

アプリケーションノート4612

アルミ電解コンデンサを使用した長いLEDストリング用のブーストドライバ

筆者: Jim Christensen, Strategic Applications Engineer

要約: TVや表示器のバックライト、街路灯、駐車場の照明で一般的に使用されている長いLEDストリングは、高電圧を発生する能力を備えた電流ドライバが必要です。このリファレンスデザインでは、MAX16834を用いたドライバの紹介、および広い調光範囲を実現する方法を明示しています。

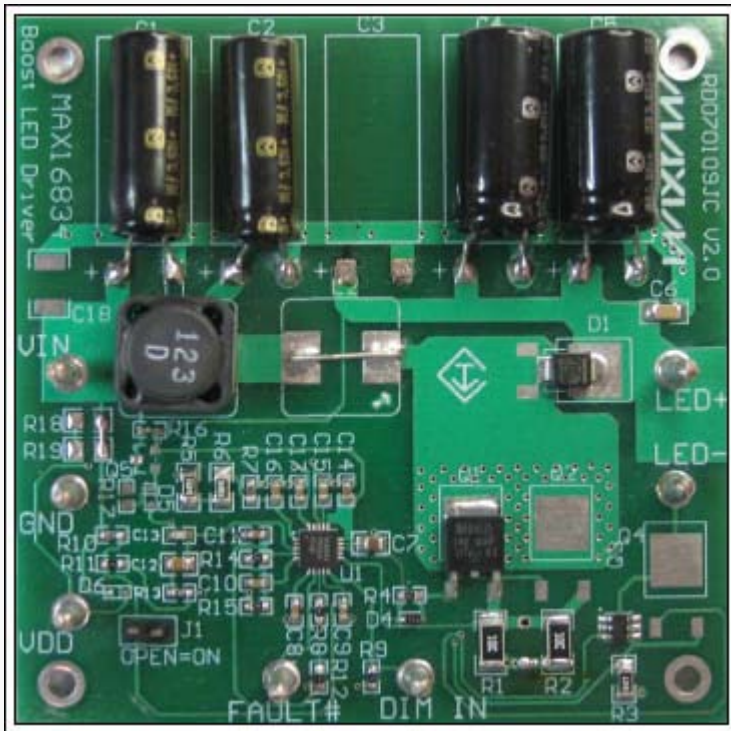
これは、長いLEDストリング用のMAX16834を用いたブーストLEDドライバのリファレンスデザインです。このアプリケーションは、街路灯や駐車場の照明と同様に大型LCD TVや表示器のLEDバックライトのためのものです。

V_{IN} : 24VDC \pm 5% (1.22A出力時)

V_{LED} 構成: 直列に23のLED (75V)、350mA

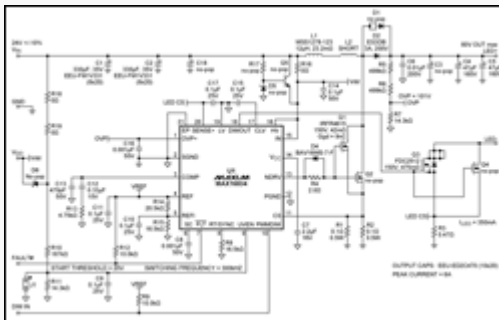
調光: 最低3.33 μ sのオンパルス(3000:1調光比、調光周波数 = 100Hz)

