

## 8スイッチの マトリックスLED 調光器

### 特長

- 8つの独立した17V 330mΩ NMOSスイッチ
- 1～4個のLEDのオン/オフ/調光制御がスイッチごとに独立
- 開放LEDフォルトおよび短絡LEDフォルトの通知をプログラム可能なI<sup>2</sup>Cマルチドロップ・シリアル・インタフェース
- 16個の固有I<sup>2</sup>Cアドレス
- V<sub>DD</sub>の電圧範囲: 2.7V～5.5V、V<sub>IN</sub>の電圧範囲: 8V～60V
- デジタルでプログラム可能な256:1のPWM調光
- PWM調光状態間のフェード遷移
- オプションの内部クロック発生器または外部クロック信号源によりPWM調光に対応
- 開放LEDの過電圧保護
- ちらつきのないPWM調光

### 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
- 自動カメラ・フラッシュ装置
- RGBW混色照明

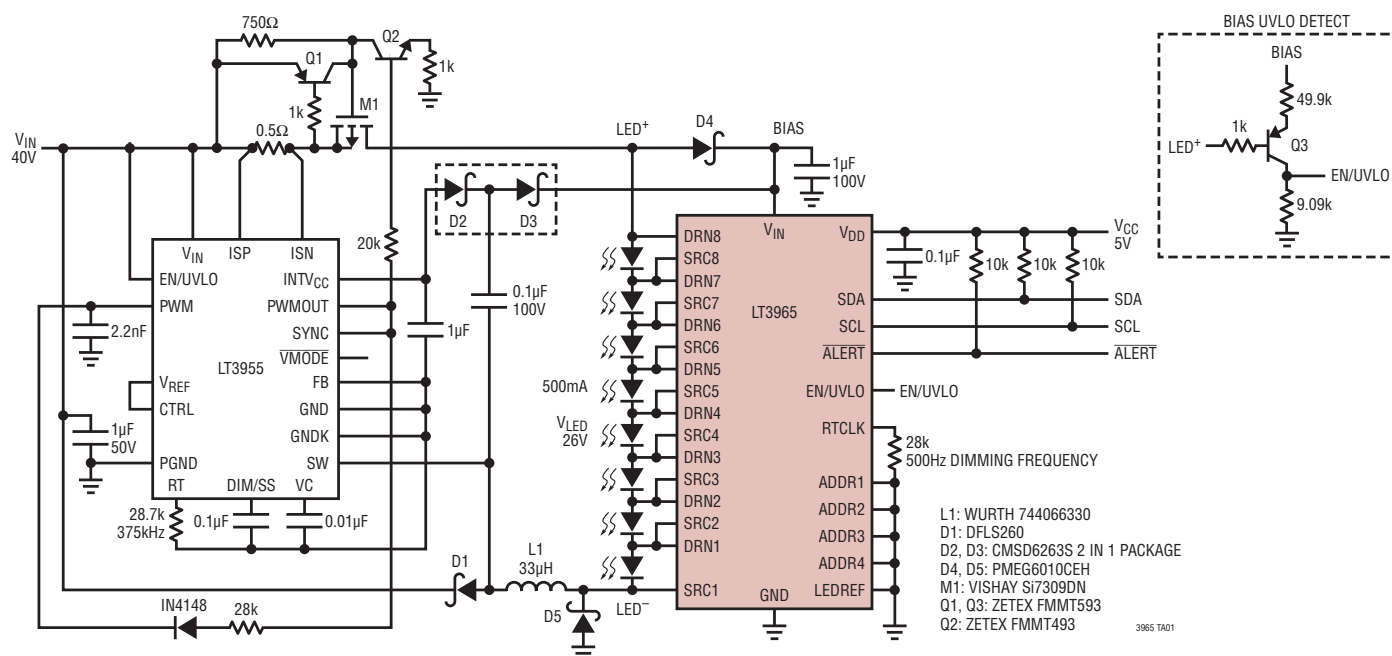
### 概要

LT<sup>®</sup>3965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17V/330mΩ 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のうち1個以上のLEDの周辺に電流をバイパスすることができます。LT3965は、I<sup>2</sup>Cシリアル・インタ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。フェード・オプションを使用すると、PWM調光状態間の遷移が11ビット分解能の対数変化になります。LT3965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信号源もサポートしています。LT3965は、開放LEDや短絡LEDなど、フォルト状態をチャネルごとに通知します。4つのアドレス選択ピンにより、16個のLT3965デバイスでI<sup>2</sup>Cバスを共有できます。このデバイスは28ピンTSSOPパッケージで供給されます。

LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴは、リニアテクノロジー社の登録商標です。その他の商標の所有権は、いずれもそれぞれの所有者に帰属します。

### 標準的応用例

降圧モードのLEDドライバによって駆動されるマトリックスLED 調光器



# LT3965

## 絶対最大定格

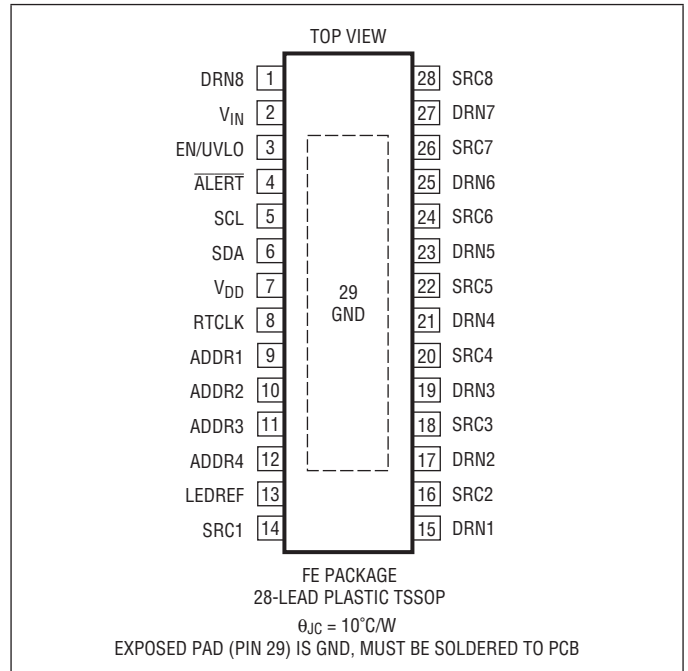
(Note 1)

$V_{IN}$ .....	60V
$V_{IN}$ -SRC[8:1] .....	-0.3V
DRN[8:1] .....	60V
SRC[8:1] .....	60V
LEDREF .....	60V
DRN[8:1]-SRC[8:1] (各チャンネル) .....	-0.3V、25V
EN/UVLO .....	12V
$V_{DD}$ .....	6V
SDA、SCL、 $\overline{ALERT}$ .....	-0.3V ~ $V_{DD}$ + 0.3V
RTCLK .....	6V
ADDR[4:1] .....	6V

動作接合部温度範囲 (Note 2)

LT3965E/LT3965I .....	-40 ~ 125°C
保存温度範囲 .....	-65°C ~ 150°C

## ピン配置



## 発注情報

鉛フリー仕様	テープ・アンド・リール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT3965EFE#PBF	LT3965EFE#TRPBF	LT3965FE	28-Lead Plastic TSSOP	-40°C to 125°C
LT3965IFE#PBF	LT3965IFE#TRPBF	LT3965FE	28-Lead Plastic TSSOP	-40°C to 125°C

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へ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。

鉛フリー仕様の製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。

テープ・アンド・リールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

一部のパッケージは、指定販売チャネルを通じて、#TRMPBFの接尾辞付きで500単位のリールで供給されます。

## 電氣的特性

● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値。

注記がない限り、 $V_{IN} = 40\text{V}$ 、 $V_{DD} = \text{EN/UVLO} = 5\text{V}$ 、 $\text{LEDREF} = 3\text{V}$ 、 $\text{SRC} = 0\text{V}$ 、 $\text{ADDR}[4:1]$  は接続されない。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{DD}$ Input Supply Voltage		●	2.7		5.5	V
$V_{DD}$ Operating $I_Q$	$\text{SCL} = \text{SDA} = 5\text{V}$ ( $I^2\text{C}$ Bus Idle), $R_{\text{TCLK}} = 28\text{k}$			1.3	1.8	mA
$V_{DD}$ Shutdown $I_Q$	$\text{EN/UVLO} < 0.4\text{V}$ $\text{EN/UVLO} = 1.15\text{V}$			0.1	1 8	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
$V_{IN}$ Operating Voltage	All Channels $V_{\text{OTH}}[1:0] = V_{\text{STH}}[1:0] = "00"$ (Note 3)	●	8		60	V
$V_{IN}$ Operating $I_Q$ (Channel Not Switching)	All Channels $V_{\text{OTH}}[1:0] = V_{\text{STH}}[1:0] = "00"$ , LED ON			1	1.4	mA
	All Channels $V_{\text{OTH}}[1:0] = V_{\text{STH}}[1:0] = "11"$ , LED OFF			2.5	3.3	mA
	All Channels $V_{\text{OTH}}[1:0] = "11"$ , $V_{\text{STH}}[1:0] = "00"$ , LED ON (After Power-On Reset)			1.5	2	mA
$V_{IN}$ Shutdown $I_Q$	$\text{EN/UVLO} < 1.15\text{V}$			0.1	1	$\mu\text{A}$
$\text{DRN}[8:1]$ Operating Voltage		●			$V_{IN} - 3\text{V}$	V
$\text{SRC}[8:1]$ Operating Voltage		●			$V_{IN} - 7.1\text{V}$	V
Current Out of $\text{SRC}[8:1]$ Pins (Each Channel)	Channel LED Is On (Channel Switch Is Off)	●		9	13	$\mu\text{A}$
	Channel LED Is Off (Channel Switch Is On)	●		40	55	$\mu\text{A}$
Switch On-Resistance				330		$\text{m}\Omega$
Switch Leakage Current	$\text{DRN} = 16\text{V}$ , $V_{\text{OTH}}[1:0] = 11$				5	$\mu\text{A}$
Switch Transition Time ( $t_r/t_f$ )	$\text{DRN}$ to $10\text{V}$ through $50\Omega$ Resistor		0.35	0.5	0.65	$\mu\text{s}$
$\text{DRN}[8:1]$ to $\text{SRC}[8:1]$ Crowbar Protection Clamp Voltage	LED or Switch Bypass Current is $500\text{mA}$	●		22	25	V
Response Time from SW Crowbar Protection to SW Secure Protection	LED or Switch Bypass Current is $500\text{mA}$	●		1	1.6	$\mu\text{s}$
Programmable Open LED Threshold ( $V_{\text{OTH}}$ )	$V_{\text{OTH}}[1:0] = "00"$ (Note 3)	●	4.25	4.5	4.75	V
	$V_{\text{OTH}}[1:0] = "01"$	●	8.5	9	9.5	V
	$V_{\text{OTH}}[1:0] = "10"$	●	12.75	13.5	14.25	V
	$V_{\text{OTH}}[1:0] = "11"$	●	17	18	19	V
Programmable Shorted LED Threshold ( $V_{\text{STH}}$ ) for $\text{LEDREF} = 0\text{V}$	$V_{\text{STH}}[1:0] = "00"$ (Note 3)	●	0.85	1	1.15	V
	$V_{\text{STH}}[1:0] = "01"$	●	0.85	1	1.2	V
	$V_{\text{STH}}[1:0] = "10"$	●	0.85	1	1.25	V
	$V_{\text{STH}}[1:0] = "11"$	●	0.85	1	1.3	V
Programmable Shorted LED Threshold ( $V_{\text{STH}}$ ) for $\text{LEDREF} = 3\text{V}$	$V_{\text{STH}}[1:0] = "00"$ (Note 3)	●	0.85	1	1.15	V
	$V_{\text{STH}}[1:0] = "01"$	●	3.8	4	4.2	V
	$V_{\text{STH}}[1:0] = "10"$	●	6.7	7	7.3	V
	$V_{\text{STH}}[1:0] = "11"$	●	9.6	10	10.4	V
Programmable Shorted LED Threshold ( $V_{\text{STH}}$ ) for $\text{LEDREF} \geq 4\text{V}$	$V_{\text{STH}}[1:0] = "00"$ (Note 3)	●	0.85	1	1.15	V
	$V_{\text{STH}}[1:0] = "01"$	●	4.7	5	5.3	V
	$V_{\text{STH}}[1:0] = "10"$	●	8.5	9	9.5	V
	$V_{\text{STH}}[1:0] = "11"$	●	12.3	13	13.7	V
$\text{EN/UVLO}$ Threshold Voltage Falling		●	1.15	1.24	1.35	V
$\text{EN/UVLO}$ Threshold Voltage Rising Hyst.				10		mV
$\text{EN/UVLO}$ Input Bias Current Low	$\text{EN/UVLO} = 1.15\text{V}$		2.2	2.7	3.2	$\mu\text{A}$
$\text{EN/UVLO}$ Input Bias Current High	$\text{EN/UVLO} = 1.33\text{V}$			10	100	nA

