

LM2704

550mA ピーク電流制限付き、昇圧型マイクロパワー DC/DC コンバータ

概要

LM2704 は、5 ピン SOT-23 パッケージ、昇圧型マイクロパワー DC/DC コンバータです。カレント・リミット検出後、一定時間スイッチをオフにする制御方式により動作電流を抑えることができ、様々な負荷条件で高い効率を実現します。スイッチング・トランジスタの耐圧は 21V であり、20V の出力が可能になります。400ns のオフ時間の制御のため、インダクタとコンデンサには小型かつ薄型の部品を使用可能、実装面積を小さくして小型化が要求される機器のコストを低減します。LM2704 は、小電流で高効率が求められる LCD パネルや、携帯電話のバックライトの白色 LED 駆動に理想的なデバイスです。LM2704 は、単一のリチウム・イオン・バッテリーから最大 8 個の白色 LED を駆動できます。

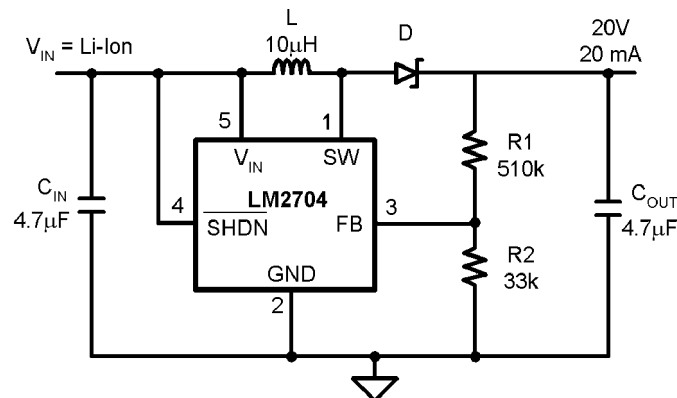
特長

- スイッチング電流 550mA、オン抵抗 0.7 Ω の内部スイッチ
- 小型面実装部品で回路を構成可能
- 出力電圧は最高 20V まで対応
- 入力電圧範囲 2.2V から 7V
- 入力電圧低下時のロックアウト機能
- シャットダウン電流 0.01 μ A
- 小型 5 ピン SOT-23 パッケージ

アプリケーション

- LCD バイアス電源
- 白色 LED を用いたバックライト
- ハンドヘルド機器
- デジタル・カメラ
- 携帯型機器

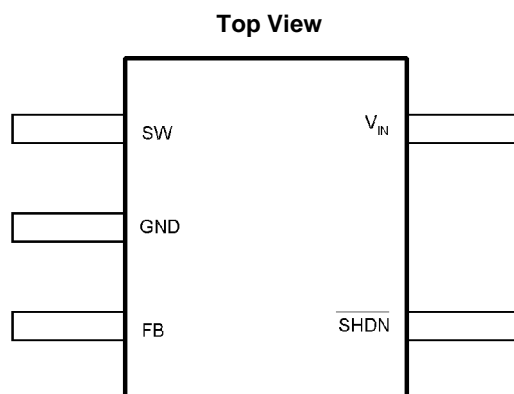
代表的なアプリケーション回路



C_{IN} : Taiyo Yuden Ceramic
 C_{OUT} : Taiyo Yuden Ceramic
 L: Coilcraft DO1608C-103
 D: Motorola MBRM130LT3

FIGURE 1. Typical 20V Application

配置図



SOT23-5

 $T_{Jmax} = 125$, $J_A = 220$ /W (Note 2)

製品情報

Order Number	Package Type	NSC Package Drawing	Supplied As
LM2704MF-ADJ	SOT23-5	MA05B	1000 Units, Tape and Reel
LM2704MFX-ADJ	SOT23-5	MA05B	3000 Units, Tape and Reel