注: この設計は、組み立てられて試験されています。ただし、詳細な試験は実施されていないため、確認されていない微妙な差異がある可能性があります。



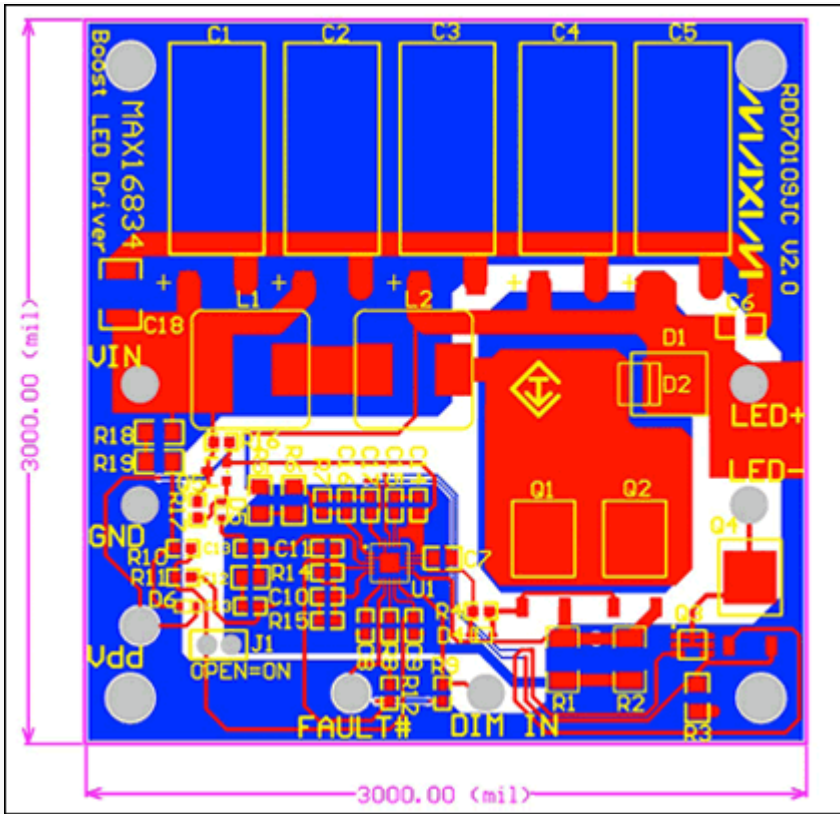
[画像の拡大](#)(PDF、3.53MB)

図1. LEDドライバ基板



[画像の拡大](#)(PDF、295kB)

図2. LEDドライバ回路図



[画像の拡大\(PDF、2.85MB\)](#)

図3. LEDドライバ基板のレイアウト

Component list

Source Data From:

RD071408JC.PrjPCB

Project:

24VIN, 23LED, 350mA, MAX16834 Boost

Variant:

None

Creation Date:

Print Date:

#	Designator	LibRef	Comment	Footprint	Qnt	Notes
1	C1, C2	CAPACITOR - POLARIZED	330uF,35V	CAPACITOR - 10X20	2	Panasonic-ECG
2	C3	CAPACITOR - POLARIZED	No-pop	CAPACITOR - 10X20	1	
3	C4, C5	CAPACITOR - POLARIZED	47uF,160V	CAPACITOR - 10X20	2	Panasonic-ECG
4	C6	CAPACITOR - NONPOLARIZED	0.01uF,200V,X7R	1206	1	Murata
5	C7	CAPACITOR - NONPOLARIZED	2.2uF,16V,X7R	0805	1	Murata
6	C8, C16	CAPACITOR - NONPOLARIZED	0.001uF,50V,X7R	0603	2	Murata
7	C9, C10, C11, C15, C17	CAPACITOR - NONPOLARIZED	0.1uF,25V,X7R	0603	5	Murata
8	C12	CAPACITOR - NONPOLARIZED	0.33uF,10V,X7R	0805	1	Murata
9	C13	CAPACITOR - NONPOLARIZED	470pF,50V,C0G	0603	1	Murata
10	C14	CAPACITOR - NONPOLARIZED	0.1uF,50V,X7R	0603	1	Murata
11	C18	CAPACITOR - NONPOLARIZED	No-pop	1812	1	
12	D1, Q2, Q4	DIODE - D2PAK, MOSFET - N	No-pop	TO-252 D-PAK	3	
13	D2	DIODE	ES3DB	SMB	1	Diodes, Inc
14	D4	DIODE	BAV16WS-7-F	SOD323	1	Diodes, Inc
15	D5, D6	DIODE - SCHOTTKY, DIODE - ZENER	no-pop	SOD-523	2	
16	L1	INDUCTOR	MSS1278-123	INDUCTOR - COILCRAFT MSS1278	1	Coilcraft
17	L2	INDUCTOR	SHORT		1	
18	Q1	MOSFET - N CHANNEL	IRFR4615	TO-252 D-PAK	1	International Rectifier
19	Q3	MOSFET - N TSSOP-6	FDC2512	SOT23-6	1	Fairchild
20	Q5	TRANSISTOR - NPN	no-pop	SOT23-3	1	
21	R1, R2	RESISTOR	0.1,0.5W	2010	2	
22	R3	RESISTOR	0.47	1206	1	
23	R4	RESISTOR	2.0	0603	1	
24	R5, R6	RESISTOR	499K	1206	2	
25	R7, R11	RESISTOR	14.3K	0603	2	
26	R8, R15	RESISTOR	16.5K	0603	2	
27	R9, R12	RESISTOR	10.0K	0603	2	
28	R10	RESISTOR	187K	0603	1	
29	R13	RESISTOR	4.75K	0603	1	
30	R14	RESISTOR	20.5K	0603	1	
31	R16	RESISTOR	0	0603	1	
32	R17	RESISTOR	no-pop	0603	1	
33	R18, R19	RESISTOR	0	1206	2	
34	U1	MAX16834	MAX16834	QFN-20 4X4	1	Maxim Integrated Products