## 電気的特性

● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値。

注記がない限り、 $V_{IN} = 40\text{V}$ 、 $V_{DD} = \text{EN/UVLO} = 5\text{V}$ 、 $\text{LEDREF} = 3\text{V}$ 、 $\text{SRC} = 0\text{V}$ 、 $\text{ADDR}[4:1]$  は接続されない。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RTCLK(プログラム可能な内部発振器または外部クロック信号源)						
LED PWM Dimming Frequency (=RTCLK Programmed Oscillator Frequency/2048 or External Clock Frequency/2048)	RTCLK = 80.6kΩ	●	170	195	220	Hz
	RTCLK = 28kΩ	●	450	500	550	Hz
	RTCLK = 10kΩ	●	950	1090	1250	Hz
RTCLK Output Voltage (Using Internal Oscillator)	RTCLK = 28kΩ		0.83	0.88	0.93	V
RTCLK Input Low Threshold		●			0.4	V
RTCLK Input High Threshold		●	1.5			V
RTCLK Input Clock Frequency					2.5	MHz
RTCLK Input Clock Pulse Width High			100			ns
RTCLK Input Clock Pulse Width Low			100			ns
アドレス選択						
ADDR[4:1] Input Low		●			0.25V <sub>DD</sub>	V
ADDR[4:1] Input High		●	0.75V <sub>DD</sub>			V
ADDR[4:1] Pull-Up Resistance to V <sub>DD</sub>			300	500	700	kΩ
アラート状態出力						
ALERT Output Low Voltage	I <sub>ALERT</sub> = 3mA			0.3	0.4	V
ALERT Output High Leakage Current	ALERT = 5.5V				0.1	μA
短絡LED検出用の外部LEDリファレンス電圧						
LEDREF Input Linear Range			0		4	V
LEDREF Input Bias Current	0V ≤ LEDREF ≤ 4V		−100		100	nA
I <sup>2</sup> Cポート(I <sup>2</sup> C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 <sub>DD</sub>			V
SDA and SCL Input Threshold Falling		●		0.25V <sub>DD</sub>		V
SDA and SCL Input Hysteresis		●	0.05V <sub>DD</sub>			V
SDA and SCL Input Current	SDA = SCL = 0V to 5.5V		−250		250	nA
SDA Output Low Voltage	I <sub>SDA</sub> = 3mA	●			0.4	V
SCL Clock Operating Frequency		●			400	kHz
(Repeated) Start Condition Hold Time (t <sub>HD_STA</sub> )		●	0.6			μs
Repeated Start Condition Set-Up Time (t <sub>SU_STA</sub> )		●	0.6			μs
Stop Condition Setup Time (t <sub>SU_STO</sub> )		●	0.6			μs
Data Hold Time Output (t <sub>HD_DAT(O)</sub> )		●	0		900	ns
Data Hold Time Input (t <sub>HD_DAT(I)</sub> )		●	0			ns
Data Set-Up Time (t <sub>SU_DAT</sub> )		●	100			ns
SCL Clock Low Period (t <sub>LOW</sub> )		●	1.3			μs
SCL Clock High Period (t <sub>HIGH</sub> )		●	0.6			μs
Data Rise Time (t <sub>r</sub> )	C <sub>B</sub> = Capacitance of One BUS Line (pF) (Note 4)		20 + 0.1C <sub>B</sub>		300	ns
Data Fall Time (t <sub>f</sub> )	C <sub>B</sub> = Capacitance of One BUS Line (pF) (Note 4)		20 + 0.1C <sub>B</sub>		300	ns
Input Spike Suppression Pulse Width (t <sub>SP</sub> )					50	ns
Bus Free Time (t <sub>BUF</sub> )		●			1.3	μs

## 電気的特性

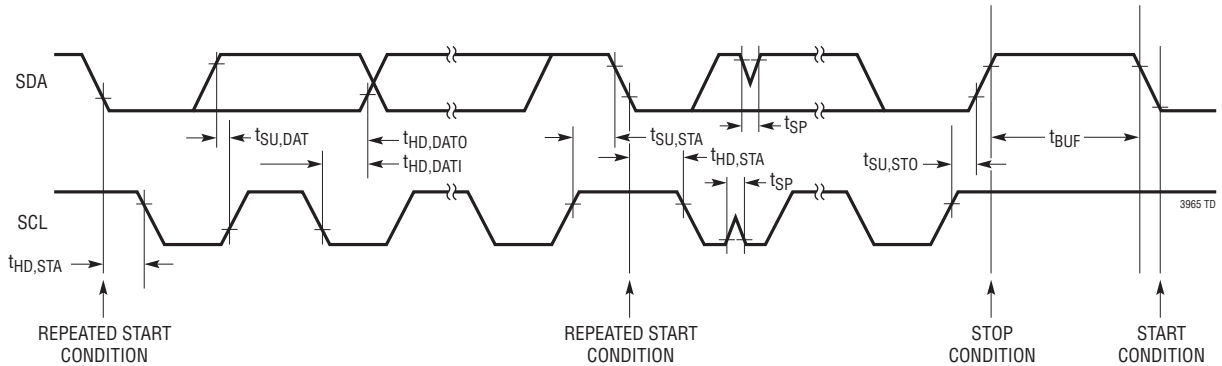
**Note 1:** 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに回復不可能な損傷を与える可能性がある。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与えるおそれがある。

**Note 2:** LT3965Eは、0°C～125°Cの接合部温度で性能仕様に適合することが保証されている。-40°C～125°Cの動作接合部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。LT3965Iは、-40°C～125°Cの全動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。接合部温度が高いと、動作寿命は短くなる。125°Cを超える接合部温度では動作寿命がディレーティングされる。

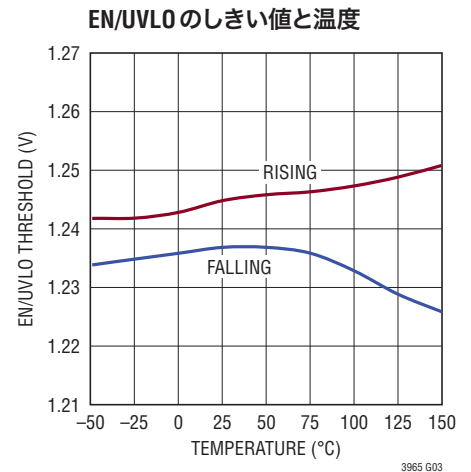
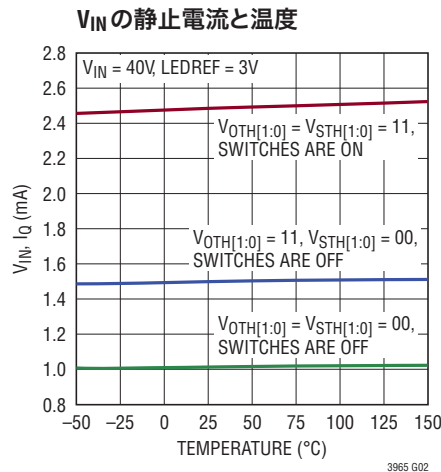
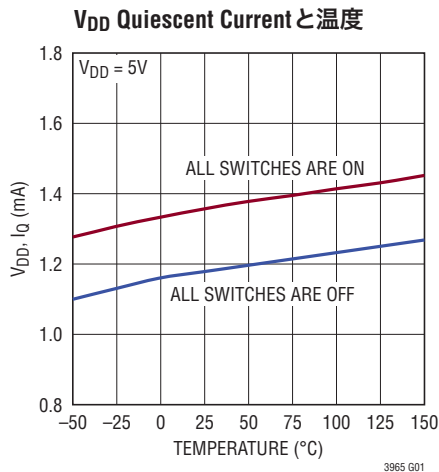
**Note 3:**  $V_{OTH}[1:0]$  レジスタ・ビットおよび  $V_{STH}[1:0]$  レジスタ・ビットは、LT3965のI<sup>2</sup>Cコマンドによって設定される。 $V_{OTH}[1:0]/V_{STH}[1:0]$  によって設定される  $V_{OTH}/V_{STH}$  は、チャネルのDRNとSRCの間の開放/短絡LEDしきい値を指している。1つのチャネルについて、正確な開放LED検出を行うために、 $V_{IN} > V_{SRC} + V_{OTH} + 2.5V$  になる必要がある。

**Note 4:** 立ち上がり時間および立ち下がり時間は30%と70%のレベルで測定する。

**Note 5:** I<sup>2</sup>Cインタフェースのタイミング図。

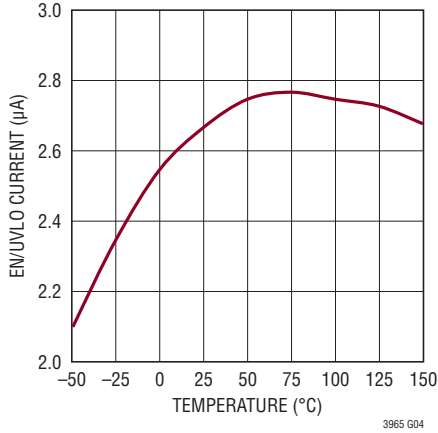


## 標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

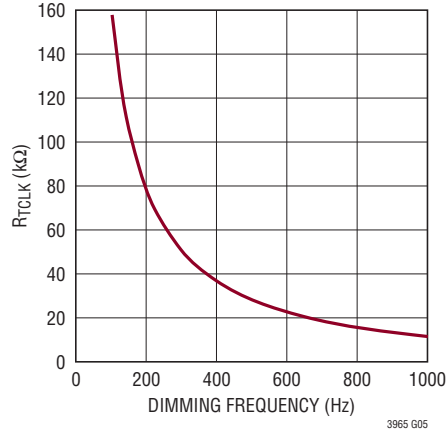


## 標準的性能特性 注記がない限り、TA = 25°C。

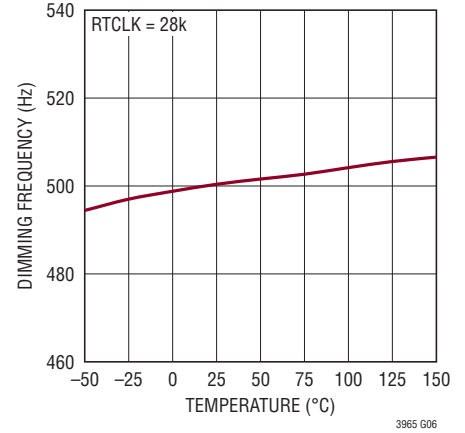
EN/UVLOのヒステリシス電流と温度



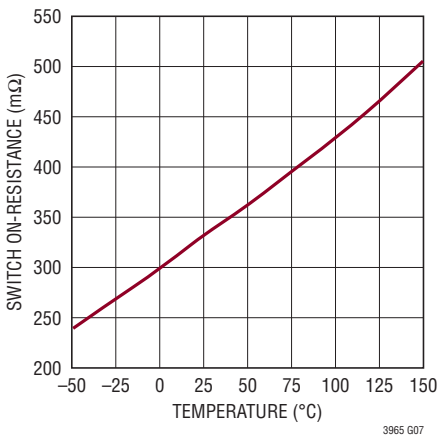
RTCLKとPWM調光周波数



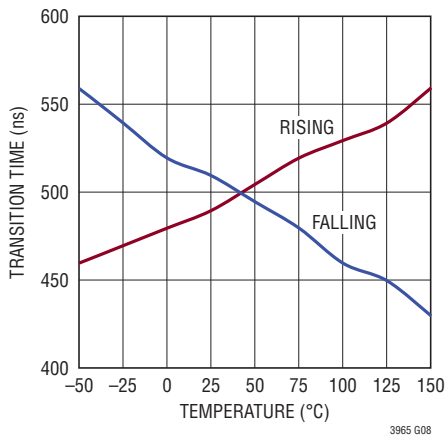
PWM調光周波数と温度



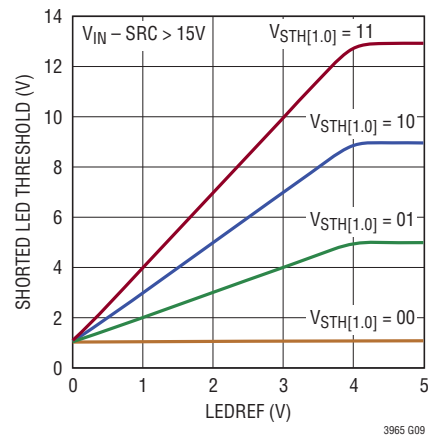
スイッチのオン抵抗と温度



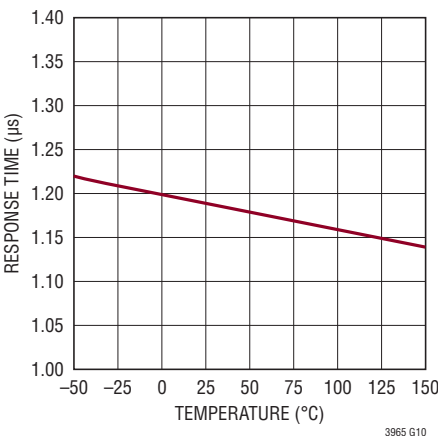
スイッチング遷移時間:と温度



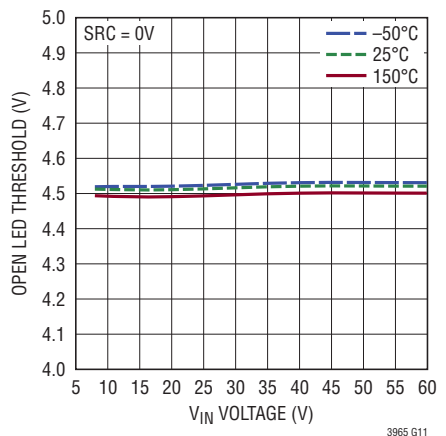
短絡LED下降時しきい値とLEDREF



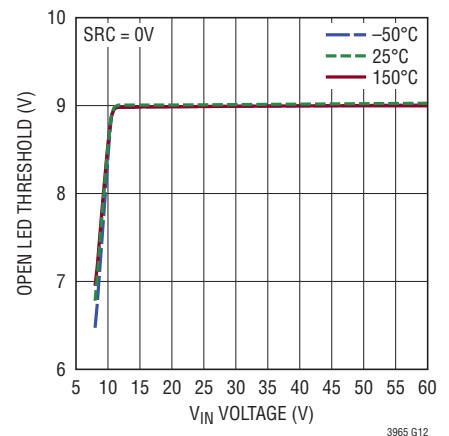
スイッチの開放LED保護  
応答時間と温度



開放LED上昇時しきい値とV<sub>IN</sub>  
(V<sub>OTH</sub>[1:0]の温度 = 00)