端子説明

端子	端子名	説明
1	SW	FET スイッチの入力です。
2	GND	グラウンドです。
3	FB	出力電圧のフィードバック入力です。
4	SHDN	アクティブ LOW のシャットダウン制御入力です。
5	V _{IN}	アナログ回路および FET スイッチの入力です。

SW(Pin 1): スイッチ端子です。内部 NMOS パワー・スイッチのドレインに接続されています。本端子への配線は、EMI を抑えるために最短としてください。

GND(Pin 2): グラウンド端子です。グラウンド層に直接接続します。

FB(Pin 3): 電圧帰還端子です。出力電圧は、R1 と R2 から次の式で求められます。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{OUT}}{1.237V} - 1 \right)$$

帰還抵抗ネットワークのグラウンドは、GND 端子が接続されるアナログ・グラウンド層に接続してください。

SHDN(Pin 4): シャットダウン端子です。極性はアクティブ LOW となっています。デバイスをイネーブルにするためには本端子を 1.1V 以上とします。本端子が 0.3V 以下の場合、デバイスはディセーブルとなります。

V_{IN}(Pin 5): 電源端子です。本端子の可能な限り近傍にコンデンサを配置し、グラウンドに対してバイパスを行ってください。

絶対最大定格 (Note 1)

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下さい。

電源電圧 V_{IN}	7.5V
SW 電圧	21V
FB 電圧	2V
SHDN 電圧	7.5V
最大接合部温度 T_J (Note 2)	150
リード温度 (ハンダ付け 10 秒)	300
ペーパ・フェーズ (60 秒)	215

赤外線 (15 秒)	220
ESD 耐圧 (Note 3)	2kV
人体モデル	200V
マシン・モデル (Note 4)	200V

動作条件

接合部温度 (Note 5)	- 40 ~ + 125
電源電圧	2.2V ~ 7V
スイッチング電圧最大	20.5V

電気的特性 (Note 5)

特記のない限り、標準字体で記載された仕様は $T_J = 25$ の場合であり、**太字で記載された上限または下限値は「推奨動作条件」に記載の「動作接合部温度範囲」全範囲 ($T_J = - 40 \sim + 125$) に適用されます。** 特記のない限り、 $V_{IN} = 2.2V$ です。

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 5)	Typ (Note 6)	Max (Note 5)	Units
I_Q	Device Disabled	FB = 1.3V		40	70	μA
	Device Enabled	FB = 1.2V		235	300	
	Shutdown	SHDN = 0V		0.01	2.5	
V_{FB}	Feedback Trip Point		1.189	1.237	1.269	V
I_{CL}	Switch Current Limit		490	550	610	mA
			420		620	
I_B	FB Pin Bias Current	FB = 1.23V (Note 7)		30	120	nA
V_{IN}	Input Voltage Range		2.2		7.0	V
R_{DSON}	Switch R_{DSON}			0.7	1.6	
T_{OFF}	Switch Off Time			400		ns
I_{SD}	SHDN Pin Current	SHDN = V_{IN} , $T_J = 25$		0	80	nA
		SHDN = V_{IN} , $T_J = 125$		15		
		SHDN = GND		0		
I_L	Switch Leakage Current	$V_{SW} = 20V$		0.05	5	μA
UVP	Input Undervoltage Lockout	ON/OFF Threshold		1.8		V
V_{FB} Hysteresis	Feedback Hysteresis			8		mV
SHDN Threshold	SHDN low			0.7	0.3	V
	SHDN High		1.1	0.7		
J_A	Thermal Resistance			220		/W

Note 1: 「絶対最大定格」とは、デバイスに破壊を生じさせる可能性がある上限または下限値のことです。動作定格はデバイスが機能する条件を示していますが、デバイスの仕様パラメータは保証されないことがあります。保証された仕様およびテスト条件に関しては、「電気的特性」を参照して下さい。