[画像の拡大\(PDF、1.3MB\)](#)

図4. 部品表

Basic Discontinuous Boost Converter Design

Jim Christensen
Maxim Integrated Products

Spreadsheet is protected but can be changed to unprotected (no password)

Legend:										
Input Values In Blue -- Adjust to match the circuit						Output Values In Yellow -- Read Only				
Inputs	Symbol	MIN	TYP	MAX	UNITS	Outputs	Symbol	MIN	MAX	UNITS
Input Voltage	V_{IN}	22.80		25.20	V					
Assumed Efficiency (except diode)	η		0.94							
Output LED Voltage	V_{LED}			80.00	V					
LED Current	I_{LED}			0.350	A					
Output Diode Voltage Drop	V_D	0.30		1.00	V					
Switching Frequency	f_O		300.00		KHz					
Acceptable Output Voltage Ripple	V_{OVR}			0.18	V					
Current Sense Resistor	R_{CS}		0.05		Ω					
						Maximum Duty Cycle	DC_{MAX}		0.719	
						Maximum On Time	T_{ONMAX}		2.395	μ SEC
						Off Time	T_{OFFMAX}		3.333	μ SEC
						Output Power	P_{OUT}		28.000	W
						Maximum value of inductance	L_{MAX}	20.8		μ H
Inductance Value Chosen	L	9.6	12	14.4	μ H					
Series Resistance of L	R_L		0.14		Ω					
						L average current	I_{Lave}		1.306	A
						L peak current	I_{Lpk}		4.012	A
						L RMS current	I_{Lrms}		1.869	A
						L Power Dissipation	P_L		0.489	W
						MOSFET RMS current	I_{MOSrms}		1.649	A
						MOSFET peak current	I_{MOSpk}		4.012	A
						MOSFET peak voltage	V_{MOSpk}		81.000	V
						R_{CS} peak voltage	V_{RCSpk}		0.201	V
						Output capacitor RMS current	$I_{COUTrms}$		0.905	A
						Output cap value (minimum)	C_{OUT}		5.704	μ F

画像の拡大(PDF、900KB)

