

# LM27965

*LM27965 Dual Display White LED Driver with I2C Compatible Brightness Control*



Literature Number: JAJSAF0

## LM27965

### I<sup>2</sup>C 互換輝度制御付きデュアル・ディスプレイ用白色 LEDドライバ・システム

#### 概要

LM27965 は高集積度のチャージ・ポンプをベースにしたデュアル・ディスプレイ用 LEDドライバです。本デバイスは、並列接続した最大 9 個の LED を合計出力電流 180mA で駆動できます。内部でレギュレートされた電流シンク回路により、すべての LED で電流と輝度の優れたマッチング特性を実現します。

LED ドライバの電流シンク回路は、独立に制御される 3 つのグループに分割されます。第 1 のグループは 4 個または 5 個の LED で構成可能で、大きなメイン・ディスプレイのバックライトに使用します。第 2 のグループは 2 個または 3 個の LED で構成し、小さな 2 つめのディスプレイのバックライトに使用します。その他、表示器や汎用 LED の駆動用として独立に制御される LEDドライバも用意されています。LM27965 には、各グループの輝度をユーザーが独立に制御できる I<sup>2</sup>C 互換インタフェースがあります。

本デバイスはゲイン 1.5 またはバイパス・モードのチャージ・ポンプ動作によって優れた効率を達成し、インダクタは必要ありません。LED 順方向電圧に応じて電流レギュレーションを維持するゲインが適切に選択されるため、全入力電圧範囲で高い効率が得られます。

LM27965 は、ナショナル セミコンダクターの 24 ピン小型リードレス・リードフレーム・パッケージ LLP-24 で供給されます。

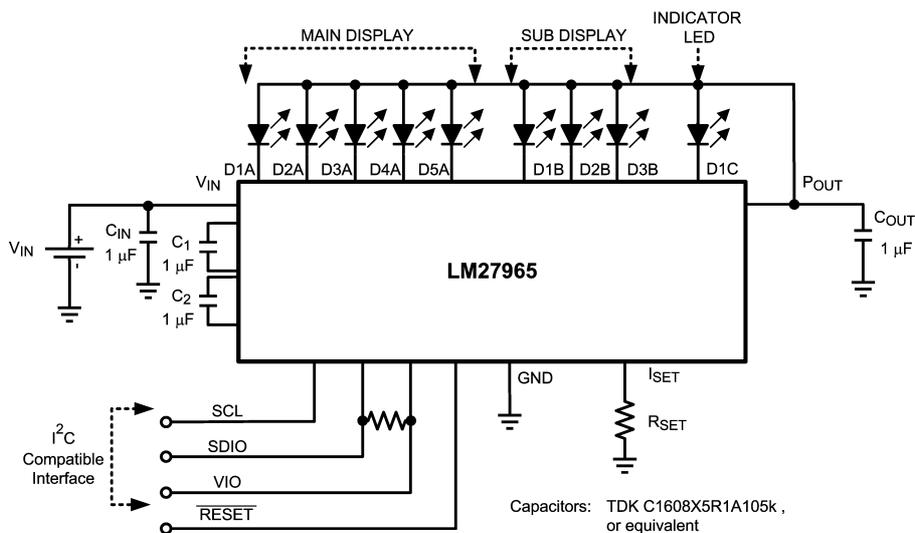
#### 特長

- ピーク LED 駆動効率 91%
- インダクタ不要
- 同一グループ内の各 LED 電流のバラツキ 0.3%
- 各 LED を最大 30mA で駆動
- 合計駆動電流 180mA
- I<sup>2</sup>C 互換輝度制御インタフェース
- ゲイン 1 倍 / 1.5 倍のアダプティブなチャージ・ポンプ
- 電流は抵抗で設定可能
- 外部チップ RESET ピン
- Li イオン電池の広入力電圧範囲：2.7V ~ 5.5V
- 高さの低い小型業界規格リードレス・パッケージ LLP 24：(4mm × 4mm × 0.8mm)
- 総実装面積 25mm<sup>2</sup>
- 2 種類の I<sup>2</sup>C 互換チップ・アドレスから選択可能：0x36 (LM27965SQ) / 0x38 (LM27965SQ-M)

#### アプリケーション

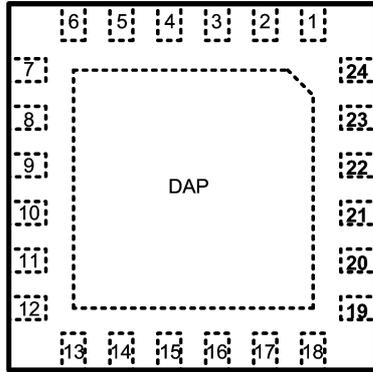
- 携帯電話表示部の照明
- PDA のバックライト
- 一般的な LED 照明

#### 代表的なアプリケーション回路

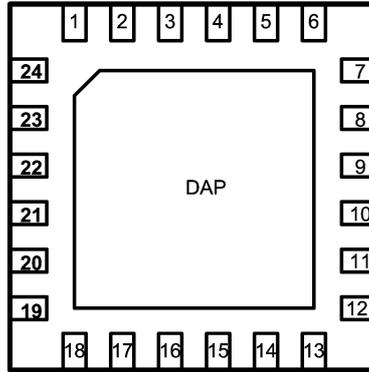


## ピン配置図

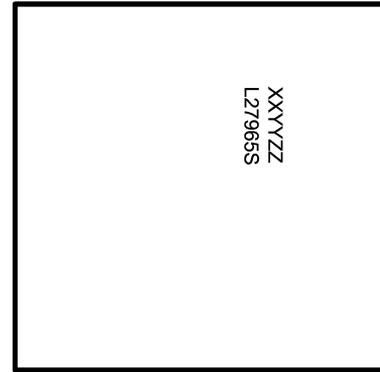
### 24 Pin Quad LLP Package NS Package Number SQA24A



Top View



Bottom View

Package Marking  
Top View

Note: 実際のパッケージ上のマーキング位置は製品によって異なります。XXは組立工場コードです。  
YYはNSC内部のデットコードで製造日を示し、ZZはダイのトレーサビリティのためのロット・コードです。  
"L27965S"でデバイスを特定できます(製品番号、オプションなど)。

## ピン説明

ピン番号	ピン名	ピン説明
24	V <sub>IN</sub>	入力電圧。入力電圧範囲は、2.7V ~ 5.5V です。
23	P <sub>OUT</sub>	チャージ・ポンプ出力電圧
19, 22 (C1) 20, 21 (C2)	C1、C2	フライング・コンデンサ接続ピン
12, 13, 14, 15, 16	D5A、D4A、D3A、 D2A、D1A	LEDドライバ - グループ A
4, 5, 6	D1B、D2B、D3B	LEDドライバ - グループ B
3	D1C	LEDドライバ - インジケータ LED
17	I <sub>SET</sub>	このピンとGNDの間に接続した抵抗 (R <sub>SET</sub> ) により、DxA、DxB、D1CのLEDのフルスケール LED 電流が決まります。 フルスケール LED 電流 = $200 \times (1.25V \div R_{SET})$
1	SCL	シリアル・クロック・ピン
2	SDIO	シリアル・データ入出力ピン
7	VIO	シリアル・バス電圧レベル・ピン
10	RESET	ハードウェア・リセット・ピン。High = 通常動作、Low = RESET。
9, 18, DAP	GND	グラウンド
8, 11	NC	未接続

