正誤表

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。
この正誤表は、2020 年 10 月 28 日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日： 2020 年 10 月 28 日
製品名： **LT3697**
対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.0
訂正箇所：最終ページ

下部の製品表　丸枠の部分に記載漏れ。　【誤】I_{SD}＜μA、【正】I_{SD}＜1μA

RELATED PARTS

PART NUMBER	DESCRIPTION	COMMENTS
LT3965/LT3965-1	Eight-Switch Matrix LED Dimmer with Programmable 256:1 PWM Dimming and Fault Reporting Through I^2C	V_{DD}: 2.7V to 5.5V, V_{IN}: 8V to 60V, Eight Independent 17V/330mΩ NMOS Switches, 11-Bit Resolution Logarithmic State Transition, TSSOP-28E Package
LT3932	36V, 2A Synchronous Step-Down LED Driver	V_{IN}: 3.6V to 36V, 0V to 36V LED String Voltage, 128:1 Internal PWM Dimming, 5000:1 External PWM Dimming, 20:1 Analog Dimming, 4mm × 5mm QFN-28 Package
LT3952	60V, 4A LED Driver with 4000:1 PWM Dimming with Spread Spectrum	V_{IN}: 3V to 42V, $V_{OUT(MAX)}$ = 60V, 4000:1 PWM, 20:1 Analog, I_{SD} < 1μA, TSSOP-28E Package
LT3964	Dual 36V, Synchronous 1.6A Buck LED Driver with I^2C	V_{IN}: 4V to 36V, 8192:1 Internal PWM Dimming, 1000:1 External PWM Dimming, 10:1 External Analog Dimming, 5mm × 6mm QFN-36 Package
LT3756/LT3756-1/ LT3756-2	High Side 100V, 1MHz LED Controller with 3000:1 PWM Dimming	V_{IN}: 6V to 100V, V_{OUT}: 5V to 100V, 3000:1 PWM, 20:1 Analog, I_{SD} < μA, 3mm × 3mm QFN-16 and MSOP-16E Packages

Rev 0

アナログ・デバイセズ株式会社

本　　社／〒105-6891　東京都港区海岸 1-16-1
ニューピア竹芝サウスタワービル
電話 03（5402）8200
大阪営業所／〒532-0003　大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36
新大阪トラストタワー
電話 06（6350）6868

CRC-8を備えた1.3A、8スイッチ・マトリクスのLED調光器

特長

- 独立した8つの15V/110mΩ NMOSスイッチ
- LED列の調光を最大54Vまで制御
- I²Cシリアル・インターフェースとプログラマブルなアドレス
- CRC-8によるI²Cパケット・エラー・チェック
- 256:1（8ビット）のプログラマブルPWM調光
- 時間をプログラムできる11ビット高精度指数関数的フェード
- スイッチごとに独立したオン／オフ制御
- プログラマブルな短絡／開放LED閾値と障害通知機能
- PWM信号発生器内蔵
- プログラマブルなウォッチドッグ・タイマー
- 高精度なV_{IN}換算のイネーブル・ピン
- スイッチの起動状態／リセット状態を定義可能
- 熱特性が改善されたTSSOPパッケージ

アプリケーション

- 自動車用LEDヘッドライト・クラスタ
- 大型LEDディスプレイ
- RGBW混色照明

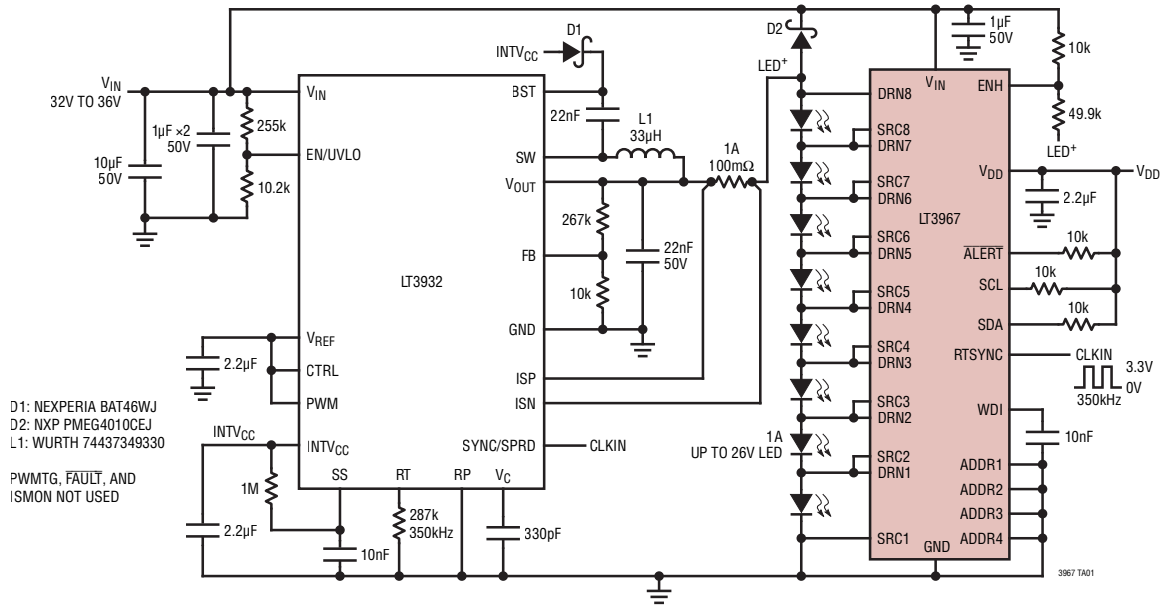
概要

LT®3967は、共通の電流源を使用して、LED列内にある個々のLEDを調光するLEDバイパス・スイッチング・デバイスです。このデバイスは、8つの個別制御のフローティング・ソース15V/110mΩ NMOSスイッチを備えています。8つのスイッチを並列あるいは直列に接続して、1列のLEDの周辺に電流をバイパスすることができます。LT3967は、I²Cシリアル・インターフェースを使用してマイクロコントローラと通信します。8つの各チャンネルは、常時オンまたは常時オフ、あるいはフェード遷移あり／なしのPWM調光により、LED列をバイパスするよう個別にプログラムすることができます。プログラマブル・フェード・オプションを使用すると、PWM調光状態間を11ビット分解能で指数関数的に遷移できます。LT3967はクロック発生器を内蔵しており、またPWM調光用の外部クロック源もサポートしています。LT3967は、開放LEDや短絡LEDなど、各チャンネルの障害状態を通知します。4つのアドレス・ピンにより、16個のLT3967デバイスがI²Cバスを共用して、スイッチの起動状態を定義できます。

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

降圧LEDドライバによって駆動される1Aマトリクス LED調光器



Rev.0

目次

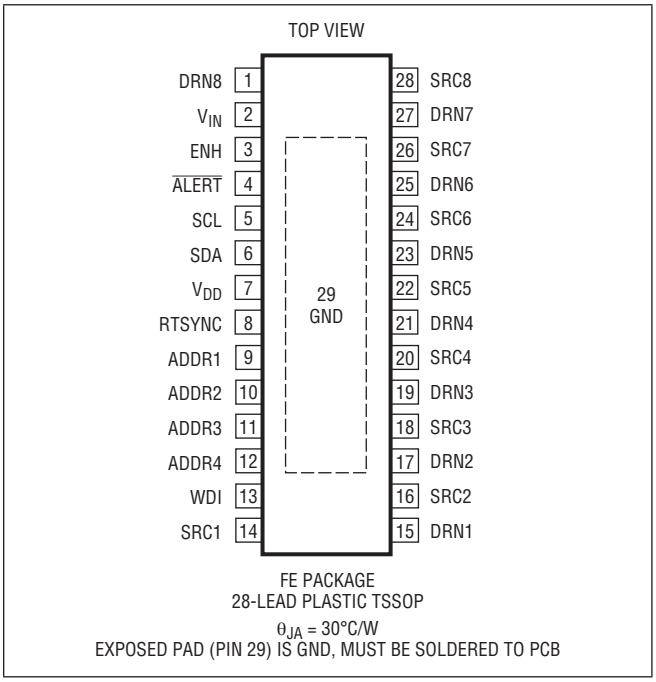
特長 **1**
アプリケーション **1**
標準的応用例 **1**
概要 **1**
絶対最大定格 **3**
発注情報 **3**
ピン配置 **3**
電気的特性 **4**
代表的な性能特性 **7**
ピン機能 **10**
ブロック図 **12**
アプリケーション情報 **13**
概要 13
パワーオン・リセットと調光サイクルの初期化 13
シャットダウン状態での動作 13
フェード遷移なしの調光とフェード遷移ありの調光 14
LT3967 の I^2C レジスタ 15
LT3967 のコマンド・レジスタとチャンネル制御 15
I^2C シリアル・インターフェース 15
開始条件と停止条件 18
I^2C シリアル・ポートのデータ転送 18
LT3967 の I^2C コマンドと書込み／読出しプロトコル 20
アラート応答アドレス（ARA）を使用した LT3967 のアラート応答プロトコル 24
ウォッチドッグ・タイムアウト・リセット 25
RTSYNC 入力クロックの障害検出とアラートのアサート 25
LED ／過熱障害検出および通知 25
開放 LED 障害検出とアラートのアサート 26
短絡 LED 障害検出とアラートのアサート 26
LED 障害ステータス・ビットのクリア 26
過熱障害検出とアラートのアサート 26
過熱ステータス・ビットのクリア 26
アラートのデアサート 26
プリント回路基板のレイアウト 26
標準的応用例 **28**
パッケージ **29**
標準的応用例 **30**
関連製品 **30**

絶対最大定格

(Note 1)

V_{IN} 60V
V_{IN} - SRC[8:1] ..... –0.3V
ENH 60V
DRN[8:1] 60V
SRC[8:1] 60V
DRN[8:1] - SRC[8:1](各チャンネル) ..... –0.3V、17V
V_{DD} 6V
WDI 6V
SDA、SCL、$\overline{ALERT}$ ..... –0.3V ～ V_{DD} + 0.3V
RTSYNC 6V
ADDR[4:1] 6V
動作ジャンクション温度範囲(Note 2)
LT3967E ..... –40°C ～ 125°C
LT3967J ..... –40°C ～ 150°C
保存温度範囲 ..... –65°C ～ 150°C

ピン配置



FE PACKAGE
28-LEAD PLASTIC TSSOP
θ_{JA} = 30°C/W
EXPOSED PAD (PIN 29) IS GND, MUST BE SOLDERED TO PCB

発注情報

鉛フリー仕上げ	テープ&リール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT3967EFE#PBF	LT3967EFE#TRPBF	LT3967FE	28-Lead Plastic TSSOP	–40°C to 125°C
LT3967JFE#PBF	LT3967JFE#TRPBF	LT3967FE	28-Lead Plastic TSSOP	–40°C to 150°C

更に広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。*温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。
テープ&リールの仕様。一部のパッケージは、#TRMPBF 接尾部の付いた指定の販売経路を通じて500個入りのリールで供給可能です。

電気的特性

● は全動作温度範囲で適用される仕様を意味する。それ以外は T_A = 25°C での値。特に指定のない限り、V_{IN} = 40V、ENH = 38.5V、V_{DD} = 5V、SRC[8:1] = 0V、ADDR[4:1] はそれぞれ 100kΩ の抵抗を介して GND に接続され、SDA と SCL はそれぞれ 4.99kΩ の抵抗により V_{DD} にプルアップされている。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{DD} Input Supply Voltage		●	2.7		5.5	V
V_{DD} Operating I_Q	I^2C Bus Idle, R_{TSYNC} = 28k			1.5	2.2	mA
V_{DD} Shutdown I_Q	V_{IN} - ENH < 1.15V, All Channels LED ON V_{IN} - ENH < 1.15V, All Channels LED OFF			0.5 0.6		mA mA
V_{IN} Operating Voltage	All Channels VOTH = VSTH = 0 (Note 3)	●	8		60	V
V_{IN} Operating I_Q (Channel Not Switching)	All Channels VOTH = VSTH = 0, LED ON			1.3	1.8	mA
	All Channels VOTH = VSTH = 1, LED OFF			2.5	3.5	mA
	All Channels VOTH = 1, VSTH = 0, LED ON			1.8	2.5	mA
V_{IN} Shutdown I_Q	V_{IN} - ENH < 1.15V, All Channels LED ON V_{IN} - ENH < 1.15V, All Channels LED OFF			0.9 1.4		mA mA
DRN[8:1] Operating Voltage		●			V_{IN} – 1V	V
SRC[8:1] Operating Voltage		●			V_{IN} – 6V	V
Current Out of SRC[8:1] Pins (Each Channel)	Channel LED Is On (Channel Switch Is Off) Channel LED Is Off (Channel Switch Is On)	● ●		11 45	20 75	µA µA
Switch On-Resistance				110		mΩ
Switch Leakage Current	DRN = 8V, SRC = 0V, VOTH = 1				1	µA
Switch Transition Time (t_r/t_f)	DRN to 5V Through a 50Ω Resistor, VOTH = 1		1.0	1.6	2.2	µs
DRN[8:1] to SRC[8:1] Overvoltage Protection Clamp Voltage	LED or Switch Bypass Current is 1.3A	●		15	17	V
Response Time from Switch Overvoltage Protection to Switch Turn On	LED or Switch Bypass Current is 1.3A	●		5.2	6.6	µs
Programmable Open LED Threshold (V_{OTH})	SRC = 0V, VOTH = 0 (Note 3) SRC = 0V,VOTH = 1 SRC = 2V, VOTH = 0 SRC = 2V,VOTH = 1	● ● ● ●	5.2 10.4 5.0 10.1	6.1 11.4 5.5 10.8	7.0 12.4 6.0 11.5	V V V V
Programmable Shorted LED Threshold (V_{STH})	VSTH = 0 (Note 3) VSTH = 1	● ●	0.85 3.6	1 4	1.15 4.4	V V
ENH Threshold Voltage Falling ENH(V_{TH}) (V_{IN} - ENH)		●	1.1	1.22	1.34	V
ENH Threshold Voltage Rising Hysteresis				50		mV
ENH Pin Input Bias Current	V_{IN} – ENH = 1.5V, Current Out of ENH Pin			40	100	nA
RTSYNC（プログラマブルな内部発振器または外部クロック源）						
LED PWM Dimming Frequency (= RTSYNC Programmed Oscillator Frequency/2048 or External Clock Frequency/2048)	R_{TSYNC} = 80.6kΩ R_{TSYNC} = 28kΩ R_{TSYNC} = 10kΩ	● ● ●	170 450 880	198 500 1010	220 550 1130	Hz Hz Hz
RTSYNC Output Voltage (Using Internal Oscillator)	R_{TSYNC} = 28kΩ		0.83	0.88	0.93	V
Programmable LED PWM Dimming Frequency Range (Using Internal Oscillator)			100		1000	Hz
Standby Fixed LED PWM Dimming Frequency	RTSYNC = Float		32	45	58	Hz