図5. 設計計算書。設計に必要な場合には、マキシムまでお問い合わせください。

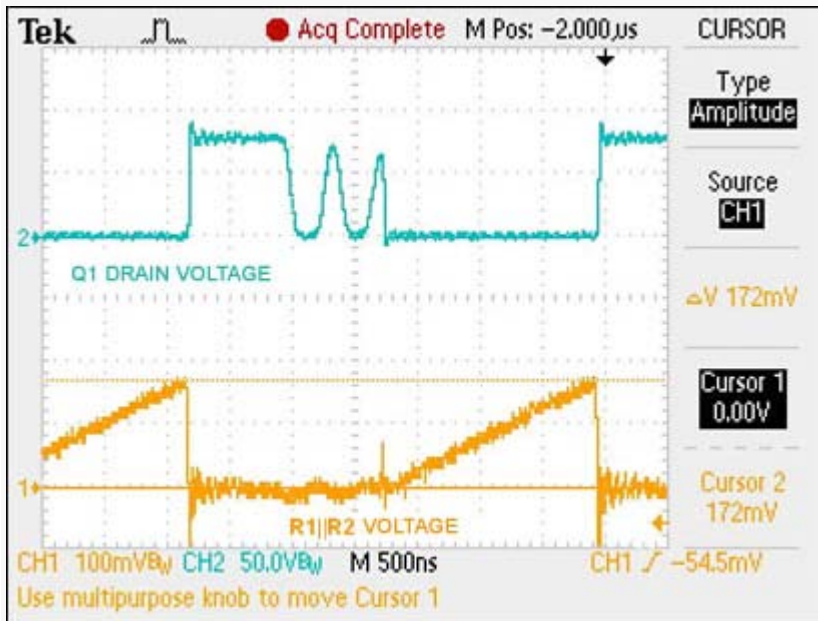


図6. ドレイン電圧と電流検出抵抗の電圧(50m Ω)

