

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、2021 年 1 月 13 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： 2021 年 1 月 13 日

製品名： **LT3966**

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.0

訂正箇所： 7 ページ

左の段一番上のグラフ表題

【誤】

INTVCC のドロップアウト電圧 と温度負荷

【正】

INTVCC のドロップアウト電圧 と負荷電流

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、2021 年 1 月 13 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： 2021 年 1 月 13 日

製品名： **LT3966**

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.0

訂正箇所： 7 ページ

真ん中の段、一番下のグラフ表題

【誤】

VISP-ISN 閾値と過電流保護温度 VISP-ISN

【正】

過電流保護のための VISP-ISN 閾値と温度

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、2021 年 1 月 13 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： 2021 年 1 月 13 日

製品名： **LT3966**

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.0

訂正箇所： 21 ページ

「STATUS ビットと $\overline{\text{ALERT}}$ 」の説明内

【誤】

クリアするステータス・ビットに 0 を書き込むか、 クリアするイネーブル・ビット、ステータス・ビットに 0 を書き込んで、 障害を無効化します。

【正】

クリアするためにステータス・ビットに 0 を書き込むか、 イネーブル・ビットに 0 を書き込んで、 障害を無効化します。

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、2021 年 1 月 13 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： 2021 年 1 月 13 日

製品名： **LT3966**

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.0

訂正箇所： 27 ページ

「b [4] : OVFB_EN」の説明内

【誤】

クリアした場合は、OPENLED 発生時に ALERT がトリガされません。

【正】

クリアした場合は、FB (フィードバック) の過電圧発生時に ALERT はトリガされません。

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、2021 年 1 月 13 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： 2021 年 1 月 13 日

製品名： **LT3966**

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.0

訂正箇所： 31 ページ

0 x 5 4 の説明部分

【誤】

EXT2：・・・外部入力 1・・・

【正】

EXT2：・・・外部入力 2・・・

I²C プログラマブルなクワッド・モノリシック 昇圧 LED ドライバ

特長

- 独立した4つのDC/DC チャンネル
- I²C プログラマブル
- 8192:1 の True Color PWM™ 調光
- DAC で調整する8ビットのアナログ調光ピン
- 2つの外部入力がある11チャンネルの8ビットADC
- 1.6A、60VのDMOSスイッチ内蔵
- 入力電圧: 3V~60V
- 出力電圧と出力電流のモニタリング: 最大60V
- ハイサイドPMOS 遮断スイッチ・ドライバおよびPWM スイッチ・ドライバ
- 調整可能な周波数: 300kHz~4MHz (オプションで周波数同期)
- 熱特性が改善された6mm×6mm 40ピンQFNパッケージ
- AEC-Q100 認定進行中

アプリケーション

- バックライト
- ヘッド・アップ・ディスプレイ

概要

LT[®]3966は、I²C プログラマブルなモノリシック昇圧LEDドライバで、独立した4つのチャンネルがあります。各チャンネルは1.6A DMOS パワー・スイッチを内蔵した60V 電流モード昇圧コンバータであり、更に内部および外部のアナログ調光機能およびPWM調光機能も備えています。I²C プログラマブル機能には、13ビット(8192:1)のデジタルPWM信号発生器、8ビットのアナログ調光DAC、柔軟な障害通知および処理が含まれます。

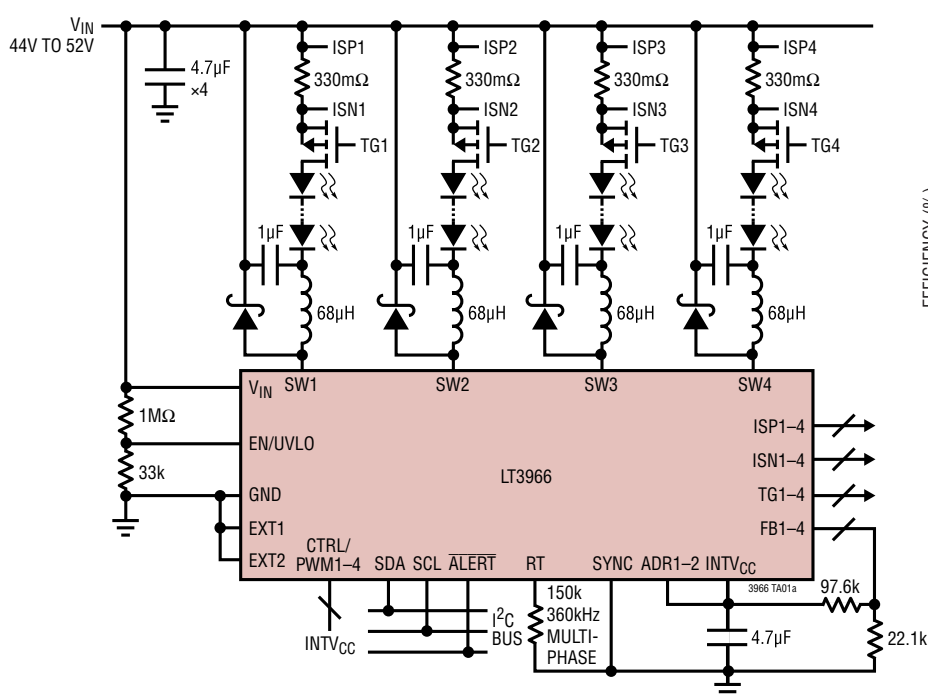
内蔵の8ビットADCにより、各チャンネルの出力電圧と出力電流を測定できるだけでなく、チップの入力電圧や2つの外部項目を測定できます。更に、各チャンネルのシャットダウン制御とスタンバイ制御が独立しているため、マルチトポロジ・アプリケーション向けの柔軟なソリューションが得られます。

LT3966は、熱特性が改善された6mm×6mmの40ピンQFNパッケージで供給されます。

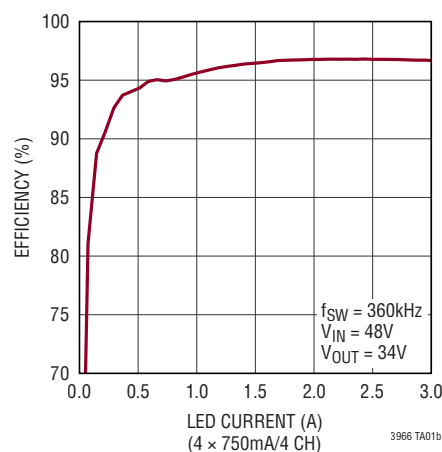
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

I²C 調光機能付きの100W 降圧モードLEDドライバ



効率

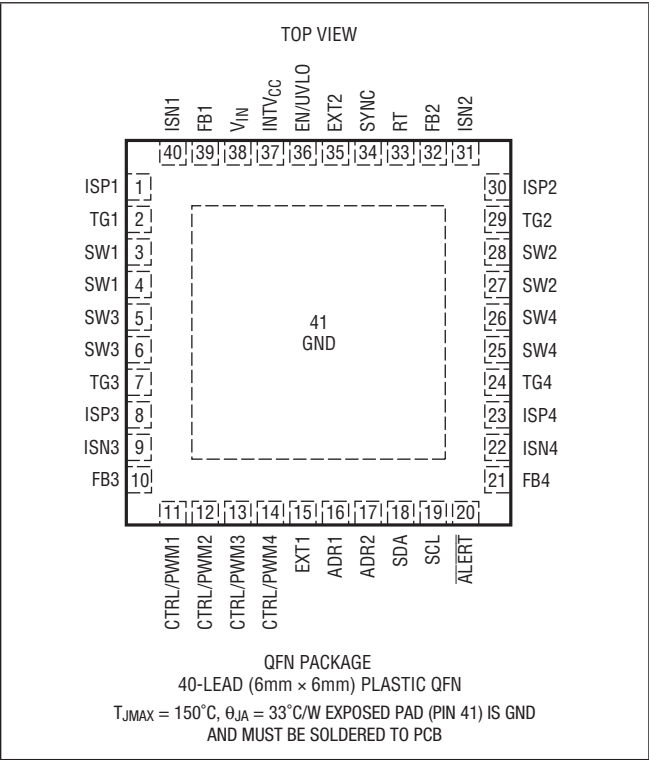


絶対最大定格

(Note 1)

V_{IN} 、EN/UVLO、SW1、SW2、SW3、SW4、ISP1、ISP2、ISP3、
ISP4、ISN1、ISN2、ISN3、ISN4 62V
ISP–ISN 間 (任意のチャンネル) 2V
TG1~4 (Note 2)
INTV_{CC} (Note 3)
FB1~4、EXT1~2、CTRL/PWM1~4、ADR1~2、 $\overline{\text{ALERT}}$ 、
SDA、SCL、SYNC 5.5V
RT 2V
動作ジャンクション温度範囲 (Note 4、Note 5)
LT3966E -40°C~125°C
LT3966J -40°C~150°C
保存温度範囲 -65°C~150°C

ピン配置



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
LT3966EUJ#PBF	LT3966EUJ#TRPBF	LT3966UJ	40-Lead (6mm × 6mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C
LT3966JUJ#PBF	LT3966JUJ#TRPBF	LT3966UJ	40-Lead (6mm × 6mm) Plastic QFN	-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、指定された販売経路を通じて、#TRMPBFの接尾辞を付けた500個入りリールで提供しています。

電気的特性

●は全動作温度範囲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、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IN} Operating Range	●	3		60	V
V_{IN} Quiescent Current	CTRL/PWM = 0V, EN/UVLO = 1.3V		2.7	3.3	mA
V_{IN} Shutdown Current	EN/UVLO = 0V		0	1	μA
	EN/UVLO = 1.15V, CTRL/PWM = 0V		190	230	μA
EN/UVLO Shutdown Threshold Falling	●	1.20	1.23	1.26	V
EN/UVLO Rising Hysteresis	EN/UVLO Rising		15		mV
EN/UVLO Input Low Voltage	$I_{VIN} < 1\mu\text{A}$			0.4	V

電気的特性

●は全動作温度範囲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、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
EN/UVLO Bias Current Low	EN/UVLO = 1.15V			2		μA
EN/UVLO Bias Current High	EN/UVLO = 1.3V			10	100	nA
LDOレギュレータ						
INTV _{CC} Regulation Voltage	I _{INTVCC} = -1mA, Not Switching	●	2.9	3	3.1	V
INTV _{CC} Line Regulation	$3\text{V} \leq V_{IN} \leq 60\text{V}$			0.03		%/V
INTV _{CC} Load Regulation	$-20\text{mA} \leq I_{\text{INTVCC}} \leq 0\text{mA}$, Not Switching			0.04		%/mA
INTV _{CC} Undervoltage Lockout	INTV _{CC} Falling	●	2.6	2.7	2.8	V
INTV _{CC} Undervoltage Lockout Hysteresis	INTV _{CC} Rising			75		mV
INTV _{CC} Current Limit	$V_{IN} = 12\text{V}$, INTV _{CC} = 2.8V			36		mA
INTV _{CC} Dropout Voltage	$V_{IN} = 3\text{V}$, I _{INTVCC} = -15mA			320		mV
A/Dコンバータ						
Converter Resolution				8		Bits
Converter Full-Scale Voltage			1.266	1.275	1.284	V
Converter LSB Size			4.95	5	5.05	mV
Conversion Time (t _{CONV})	R _t = 100k Ω , MPHASE = 0, AUTO = 0			20		μs
EXT1, EXT2 Input Impedance	V _{EXT1} = V _{EXT2} = 1V		10	100		M Ω
EXT1, EXT2 Internal Voltage Clamp	I _{EXT1} = I _{EXT2} = 100 μA	●	1.4	1.7	1.9	V
EXT1, EXT2 Internal Voltage Clamp Impedance	V _{EXT1} = V _{EXT2} = 2V to 5.5V			2.2		k Ω
チャンネル1~4のLED電流検出アンプ						
ISP Common Mode Voltage Range		●	3		55	V
Full-Scale Current Sense Threshold (V _{ISP} -V _{ISN})	ISP = 55V, CTRL/PWM = 1.5V, ADIM[7:0] = 0xFF	●	242	250	255	mV
	ISP = 3V, CTRL/PWM = 1.5V, ADIM[7:0] = 0xFF	●	242	250	255	mV
Externally Adjusted Half-Scale Threshold (V _{ISP} -V _{ISN})	ISP = 55V, CTRL/PWM = 0.7V, ADIM[7:0] = 0xFF	●	122	125	128	mV
	ISP = 3V, CTRL/PWM = 0.7V, ADIM[7:0] = 0xFF	●	122	125	128	mV
Externally Adjusted 1/10th Scale Threshold (V _{ISP} -V _{ISN})	ISP = 55V, CTRL/PWM = 0.3V, ADIM[7:0] = 0xFF	●	20	25	31	mV
	ISP = 3V, CTRL/PWM = 0.3V, ADIM[7:0] = 0xFF	●	20	25	31	mV
Internally Adjusted Half-Scale Threshold (V _{ISP} -V _{ISN})	ISP = 55V, CTRL/PWM = 1.5V, ADIM[7:0] = 0x7F	●	121	125	129	mV
	ISP = 3V, CTRL/PWM = 1.5V, ADIM[7:0] = 0x7F	●	121	125	129	mV
Internally Adjusted 1/10th Scale Threshold (V _{ISP} -V _{ISN})	ISP = 55V, CTRL/PWM = 1.5V, ADIM[7:0] = 0x19	●	20	25	31	mV
	ISP = 3V, CTRL/PWM = 1.5V, ADIM[7:0] = 0x19	●	20	25	31	mV
Overcurrent Protection Threshold (V _{ISP} -V _{ISN})	ISP = 60V			370		mV
C/10 Threshold	ISP = 60V		14	22	30	mV
ISP/ISN Input Bias Current (Combined)	CTRL/PWM = 3V (Active), ISP = ISN = 55V			440		μA
	CTRL/PWM = 0V (Standby), ISP = ISN = 55V			13	17	μA
PWM Threshold	CTRL/PWM Falling	●	90	103	115	mV

電気的特性

●は全動作温度範囲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、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ISP Voltage Regulation Threshold			62		V

チャンネル1~4の電圧帰還アンプ

FB Regulation Threshold (V_{FB})	CTRL/PWM = 2V	●	1.188 1.170	1.200 1.200	1.208 1.218	V V
FB Overvoltage Threshold			$V_{FB} + 50\text{mV}$	$V_{FB} + 60\text{mV}$	$V_{FB} + 70\text{mV}$	V
FB Open LED Threshold			$V_{FB} - 40\text{mV}$	$V_{FB} - 50\text{mV}$	$V_{FB} - 60\text{mV}$	V
FB Shorted LED Threshold		●	280	300	320	mV
FB Input Bias Current	Current Out of Pin, FB = 1V			10	100	nA
FB Line Regulation	$3.3\text{V} \leq V_{IN} \leq 60\text{V}$			0.0004		%/V

発振器

RT Pin Voltage				1.0		V
Switching Frequency in Single-Phase Mode	$R_T = 261\text{k}\Omega$ $R_T = 100\text{k}\Omega$ $R_T = 47.5\text{k}\Omega$	● ● ●	370 0.93 1.85	400 1.00 2.00	430 1.07 2.15	kHz MHz MHz
Switching Frequency in Multiphase Mode	$R_T = 174\text{k}\Omega$ $R_T = 47.5\text{k}\Omega$ $R_T = 21\text{k}\Omega$	● ● ●	279 0.93 1.85	300 1.00 2.00	321 1.07 2.15	kHz MHz MHz
Minimum Off Time			30	50	65	ns
Minimum On Time			35	60	75	ns
SYNC Input High (SYNC In Mode)	SYNCOU = 0		1.5			V
SYNC Input Low (SYNC In Mode)	SYNCOU = 0				0.4	V
SYNC Input Duty Cycle			10		90	%
SYNC Resistance to GND (SYNC In Mode)	SYNCOU = 0			95		k Ω
SYNC Output Mode Duty Cycle	SYNCOU = 1		45	55	65	%
SYNC Output Voltage High (SYNC Out Mode)	SYNCOU = 1, Load = 3k Ω	●	2.4			V
SYNC Output Voltage Low (SYNC Out Mode)	SYNCOU = 1, Load = 3k Ω	●			0.4	V

チャンネル1~4のパワー・スイッチ

SW On-Resistance	$I_{SW} = 200\text{mA}$			200		m Ω
SW Current Limit		●	1.6	2	2.4	A
SW Leakage Current	$V_{SW} = 62\text{V}$				3	μA

外付けPMOSのゲート・ドライバ

TG ON Voltage ($V_{ISP}-V_{TG}$)	ISP = 24V		7.4	8.2	9	V
TG OFF Voltage ($V_{ISP}-V_{TG}$)	ISP = 24V			0	0.3	V
TG Turn-On Time	$C_{LOAD} = 470\text{pF}$, ISP = 24V			50		ns
TG Turn-Off Time	$C_{LOAD} = 470\text{pF}$, ISP = 24V			60		ns

I²Cポート

I ² C Address	Programmed by ADR2, ADR1 Pins			101XXX[R/W]		
ADR1, ADR2 Input High Voltage		●	0.9 • V_{INTVCC}			V
ADR1, ADR2 Input Low Voltage		●			0.1 • V_{INTVCC}	V
ADR1, ADR2 Pull-Down Current in HIGH State	$V_{ADR1}, V_{ADR2} = 3\text{V}$, Current Into Pin	●	9	13	17	μA
ADR1, ADR2 Pull-Up Current in LOW State	$V_{ADR1}, V_{ADR2} = 0\text{V}$, Current Out of Pin	●	9	13	17	μA
SDA, SCL Input High Voltage		●	1.5			V
SDA, SCL Input Low Voltage		●			0.4	V