電気的特性

● は全動作温度範囲で適用される仕様を意味する。それ以外は T_A = 25°C での値。特に指定のない限り、V_{IN} = 40V、ENH = 38.5V、V_{DD} = 5V、SRC[8:1] = 0V、ADDR[4:1] はそれぞれ 100kΩの抵抗を介して GND に接続され、SDA と SCL はそれぞれ 4.99kΩの抵抗により V_{DD} にプルアップされている。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RTSYNC Input Clock Frequency Range			200		2000	kHz
RTSYNC Input Low Threshold (RT_{VIL})		●			0.4	V
RTSYNC Input High Threshold (RT_{VIH})		●	1.5			V
RTSYNC Input Clock Pulse Width High (T_{RTH})			100			ns
RTSYNC Input Clock Pulse Width Low (T_{RTL})			100			ns
RTSYNC Input Clock Ramp Time Between RT_{VIL} and RT_{VIH} (T_{RTR})	$T_{RTH} + T_{RTL} > T_{RTR}$				2.5	µs
ウォッチドッグ・タイマー						
Watchdog Upper Boundary (Timeout)	A 10nF Capacitor Between WDI and GND	●	15	17.5	20	ms
WDI Pin Pull-Up Current	WDI = 0.8V	●	9	10	11	µA
WDI Pin Pull-Down Current	WDI = 2.2V			200		µA
WDI Low Threshold Voltage				1		V
WDI High Threshold Voltage				2		V
アドレス選択と ACMREG レジスタのパワーオン・リセット						
ADDR[4:1] Input Low Resistance to GND, ACMREG[M:N] = "00" at V_{DD} Power-Up M:N=7:6 for ADDR[4], M:N=5:4 for ADDR[3], M:N=3:2 for ADDR[2], M:N=1:0 for ADDR[1]		●			5	kΩ
ADDR[4:1] Input Low Resistance to GND, ACMREG[M:N] = "11" at V_{DD} Power-Up M:N=7:6 for ADDR[4], M:N=5:4 for ADDR[3], M:N=3:2 for ADDR[2], M:N=1:0 for ADDR[1]		●	50		150	kΩ
ADDR[4:1] Input High Resistance to V_{DD}, ACMREG[M:N] = "11" at V_{DD} Power-Up M:N=7:6 for ADDR[4], M:N=5:4 for ADDR[3], M:N=3:2 for ADDR[2], M:N=1:0 for ADDR[1]		●	50		150	kΩ
ADDR[4:1] Input High Resistance to V_{DD}, ACMREG[M:N] = "00" at V_{DD} Power-Up M:N=7:6 for ADDR[4], M:N=5:4 for ADDR[3], M:N=3:2 for ADDR[2], M:N=1:0 for ADDR[1]		●			5	kΩ
アラート・ステータス出力						
$\overline{ALERT}$ Output Low Voltage	$I\overline{ALERT}$ = 3mA			0.3	0.4	V
$\overline{ALERT}$ Output High Leakage Current	$\overline{ALERT}$ = 5.5V				0.1	µA
I^2C ポート (I^2C のタイミング図については Note 5 を参照)						
SDA and SCL Input Threshold Rising		●	$0.7V_{DD}$			V
SDA and SCL Input Threshold Falling		●			$0.25V_{DD}$	V
SDA and SCL Input Hysteresis		●	$0.05V_{DD}$			V
SDA and SCL Input Current	SDA = SCL = 0V to 5.5V		–250		250	nA
SDA Output Low Voltage	I_{SDA} = 3mA	●			0.4	V
SCL Clock Operating Frequency		●			400	kHz

電気的特性

● は全動作温度範囲で適用される仕様を意味する。それ以外は T_A = 25°C での値。特に指定のない限り、V_{IN} = 40V、ENH = 38.5V、V_{DD} = 5V、SRC[8:1] = 0V、ADDR[4:1] はそれぞれ 100kΩ の抵抗を介して GND に接続され、SDA と SCL はそれぞれ 4.99kΩ の抵抗により V_{DD} にプルアップされている。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
(Repeated) Start Condition Hold Time (t_{HD_STA})		●	0.6			µs
Repeated Start Condition Set-Up Time (t_{SU_STA})		●	0.6			µs
Stop Condition Setup Time (t_{SU_STO})		●	0.6			µs
Data Hold Time Output ($t_{HD_DAT(O)}$)		●	0		900	ns
Data Hold Time Input ($t_{HD_DAT(I)}$)		●	0			ns
Data Set-Up Time (t_{SU_DAT})		●	100			ns
SCL Clock Low Period (t_{LOW})		●	1.3			µs
SCL Clock High Period (t_{HIGH})		●	0.6			µs
Data Rise Time (t_r)	C_B = Capacitance of One BUS Line (pF) (Note 4)		20+0.1C_B		300	ns
Data Fall Time (t_f)	C_B = Capacitance of One BUS Line (pF) (Note 4)		20+0.1C_B		300	ns
Input Spike Suppression Pulse Width (t_{SP})					50	ns
Bus Free Time (t_{BUF})		●			1.3	µs

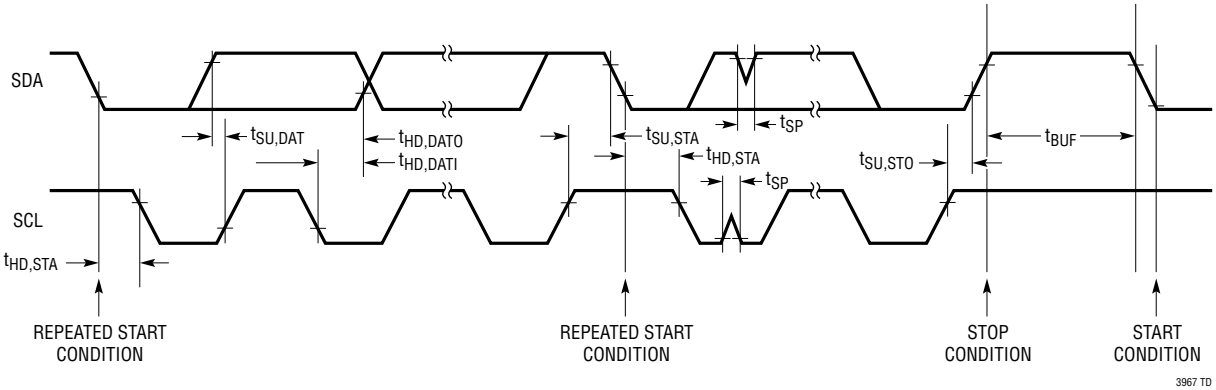
Note 1：絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

Note 2：LT3967Eは、0°C～125°Cのジャンクション温度で性能仕様に適合することが確認されている。–40°C～125°Cの動作ジャンクション温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT3967Iは、–40°C～125°Cの全動作ジャンクション温度範囲で確認されている。LT3967Hは、–40°C～150°Cの全動作ジャンクション温度範囲で確認されている。ジャンクション温度が高いと、動作寿命は短くなる。125°Cを超えるジャンクション温度では動作寿命がディレーティングされる。

Note 3：VOTHおよびVSTHレジスタ・ビットは、LT3967のI^2Cコマンドによって設定される。VOTH/VSTHレジスタ・ビットで設定したV_{OTH}/V_{STH}は、チャンネルのDRNとSRCの間の開放／短絡LED閾値を意味する。開放LEDを正確に検出するには、各チャンネルに対して、$V_{IN} > V_{SRC} + V_{OTH}$ + 1Vを満たす必要がある。

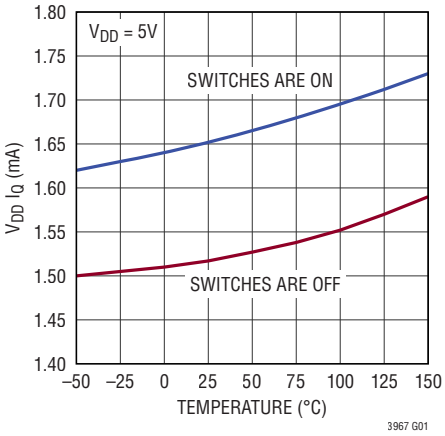
Note 4：立上がり時間と立下がり時間は30%と70%のレベルで測定されている。