Note 2: 最大許容消費電力は、最大接合部温度 $T_{J(MAX)}$ 、接合部から周囲への熱抵抗 J_A 、および周囲温度 T_A の関数です。プリント基板の銅箔パターンに対する熱抵抗 J_A については「電気的特性」の表を参照して下さい。任意の周囲温度に対する最大許容消費電力は式 $P_{D(MAX)} = (T_{J(MAX)} - T_A) / J_A$ で算出されます。最大許容消費電力を超えると、ダイ温度の上昇を招きます。

Note 3: 人体モデルでは、100pF のコンデンサから 1.5k の抵抗を介して各ピンへ放電させます。マシン・モデルでは、200pF のコンデンサから抵抗を介さずに各ピンへ放電させます。

Note 4: マシン・モデルで使用した ESD 耐圧において、SW 端子は 150V です。

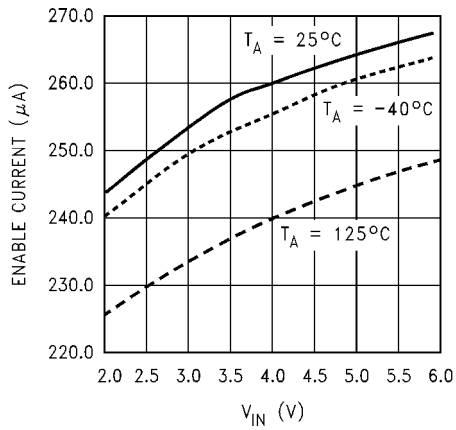
Note 5: すべての上限値および下限値は、室温に対する保証 (標準字体)、もしくは「推奨動作条件」に記載の「動作接合部温度範囲」に対する保証 (太字体) です。室温保証の各項目は、製造時の全数テスト、もしくは統計的解析により保証されています。「動作接合部温度範囲」保証に対する各項目は、統計的品質管理 (SQC: Statistical Quality Control) を用いた相関により保証されています。すべての上限値および下限値は、ナショナル セミコンダクター社の AOQL (Average Outgoing Quality Level: 平均出荷品質レベル) の算出に使用しています。

Note 6: Typ 値は 25 における値であり、最も標準的な値を示しています。

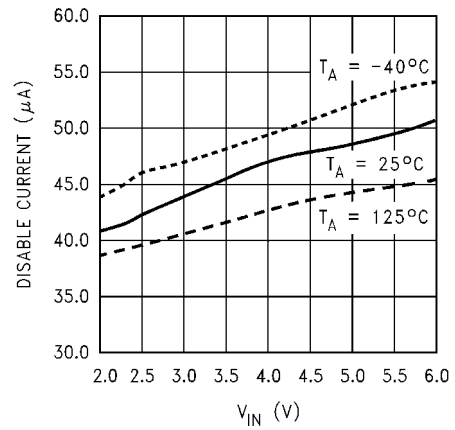
Note 7: 帰還電流は本端子から流入します。

代表的な性能特性

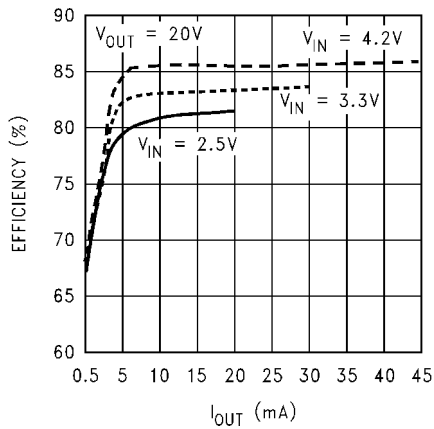
Enable Current vs V_{IN}
(Part Switching)