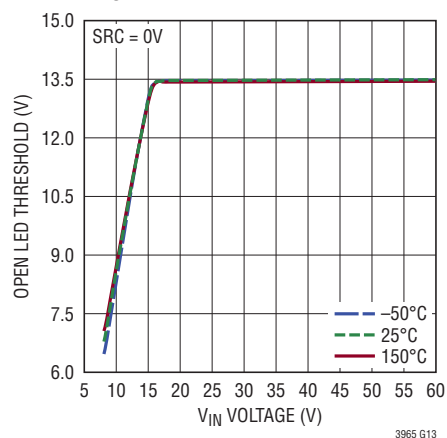


開放LED上昇時しきい値とV<sub>IN</sub>  
(V<sub>OTH</sub>[1:0]の温度 = 01)

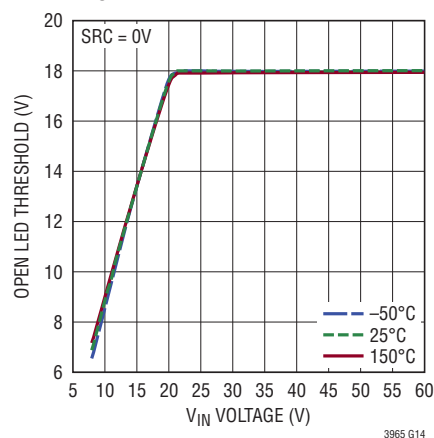


## 標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

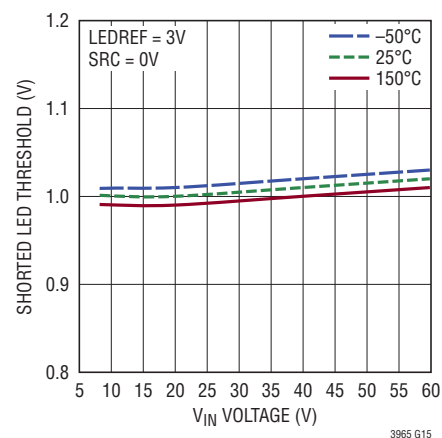
開放LED上昇時しきい値と $V_{IN}$   
( $V_{OTH}[1:0]$ の温度 = 10)



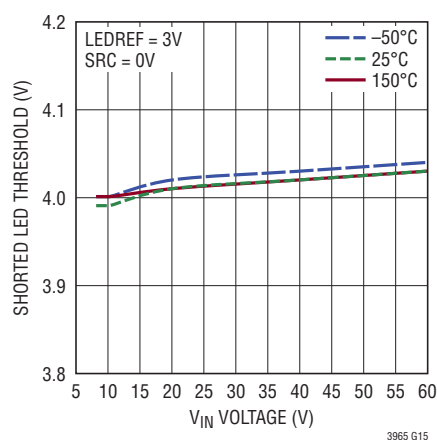
開放LED上昇時しきい値と $V_{IN}$   
( $V_{OTH}[1:0]$ の温度 = 11)



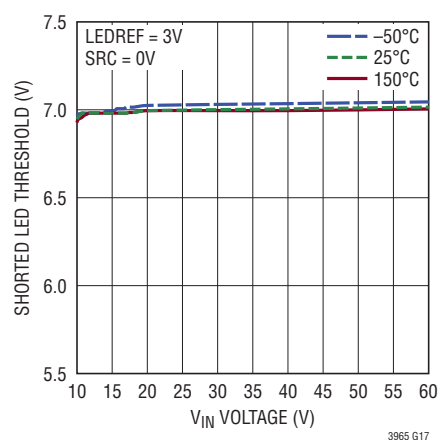
短絡LED下降時しきい値と $V_{IN}$   
( $V_{OTH}[1:0]$ の温度 = 00)



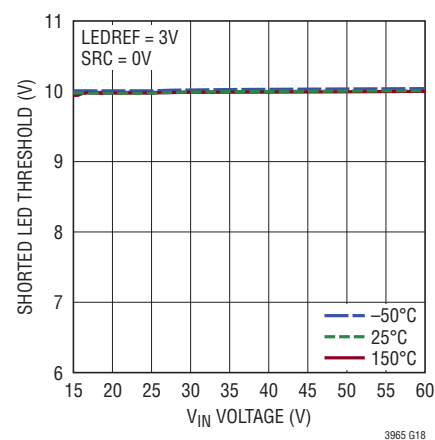
短絡LED下降時しきい値と $V_{IN}$   
( $V_{STH}[1:0]$ の温度 = 01)



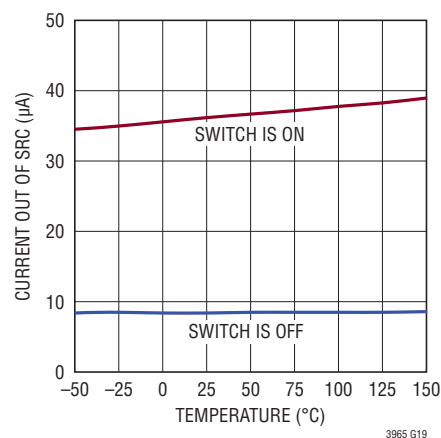
短絡LED下降時しきい値と $V_{IN}$   
( $V_{STH}[1:0]$ の温度 = 10)



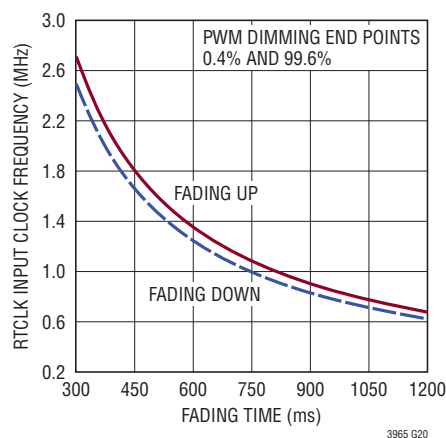
短絡LED下降時しきい値と $V_{IN}$   
( $V_{STH}[1:0]$ の温度 = 11)



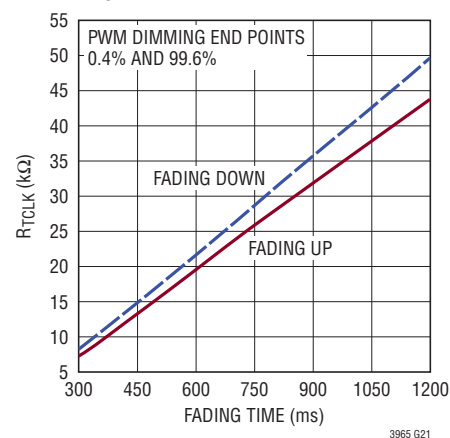
SRCピンからの電流と温度



RTCLK入力クロック周波数と  
フェーディング時間



RTCLKとフェーディング時間





## ピン機能

**V<sub>IN</sub>**: LED バイパス・スイッチおよび LED フォルト検出器用の入力電源ピン。このピンの近くに配置した 1 $\mu$ F (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。適切なチャネル・スイッチ・バイパス動作を実現するには、V<sub>IN</sub> がチャネル電源電圧より 7.1V 以上高い必要があります。

**EN/UVLO**: シャットダウンおよび低電圧検出ピン。外部設定可能なヒステリシスを備えた 1.24V (公称) の高精度下降時しきい値により、V<sub>IN</sub> – SRC がデバイスをイネーブルできる状態になったことを検出します。上昇時のヒステリシスは、外部抵抗と 2.7 $\mu$ A の高精度内部プルダウン電流によって発生させます。EN/UVLO が“H”になると (下降時しきい値未満から上昇時しきい値を超えるまで)、デバイスが初期パワーオン状態にリセットされ、全てのレジスタにデフォルト値が読み込まれます。0.4V 以下に接続してデバイスをディスエーブルすると、V<sub>DD</sub> および V<sub>IN</sub> に流れる消費電流は 1 $\mu$ A 未満に減少します。通常は、このピンを PNP ベースのレベル・シフタに接続して、V<sub>IN</sub> がチャネル電源電圧より 7.1V 以上高い場合にのみデバイスがイネーブルされることを保証します。

**ALERT**: フォルト状態通知用のアラート出力。ALERT ピンは、アサートされ (“L” に引き下げられ) て、開放 LED フォルト状態、短絡 LED フォルト状態、または過熱フォルト状態 (あるいは、これら全て) が検出されたことを示します。ALERT ピンは、デバイスがアラート応答アドレスを正常に送信した後、またはフォルト状態が I<sup>2</sup>C 書き込みコマンドによって解消された後に、デアサート (“H” に解放) されます。

**RTCLK**: 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に、GND に接続された抵抗を使用して内部発振器周波数を設定します。RTCLK を V<sub>IH</sub> より高く、かつ V<sub>IL</sub> より低く駆動して内部発振器を無効にすることで、0.4V で 500 $\mu$ A をシンクできる外部クロック信号源を PWM 調光に使用できます。RTCLK 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器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 PWM 調光周波数は、設定された内部発振器周波数を 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。

**LEDREF**: LED リファレンス電圧入力。このピンを使用して、LED の通常動作時の V<sub>F</sub> を設定します。短絡 LED しきい値 V<sub>STH</sub> は、I<sup>2</sup>C シリアル・インタフェースを介して次の 4 つの値のいずれかに設定できます: 1V、V<sub>LEDREF</sub> + 1V、2 • V<sub>LEDREF</sub> + 1V、および 3 • V<sub>LEDREF</sub> + 1V。このピンを GND に接続すると、

短絡 LED しきい値を 1V に設定します。このピンに 4V を超える電圧を加えると、内部の V<sub>LEDREF</sub> の値が 4V に固定されます。このピンは開放のままにしないでください。

**V<sub>DD</sub>**: I<sup>2</sup>C 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<sup>2</sup>C 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<sub>DD</sub> を基準に調整されます。V<sub>DD</sub> ピンが 2.7V 以上になると、I<sup>2</sup>C インタフェースがアクティブになります。LT3965 は、そのアドレスへの通信にアクリッジを返し、データを LT3965 のレジスタに書き込んだり、LT3965 のレジスタから読み出すことができるようになります。これは、EN/UVLO が“L”の場合にも当てはまります。ただし、EN/UVLO が“H”になると、LT3965 は全てのレジスタをデフォルト値にリセットします。0.1 $\mu$ F 以上のデカップリング・コンデンサをこのピンからグランドに接続します。

**SCL**: I<sup>2</sup>C シリアル・ポートのクロック入力ピン。I<sup>2</sup>C のロジック・レベルは V<sub>DD</sub> を基準に調整されます。

**SDA**: I<sup>2</sup>C シリアル・ポートのデータ入出力ピン。I<sup>2</sup>C のロジック・レベルは V<sub>DD</sub> を基準に調整されます。

**ADDR[4:1]**: プログラム可能なアドレス選択ピン。デバイス・アドレスは、全チャネル・モード (ACMODE) 書き込みでは 010xxxx0、全チャネル・モード (ACMODE) 読み出しでは 010xxxx1、単一チャネル・モード (SCMODE) 書き込みでは 101xxxx0、単一チャネル・モード (SCMODE) 読み出しでは 101xxxx1 です。ADDR[4] は MSB、ADDR[1] は LSB です。合計 16 個の LT3965 デバイスを、同じ I<sup>2</sup>C バスに接続することができます。ADDR[4:1] は、LT3965 の内部の 500k 抵抗を介して V<sub>DD</sub> に引き上げられます。そのため、ADDR[4:1] のデフォルト値は 1111 です。ADDR[4:1] のデフォルト値の各ビットは、ピンをグランドに接続することによって上書きできます。堅牢な設計を実現するために、外付け抵抗を使用して ADDR ピンを V<sub>DD</sub> または GND に接続します。