Note 5：I^2Cインターフェースのタイミング図（下図参照）。

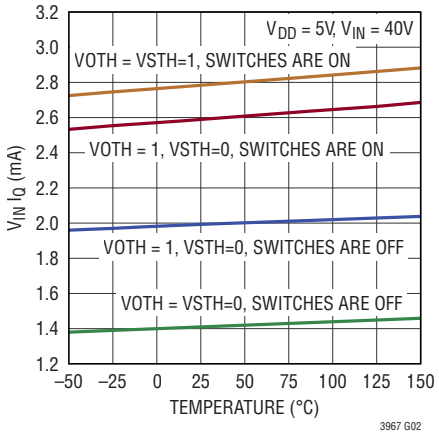


代表的な性能特性

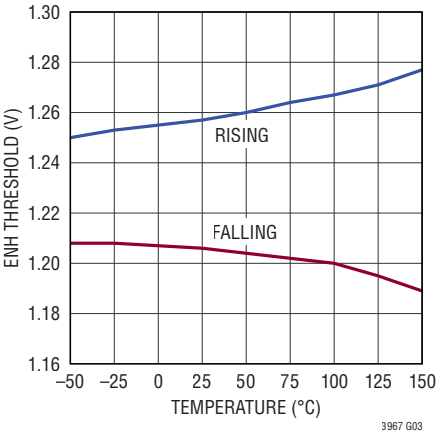
V_{DD}の自己消費電流と温度



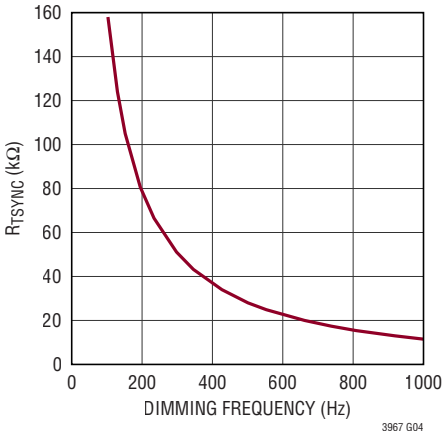
V_{IN}の自己消費電流と温度



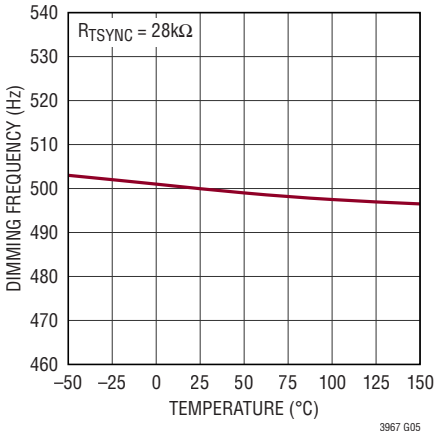
イネーブル閾値 ENH（V_{TH}）と温度



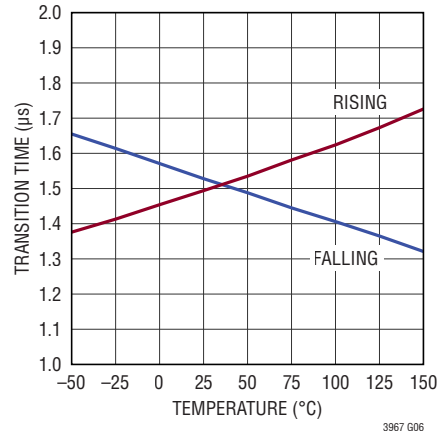
R_{TSYNC}とPWM調光周波数



PWM調光周波数と温度

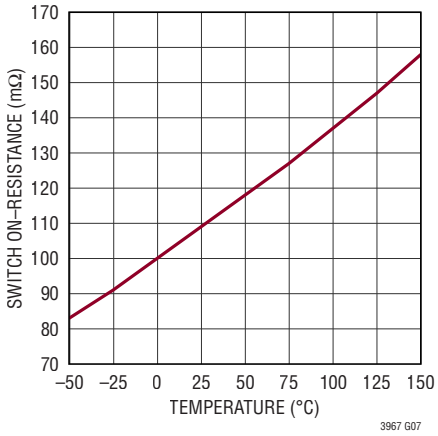


スイッチング遷移時間と温度

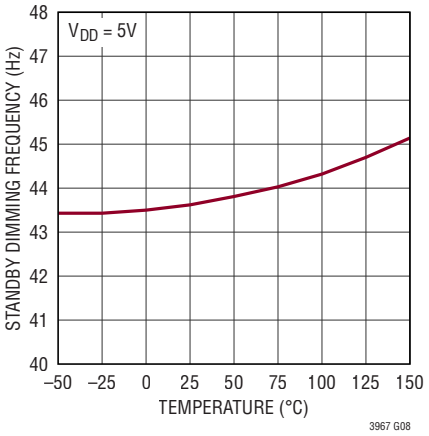


代表的な性能特性

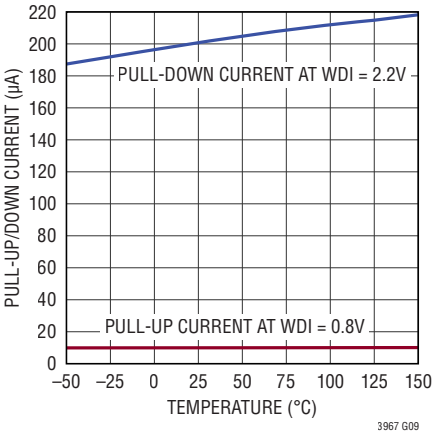
スイッチのオン抵抗と温度



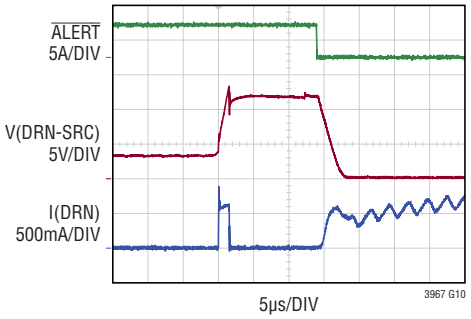
スタンバイ調光周波数と温度



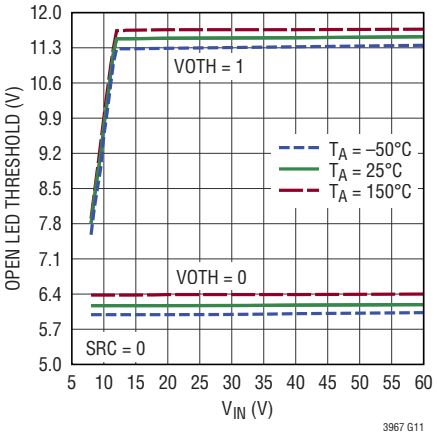
WDIピンのプルアップ／プルダウン電流と温度



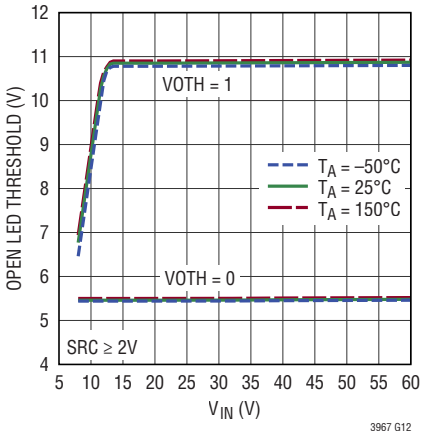
スイッチの開放LED保護応答時間のスコープ写真



開放LED閾値とV_{IN}、SRC = 0Vの場合

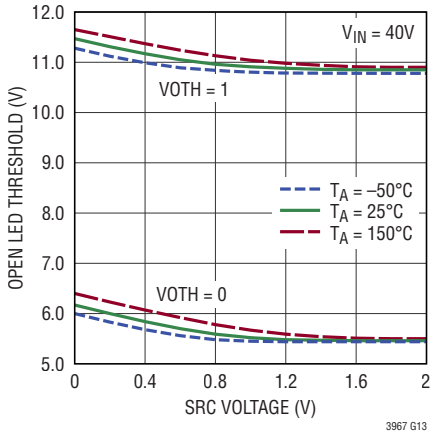


開放LED閾値とV_{IN}、SRC ≥ 2Vの場合

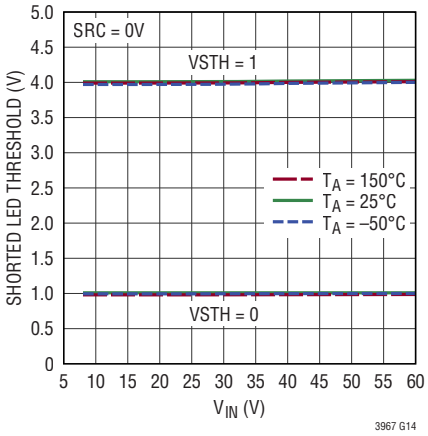


代表的な性能特性

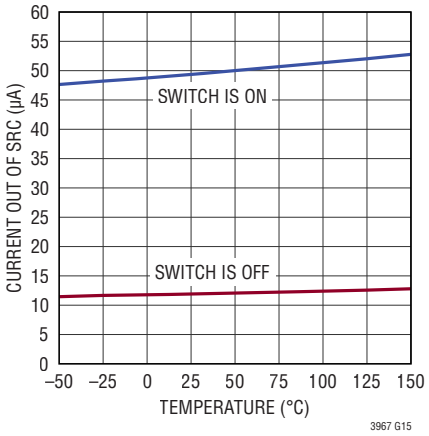
開放LED閾値とSRC



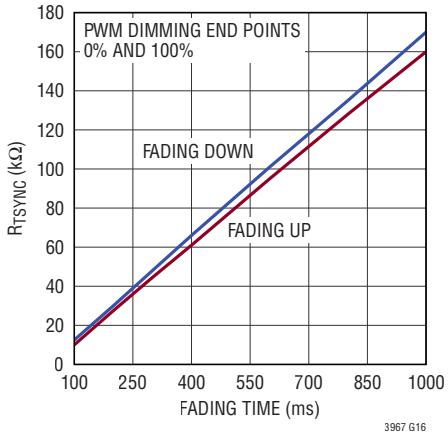
短絡LED閾値とVIN、温度



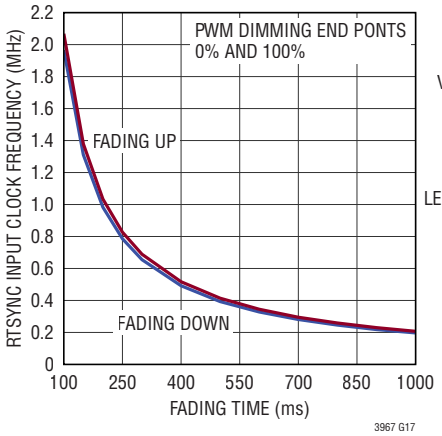
SRCピンからの電流と温度



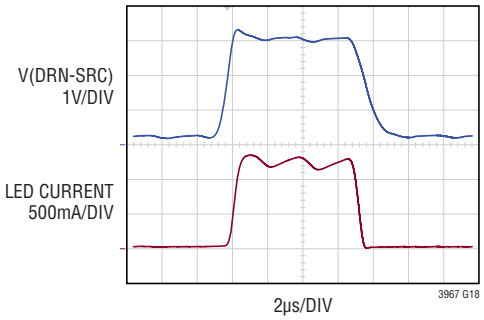
RTSYNCとフェード時間
FTM[2:0] = 001の場合



RTSYNC入力クロック周波数と
フェード時間、FTM[2:0] = 001の場合



スイッチのスルー・レートの
スコープ写真



ピン機能

ADDR[4:1]：プログラマブルなアドレス選択ピンおよびスイッチの初期状態設定ピン。デバイス・アドレスは、全チャンネル・モード（ACMODE）書込みでは010xxxx0、全チャンネル・モード（ACMODE）読出しでは010xxxx1、単一チャンネル・モード（SCMODE）書込みでは101xxxx0、単一チャンネル・モード（SCMODE）読出しでは101xxxx1です。ここで、xxxxはADDR[4:1]ピンからの入力ロジック値を表します。このピンを150kΩ以下の抵抗を介してGND/V_{DD}に接続した場合、入力ロジック値は0/1です。全部で16個のLT3967デバイスを同じI^2Cバスに接続できます。また、ADDR[4:1]ピンに接続する抵抗値を使用すると、ACMREGのV_{DD}パワーオン・リセット（POR）のデフォルト値が決まります。GNDまたはV_{DD}との間に値の小さな抵抗（≤5k）を接続すると、LEDは起動時にオフのままになります。GNDまたはV_{DD}との間に値の大きな抵抗（≥50k）を接続すると、LEDは起動時にオンになります。

$\overline{\text{ALERT}}$：障害状態通知用のアラート出力。$\overline{\text{ALERT}}$ピンがアサートされる（ローになる）のは、開放LED、短絡LED、過熱障害状態、RTSYNCクロック障害のいずれかの障害状態を通知するためです。$\overline{\text{ALERT}}$ピンがデアサート（ハイに解放）されるのは、デバイスがアラート応答アドレスを正常に送信した後か、障害状態がI^2C書込みコマンドによって解消された後です。アラート機能は、ENHが低電圧のときは無効になります。

DRN[8:1]：フロート状態のNチャンネルFETのドレイン側のピン。使用しない場合は、100kΩの抵抗を使用してV_{DD}に接続してください。

ENH：V_{IN}のシャットダウン・ピンおよび低電圧検出ピン。ENHピンの電圧がV_{IN}ピンの電圧より1.22V（公称）低くなると、PWM調光と障害通知が有効になります。ENHの低電圧はI^2Cインターフェースを介して通知されます。通常は、このピンを抵抗分圧器に接続して、V_{IN}がチャンネルの電源電圧より6V以上高い場合にのみデバイスがイネーブルされるようにします。

GND：露出パッド・ピン。露出パッドはグラウンド・プレーン（GND）に直接ハンダ処理してください。

RTSYNC：外部PWMクロック入力および内部発振器周波数設定ピン。内部発振器をPWM調光に使用する場合は、GNDとの間に抵抗を接続して内部発振周波数を設定します。RTSYNCをRT_{VIH}より高くRT_{VIL}より低い電圧に駆動することにより、0.4Vのときに500μAのシンク電流を供給できる外部クロック源をPWM調光に使用して、内部発振器をオーバーライドできます。RTSYNCピンは開放のままにしないでください。抵抗を使用して内部発振周波数を設定する場合は、抵抗をデバイスの近くに配置します。LEDのPWM調光周波数は、事前設定の内部発振周波数を2048で割った値、または外部クロック周波数を2048で割った値に等しくなります。事前設定の内部発振周波数または外部クロック周波数が100kHz（公称）より低くなると、LED調光を設定するPWMクロックは、100kHz（公称）の内部スタンバイ・クロックに切り替わります。プログラミング抵抗R_{TSYNC}をRTSYNCピンとGNDの間に接続した場合、外部クロックの接続が失われると、LED調光を設定するPWMクロックは、R_{TSYNC}で設定されている内部発振周波数に切り替わります。それ以外の場合、LED調光を設定するPWMクロックは、100kHz（公称）の内部スタンバイ・クロックに切り替わります。この選択は、V_{DD}のPOR、ウォッチドッグのタイムアウト、またはI^2C BCMODE書込みコマンドによってリセットできます。

SCL：I^2Cシリアル・ポートのクロック入力ピン。I^2Cのロジック・レベルはV_{DD}を基準にして調整されます。

SDA：I^2Cシリアル・ポートのデータ入出力ピン。I^2Cのロジック・レベルはV_{DD}を基準にして調整されます。

ピン機能

SRC[8:1]：フロート状態のNチャンネルFETのソース側のピン。チャンネル・スイッチのバイパス動作を適切に行うには、チャンネルの電源電圧（SRC[8:1]）を6V以上でV_{IN}より低い電圧にする必要があります。使用しない場合は、GNDに接続します。

V_{IN}：LEDバイパス・スイッチおよびLED障害検出器用の入力電源ピン。このピンの近くに配置した1µF（以上）のコンデンサを使って短距離でバイパスする必要があります。チャンネル・スイッチのバイパス動作を適切に行うには、V_{IN}をチャンネルの電源電圧より6V以上高くする必要があります。

V_{DD}：I^2Cシリアル・ポートの電源電圧および内部バイアスとロジック用の入力電源ピン。このピンにより、I^2CのSCLピンとSDAピンのロジック・リファレンス・レベルが設定されます。SCLとSDAのロジック・レベルはV_{DD}を基準にして調整されます。V_{DD}電源電圧が2.5V（公称）より高くなると、ACMREGとSCMREGはデフォルト値にリセットされ、I^2Cインターフェースは動作状態になります。LT3967は、そのアドレスへの通信にアクノレッジを返して、データをレジスタに書き込んだり、レジスタから読み出すことができるようになります。このことは、デバイスがディスエーブル状態の場合にも当てはまります。ACMREGおよびSCMREGのデータは、I^2Cコマンド、V_{DD}のPOR、またはウォッチドッグのタイムアウトによって更新されない限り、変化しません。このピンとグラウンドの間に0.1µF（以上）のデカップリング・コンデンサを接続します。

WDI：ウォッチドッグ・タイマーの入力ピン。このピンは、GNDとの間にコンデンサを使用してウォッチドッグ・タイマーの上限を設定する目的で使用します。V_{DD}が2.5Vより高くなると、ウォッチドッグ・タイマーはI^2C通信のモニタリングを開始します。V_{DD}のPORまたは開始から停止までの時間がウォッチドッグ・タイマーの設定上限に達すると、タイムアウトが生じます。タイムアウトになると、LT3967の全てのレジスタはデフォルト値にリセットされ、チャンネルのスイッチはADDR[4:1]ピンでのレジスタ設定値によって決まるデフォルトの状態にリセットされ、PWMクロックはRTSYNC入力クロックにリセットされます。このピンは開放のままにしないでください。ウォッチドッグ機能を無効にするには、このピンをGNDに接続します。

ブロック図

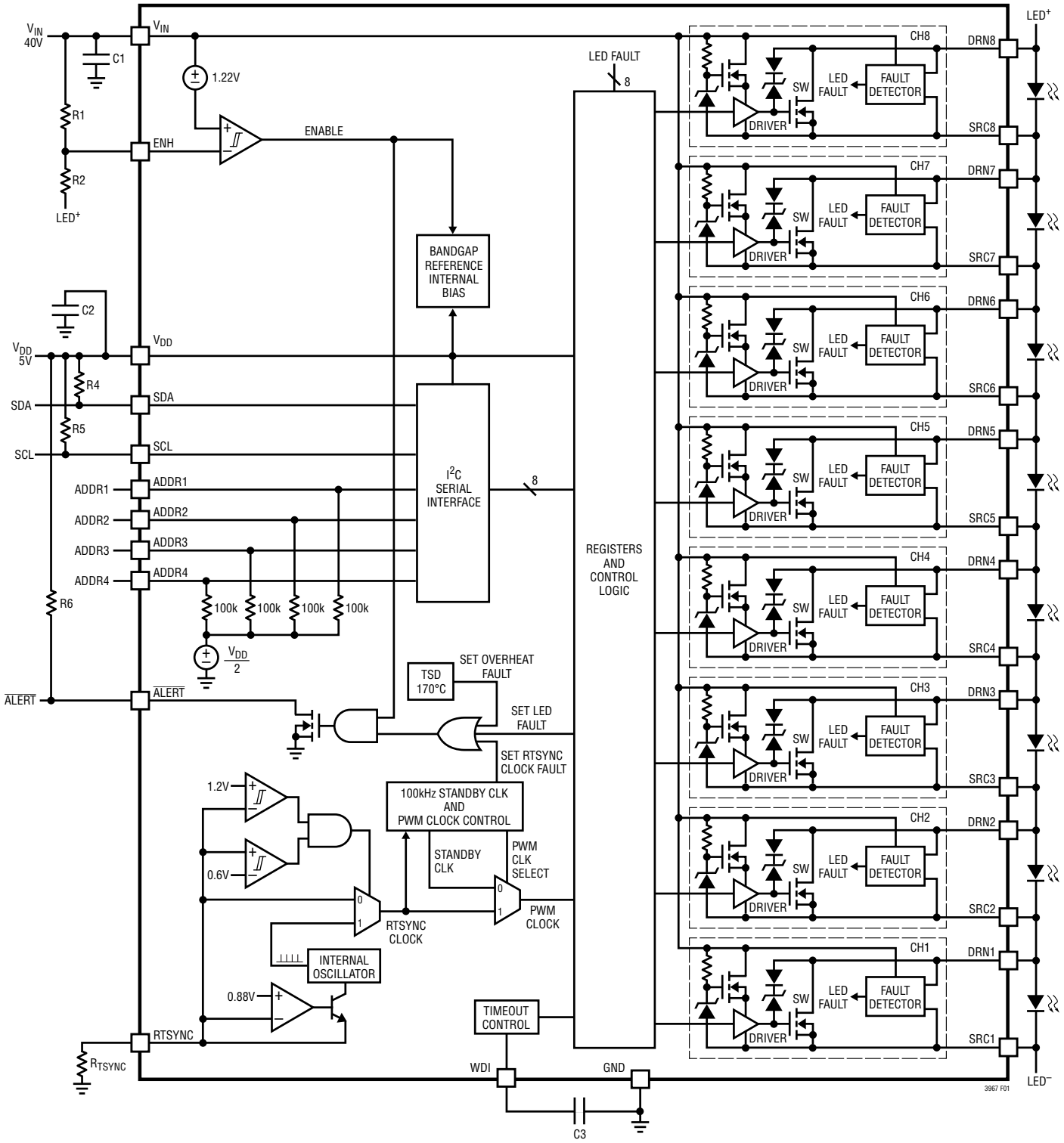


図1. ブロック図

アプリケーション情報

概要

LT3967は、I²Cシリアル・インターフェースを備えた8チャンネルのLEDバイパス・スイッチング・デバイスで、共通の電流源を使用してLED列を調光する目的で設計されています。8つの各チャンネルは、常時オンまたは常時オフ、あるいはフェード遷移あり／なしの調光により、LED列をバイパスするよう個別にプログラムすることができます。図1のブロック図を参照すると動作をよく理解できます。

LT3967が動作するV_{DD}入力電圧範囲は2.7V～5.5Vです。8チャンネルのスイッチは、V_{IN}入力電源によって駆動され、並列または直列（あるいはその両方）で接続できます。8チャンネルの各スイッチは、1つまたは複数の直列LEDを最大10.1Vまでバイパスできます。

各チャンネルはLED障害検出器を内蔵しており、次の2つの閾値レベルのいずれかを設定して、開放LED障害を検出できます。閾値レベルは、6.1V/5.5Vおよび11.4V/10.8V（デフォルトの設定値）です。あるチャンネルで開放LED障害が検出されると、そのチャンネルのスイッチがオンになって障害状態のLEDをバイパスし、LED列の導通を維持してデバイス自体を保護します。このチャンネルのPWM調光は、シリアル・インターフェースによってリセットされるまで中断されます。また、各チャンネルのLED障害検出器に次の2つの閾値レベルのいずれかを設定して、短絡LED障害を検出することもできます。閾値レベルは、1V（デフォルトの設定値）と4Vです。1Vと4Vの閾値レベルを使用して、2件の短絡LED障害と、複数のLED区間での1件の短絡LED障害を区別することができます。あるチャンネルで短絡LED障害が検出されると、そのチャンネルのスイッチは、事前に設定されたPWM調光を継続します。LED障害の他に、LT3967は過熱障害状態（≥170°C）とRTSYNCクロックの障害状態も検出して通知します。LT3967は、LED障害、過熱障害、またはRTSYNCクロック障害（あるいはその全て）が検出された場合、$\overline{\text{ALERT}}$ピンをアサートして（電圧を引き下げて）、バス・マスタに割り込みます。マスタは、アラート応答アドレス（ARA）を使用して、アラートを送信しているデバイスを特定します。

LT3967のI²Cシリアル・インターフェースは、チャンネルのスイッチおよびLED障害検出器を設定し、対数的なフェード時間を設定するための9つのコマンド・レジスタを内蔵しています。また、LED障害および過熱障害を通知するための2つの読出し専用障害ステータス・レジスタも内蔵しています。

I²Cシリアル・インターフェースは、任意のレジスタのランダム・アドレス指定をサポートします。LT3967のアドレス選択ピンADDR4、ADDR3、ADDR2、およびADDR1により、最大16個のLT3967デバイスがI²Cバスを共用できます。また、アドレス選択ピンに接続する抵抗値により、LEDのV_{DD} POR時デフォルト状態を調べることもできます。