## 製品情報

Order Information	I <sup>2</sup> C Compatible Chip Address	Package	Supplied As
LM27965SQ	0x36	SQA24 LLP	1000 Units, Tape & Reel
LM27965SQX	0x36		4500 Units, Tape & Reel
LM27965SQ-M	0x38		1000 Units, Tape & Reel
LM27965SQX-M	0x38		4500 Units, Tape & Reel

## 絶対最大定格 (Note 1、2)

本データシートには軍用・航空宇宙用の規格は記載されていません。  
関連する電気的信頼性試験方法の規格を参照ください。

$V_{IN}$ ピン電圧	- 0.3V ~ 6.0V
SCL、SDIO、VIO、 RESET ピン電圧	- 0.3V ~ ( $V_{IN} + 0.3V$ ) ただし、最大値は 6.0V
$I_{Dxx}$ ピン電圧	- 0.3V ~ ( $V_{POUT} + 0.3V$ ) ただし、最大値は 6.0V
連続消費電力 (Note 3)	内部制限
接合部温度 ( $T_{J-MAX}$ )	150
保存温度範囲	- 65 ~ + 150
最大リード温度 (ハンダ付け)	(Note 4)
ESD 耐圧 (Note 5) 人体モデル	2.0kV

## 動作定格 (Note 1、2)

入力電圧範囲	2.7V ~ 5.5V
LED 電圧範囲	2.0V ~ 4.0V
接合部温度 ( $T_J$ ) 範囲	- 30 ~ + 100
周囲温度 ( $T_A$ ) 範囲 (Note 6)	- 30 ~ + 85

## 放熱特性

接合部周囲間熱抵抗 ( $J_A$ )、 SQA24A パッケージ (Note 7)	41.3 /W
---	---------

## ESD に関する注意

ナショナル セミコンダクターは、集積回路を取り扱う際には常に静電気放電 (ESD) に対して適切な注意を払うことを推奨します。正しい ESD 対策をとらないと、デバイスを破損するおそれがあります。

## 電気的特性 (Note 2、8)

標準書体のリミット値は  $T_J = 25$  に対して適用され、太字のリミット値は全動作温度範囲で適用されます。特記のない限り、以下の規格値は  $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{RESET} = V_{IN}$ 、 $V_{IO} = 1.8V$ 、 $V_{DxA} = V_{DxB} = V_{DxC} = 0.4V$ 、 $R_{SET} = 12.7k$ 、バンク A = バンク B = バンク C = フルスケール電流、ENA/ENB/ENC/EN5A/EN3B ビット = "1"、 $C_1 = C_2 = C_{IN} = C_{OUT} = 1.0\mu F$ 、出力電流と電流設定ピンに関する仕様 ( $I_{Dxx}$ 、 $I_{SET}$ ) はバンク A とバンク B に適用されます。(Note 9)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
$I_{Dxx}$	Output Current Regulation BankA or BankB Enabled	$3.0V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ ENA = '1' or ENB = '1' and ENC = '0'	<b>18.2</b> (-9.5%)	20.1	<b>22.0</b> (+9.5%)	mA (%)
	Output Current Regulation BankC Enabled	$3.0V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ ENC = '1' and ENA = ENB = '0'	<b>19.2</b> (-7.7%)	20.8	<b>22.4</b> (+7.7%)	mA (%)
	Maximum Diode Current per Dxx Output (Note 10)	$R_{SET} = 8.33k\Omega$		30		mA
	Output Current Regulation BankA, BankB, and BankC Enabled (Note 10)	$3.2V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ $V_{LED} = 3.6V$		20 DxA 20 DxB 20 DxC		mA
$I_{Dxx-MATCH}$	LED Current Matching (Note 11)	$3.0V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ BankA		0.3	<b>1.7</b>	%
		BankB		0.3	<b>1.4</b>	
$R_{OUT}$	Open-Loop Charge Pump Output Resistance	Gain = 3/2		2.75		$\Omega$
		Gain = 1		1		
$V_{DxTH}$	$V_{Dxx}$ 1x to 3/2x Gain Transition Threshold	$V_{DxA}$ and/or $V_{DxB}$ Falling $R_{SET} = 16.9k\Omega$		175		mV
$V_{HR}$	Current sink Headroom Voltage Requirement (Note 12)	$I_{Dxx} = 95\% \times I_{Dxx} (nom.)$ ( $I_{Dxx} (nom.) \approx 15mA$ ) $R_{SET} = 16.9k\Omega$		110		mV
$I_Q$	Quiescent Supply Current	Gain = 1.5x, No Load		2.90	<b>3.32</b>	mA
$I_{SD}$	Shutdown Supply Current	All ENx bits = "0"		3.4	<b>5.4</b>	$\mu A$
$V_{SET}$	$I_{SET}$ Pin Voltage	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$		1.25		V
$I_{DxA-B-C} / I_{SET}$	Output Current to Current Set Ratio BankA, BankB, BankC			200		
$f_{SW}$	Switching Frequency		<b>0.89</b>	1.27	<b>1.57</b>	MHz
$t_{START}$	Start-up Time	$P_{OUT} = 90\%$ steady state		250		$\mu s$
$f_{PWM}$	Internal Diode Current PWM Frequency			20		kHz

## 電氣的特性 (Note 2, 8)( つづき)

標準書体のリミット値は  $T_J = 25$  に対して適用され、太字のリミット値は全動作温度範囲で適用されます。特記のない限り、以下の規格値は  $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{RESET} = V_{IN}$ 、 $V_{IO} = 1.8V$ 、 $V_{DxA} = V_{DxB} = V_{DxC} = 0.4V$ 、 $R_{SET} = 12.7k$ 、バンク A = バンク B = バンク C = フルスケール電流、ENA/ENB/ENC/EN5A/EN3B ビット = "1"、 $C_1 = C_2 = C_{IN} = C_{OUT} = 1.0\mu F$ 、出力電流と電流設定ピンに関する仕様 ( $I_{DXX}$ 、 $I_{SET}$ ) はバンク A とバンク B に適用されます。(Note 9)

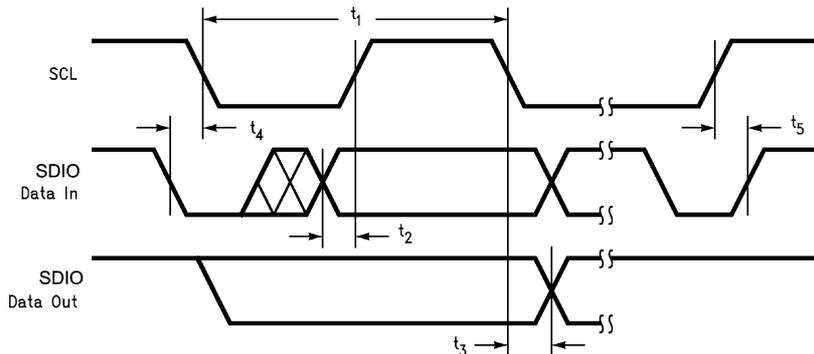
Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units	
$V_{RESET}$	Reset Voltage Thresholds	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$	Reset	<b>0</b>		<b>0.45</b>	V
			Normal Operation	<b>1.2</b>		$V_{IN}$	

