A/LTC9102	48 ポート IEEE 802.3at PoE PSE コントローラ	12~48 ポート、2 ペア・ポート、業界標準のレジスタ・マップ、0.1Ω 検出抵抗による業界最小の電力経路消費電力、直接通信またはトランス絶縁通信
LTC9101-3/LTC9103	16 ポート IEEE 802.3at PoE PSE コントローラ	8~16 ポート、2 ペア・ポート、システムレベルのパワー・マネージメントと LED 制御、0.1Ω の検出抵抗で業界最小の電力経路消費電力、直接通信またはトランス絶縁通信
LTC4292/LTC4291-1	4 ポート IEEE 802.3bt PoE PSE コントローラ	トランス絶縁、ポートごとの 14 ビット電流モニタリング（電流制限をプログラム可能）、タイプ 1~4 の PD をサポート
LT®4293	LTPoE++®/IEEE 802.3bt PD インターフェース・コントローラ	外部スイッチ、LTPoE++および IEEE 802.3bt をサポート、クラス設定と補助電源をサポート
LT4294	IEEE 802.3bt PD コントローラ	外部スイッチ、IEEE 802.3bt をサポート、クラス設定と補助電源をサポート
LT4295	フォワード/フライバック・スイッチング・レギュレータ・コントローラ内蔵の IEEE 802.3bt PD	外部スイッチ、IEEE 802.3bt をサポート、クラス設定可能、フォワード動作や光アイソレータが不要のフライバック動作、周波数、PG/SG 遅延、ソフトスタート、最小 9V の補助電源をサポート（ハウスキーピング降圧電源とスローブ補償回路を内蔵）
LTC4290/LTC4271	8 ポート PoE/PoE+/LTPoE++ PSE コントローラ	トランス絶縁、IEEE 802.3af、IEEE 802.3at、LTPoE++ PD をサポート
LTC4263	シングル IEEE 802.3af PSE コントローラ	MOSFET スイッチ内蔵
LTC4265	IEEE 802.3at PD インターフェース・コントローラ	100V 1A のスイッチを内蔵、2 イベント分類認識
LTC4266	クワッド IEEE 802.3at PoE PSE コントローラ	プログラマブル I _{CUT} /I _{LIM} 、2 イベント分類、ポート電流および電圧のモニタリング
LTC4267	スイッチング・レギュレータ内蔵の IEEE 802.3af PD インターフェース	100V、400mA のスイッチを内蔵、デュアル突入電流、クラス設定可能
LTC4270/LTC4271	12 ポート PoE/PoE+/LTPoE++ PSE コントローラ	タイプ 1、タイプ 2、および LTPoE++ PD をサポート、トランス絶縁
LTC4278	フライバック・スイッチング・レギュレータ内蔵の IEEE 802.3at PD インターフェース	2 イベント分類、クラス設定可能、光アイソレータ不要の同期整流式フライバック・コントローラ、50kHz~250kHz、12V 補助電源をサポート
LTC4279	シングル PoE/PoE+/LTPoE++ PSE コントローラ	IEEE 802.3af、IEEE 802.3at、LTPoE++、および独自設計の PD をサポート