抵抗をRTSYNCピンとグラウンドの間に接続すると、内部発振器が選択され、抵抗によってLED調光周波数が設定されます。RTSYNCピンを外部クロック源で駆動すると、外部クロック源によって内部発振器がオーバーライドされ、調光周波数は、外部クロック周波数を2048で割った値になります。

LT3967の動作の詳細は、以下のセクションに記載されています。

パワーオン・リセットと調光サイクルの初期化

チャンネルは、2つのMSBを設定するADDR4と2つのLSBを設定するADDR1の2つ1組で設定されます。ACMREGレジスタの概要については、表1を参照してください。V_{DD}が2.5Vより高くなると、内部パワーオン・リセット（POR）信号が生成され、LT3967の全てのレジスタはデフォルト値にリセットされます。ADDR[4:1]ピンの抵抗値は、起動時の各チャンネル・スイッチの状態を設定するACMREGレジスタ・ビットのPOR時デフォルト状態を決めるために使用されます。

また、PORは、調光サイクルを1/8シフトして各チャンネルのPWM調光カウンタを初期化します。これにより、調光サイクルの開始時にチャンネルが一斉にスイッチングしないようにして、スイッチングのトランジェントを低減できます（図2を参照）。PWM調光を（フェード遷移ありまたはなしで）使用する場合、チャンネルのLED列は、調光サイクルの開始時に常にオンになります。PWMクロックによってクロックが制御されるチャンネル・カウンタの値がチャンネルのSCMREGコマンド・レジスタに格納された調光値に等しい場合、チャンネルのLED列はオフになります。チャンネルのLED列は、いったんオフになると、次の調光サイクルが始まるまでオフのままです。

シャットダウン状態での動作

ENHピンはデバイスをイネーブルするために使用します。ENHピンがV_{IN}電源に対して低電圧になっている場合、デバイスはシャットダウン状態になっており、このモードのPWM調光では、$\overline{\text{ALERT}}$ピンのアサートと障害報告が無効になり、デバイスはブロードキャスト読出しコマンドに応答しません。LT3967は、OLFREGおよびSLFREGレジスタの全ての

アプリケーション情報

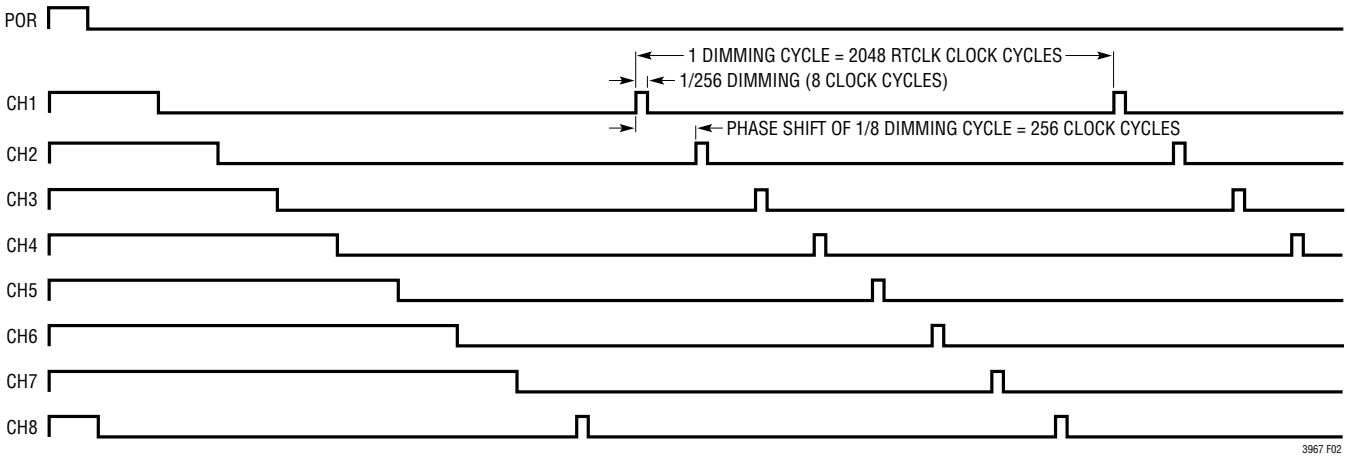


図2. POR調光サイクル初期化の図

ビットをハイに設定し、$\overline{\text{ALERT}}$ピンをデアサートして、デバイスがシャットダウン状態であることを通知します。チャンネル・スイッチの状態は、シャットダウン状態でのACMREGレジスタ・ビットによってのみ制御されます。

デバイスがシャットダウンしている場合、またはV_{DD}が2.5V(公称)より低い場合、VOTHビットによって設定された開放LED検出は無効になります。ただし、チャンネルのDRNピンとチャンネルのSRCピンの間の電圧は、13V(公称)を超えるとクランプし始めます。クランピングによってチャンネルのスイッチはトリガされてオンになり、障害状態のLEDをバイパスします。スイッチは、デジタル・ロジックの電源投入によってリセットされない限り、オンのままです。

デバイスがイネーブルされているか、シャットダウン状態になっているかにかかわらず、V_{DD}が印加されている限り、シリアル・インターフェースは通電状態であり、別のI^2Cコマンドによって更新されない限り、LT3967のコマンド・レジスタに書き込まれたデータが変更されることはありません。ENHピンが低電圧状態を終了してデバイスをイネーブルすると、LT3967はOLFREGおよびSLFREGレジスタの全てのビットをローにリセットし、PWM調光、$\overline{\text{ALERT}}$ピンのアサート、および障害報告を有効化します。

チャンネル・スイッチのバイパス動作を正常に実行するには、V_{IN}をチャンネルの電源電圧より6V以上高くする必要があるため、V_{IN}がV_{LED+}より6V以上高いときにデバイスをイネーブルすることを推奨します。図1に示す抵抗分圧器を使用して、ENHの入力信号を生成できます。

フェード遷移なしの調光とフェード遷移ありの調光

LT3967の各チャンネルは、フェード遷移なしで調光を実行するか、フェード遷移ありで調光を実行するかを個別に設定できます。フェード遷移なしの調光では、調光値が1調光サイクル以内に初期値から目標値に変化します。フェード遷移ありの調光では、事前に設定された指数曲線に従って、調光値が複数の調光サイクルの間に初期値から目標値まで段階的に遷移して変化します。この指数曲線は、明るさに対する人間の目の近似的対数応答に都合よく作用します。初期値は、チャンネルのSCMREGレジスタに格納された既存の8ビット調光値です。目標値は、SCMODE長形式書込みコマンドから取り込まれてレジスタに格納され、停止条件を受信すると初期値に置き換わります。フェード遷移ありの調光では、次の式に従って各遷移ステップ値を11ビットを使用して計算します。$DV_{NEXT} = DV_{PRESENT} \bullet CF$。ここで、DVは遷移ステップ調光値を表し、CFは定数係数です。CFは、上昇遷移では1.0625になり、下降遷移では0.9375になります。遷移プロセスは、最初の$DV_{PRESENT}$の役割を果たす初期値で始まり、最後のDV_{NEXT}が上昇遷移では目標値以上である場合、または下降遷移では目標値以下である場合、目標値で終了します。遷移ステップの数は、初期値と目標値の間の距離によって決まります。LEDの常時オフから常時オンまでの遷移ステップの最大数は101であり(図3を参照)、LEDの常時オンから常時オフまでの遷移ステップの最大数は96です(図4を参照)。各ステップは様々なPWM調光サイクル(プログラマブル)で動作可能であり、各調光サイクルは2048サイクルのRTSYNCクロックで構成されます。そうする

アプリケーション情報

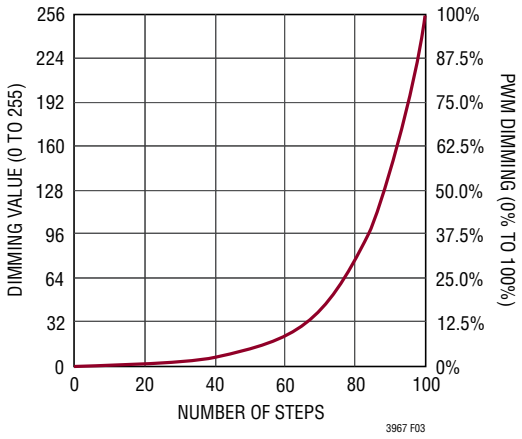


図3. LEDの常時オフから常時オンまでのLT3967の上昇遷移の調光曲線

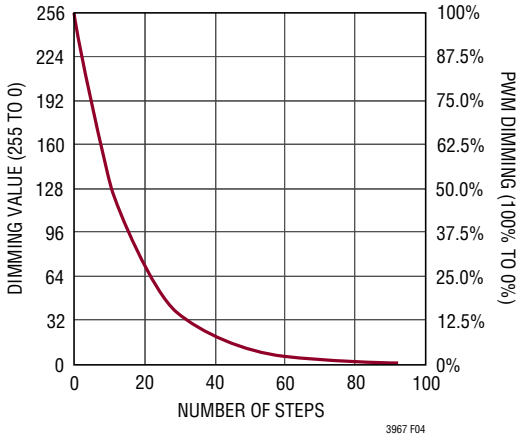


図4. LEDの常時オンから常時オフまでのLT3967の下降遷移の調光曲線

と、$T_{STEP} = T_{PWM} \bullet M = T_{RTSYNC} \bullet M \bullet 2048$となります。ここで、Mは遷移ステップごとに実行するPWM調光サイクルの数であり、フェード遷移ありの調光では1、2、4、8、16、24、または31に設定できます。Mを0に設定すると、チャンネルのLED調光はフェード遷移なしで動作します。

LT3967のI²Cレジスタ

LT3967は、9つのコマンド・レジスタ(表1および表2を参照)および2つの読出し専用障害ステータス・レジスタ(表3を参照)を備えています。コマンド・レジスタは、マスタによって送信された設定ビットの格納に使用されます。障害ステータス・レジスタは、LED／過熱障害ステータス・ビットの格納に使用されます。マスタは、コマンド・レジスタと障害ステータス・レジスタの両方を読み出すことができます。

LT3967のコマンド・レジスタとチャンネル制御

V_{DD}のPORまたはI²Cバスのタイムアウトが生じると、各チャンネル・スイッチの状態はACMREGレジスタのデフォルト値に応じて初期化されます。デフォルト値はアドレス選択ピンでの抵抗設定値によって決まります。データをバス・マスタから受信後、各チャンネル・スイッチは、どのレジスタが最後に更新されたかに応じて、ACMODEレジスタまたはチャンネルのSCMREGレジスタによって制御されます(図5を参照)。SCMODEレジスタが支配的である場合、ACMODEレジスタ内のデータは、上書きされるまで、またはPOR／タイムアウトが発生するまで保持されます。I²Cバスのタイムアウトに関する情報は、ウォッチドッグ・タイムアウト・リセットのセクションを参照してください。

I²Cシリアル・インターフェース

LT3967は、I²Cシリアル・インターフェースを介して通信します。I²Cシリアル・インターフェースは、1本のバス上で複数のスレーブおよび複数のマスタをサポートする2線式のオープンドレイン・インターフェースです。I²Cバス上の各デバイスは、デバイス内に格納された一意のアドレスによって認識され、デバイスの機能に応じて、トランスミッタまたはレシーバーのいずれかとしてのみ動作できます。マスタは、バス上でデータ転送を開始し、その転送を可能にするクロック信号を生成するデバイスです。マスタによってアドレス指定されたデバイスは、スレーブと見なされます。LT3967は、スレーブとしてのみアドレス指定が可能です。いったんアドレス指定されると、デバイスは設定データを受信するか、レジスタ

表1. 全チャンネル・モード(ACMODE)コマンドのレジスタ(8ビット長。このレジスタへのアクセス方法については、全チャンネル・モード(ACMODE)コマンドのセクションを参照)

NAME	B[7]	B[6]	B[5]	B[4]	B[3]	B[2]	B[1]	B[0]	DEFAULT
ACMREG	Control Bit for CH8 1: LED On 0: LED Off	Control Bit for CH7 1: LED On 0: LED Off	Control Bit for CH6 1: LED On 0: LED Off	Control Bit for CH5 1: LED On 0: LED Off	Control Bit for CH4 1: LED On 0: LED Off	Control Bit for CH3 1: LED On 0: LED Off	Control Bit for CH2 1: LED On 0: LED Off	Control Bit for CH1 1: LED On 0: LED Off	AABBCCDD (see Note at bottom of next page)

アプリケーション情報

表2. 単一チャンネル・モード（SCMODE）コマンドのレジスタ（16ビット長。これらのレジスタ・ビットへのアクセス方法については、単一チャンネル・モード（SCMODE）コマンドのセクションを参照）

NAME	B[15] OPEN LED THRESHOLD PROGRAMMABLE BITS	B[14 SHORTED LED THRESHOLD PROGRAMMABLE BITS	B[13:11] FADE TIME MULTIPLIER PROGRAMMABLE BITS	B[10] FADING DONE INDICATOR (READ ONLY)	B[9] ASYNC. ON/OFF BIT	B[8] ASYNC. ENABLE BIT	B[7:0] DIMMING VALUE	DEFAULT
SCMREG1 (for CH1, the channel address: 000)	VOTH = 0: 6.1V/5.5V 1: 11.4V/10.8V	VSTH = 0: 1V 1: 4V	FTM[2:0] = 000: No Fade 001: 1x; 010:2x 011: 4x; 100:8x 101: 16x; 110:24x 111: 31x	FDI = 0: In Fading 1: Fading Done	AO = 0: LED Off 1: LED On	AE = 0: Async. Disabled 1: Async. Enabled	DV[7:0] = 00000000: LED Off 00000001: 1/256 Dimming 00000001: 2/256 Dimming ……. 11111110: 254/256 Dimming 11111111: LED Constant On	10000100 DDDDDDDD (see Note)
SCMREG2 (for CH2, the channel address: 001)	VOTH = 0: 6.1V/5.5V 1: 11.4V/10.8V	VSTH = 0: 1V 1: 4V	FTM[2:0] = 000: No Fade 001: 1x; 010:2x 011: 4x; 100:8x 101: 16x; 110:24x 111: 31x	FDI = 0: In Fading 1: Fading Done	AO = 0: LED Off 1: LED On	AE = 0: Async. Disabled 1: Async. Enabled	DV[7:0] = 00000000: LED Off 00000001: 1/256 Dimming 00000001: 2/256 Dimming ……. 11111110: 254/256 Dimming 11111111: LED Constant On	10000100 DDDDDDDD (see Note)
SCMREG3 (for CH3, the channel address: 010)	VOTH = 0: 6.1V/5.5V 1: 11.4V/10.8V	VSTH = 0: 1V 1: 4V	FTM[2:0] = 000: No Fade 001: 1x; 010:2x 011: 4x; 100:8x 101: 16x; 110:24x 111: 31x	FDI = 0: In Fading 1: Fading Done	AO = 0: LED Off 1: LED On	AE = 0: Async. Disabled 1: Async. Enabled	DV[7:0] = 00000000: LED Off 00000001: 1/256 Dimming 00000001: 2/256 Dimming ……. 11111110: 254/256 Dimming 11111111: LED Constant On	10000100 CCCCCCCC (see Note)
SCMREG4 (for CH4, the channel address: 011)	VOTH = 0: 6.1V/5.5V 1: 11.4V/10.8V	VSTH = 0: 1V 1: 4V	FTM[2:0] = 000: No Fade 001: 1x; 010:2x 011: 4x; 100:8x 101: 16x; 110:24x 111: 31x	FDI = 0: In Fading 1: Fading Done	AO = 0: LED Off 1: LED On	AE = 0: Async. Disabled 1: Async. Enabled	DV[7:0] = 00000000: LED Off 00000001: 1/256 Dimming 00000001: 2/256 Dimming ……. 11111110: 254/256 Dimming 11111111: LED Constant On	10000100 CCCCCCCC (see Note)
SCMREG5 (for CH5, the channel address: 100)	VOTH = 0: 6.1V/5.5V 1: 11.4V/10.8V	VSTH = 0: 1V 1: 4V	FTM[2:0] = 000: No Fade 001: 1x; 010:2x 011: 4x; 100:8x 101: 16x; 110:24x 111: 31x	FDI = 0: In Fading 1: Fading Done	AO = 0: LED Off 1: LED On	AE = 0: Async. Disabled 1: Async. Enabled	DV[7:0] = 00000000: LED Off 00000001: 1/256 Dimming 00000001: 2/256 Dimming ……. 11111110: 254/256 Dimming 11111111: LED Constant On	10000100 BBBBBBBB (see Note)
SCMREG6 (for CH6, the channel address: 101)	VOTH = 0: 6.1V/5.5V 1: 11.4V/10.8V	VSTH = 0: 1V 1: 4V	FTM[2:0] = 000: No Fade 001: 1x; 010:2x 011: 4x; 100:8x 101: 16x; 110:24x 111: 31x	FDI = 0: In Fading 1: Fading Done	AO = 0: LED Off 1: LED On	AE = 0: Async. Disabled 1: Async. Enabled	DV[7:0] = 00000000: LED Off 00000001: 1/256 Dimming 00000001: 2/256 Dimming ……. 11111110: 254/256 Dimming 11111111: LED Constant On	10000100 BBBBBBBB (see Note)
SCMREG7 (for CH7, the channel address: 110)	VOTH = 0: 6.1V/5.5V 1: 11.4V/10.8V	VSTH = 0: 1V 1: 4V	FTM[2:0] = 000: No Fade 001: 1x; 010:2x 011: 4x; 100:8x 101: 16x; 110:24x 111: 31x	FDI = 0: In Fading 1: Fading Done	AO = 0: LED Off 1: LED On	AE = 0: Async. Disabled 1: Async. Enabled	DV[7:0] = 00000000: LED Off 00000001: 1/256 Dimming 00000001: 2/256 Dimming ……. 11111110: 254/256 Dimming 11111111: LED Constant On	10000100 AAAAAAAA (see Note)
SCMREG8 (for CH8, the channel address: 111)	VOTH = 0: 6.1V/5.5V 1: 11.4V/10.8V	VSTH = 0: 1V 1: 4V	FTM[2:0] = 000: No Fade 001: 1x; 010:2x 011: 4x; 100:8x 101: 16x; 110:24x 111: 31x	FDI = 0: In Fading 1: Fading Done	AO = 0: LED Off 1: LED On	AE = 0: Async. Disabled 1: Async. Enabled	DV[7:0] = 00000000: LED Off 00000001: 1/256 Dimming 00000001: 2/256 Dimming ……. 11111110: 254/256 Dimming 11111111: LED Constant On	10000100 AAAAAAAA (see Note)