**I<sup>2</sup>C Compatible Interface Voltage Specifications (SCL, SDIO, VIO)**

$V_{IO}$	Serial Bus Voltage Level	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ (Note 13)	<b>1.4</b>		$V_{IN}$	V
$V_{IL}$	Input Logic Low "0"	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ , $V_{IO} = 3.0V$	<b>0</b>		$0.3 \times V_{IO}$	V
$V_{IH}$	Input Logic High "1"	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ , $V_{IO} = 3.0V$	$0.7 \times V_{IO}$		$V_{IO}$	V
$V_{OL}$	Output Logic Low "0"	$I_{LOAD} = 3mA$			<b>400</b>	mV

**I<sup>2</sup>C Compatible Interface Timing Specifications (SCL, SDIO, VIO)(Note 14)**

$t_1$	SCL (Clock Period)		<b>2.5</b>			$\mu s$
$t_2$	Data In Setup Time to SCL High		<b>100</b>			ns
$t_3$	Data Out stable After SCL Low		<b>0</b>			ns
$t_4$	SDIO Low Setup Time to SCL Low (Start)		<b>100</b>			ns
$t_5$	SDIO High Hold Time After SCL High (Stop)		<b>100</b>			ns



**Note 1:** 絶対最大定格とは、これを超えるとデバイスに損傷を与える可能性のあるリミット値を示します。動作定格とは、その値以下であれば動作が保証されている各種条件のことです。動作定格とは、デバイスが正常に動作する条件をいいますが、特定の性能リミット値を保証するものではありません。保証性能のリミット値およびそれに関連する試験条件については、「電氣的特性」の表を参照してください。

**Note 2:** 電圧値はすべて、GND ピンの電位を基準とします。

**Note 3:** サーマル・シャットダウン回路によりデバイスの損傷を防ぎます。  $T_J = 170$  (代表値) でサーマル・シャットダウン状態に入り、 $T_J = 165$  (代表値) で解除されます。

**Note 4:** ハング付けの仕様と詳細については、ナショナル セミコンダクターのアプリケーション・ノート「リードレス・リードフレーム・パッケージ (AN-1187)」を参照してください。

**Note 5:** 使用したテスト回路は人体モデルに基づき、100pF のコンデンサから直列抵抗 1.5k を通して各ピンに放電させます。(MIL-STD-883 3015.7)

**Note 6:** 消費電力が大きなアプリケーションか、パッケージの熱抵抗が大きいアプリケーション、またはその両方に該当する場合、最高周囲温度のデレーティングが必要となる場合があります。最高周囲温度 ( $T_{A-MAX}$ ) は、最高動作接合部温度 ( $T_{J-MAX-OP} = 100$ )、アプリケーション回路でのデバイスの最大消費電力、アプリケーション回路でのデバイス/パッケージの接合部周囲温度間熱抵抗に依存し、式  $T_{A-MAX} = T_{J-MAX-OP} - (J_A \times P_{D-MAX})$  により求められます。

**Note 7:** 接合部周囲温度間熱抵抗は、アプリケーション回路と基板レイアウトに大きく依存します。最大消費電力の大きいアプリケーション回路では、基板設計時に熱放散の問題に特別な注意を払う必要があります。詳細については、ナショナル セミコンダクターのアプリケーション・ノート「リードレス・リードフレーム・パッケージ (AN-1187)」を参照してください。

**Note 8:** Min/Max リミット値は、設計、検査、統計的解析により保証されています。代表値は保証されていませんが、最も標準的と考えられる値を表しています。

**Note 9:**  $C_{IN}$ 、 $C_{POUT}$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ : 電氣的特性の設定時には、低 ESR の面実装セラミック・コンデンサ (MLCC) を使用しています。

## 電気的特性 (Note 2、8)( つづき)

**Note 10:** LM27965 の最大合計出力電流は 180mA までに制限されています。合計出力電流は 3 つのバンクの間で分割できます ( $I_{DxA} = I_{DxB} = I_{DxC} =$  最大 30mA)。最大出力電流時には、電流レギュレーションを適切に保つために入力電圧と LED 順方向電圧に特別な注意を払う必要があります。詳細についてはデータシートの「最大出力電流」を参照してください。

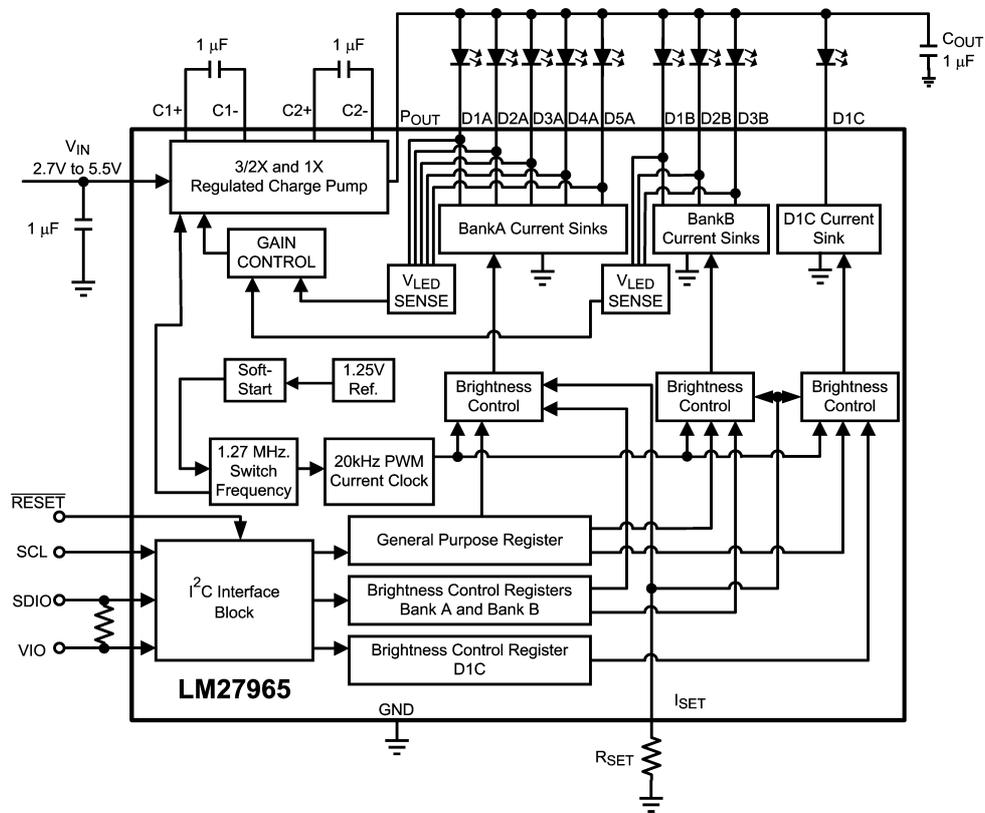
**Note 11:** バンク A とバンク B の 2 つの電流シンク・グループでは、グループ内の最大シンク電流 (MAX)、グループ内の最小シンク電流 (MIN)、グループの平均シンク電流 (AVG) を求めます。各グループについて、 $(MAX-AVG)/AVG$  と  $(AVG-MIN)/AVG$  の 2 つのマッチング値が算出されます。2 つの値のうち大きいほうの値 (ワーストケース) をバンクのマッチング値とみなします。記載されている代表的仕様は、すべてのデバイスに対するマッチング値の最も標準的と考えられる値です。