電气的特性

●は全動作温度範囲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、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SDA, SCL Input Low Leakage	Current Out of Pin, SDA = SCL = 0V			50	nA
SDA, SCL Input High Leakage	Current Into Pin, SDA = SCL = 3V			50	nA
SDA Output Low Voltage	$I_{SDA} = 3\text{mA}$			0.4	V
ALERT Output Low Voltage	$I_{ALERT} = 3\text{mA}$			0.4	V
I ² C Clock Operating Frequency				400	kHz
Bus Free Time Between Stop and Start Condition (t_{BUF})		1.3			μs
Hold Time After Repeated Start Condition (t_{HD_STA})		0.6			μs
Repeated Start Condition Set-Up Time (t_{SU_STA})		0.6			μs
Stop Condition Set-Up 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
Clock/Data Fall Time	$C_B = \text{Capacitance of One Bus Line (pF)}$	$20 + 0.1C_B$		300	ns
Clock/Data Rise Time	$C_B = \text{Capacitance of One Bus Line (pF)}$	$20 + 0.1C_B$		300	ns
Input Spike Suppression Pulse Width (t_{SP})				50	ns
Watchdog Timeout Period	WDTEN = 1	75	100	125	ms

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可能性がある。

Note 2: TGピンには正の電圧源および負の電圧源を印加してはならない。印加すると永続的な損傷が生じる場合がある。

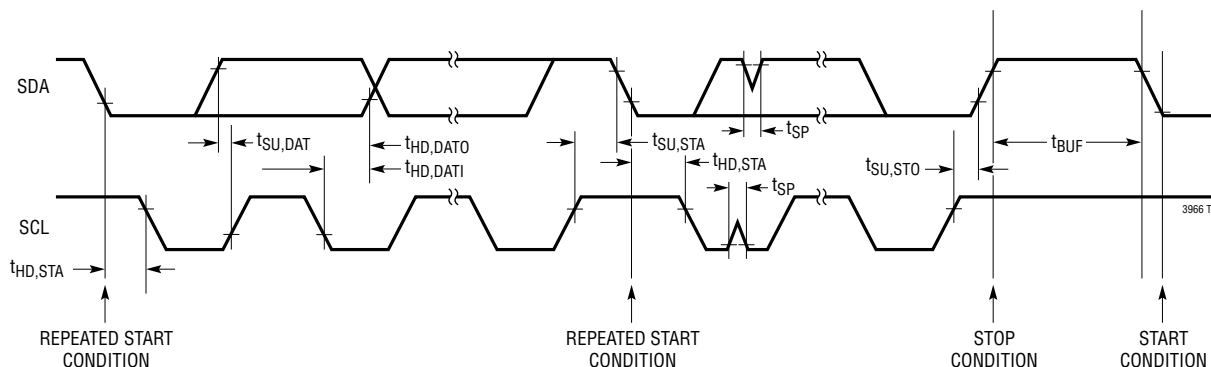
Note 3: INTV_{CC}ピンには正の電圧源および負の電圧源を印加してはならない。印加すると永続的な損傷が生じる場合がある。INTV_{CC} = 2mAは、かけることができる最大の外部負荷である。

Note 4: LT3966Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ のジャンクション温度範囲で性能仕様に適合することが確認されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ 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。LT3966Jは、 $-40^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ の全動作ジャンクション温度範囲で性能仕様に適合することが確認されている。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。

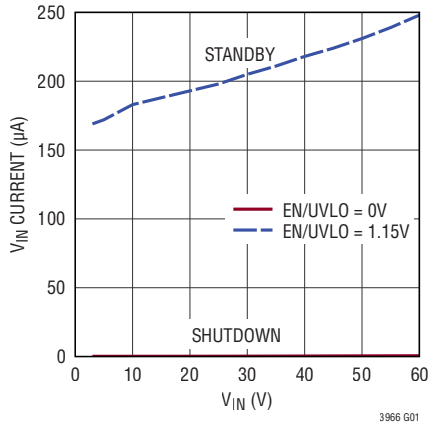
Note 5: LT3966は、瞬間的な過負荷状態時にデバイスを保護するための過熱保護機能を備えている。過熱保護が動作しているとき、ジャンクション温度は最大動作ジャンクション温度を超える。規定された最大動作ジャンクション温度を超えた状態で動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう恐れがある。

Note 6: 動作温度範囲での設計、検査、および特性評価と、周囲温度での自動検査の組み合わせによって確認されている。



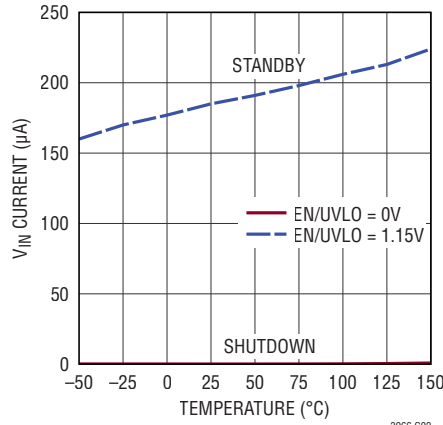
代表的な性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