注記：A、B、C、およびDのデフォルト値は、それぞれADDR4、ADDR3、ADDR2、およびADDR1ピンの抵抗によって決まります。
GND/VDDとの間の抵抗を5kΩ以下にすると、A、B、C、またはDは0に設定される。GND/VDDとの間の抵抗値を50kΩ～150kΩの範囲内にすると、A、B、C、またはDは1に設定されます。

アプリケーション情報

表3. 読出し専用の障害ステータス・レジスタ(これらのレジスタ・ビットへのアクセス方法については、全チャンネル・モード(ACMODE)コマンドのセクションを参照)

NAME	B[7]	B[6]	B[5]	B[4]	B[3]	B[2]	B[1]	B[0]	DEFAULT
OLFREG	Open LED Status Bit for CH8 1: Fault 0: No Fault	Open LED Status Bit for CH7 1: Fault 0: No Fault	Open LED Status Bit for CH6 1: Fault 0: No Fault	Open LED Status Bit for CH5 1: Fault 0: No Fault	Open LED Status Bit for CH4 1: Fault 0: No Fault	Open LED Status Bit for CH3 1: Fault 0: No Fault	Open LED Status Bit for CH2 1: Fault 0: No Fault	Open LED Status Bit for CH1 1: Fault 0: No Fault	00000000
SLFREG	Shorted LED Status Bit for CH8 1: Fault 0: No Fault	Shorted LED Status Bit for CH7 1: Fault 0: No Fault	Shorted LED Status Bit for CH6 1: Fault 0: No Fault	Shorted LED Status Bit for CH5 1: Fault 0: No Fault	Shorted LED Status Bit for CH4 1: Fault 0: No Fault	Shorted LED Status Bit for CH3 1: Fault 0: No Fault	Shorted LED Status Bit for CH2 1: Fault 0: No Fault	Shorted LED Status Bit for CH1 1: Fault 0: No Fault	00000000

注記:LT3967は、OLFREGおよびSLFREGレジスタの全てのビットをハイに設定します。その際、ALERTピンをアサートした(ローにした)場合は、過熱障害状態(≥170°C)を通知します(詳細については、LED/過熱障害検出および通知のセクションを参照)。ALERTピンをデアサートした(ハイにした)場合は、デバイスがシャットダウン状態であることを通知します(詳細については、シャットダウン状態での動作のセクションを参照)。これら2つの状態が同時に発生している場合は、シャットダウン状態が優先されます。

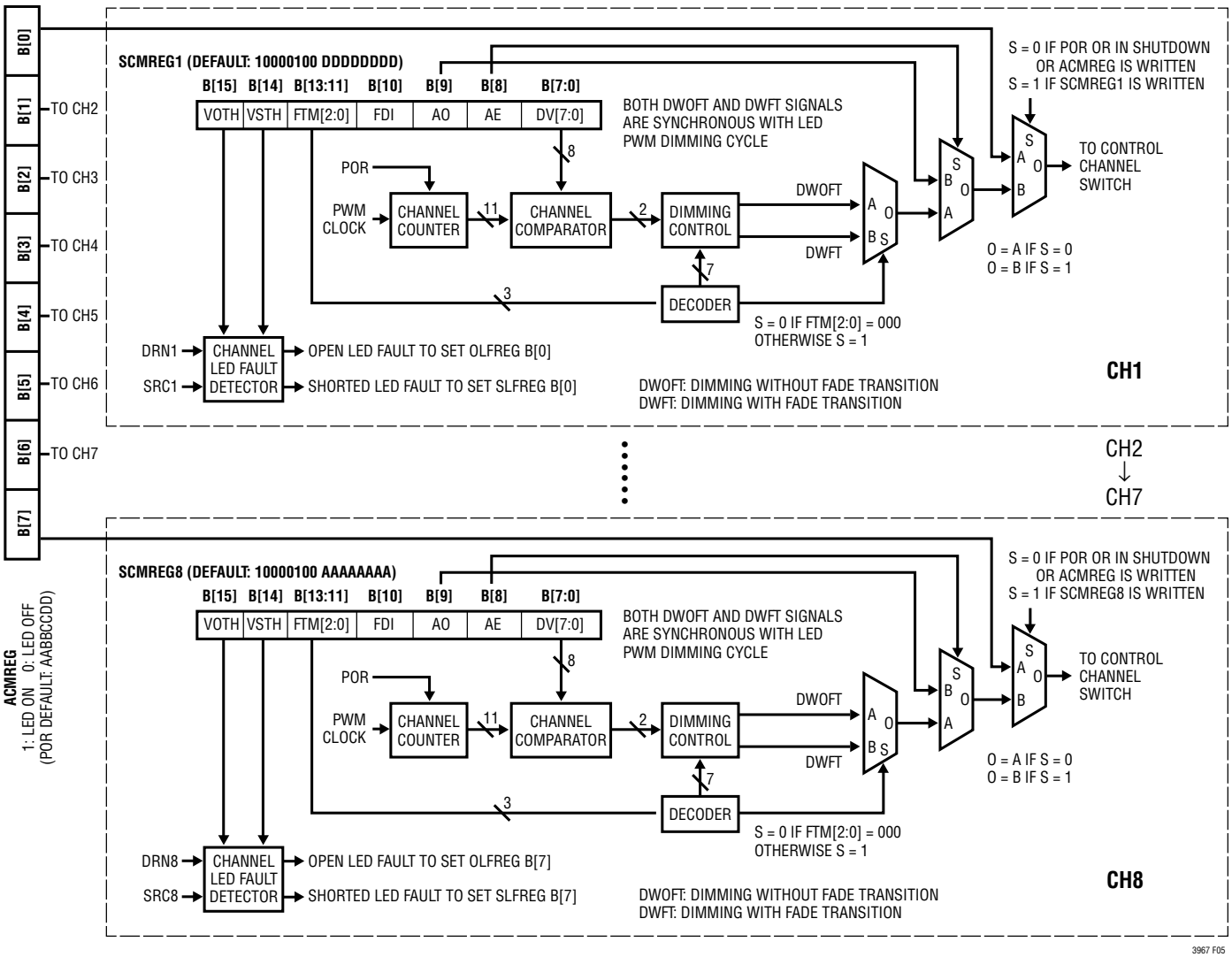


図5. LT3967のコマンド・レジスタとチャンネル制御図

アプリケーション情報

の内容を送信することができます。シリアル・クロック・ライン（SCL）は常にLT3967への入力であり、シリアル・データ・ライン（SDA）は双方向です。LT3967は、シリアル・データ・ライン（SDA）をローに引き下げることのみが可能であり、ハイに駆動することはできません。SCLとSDAは、プルアップ抵抗を介してV_{DD}電源に外部で接続する必要があります。データ・ラインは、ローに駆動されていない場合はハイになります。I^2Cバスのデータは標準モードでは最大100kビット／秒、高速モードでは最大400kビット／秒の速度で転送できます。

開始条件と停止条件

バスがアイドル状態のとき、SCLとSDAはどちらもハイである必要があります。バス・マスタは、SCLがハイのときにSDAをハイからローに遷移させることにより、送信の開始を開始条件付きで通知します。マスタは、スレーブとの通信を終了すると、SCLがハイのときにSDAをローからハイに遷移させることにより、停止条件を出します。この動作によってバスは解放され、次の送信が始まります。ただし、マスタは引き続きバス上で通信する必要がある場合、最初に停止条件を生成することなく、反復開始条件（Sr）を生成して、同じスレーブまたは別のスレーブのアドレスを指定できます。バスが使用中の場合は、停止条件の代わりに反復開始条件（Sr）が生成されるとビジー状態が継続します。反復開始条件（Sr）は、開始条件（S）と機能的には同じです。その後、読出し／書込みコマンドの様々な組み合わせがこうした転送の範囲内で可能になります。ただし、調光サイクルを同期するためのBCMODE書込みコマンド、アラート問い合わせ用のBCMODE読出しコマンド、および過熱障害ビットをクリアするためのACMODE書込みコマンドは、終了停止条件付きで自己完結している必要があります。

I^2Cシリアル・ポートのデータ転送

開始条件後、I^2Cバスはビジーになり、マスタとアドレス指定されたLT3967スレーブとの間でデータ伝送を開始できます。データは、9ビットのグループ（1バイトに続いて1ビットのアクノレッジ（ACK）ビット）の形でバスを介して転送されます。アクノレッジ信号はマスタとスレーブの間のハンドシェークに使用されます。

I^2C通信の信頼性を向上するため、LT3967にはパケット・エラー・チェック（PEC）の仕組みが実装されています。この仕組みにはPECバイト（つまりCRC-8チェックサム）が必要です。PECバイトは、アドレス・ビットや読出し／書込みビットを含めたメッセージ・フレーム全体にわたって計算され、ACMODEコマンドまたはSCMODEコマンドの末尾にそれぞれ必ず追加されます。PECバイトの計算に使用される多項式は$x^8 + x^2 + x + 1$（初期値はゼロ）です。トランスミッタとレシーバーの両方がPECバイトを計算する必要があります。トランスミッタは、読出し／書込みアドレスから得られた独自のPECバイトと後続の出力データ・バイトを送信します。レシーバーは、読出し／書込みアドレスから得られた独自のPECバイトと後続の入力データ・バイトを計算して、受信したPECバイトと比較します。PECバイトに不一致があると、トランザクション時にエラーが発生したことを確認できます。PECバイトが一致した場合は、同じ多項式を使用している限り、コマンドを正しく受信している公算が高いことを示しています。CRC-8 PECを計算するためのLinduinoコードの例を示します（次ページ参照）。

LT3967は、書込み先になると、そのデバイス書込みアドレスと後続のデータ・バイトのアクノレッジを返します。PECバイトが一致すると、デバイスはPECバイトのアクノレッジを返します。そうでない場合、デバイスはアクノレッジを返しません。受信したデータ・バイトは検証され、LT3967がPECバイトのアクノレッジを返すとすぐに、内部の保持ラッチに転送されます。受信したデータ・バイトが一致しなかった場合は、LT3967によって空とみなされます。必要な場合は、反復開始条件（Sr）をマスタによって開始し、I^2Cバス上の別のデバイスまたは同じデバイスの別のレジスタのアドレスを指定してデータを転送できます。LT3967は、受信した有効なデータを記憶します。I^2Cバス上のデバイスの選択されたチャンネルのアドレスが指定され、有効なデータが送信されると、マスタは停止条件を出して通信を終了します。LT3967は、停止条件の発生時に、検証したデータを使用してコマンド・レジスタを更新します。ただし、チャンネルのSCMREGコマンド・レジスタ内にあるVOTHビットとVSTHビットは、LT3967からPECバイトのアクノレッジが返された時点で更新されます。

LT3967から読み出す場合、マスタは読出しアドレスを発行してコマンドを開始します。LT3967はデバイスの読出しアドレスのアクノレッジを返して、後続のデータ・バイトとPECバイトを出力して応答します。マスタはデータ・バイトとPECバイトのアクノレッジを返す必要はありません。

マスタは、データ伝送後に停止条件を出すことによってI^2Cバスを解放できます。マスタは、必要に応じて、データ・バイトを読み出してから停止条件を送信することにより、内部の保持ラッチに書き込まれたデータ・バイトを検証してから更新し、コマンド・レジスタに格納できます。

アプリケーション情報

```
// Bytewise CRC-8 for LT3967 using X8 + X2 + X + 1
// Takes a running sum (or 0) as <in>, and current byte to CRC as <data>
// Returns the CRC-8 of <in> and <data> for sending or further CRC'ing
int8_t doCRC(int8_t in, int8_t data){
  int8_t crc;
  int8_t i;
  crc = in ^ data;                    // XOR the incoming bytes
  for(i = 0; i < 8; i++){             // Step through each bit
    if (crc & 0x80) {                 // If MSB is set
      crc <<= 1;                      // Shift up, then
      crc ^= 0x07;                    // XOR with the low byte of polynomial
    } else {                          // If MSB is unset
      crc <<= 1;                      // Simply shift up
    }
  }                                   // Repeat for rest of bits
  return crc;                         // Finally, send back the result
}


// Usage of ACMODE Write Protocol,
// where CHIPADDR and DATA are the bytes to send to LT3967
int8_t myCRC;
myCRC = doCRC(0, CHIPADDR);
myCRC = doCRC(myCRC, DATA);
// myCRC now holds the completed PEC byte for sending to LT3967


// Usage of SCMODE Write Short Format Protocol,
// where CHIPADDR and DATA are the bytes to send to LT3967
int8_t myCRC;
myCRC = doCRC(0, CHIPADDR);
myCRC = doCRC(myCRC, DATA);
// myCRC now holds the completed PEC byte for sending to LT3967


// Usage of SCMODE Write Long Format Protocol,
// where CHIPADDR, DATA1, and DATA2 are the bytes to send to LT3967
int8_t myCRC;
myCRC = doCRC(0, CHIPADDR);
myCRC = doCRC(myCRC, DATA1);
myCRC = doCRC(myCRC, DATA2);
// myCRC now holds the completed PEC byte for sending to LT3967
```