**Note 12:** 各  $D_{xx}$  ピンのヘッドルーム電圧はそのピンに接続されている内部電流シンク両端間の電圧です。グループ A、B、C の電流シンクでは  $V_{HRx} = V_{OUT} - V_{LED}$  です。ヘッドルーム電圧要件が満たされない場合、LED 電流レギュレーションが低下します。

**Note 13:** SCL 信号と SDIO 信号は、最小 VIO 電圧試験の VIO と GND を基準とします。

**Note 14:** SCL と SDIO は、適切な輝度制御を実現するためにグリッチがあってはなりません。

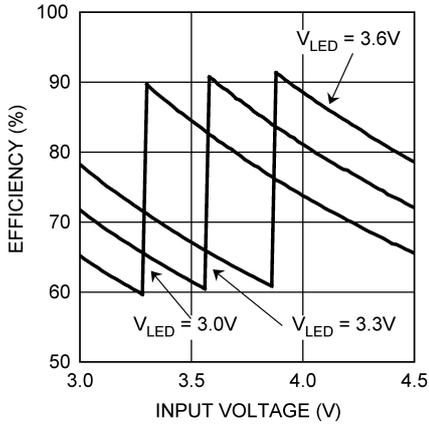
## ブロック図



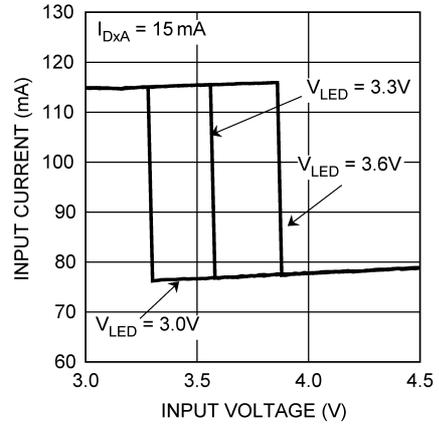
代表的な性能特性

特記のない限り、以下の規格値は  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 3.6\text{V}$ 、 $V_{\text{RESET}} = V_{IN}$ 、 $V_{\text{LEDxA}} = V_{\text{LEDxB}} = V_{\text{LED1C}} = 3.6\text{V}$ 、 $R_{\text{SET}} = 16.9\text{k}\Omega$ 、 $C_1 = C_2 = C_{IN} = C_{\text{POUT}} = 1\mu\text{F}$ 、 $\text{ENA} = \text{ENB} = \text{ENC} = \text{EN5A} = \text{EN3B} = "1"$ 。

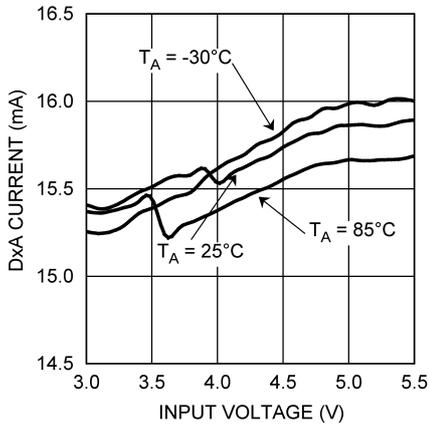
LED Drive Efficiency vs Input Voltage



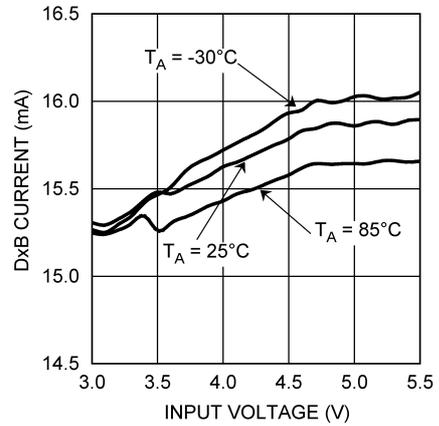
Input Current vs Input Voltage



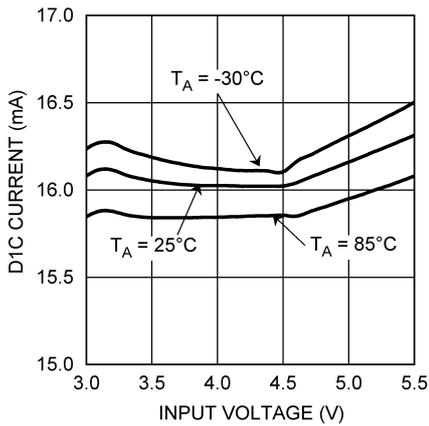
BankA Current Regulation vs Input Voltage



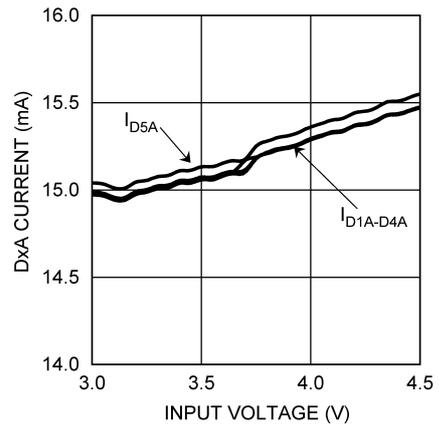
BankB Current Regulation vs Input Voltage



BankC Current Regulation vs Input Voltage



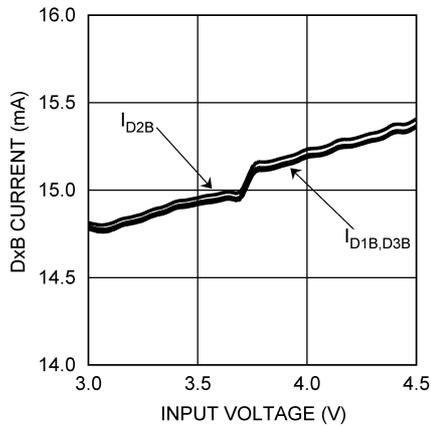
BankA Current Matching vs Input Voltage



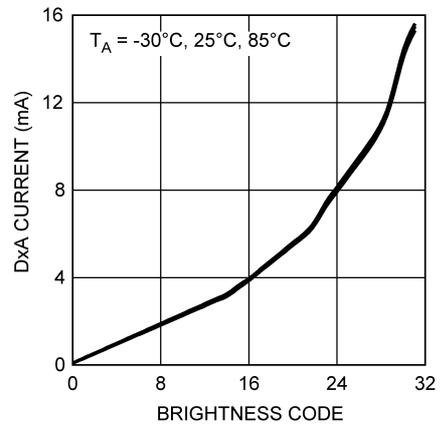
代表的な性能特性 (つづき)