シャットダウン電流および
スタンバイ電流と入力電圧



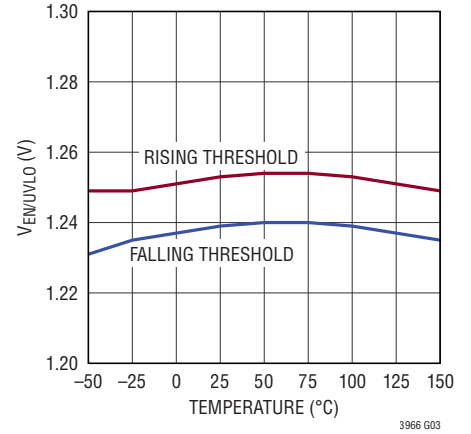
3966 G01

シャットダウン電流および
スタンバイ電流と温度



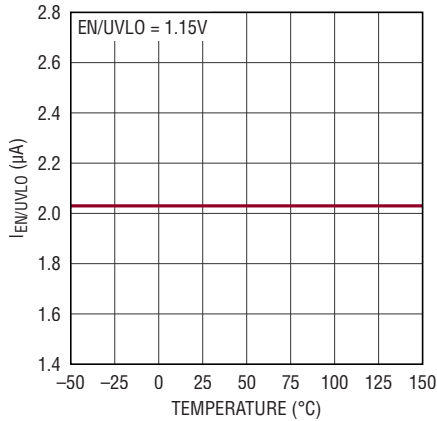
3966 G02

EN/UVLO の閾値と温度



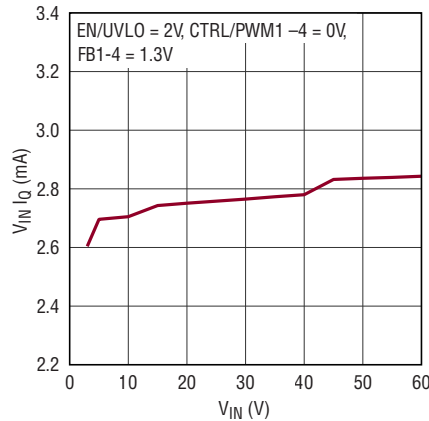
3966 G03

EN/UVLO のヒステリシス電流と
温度



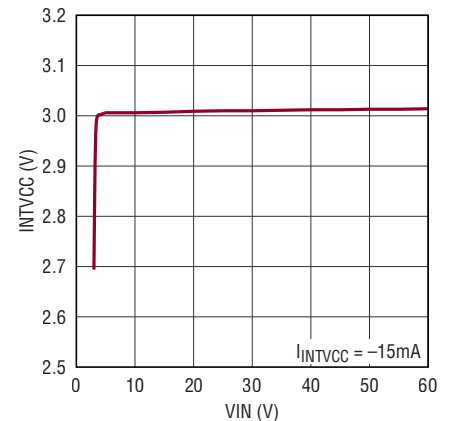
3966 G04

自己消費電流と入力電圧



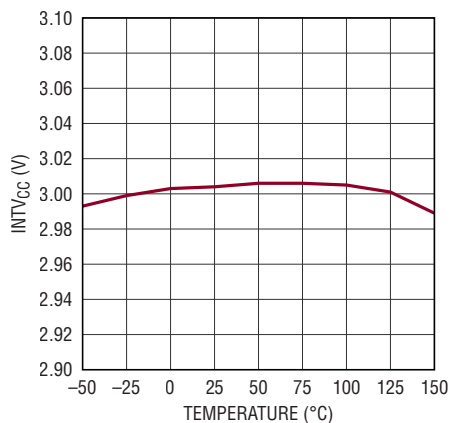
3966 G05

INTV_{CC} の電圧と入力電圧



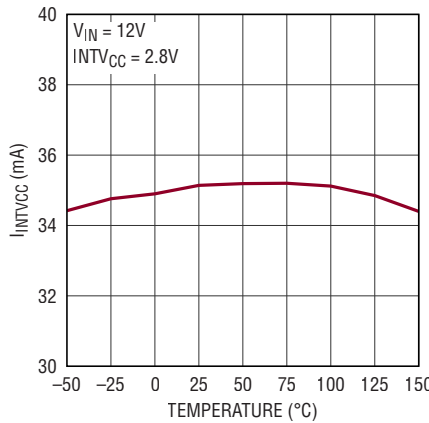
3966 G06

INTV_{CC} の電圧と温度



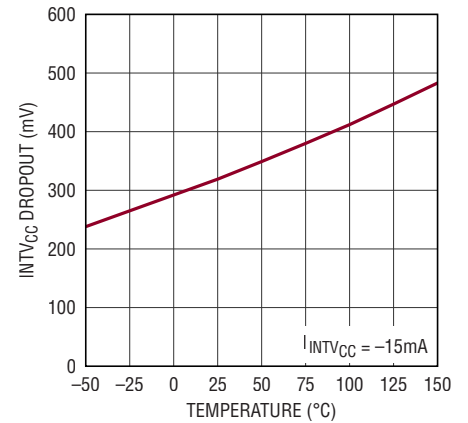
3966 G07

INTV_{CC} の電流制限と温度



3966 G08

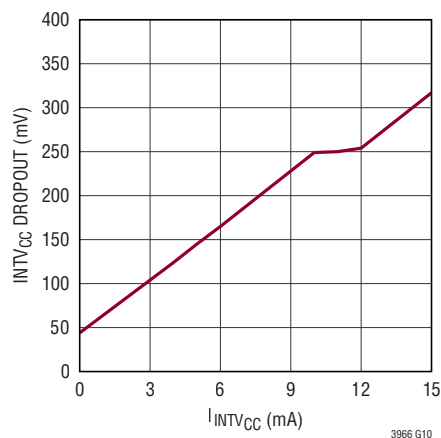
INTV_{CC} のドロップアウト電圧と温度



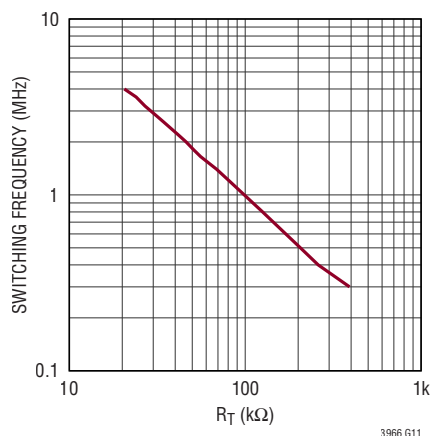
3966 G09

代表的な性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

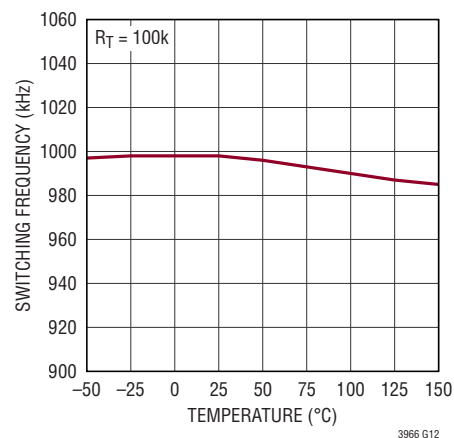
INTV_{CC} のドロップアウト電圧と
温度負荷



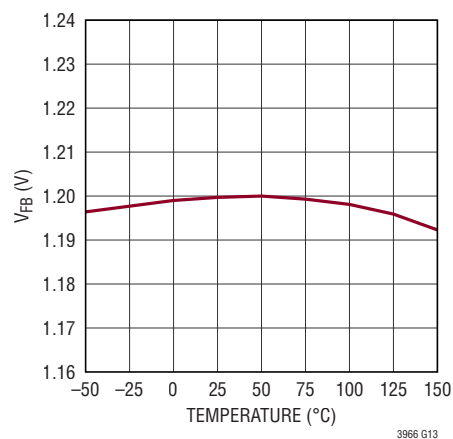
スイッチング周波数と R_T



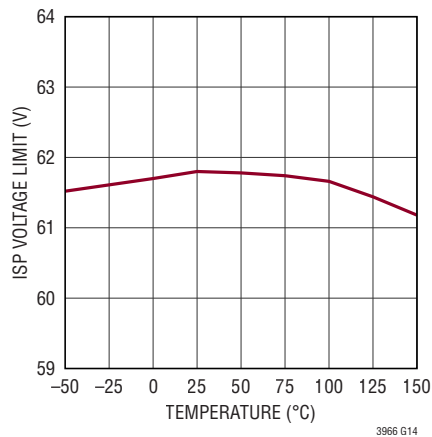
スイッチング周波数と温度



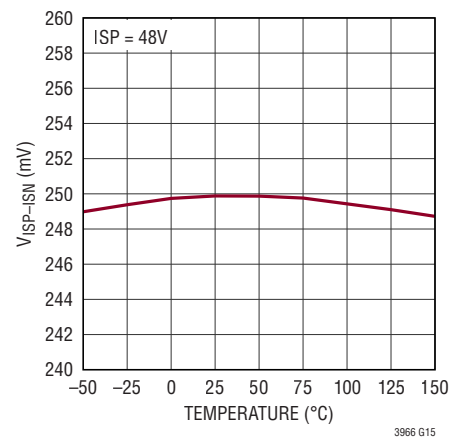
V_{FB} と温度



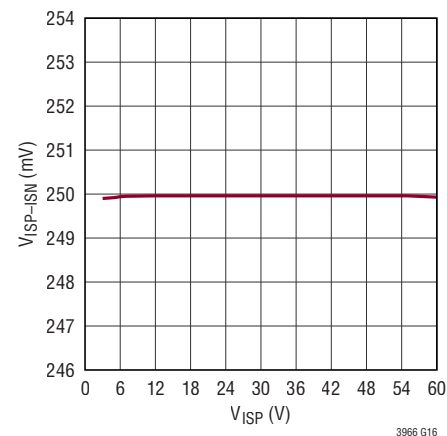
ISP の電圧制限と温度



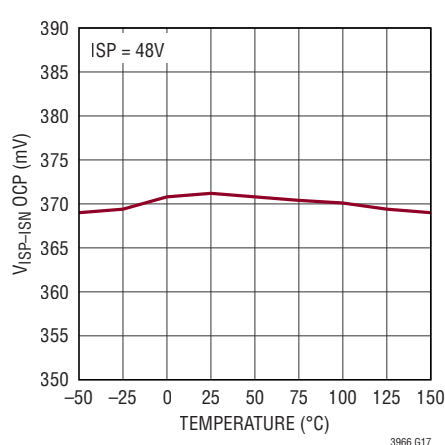
$V_{ISP-IGN}$ と温度



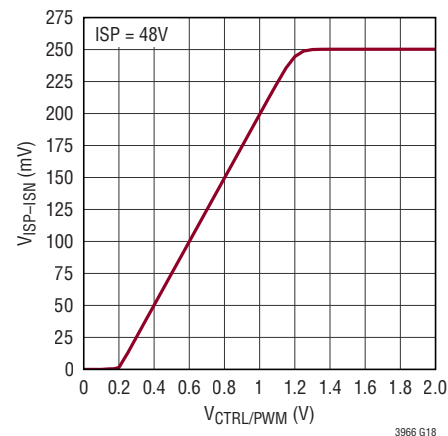
$V_{ISP-IGN}$ と V_{ISP}



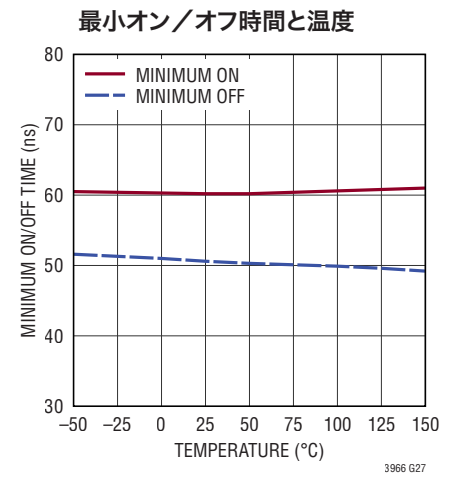
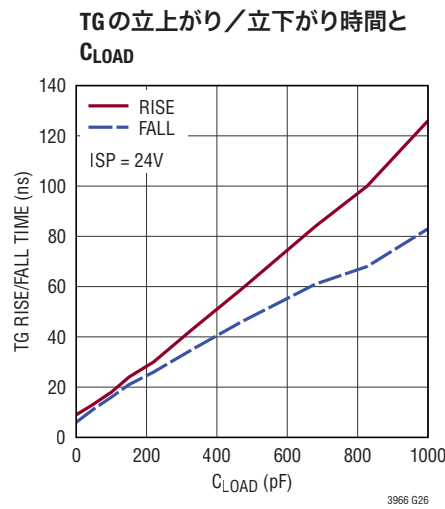
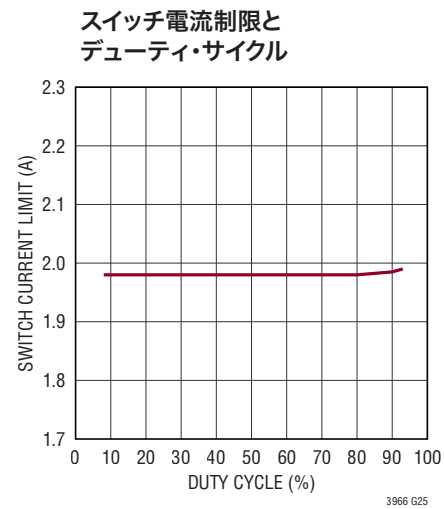
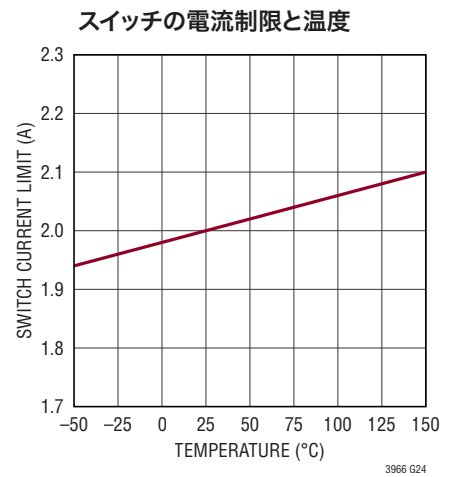
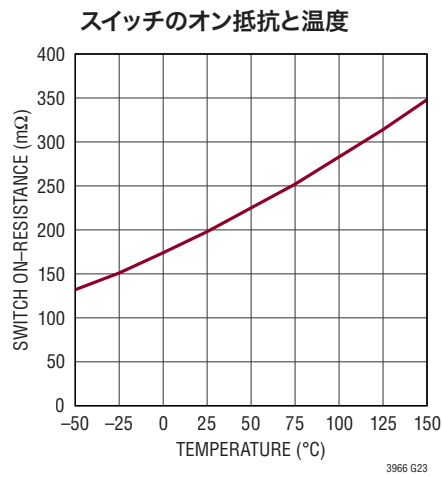
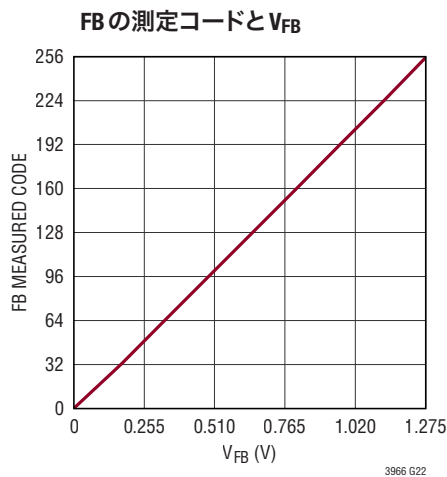
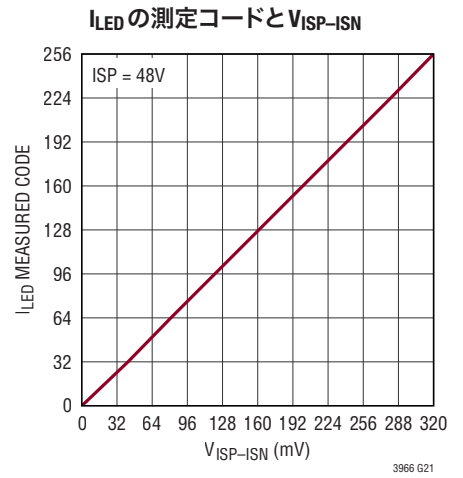
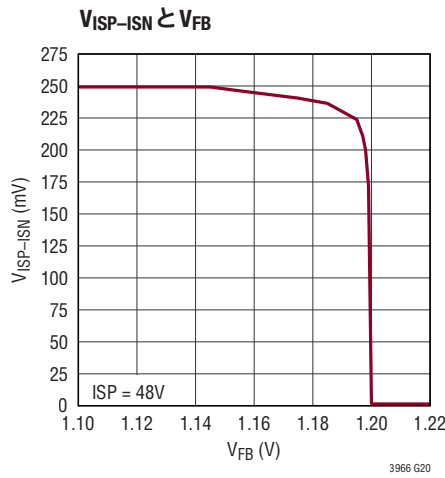
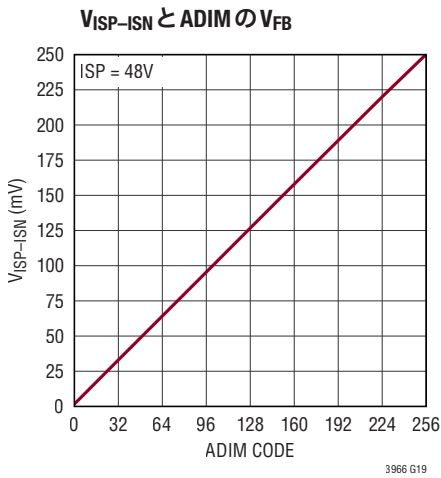
$V_{ISP-IGN}$ 閾値と温度過電流保護



$V_{ISP-IGN}$ と ADIM の $V_{CTRL/PWM}$



代表的な性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。



ピン機能

FB1、FB2、FB3、FB4 (39、32、10、21 番ピン) : 電圧帰還ピン。FB ピンは、出力電圧のレギュレーションおよび制限のために使用します。出力電圧からの抵抗分圧器に接続します。FB の電圧が 1.2V に達すると、出力電圧をこのレベルに維持するため、スイッチ電流は減少します。FB がレギュレーション状態に達したときに ISP/ISN が最大出力電流の 10% より低い値を検出すると、該当チャンネルの OPENLED 条件フラグが立ちます。FB の電圧が 1.26V より高くなると、外付けの PMOS はオフに切り替わり、OVFB 条件フラグが立ちます。内部ソフトスタートの完了後も FB の電圧が 0.3V より低いままの場合は、SHORTLED 条件フラグが立ちます。障害と障害処理の詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

ISP1、ISP2、ISP3、ISP4 (1、30、8、23 番ピン) : LED 電流検出アンプの正端子。TG ゲート・ドライバの正電源としても機能します。LED 電流検出抵抗の正側に接続し、この経路の抵抗を最小限に抑えます。

ISN1、ISN2、ISN3、ISN4 (40、31、9、22 番ピン) : LED 電流検出アンプの負端子。LED 電流検出抵抗の負側にケルビン接続します。

TG1、TG2、TG3、TG4 (2、29、7、24 番ピン) : 上側のゲート・ドライバ出力。外付け PMOS パス・トランジスタのゲートに接続します。TG の信号は PWM 調光信号を反転してレベルをシフトしたものであり、LED の PWM 調光ならびに障害モード遮断では V_{ISP} (オフ) $\sim V_{ISP} - 8.2V$ (オン) の範囲で駆動します。使用しない場合は未接続のままにしておきます。

SW1、SW2、SW3、SW4 (3 \sim 4、27 \sim 28、5 \sim 6、25 \sim 26 番ピン) : パワー DMOS のドレイン。インダクタのスイッチング端に接続します。効率を高めて EMI を低減するには、銅箔の面積を最小限に抑えます。

CTRL/PWM1、CTRL/PWM2、CTRL/PWM3、CTRL/PWM4 (11、12、13、14 番ピン) : アナログ／PWM 兼用の調光入力。フルスケールの PWM 調光の場合は、100mV 未満から 1.5V 超まで駆動します。0% \sim 100% のアナログ調光の場合は、0.2V \sim 1.2V のアナログ電圧で駆動します。これらのピンを使用しない場合はフロート状態のままにせず、INTV_{CC} に接続してください。

EXT1、EXT2 (15、35 番ピン) : ADC への外部入力。EXT 入力の動作範囲は 0V (コード 0) \sim 1.275V (コード 255) です。これらのピンは内部で 1.7V にクランプされています。使用しない場合は GND に接続します。

ADR1、ADR2 (16、17 番ピン) : I²C アドレスの選択。これらのピンはスリーステート入力 (HIGH、LOW、FLOAT) として設定されます。アドレスの選択については [表 1](#) を参照してください。

ALERT (20 番ピン) : チップのステータス通知ピン。チャンネルの設定によっては、FB の過電圧、LED の断線、LED の短絡、および LED の過電流のうちいずれかの障害が原因で ALERT ピンをローにすることができます。障害と障害処理の詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

SDA (18 番ピン) : I²C 通信用のシリアル・データ・ライン。入力とオープンドレイン出力の兼用ピン。

SCL (19 番ピン) : I²C 通信用のシリアル・クロック。

SYNC (34 番ピン) : 発振器の同期ピン。デフォルトでは、このピンが、LT3966 のスイッチング周波数を規定する外部クロックの入力として動作します。SYNCOUT 設定ビットを設定することにより、入力機能は無効になり、代わりに SYNC は他の外部回路を駆動するためのクロック出力になります。

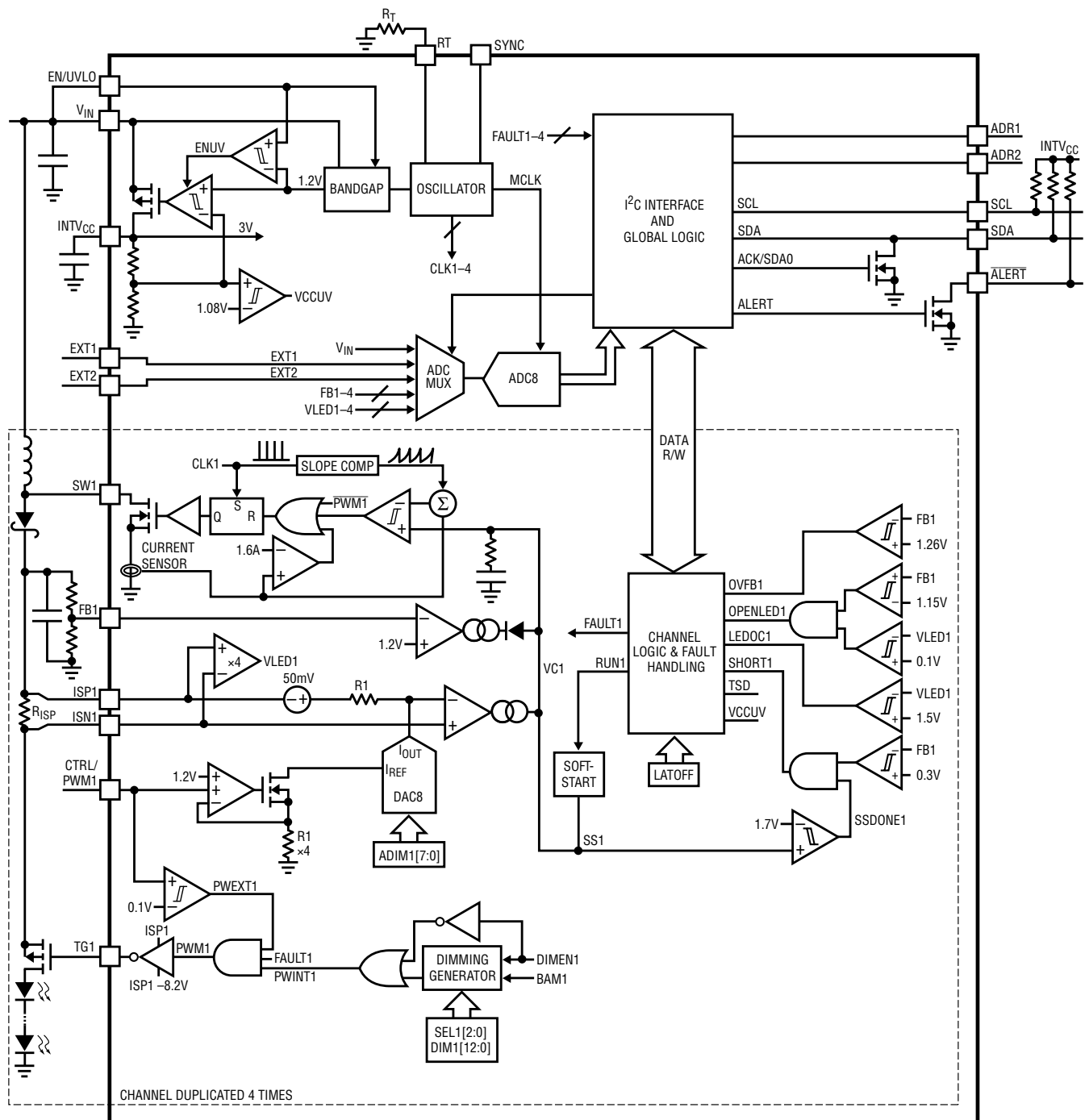
RT (33 番ピン) : タイミング抵抗の設定ピン。GND との間の抵抗を使用してマスタ・クロック周波数を設定します。RT ピンは開放のままにしないでください。

EN/UVLO (36 番ピン) : イネーブル／低電圧ロックアウト・ピン。このピンを使用する目的は、一般的なオン／オフ制御と、LT3966 を特定の入力電圧でイネーブルすることです。単純なオン／オフ制御をするには 1.5V より高いロジック・レベルで駆動します。高精度のシャットダウン閾値を設定する場合は、入力電圧の抵抗分圧器に接続します。このピンの立下がり閾値は 1.23V、立上がりヒステリシスはおよそ 15mV であり、閾値より低いときのヒステリシス電流は 2 μ A です。このピンを使用しない場合は V_{IN} に接続します。

INTV_{CC} (37 番ピン) : 内部の 3V LDO 出力。このピンは LDO 出力であり、全ての内部回路の電源です。GND との間に 4.7 μ F のフィルタ・コンデンサをこのピンにできるだけ近づけて接続します。このピンは外部で駆動しないでください。このピンには最大 2mA の負荷をかけることができます。

V_{IN} (38 番ピン) : 入力電圧電源。このピンは、LDO と残りの内部回路の電源入力です。このピンにできるだけ近づけてコンデンサを接続して、GND にバイパスする必要があります。

ブロック図



動作

概要

LT3966は、I²Cプログラマビリティを備え、ADCを内蔵した、4チャンネルのモノリシック昇圧LEDドライバです。独立した4つのLEDドライバ・チャンネルは、それぞれハイサイドLEDの電流検出回路を内蔵した1.6Aモノリシック昇圧コンバータと、PWM調光および障害保護用のハイサイド・ゲート・ドライバで構成されます。アナログLED電流の設定値は外部から制御可能であり、またI²Cを介してプログラムできます。LED調光は外部のPWM信号によって制御することも、I²Cを介して内部のPWM信号発生器を使用して制御することもできます。更に、LT3966は、各LEDドライバ・チャンネルのレギュレーション・パラメータだけでなく、入力電圧、ダイ温度、2つの外部入力を測定するために使用される11入力の8ビットADCを内蔵しています。

LT3966は3V～60Vの入力電圧で動作します。1.23VのEN閾値により、入力電圧からの抵抗分圧器を使用して外部UVLOをプログラムできます。全ての内部回路には、INTV_{CC}ピンで3Vを供給する内蔵のLDOレギュレータから電力が供給されます。内部回路は3Vで動作しますが、全てのI/Oピンは5Vに耐えられます。LDOの電流は36mAに制限されているため、外部負荷は接続しないようにしてください。また、デバイスはUVLO回路を内蔵しており、INTV_{CC}が2.7Vより低くなるとスイッチングを停止します。LDOのバイパスとフィルタ処理を行うには、INTV_{CC}とGNDの間に4.7μF以上のコンデンサを接続し、かつこれらのピンに近づけて配置することが必要です。

昇圧コンバータは、それぞれ1.6AのパワーFETを備えた内部補償の電流モード・コンバータです。昇圧コンバータは300Hz～4MHzの範囲で動作可能であり、スイッチングは外部クロックに同期させることができます。I²Cにより、LT3966では入力リップルを低減するためのマルチフェーズ・スイッチングならびにクロック同期出力といったオプションが可能です。

LEDドライバは、閾値が250mVのハイサイド電流検出を使用します。このアナログ閾値は、CTRL/PWMピンを使用すれば外部調整が可能であり、またI²Cを介して内部でプログラムすることもできます。外付けPMOSトランジスタ用のハイサイド・ゲート・ドライバにより、高精度のPWM調光、高速の障害保護、および出力の遮断が可能です。

PWM調光は、CTRL/PWMを切り替えることによって外部から制御することも、LT3966内蔵のPWM信号発生器を使用して内部でプログラムすることもできます。このPWM信号発生器は6ビット(64:1)～13ビット(8192:1)の分解能を備えているだけでなく、標準のPWM変調制御とオプションのBAM(ビット角変調)制御を選択することもできます。

LEDドライバは、過電圧、過電流、LEDの断線、LEDの短絡といった状態を検出して保護する機能を備えています。障害の処理は自律的であり、オプションでI²Cを使用した読出し機能、障害通知機能、およびラッチオフ機能を備えています。

デバイスのI²Cアドレスは、2つのトライモードADRピンを使用して8つの異なるアドレスのいずれかまたはスタンダロン・モードにプログラムできます。信頼性が高く堅牢なI²C通信を確保するには、CRCエラー・チェックとオプションのウォッチドッグ・タイマーを使用します。