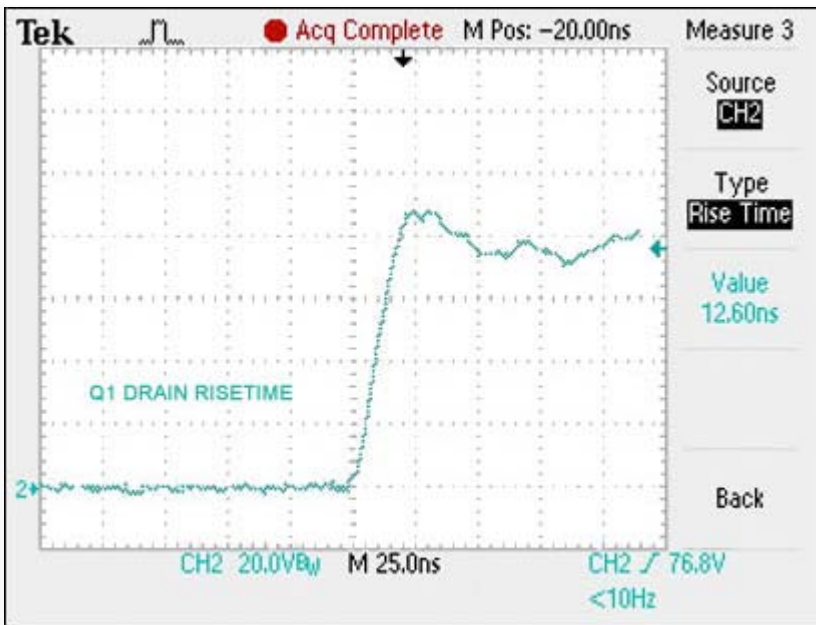


図7. ドレイン電圧の立上り時間

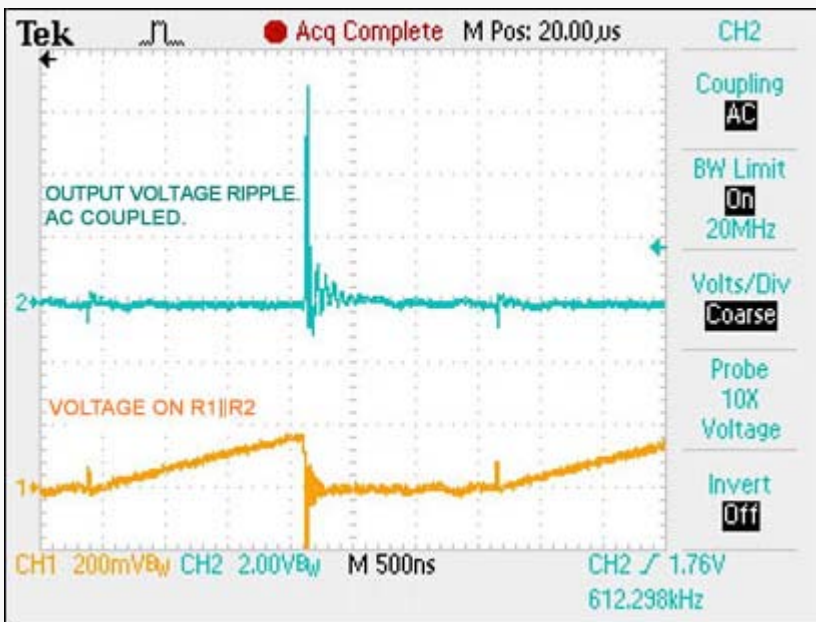


図8. 出力電圧(ACカップリング)と検出抵抗の電圧

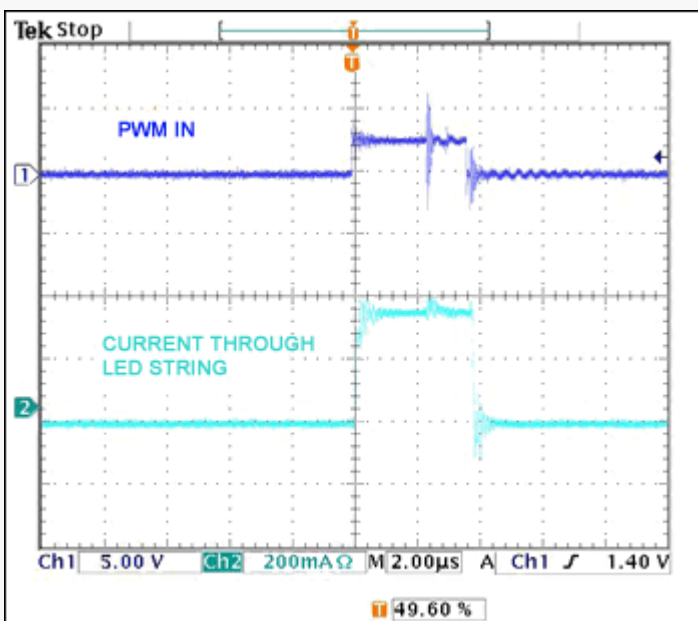


図9. 高い調光比(オン時間 <math>< 4\mu\text{s}</math>)

Inductor Core & Winding Loss Calculator

Step 1,2,3 Enter the operating conditions (all fields required)

Frequency kHz IL rms max Amps ΔIL peak-peak Amps

Results (estimated)

	Inductor 1	Inductor 2	Inductor 3	Inductor 4
	<u>MSS1278-123</u> \$0.69 each at 1,000 qty.			
<u>Total inductor loss</u>	<input type="text" value="575"/> mW	<input type="text"/> mW	<input type="text"/> mW	<input type="text"/> mW
<u>Inductor core loss</u>	<input type="text" value="452"/> mW	<input type="text"/> mW	<input type="text"/> mW	<input type="text"/> mW
<u>DCR loss</u>	<input type="text" value="116"/> mW	<input type="text"/> mW	<input type="text"/> mW	<input type="text"/> mW
<u>AC winding loss</u>	<input type="text" value="8"/> mW	<input type="text"/> mW	<input type="text"/> mW	<input type="text"/> mW
<u>Temperature rise</u>	<input type="text" value="27"/> °C	<input type="text"/> °C	<input type="text"/> °C	<input type="text"/> °C

This loss calculator is intended to provide the best possible estimate of inductor losses over a range of frequencies, load currents and ripple currents. Actual performance may vary based on operating conditions and should always be verified experimentally for each application.