特記のない限り、以下の規格値は  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 3.6\text{V}$ 、 $V_{\overline{\text{RESET}}} = V_{IN}$ 、 $V_{\text{LEDxA}} = V_{\text{LEDxB}} = V_{\text{LEDxC}} = 3.6\text{V}$ 、 $R_{\text{SET}} = 16.9\text{k}\Omega$ 、 $C_1 = C_2 = C_{IN} = C_{POUT} = 1\mu\text{F}$ 、 $\text{ENA} = \text{ENB} = \text{ENC} = \text{EN5A} = \text{EN3B} = "1"$ 。

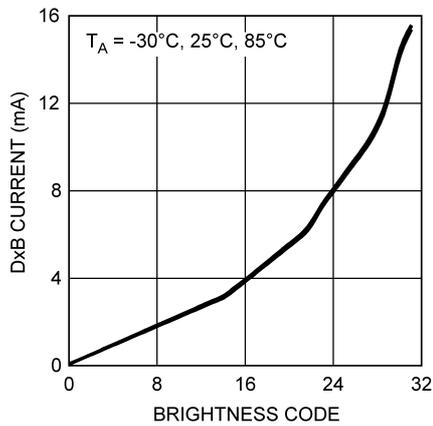
**BankB Current Matching vs Input Voltage**



**BankA Diode Current vs Brightness Register Code**



**BankB Diode Current vs Brightness Register Code**



## 回路説明

### 概要

LM27965 は、最大 180mA の合計出力電流を供給できる 1.5 倍 / 1 倍のアダプティブな CMOS チャージポンプをベースとした白色 LED ドライバ・システムです。LM27965 は定電流シンクが別々に制御されるバンクを 3 つ備えているため、メイン・ディスプレイ、サブ・ディスプレイ、インジケータの照明を 1 個の白色 LED ドライバで構成するプラットフォームには理想的なソリューションです。各電流シンクのマッチングが優れているため、各 LED は小型ディスプレイ全体で均一な輝度を実現します。

各 LED はコモン・アノード型で構成され、ピーク駆動電流は外付け  $R_{SET}$  抵抗を使用して設定されます。I<sup>2</sup>C 互換インタフェースは、デバイスのイネーブルと個々の電流シンク・バンク内で輝度を変えるために使われます。バンク A とバンク B については、32 段階の輝度制御が可能です。輝度はアナログ方式とパルス幅変調 (PWM) 方式の両方をミックスして調整可能です。バンク C ではアナログ方式により輝度を 4 段階で調整可能です。

### 回路部品

#### チャージ・ポンプ

1.5 倍 / 1 倍のチャージ・ポンプの入力には  $V_{IN}$  が接続され、レギュレートされたチャージ・ポンプ出力は  $V_{OUT}$  ピンから出力されます。LM27965 の推奨入力電圧範囲は 3.0V ~ 5.5V です。デバイスのレギュレートをを行うチャージ・ポンプは、開ループと閉ループの両方のモードで動作します。デバイスを開ループ・モードで動作させた場合、 $V_{OUT}$  の電圧はゲインに入力電圧を乗じた値になります。デバイスを閉ループ・モードで動作させた場合は、 $V_{OUT}$  の電圧はレギュレートされた 4.6V (代表値) になります。チャージ・ポンプのゲインは、LED 順方向電圧と負荷に基づいて、レギュレーションを維持するために自動的に切り替えられます。

#### LED 順方向電圧モニタリング

LM27965 では、LED の順方向電圧に基づいてコンバータのゲイン (1 倍または 1.5 倍) をスイッチします。ゲインの切り替えによって、所定の負荷に対する効率を最大にします。順方向電圧のモニタリングはバンク A とバンク B 内のすべてのダイオード・ピンで行われます。入力電圧が大きいとき、LM27965 はバイパス・モードで動作するので、 $P_{OUT}$  電圧は入力電圧に追従します。

入力電圧が低下すると、DXX ピンの電圧も下がります ( $V_{DXX} = V_{POUT} - V_{LEDx}$ )。アクティブな Dxx ピンのいずれかが約 175mV に達すると、チャージ・ポンプのゲインが 1.5 に切り替わります。このスイッチオーバーにより、電流シンク両端間のヘッドルームが不足することによる LED 電流のピンチオフは起こりません。

監視されるのはアクティブな Dxx ピンだけです。例えば、バンク A のみがイネーブルされている場合、バンク B の LED はゲインの遷移点に影響しません。両方のバンクがイネーブルされている場合はすべてのダイオードが監視され、ゲインの遷移は順方向電圧が最大のダイオードによって決まります。ダイオード・ピン D5A および D3B は、それらのドライバを使用しない場合、汎用レジスタによってダイオード・センシング回路をディスエーブルできます。

バンク C (D1C) は監視対象の LED 電流シンクではありません。

#### RESET ピン

LM27965 には I<sup>2</sup>C 書き込みコマンドがなくても、外部コントローラによってデバイスをディスエーブルにできるハードウェア・リセット・ピン (RESET) があります。通常の動作状態では、むやみにリセットされないよう RESET ピンを High (ロジック "1") に設定します。RESET が Low (ロジック "0") に駆動されると、すべての内部制御レジスタがデフォルト状態にリセットされ、デバイスもディスエーブル

されます。必要な電圧スレッシュホールドについては、「電気的特性」を参照してください。

### I<sup>2</sup>C 互換インタフェース

#### データの妥当性

SDIO ラインのデータは、クロック信号 (SCL) が High になっている間は安定していなければなりません。つまり、データ・ラインの状態は CLK が Low のときだけ変わることができます。

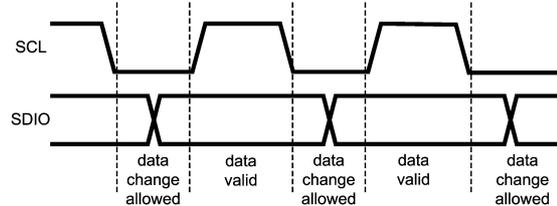


FIGURE 1. Data Validity Diagram

SDIO の  $V_{OL}$  要件を満たすためには、VIO と SDIO の間のプルアップ抵抗が  $(VIO - V_{OL}) / 3mA$  より先大きくなければなりません。プルアップ抵抗が大きいとスイッチング電流は小さく緩やかなエッジとなり、プルアップ抵抗が小さいとスイッチング電流は大きく急速なエッジになります。

#### START 状態と STOP 状態

START/STOP 状態は I<sup>2</sup>C セッションの開始と終了を区別します。START 状態は SCL ラインが High のときに、SDIO 信号が High から Low へ遷移すると定義されます。STOP 状態は SCL が High のときに、SDIO が Low から High へと遷移すると定義されます。常に I<sup>2</sup>C のマスタが START/STOP 状態を生成します。I<sup>2</sup>C のバスは、START 状態になってからはビジー、STOP 状態になってからはフリーとみなされます。データ転送中、I<sup>2</sup>C のマスタは START 状態の生成を繰り返されます。最初の START 状態と繰り返される START 状態は、機能的には同じです。