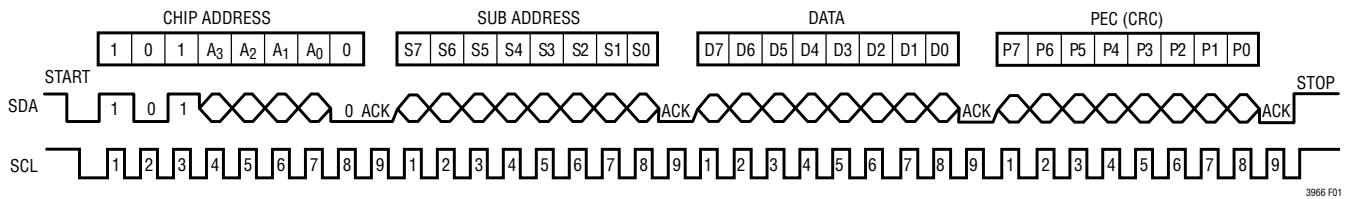
I²Cの動作

I²Cトランザクションと誤り訂正動作

I²C通信は、読出しトランザクションと書込みトランザクションを周期的に繰り返します。LT3966では、パケット・エラー・チェック(PEC)を使用して、ホスト・システムとデバイスとの間の高信頼性通信を確保します。これは、読出しと書込みの両方のトランザクションの末尾バイトで構成されます。このバイトには、最後の開始以降全てのバイトのCRCチェック機能があります。LT3966で使用されるCRC多項式は、SMBusで使用されるもの(次式)と同一です。 $X^8 + X^2 + X^1 + 1$ 。

I²C書込みの構造を図1に示します。LT3966に書き込むデータは、このフォーマットに従う必要があります。PECコード(図2)は、チップ・アドレス、サブ・アドレス、およびデータ・バイトに関するCRC多項式を使用してホスト・システムによって計算されます。有効なPECを受信すると、LT3966はPEC転送の9番目のクロックでアクノレッジ(ACK)を返し、データはLT3966のレジスタに転送されます。無効なPECを受信した場合、LT3966はACKを返さず、データは破棄されます。

動作

図1. PEC付きのI²C書き込みトランザクション

```
// Bitwise CRC-8 for LT3966 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, where CHIPADDR, SUBADDR, and DATA are the bytes to send to LT3966
int8_t myCRC;
myCRC = doCRC(0, CHIPADDR);
myCRC = doCRC(myCRC, SUBADDR);
myCRC = doCRC(myCRC, DATA);
// myCRC now holds the completed PEC byte for sending to LT3966
```

図2. CRC-8 PECを計算するためのLinduino®コードの例

反復開始信号を使用することにより、I²C停止信号までに複数のトランザクションを実行できます。反復開始信号を含むあらゆる開始信号により、新しいトランザクションのCRC計算が再開されます。ホスト・システムは該当トランザクションの数バイトに対して新しいPECコードを計算するので、LT3966はトランザクション単位でPECコードを評価するようになります。1回のトランザクションで失敗すると、そのトランザクションのデータのみが廃棄され、成功した他のトランザクション・データは受け付けられます。

全てのトランザクションが完了すると、ホスト・システムは停止信号を実行して、書き込まれたデータをレジスタの出力に転送できます。書き込まれたデータは、停止信号が検出されるまでは有効になりません。このような方法で、数回の書込

み動作を停止信号の実行と同時に実行できます。

I²C読出しの構造を図3に示します。チップ・アドレスとサブ・アドレスの書き込みにより内部ポインタを設定することから始まります。ポインタを設定するのにPECは必要ありません。停止／開始信号対(つまり反復開始信号)によって書き込み部が終了し、トランザクションの読出し部が始まります。読出しトランザクション中、チップ・アドレス・バイトとデータ・バイトを対象にPECコードがLT3966によって生成され、データ・バイト後にホストに送信されます。PECコードの読出しは必須です。ホスト・システムは有効性についてPECを評価し、結果に応じて応答します。

動作

I²Cの動作 – I²Cアドレスの設定

ノーマル・モードとスタンドアロン・モード

ADR2とADR1を両方ともGNDに接続すると、LT3966はI²C通信不要の特殊なスタンドアロン・モードにプログラムされます。全てのチャンネルがイネーブルされ、全てのチャンネルの調光信号発生器がデイスエーブルされます(オン時間100%)。デバイスは起動して、直ちにソフトスタート・スイッチングを開始します。スタンドアロン・モードでのアナログ調光とPWM調光は、チャンネルのCTRL/PWMピンで制御します。障害はラッチされませんが、 $\overline{\text{ALERT}}$ ラインで通知されます。

それ以外のアドレスを選択した場合はチャンネルと調光信号発生器をイネーブルした状態で起動しますが、PWM DIMレジスタはコード0(オン時間0%)に設定されます。DIMレジスタは0に設定されているため、コンバータ・チャンネルは動作状態ですが、スイッチングしません。光出力をイネーブルするには、値をチャンネルのDIMレジスタに書き込むか、チャンネルのDIMENビットに0を書き込んで調光回路をデイスエーブルし、LEDのオン時間を100%にします。障害はチャンネルのSTATUSレジスタで通知されますが、そのチャンネルのマスク・ビットを有効にしなかった場合、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンでは通知されません。

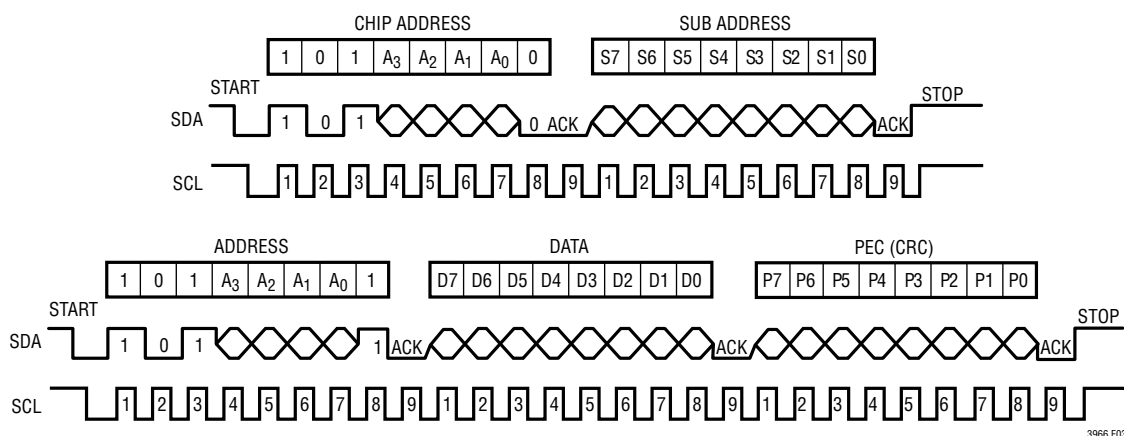


図 3. PEC 付きの I²C 読出しトランザクション

表 1. I²C アドレスの設定値

ADR2	ADR1	A3	A2	A1	A0	Write Address	Read Address	Mode
GND	GND	0	0	0	0	0xA0	0xA1	Standalone
GND	Float	0	0	0	1	0xA2	0xA3	Normal
GND	V _{CC}	0	0	1	1	0xA6	0xA7	Normal
Float	GND	0	1	0	0	0xA8	0xA9	Normal
Float	Float	0	1	0	1	0xAA	0xAB	Normal
Float	V _{CC}	0	1	1	1	0xAE	0xAF	Normal
V _{CC}	GND	1	1	0	0	0xB8	0xB9	Normal
V _{CC}	Float	1	1	0	1	0xBA	0xBB	Normal
V _{CC}	V _{CC}	1	1	1	1	0xBE	0xBF	Normal

アプリケーション情報

LED 電流の設定

LED 電流は、外付けの電流検出抵抗と調整可能な検出閾値を使用することによって設定します。この閾値のフルスケール値は250mVです。最大LED電流 (I_{LED} 、式1) が流れたときに250mVの電圧が発生するように電流検出抵抗を選択します。

$$R_{ISP} = \frac{0.250\text{mV}}{I_{LED}} \quad (1)$$

LT3966でのこの電流検出閾値の調整は、CTRL/PWMピンの外部電圧と内部の乗算型DAC (MDAC) のレジスタ値を組み合わせることによって行います。ブロック図から引用した関連回路を図4に示します。

CTRL/PWMピンとADIMレジスタには、どちらにも電流検出閾値を調整する能力があり、別々に使用することも組み合わせて使用することもできます。たいていの場合、CTRL/PWMピンは外部制御アプリケーションに使用し、ADIMレジスタは内部制御アプリケーションに使用します。

CTRL/PWMピンは、電流検出閾値を0.2V～1.2Vの範囲にわたって直線的に調整できます。CTRL/PWM調整範囲の下限は、真のゼロ電流設定値を可能にしつつ、全ての外部回路でのオフセットを許容できるように設定されます。CTRL/PWMピンの電圧が0.2Vより低くなると、CTRL/PWMピンはLED電流をゼロにすることを要求するようになり、0.1Vより低くなると、PWMオフ信号とみなされます。

CTRL/PWM調整範囲の上限では、CTRL/PWMピンの電圧が1.2Vを超えると、閾値の調整は250mVの固定最大閾値に移ります。250mVの固定閾値を使用するには、CTRL/PWMピンを1.2Vより高い電圧に接続することを推奨します。便宜上、CTRL/PWMピンはINTV_{CC}にそのまま接続してかまいません。

目的の電流検出閾値を得るために必要なCTRL/PWMピンの電圧は、式2で与えられます。

$$V_{CTRL/PWM} = 4 \cdot V_{(ISP-ISN)} + 0.2\text{V} \quad (2)$$

電流検出閾値とCTRL/PWMピンの電圧の全体的なグラフを図5に示します。

ADIMレジスタはCTRL/PWMピンでプログラムされた設定値をとり、その値を8ビットDAC機能に適用します。ここで、コード0はCTRL/PWM閾値の1/256に等しく、コード255は最大限のCTRL/PWM閾値に等しくなります。250mVの固定閾値の場合は、ADIM調整による閾値を式3で計算できます。

$$V_{(ISP-ISN)} = \frac{250\text{mV} \cdot (\text{ADIM} + 1)}{256} \quad (3)$$

内部制御と外部制御を組み合わせる調整する場合は、システム全体の精度を考慮することが重要です。CTRL/PWMピンとADIMレジスタの両方を非常に小さな値にプログラムすることは可能ですが、これら2つの小さな値の積は小さすぎてアンプが正確に調整できない可能性があります。

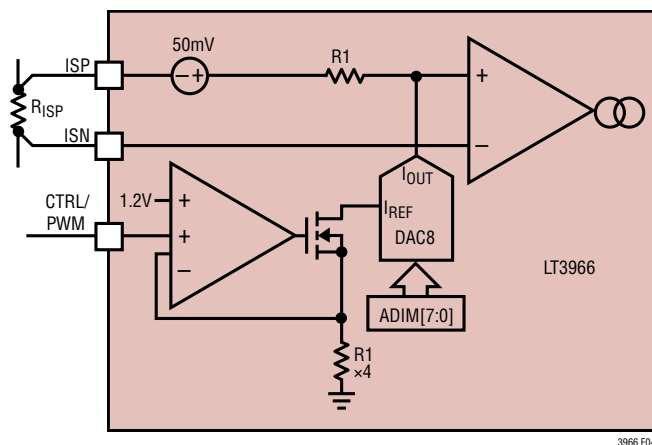


図4.

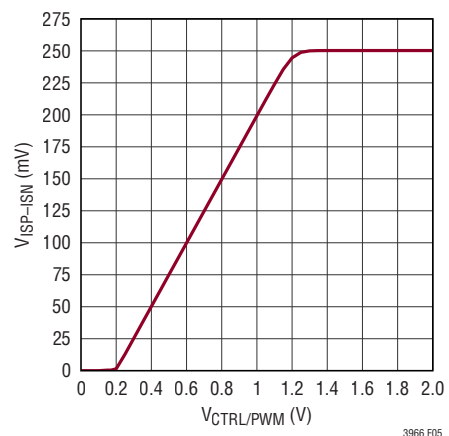


図5.

アプリケーション情報

ISP、ISNを使用した障害検出

LT3966は、ISP/ISN検出アンプを使用して、LEDでの過電流状態を検出します。ISP/ISN間の電圧がレギュレーション閾値の150% (370mV)を超えると、過電流障害が検出されます。LT3966は障害発生チャンネルでのスイッチングを停止し、TGをハイにして出力を遮断します。該当チャンネルのOCステータス・ビットで障害ステータスがラッチされ、そのチャンネルのOC_ENビットによって通知が有効になっている場合は $\overline{\text{ALERT}}$ フラグがアサートされます。

過電流に対する応答は、該当チャンネルのLATOFFビットの状態により異なります。LATOFFを設定していない場合、チャンネルはまず7168サイクルの冷却モードに入ってから、新しいソフトスタート・サイクルを再試行します。これは、一般に「ヒカプ」モードと呼ばれています。LATOFFビットを設定している場合、障害ビットまたはLATOFFビットをホストがクリアするまでチャンネルはオフ状態のままです。

LT3966の電圧帰還に問題がある場合は、追加の制限回路を組み込んで、ISPピンの電圧を最大62Vに調整します。ISPピンの電圧が62Vに達すると、スイッチングの設定値が減少して、ISPピンの電圧が62Vを超えないようになります。

TGドライバと外付けPMOSの選択

PWM調光と出力の遮断は、外付けのPMOSパス・デバイスを使用を通じて、TGピンによって制御されます。TGは、外付けPMOSのゲートを V_{ISP} から $V_{\text{ISP}} - 8.2\text{V}$ までの電圧に駆動することを目的としたレベルシフトMOSFETドライバを実現します。

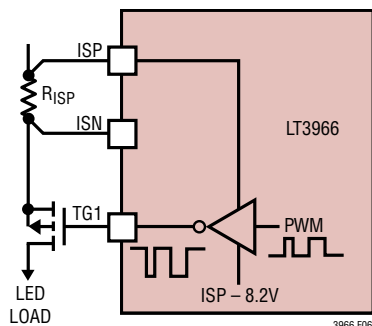


図6.

ゲート充電電流はLED電流検出抵抗を流れるので、TG遷移中の誤作動を防止するため、LEDの過電流検出では2 μs のブランキング時間が追加されます。この問題が最も多く発生するのは、わずかなLED電流に対して値の大きな検出抵抗を使用する場合です。この場合の代替案としては、使用する検出抵抗の値を小さくする方法と、CTRL/PWMピンまたはADIMレジスタを調整することによってISP-ISN間の閾値を小さくする方法があります。

PWM調光

LEDのPWM調光は、アナログ調光よりも効率、精度、および演色性の点で優れています。LT3966は、LED調光を内部と外部の両方で制御できます。PWM調光のオフ時間中、スイッチングは中断され、TGピンはプルアップされて外付けのPMOSをオフにします。また、内部制御電圧はトライステートになり、電圧値が保持されます。このようにして、LEDが次にオンしたときに、チップは適切な動作条件を素早く再開できます。

外部LED調光はCTRL/PWMピンを使用して制御され、内部調光は内蔵の調光信号発生器を使用して制御されます。最終的な調光制御信号は、CTRL/PWMの入力と内部の調光信号発生器の論理積です。調光信号発生器をDIMENビットまたはスタンドアロン・モードによってディスエーブルすると、調光はCTRL/PWMピン単独で制御されます。論理的表現を図7に示します。

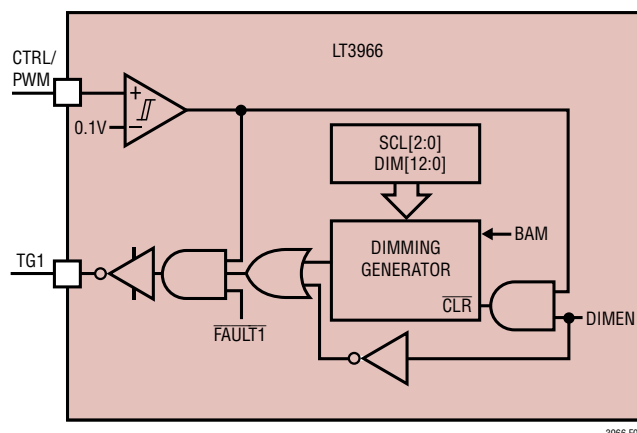


図7.

アプリケーション情報

DIMEN 信号と CTRL/PWM ピンの両方が調光信号発生器のカウンタをクリアする機能を備えていることに注目することが重要です。これは、内部調光と CTRL/PWM による外部オン／オフ制御を組み合わせる場合に好都合です。調光信号発生器のカウンタを外部のオン／オフ信号と同期させて再始動することにより、光出力にフリッカのない状態が最大デューティ・サイクルからゼロまで維持されます。

PWM 調光の CTRL/PWM 閾値は 0.1V です。単純なオン／オフ制御の場合は、1.5V～5V の標準ロジック信号を使用して PWM ピンを駆動できます。アナログ制御による調光の場合は、出力シャットダウンを実現する DAC を使用して PWM ピンを駆動するか、小型の NMOS トランジスタを使用して抵抗分圧器を単純にシャントします (図 8)。

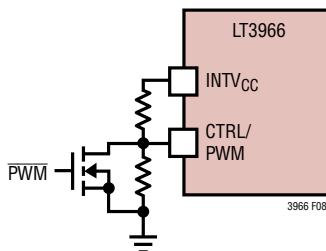


図 8.

内部の調光信号発生器は、 R_T によって決まるマスタ・クロック・レートで更新される可変長カウンタに基づいています。ロジックの全体像を図 9 に示します。

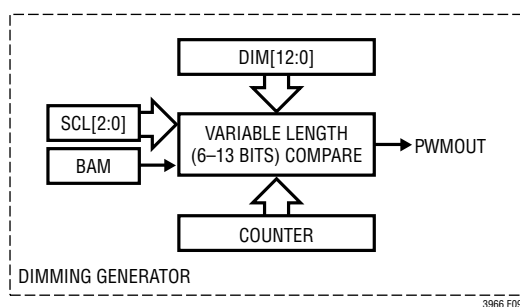


図 9.