CRC-8 PECを計算するためのLinduino®コードの例

アプリケーション情報

LT3967のI²Cコマンドと書込み／読出しプロトコル

I²Cコマンドを発行して書込み動作または読出し動作を開始できるのはマスタだけです。最初のコマンド・バイトは、常に、マスタによって送信されたI²Cデバイス・アドレスです。マスタが書込みコマンドを発行した場合、そのコマンドの残り全てのバイトは、マスタによって送信されます。マスタが読出しコマンドを発行した場合、そのコマンドの残り全てのバイトは、アドレス指定されたLT3967のスレーブによって送信されます。LT3967のI²Cコマンドは、その目的に応じて以下の3つのカテゴリに分けることができます。

(1)全チャンネル・モード(ACMODE)コマンド

ACMODE書込みコマンド(図6を参照)を使用する目的は、ACMREGレジスタ・ビット(表1を参照)を設定して、8チャンネルのスイッチをまとめて制御することです。このコマンドの長さは、PECバイトを含めて3バイトです。先頭のバイトはACMODEデバイス書込みアドレスであり、2番目のバイトはACMREGレジスタに書き込まれるデータ・バイトです。ACMODE書込みコマンドは、フリッカを発生させずに調光するために、DV[7:0](チャンネルのSCMREGレジスタのB[7:0])をチャンネルごとに更新することにも注意してください。

ACMODE読出しコマンド(図7を参照)は、ACMREGレジスタ・ビットを読み出して、LED障害と過熱障害の状態を取得する目的で使用します。このコマンドの長さは、PECバイトを含めて5バイトです。先頭のバイトはACMODEデバイス読出しアドレスであり、その後に、それぞれACMREGレジスタ、OLFREGレジスタ、およびSLFREGレジスタから読み出された3つのデータ・バイトが続きます。

LT3967のACMODEデバイス・アドレスは、$010A_4A_3A_2A_1$であり、その後にデータ方向ビット(R/W)である8番目のビットが続きます。データ方向ビットの0は(マスタがアドレス指定されたLT3967に書き込む)書込み送信を示し、1は(マスタがアドレス指定されたLT3967から読み出す)読出し送信を示します。$A_4A_3A_2A_1$は、プログラマブルなアドレス選択ピンであるADDR4、ADDR3、ADDR2、およびADDR1からの入力ロジック値です。アドレス選択ピンを150kΩ以下の抵抗を介してGND/V_{DD}に接続した場合、入力ロジック値は0/1です。

ACMODE書込みコマンドの遅延

ACMODE書込みコマンドをうまく活用して、8チャンネルLEDのステータス制御を素早く行うことができます。各ACMODE書込みコマンドは3バイト長であり、400kHzのSCLクロックを選択した場合、送信するのに約70µsかかります。停止条件からチャンネルのスイッチがオン(LEDがオフ)するまでのコマンド遅延は約1.2µsであり、停止条件からチャンネルのスイッチがオフ(LEDがオン)するまでのコマンド遅延は約2µsです。したがって、ACMODE書込みコマンドの開始から実行までの最小時間は、400kHzのSCLクロックを使用した場合、約73µsです。

ACMODE書込みコマンドとチャンネルの同時切替え

ACMODE書込みコマンドは、8チャンネルを全部一緒に切り替えるように制御できます。1つのACMODE書込みコマンドを使用して、全てのLEDをオン／オフからオフ／オンに同時に切り替えることができます。高速LEDドライバは、チャン

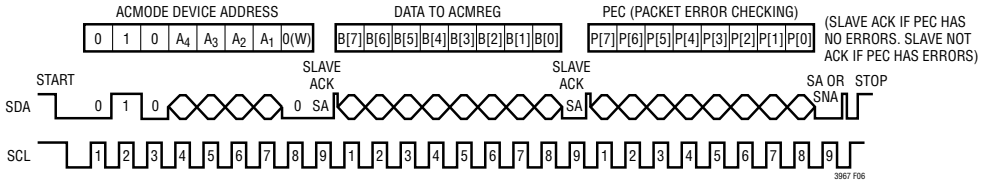


図6. LT3967のI²Cシリアル・ポートのACMODE書込みプロトコル

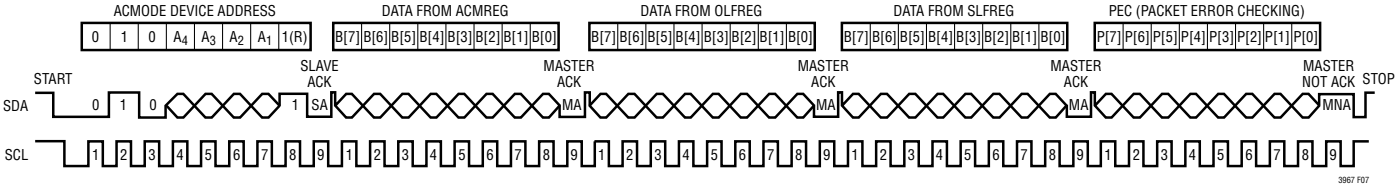


図7. LT3967のI²Cシリアル・ポートのACMODE読出しプロトコル

アプリケーション情報

ネルの同時切替えによる出力電圧の急激な変化に十分に対応できます。応答の遅いLEDドライバは、LED列を流れる大量の過渡電流が原因で、誤った障害を引き起こす可能性があります。低速のLEDドライバを使用する場合は、チャンネルの同時切替えを引き起こす可能性のあるACMODE書込みコマンドを送信しないでください。代わりに、複数のACMODE書込みコマンドを使用できます。また、それらの各コマンドによって1回に1チャンネルずつ切り替わります。

(2)単一チャンネル・モード(SCMODE)コマンド

SCMODE書込みコマンドを使用する目的は、アドレス指定されたチャンネルのSCMREGレジスタ・ビットを設定して、チャンネル・スイッチを制御することと、チャンネルのLED障害検出閾値を設定することです。

SCMODE書込みコマンドには、短形式(図8を参照)と長形式(図9を参照)の2つの形式があります。どちらの形式でもチャンネルのSCMREGレジスタを設定できます。短形式と長形式のいずれを選択するかは、チャンネルのSCMREGレジスタのどのビットを設定するかによって決まります。

SCMODE書込みコマンドの短形式では、V_{OTH}(B[15])を設定すればチャンネルの開放LED閾値を設定でき、V_{STH}(B[14])を設定すればチャンネルの短絡LED閾値を設定できます。AE(B[8])を1に設定することによって非同期動作を有効にすると、AO(B[9])を0または1に設定することにより、チャンネルのLEDを直ちにそれぞれ常時オフまたは常時オンに設定できます。調光動作とは異なり、非同期動作であるため、チャンネルLEDのターンオンとターンオフはチャンネルの調光サイクルと同期しません。SCMODE書込みコマンドの短形式でAEを1に設定すると、フリッカを発生させずに調光するために、チャンネルのDV[7:0](B[7:0])は、受信したAO値に従って全て1または全て0に上書きされることに注意してください。SCMODE書込みコマンドの長形式では、FTM[2:0](B[13:11])を設定すれば、フェード時間乗数をプログラムできます。また、AE(B[8])を0に設定すれば、非同期動作を無効化でき、DV[7:0](B[7:0])を更新すれば、新しい調光値を設定できます。

SCMODE書込みコマンドの短形式の長さは、PECバイトを含めて3バイトです(図8を参照)。先頭のバイトは、SCMODEデバイス書込みアドレスです。2番目のバイトは、次の3つの部分で構成されます。最初の部分(ビット7)は、短形式を示すために0にする必要があり、2番目の部分(ビット6、ビット5、およびビット4)は、どのチャンネルのSCMREGレジスタに書き込むかを示すチャンネル・アドレスであり、最後の部分は設定データ(VOTHの場合はビット3、VSTHの場合はビット2、AOの場合はビット1、AEの場合はビット0)です。

SCMODE書込みコマンドの長形式の長さは、PECバイトを含めて4バイトです(図9を参照)。先頭のバイトは、SCMODEデバイス書込みアドレスです。2番目のバイトは、次の3つの部分で構成されます。最初の部分(ビット7)は、長形式を示すために1にする必要があり、2番目の部分(ビット6、ビット5、およびビット4)は、どのチャンネルのSCMREGレ

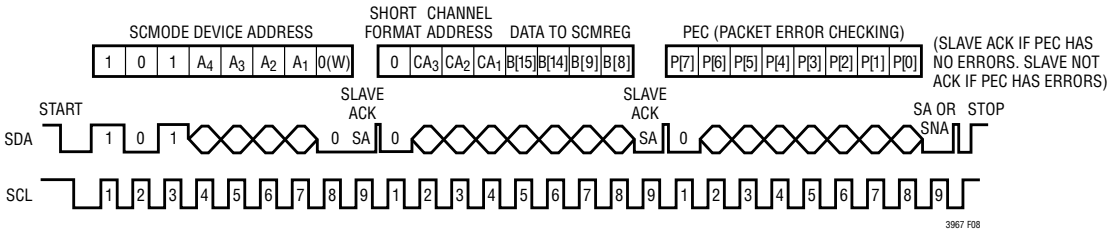


図8. LT3967のI²Cシリアル・ポートのSCMODE書込み短形式プロトコル

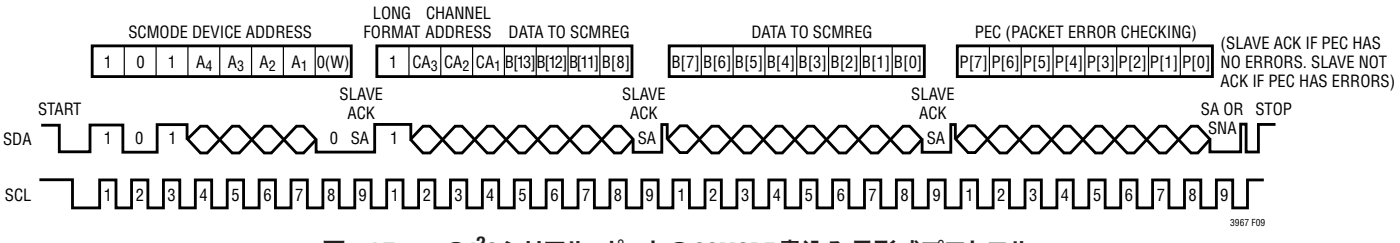


図9. LT3967のI²Cシリアル・ポートのSCMODE書込み長形式プロトコル

アプリケーション情報

ジスタに書き込むかを示すチャンネル・アドレスであり、最後の部分は設定データ(FTM[2:0]の場合はビット3、ビット2、およびビット1、AEの場合はビット0)です。3番目のバイトは調光値DV[7:0]です。

チャンネルの開放LED閾値(V_{OTH})の設定

SCMODE書込みコマンドの短形式を使用することにより、VOTH(B[15])を0および1(デフォルト)にプログラムして、チャンネルの開放LED閾値V_{OTH}をそれぞれ6.1V/5.5Vおよび11.4V/10.8Vに設定できます。

チャンネルの短絡LED閾値(V_{STH})の設定

SCMODE書込みコマンドの短形式を使用することにより、VSTH(B[14])を0(デフォルト)および1にプログラムして、チャンネルの短絡LED閾値V_{STH}をそれぞれ1V(デフォルト)および4Vに設定できます。

アプリケーション回路に電源を投入したら、各チャンネルのLEDのオン電圧に基づいて、V_{OTH}とV_{STH}をデフォルト値から適切な閾値レベルに調整することを推奨します。

チャンネルのPWM調光フェード時間の設定

SCMODE書込みコマンドの長形式を使用することにより、FTM[2:0](B[13:11])をプログラムしてフェード時間乗数を設定できます。FTM[2:0]ビットが000(デフォルト)、001、010、011、100、101、110、および111のとき、フェード時間乗数はそれぞれ0(デフォルト)、1、2、4、8、16、24、および31に設定できます(表2、図9、および図5を参照)。

フェード時間は次式を使用して計算できます。$T_{FADE} = N \bullet T_{STEP} = N \bullet M \bullet T_{PWM} = N \bullet M \bullet T_{RTSYNC} \bullet 2048$。ここで、Nは初期調光値と目標調光値の間の間隔によって決まる遷移ステップの数です。Mは、遷移ステップごとに実行するPWM調光サイクルの数を設定する事前設定済みのフェード時間乗数です。T_{STEP}、T_{PWM}、およびT_{RTSYNC}は、それぞれ1回の遷移ステップの動作時間、1回のPWM調光サイクル、および1回のRTSYNC入力クロック・サイクルを表します。Mを0に設定すると、チャンネルのLEDはフェード遷移なしでPWM調光を実行します。

SCMODE読出しコマンド(図10および図11を参照)は、アドレス指定されたチャンネルのSCMREGレジスタ・ビットを読み出す目的で使用します。SCMODE読出しコマンドの長さは、PECバイトを含めて4バイトです。先頭のバイトは、SCMODEデバイス読出しアドレスです。2番目のバイトは(MSBからLSBの順に示すと)、アドレス指定されたSCMREGレジスタからの開放LED閾値ビットV_{OTH}、短絡LED閾値ビットV_{STH}、フェード時間乗数FTM[2:0]、フェード処理完了インジケータFDI(フェード処理が終了したかどうかを示すために使用される読出し専用ビット)、非同期オン/オフ・ビットAO、および非同期イネーブル・ビットAEで構成されます。3番目のバイトは、アドレス指定されたSCMREGレジスタからの調光値DV[7:0]です。

SCMODE書込みコマンドとは異なり、SCMODE読出しコマンドにはチャンネル・アドレスが含まれません。実際には、最後のSCMODE書込みコマンドにより受信したチャンネル・

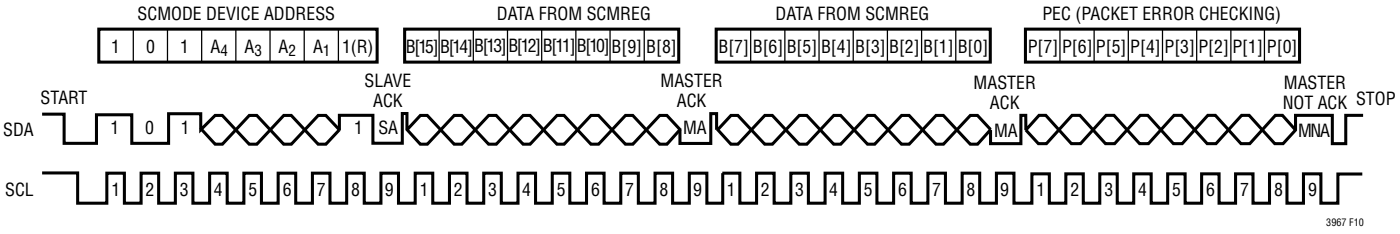


図10. LT3967のI^2Cシリアル・ポートのSCMODE読出しプロトコル

アプリケーション情報

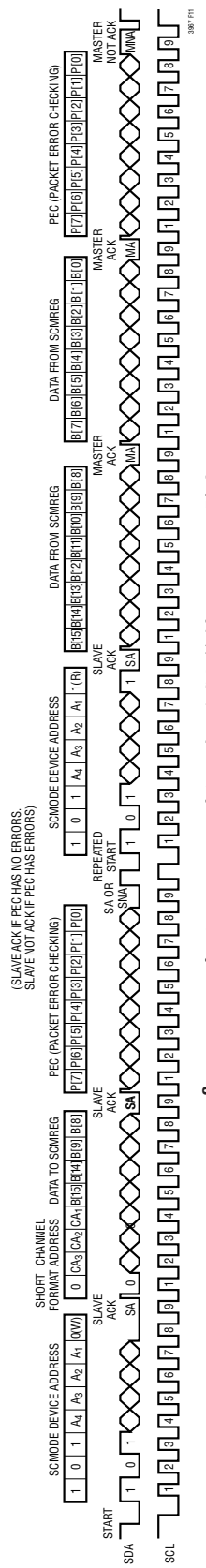


図 11. LT3967 の I²C シリアル・ポートの SCMODE 書込み短形式と後続の SCMODE 読出し

アプリケーション情報

アドレスは格納され、入力SCMODE読出し動作のチャンネル・アドレスとして使用されます。言い換えると、SCMODE読出しコマンドは、最後のSCMODE書込みコマンドによってアドレス指定されたチャンネルのSCMREGレジスタを常に読み出します。これまでにSCMODE書込みコマンドを受信していなかった場合は、デフォルトのチャンネル・アドレス000(CH1)が使用されます。