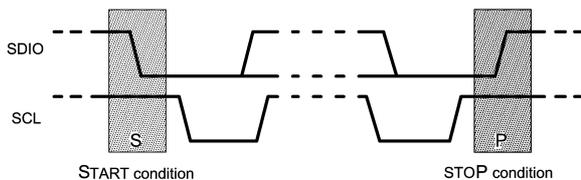


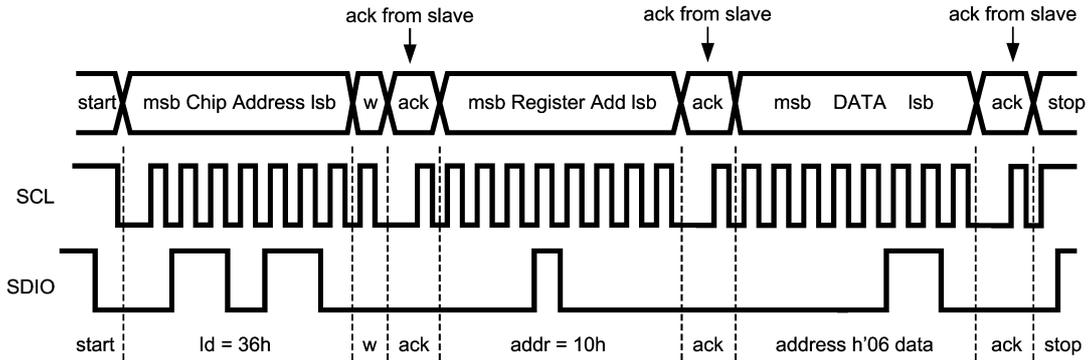
FIGURE 2. Start and Stop Conditions

#### データ転送

SDIO ラインに送られる各バイトは長さが 8 ビットで、最上位ビット (MSB) が最初に転送されます。データの各バイトの後に ack ビットが続きます。ack ビットに関するクロック・パルスは、マスタによって生成されます。ack クロック・パルスの間、マスタは SDIO ラインを解放します (High)。LM27965 は 9 回目のクロック・パルスのときに SDIO ラインをプルダウンして ack を知らせます。LM27965 は 1 バイトを受信するたびに ack を生成します。

START 状態の後、I<sup>2</sup>C のマスタはチップ・アドレスを送信します。このアドレスは長さが 7 ビットで、最後にデータ方向ビット (R/W) である 8 番目のビットが追加されます。LM27965 のアドレスは 36h (LM27965-M は 38h) です。8 番目のビットが "0" のときは WRITE を、"1" のときは READ を表します。2 番目のバイトは、データの書き込み先となるレジスタを選択します。3 番目のバイトには、選択したレジスタに書き込むデータが含まれています。

回路説明 (つづき)

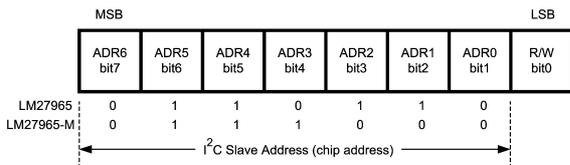


**FIGURE 3. Write Cycle**  
**w = write (SDIO = "0")**  
**r = read (SDIO = "1")**  
**ack = acknowledge (SDIO pulled down by either master or slave)**  
**id = chip address, 36h for LM27965 or 38h for LM27965-M**

I<sup>2</sup>C 互換チップ・アドレス

LM27965 のチップ・アドレスは、0110110 または 36h です。  
 LM27965-M のチップ・アドレスは、0111000 または 38h です。

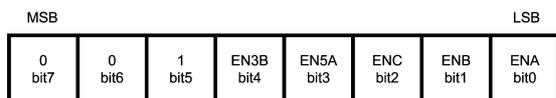
**NOTE:** ENA: DxA LED ドライバ (メイン・ディスプレイ) をイネーブルします  
 ENB: DxB LED ドライバ (補助照明) をイネーブルします  
 ENC: D1C LED ドライバ (インジケータ照明) をイネーブルします  
 EN5A: D5A LED 電圧センスをイネーブルします  
 EN3B: D3B LED ドライバおよび電圧センスをイネーブルします



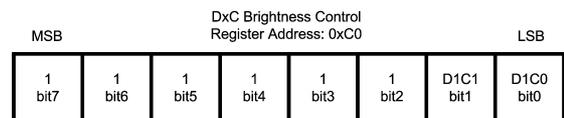
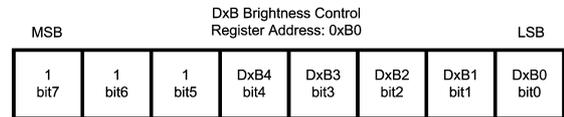
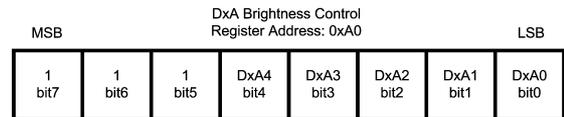
**FIGURE 4. Chip Address**

LM27965 の内部レジスタ

Register	Internal Hex Address	Power On Value
General Purpose Register	10h	0010 0000
Bank A Brightness Control Register	A0h	1110 0000
Bank B Brightness Control Register	B0h	1110 0000
Bank C Brightness Control Register	C0h	1111 1100



**FIGURE 5. General Purpose Register Description**  
**Internal Hex Address: 10h**



**FIGURE 6. Brightness Control Register Description**  
**Internal Hex Address: 0xA0 (BankA), 0xB0 (BankB), 0xC0 (BankC)**

**NOTE:** DxA4-DxA0: DxA ピン (バンク A) の輝度を設定します。11111 = フルスケール  
 DxB4-DxB0: DxB ピン (バンク B) の輝度を設定します。11111 = フルスケール  
 ビット 7 ~ ビット 5: 使用せず  
 DxC1-DxC0: DxC ピンの輝度を設定します。11 = フルスケール  
 ビット 7 ~ ビット 2: 使用せず  
 フルスケール電流は次式により外部から設定します。  
 $I_{Dxx} = 200 \times 1.25V / R_{SET}$

## 回路説明 (つづき)

## 「輝度レベル制御」表 (バンク A とバンク B)

Brightness Code (hex)	Analog Current (% of Full-Scale)	Duty Cycle (%)	Perceived Brightness Level (%)
00	20	1/16	1.25
01	20	2/16	2.5
02	20	3/16	3.75
03	20	4/16	5
04	20	5/16	6.25
05	20	6/16	7.5
06	20	7/16	8.75
07	20	8/16	10
08	20	9/16	11.25
09	20	10/16	12.5
0A	20	11/16	13.75
0B	20	12/16	15
0C	20	13/16	16.25
0D	20	14/16	17.5
0E	20	15/16	18.75
0F	20	16/16	20
10	40	10/16	25
11	40	11/16	27.5
12	40	12/16	30
13	40	13/16	32.5
14	40	14/16	35
15	40	15/16	37.5
16	40	16/16	40
17	70	11/16	48.125
18	70	12/16	52.5
19	70	13/16	56.875
1A	70	14/16	61.25
1B	70	15/16	65.625
1C	70	16/16	70
1D	100	13/16	81.25
1E	100	15/16	93.75
1F	100	16/16	100