スケール (SCL[2:0]) ビットは、調光信号発生器の比較長とサイクル長を 6 ビット (SCL = 000b) から 13 ビット (SCL = 111b) までの範囲で設定します。このサイクル長によって調

光の分解能が決まり、また、 R_T によって設定される MCLK の値に基づいて調光周波数が決まります (式 4)。

$$f_{\text{DIM}} = \frac{f_{\text{SW}}}{2^{(6+\text{SCL})}} \quad (4)$$

例えば、SCL = 111b を使用した 13 ビットの調光サイクルでは、2MHz の MCLK 周波数 ($R_T = 47.5\text{k}$) を使用した 244Hz の調光周波数のとき 8192:1 の分解能が得られます。

DIM[12:0] レジスタと BAM レジスタは、調光信号発生器のデューティ・サイクルと変調方式を制御します。PWM (パルス幅変調) 調光モード (BAM = 0) では、PWMOUT 信号がハイである一方で、DIM レジスタの値はカウンタの値より大きくなります。BAM (ビット角変調) モードでは、カウンタの MSB が DIM レジスタの値の 1 の位置に一致するときは、PWMOUT 信号が必ずハイになります。

これらの各方式で得られる波形の比較を図 10 に示します。DIM の値が 13 の場合、PWM モードでは、カウンタの最初のサイクルから始まり、持続時間が 13 クロック・サイクルの単一パルスが出力されます。BAM モードでは、1 番目、4 番目、8 番目のカウンタ・サイクルでの持続時間がそれぞれ 1 サイクル、4 サイクル、8 サイクルのパルスが出力されます。BAM モードでの合計のパルス持続時間は依然 13 クロック・サイクルに等しいままです。

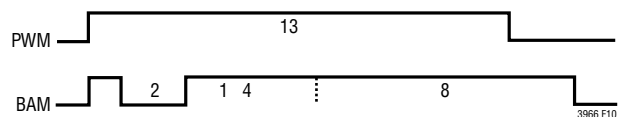


図 10.

調光信号発生器のデューティ・サイクルは、式 5 を使用して計算できます。

$$\text{Duty} = \frac{\text{DIM}}{2^{(6+\text{SCL})}} \quad (5)$$

システムは SCL で規定されたカウンタ・スケールを認識し、カウンタの最大値より大きな DIM の値を書き込まないようにします。DIM の値がカウンタの範囲を超えている場合、DIM の値は (6+SCL) より下位のビットが切り捨てられます。DIM の値 0 0000 0000 0001 は、SCL = 111b を除く全ての場合で 0 と解釈されます。

アプリケーション情報

調光コードの変更と調光の同期

グリッチを発生させずにDIMを変更するため、DIMの新しい値は、カウンタが0になるロールオーバーのとき、前の調光サイクルが完了した直後にのみ読み込まれます。こうすると、出力の短絡や出力のパルス波形異常を防止できますが、調光サイクル長によってはわずかな遅延が生じます。

DIMENビットを0に設定するか、チャンネルのCTRL/PWMピンをローにすることによってチャンネルの調光信号発生器をディスエーブルすると、該当チャンネルのカウンタは停止して0にクリアされます。調光信号発生器を再イネーブルした場合は、カウンタの値が他のチャンネルと同期しないことがあります。

LT3966では、ブロードキャスト・アドレス0x18への書き込み(図11)を開始することにより、I²Cバス上の全ての調光信号発生器を同期できます。

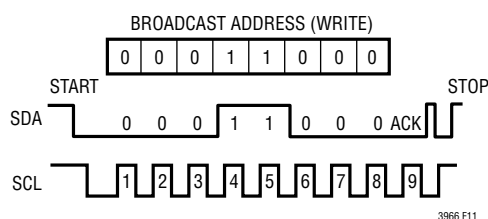


図11. I²Cブロードキャスト書き込み

調光信号発生器を同期するか、DIMENビットを0から1に変更することによって調光信号発生器をイネーブルすると、デバイスがカウンタをクリアして最新のDIMコードを読み込むときに出力が1クロック分の時間ローになります。

FB出力電圧の設定

LED列が断線した場合には、出力電圧の制限が必要です。出力電圧とGNDの間の抵抗分圧器にFBピンを接続することにより、最大出力電圧制限を設定できます(図12参照)。

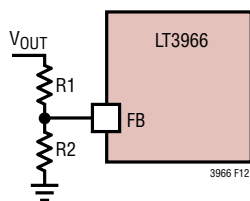


図12.

FBピンの電圧が1.2Vのレギュレーション点(式6)に達したときに出力電圧が目的の最大値に達するようにR1とR2を選択します。

$$V_{OUT} = 1.2 \cdot \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) \quad (6)$$

LEDを駆動する場合は、プロセスと温度のばらつきを考慮するときに出力電圧の設定値を駆動対象LEDの最大順方向電圧より高く設定します。

FBを使用した障害検出

LT3966は、FBピンの電圧を使用して短絡出力状態と過電圧出力状態、更には断線出力状態を検出します。これらの障害の条件と応答は次のとおりです。

- 短絡出力は、デバイスのソフトスタートが完了した後にFBピンの電圧が300mV以下にとどまることによって検出されます。応答では、チャンネルのSHORTステータス・ビットがアサートされ、SHORT_ENを設定している場合はデバイスのALERTピンもアサートされます。デバイスは、障害発生チャンネルのLATOFFビットの状態に応じてラッチオフするか、ヒカップ再試行サイクルに入ります。
- 出力過電圧は、FBピンの電圧がレギュレーション点を60mV超えること(合計: 1.26V)によって検出されます。応答では、チャンネルのOVFBステータス・ビットがアサートされ、OVFB_ENを設定している場合はデバイスのALERTピンもアサートされます。デバイスはスイッチングを停止し、TGピンの電圧を上昇させて出力を遮断し、FBピンの電圧が25mV低下したら通常動作を再開します。
- 出力の遮断は、FBピンの電圧が1.15V以上に達することと、LED電流がフルスケール値の10%より減少することの組み合わせによって検出されます。応答では、チャンネルのOPENステータス・ビットがアサートされ、OPEN_ENを設定している場合はALERTピンもアサートされます。この状態は標準的な定電圧レギュレーションとみなされ、チャンネルはスイッチングし続ける一方でFBピンの電圧を1.2Vに安定化します。

アプリケーション情報

イネーブルと外部 UVLO

LT3966 のイネーブル・ピンは、耐電圧が高い、高精度のコンパレータと、プログラム可能な外部 UVLO を生成するための 2μA ヒステリシス電流源を備えています。

EN ピンは、単純なオン／オフ制御の場合は 1.5V より高いロジック・レベル信号で駆動でき、常時オン動作の場合は入力に接続できます(最大 60V)。このピンは 1MΩ の抵抗を介して内部で 6V にクランプされており、6V より高い電圧まで駆動される場合に流れる電流は少量です。

EN ピンを外部 UVLO として使用するには、V_{IN} と GND の間の抵抗分圧器に EN ピンをそのまま接続します(図 13)。シャットダウン(の立下がり閾値)は 1.23V であり、立上がり閾値は 15mV の内部ヒステリシスにプログラム可能な外部ヒステリシスが加わります。外部ヒステリシスは、EN ピンの電圧が閾値より低いときは常に流れている 2μA のヒステリシス電流を使用することによって生じます。

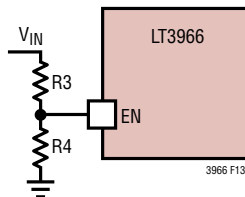


図 13.

EN ピンに適切な抵抗分圧器を選択するには、目的のヒステリシスに必要な上側の抵抗を最初に決めます。抵抗の値を大きくすると、2μA のヒステリシス電流源によって外部ヒステリシスが大きくなります(式 7)。

$$R3 = \frac{V_{HYST} - 0.015V}{2\mu A} \quad (7)$$

ヒステリシスの合計をほぼ 1V にするには、487k を選択するのが一般的です。

次に、R3 と EN ピンの立下がり閾値 1.23V に基づいて高精度の UVLO 立下がり閾値をプログラミングすることにより、下側の抵抗値を決めます(式 8)。

$$R4 = \frac{R3}{\left(\frac{V_{EN-FALL}}{1.23}\right) - 1} \quad (8)$$

したがって、UVLO の立上がり閾値は式 9 で与えられます。

$$V_{EN-RISE} = \frac{1 + R3}{R4} + 2\mu A \cdot R3 \quad (9)$$

EN ピンを複数タップの抵抗分圧器で使用する場合、EN ピンの電圧は安全に 60V に達することができるものの、EN ピンの電圧が 6V より大きくなると少量の電流が流れることに注意してください。

RT を使用した周波数設定

LT3966 では、全ての内部クロックとスイッチング・クロックの供給元となる単一のマスタ発振器を使用します。チャンネルが位相を 90°ずらしてスイッチングするよう、I²C を介してプログラムできます。

スイッチング周波数は、RT ピンと GND の間に 1 個の抵抗を接続することによって設定します。

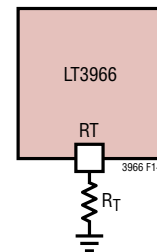


図 14.

表 2 または表 3 を使用して、目的のスイッチング周波数に適した R_T の値を決めます。

表 2. 単相のスイッチング周波数と R_T の値

SWITCHING FREQUENCY (SINGLE-PHASE)	R _T (kΩ)
300kHz	499
400kHz	261
500kHz	205
600kHz	174
700kHz	147
800kHz	127
900kHz	113
1MHz	100
1.2MHz	82.5
1.4MHz	69.8
1.6MHz	59
1.8MHz	52.3
2MHz	47.5

アプリケーション情報

表 3. 多相のスイッチング周波数と R_T の値

SWITCHING FREQUENCY (MULTI-PHASE)	R_T (k Ω)
300kHz	174
400kHz	127
500kHz	100
600kHz	82.5
700kHz	69.8
800kHz	59
900kHz	52.3
1MHz	47.5
1.2MHz	37.4
1.4MHz	31.6
1.6MHz	27.4
1.8MHz	23.7
2MHz	21

RTによる制限

安全で信頼できる動作を確保するため、 R_T を使用して発振器の範囲に最小と最大の両方の制限値を設定します。 R_T にオープン・サーキットが生じた場合、低い内部バイアス電圧によって約230kHzの下限が設定されます。また、上限を設定するためと R_T ピンの短絡から保護するために、 R_T ピン自体も電流が制限されています。この制限値は125 μ Aで、約7.5MHzの最大周波数に対応しています。

周波数の同期入力および出力

LT3966は、同期入力および同期出力用の双方向のクロック同期ピン(SYNC)を備えています。SYNCのデフォルトの状態は入力であり、LT3966を外部クロック源に同期させるために使用されます。1.5V～5Vのロジック・レベル・クロック出力を使用してSYNC入力を駆動し、外部同期を実現します。入力クロックのハイの時間が100nsより長い限り、外部クロックのデューティ・サイクルは重要ではありません。外部クロックに同期させる場合は、予想される同期周波数より約5%低い非同期の周波数が得られるように R_T 抵抗を設定します。これにより、内部クロックから外部クロックへの遷移時の外乱を最小限に抑えます。

また、SYNCピンを出力としてプログラムして、システム内にある他のLT3966に同期信号を供給することもできます。この

モードでは、デューティ・サイクルが50%で0V～2.5Vの方形波がSYNCピンから出力されます。SYNCピンを出力として使用するには、SYNCOUTレジスタ・ビットを1に設定します。SYNCOUTビットを設定した場合は、SYNCピンを外部クロックで駆動しないでください。

マルチフェーズ・スイッチング

入力リップル電流を低減するため、4つの昇圧コンバータを4相モードで動作させることができます。ここで、各コンバータのスイッチング・サイクルの立上がりエッジは90°の位相シフトで区切られます。

マルチフェーズ動作を有効にするには、MPHASEレジスタ・ビットを1に設定します。マルチフェーズ動作では、図15に示すように、昇圧コンバータのクロックの動作速度が、 R_T で設定したMCLKの半分になり、位相はチャンネルごとに90°ずれます。

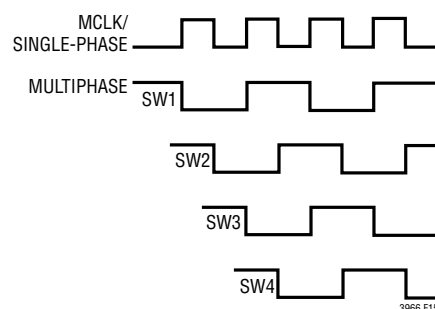


図 15.

マルチフェーズ・スイッチングを使用する場合、通常、MCLKの周波数は、 R_T を使用して、目的のスイッチング周波数の2倍になるように設定します。

昇圧チャンネルは半分の周波数で動作しますが、システムのMCLKは、引き続き R_T によって決まる周波数で動作します。これにより、他のLT3966デバイスへの同期が簡単になります。その理由は、SYNC出力とSYNC入力が、個々のLT3966のマルチフェーズ設定に関係なく、 R_T によって決まる最大限のMCLK周波数を常に使用するからです。ただし、A/Dコンバータ(ADC)のクロックはマスタ・クロックから供給されるため、MCLKの設定周波数が非常に高い場合は、ADCクロック・プリスケアラの使用が必要になることがあります。この設定の詳細については、ADCのセクションで説明します。

アプリケーション情報

同相調光／位相ずれ調光

入力リップル電流を低減するため、各チャンネルの調光動作を2つのモード(同相モードと位相ずれモード)のどちらかに個別にプログラムすることができます(図16参照)。同相モードで動作する場合は、CH2/CH3/CH4の調光サイクルの開始がCH1と揃います。位相ずれモードで動作する場合は、CH2/CH3/CH4の調光サイクルの開始が、CH1と比較してCH2/CH3/CH4の調光サイクルのそれぞれ1/4サイクル、半サイクル、3/4サイクル遅れます。同相動作を有効にするには、INPHレジスタ・ビットを1に設定し、位相ずれ動作を有効にする場合は、0に設定します。この機能を正常に機能させるには、INPHビットの変更後、I²Cブロードキャスト書き込み(図11参照)によって全ての調光信号発生器をリセットすることが必要です。

パワー部品の選択

LT3966は内部補償コンバータなので、外付けのパワー部品を選択してシステムの安定性を確保します。いくつかの簡単なガイドラインに従うことにより、この処理は簡略化して合理化することができます。

インダクタの選択

インダクタは、2つのパラメータ(飽和電流定格とインダクタンスの値)で選択します。スイッチング周波数を高くすると、イ

ンダクタンスの値を小さくすることができますが、代償としてスイッチング損失が大きくなります。

インダクタの飽和電流定格は、LT3966の電流制限値2.4Aに合致するように選択します。最大インダクタ電流(効率 = 100%)の概算は、最大LED電流と入出力比がベースになります(式10)。

$$I_L = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \cdot I_{LED} \quad (10)$$

目的のインダクタンスは、定常状態の電流リップルによって決まります。代表的な経験則は、インダクタ電流のリップルを最大でも最大インダクタ電流の20%に設定することです(式11、式12、および式13)。

昇圧:

$$L_{BOOST} \geq \left(\frac{V_{IN(MIN)} \cdot (V_{OUT(MAX)} - V_{IN(MIN)})}{V_{OUT(MAX)} \cdot 0.45A \cdot f_{SW}} \right) \quad (11)$$

降圧:

$$L_{BUCK} \geq \left(\frac{V_{OUT(MAX)} \cdot (V_{IN(MIN)} - V_{OUT(MAX)})}{V_{IN(MIN)} \cdot 0.45A \cdot f_{SW}} \right) \quad (12)$$

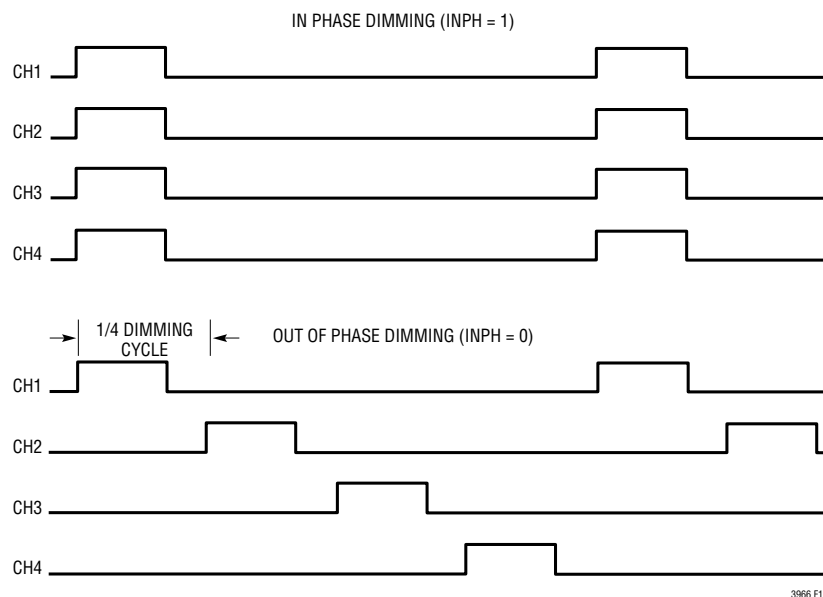


図 16.