LT3967のSCMODEデバイス・アドレスは、101$A_4A_3A_2A_1$であり、その後にデータ方向ビット(R/W)である8番目のビットが続きます。データ方向ビットの0は(マスタがアドレス指定されたLT3967に書き込む)書込み送信を示し、1は(マスタがアドレス指定されたLT3967から読み出す)読出し送信を示します。$A_4A_3A_2A_1$は、プログラマブルなアドレス選択ピンであるADDR4、ADDR3、ADDR2、およびADDR1からの入力ロジック値です。アドレス選択ピンを150kΩ以下の抵抗を介してGND/V_{DD}に接続した場合、入力ロジック値は0/1です。

(3)ブロードキャスト・モード(BCMODE)コマンド

BCMODE書込みコマンド(図12を参照)を使用する目的は、各チャンネルのカウンタをリセットして、I^2Cバス上にある複数のLT3967スレーブ間で調光サイクルの同期をとることと、PWMクロックをRTSYNC入力クロックにリセットすることです。LT3967スレーブは、共通の外部クロックと同期するため、連携して動作する必要があります。BCMODE書込みコマンドの長さはわずか1バイト(00011000)です。このコマンドは、どのレジスタ・ビットも変更しません。

BCMODE読出しコマンド(図13を参照)を使用する目的は、バス上のどのLT3967スレーブがアラートを送信しているかについて問い合わせることです(詳細についてはLT3967のアラート応答プロトコルのセクションを参照)。このコマンドは、2バイト長です。先頭バイトは、ブロードキャスト読出しアドレス00011001です。2番目のバイト010$A_4A_3A_2A_1$1は、ACMODEデバイス読出しアドレスをマスタに示すために、アラートを発行しているスレーブによって送信されます。$A_4A_3A_2A_1$は、プログラマブルなアドレス選択ピンであるADDR4、ADDR3、ADDR2、およびADDR1からの入力ロジック値です。

バス上のLT3967スレーブがアラートを送信していないときに、BCMODE読出しコマンドが発行された場合、マスタはアクノレッジを受信しません。

アラート応答アドレス(ARA)を使用したLT3967のアラート応答プロトコル

複数のスレーブが共通の割込みラインを共有しているシステムでは、マスタはアラート応答アドレス(ARA)を使用して、どのデバイスが割込みを開始したかを判断できます。マスタは、開始条件と特別な7ビットARAバス・アドレス(0001100)とそれに続く読出しビット(R)=1を使用してARA手順を開始します。LT3967が$\overline{\text{ALERT}}$ピンをアサートしている場合は、その7ビット・バス・アドレス(010$A_4A_3A_2A_1$)と1を送ることによってアクノレッジと応答を返します。アドレスの送信中、別

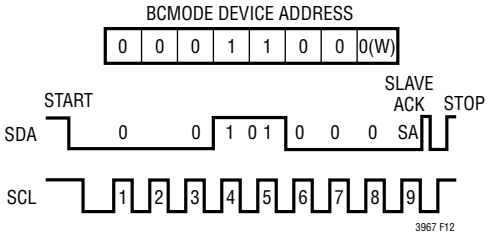


図12. LT3967のI^2Cシリアル・ポートのBCMODE書込みプロトコル

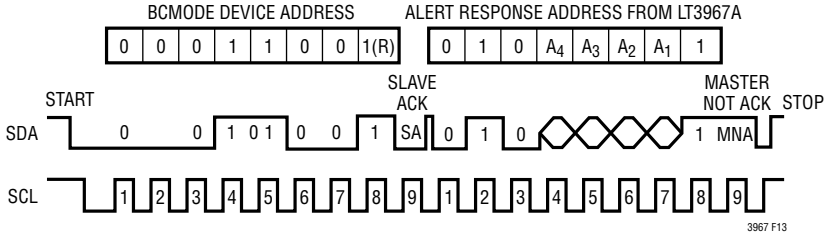


図13. LT3967のI^2Cシリアル・ポートのBCMODE読出しプロトコル

アプリケーション情報

のデバイスが標準のI²Cバス・アービトレーションを使って同時にアドレスを送っているかどうかを調べるためにSDAピンをモニタします。LT3967が1を送信していて、SCLの立上がりエッジでSDAピンから0を読み出した場合、LT3967はアドレスが下位の別のデバイスが送信していると見なして転送を直ちに中止し、次のARAサイクルを待って再試行を行います。転送が正常に終了すると、LT3967は$\overline{\text{ALERT}}$ピンをデアサートし、新しいアラート・イベントが発生するまでそれ以上のARA要求には応答しません。正常に終了したARAサイクルは$\overline{\text{ALERT}}$ピンのみをデアサートすることに注意してください。OLFREG/SLFREGレジスタに設定された障害ステータス・ビットはクリアされません。

ウォッチドッグ・タイムアウト・リセット

LT3967は、I²C通信をモニタしてマスタとLT3967スレーブの間の高信頼性接続を確保する目的で設計されたプログラマブルなウォッチドッグ・タイマーを内蔵しています。WDIピンは、GNDとの間にコンデンサを接続してウォッチドッグ・タイマーの上限を設定する目的で使用されます。V_{DD}が2.5Vより高くなると、ウォッチドッグ・タイマーはシリアル・インターフェースのモニタリングを開始します。V_{DD}のPORまたは開始から停止までの時間がウォッチドッグ・タイマーの設定上限に達すると、タイムアウトが生じます。V_{DD}のPORと同様に、タイムアウトが発生すると、全てのLT3967レジスタはデフォルト値にリセットされ、PWMクロックはRTSYNC入力クロックにリセットされます。各チャンネル・スイッチの状態は、ADDR[4:1]ピンでの抵抗設定値によって決まります。言い換えると、ウォッチドッグ・タイムアウト・リセットには、V_{DD}のPORリセットと同じ初期化効果があります。

通常動作時に予期せぬV_{DD}のPORまたはウォッチドッグ・タイムアウトによってデバイスがリセットされたかどうかを確認する場合は、以下の手順を推奨します。1）ACMODE書込みコマンド、続いてチャンネルの調光動作を設定する8つのSCMODE書込みコマンド、更に停止条件を使用することにより、V_{DD}に電源を投入するとすぐに、（ADDR[4:1]の抵抗設定値によって決まるデフォルトとは異なる）10101010などの一意のデータ・バイトがACMREGレジスタに即座に書き込まれます。2）ウォッチドッグ・タイマーの上限（10nFのコンデンサの場合は公称16ms）より短い間隔でACMODE読出しコマンドを使用して、ACMREGレジスタを周期的に読み出すことにより、通常動作時にV_{DD}のPORまたはウォッチドッグ・タイムアウト・リセットが予期せずに発生したかどうかを確認できます。ACMREGレジスタのデフォルトへのリセットは、V_{DD}のPORまたはウォッチドッグ・タイムアウトが発生したことを意味します。そうでない場合は、V_{DD}のPORとウォッチドッグ・タイムアウト・リセットのいずれも発生せずにデバイスが動作していたことを意味します。前述の手順で触れたACMODE書込みコマンドを使用するのは、V_{DD}のPORまたはウォッチドッグ・タイムアウト・リセットを検出する場合に限定してください。この場合には、このコマンドがチャンネル・スイッチの状態を設定する目的に使用されません。

RTSYNC入力クロックの障害検出とアラートのアサート

LT3967がPWM調光を実行するには、PWMクロックが必要です。LT3967がディスエーブルされている（ENHピンがV_{IN}電源に対して低電圧になっている）限り、PWMクロックはディスエーブルされています。デバイスがイネーブルされている場合、PWMクロックは、外部クロック源またはR_{TSYNC}で設定されている内部発振器を供給源とするRTSYNC入力クロックに設定されます。R_{TSYNC}で設定されている内部発振器の他に、LT3967はスタンバイ・クロック（公称100kHz）を内蔵しています。RTSYNCクロックの動作が内部スタンバイ・クロックより低速になったときにRTSYNCクロック障害が発生すると、PWMクロックはRTSYNCクロックからスタンバイ・クロックに切り替わります。プログラミング抵抗R_{TSYNC}をRTSYNCピンとGNDの間に接続した場合、外部クロックの接続が失われると、LED調光を設定するPWMクロックは、R_{TSYNC}で設定されている内部発振周波数に切り替わり、$\overline{\text{ALERT}}$ピンはアサートされません。接続が失われなかった場合、PWMクロックは内部スタンバイ・クロックに切り替わり、$\overline{\text{ALERT}}$ピンはアサートされます。いったん切り替わると、V_{DD}のPOR、ウォッチドッグ・タイムアウト、またはBCMODE書込みコマンドによってリセットされるまで、PWMクロックはスタンバイ・クロックのままです。LT3967は、$\overline{\text{ALERT}}$ピンをアサートしてRTSYNCクロックの障害状態を通知します。$\overline{\text{ALERT}}$ピンはV_{DD}のPOR、ウォッチドッグ・タイムアウト、BCMODE書込みコマンド、またはBCMODE読出しコマンドによってデアサートできます。これにより、アラート応答アドレスがマスタに正常に送信されます。

LED／過熱障害検出および通知

LT3967は、開放LED状態、短絡LED状態、および過熱障害状態を、$\overline{\text{ALERT}}$ピンとI²Cシリアル・インターフェースを介して検出して通知します（詳細については、以下のセクションを参照してください）。

アプリケーション情報

開放LED障害検出とアラートのアサート

チャンネルのDRNピンとチャンネルのSRCピンの間の電圧が13V（公称）を超えるか、チャンネルのDRNピンとチャンネルのSRCピンの間の電圧が事前設定の開放LED閾値を超えたものの、13V（公称）より低い状態が15µs（公称）より長くなると、開放LED障害が発生します。あるチャンネルで開放LED障害が発生すると、そのチャンネルに一致する障害ステータス・ビットがOLFREGステータス・レジスタで設定され、これによって$\overline{\text{ALERT}}$ピンがアサートされ（電圧が引き下げられ）、スイッチ保護のためにチャンネルのスイッチがオンして、正常なLED列の導通を維持します。シリアル・インターフェースを使用してレジスタを更新すれば、スイッチをオフにしてPWM調光を再設定できます。

短絡LED障害検出とアラートのアサート

チャンネルのDRNピンとチャンネルのSRCピンの間の電圧が、事前設定の短絡LED閾値より低い時間が15µs（公称）を超えると、短絡LED障害が発生します。あるチャンネルで短絡LED障害が発生すると、そのチャンネルに一致する障害ステータス・ビットがSLFREGステータス・レジスタで設定され、これによって$\overline{\text{ALERT}}$ピンがアサートされ（電圧が引き下げられ）ます。ただし、開放LED障害とは異なり、チャンネルのスイッチは事前設定のPWM調光を継続します。

LED障害ステータス・ビットのクリア

開放／短絡LED障害によってOLFREG/SLFREGレジスタに設定された障害ステータス・ビットは、チャンネルにアクセスするACMODE書込みコマンドまたはSCMODE書込みコマンドによってのみクリアできます。書込みコマンドがI^2Cの停止条件でコマンド・レジスタを更新しているときに、開放／短絡LED障害が既に解消されていた場合、チャンネルに一致する障害ステータス・ビットはクリアされ、$\overline{\text{ALERT}}$ピンはデアサートされます。そうでない場合、障害ステータス・ビットは設定されたままになり、$\overline{\text{ALERT}}$ピンはアサートされたままになるか、既にデアサートされている場合は再びアサートされます。

過熱障害検出とアラートのアサート

デバイスの温度が170°C（公称）を超えると、過熱障害が発生します。過熱障害が発生すると、OLFREGレジスタおよびSLFREGレジスタの両方の全てのステータス・ビットが設定され、これによって$\overline{\text{ALERT}}$ピンがアサートされ（電圧が引き下げられ）、8つのチャンネル・スイッチが全てオンになり（LEDがオフになり）、システムを冷却します。

過熱ステータス・ビットのクリア

過熱障害によってOLFREGレジスタおよびSLFREGレジスタに設定された障害ステータス・ビットは、データ・バイトを全て1に設定したACMODE書込みコマンドによってのみクリアできます。ACMODE書込みコマンドがI^2Cの停止条件でACMREGレジスタを更新しているときにデバイスの温度が160°C（公称）より低くなった場合、障害ステータス・ビットはクリアされ、$\overline{\text{ALERT}}$ピンはデアサートされます。そうでない場合、障害ステータス・ビットは設定されたままになり、$\overline{\text{ALERT}}$ピンはアサートされたままになるか、既にデアサートされている場合は再びアサートされます。

アラートのデアサート

LT3967は、以下の2つの状況のいずれかで$\overline{\text{ALERT}}$ピンをデアサートします。

1）マスタによって開始されたARA手順をLT3967が正常に完了している。正常に完了したARA手順は障害ステータス・ビットをクリアしないことに注意してください。ARA手順がデアサートするのは$\overline{\text{ALERT}}$ピンのみです。

2）LT3967がACMODEコマンドまたはSCMODEコマンドを受信し、これによって障害ステータス・ビットがクリアされ、$\overline{\text{ALERT}}$ピンがデアサートされている。

プリント回路基板のレイアウト

プリント回路基板をレイアウトするときは、以下のチェックリストに従って、LT3967が正しく動作するようにします。

1. パッケージの露出パッド（29番ピン）は、広いグラウンド・プレーンに直接接続して、熱抵抗と電気的インピーダンスを最小限に抑えます。

アプリケーション情報

2. LEDの接続パターンはできるだけ短くします。
3. 電源バイパス・コンデンサを電源ピンにできるだけ近づけて配置します。
4. 抵抗を使用してLED調光周波数を設定する場合は、R_{TSYNC}抵抗をデバイスにできるだけ近づけて配置します。
5. ウォッチドッグ機能を使用する場合、WDIのコンデンサはデバイスにできるだけ近づけて配置します。

LT3967とLEDの間の長いワイヤまたはケーブル

LT3967とデバイスが制御するLEDは同じプリント回路基板上に配置し、LED接続パターンをできるだけ短くすることを推奨します。LT3967とLEDの間を(10cmを大きく超える)長いワイヤで接続すると、チャンネルのオン／オフが切り替わるとき、スイッチング電圧での減衰不足のRLC応答(リンギング)につながる寄生インダクタンスが発生します。1メートルの30ゲージ・ワイヤでは、約1µHの寄生インダクタンスが発生する可能性があります。リンギングが生じると、開放LEDの誤検出によって開放LED保護が作動し、それによってチャンネルが正常なLEDをバイパスする場合があります。極端な場合は、リンギングが絶対最大定格を超えて、デバイスを損傷させる恐れがあります。また、寄生インダクタンスがあると、スイッチにおいて(GNDを基準にした)ステップ電圧波形がスイッチング・レギュレータの周波数で発生します。このステップ波形の大きさは、信号源の電流リップルと寄生インダクタンスによって決まります。ステップ波形の高速エッジは、LT3967のスイッチの意図しない切替えを引き起こす可能性があります。

(図14に示す)RCスナバ回路はリンギングを抑制可能であり、最大1メートルのワイヤを使用しても障害の誤検出が発生しません。スナバ回路はデバイスに近づけて配置してください。8個のLED列には9つのスナバ回路が必要であることに注意してください。つまり、8つのスイッチそれぞれの両端間にスナバ回路を1つずつと、全8スイッチの両端間に1つのスナバ回路(R9、C9)が必要です。9番目のスナバ回路(R9、C9)は、ステップ波形のエッジを緩やかにします。スナバ回路を接続すると、LT3967は、1.3Aが流れる1メートルのリボン・ケーブル(合計9ワイヤ)を介して、障害を誤検出することなくLEDを制御できます。ここに示すスナバ回路の値は、ほとんどのアプリケーションに適しています。