**DRN[8:1]**: フロート N チャネル FET のドレイン側のピン。使用しない場合は、100k の抵抗を使用して V<sub>DD</sub> に接続してください。

**SRC[8:1]**: フロート N チャネル FET のソース側のピン。適切なチャネル・スイッチ・バイパス動作を実現するために、チャネル電源電圧 (SRC[8:1]) は、7.1V 以上、V<sub>IN</sub> より低い必要があります。使用しない場合は、GND に接続します。

**GND**: 露出パッドピン 21。露出パッドはグランド・プレーン (GND) に直接半田付けしてください。



ブロック図

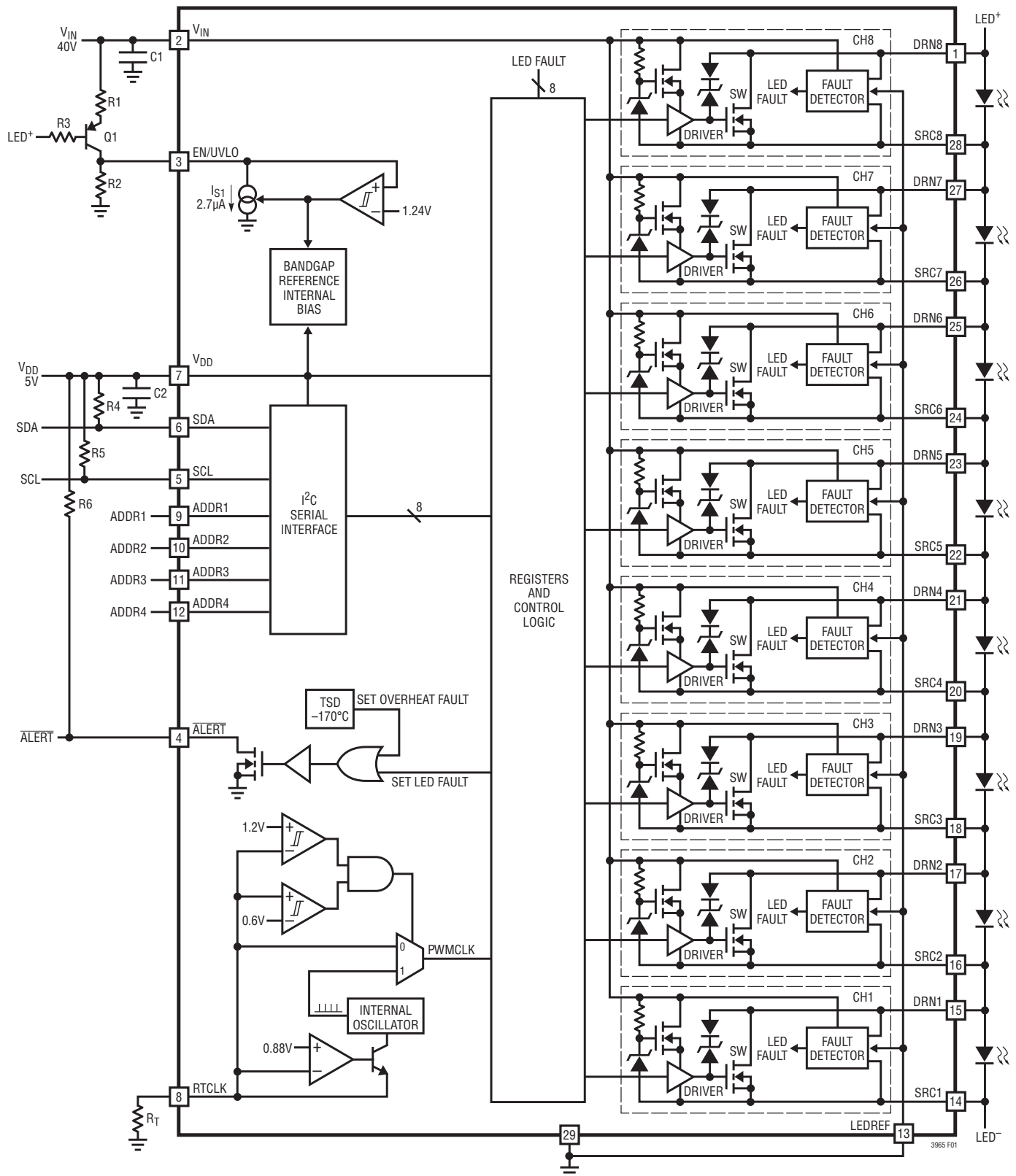


図1. ブロック図

## アプリケーション情報

### 概要

LT3965は、共通の電流源を使用してLED列を調光するために設計された、I<sup>2</sup>Cシリアル・インタフェース付き8チャンネルLEDバイパス・スイッチング・デバイスです。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。

LT3965は2.7V～5.5Vの一般的なV<sub>DD</sub>入力電圧範囲で動作します。8つのチャンネル・スイッチは、V<sub>IN</sub>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つの各チャンネル・スイッチは、列内の1つ以上のLEDを最大17Vまでバイパスできます。

各チャンネルは、次の4つのしきい値レベルのいずれかで開放LEDフォルトを検出するように設定できるLEDフォルト検出器を備えています：4.5V、9V、13.5V、および18V（デフォルト設定）。EN/UVLOが“H”の場合、開放LEDフォルトがチャンネルで検出されると、チャンネル・スイッチがオンになってフォルト状態のLEDをバイパスし、列の連続性を維持して、自己保護を実現します。このチャンネルのPWM調光は、シリアル・インタフェースによってリセットされるまで中断されます。適切なLEDリファレンス電圧（4V未満）をLEDREFピンに印加して、複数のLEDセグメント内の1つの短絡LEDフォルト（デフォルト設定）、2つの短絡LEDフォルト、3つの短絡LEDフォルト、または4つの短絡LEDフォルトを検出するように、各チャンネルのLEDフォルト検出器を設定できます。短絡LEDフォルトがチャンネルで検出された場合、チャンネル・スイッチは、設定されたPWM調光を続行します。LEDフォルトに加えて、LT3965は過熱フォルト状態（≥170°C）も検出して通知します。LT3965は、LEDフォルトまたは過熱フォルト（あるいは、その両方）が検出された場合、ALERTピンをアサートして（電圧を引き下げて）、バス・マスタを中断します。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決定します。

LT3965のI<sup>2</sup>Cシリアル・インタフェースには、チャンネル・スイッチおよびLEDフォルト検出器を構成するための9つのコマンド・レジスタが含まれています。LEDフォルトおよび過熱フォルトを通知するための2つの読み出し専用フォルト状態レジスタも含まれています。

I<sup>2</sup>Cシリアル・インタフェースは、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。LT3965のアドレス選択ピンADDR4、ADDR3、ADDR2、およびADDR1は、最大16個のLT3965デバイスがI<sup>2</sup>Cバスを共有できるようにします。

抵抗をRTCLK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、LED調光周波数がその抵抗によって設定されます。RTCLKピンを外部クロック信号源によって駆動した場合、その外部クロック信号源によって内部発振器が無効になり、調光周波数が、外部クロック周波数を2048で割った値になります。

LT3965の動作の詳細は、以下のセクションに記載されています。

### EN/UVLOによるシャットダウン

EN/UVLOピンは、内部ロジックをリセットし、LT3965をイネーブルするかそれともシャットダウン状態にするかを制御します。シャットダウン状態では、V<sub>DD</sub>が印加されている限り、シリアル・インタフェースが動作します。EN/UVLOが“L”の間に書き込まれたデータは、“H”に遷移したときにリセットされます。シャットダウン状態では、8つのチャンネル・スイッチがオフになり、アラート機能がディスエーブルされます。適切なチャンネル・スイッチ・バイパス動作を実現するにはV<sub>IN</sub>がチャンネル電源電圧より7.1V以上高くなる必要があるため、V<sub>IN</sub>がV<sub>LED</sub><sup>+</sup>より7.1V以上高い場合にデバイスをイネーブルすることを推奨します。図1に示したPNPベースのレベル・シフタを使用して、EN/UVLO入力信号を生成できます。マイクロパワー1.24Vリファレンス、コンパレータおよび制御可能な電流源I<sub>S1</sub>により、ユーザーはデバイスがそこでオン/オフするV<sub>IN</sub> - V<sub>LED</sub><sup>+</sup>電圧を正確にプログラムすることができます（図1を参照）。EN/UVLOが0.7Vより上で1.24Vのしきい値より下のとき、小さなプルダウン電流源I<sub>S1</sub>（標準2.7μA）がアクティブになります。この電流の目的は、上昇時のヒステリシスを設定できるようにすることです。標準的な立ち上がりしきい値電圧と立ち上がりしきい値電圧は以下の式によって計算することができます。

$$(V_{IN} - V_{LED}^{+})_{(FALLING)} = 1.24 \cdot \frac{R1}{R2} + V_{BE}$$

$$(V_{IN} - V_{LED}^{+})_{(RISING)} = 2.7\mu A \cdot R1 + (V_{IN} - V_{LED}^{+})_{(FALLING)}$$

標準で、V<sub>BE</sub>は0.6Vです。R1の推奨値は49.9kであるため、上昇時ヒステリシスは0.14Vになります。デバイスをイネーブルしたときに(V<sub>IN</sub> - V<sub>LED</sub><sup>+</sup>)<sub>(FALLING)</sub>が7.1Vより大きくなることを保証するように、R2の値を選択できます。

## アプリケーション情報

### パワーオン・リセットおよび調光サイクルの初期化

EN/UVLO ピンが“H”に切り替わると、内部パワーオン・リセット (POR) 信号が生成されて、全てのレジスタをデフォルト状態に設定します。8つのチャンネル・スイッチは、POR時にオフ状態になります (全てのチャンネルのLEDがオンになります)。PORは、調光サイクルを1/8シフトして各チャンネルのPWM調光カウンタも初期化します。これによって、調光サイクルの開始時にチャンネルが同時にスイッチングするのを防ぎ、スイッチング・トランジェントを低減します (図2を参照)。PWM調光モードにある場合 (フェード遷移ありまたはなし)、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。チャンネル・カウンタ (内部発振器または外部クロック信号源によってクロック制御される) 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列がオフになると、次の調光サイクルが開始するまで、オフのままになります。

### フェード遷移なしの調光とフェード遷移ありの調光

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ように、LT3965の各チャンネルを個別に設定できます。フェード遷移なしで調光する場合、調光は1調光サイクル以内に初期値から目標値に変化します。フェード遷移ありで調光する場合、調光は、複数の調光サイクルで、事前に決定された対数曲線に従って初期値から目標値まで段階的に遷移して変化します。この対数曲線には、明るさに対する人間の目の近似的対数応答が適している場合があります。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長形式書き込みコマンドから取得されてレジスタに格納され、STOP条件を受信したと

きに、初期値に置き換わります。フェード遷移ありの調光の場合、次の式に従って11ビットを使用して各遷移ステップ値が計算されます： $DV_{NEXT} = DV_{PRESENT} \cdot CF$ 。ここで、DVは遷移ステップ調光値を表し、CFは一定の係数です。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<sub>PRESENT</sub>の役割を果たす初期値から始まり、最後のDV<sub>NEXT</sub>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に、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。1 (1/256) 調光から255 (1/256) 調光までの遷移ステップの最大数は100 (図3を参照) であり、255 (1/256) 調光から1 (1/256) 調光までの遷移ステップの最大数は92 (図4を参照) です。各ステップは、4 PWM 調光サイクルで動作し、各調光サイクルは、2048 RTCLK クロック・サイクルで構成されます。したがって、 $T_{STEP} = T_{PWM} \cdot 4 = T_{RTCLK} \cdot 8192$  となります。