アプリケーション情報

昇降圧:

$$L_{\text{BUCK}} \geq \left(\frac{V_{\text{IN(MIN)}} \cdot V_{\text{OUT(MAX)}} / V_{\text{IN(MIN)}} + V_{\text{OUT(MAX)}}}{0.45A \cdot f_{\text{SW}}} \right) \quad (13)$$

表4に、いくつかの推奨インダクタ・メーカーを示します。

表4. インダクタのメーカー

メーカー	Web
Würth Elektronik	www.we-online.com
Coilcraft	www.coilcraft.com
Cooper	www.cooperet.com

出力コンデンサの選択

出力コンデンサと、小信号時のLEDの順方向抵抗の組み合わせにより、出力電圧の平滑化の他に、周波数補償の出力ポールが得られます。

LEDの順方向抵抗(R_{LED})はLEDのデータシートから求められ、代表的な150mAのLEDの場合は約10Ωです。順方向抵抗は低電流時に最大になり、最大駆動電流時に最小になります。1列の直列LEDの順方向抵抗の合計は $n \cdot R_{\text{LED}}$ です。ここで、 n は列内にあるLEDの数です。

LT3966では、出力ポールの最小周波数が2kHzより大きくなるように C_{OUT} を選択します(式14)。

$$C_{\text{OUT}} \leq \frac{1}{12500 \cdot n \cdot R_{\text{LED}}} \quad (14)$$

ほとんどの場合は、2.2μFの出力コンデンサを選択するのが妥当です。

ショットキー整流ダイオード

パワー・ショットキー・ダイオードは、パワー・スイッチのオフ時間中にスイッチング電流を導通させます。動作余裕を持たせるため、定格が $1.5 \cdot I_{\text{LED}}$ 以上のダイオードを選択します。逆方向ブレイクダウン電圧は、回路内で予想される最大出力電圧より20%以上大きくなるようにしてください。LEDが切り離された場合は、FBの分圧器で規定された制限値まで出力電圧が駆動されることに注意してください。

障害および障害の処理

ステータス・ビットとALERT

LT3966の障害処理は、LEDドライバ・チャンネルごとに独立しています。4種類の障害を検出します。それは、LEDの過電流、LEDの短絡、LEDの断線、および出力過電圧です。検出条件に関するその他の情報については、LED電流検出アンプ、およびFBアンプのセクションで説明します。

前述したように、障害の各タイプはチャンネルのステータス・ビットで通知され、同じレジスタの障害イネーブル・ビットの設定により、オプションでオープンドレインのALERTピンで通知することもできます。障害のイネーブル・ビットを設定すると、障害ステータスがラッチされ、障害が検出された場合はALERTピンがアサートされます。クリアするステータス・ビットに0を書き込むか、クリアするステータス・ビットイネーブル・ビットに0を書き込んで、障害を無効化します。障害のENマスク・ビットを設定していない場合、ステータス・ビットを読み出すと、常にその時点での障害のステータスが得られますが、ステータスはラッチされることもALERTピンで通知されることもありません。

スタンドアロン・モードでは、マスク・ビットが無視され、全ての障害の論理和がALERTピンで通知されます。このインジケータはラッチされず、障害が存在する場合に限りアサートされます。スタンドアロン・モードで障害が検出されなかった場合、ALERTピンは高インピーダンスに戻ります。

ヒカップ・モードとラッチオフ・モード

LED過電流状態および短絡LED状態は、チャンネルのラッチオフ(LATOFF)ビットの状態によって異なる内部障害応答の原因になります。これらの障害のいずれかが発生した場合は、スイッチングが停止し、チャンネルのTGピンがハイになって出力が遮断され、デバイスは7168サイクルの冷却期間終了まで待機します。

この時点でチャンネルのLATOFFビットが設定されている場合、ENピンまたはシステム電源を切り替えるか、チャンネルのOFFビットを切り替えるか、またはLATOFFビット自体をクリアすることによってリセットされるまで、デバイスはスイッチしない静止状態のままです。

チャンネルのLATOFFビットが設定されていない場合、デバイスは冷却期間の完了後に新しいソフトスタート・サイクルを開始しようとします。障害が持続すると、冷却と再試行が続く状況になります。これは、よく「ヒカップ」モードと呼ばれます(図17および図18参照)。

アプリケーション情報

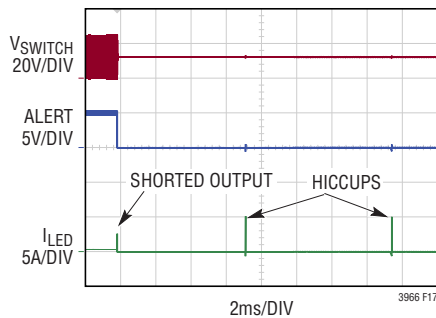


図 17. オシロスコブのショット-ヒカップ

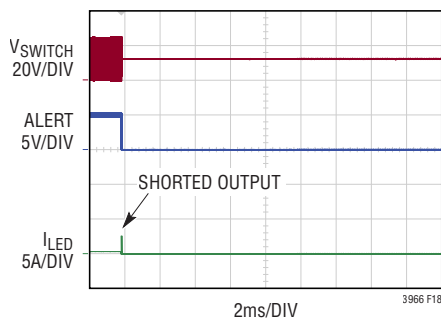


図 18. オシロスコブのショット-LATOFF

ブロードキャスト・アラート応答

共通バス上のどのデバイスに障害が発生したかを判別するため、LT3966は標準アドレス0001100でのブロードキャスト・アラート応答をサポートしています(図19)。有効化された障害ステータス・ビットに関する障害が発生したLT3966は、ブロードキャスト読出しコマンド(0x19)を受け取ると、アービトレーションを開始します。アービトレーション中、PECは使用されません。送信されることも、見込まれることもありません。アービトレーション中、障害が発生したLT3966はそれ自体のアドレスをホストにクロック同期出力しようとします。I²Cデータ・ラインはドレイン共通であるため、最下位アドレスを持つデバイスは、他のデバイスが1を出力しようとしているときに0を出力することにより、最終的にアービトレーションを獲得します。LT3966は、アービトレーションを獲得できなかった場合、停止して新たなブロードキャスト試行を待機

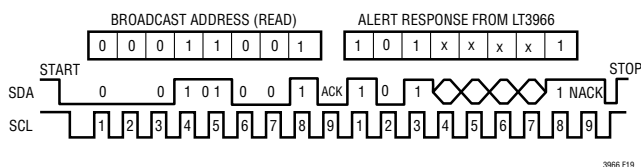


図 19. I²C ブロードキャスト・アラート応答

しながらALERTラインをアサートした状態で維持します。LT3966は、アービトレーションを正常に完了すると、ALERTラインでのプルダウン状態を解放します。その後、障害ステータス・ビットをホストが読み出して、ALERTの原因を特定できます。

ARA アービトレーションがALERTラインをいったん解放したら、障害ステータス・ビットがクリアされ、新たな障害が検出されるまで、LT3966がALERTラインを再びローにすることはありません。

その他の機能

ウォッチドッグ・タイマー

I²Cバスでの断線に対する信頼性を確保するため、オプションのウォッチドッグ・タイマー機能が用意されています。ウォッチドッグ・タイマーは、レジスタ0x00のWDTENビットによってイネーブルされます。

ウォッチドッグ・タイマーは、独立した40kHz発振器と、I²Cバス上で開始条件を検出するとリセットされる100msカウンタを内蔵しています。ウォッチドッグ・タイマーは、いったんイネーブルされると、I²C開始条件を使用してI²Cトランザクションをときおり開始することをホストに要求します。ウォッチドッグ・タイマーをリセットするのにデータ転送は必要ありません。

100msのウォッチドッグ期間が経過するまでにI²C開始条件が検出されなかった場合、LT3966は電源投入時のデフォルト状態にリセットされ、レジスタ0x00にウォッチドッグ・フラグ・ビット(WDTFLAG)が設定されます。

デバイスIDレジスタ

LT3966は、レジスタ空間の上位3アドレスにデバイス識別マークを収容しています。読み出したとき、アドレス0xFD、0xFE、および0xFFには、BCDエンコード値03、96、および60がそれぞれ入っています。

ADCの動作

ADCの構造と動作

LT3966は、システムの様々なパラメータを測定するのに使用する11入力の8ビットSAR ADCを内蔵しています。これらのパラメータに含まれるのは、4つのLEDドライバ・チャンネル、補正済み入力電圧、および2つの汎用外部入力それぞれの対するFBピン電圧とLED電流です。ADCのアーキテクチャの全体像を図20に示します。

アプリケーション情報

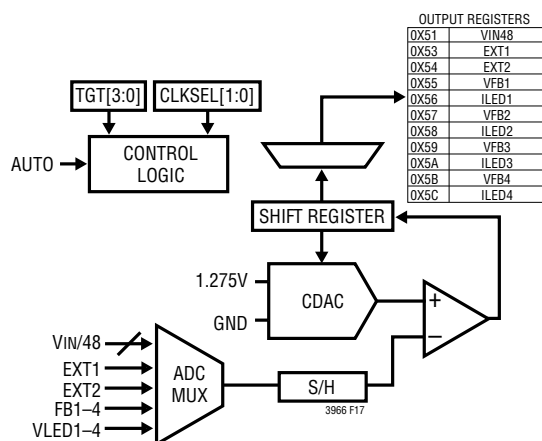


図20. オシロスコープのショット - LATOFF

電圧を測定するとき、ADCの範囲は0V～1.275Vであり、LSBは5mVです。

ADCは手動(シングル)モードまたは自動モードで使用できます。手動モードでは、TGT[3:0]レジスタで指定された単一のターゲットに対して1回の変換が行われ、結果はターゲットのデータ・レジスタに格納されます。ADCは変換完了後に電源が切れます。自動モード(RUN = AUTO = 1)では、動作状態の全てのターゲットが順繰りに連続して測定されます。最後のターゲットが完了すると、コンバータはもう一度最初のターゲットから開始します。これにより、イネーブル状態の全てのターゲットについて、いつでも最新のデータを確保できます。

手動モード - 反復変換

手動モード(RUN = 1, AUTO = 0)では、同じターゲットに対して複数回の反復変換をわずかなオーバーヘッドで実行できます。最初の変換が始まるのは、ADCのRUNビットに1が書き込まれる転送でI²C停止信号を検出した直後です。ADCは1回の変換を完了したらスリープ・モードに入ります。

RUNビットをクリアせずにADCの結果を読み出すと、データ読出しに続くI²C停止信号のときに新しい変換がトリガされます。このような方法で、回数制限のない変換および読出しを連続して実行できます。

反復変換を使用する場合は、変換を完了してからデータを読み出すことができるように、I²C停止信号と次のI²C開始信号の間に少なくとも20周期分のADCクロック周期に相当する変換時間(t_{CONV})が必要です。この時間は、 R_T と、ADCのCLKSELレジスタ・ビットの値により異なります。データの読出し準備が整う前に新しいI²C開始信号が生じると、データ読出しの対象は前の変換のデータになり、新しいデータは次のI²C停止信号を検出するとすぐに転送されます。適切なタイミングを図21に示します。

自動モード

ADCは、AUTOビットが設定されると、自動モードで動作します。このモードでは、ADCは連続的に動作して、動作状態の各入力を測定し、ターゲットのデータ・レジスタを更新します。このシーケンスは無限に繰り返され、次回の変換を開始するためのI²C停止信号を待機しません。更に、データはいつでも読み出すことができます。このようにして、自動モードでは動作状態の全てのターゲットについて、常に最新のデータが得られます。

ディセーブルされているチャンネル(OFF = 1)の場合、そのチャンネルのFBピンの電圧と I_{LED} の測定は両方ともスキップされます。イネーブルされているチャンネルでありながら、CTRL/PWMの電圧または調光信号発生器信号がローの時間からPWM信号がオフの時間である場合、コンバータはそのチャンネルをスキップしませんが、代わりにチャンネルのPWM信号が立ち上がるのを待ってからサンプリングを開始します。CTRL/PWMを外部調光に使用する場合、外部信号のオフ時間が長いと、それと同じ時間ADCの測定シーケンスが中断することに注意してください。

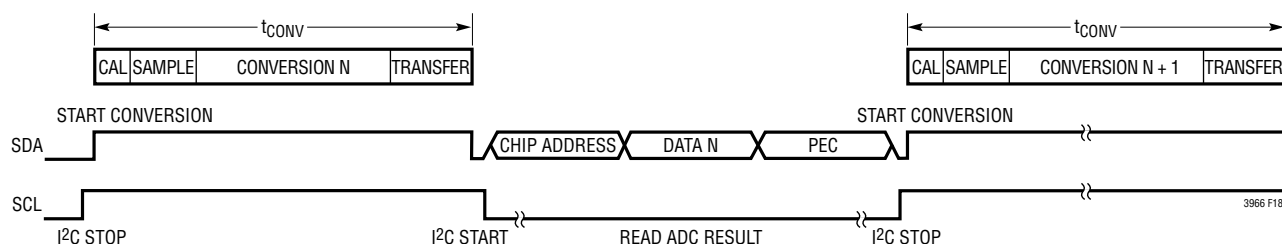


図21.

アプリケーション情報

手動モードから自動モードに切り替わる時に、変換は、TGT[3:0]で指定されているターゲットから開始されます。

ADCのターゲット0 – VIN/48

最初のターゲット(TGT = 000)は、チップ入力電圧の1/48補正版であり、入力電圧またはバッテリー状態のモニタリングに適しています。分解能が5mV/LSBでスケールが48倍なので、入力での分解能はおよそ240mV/LSBになります。VINの入力範囲は3V～60Vで、コード範囲は10進法でおよそ12～250になります。変換データから入力電圧を求めるには、式15を使用します。

$$V_{IN} \text{ (V)} = 0.24 \cdot V_{IN}[7:0]$$

(15)

ADCのターゲット2～3 – 外部入力

LT3966は、EXT1とEXT2に、ADCへの外部アナログ入力があります。これらの入力の動作範囲は0V～1.275Vであり、変換の分解能は5mV/LSBです。

EXT1入力とEXT2入力は内部で1.7Vにクランプされ、2kの直列抵抗が接続されていますが、これらのピンの絶対最大定格は5.5Vです。クランプ電圧の1.7Vを超えると、EXT1入

力とEXT2入力に電流が流れますが、損傷が生じることはありません。電圧が1.275Vより高いと、ADCの変換ではフルスケール(0xFF)が読み出されます。

ADCのターゲット4～11 – LEDドライバのパラメータ

最後の8つのターゲットは、順に、4つのチャンネルのそれぞれに対するFBピンの電圧とLED電流です。FBの測定値は、FBピンでの電圧を直接表現したものであり、LED電流の測定値は、ISPとISNの間の検出電圧を4倍したものです。

ADCクロックの選択

ADCクロックは、RTでプログラムされたシステムのマスタ・クロック(MCLK)から得られます。最高の結果を得るには、1μs～2μsのADCクロックを推奨します。MCLKからADCクロックへ縮小するには、CLKSEL[1:0]ビットを使用します。

CLKSEL[1:0]	ADC CLOCK
00	MCLK
01	MCLK/2
10	MCLK/4
11	MCLK/8

レジスタの表

ADDR	NAME	DESCRIPTION	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
グローバル・レジスタ										
0x00	GLBCFG	Global Config	WDTFLAG	WDTEN	MPHASE	CLKOUT	OFF4	OFF3	OFF2	OFF1
チャンネル1										
0x10	STAT1	Status/Status CFG	OC_EN 1	SHORT_EN1	OPEN_EN1	OVFB_EN1	OC1	SHORT1	OPEN1	OVFB1
0x11	CFG1	Channel 1 Config	x	x	x	x	INPH1	FLAT1	BAM1	DIMEN1
0x12	DIM1H	PWM Dim Value CH1	SCL12	SCL11	SCL10	DIM14	DIM13	DIM12	DIM11	DIM10
0x13	DIM1L	PWM Dim Value CH1	DIM112	DIM111	DIM110	DIM19	DIM18	DIM17	DIM16	DIM15
0x14	ADIM1	Analog Dimming CH1	ADIM17	ADIM16	ADIM15	ADIM14	ADIM13	ADIM12	ADIM11	ADIM10
チャンネル2										
0x20	STAT2	Status/Status CFG	OC_EN 2	SHORT_EN2	OPEN_EN2	OVFB_EN2	OC2	SHORT2	OPEN2	OVFB2
0x21	CFG2	Channel 2 Config	x	x	x	x	INPH2	FLAT2	BAM2	DIMEN2
0x22	DIM2H	PWM Dim Value CH2	SCL22	SCL21	SCL20	DIM24	DIM23	DIM22	DIM21	DIM20
0x23	DIM2L	PWM Dim Value CH2	DIM212	DIM211	DIM210	DIM29	DIM28	DIM27	DIM26	DIM25
0x24	ADIM2	Analog Dimming CH2	ADIM27	ADIM26	ADIM25	ADIM24	ADIM23	ADIM22	ADIM21	ADIM20
チャンネル3										
0x30	STAT3	Status/Status CFG	OC_EN3	SHORT_EN3	OPEN_EN3	OVFB_EN3	OC3	SHORT3	OPEN3	OVFB3
0x31	CFG3	Channel 3 Config	x	x	x	x	INPH3	FLAT3	BAM3	DIMEN3
0x32	DIM3H	PWM Dim Value CH3	SCL32	SCL31	SCL30	DIM34	DIM33	DIM32	DIM31	DIM30
0x33	DIM3L	PWM Dim Value CH3	DIM312	DIM311	DIM310	DIM39	DIM38	DIM37	DIM36	DIM35
0x34	ADIM3	Analog Dimming CH3	ADIM37	ADIM36	ADIM35	ADIM34	ADIM33	ADIM32	ADIM31	ADIM30
チャンネル4										
0x40	STAT4	Status/Status CFG	OC_EN4	SHORT_EN4	OPEN_EN4	OVFB_EN4	OC4	SHORT4	OPEN4	OVFB4
0x41	CFG4	Channel 4 Config	x	x	x	x	INPH4	FLAT4	BAM4	DIMEN4
0x42	DIM4H	PWM Dim Value CH4	SCL42	SCL41	SCL40	DIM44	DIM43	DIM42	DIM41	DIM40
0x43	DIM4L	PWM Dim Value CH4	DIM412	DIM411	DIM410	DIM49	DIM48	DIM47	DIM46	DIM45
0x44	ADIM4	Analog Dimming CH4	ADIM47	ADIM46	ADIM45	ADIM44	ADIM43	ADIM42	ADIM41	ADIM40
ADC										
0x50	ADCCFG	ADC Config	RUN	AUTO	CLKSEL1	CLKSELO	TGT3	TGT2	TGT1	TGT0
0x51	VIN	Scaled Input Voltage	VIN7	VIN6	VIN5	VIN4	VIN3	VIN2	VIN1	VIN0
0x53	EXT1	External Voltage 1	EXT17	EXT16	EXT15	EXT14	EXT13	EXT12	EXT11	EXT10
0x54	EXT2	External Voltage 2	EXT27	EXT26	EXT25	EXT24	EXT23	EXT22	EXT21	EXT20
0x55	VFB1	Ch 1 FB Voltage	VFB17	VFB16	VFB15	VFB14	VFB13	VFB12	VFB11	VFB10
0x56	ILED1	Ch 1 LED Current	ILED17	ILED16	ILED15	ILED14	ILED13	ILED12	ILED11	ILED10
0x57	VFB2	Ch 2 FB Voltage	VFB27	VFB26	VFB25	VFB24	VFB23	VFB22	VFB21	VFB20
0x58	ILED2	Ch 2 LED Current	ILED27	ILED26	ILED25	ILED24	ILED23	ILED22	ILED21	ILED20
0x59	VFB3	Ch 3 FB Voltage	VFB37	VFB36	VFB35	VFB34	VFB33	VFB32	VFB31	VFB30
0x5A	ILED3	Ch 3 LED Current	ILED37	ILED36	ILED35	ILED34	ILED33	ILED32	ILED31	ILED30
0x5B	VFB4	Ch 4 FB Voltage	VFB47	VFB46	VFB45	VFB44	VFB43	VFB42	VFB41	VFB40
0x5C	ILED4	Ch 4 LED Current	ILED47	ILED46	ILED45	ILED44	ILED43	ILED42	ILED41	ILED40