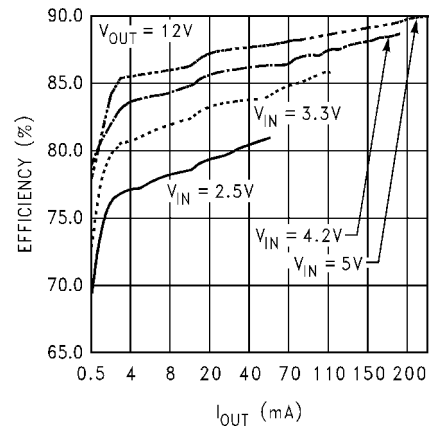
Disable Current vs V_{IN}
(Part Not Switching)



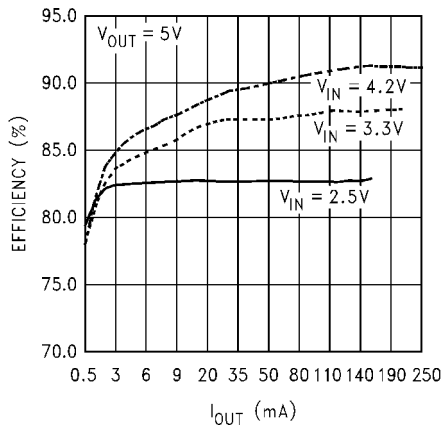
Efficiency vs Load Current



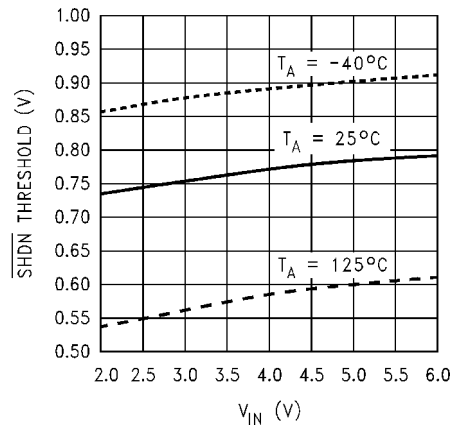
Efficiency vs Load Current



Efficiency vs Load Current

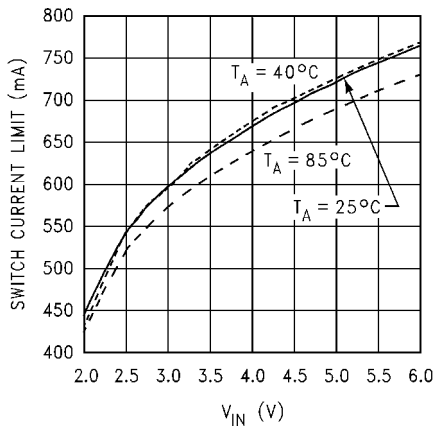


SHDN Threshold vs V_{IN}

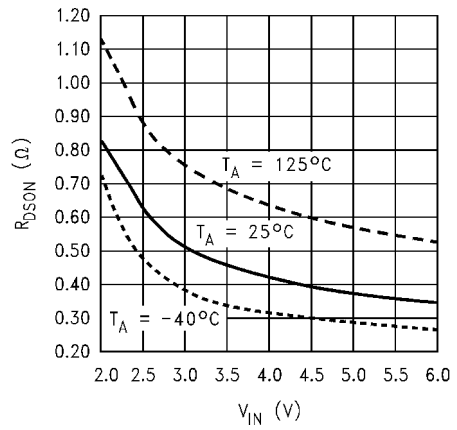


代表的な性能特性 (つづき)