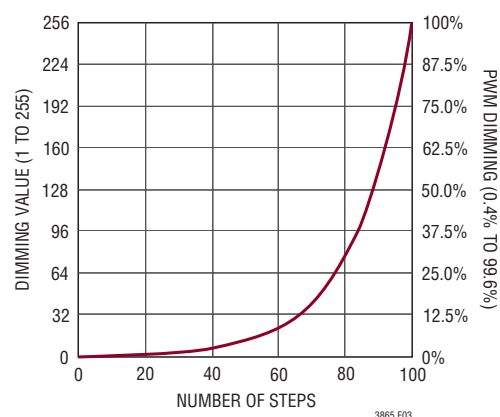


図3. LT3965の上昇遷移調光曲線

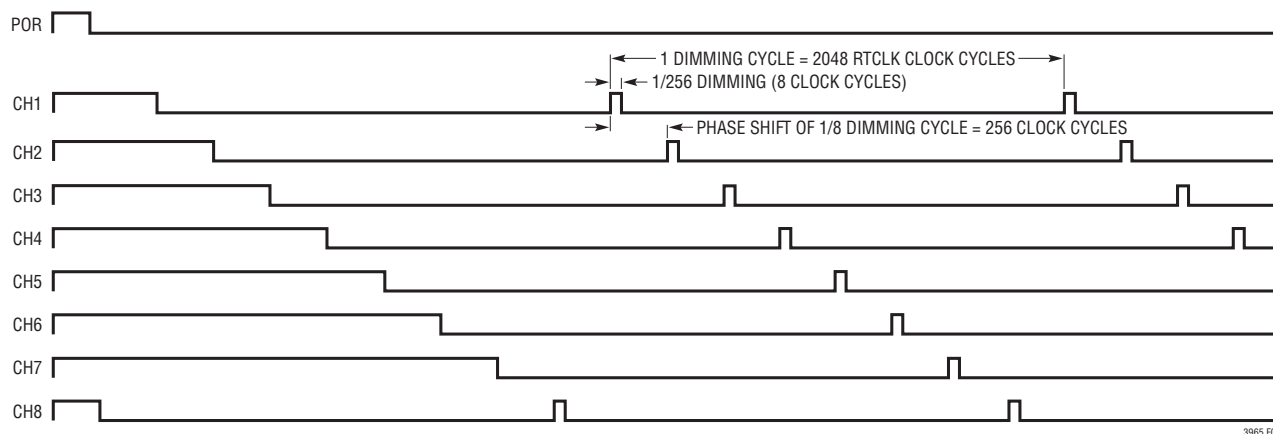


図2. POR 調光サイクル初期化の図

## アプリケーション情報

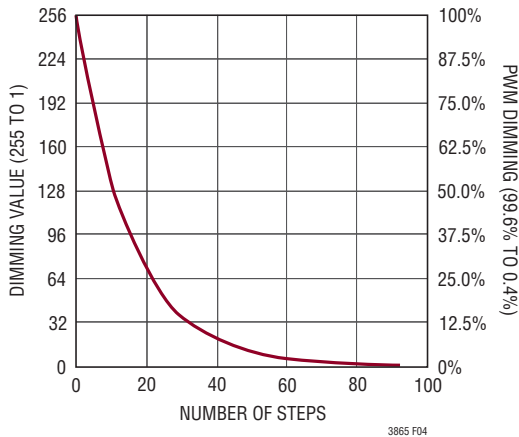


図4. LT3965の下降遷移調光曲線

### LT3965のI<sup>2</sup>Cレジスタ

LT3965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つの読み出し専用フォルト状態レジスタ(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構成ビットの格納に使用されます。フォルト状態レジスタは、LED/過熱フォルト状態ビットの格納に使用されます。マスタは、コマンド・レジスタおよびフォルト状態レジスタの両方を読み出すことができます。

### LT3965のコマンド・レジスタおよびチャネル制御

EN/UVLOでのPOR時に、8つのチャネル・スイッチが全てオフに設定され、ACMREGレジスタによって制御されます。データの書き込み後、各チャネル・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が発生するまで保持されます。

### I<sup>2</sup>Cシリアル・インタフェース

LT3965は、I<sup>2</sup>Cシリアル・インタフェースを介して通信します。I<sup>2</sup>Cシリアル・インタフェースは、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線式オープンドレイン・インタフェースです。I<sup>2</sup>C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のいずれかでのみ動作できます。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ために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るデバイスは、スレーブと見なされます。LT3965は、スレーブとしてのみアドレス指定が可能です。LT3965は、アドレス指定されると、構成データを受信するか、レジスタ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LT3965への入力であり、シリアル・データ・ライン(SDA)は双方向です。LT3965は、シリアル・データ・ライン(SDA)を“L”に引き下げることのみが可能であり、“H”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外部でV<sub>DD</sub>電源に接続する必要があります。データ・ラインは、“L”に駆動されていない場合、“H”になります。I<sup>2</sup>C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。

### START条件とSTOP条件

バスがアイドル状態のときは、SCLとSDAの両方が“H”でなければなりません。バス・マスタは、SCLを“H”に維持したままSDAを“H”から“L”に移行させることによって生成するSTART条件を使って、送信開始をスレーブに知らせます。マスタはスレーブとの通信を終了すると、SCLを“H”に保ったままSDAを“L”から“H”に移行させてSTOP条件を発行します。この動作によりバスは解放され、次の送信を開始できます。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STOP条件を生成することなく、反復START条件(Sr)を生成し、同じまたは別のスレーブのアドレスを指定できます。バス使用時は、STOP条件の代わりに反復START(Sr)条件が生成されるとビジー状態が継続します。反復START(Sr)条件は、機能的にはSTART(S)条件と同じです。その後、そのような転送内で、読み出し/書き込みコマンドをさまざまに組み合わせることができます。ただし、調光サイクルの同期用のBCMODE書き込みコマンド、アラート問い合わせ用のBCMODE読み出しコマンド、および過熱フォルト・ビットのクリア用のACMODE書き込みコマンドは、終了STOP条件で自己完結している必要があります。

### I<sup>2</sup>Cシリアル・ポート・データ転送

START条件の後、I<sup>2</sup>Cバスがビジーになり、マスタとアドレス指定されたLT3965スレーブとの間でデータ伝送を開始できます。データは、バス上で9ビットのグループ(1バイトの後に1つのアクノリッジ(ACK)ビットが続く)で転送されます。アクノリッジ信号はマスタとスレーブの間のハンドシェイクに使用されます。



## アプリケーション情報

表1. 全チャンネル・モード (ACMODE) コマンド・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	11111111

表2. 単一チャンネル・モード (SCMODE) コマンド・レジスタ (14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[13:12] 開放LEDしきい値 プログラム可能 ビット	B[11:10] 短絡LEDしきい値 プログラム可能ビット	B[9:8] モード制御ビット	B[7:0] 調光値	DEFAULT
SCMREG1 (for CH1, the channel address: 000)	V <sub>OTH</sub> [1:0] = "00": 4.5V "01": 9.0V "10": 13.5V "11": 18.0V	V <sub>STH</sub> [1:0] = "00": 1V "01": V <sub>LEDREF</sub> + 1V "10": 2 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V "11": 3 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V	MC[1:0] = "00": LED Off "01": LED On "10": LED Dimming without Fade Transition "11": LED Dimming with Fade Transition	DV[7:0] = "00000001": 1/256 Dimming "00000010": 2/256 Dimming ..... "11111111": 255/256 Dimming	110001 00000001
SCMREG2 (for CH2, the channel address: 001)	V <sub>OTH</sub> [1:0] = "00": 4.5V "01": 9.0V "10": 13.5V "11": 18.0V	V <sub>STH</sub> [1:0] = "00": 1V "01": V <sub>LEDREF</sub> + 1V "10": 2 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V "11": 3 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V	MC[1:0] = "00": LED Off "01": LED On "10": LED Dimming without Fade Transition "11": LED Dimming with Fade Transition	DV[7:0] = "00000001": 1/256 Dimming "00000010": 2/256 Dimming ..... "11111111": 255/256 Dimming	110001 00000001
SCMREG3 (for CH3, the channel address: 010)	V <sub>OTH</sub> [1:0] = "00": 4.5V "01": 9.0V "10": 13.5V "11": 18.0V	V <sub>STH</sub> [1:0] = "00": 1V "01": V <sub>LEDREF</sub> + 1V "10": 2 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V "11": 3 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V	MC[1:0] = "00": LED Off "01": LED On "10": LED Dimming without Fade Transition "11": LED Dimming with Fade Transition	DV[7:0] = "00000001": 1/256 Dimming "00000010": 2/256 Dimming ..... "11111111": 255/256 Dimming	110001 00000001
SCMREG4 (for CH4, the channel address: 011)	V <sub>OTH</sub> [1:0] = "00": 4.5V "01": 9.0V "10": 13.5V "11": 18.0V	V <sub>STH</sub> [1:0] = "00": 1V "01": V <sub>LEDREF</sub> + 1V "10": 2 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V "11": 3 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V	MC[1:0] = "00": LED Off "01": LED On "10": LED Dimming without Fade Transition "11": LED Dimming with Fade Transition	DV[7:0] = "00000001": 1/256 Dimming "00000010": 2/256 Dimming ..... "11111111": 255/256 Dimming	110001 00000001
SCMREG5 (for CH5, the channel address: 100)	V <sub>OTH</sub> [1:0] = "00": 4.5V "01": 9.0V "10": 13.5V "11": 18.0V	V <sub>STH</sub> [1:0] = "00": 1V "01": V <sub>LEDREF</sub> + 1V "10": 2 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V "11": 3 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V	MC[1:0] = "00": LED Off "01": LED On "10": LED Dimming without Fade Transition "11": LED Dimming with Fade Transition	DV[7:0] = "00000001": 1/256 Dimming "00000010": 2/256 Dimming ..... "11111111": 255/256 Dimming	110001 00000001
SCMREG6 (for CH6, the channel address: 101)	V <sub>OTH</sub> [1:0] = "00": 4.5V "01": 9.0V "10": 13.5V "11": 18.0V	V <sub>STH</sub> [1:0] = "00": 1V "01": V <sub>LEDREF</sub> + 1V "10": 2 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V "11": 3 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V	MC[1:0] = "00": LED Off "01": LED On "10": LED Dimming without Fade Transition "11": LED Dimming with Fade Transition	DV[7:0] = "00000001": 1/256 Dimming "00000010": 2/256 Dimming ..... "11111111": 255/256 Dimming	110001 00000001
SCMREG7 (for CH7, the channel address: 110)	V <sub>OTH</sub> [1:0] = "00": 4.5V "01": 9.0V "10": 13.5V "11": 18.0V	V <sub>STH</sub> [1:0] = "00": 1V "01": V <sub>LEDREF</sub> + 1V "10": 2 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V "11": 3 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V	MC[1:0] = "00": LED Off "01": LED On "10": LED Dimming without Fade Transition "11": LED Dimming with Fade Transition	DV[7:0] = "00000001": 1/256 Dimming "00000010": 2/256 Dimming ..... "11111111": 255/256 Dimming	110001 00000001
SCMREG8 (for CH8, the channel address: 111)	V <sub>OTH</sub> [1:0] = "00": 4.5V "01": 9.0V "10": 13.5V "11": 18.0V	V <sub>STH</sub> [1:0] = "00": 1V "01": V <sub>LEDREF</sub> + 1V "10": 2 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V "11": 3 • V <sub>LEDREF</sub> + 1V	MC[1:0] = "00": LED Off "01": LED On "10": LED Dimming without Fade Transition "11": LED Dimming with Fade Transition	DV[7:0] = "00000001": 1/256 Dimming "00000010": 2/256 Dimming ..... "11111111": 255/256 Dimming	110001 00000001

注意: 調光値の範囲は、00000001 ~ 11111111 です。無効な調光値 00000000 が受信された場合、代わりに 00000001 がレジスタに書き込まれます。

## アプリケーション情報

表3. 読み出し専用フォルト状態レジスタ(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」のセクションおよび「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[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

注意: LT3965は、過熱フォルト状態(≥170°C)を示す場合、OLFREGレジスタ・ビットおよびSLFREGレジスタ・ビットを全て“H”に設定します(詳細は、「LED/過熱フォルト検出および通知」のセクションを参照)。