レジスタの表

ADDR	NAME	DESCRIPTION	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
製品 ID (BCD エンコード、03 96 60)										
0xFD	ID0	Part ID High	0	0	0	0	0	0	1	1
0xFE	ID1	Part ID Mid	1	0	0	1	0	1	1	0
0xFF	ID2	Part ID Low	0	1	1	0	0	0	0	0

グローバル設定レジスタ

デフォルト値: 0000 0000

ADDR	NAME	DESCRIPTION	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0x00	GLBCFG	Channel Config	WDTFLAG	WDTEN	MPHASE	CLKOUT	OFF3	OFF2	OFF1	OFF0

ビットの説明

- b[7] **WDTFLAG**: ウォッチドッグ・タイマーのステータス。このビットは、デバイスがWDTによってリセットされているかどうかを示します。WDTをデイスエーブルすればクリアされます。
- b[6] **WDTEN**: ウォッチドッグ・タイマーのイネーブル。設定すると、通信インターフェースが正常であることを確認するため、LT3966は100msごとにI²C開始条件が必要になります。I²C開始信号が検出されずにWDTの期限が切れると、デバイスはパワーオン・リセットを強制的に実行してデフォルトの状態に戻ります。
- b[5] **MPHASE**: マルチフェーズDC/DCコンバータのクロック動作。MPHASEを設定すると、4つのDC/DCコンバータ・チャンネルはMCLK/2で動作し、各チャンネル間の位相は90°ずれます。
- b[4] **CLKOUT**: SYNCピンの方向。デフォルト = 0、SYNC = 入力。設定すると、SYNCピンは出力になり、他のデバイスを同期するためにMCLK信号を駆動します。出力周波数はMPHASEの状態に関係なく、常にMCLKの周波数になります。これにより、スレーブのLT3966は、マルチフェーズ・モードでもマスタのLT3966と同じ周波数で動作できます。
- b[3:0] **OFF[3:0]**: 各チャンネルのオフ／オン制御。チャンネルはデフォルトでは全てオンであり、ENによって制御されます。チャンネルをデイスエーブルするには、OFFビットを設定します。

レジスタの詳細

LEDドライバ・チャンネル・レジスタ

4つのLEDドライバ・チャンネルのそれぞれは、その4つのレジスタ・バンクを介して設定されます。これらのチャンネル・レジスタは、4チャンネルの場合、それぞれアドレス0x10～0x13、0x20～0x23、0x30～0x33、0x40～0x43にあります。

デフォルト値: 0000 0000、0000 0000、0000 0000、1111 1111

OFFSET	NAME	DESCRIPTION	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0x00	STAT	Status/Status CFG	OC_EN	SHORT_EN	OPEN_EN	OVFB_EN	OC	SHORT	OPEN	OVFB
0x01	CFG	Channel Config	x	x	x	x	INPH	LATOFF	BAM	DIMEN
0x02	DIMH	PWM Dim Value	SCL2	SCL1	SCL0	DIM4	DIM3	DIM2	DIM1	DIM0
0x03	DIML	PWM Dim Value	DIM12	DIM11	DIM10	DIM9	DIM8	DIM7	DIM6	DIM5
0x04	ADIM	Analog Dimming	ADIM7	ADIM6	ADIM5	ADIM4	ADIM3	ADIM2	ADIM1	ADIM0

ビットの説明

STAT

OFFSET	NAME	DESCRIPTION	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0x00	STAT	Status/Status CFG	OC_EN	SHORT_EN	OPEN_EN	OVFB_EN	OC	SHORT	OPEN	OVFB

b[7] **OC_EN**: LED過電流通知のイネーブル。ALERTピンでのLED過電流障害通知をイネーブルするには、このビットをハイに設定します。クリアした場合は、LEDの過電流発生時にALERTがトリガされません。

b[6] **SHORT_EN**: 短絡LED通知のイネーブル。ALERTピンでのSHORTLED障害通知をイネーブルするには、このビットをハイに設定します。クリアした場合は、SHORTLED発生時にALERTがトリガされません。

b[5] **OPEN_EN**: 断線LED通知のイネーブル。ALERTピンでのOPENLED障害通知をイネーブルするには、このビットをハイに設定します。クリアした場合は、OPENLED発生時にALERTがトリガされません。

b[4] **OVFB_EN**: FB過電圧通知のイネーブル。ALERTピンでのFB過電圧障害通知をイネーブルするには、このビットをハイに設定します。クリアした場合は、OPENLED発生時にALERTがトリガされません。

b[3] **OC**: LEDの過電流ステータス。このビットは、ISP-ISN間の検出アンプで375mV以上の差動電圧が検出されるとアサートされます。対応するOC_ENビットをイネーブルすると、ALERTがアサートされてステータス・ビットがラッチされます。この状態は、ホストがOCまたはOC_ENに0を書き込むまで続きます。対応するイネーブル・ビットをクリアすると、ステータスはラッチされず、LED過電流検出器の現在の状態が反映されます。

チャンネルのLATOFF(ラッチオフ)ビットを設定すると、ホストがOCまたはLATOFFに0を書き込むまで、LEDの過電流障害が原因で障害発生チャンネルのラッチ状態シャットダウンという結果になります。チャンネルのLATOFFビットを設定しない場合、障害発生チャンネルは、シャットダウンしてから再起動しようとするヒカップ・サイクルに入ります。

レジスタの表

- b[2] **SHORT**: 短絡LEDのステータス。このビットがアサートされるのは、対応するチャンネルのFBピンが300mVより低い電圧になり、内部ソフトスタートが完了したときです。対応するSHORT_ENビットをイネーブルすると、**ALERT**がアサートされて障害ステータスがラッチされます。この状態は、ホストがSHORTまたはSHORT_ENに0を書き込むまで続きます。対応するイネーブル・ビットをクリアすると、ステータスはラッチされず、短絡LED検出器の現在の状態が反映されます。

チャンネルのLATOFF(ラッチオフ)ビットを設定すると、ホストがSHORTまたはLATOFFに0を書き込むまで、短絡LED障害が原因で、障害発生チャンネルのラッチ状態シャットダウンという結果になります。チャンネルのLATOFFビットを設定しない場合、障害発生チャンネルは、シャットダウンしてから再起動しようとするヒカップ・サイクルに入ります。

- b[1] **OPEN**: OPENLEDステータス。このビットがアサートされるのは、対応するチャンネルのFBピンが1.15Vより高い電圧になり、ISP-ISN間の電圧が25mVより小さくなったときです。対応するOPEN_ENビットをイネーブルすると、**ALERT**がアサートされ、障害ステータスがラッチされます。この状態は、ホストがOPENまたはOPEN_ENに0を書き込むまで続きます。対応するイネーブル・ビットをクリアすると、ステータスはラッチされず、LED断線検出器の現在の状態が反映されます。

断線LEDがヒカップ状態またはラッチオフ状態を引き起こすことはありません。

- b[0] **OVFB**: FB過電圧ステータス。このビットがアサートされるのは、対応するチャンネルのFBピンの電圧が1.26Vより高くなったときです。対応するOVFB_ENビットをイネーブルすると、**ALERT**がアサートされてステータス・ビットがラッチされます。この状態は、ホストがOVFBまたはOVFB_ENに0を書き込むまで続きます。対応するイネーブル・ビットをクリアすると、ステータスはラッチされず、FB過電圧検出器の現在の状態が反映されます。

FBピンの過電圧がヒカップ状態またはラッチオフ状態を引き起こすことはありません。

LEDドライバの設定

OFFSET	NAME	DESCRIPTION	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0x01	CFG	Channel Config	x	x	x	x	INPH	LATOFF	BAM	DIMEN

ビットの説明

- b[7:4] **RFU**: 予備。ビットは0として読み出され、書込みには何の効力もありません。
- b[3] **INPH**: 同相モードの選択。このビットを1に設定すると、調光は同相になります。つまり、チャンネルの調光サイクルの位相がCH1と揃います。0に設定すると、調光の位相がずれます。この場合は、CH2/CH3/CH4の調光サイクルの開始が、CH1と比較してCH2/CH3/CH4の調光サイクルのそれぞれ1/4サイクル、半サイクル、3/4サイクル遅れます。
- b[2] **LATOFF**: ラッチオフ・モード。このビットを設定すると、OC障害またはSHORT障害が原因でチャンネルがラッチオフします。その状態は、障害ビットがマスタによってクリアされるまで続きます。LATOFFがクリアされると、チャンネルはヒカップ・モードに入って再試行します。
- b[1] **BAM**: ビット角変調の選択。このビットを1に設定すると、調光信号発生器はビット角変調信号を出力します。このビットを0に設定すると、調光信号発生器はパルス幅変調信号を出力します。
- b[3:0] **DIMEN**: 調光信号発生器のイネーブル・ビット。PWM調光信号は、調光信号発生器出力とCTRL/PWMコンパレータ出力の論理積です。DIMEN = 0にすると、PWM信号発生器はディスエーブルされてバイパスされ、調光はCTRL/PWMコンパレータ単独で制御されます。

レジスタの表

LEDドライバの調光信号発生器

OFFSET	NAME	DESCRIPTION	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0x02	DIMH	PWM Dim Value	SCL2	SCL1	SCL0	DIM4	DIM3	DIM2	DIM1	DIM0
0x03	DIML	PWM Dim Value	DIM12	DIM11	DIM10	DIM9	DIM8	DIM7	DIM6	DIM5

ビットの説明

- b[7] **SCL[2:0]**: PWM サイクル長の選択。0～7の値により、6～13ビットのPWMカウンタ長が選択されます。これにより、PWM信号発生器の周期がマスタ・クロックの $n = 2^{(6 + \text{SEL})}$ カウントに設定されます。DIMの値がカウンタの長さを超えている場合、DIMの値は(6+SCL)より下位のビットが切り捨てられます。DIMの値 0 0000 0000 0001 は、SCL = 111bを除く全ての場合で0と解釈されます。
- b[4] **DIM[12:0]**: PWM調光の設定値。PWM信号発生器のオン時間を指定します。ここで、周期はSELによって規定されます。したがって、PWMのデューティ・サイクルはDIM/nになり、範囲は0～(n-1)/nになります。オン時間を100%にするには、DIMENビットを使用して単に調光信号発生器をディスエーブルします。

LEDドライバのアナログ調光

Offset	Name	Description	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0x04	ADIM	Analog Dimming	ADIM7	ADIM6	ADIM5	ADIM4	ADIM3	ADIM2	ADIM1	ADIM0

ビットの説明

- b[7] **ADIM[7:0]**: CTRLで設定された外部電流検出閾値をADIMレジスタの値で変調します。ADIM[7:0]のデフォルト値は255です。

ADCレジスタ

ADCの設定

デフォルト値: 0000 0000

ADDR	NAME	DESCRIPTION	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0x50	ADCCFG	ADC Config	RUN	AUTO	CLKSEL1	CLKSEL0	TGT3	TGT2	TGT1	TGT0

レジスタの表

ビットの説明

ADCCFG1

- b[7] **RUN**: 1 に設定して変換を開始します。
- b[6] **AUTO**: TGT[3:0] で指定したターゲットでの 1 回の変換の場合は 0 に設定します。自動連続変換の場合は 1 に設定します。自動連続モードでは、動作状態の全ての入力が増幅器に繰り返し測定されます。**ディセーブル(OFF)**されているチャンネルは全てスキップされますが、PWM がローのときまだイネーブルされているチャンネルでは、PWM が次にハイになるまで ADC が待機します。PWM がハイになると、変換が実行され、シーケンスが続行されます。データはダブル・バッファ処理されるため、結果レジスタには常に有効なデータが格納されます。
- b[5:4] **CLKSEL[1:0]**: ADC クロック分周器を選択します。最高の結果を得るには、ADC ビットの時間を 1 μ s より大きい値に設定します。

CLKSEL[1:0]	ADC CLOCK
00	MCLK
01	MCLK/2
10	MCLK/4
11	MCLK/8

- b[3:0] **TGT[3:0]**: シングル変換モードでのみ使用します。以下の表に示すように変換目標を設定します。

TGT[3:0]	TARGET	TGT[3:0]	TARGET
0x00	Scaled V_{IN}	0x08	CH3 V_{FB}
0x01	Not Valid	0x09	CH3 I_{LED}
0x02	External 1	0x0A	CH4 V_{FB}
0x03	External 2	0x0B	CH4 I_{LED}
0x04	CH1 V_{FB}	0x0C	Not valid
0x05	CH1 I_{LED}	0x0D	Not valid
0x06	CH2 V_{FB}	0x0E	Not valid
0x07	CH2 I_{LED}	0x0F	Not valid

レジスタの表

ADC 結果レジスタ

デフォルト値: ADC が書き込むまで不確定

ADDR	NAME	DESCRIPTION	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0x51	VIN	VIN/48	VIN7	VIN6	VIN5	VIN4	VIN3	VIN2	VIN1	VIN0
0x53	EXT1	External Voltage 1	EXT17	EXT16	EXT15	EXT14	EXT13	EXT12	EXT11	EXT10
0x54	EXT2	External Voltage 2	EXT27	EXT26	EXT25	EXT24	EXT23	EXT22	EXT21	EXT20
0x55	VFB1	Ch 1 FB Voltage	VFB17	VFB16	VFB15	VFB14	VFB13	VFB12	VFB11	VFB10
0x56	ILED1	Ch 1 LED Current	ILED17	ILED16	ILED15	ILED14	ILED13	ILED12	ILED11	ILED10
0x57	VFB2	Ch 2 FB Voltage	VFB27	VFB26	VFB25	VFB24	VFB23	VFB22	VFB21	VFB20
0x58	ILED2	Ch 2 LED Current	ILED27	ILED26	ILED25	ILED24	ILED23	ILED22	ILED21	ILED20
0x59	VFB3	Ch 3 FB Voltage	VFB37	VFB36	VFB35	VFB34	VFB33	VFB32	VFB31	VFB30
0x5A	ILED3	Ch 3 LED Current	ILED37	ILED36	ILED35	ILED34	ILED33	ILED32	ILED31	ILED30
0x5B	VFB4	Ch 4 FB Voltage	VFB47	VFB46	VFB45	VFB44	VFB43	VFB42	VFB41	VFB40
0x5C	ILED4	Ch 4 LED Current	ILED47	ILED46	ILED45	ILED44	ILED43	ILED42	ILED41	ILED40