バンク C の輝度レベル (フルスケールに対する割合) = 20%、40%、70%、100%

## アプリケーション情報

## LED 電流の設定

DxA と DxB に接続された LED を流れる電流は、適切な大きさの抵抗 ( $R_{SET}$ ) を LM27965 の  $I_{SET}$  ピンとグラウンドの間に単に接続するだけで、必要なレベルに設定できます。DxA と DxB の LED 電流は  $I_{SET}$  ピンを流れる電流に比例し、 $I_{SET}$  電流の 200 倍の大きさになります。内部アンプの帰還ループによって  $I_{SET}$  ピンの電圧は 1.25V (代表値) に設定されます。以上の説明をまとめると次式が得られます。

$$I_{DxA/B/C} (A) = 200 \times (V_{ISET} / R_{SET})$$

$$R_{SET} (\Omega) = 200 \times (1.25V / I_{DxA/B/C})$$

必要な  $R_{SET}$  値が求められると、LM27965 はパルス幅変調 (PWM) とアナログ電流スケーリングの両方を使用して LED を内部で調光できます。PWM のデューティ・サイクルは  $I^2C$  互換インタフェースによって設定されます。バンク A とバンク B の電流シンク (DxA および DxB) に接続されている LED は、32 段階のレベル / デューティ・サイクルに調光できます。バンク A とバンク B の内部 PWM 周波数は 20kHz に固定されています。バンク C (D1C) には 4 段階のアナログ電流レベルがあります。

輝度制御レジスタの調整方法に関する詳細は、本データシートの「 $I^2C$  互換インタフェース」を参照してください。

## アプリケーション情報 (つづき)

## 最大出力電流、最大 LED 電圧、最小入力電圧

LM27965 は、LED の順方向電圧が 3.6V 以下 (室温時) であれば、最低 3.2V の入力電圧まで 8 個の LED をそれぞれ 22.5mA で駆動できます (バンク A とバンク B)。

上記は、LM27965 の LED 駆動能力の単純な 1 例です。ここには、LM27965 を使用した LED 駆動回路の設計検証に必要な重要アプリケーション・パラメータである LED 電流 ( $I_{LEDx}$ )、アクティブ状態の LED 数 ( $N_x$ )、LED 順方向電圧 ( $V_{LED}$ )、最小入力電圧 ( $V_{IN-MIN}$ ) がすべて含まれています。

次式は LM27965 の最大出力電流能力の算出に使用できます。

$$I_{LED\_MAX} = [(1.5 \times V_{IN}) - V_{LED} - (I_{ADDITIONAL} \times R_{OUT})] / [(N_x \times R_{OUT}) + k_{HRx}] \quad (\text{式 1})$$

$$I_{LED\_MAX} = [(1.5 \times V_{IN}) - V_{LED} - (I_{ADDITIONAL} \times 2.75)] / [(N_x \times 2.75) + k_{HRx}]$$

$I_{ADDITIONAL}$  は他の LED バンクにも供給できる電流です。

$R_{OUT}$  出力抵抗。これは、チャージ・ポンプ出力の  $P_{OUT}$  端で電圧低下を引き起こすチャージポンプの内部損失をモデル化したパラメータです。電圧低下の大きさはチャージ・ポンプの全出力電流に比例するため、損失パラメータは抵抗としてモデル化されます。LM27965 の出力抵抗は代表値で 2.75  $\Omega$  です ( $V_{IN} = 3.6V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ )。式で表すと、次のようになります。

$$V_{P_{OUT}} = (1.5 \times V_{IN}) - [(N_A \times I_{LEDA} + N_B \times I_{LEDB}) \times R_{OUT}] \quad (\text{式 2})$$

$k_{HR}$  ヘッドルーム定数。これは、適切なレギュレーションが正しく行われるために必要な電流シンク・ピン-GND 間の最小電圧をモデル化したパラメータです。この最小電圧は設定した LED 電流に比例し、この定数の単位は mV/mA です。LM27965 の  $k_{HR}$  の代表値は 8mV/mA です。式で表すと、次のようになります。

$$(V_{P_{OUT}} - V_{LEDx}) > k_{HRx} \times I_{LEDx} \quad (\text{式 3})$$

ヘッドルーム定数の代表値

$$k_{HRA} = 8mV/mA$$

$$k_{HRB} = 8mV/mA$$

$R_{OUT}$  の式 (式 2) と  $k_{HRx}$  の式 (式 3) とを組み合わせ、 $I_{LEDx}$  について解くと、" $I_{LED-MAX}$ " の式 (式 1) が導かれます。最大 LED 電流は最小入力電圧と LED 順方向電圧に強く依存します。アプリケーションの最小入力電圧を大きくするか、順方向電圧が小さい LED を選択すれば、出力電流能力を高めることができます。また、過大な消費電力もアプリケーションの出力電流能力を制限します。

## 合計出力電流駆動能力

LM27965 から引き出される最大出力電流は 180mA です。各ドライバ・バンクには、 $D_{xx}$  シンクごとに超えてはならない最大電流が割り当てられています。

DRIVER TYPE	MAXIMUM $D_{xx}$ CURRENT
DxA	30mA per DxA Pin
DxB	30mA per DxB Pin
DxC	30mA per DxB Pin

180mA の負荷はさまざまな構成で配分可能です。LM27965 を正常に機能させるためには、最大出力電流での動作時に特別な注意を払う必要があります。

## 並列に接続された出力と未使用の出力

1 個または 2 個の LED を大電流で駆動するために、出力 D1A ~ 5A または D1B ~ D3B を接続できます。このような回路構成では、等しい値の 5 本のシンク電流が並列になって (バンク A) 1 個の LED を駆動します。各シンク電流入力を流れる電流が必要な全 LED 電流の 20% になるように、バンク A の LED 電流を設定します。例えば、1 個の LED に 60mA を流したい場合、それぞれのシンク電流入力を流れる電流が 12mA になるように  $R_{SET}$  を選択します。

なお、出力を並列に接続しても LM27965 の内部動作に影響はなく、前述の「電気的特性」と各リミット値にも変更は生じません。利用可能なダイオード出力電流、最大ダイオード電圧、「電気的特性」の表に記載されているすべての仕様は、標準的な 5 個の LED を使ったアプリケーション回路と同様に、この並列出力構成にも適用されます。

バンク A とバンク B のいずれも、各  $D_{xx}$  ピンで LED 順方向電圧センシング回路を利用して最大効率を得られるように、チャージ・ポンプのゲインを最適化します。センシング回路の性質上、通常動作時にいずれかのダイオード・バンクが使用される場合、 $D_{xA}$  (D1A ~ D4A) または  $D_{xB}$  (D1B ~ D2B) ピンのいずれかを開放することは推奨しません。 $D_{xA}$  ピンまたは  $D_{xB}$  ピン、あるいはその両方を非接続状態にすると、 $V_{IN}$  範囲全体でチャージ・ポンプが強制的に 1.5 倍モードになるため、高入力電圧時には 1 倍モードに切り替えて達成されたいはずの効率向上効果が損なわれます。