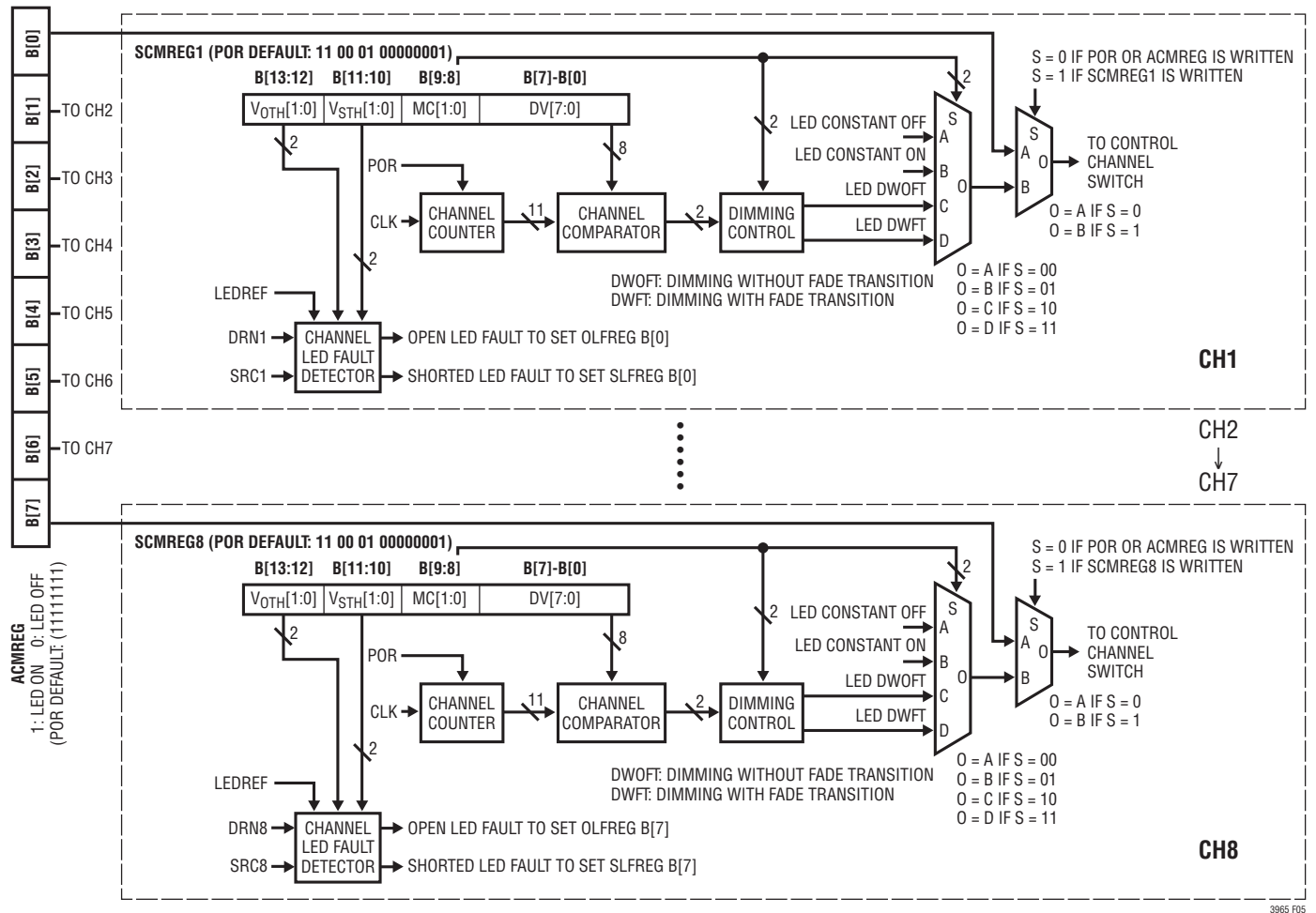


図5. LT3965のコマンド・レジスタおよびチャンネル制御図



## アプリケーション情報

LT3965は、書込みが行われると、そのデバイス書込みアドレスとそれに続くデータ・バイトに対してアクノリッジを返します。データ・バイトは、LT3965によってそのアクノリッジが返される時、内部のホールディング・ラッチに転送されます。必要に応じて、マスタは反復START (Sr) 条件を開始し、データ転送のために、I<sup>2</sup>Cバス上の別のデバイスのアドレスを指定できます。LT3965は、受信した有効なデータを記憶します。I<sup>2</sup>C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STOP条件を発行して通信を終了します。LT3965は、STOP条件の発生時に、受信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・レジスタ内のV<sub>OTH</sub>[1:0]ビットおよびV<sub>STH</sub>[1:0]ビットは、LT3965からアクノリッジが返されたときに更新されます。

LT3965から読み込む場合、LT3965はそのデバイス読み取りアドレスに対してアクノリッジを返し、マスタはその後受信したデータ・バイトに対してアクノリッジを返します。ただし、STOPが後に続く最後のデータ・バイトまたは反復START条件を除きます。

マスタは、データ伝送の後にSTOP条件を発行することによって、I<sup>2</sup>Cバスを解放できます。必要に応じて、マスタは、コマンド・レジスタに対してデータ・バイトを更新する前に、STOP条件を送信する前にデータ・バイトを読み出すことによって、内部ホールディング・ラッチに書き込まれたデータ・バイトを確認できます。

## LT3965のI<sup>2</sup>Cコマンドおよび書き込み/読み出しプロトコル

マスタのみが、I<sup>2</sup>Cコマンドを発行して書き込み動作または読み込み動作を開始できます。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I<sup>2</sup>Cデバイス・アドレスです。マスタが書き込みコマンドを発行した場合、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。そうでない場合、コマンドの残り全てのバイトは、アドレス指定されたLT3965によって送信されます。LT3965のI<sup>2</sup>Cコマンドは、目的に基づいて、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書き込みコマンド(図6を参照)は、8つのチャンネル・スイッチを一緒に制御するためのACMREGレジスタ・ビット(表1を参照)の設定に使用されます。このコマンドは、2バイト長です。1番目のバイトはACMODEデバイス書き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読み出しコマンド(図7を参照)は、ACMREGレジスタ・ビットの読み出しおよびLEDフォルト状態と過熱フォルト状態の取得に使用されます。コマンドは、4バイト長です。1番目のバイトはACMODEデバイス読み出しアドレスであり、その後、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。

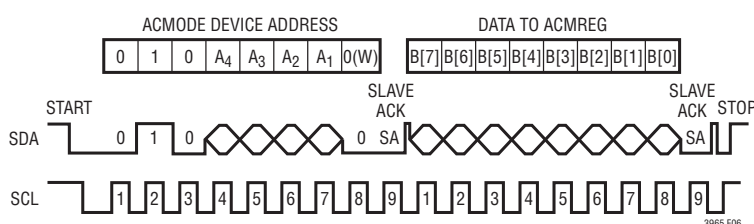


図6. LT3965のI<sup>2</sup>Cシリアル・ポートのACMODE書き込みプロトコル

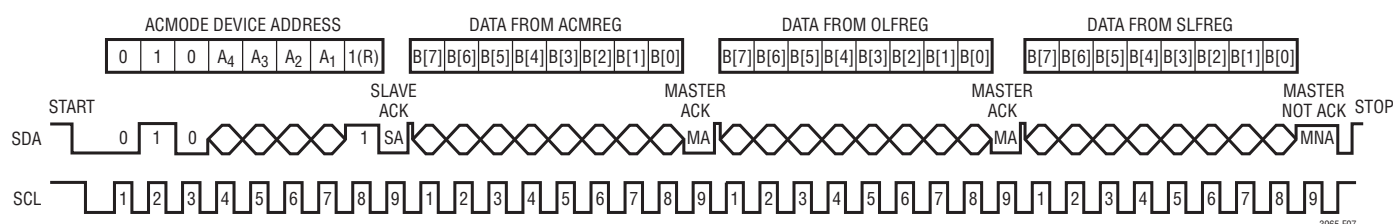


図7. LT3965のI<sup>2</sup>Cシリアル・ポートのACMODE読み出しプロトコル

## アプリケーション情報

LT3965のACMODEデバイス・アドレスは、010A<sub>4</sub>A<sub>3</sub>A<sub>2</sub>A<sub>1</sub>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、書き込み送信(マスタがアドレス指定されたLT3965に書き込む)を示し、1は読み出し送信(マスタがアドレス指定されたLT3965から読み出す)を示します。A<sub>4</sub>A<sub>3</sub>A<sub>2</sub>A<sub>1</sub>は、プログラム可能なアドレス選択ピンADDR<sub>4</sub>、ADDR<sub>3</sub>、ADDR<sub>2</sub>、およびADDR<sub>1</sub>からの入力ロジック値です。

### ACMODE書き込みコマンドの待ち時間

ACMODE書き込みコマンドを簡単に使用して、8チャンネルLEDの状態制御をすばやく行うことができます。各ACMODE書き込みコマンドは、2バイト長であり、400kHz SCLクロックが選択されている場合、送信には約47μsかかります。STOP条件とチャンネル・スイッチのオン(LEDのオフ)との間のコマンドの待ち時間は約0.3μsであり、STOP条件とチャンネル・スイッチのオフ(LEDのオン)との間のコマンドの待ち時間は約1μsです。したがって、ACMODE書き込みコマンドの開始から実行までの最小時間は、400kHz SCLクロックを使用した場合、約48μsです。

### ACMODE書き込みコマンドおよび同時チャンネル・スイッチング

ACMODE書き込みコマンドは、8チャンネル全てを一緒にスイッチングするように制御できます。1つのACMODE書き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、同時チャンネル・スイッチングによる突然の出力電圧の変化に十分に応答することができます。応答の遅いLEDドライバは、列内の大きい過渡電流によって、誤ったフォルトを引き起こす可能性があります。遅いLEDドライバを使用する場合は、同時チャンネル・スイッチングを発生する可能性のあるACMODE書き込みコマンドの送信を避ける必要があります。代わりに、複数のACMODE書き込みコマンドを使用することができ、それらの各コマンドが、一度に1つのチャンネルの切り替えを行います。

### (2) 単一チャンネル・モード(SCMODE)コマンド

SCMODE書き込みコマンドは、チャンネル・スイッチを制御するため、およびチャンネルのLEDフォルト検出しきい値を設定するために、アドレス指定されたチャンネルのSCMREGレジスタ・ビットの設定に使用されます。SCMODE書き込みコマンドには、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。両方の形式を使用して、チャンネルのSCMREGレジスタを構成します。短形式または長形式のいずれを選択するかは、構成するチャンネルのSCMREGレジスタのビットによって決まります。

SCMODE書き込みコマンドの短形式は、V<sub>OTH</sub>[1:0] (B[13:12])を設定することによって、チャンネルの開放LEDしきい値を設定することができ、MC[1:0] (B[9:8])を設定することによって、チャンネル・スイッチ・モードを変更できます。SCMODE書き込みコマンドの長形式は、チャンネルのSCMREGレジスタ内のV<sub>STH</sub>[1:0] (B[11:10])を設定することによって、チャンネルの短絡LEDしきい値を設定することができ、MC[1:0] (B[9:8])を設定することによって、チャンネル・スイッチ・モードを変更することができ、DV[7:0] (B[7:0])を更新することによって、新しい調光値を設定できます。

SCMODE書き込みコマンドの短形式は、2バイト長です(図8を参照)。1番目のバイトは、SCMODEデバイス書き込みアドレスです。2番目のバイトは、次の3つのセクションで構成されます。1番目のセクション(ビット7)は、短形式を示すために0にする必要があります。2番目のセクション(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、最後のセクションは構成データ(V<sub>OTH</sub>[1:0]のビット3、ビット2、およびMC[1:0]のビット1、ビット0)です。

SCMODE書き込みコマンドの長形式は、3バイト長です(図9を参照)。1番目のバイトは、SCMODEデバイス書き込みアドレスです。2番目のバイトは、次の3つのセクションで構成され

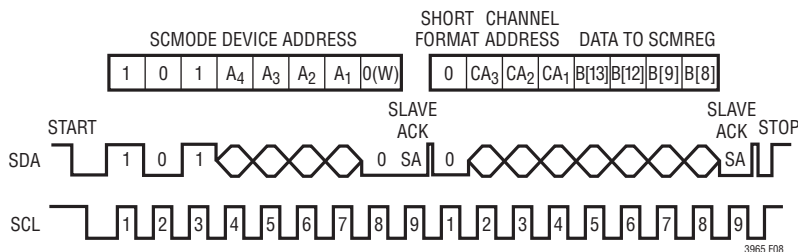


図8. LT3965のI<sup>2</sup>Cシリアル・ポートのSCMODE書き込み短形式プロトコル

## アプリケーション情報

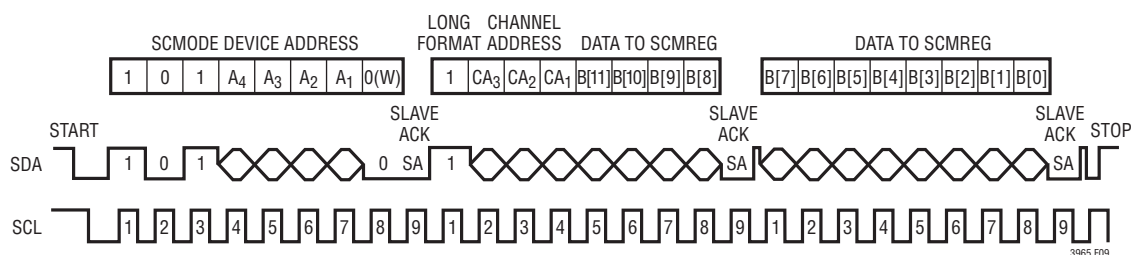


図9. LT3965のI²Cシリアル・ポートのSCMODE書き込み長形式プロトコル

ます。1番目のセクション(ビット7)は、長形式を示すために1にする必要があります。2番目のセクション(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、最後のセクションは構成データ(V<sub>STH</sub>[1:0]のビット3、ビット2、およびMC[1:0]のビット1、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しきい値(V<sub>OTH</sub>)の設定

SCMODE書き込みコマンドの短形式を使用して、チャンネルのSCMREGレジスタのB[13:12]ビット(つまり、V<sub>OTH</sub>[1:0])を上書きし、チャンネルの開放LEDしきい値を設定できます(表2、図8、および図5を参照)。

$$V_{OTH} = 4.5V \cdot (1 + V_{OTH}[1:0])$$

ここで、V<sub>OTH</sub>[1:0]は、2つのプログラム可能なビットの可能な10進値0、1、2、または3を表しています。したがって、チャンネルの開放LEDしきい値V<sub>OTH</sub>を、次の4つの値のいずれかに設定できます：4.5V、9V、13.5V、および18V。PORのデフォルトのV<sub>OTH</sub>は18Vです。

V<sub>OTH</sub>を設定する場合、以下の推奨に従って、開放LED状態の誤検出または検出もれを防ぐようにしてください。

- 1) V<sub>OTH</sub>を、V<sub>IN</sub>電源電圧以上のしきい値に設定しないでください。V<sub>OTH</sub>を、V<sub>IN</sub>電源電圧より3V以上低いしきい値に設定することを推奨します。
- 2) V<sub>OTH</sub>を最も低いしきい値に設定しますが、チャンネルのLEDオン電圧よりV<sub>OTH</sub>の1/5以上高くします。例えば、チャンネルのLEDオン電圧が3.5V以下である場合、V<sub>OTH</sub>を4.5Vに設定することが推奨されます。チャンネルのLEDオン電圧が3.8Vである場合、V<sub>OTH</sub>を9Vに設定することが推奨されます。