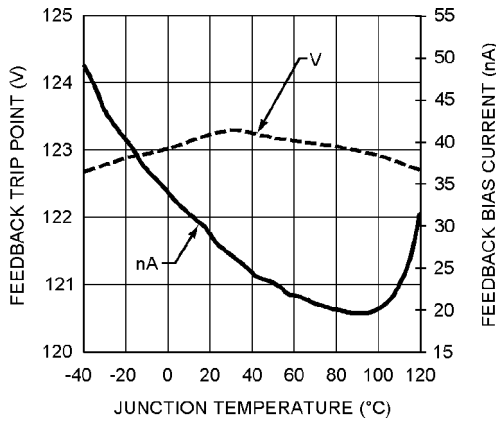
Switch Current Limit vs V_{IN}



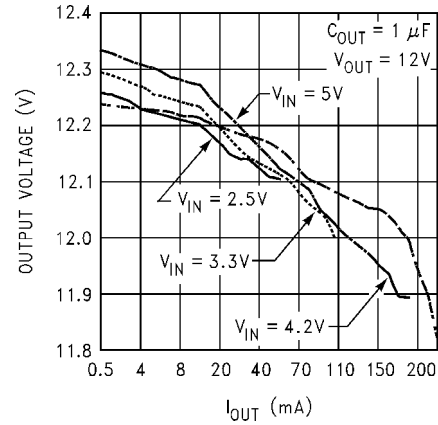
Switch $R_{DS(ON)}$ vs V_{IN}



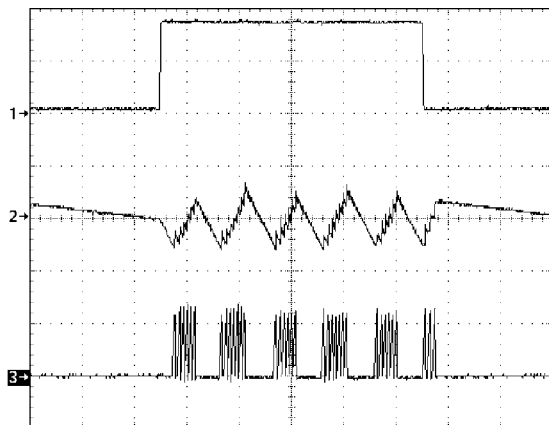
FB Trip Point and FB Pin Current vs Temperature



Output Voltage vs Load Current



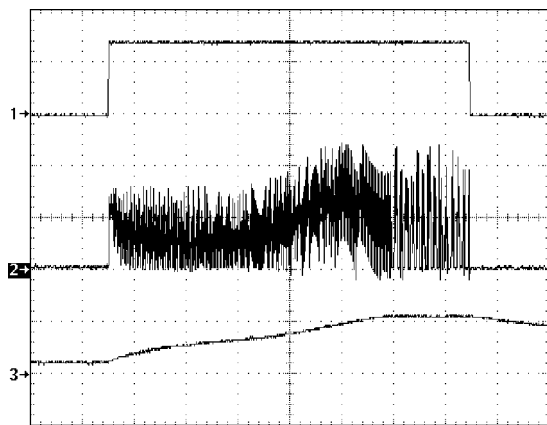
Step Response



$V_{OUT} = 20\text{V}$, $V_{IN} = 3.0\text{V}$

- 1) Load, 1mA to 17mA to 1mA, DC
 - 2) V_{OUT} , 200mV/div, AC
 - 3) I_L , 500mA/div, DC
- T = 40 $\mu\text{s}/\text{div}$

Start-Up/Shutdown



$V_{OUT} = 20\text{V}$, $V_{IN} = 2.5\text{V}$

- 1) SHDN, 1V/div, DC
 - 2) I_L , 250mA/div, DC
 - 3) V_{OUT} , 20V/div, DC
- T = 400 $\mu\text{s}/\text{div}$
 $R_L = 1.3\text{k}$