D5A を使用しない場合は、そのドライバ・ピンをグラウンドへ接続し、汎用レジスタのビット EN5A を 0 に設定して、ゲインの遷移が適切に行われることを推奨します。

汎用レジスタを使用すると、D3B ドライバは簡単に完全にオンまたはオフへの切り替えが可能です。ダイオードのモニタリング回路は、ドライバと共にインエーブルまたはディスエーブルにされます。D3B を使用しない場合は、そのドライバ・ピンをグラウンドへ接続し、汎用レジスタのビット EN3B を 0 に設定してゲインの遷移が適切に行われるようにします。

適切な  $R_{SET}$  値を選択する際には注意が必要です。いずれの  $D_{xx}$  ピンを流れる電流も、与えられた電流シンク・ピンの最大電流定格を超えてはなりません。

## 電力効率

通常、LED ドライバの効率は、LED で消費される電力 ( $P_{LED}$ ) のデバイスに入力される電力 ( $P_{IN}$ ) に対する比として扱われます。入力電流は、1.5 倍 / 1 倍のチャージ・ポンプがあるため、チャージ・ポンプ・ゲインに出力電流 (全 LED 電流) を乗じた値になります。LM27965 の効率は次式から求められます。

$$P_{LEDTOTAL} = (V_{LEDA} \times N_A \times I_{LEDA}) + (V_{LEDB} \times N_B \times I_{LEDB}) + (V_{LEDC} \times I_{LEDC})$$

$$P_{IN} = V_{IN} \times I_{IN}$$

$$P_{IN} = V_{IN} \times (\text{ゲイン} \times I_{LEDTOTAL} + I_Q)$$

$$E = (P_{LEDTOTAL} \div P_{IN})$$

LED 電圧はチャージ・ポンプのゲインを選択する上で、最も重要な要素です。順方向電圧の小さい LED (3.0V ~ 3.5V) を使用すると、順方向電圧の大きい LED (3.5V ~ 4.0V) を使う場合に比べて、LM27965 はリチウムイオン電池の電圧の広い範囲で 1 倍のゲインにとどまります。ゲインの選択と遷移プロセスのさらに詳細については、本データシートの「LED 順方向電圧モニタリング」を参照してください。

より詳細な解析を行う場合は、電力効率を検討するだけでなく、所定の負荷に対して回路で消費される電力 ( $V_{IN} \times I_{IN}$ ) を検討することを推奨します。

## アプリケーション情報 (つづき)

### 消費電力

消費電力 ( $P_{DISS}$ ) と接合部温度 ( $T_J$ ) の近似値は以下の式から得られます。 $P_{IN}$  は 1.5 倍 / 1 倍のチャージ・ポンプで発生する電力、 $P_{LED}$  は LED が消費する電力、 $T_A$  は周囲温度、 $J_A$  は LLP-24 パッケージの周囲と接合部間の熱抵抗です。 $V_{IN}$  は LM27965 の入力電圧、 $V_{LED}$  は公称 LED 順方向電圧、 $N$  は LED の個数、 $I_{LED}$  は LED の設定電流です。

$$P_{DISS} = P_{IN} - P_{LEDA} - P_{LEDB} - P_{LEDC}$$

$$P_{DISS} = (\text{ゲイン} \times V_{IN} \times I_{BANKA} + I_{BANKB} + I_{BANKC}) - (V_{LEDA} \times N_A \times I_{LEDA}) - (V_{LEDB} \times N_B \times I_{LEDB}) - (V_{LEDC} \times I_{LEDC})$$

$$T_J = T_A + (P_{DISS} \times J_A)$$

接合部温度定格は周囲温度定格に優先します。LM27965 は、デバイスの接合部温度が最大動作定格 100 を超えない限り、周囲温度定格を逸脱した環境でも動作可能です。消費電力が大きい場合か、熱抵抗が大きく接合部温度が 100 を超える場合は、最高周囲温度定格のデレーティングが必要です。

### 熱保護回路

接合部温度が 170 (代表値) を超えると内部熱保護回路が LM27965 をディスエーブルします。この機能は、過度の消費電力が発生した場合に、ダイ温度の上昇によるデバイスの損傷を防ぎます。接合部温度が 165 (代表値) よりも低くなると、デバイスは通常動作に戻ります。接合部温度を規定の動作定格内に収めるために、適切な放熱特性を与えるボード・レイアウトが不可欠です。

### コンデンサの選択

LM27965 を正常に動作させるには、4 つの外付けコンデンサが必要です ( $C_1 = C_2 = C_{IN} = C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ )。小型、低価格、きわめて小さい等価直列抵抗 ( $ESR \approx 20\text{m}$  (代表値)) の表面実装型多層セラミック・コンデンサを推奨します。タンタル・コンデンサ、OS-CON コンデンサ、アルミ電解コンデンサは、セラミック・コンデンサに比べて ESR が大きいので、LM27965 には推奨できません。

通常の LM27965 アプリケーションには、X7R または X5R 温度特性を持つセラミック・コンデンサを推奨します。これらのコンデンサは、許容誤差が小さい ( $\pm 10\%$  程度)、温度に対する容量変動が小さい (X7R: - 55 ~ 125 に対して  $\pm 15\%$ 、X5R: - 55 ~ 85 に対して  $\pm 15\%$ )、電圧係数が一般に小さいといった特長を備えています。

温度特性が Y5V または Z5U のコンデンサは、通常 LM27965 には推奨しません。このような温度特性を持つコンデンサは、一般に、許容誤差が大きい (+ 80%、- 20%)、温度に対する容量変動が大きい (Y5V: - 30 ~ + 85 に対して + 22% / - 82%、Z5U: + 10 ~ + 85 に対して + 22% / - 56%) などの性質があります。条件によっては、公称  $1\mu\text{F}$  の Y5V または Z5U コンデンサが、わずかに  $0.1\mu\text{F}$  の容量に変化してしまう場合もあります。Y5V と Z5U コンデンサは、そのような好ましくない容量変動を生じるため、LM27965 の最小容量要件を満たさないおそれがあります。

すべてのコンデンサで許容される最小電圧定格は **6.3V** です。DC バイアス容量損失を考慮した上で推奨されるコンデンサの電圧定格は **10V** です。

### プリント基板レイアウトの考慮事項

LLP はリードフレームを用いたチップ・スケール・パッケージ (CSP) の 1 種で、きわめて優れた放熱特性を備えています。パッケージの中心部には  $2.6\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  の露出 DAP (ダイ・アタッチ・パッド) があります。露出 DAP は、PCB のサーマル・ランドにハンダ付けした場合に、低い熱抵抗が得られる利点があります。ナショナル セミコンダクターは、PCB レイアウト設計の際にパッケージと PCB サーマル・ランドの大きさを 1:1 にすることを強く推奨します。熱伝導性をさらに高めるには、グラウンド・プレーンに接続したスルーホールを PCB サーマル・ランドに設けてください。LLP パッケージの実装方法の詳細についてはナショナル セミコンダクターのアプリケーション・ノート AN-1187 を参照してください。



# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えたり、保証もしくは是認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
    - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
  4. 機械的衝撃
    - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
  5. 熱衝撃
    - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
  6. 汚染
    - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
    - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上