V<sub>OTH</sub>を、アプリケーション回路に電源が投入されときのV<sub>IN</sub>電源電圧および各チャンネルのLEDオン電圧に基づいてデ

フォルト値(18V)から適切なしきい値に調整することを推奨します。

チャンネルの短絡LEDしきい値(V<sub>STH</sub>)の設定

SCMODE書き込みコマンドの長形式を使用して、チャンネルのSCMREGレジスタのB[11:10]ビット(つまり、V<sub>STH</sub>[1:0])を上書きし、チャンネルの短絡LEDしきい値を設定できます(表2、図9、および図5を参照)。

$$V_{STH} = 1V + (N_{LED} - 1) \cdot V_{LEDREF}$$

$$N_{LED} = 1 + V_{STH}[1:0]$$

ここで、N<sub>LED</sub>は、チャンネルによって駆動される直列に接続されたLEDの番号(V<sub>STH</sub>[1:0]によって設定される)、V<sub>LEDREF</sub>はLEDREFピンで設定されるリファレンス電圧です(「標準的性能特性」の短絡LED下降時しきい値とLEDREのグラフを参照)。

LEDREFピンを0V以外の電圧に設定した場合、チャンネルの短絡LEDしきい値V<sub>STH</sub>を、次の4つの値のいずれかに設定できます：1V、1V + V<sub>LEDREF</sub>、1V + 2・V<sub>LEDREF</sub>、および1V + 3・V<sub>LEDREF</sub>。PORのデフォルトのV<sub>STH</sub>は1Vです。この機能を使用して、各チャンネルで1つ、2つ、3つ、または4つの短絡LEDを検出できます。

LEDREFピンを接地して、この機能をオフにできます。LEDREFピンを0Vに設定した場合、V<sub>STH</sub>[1:0]ビットをどのように設定しても、V<sub>STH</sub>は1Vに設定されます。

SCMODE読み出しコマンド(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・ビットの読み出し、およびチャンネルのLEDフォルト状態の取得に使用されます。SCMODE読み出しコマンドは、3バイト長です。1番目のバイトは、SCMODEデバイス読み出しアドレスです。2番目のバイトは(MSBからLSBまで)、OLDFREGレジスタからのアドレス指定されたチャンネルの1ビット、SLFREGレジスタからのアドレス指定されたチャンネルの1ビット、およびアドレス指定され

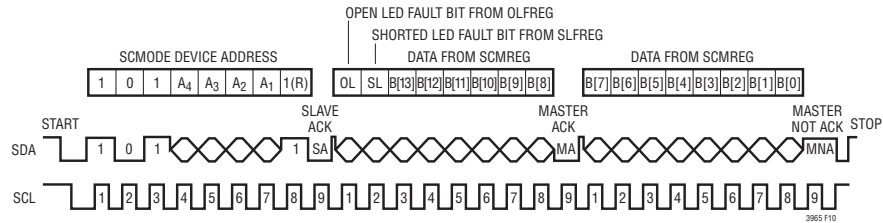


図 10. LT3965 の I<sup>2</sup>C シリアル・ポートの SCMODE 読み出しプロトコル

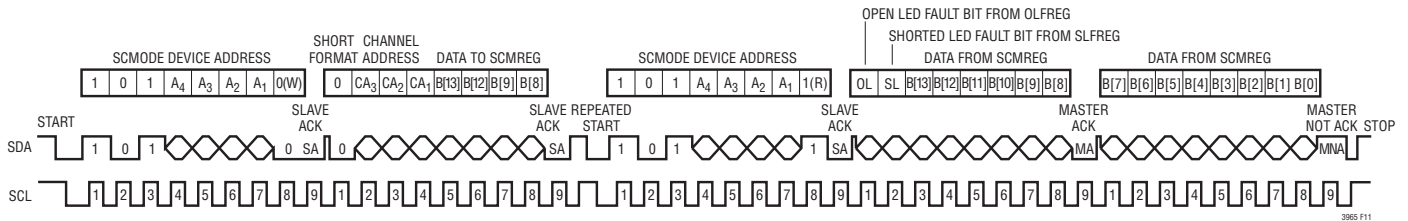


図 11. LT3965 の I<sup>2</sup>C シリアル・ポートの SCMODE 書き込み短形式と、それに続く SCMODE 読み出し

た SCMREG レジスタからの 6 ビット (V<sub>OTH</sub>[1:0]、V<sub>STH</sub>[1:0]、および MC[1:0]) を含みます。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 書き込みコマンドとは異なり、SCMODE 読み出しコマンドはチャンネル・アドレスを含んでいません。実際は、最後の SCMODE 書き込みコマンドから受信したチャンネル・アドレスは、格納され、受信 SCMODE 読み出し操作のためのチャンネル・アドレスとして使用されます。言い換えると、SCMODE 読み出しコマンドは、最後の SCMODE 書き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。SCMODE 書き込みコマンドが受信されなかった場合、デフォルトのチャンネル・アドレス 000 (CH1) が使用されます。

LT3965 の SCMODE デバイス・アドレスは、101A<sub>4</sub>A<sub>3</sub>A<sub>2</sub>A<sub>1</sub> 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 は書き込み送信 (マスタがアドレス指定された LT3965 に書き込む) を示し、1 は読み出し送信 (マスタがアドレス指定された LT3965 から読み出す) を示します。A<sub>4</sub>A<sub>3</sub>A<sub>2</sub>A<sub>1</sub> は、プログラム可能なアドレス選択ピン ADDR<sub>4</sub>、ADDR<sub>3</sub>、ADDR<sub>2</sub>、および ADDR<sub>1</sub> からの入力ロジック値です。

### (3) ブロードキャスト・モード (BCMODE) コマンド

BCMODE 書き込みコマンド (図 12 を参照) は、I<sup>2</sup>C バス上の複数の LT3965 スレーブ間の調光サイクルの同期に使用されます。LT3965 スレーブは、同期するために、共通の外部クロックで動作する必要があります。BCMODE 書き込みコマンドは、1 バイト長 (00011000) のみです。このコマンドは、どのレジスタ・ビットも変更しません。調光サイクルを同期するために、各チャンネル・カウンタのみをリセットします。

BCMODE 読み出しコマンド (図 13 を参照) は、バス上のどの LT3965 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ために使用されます (詳細は、「LT3965 のアラート応答プロトコル」セクションを参照)。このコマンドは、2 バイト長です。第 1 バイトは、ブロードキャスト読み出しアドレス 00011001 です。第 2 バイト 010A<sub>4</sub>A<sub>3</sub>A<sub>2</sub>A<sub>1</sub>1 は、ACMODE デバイス読み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<sub>4</sub>A<sub>3</sub>A<sub>2</sub>A<sub>1</sub> は、プログラム可能なアドレス選択ピン ADDR<sub>4</sub>、ADDR<sub>3</sub>、ADDR<sub>2</sub>、および ADDR<sub>1</sub> からの入力ロジック値です。

バス上の LT3965 スレーブがアラートを送信していないときに、BCMODE 読み出しコマンドが発行された場合、マスタはアクノリッジを受信しません。



## アプリケーション情報

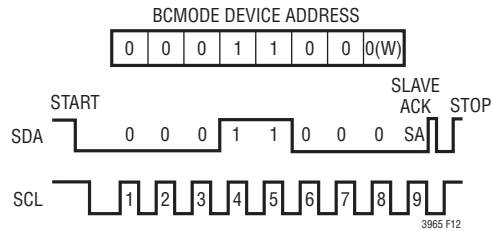


図 12. LT3965 の I<sup>2</sup>C シリアル・ポートの BCMODE 書き込みプロトコル

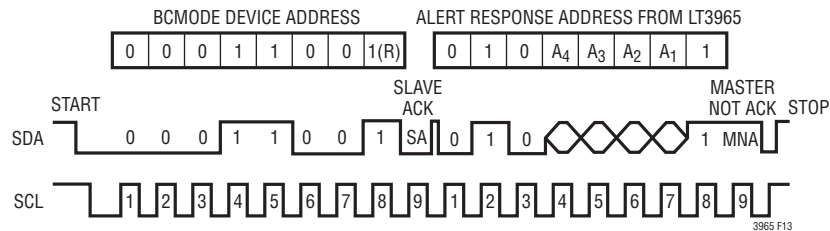


図 13. LT3965 の I<sup>2</sup>C シリアル・ポートの BCMODE 読み出しプロトコル

### アラート応答アドレス (ARA) を使用した LT3965 のアラート応答プロトコル

複数のスレーブが共通の割り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) を使ってどのデバイスが割り込みを開始したのかを判断することができます。マスタは、START 条件と特別な 7 ビット ARA バスアドレス (0001100) とそれに続く読み出しビット (R) = 1 を使用して ARA 手順を開始します。LT3965 がアラート・モードで  $\overline{\text{ALERT}}$  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 (010A4A3A2A1) と 1 を送ることによってアクノリッジと応答を返します。アドレスの送信中、別のデバイスが標準の I<sup>2</sup>C 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。LT3965 が 1 を送っている時に SCL の立ち上がりエッジで SDA ピンから 0 を読み出した場合、LT3965 はより下位のアドレスを持つ別のデバイスが送信を行っているものと見なして直ちに転送を中止し、次の ARA サイクルを待つて再試行を行います。転送が正常に終了すると、LT3965 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 サイクルが  $\overline{\text{ALERT}}$  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フォルト状態ビットはクリアされません。

### LED/過熱フォルト検出および通知

LT3965 は、開放 LED 状態、短絡 LED 状態、および過熱フォルト状態を、 $\overline{\text{ALERT}}$  ピンおよび I<sup>2</sup>C シリアル・インタフェースを介して検出および通知します (詳細は、以下のセクションを参照)。

### 開放 LED フォルト検出およびアラートのアサート

開放 LED フォルトは、チャネルの DRN ピンとチャネルの SRC ピンの間の電圧が 22V (公称) を超えた場合、またはチャネルの DRN ピンとチャネルの SRC ピンの間の電圧が設定された開放 LED しきい値を超えたが、15μs (公称) よりも長い間 22V (公称) 未満だった場合にトリガされます。あるチャネルで開放 LED フォルトがトリガされると、OLFREG 状態レジスタ内のそのチャネルに一致するフォルト状態ビットが設定され、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)、スイッチを保護するためにチャネル・スイッチがオンになり、正常な LED の列の連続性を維持します。シリアル・インタフェースを使用してレジスタを更新することによって、スイッチをオフにすることができ、PWM 調光を再構築できます。

## アプリケーション情報

### 短絡LEDフォルト検出および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、15 $\mu$ s (公称)を超える間、設定された短絡LEDしきい値未満に低下すると、短絡LEDフォルトがトリガされます。あるチャンネルで短絡LEDフォルトがトリガされると、SLFREG状態レジスタ内のそのチャンネルに一致するフォルト状態ビットが設定され、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ます)。ただし、開放LEDフォルトとは異なり、チャンネル・スイッチは設定されたPWM調光を継続します。

### LEDフォルト状態ビットのクリア

開放/短絡LEDフォルトによってOLFREG/SLFREGレジスタに設定されたフォルト状態ビットは、ACMODE書き込みコマンドまたはSCMODE書き込みコマンドでチャンネルにアクセスすることによってのみクリアできます。I<sup>2</sup>CのSTOP条件で書き込みコマンドがコマンド・レジスタを更新しているときに、開放/短絡LEDフォルトが存在しなくなった場合、チャンネルに一致するフォルト状態ビットがクリアされ、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンがデアサートされます。そうでない場合、フォルト状態ビットが設定されたままになり、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンが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。

### 過熱フォルト検出およびアラートのアサート

デバイスの温度が170°Cを超えると、過熱フォルトがトリガされます。過熱フォルトがトリガされると、OLFREGレジスタおよびSLFREGレジスタの両方の全ての状態ビットが設定され、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(LEDがオフ)になり、システムを冷却します。

### 過熱状態ビットのクリア

過熱フォルトによってOLFREGレジスタおよびSLFREGレジスタに設定されたフォルト状態ビットは、データ・バイトを全て1に設定したACMODE書き込みコマンドによってのみクリアできます。I<sup>2</sup>CのSTOP条件でACMODE書き込みコマンドがACMODEレジスタを更新しているときにデバイスの温度が160°Cを下回った場合、フォルト状態ビットがクリアされ、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンがデアサートされます。そうでない場合、フォルト状態ビットが設定されたままになり、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンが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

LT3965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) LT3965が、マスタによって開始されたARA手順を正常に完了した。正常に完了されたARA手順がフォルト状態ビットをクリアしないことに注意してください。 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンのみがデアサートされます。
- 2) LT3965がACMODE書き込みコマンドまたはSCMODE書き込みコマンドを受信し、これによってフォルト状態ビットがクリアされ、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンがデアサートされた。

### 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には、以下のチェックリストに従ってLT3965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(ピン29)は面積が大きいグラウンド・プレーンに直接接続し、熱的および電氣的インピーダンスを最小限に抑えます。
2. LED接続トレースを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、RTCLK抵抗をデバイスにできるだけ近づけて配置します。