動作

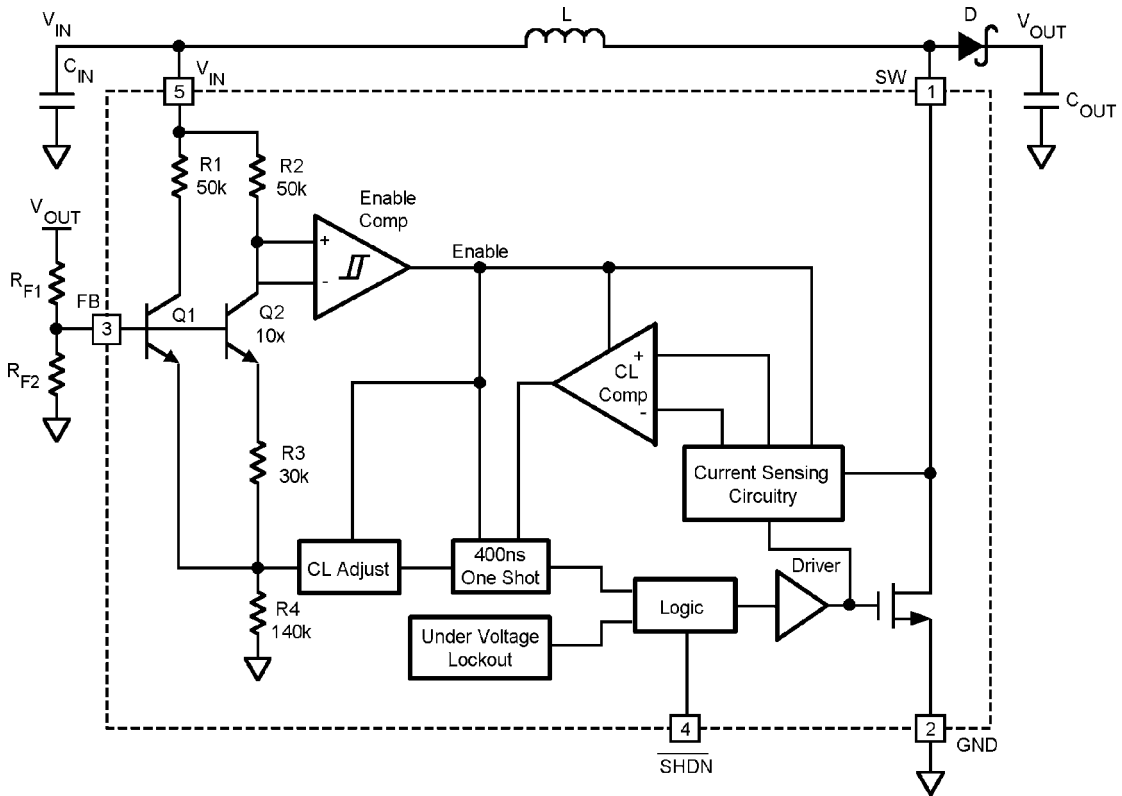
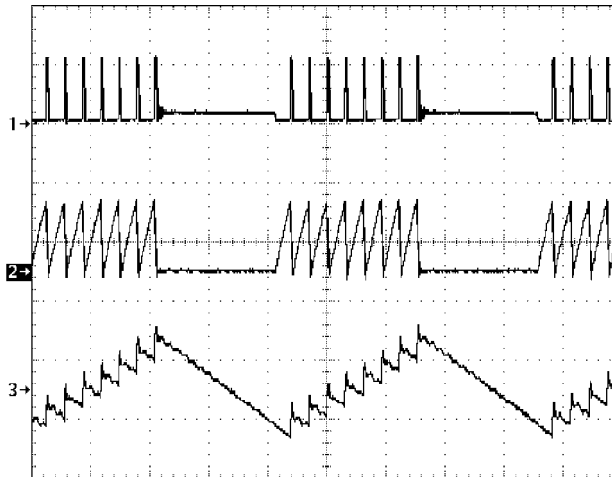


FIGURE 2. LM2704 Block Diagram



$V_{OUT} = 20V, V_{IN} = 2.5V$
 1) $V_{SW}, 20V/div, DC$
 2) Inductor Current, 500mA/div, DC
 3) $V_{OUT}, 100mV/div, AC$
 $T = 10\mu s/div$

FIGURE 3. Typical Switching Waveform

動作 (つづき)