図10. インダクタ温度の上昇。計算書はCoilcraft@から入手可能です。

回路説明

概略

このリファレンスデザインは、非常に長いLEDストリング用の高電圧、ブースト電源です。アプリケーションは、LCD TVのバックライト、LCDモニタのバックライト、街路灯、および駐車場の照明になります。長いLEDストリングは、LEDを駆動する上でとてもコスト効果の高い方法です。また、LEDにはほぼ同じ電流が流れるため、明るさの変化は精密に制御されます。この設計は24V入力、最大80VまでのLED出力で、LEDストリングを350mAで駆動することができます。測定された入力電力は29.3W、出力電力は26.4Wになり、効率は約90%になります。

PCB

プリント基板は、MAX16834のブースト設計用の汎用基板です(図1および図3)。このため、ショート、または実装されていない部品が多くあります。これらの部品は、回路図上で示されています(図2)。図4はこの設計での部品表です。

トポロジ

この設計は、300kHzの断続ブーストレギュレータです。図5の計算書では、MOSFETおよびインダクタでの計算されたRMSおよびピーク電流を示しています。断続設計では、確かにいくつかの欠点があり、著しく高いMOSFETおよびインダクタ電流が挙げられます。しかしながら、MOSFET (Q1)がターンオン時、出力電流は基本的にゼロになるため、出力ダイオード(D2)での逆回復損失は最小になります。この利点は、逆回復電流による過熱およびノイズを扱うのは難しいため、設計上の欠点より勝ります。図6の回路波形の観測によって、MOSFETのオン時間は約1.6μsです。MOSFETが一旦ターンオフすると、インダクタは出力コンデンサに導通しながら、ドレイン電圧は約1μsで75Vに急上昇します。その後、インダクタのエネルギーが基本的に吐き出され、インダクタンスとMOSFET出力容量によって次のオン時間までマイクロ秒の間リングングします。

MOSFET ドライバ

断続設計のため、MOSFETのピーク電流は連続設計での電流より2倍以上になります。しかしながら、ターンオン期間中はMOSFETに電流が流れないため、ターンオフ期間中にだけスイッチング損失が発生します。MAX16834はMOSFETを約20nsでターンオフにスイッチするだけの十分な駆動をするため(図7)、温度上昇を低く抑えます。EMIが問題になる場合には、MOSFETのゲートに接続された直列抵抗とダイオードをスイッチング時間を調整するために変更することができます。必要に応じて、温度上昇を低減するために二つ目のMOSFET (Q2)をQ1と並列に接続します。

出力コンデンサ

ドライバは、入力と出力のコンデンサ用に長寿命の電界コンデンサを使用します。電界コンデンサは、セラミックコンデンサに比べて、耐久性がなく小型でも無いですが、低価格で大容量を提供するという利点があります。高さを低く(10mm)抑えるために、コンデンサは水平方向に寝かされています。入力と出力のコンデンサは、+105°Cの温度において、それぞれ4000時間および8000時間の定格です。一般的に、周囲温度が10°C低減される毎に、電界コンデンサの寿命は2倍になります。これによって、周囲温度+65°Cでは、入力/出力コンデンサは64000時間/128000時間、性能を維持することが推測されます。図5の計算書では、所望の出力リップル電圧を実現するためには、必要な出力コンデンサの容量はわずか6 μ Fを示しています。電界コンデンサのリップル電流能力には制限があるため、この設計では47 μ Fコンデンサを2使用しています。容量が充分大きいと、殆どのスイッチング周波数のリップル電圧を除去します(図8)。しかしながら、コンデンサが大きな等価直列インダクタンス(ESL)を備えた電界タイプのため、スイッチングMOSFETがターンオフする時に発生する回路ノイズは十分に除去されません。セラミックコンデンサまたは低QのLCフィルタを出力に追加することによって、この問題を低減します。このようなオプションはコストが掛かるため、対策を実施する前に高周波スパイクによる問題があるかどうかを確認することが最良の方法です。