### LT3965とLEDの間の長い導線またはケーブル

LT3965およびLT3965が制御するLEDを同じプリント回路基板上に配置し、LED接続トレースをできるだけ短くすることを推奨します。LT3965とLEDの間の長い導線(10cmを大きく超える)は、チャンネルがオン/オフする際のスイッチング電圧での減衰の小さなRLC応答(リングング)につながる寄生インダクタンスを発生させます。1メートルの30ゲージ・ワイヤは、約1 $\mu$ Hの寄生インダクタンスを発生させる可能性があります。リングングは、開放LEDの誤検出によって開放LED保護をトリガし、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、リングングが絶対最大定格を超えて、デバイスを損傷させるおそれがあります。寄生インダクタンスは、スイッチング・レギュレータの周波数でのスイッチで、ステップ電圧波形(GNDを基準にする)も発生させます。このステップ波形の大きさは、信号源の電流リップルおよび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



## アプリケーション情報

は、LT3965のスイッチの意図しない切り替えを引き起こす可能性があります。

RC スナバ回路(図14に示す)は、リングングを抑制することができ、最大1メートルの導線を、フォルトの誤検出を生じずに使用可能にします。このスナバは、デバイスに近づけて配置してください。8LED列には9つのスナバが必要であることに注意してください。8つのスイッチそれぞれの間に1つのスナバを接続し、8スイッチ全体の両端に1つのスナバ(R9、C9)を接続します。9番目のスナバ(R9、C9)は、ステップ波形のエッジを緩やかにします。スナバを接続すると、LT3965は、0.5Aが流れる1メートルのリボン・ケーブル(合計9本の導線)を介して、フォルトを誤検出することなくLEDを制御できます。ここで示したスナバの値は、ほとんどのアプリケーションに適しています。

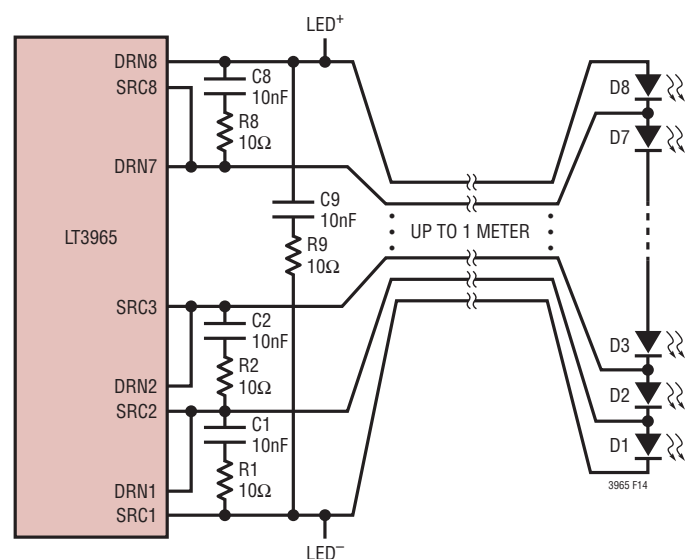


図14. 長い導線を使用するアプリケーションでのRCスナバ

## LT3965を保護するためのショットキ・クランプ・ダイオード

絶対最大定格  $V_{IN} - SRC \geq -0.3V$  が満たされることを保証するには、ショットキ・クランプ・ダイオード(図15に示されたD1)を、LED列の上部(LED<sup>+</sup>ノード)からV<sub>IN</sub>ピンに接続する必要があります。

LED列の下部(LED<sup>-</sup>ノード)での電圧が0Vを下回る場合のある昇降圧構成では、ショットキ・クランプ・ダイオード(図15に示されたD2)をデバイスのグランドからLED<sup>-</sup>ノードに接続して、 $SRC \geq -0.3V$ を維持する必要があります。

30cmよりも長い導線を使用するアプリケーションでは、チャネルのDRN-SRC間で-0.3Vの絶対最大定格を超えるリングングを引き起こす開放LEDまたは短絡LEDが生じる可能性があります。ショットキ・クランプ・ダイオード(図15に示されたD3~D10)を、デバイスに近づけてチャネルの各ピン間に配置することで、LT3965を保護できます。

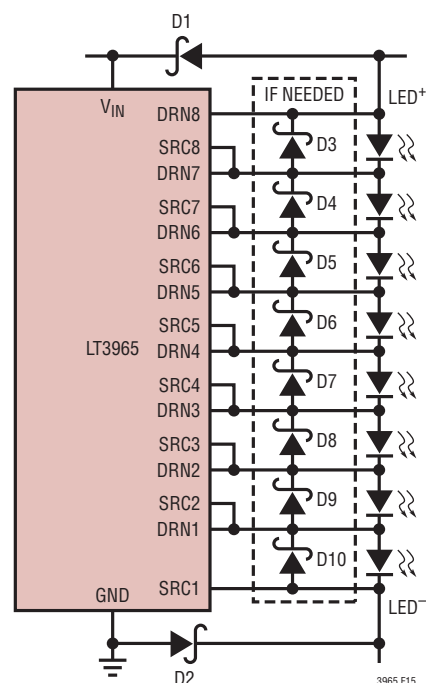


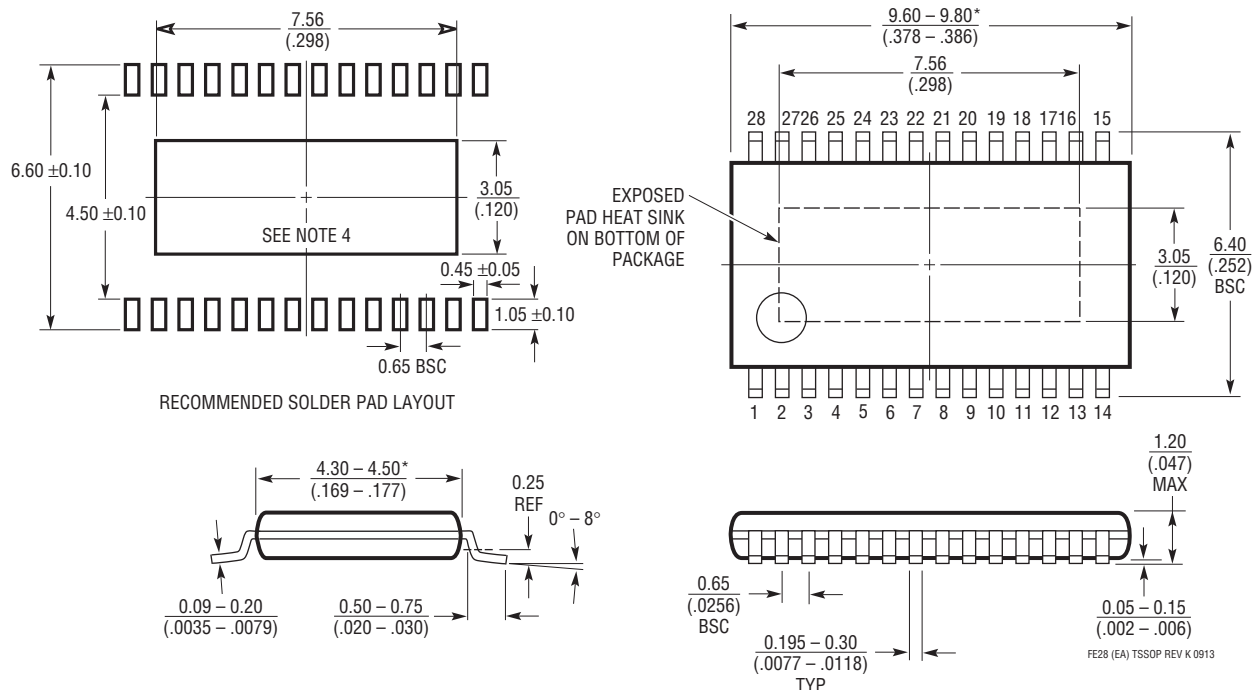
図15. LT3965を保護するためのクランプ・ダイオード



## パッケージの寸法

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LT3965#packaging> を参照してください。

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



注記：

1. 標準寸法：ミリメートル
2. 寸法は ミリメートル (インチ)
3. 図は実寸とは異なる

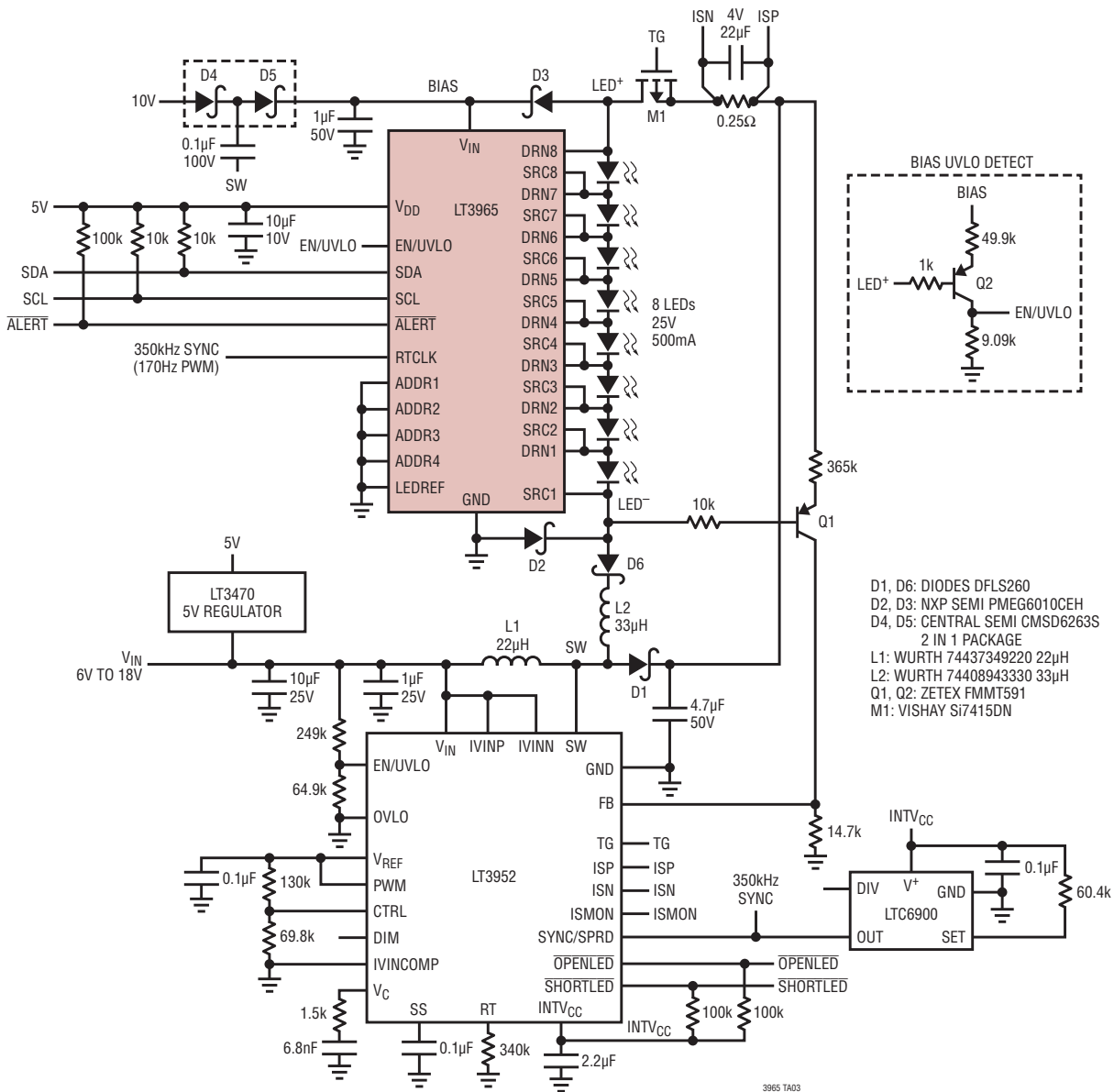
4. 露出パッド接着のための推奨最小 PCB メタルサイズ

\* 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") を超えないこと

## 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ックスLED調光器



## 関連製品

製品番号	DESCRIPTION	注釈
LT3795	3000:1のPWM調光機能を備えるスペクトラム拡散周波数変調回路付き高電位側110V、1MHz LEDドライバ	V <sub>IN</sub> :4.5V~110V、V <sub>OUT(MAX)</sub> =110V、3000:1のPWM調光、20:1のアナログ調光、I <sub>SD</sub> <1μA、TSSOP-28Eパッケージ
LT3952	4000:1のPWM調光機能を備えるスペクトラム拡散回路付き60V、4A LEDドライバ	V <sub>IN</sub> :3V~42V、V <sub>OUT(MAX)</sub> =60V、4000:1のPWM調光、20:1のアナログ調光、I <sub>SD</sub> <1μA、TSSOP-28Eパッケージ
LT3797	3000:1のPWM調光機能を備えたトリプル出力LEDドライバ・コントローラ	V <sub>IN</sub> :2.5V~90V、V <sub>OUT(MAX)</sub> =100V、3000:1のPWM調光、20:1のアナログ調光、I <sub>SD</sub> <1μA、7mm×8mm QFN-52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 <sub>IN</sub> :6V~100V、V <sub>OUT</sub> :5V~100V、3000:1のPWM調光、20:1のアナログ調光、I <sub>SD</sub> <1μA、3mm×3mm QFN-16およびMSOP-16Eパッケージ

3965f