レジスタ 0x51 および 0x53～0x5C は、11 チャンネルの ADC 結果を保持します。これらは読出し専用レジスタです。

全ての測定は LSB につき 5mV です。

0x51:VIN。 チップの入力電圧の補正 (1/48) 測定値。

0x53:EXT1。 外部入力 1。動作範囲は 0V～1.275V であり、ピンは 1.7V でクランプされます。

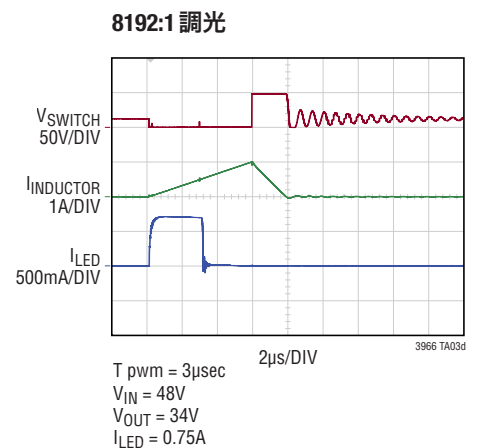
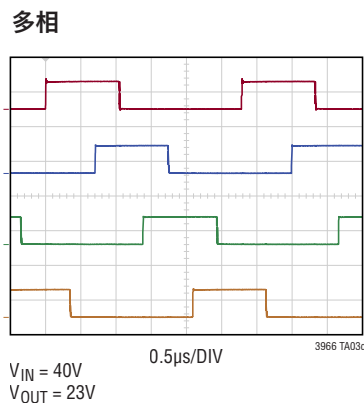
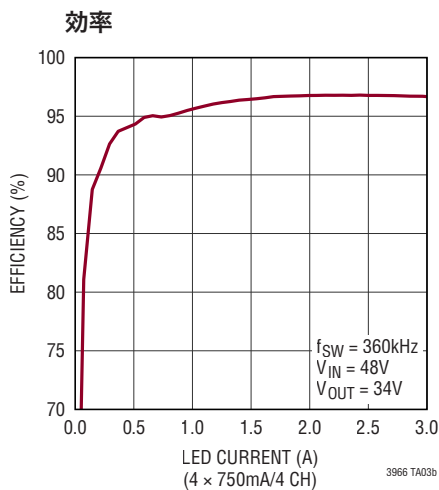
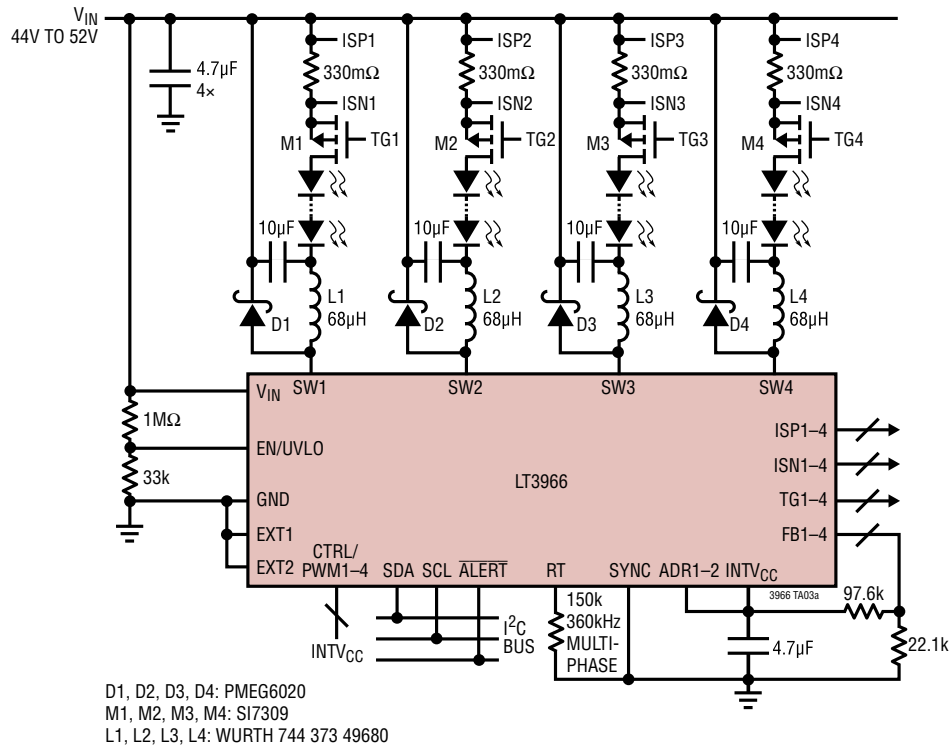
0x54:EXT2。 外部入力 1。動作範囲は 0V～1.275V であり、ピンは 1.7V でクランプされます。

0x55、0x57、0x59、0x5A:FB1～4。 チャンネル帰還電圧の測定値。

0x56、0x58、0x5A、0x5C:ILED1～4。 LED 電流の測定値。ISP–ISN 間の検出電圧の 4 倍に等しい値です。

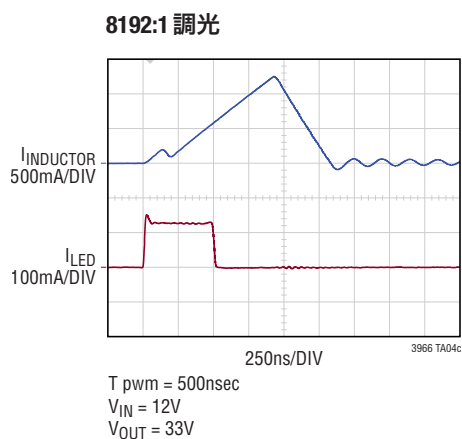
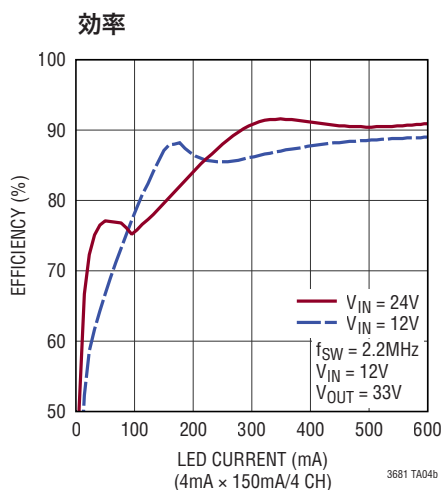
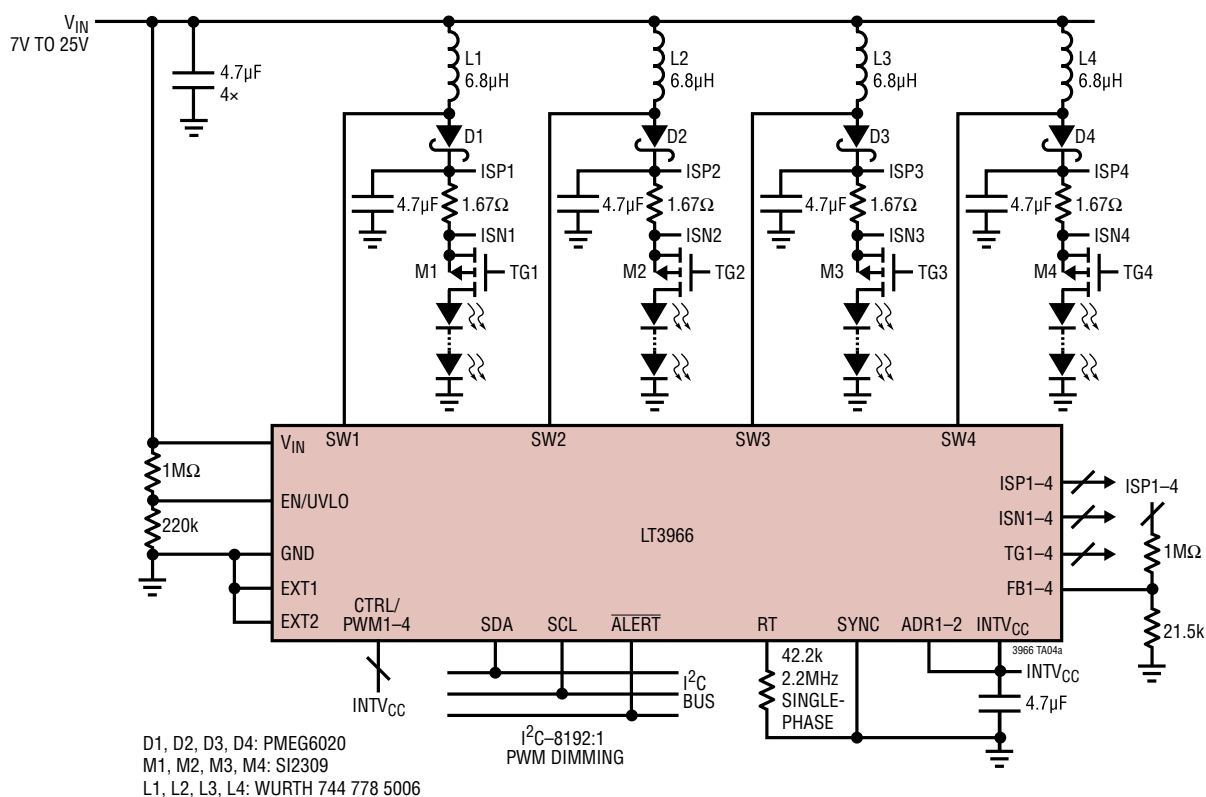
標準的応用例

I²C 調光機能付きの 100W、750mA × 12 LED クワッド降圧モード・ドライバ



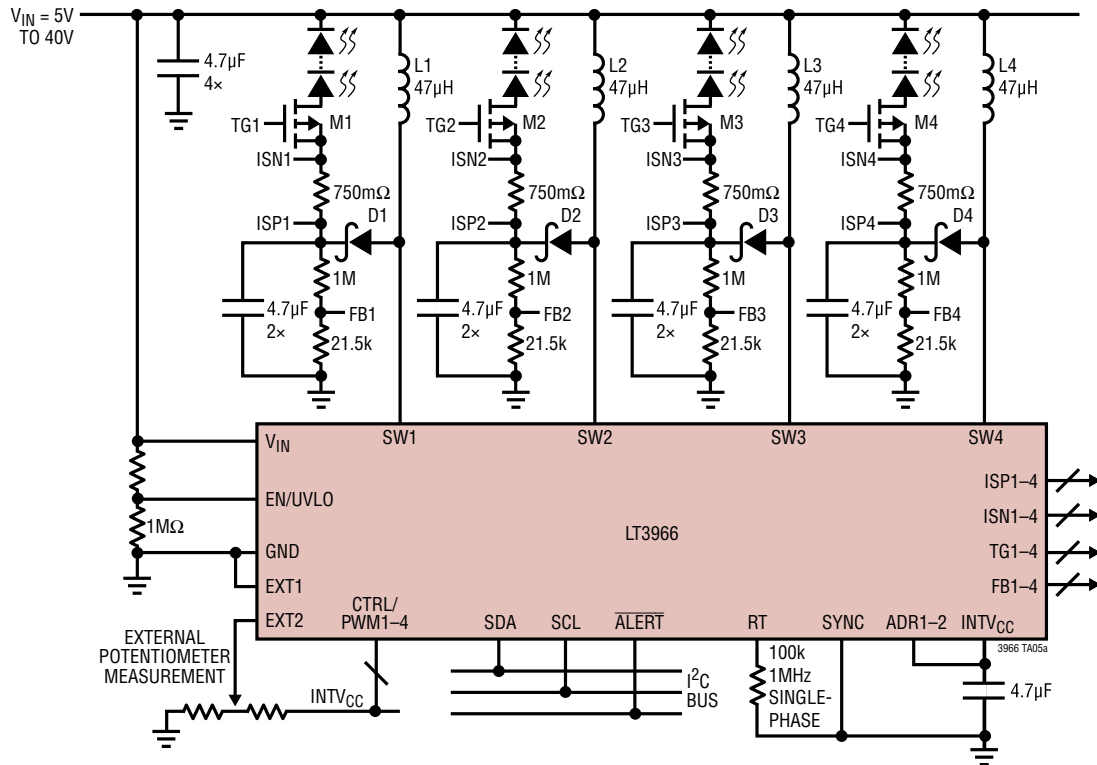
標準的応用例

調光比が8192:1の2.2MHz、4 × 150mA × 12白色LED バックライト昇圧モード・ドライバ



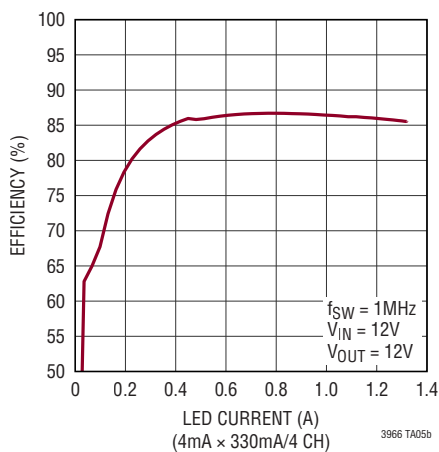
標準的応用例

4つの直列330mA LED 向けの5V~40V昇降圧モード・ドライバ

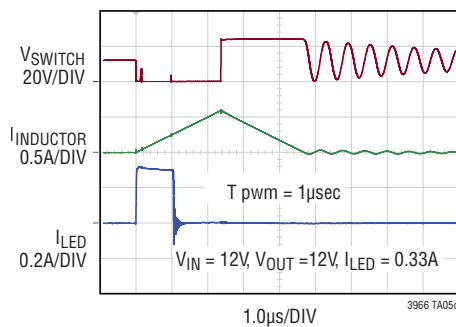


D1, D2, D3, D4: PMEG6020
M1, M2, M3, M4: SI2309
L1, L2, L3, L4: WURTH 744 373 49470

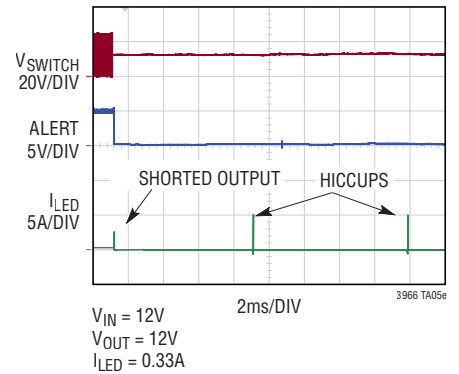
効率



8192:1 調光

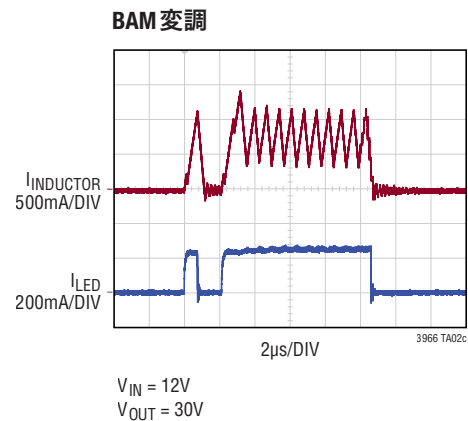
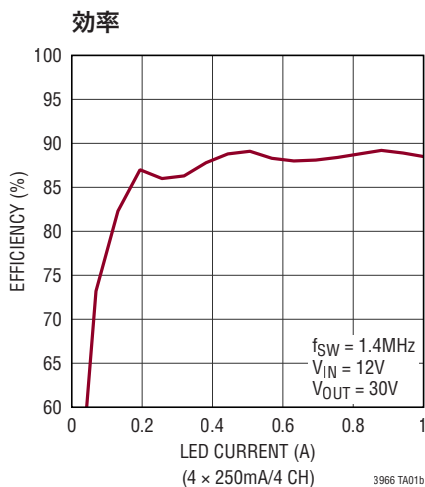
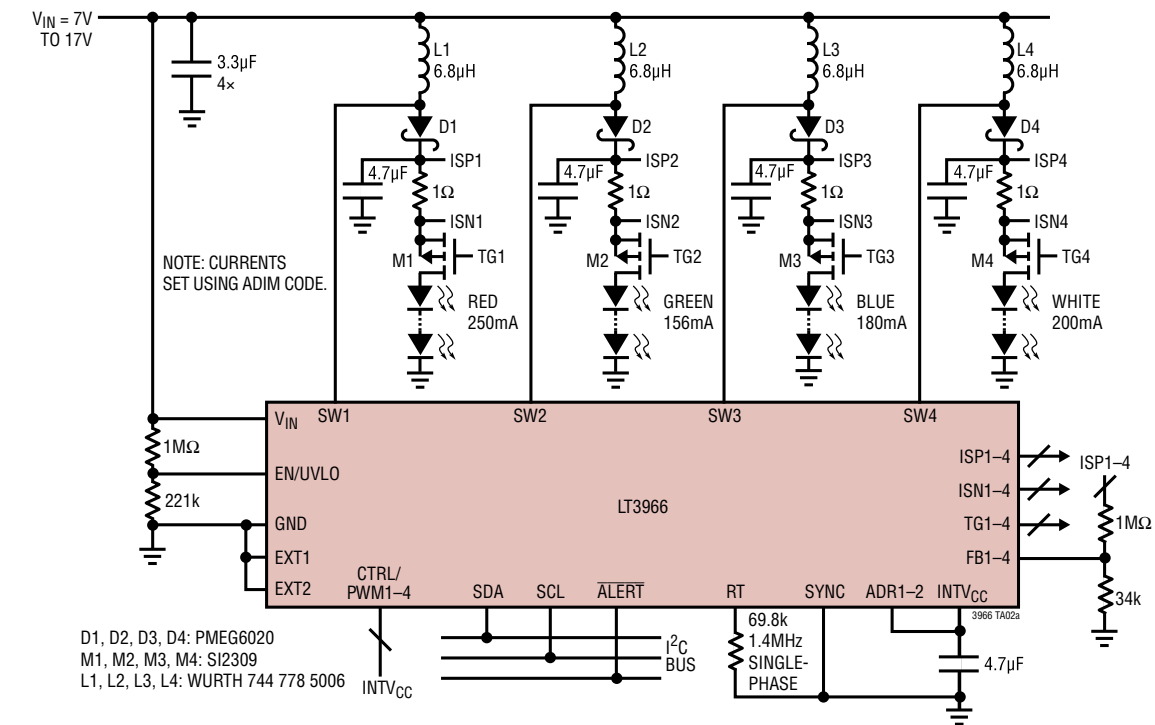


ヒカッパ・モード



標準的応用例

BAM変調機能を備えた30W昇圧RGBWデジタル色混合回路



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT3964	I ² Cを備えたデュアル1.5A/40V同期整流式降圧LEDドライバ	V_{IN} : 4V~40V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 40V、3000:1 True Color PWM調光、 $ISD < 1\mu\text{A}$ 、5mm × 6mm QFN-36パッケージ
LT3492	PMOS遮断FETドライバを内蔵し3000:1の調光比を実現した60V、トリプル出力750mA、1MHz大電流LEDドライバ	V_{IN} : 3V~30V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 60V、3000:1 True Color PWM調光、 $ISD < 1\mu\text{A}$ 、TSSOP-28パッケージおよび4mm × 5mm QFN-28パッケージ
LT3476	1000:1のTrue Color PWM調光機能を備えたクワッド出力1.5A、2MHz大電流LEDドライバ	V_{IN} : 2.8V~16V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 36V、 $ISD < 10\mu\text{A}$ 、5mm × 7mm QFNパッケージ