調光

MAX16834は調光に大変適しています。PWMDIM (ICの10ピン)がローになると、次の3つの動作が発生します。第一は、スイッチングMOSFET (Q1)のゲート駆動(13ピン)がローになります。これによってLEDストリングに供給される追加エネルギーを防止します。第二は、調光MOSFET (Q3)のゲート駆動(18ピン)がローになります。LEDストリングの電流を急速に抑制することに加えて、調光MOSFETはオフ時間の間出力コンデンサの電圧を一定に維持します。最後に、補償コンデンサを安定状態の電圧に凍結し続けるために、COMP (3ピン)はハイインピーダンスになります。COMPピンがハイインピーダンスとなることで、ICはPWMDIMがハイに復帰した後直ちに正しいデューティサイクルでスタートすることを確実にします。これらの各動作、そして断続設計においてインダクタは各サイクル毎にゼロ電流からスタートする事実によって、大変短いPWMオン時間、そして高い調光比を可能にします。調光比の実際の唯一の制限は、メインのスイッチングドライバの周波数になります。この設計では300kHzで最小のPWMオン時間は約3.33 μ sのため、調光比は最大で1500:1 (200Hzの調光周波数)になることを示します。図9は、オン時間が4 μ s以下のLEDストリングの電流を示しています。LEDストリング電流は正常に動作し、パルス期間中に最大の350mAを供給します。

OVP

LEDストリングがオープンになった場合には、MAX16834の過電圧保護(OVP)回路はドライバを、リトライ間隔である約400msの間シャットダウンします。この設計ではOVPの検出スレッシュホールドを101Vに設定しています。

FAULT#

MAX16834はFAULT#と呼ばれる出力信号を提供します。この信号は、いずれかの内部異常状態(過電流または過電圧)が検出された時にローになります。異常状態が取り除かれると、FAULT#信号はハイに復帰します。FAULT#信号はラッチされません。

温度上昇

高効率(~90%)の回路によって、ドライバの各部品は低温に保たれます。明らかな例外としてはインダクタになり、図10 (+27°C上昇)に示されたCoilcraftの予測より高く+49°Cになります。断続設計ではピーク電流がRMS電流の2倍を超えることがあり、この時には予測精度は不正確になります。周囲温度が高いアプリケーションでは、自動車定格のインダクタ(+125°C)または6 μ Hのインダクタを2つ直列に使用することが必要になるかも知れません。周囲温度が低い多くのアプリケーションでは、1つの12 μ Hインダクタで許容することができます。

温度測定

実際のLED負荷を用いた時の温度は以下のように測定されました。

V _{IN} :	24VDC	
Ambient:	+22°C	Δ T
L ₁ :	+71°C	49°C
D ₂ :	+43°C	21°C
Q ₂ :	+38°C	16°C
Q ₃ :	+34°C	12°C

電源投入方法

1. 最大23までのLEDストリングをLED+ポストとLED-ポスト間に接続します。
2. 24V、2Aの電源をV_{IN}ポストとGNDポスト間に接続します。
3. 調光が必要な場合には、PWM信号(0~5V)をDIM INポストとGNDポストに接続します。
4. 24V電源をオンにします。
5. 必要な場合にはPWMのデューティサイクルを調整して、調光を実施してください。

CoilcraftはCoilcraft, Inc.の登録商標です。

関連製品

[MAX16834](#) ハイサイドLED電流検出およびPWM調光MOSFETドライバ内蔵、ハイパワーLEDドライバ -- [無料サンプル](#)

自動アップデート

お客様が関心のある分野でアプリケーションノートが新規に掲載された際に自動通知Eメールの受信を希望する場合は、[EE-Mail™にご登録ください。](#)

アプリケーションノート4612: japan.maxim-ic.com/an4612

その他の情報

テクニカルサポート: japan.maxim-ic.com/support

サンプル請求: japan.maxim-ic.com/samples

その他の質問およびコメント: japan.maxim-ic.com/contact

AN4612, AN 4612, APP4612, Appnote4612, Appnote 4612

Copyright © by Maxim Integrated Products

法的小知らせ: japan.maxim-ic.com/legal