LT3967保護用のショットキー・クランプ・ダイオード

次の標準的応用例のセクションに示す「デュアル降圧モードLEDドライバで駆動されるマトリクスLED調光器と昇圧プリレギュレータ」というタイトルの昇降圧モード・アプリケーションでは、LED列下端(LED1⁻ノードとLED2⁻ノード)の電圧が0Vより低くなる可能性があるため、ショットキー・クランプ・ダイオード(D8およびD9)をデバイスのグラウンドとLED列下端との間に接続して、SRC ≥ –0.3Vを維持することが必要です。また、ショットキー・クランプ・ダイオード(D6およびD7)をLED列の上端(LED1⁺ノードとLED2⁺ノード)とV_{IN}ピンの間に接続して、絶対最大定格V_{IN} – SRC ≥ –0.3Vを確保することが必要です。

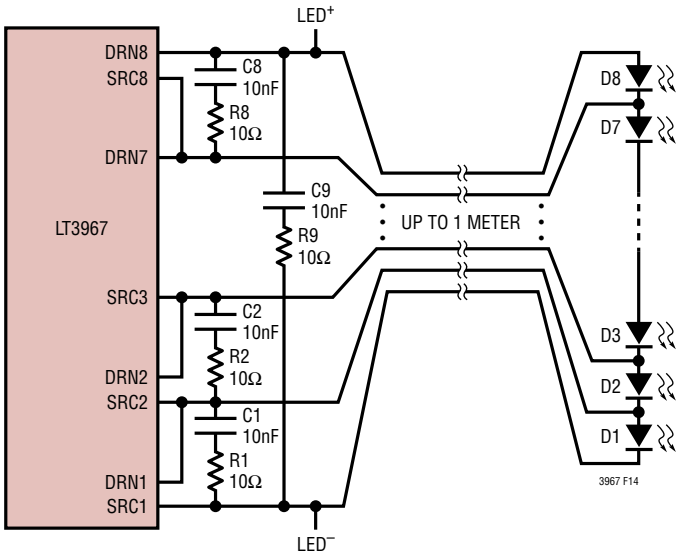
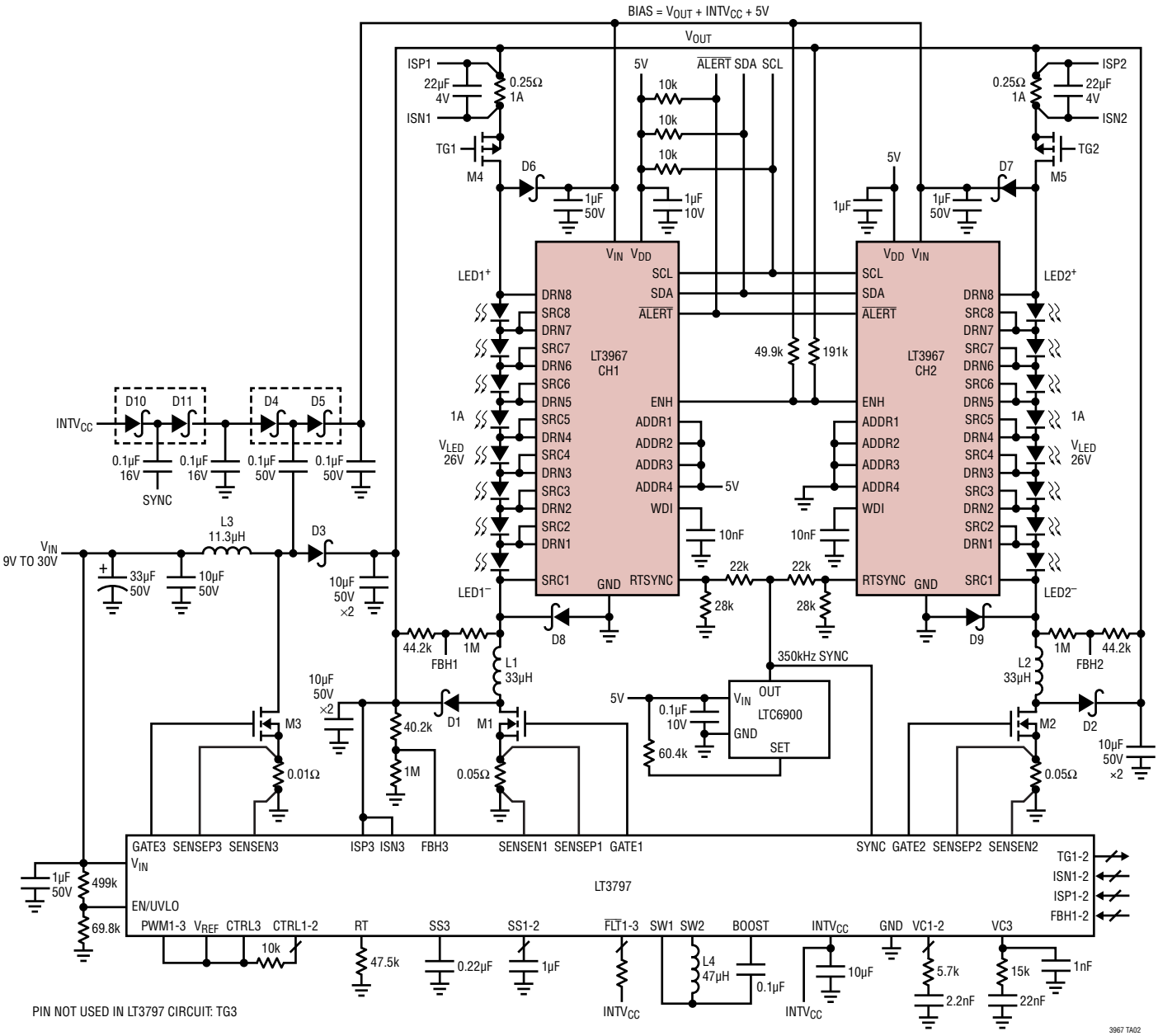


図14. ワイヤの長いアプリケーションでのRCスナバ回路

標準的応用例

デュアル降圧モードLEDドライバで駆動されるマトリクスLED調光器と昇圧プリレギュレータ



PIN NOT USED IN LT3797 CIRCUIT: TG3

PIN NOT USED IN LTC6900 CIRCUIT: DIV

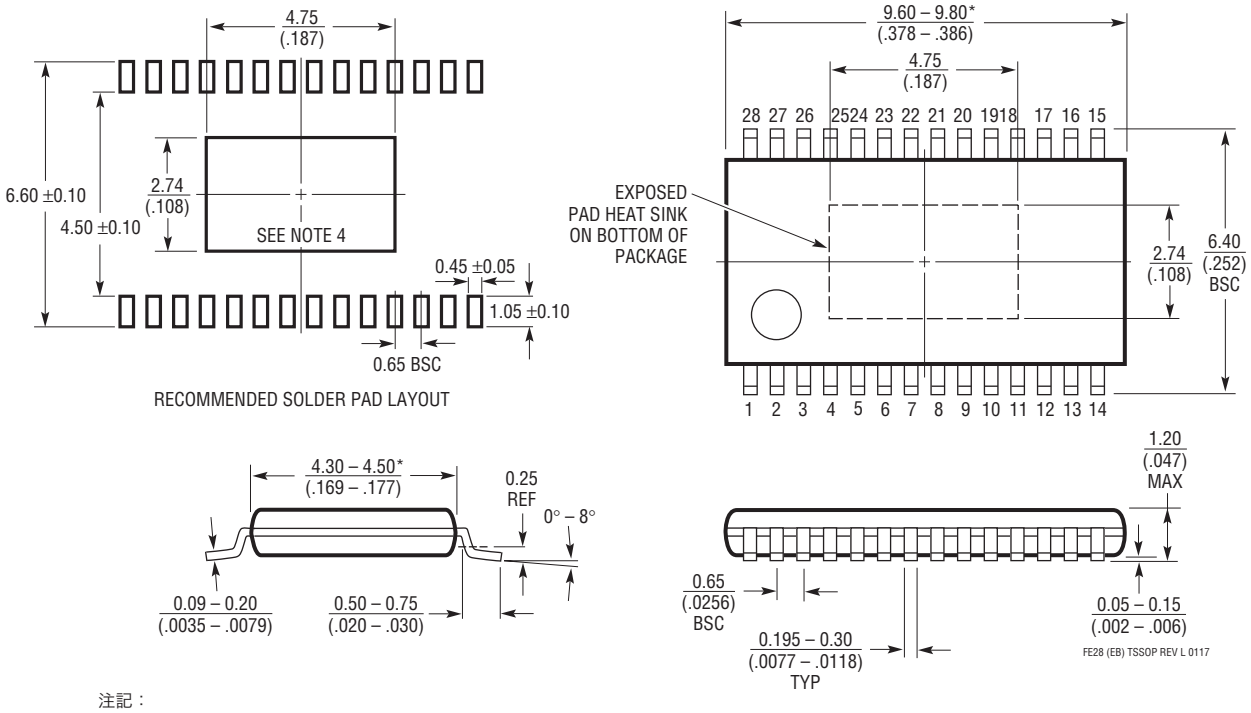
L1, L2: WURTH ELECTRONICS 7447789133
L3: WURTH ELECTRONICS 7443551111
L4: COOPER BUSSMANN SD25-470-R

D1, D2: DIODES DFLS260
D3: DIODES PDS760
D4, D5, D10, D11: CENTRAL SEMI CMPD6263S 2 IN 1 PACKAGE
D6, D7: NXP SEMI PMEG6010CEH
D8, D9: NXP SEMI PMEG4010CEH

M1, M2: VISHAY Si7308DN
M3: INFINEON BSC097N06
M4, M5: VISHAY Si7309DN

パッケージ

FE Package
28-Lead Plastic TSSOP (4.4mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1663 Rev L)
Exposed Pad Variation EB



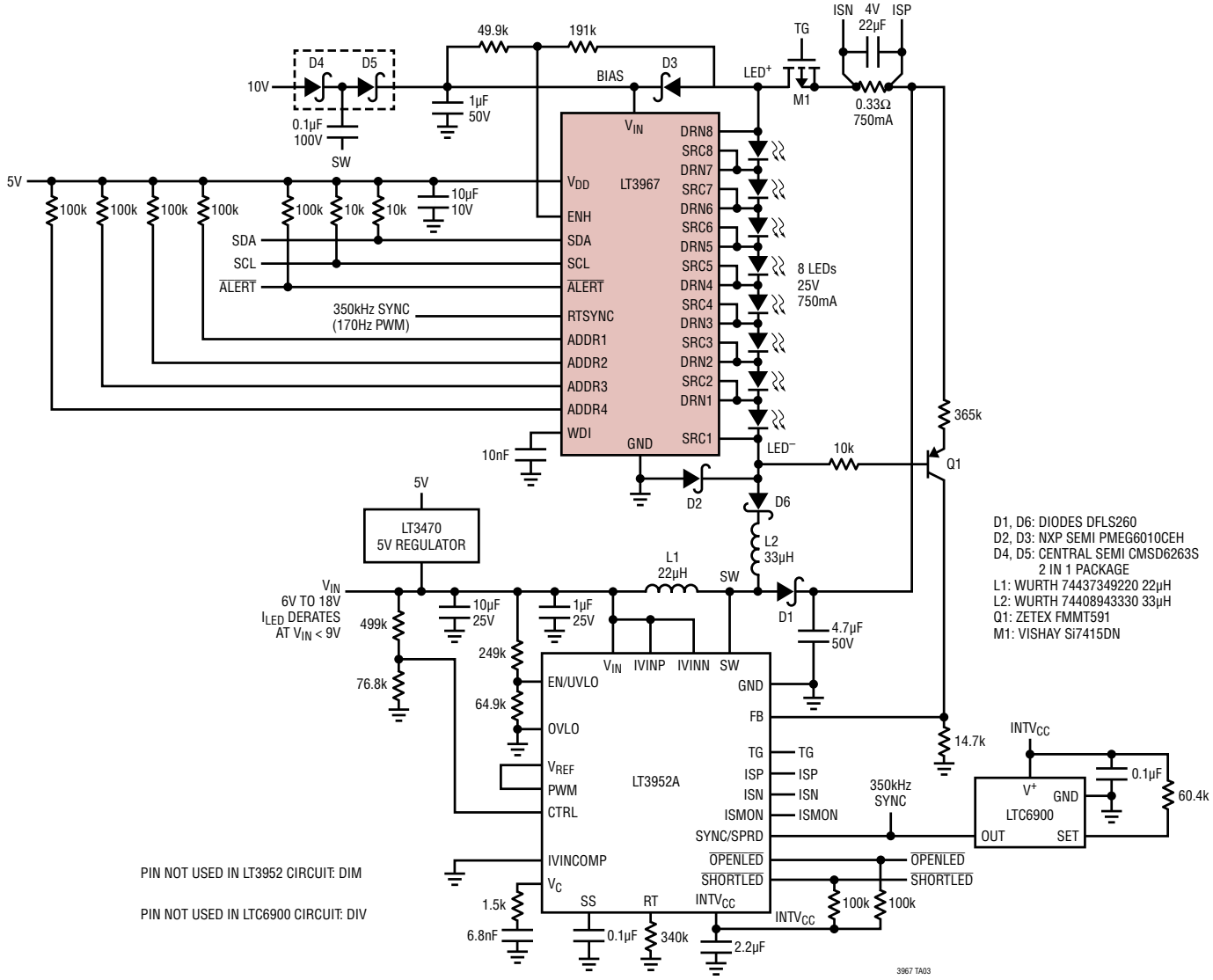
注記：
1. 標準寸法の単位：ミリメートル
2. 寸法の単位は ミリメートル / (インチ)
3. 図は実寸とは異なる

4. 露出パッド接続のための推奨最小 PCB メタルサイズ
* 寸法にはモールドのバリを含まない。モールドのバリは、各サイドで 0.150mm(0.006 インチ)を超えない

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることに万全を期していますが、その利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。仕様は予告なく変更される場合があります。アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。

標準的応用例

昇降圧LEDドライバによって駆動されるマトリクスLED調光器



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT3965/LT3965-1	256:1のプログラマブルPWM調光機能とI²Cを介した障害通知機能を備えた8スイッチのマトリクスLED調光器	V_{DD}：2.7V～5.5V、V_{IN}：8V～60V、独立した8つの17V/330mΩ NMOSスイッチ、11ビット分解能の対数状態遷移、TSSOP-28Eパッケージ
LT3932	36V、2A同期整流式降圧LEDドライバ	V_{IN}：3.6V～36V、LED列の電圧：0V～36V、128:1の内部PWM調光、5000:1の外部PWM調光、20:1のアナログ調光、4mm × 5mm QFN-28パッケージ
LT3952	4000:1のPWM調光回路とスペクトラム拡散回路を内蔵した60V、4A LEDドライバ	V_{IN}：3V～42V、$V_{OUT(MAX)}$ = 60V、4000:1のPWM調光、20:1のアナログ調光、I_{SD} < 1µA、TSSOP-28Eパッケージ
LT3964	I²Cを備えたデュアル36V同期整流式1.6A降圧LEDドライバ	V_{IN}：4V～36V、8192:1の内部PWM調光、1000:1の外部PWM調光、10:1の外部アナログ調光、5mm × 6mm QFN-36パッケージ
LT3756/LT3756-1/LT3756-2	3000:1のPWM調光機能を備えた高電位側100V、1MHz LEDコントローラ	V_{IN}：6V～100V、V_{OUT}：5V～100V、3000：1のPWM調光、20:1のアナログ調光、I_{SD} < µA、3mm × 3mm QFN-16およびMSOP-16Eパッケージ

©ANALOG DEVICES, INC. 2020