LM2704 は、一定時間だけスイッチをオフにする制御方式を採用しています。動作を理解するために Figure 2 と Figure 3 を参照してください。Figure 2 に示されているトランジスタ Q1、Q2、および抵抗 R3、R4 は、出力電圧を決定するバンドギャップ・リファレンス回路を構成しています。FB 端子電圧が 1.237V 未満の場合、Figure 2 に示す "Enable Comp" 回路がデバイスをイネーブルにし、NMOS スwitchのターンオンにより SW 端子はグラウンド・レベルになります。NMOS スwitchのオンによりインダクタ L に電流が流れ始めますが、その間は出力コンデンサ C_{OUT} が負荷電流を供給します。インダクタ電流が電流制限値に達すると "CL Comp" 回路がトリガされ、"400ns One Shot" 回路が働いて NMOS スwitchをオフにします。Figure 3 上段に示すように SW 端子電圧は出力電圧にダイオード電圧降下分を加えた電圧まで上昇し、またインダクタ電流は Figure 3 中段に示すように減少します。この期間にインダクタに蓄積されていたエネルギーは、 C_{OUT} と負荷に伝達されます。400ns のオフ時間が終わると NMOS スwitchはターンオンし、インダクタは再びエネルギーを蓄積し始めます。なおインダクタから出力へのエネルギーの伝達はステップ効果を引き起こすため、Figure 3 下段に示すようにリップルとして現れます。

以上のサイクルは、FB 端子が 1.237V に達するまで繰り返されます。FB 端子が前記の電圧を超えると "Enable Comp" 回路がデバイスをディスエーブルし、NMOS をターンオフするためデバイスの I_q は 40 μ A に低減します。負荷電流は C_{OUT} のみによって与えられるため、出力電圧は Figure 3 下段に示すように緩やかな下降線を描き低下していき、その後 FB 端子が 1.237V より先わずかに下回ると、"Enable Comp" 回路はデバイスをイネーブルにして、前述の繰り返しサイクルが開始されます。SHDN 端子は LM2704 をターンオフするために用い、このとき I_q は 0.01 μ A にまで減少します。シャットダウン状態での出力電圧は、入力電圧からダイオードの電圧降下分を引いた電圧となります。

アプリケーション情報

インダクタの選択

実際のアプリケーションで、インダクタの値は次の式から求めます。

$$L = \left(\frac{V_{OUT} - V_{IN(min)} + V_D}{I_{CL}} \right) T_{OFF}$$

ここで V_D はショットキ・ダイオードの電圧、 I_{CL} は「代表的な性能特性」セクションで規定されているスイッチの電流リミット値、 T_{OFF} はスイッチ・オフ時間です。なお本式は、バッテリーから直接駆動されるアプリケーションなど、入力電圧が仕様の最低電圧側にある場合に適用されます。LM2704 は一定時間だけスイッチをオフにする制御方式を採用しているため、出力電流が制限値に達すると NMOS パワー・スイッチはターンオフになります。その際、NMOS パワー・スイッチの電流がリミット値に達してから、内部回路がスイッチをターンオフするまで、およそ 200ns の遅延があります。このように 200ns の遅延が存在するため、実際のインダクタのピーク電流は大きくなります。したがってインダクタの飽和電流定格は、その増加に対応できるだけ大きくなくてはなりません。飽和電流は次の式で近似できます。

$$I_{PK} = I_{CL} + \left(\frac{V_{IN(max)}}{L} \right) 200ns$$

また ESR の小さいインダクタを選択すると、電力損失が小さくなり効率が向上します。

インダクタの選択では注意が必要です。たとえば本デバイスをリチウムイオン・バッテリーの電圧を 5V に昇圧するようなアプリケーションに用いた場合、出力電圧が入力電圧に近い場合、400ns のオフ時間ではインダクタのエネルギーを出力コンデンサと負荷に移すには充分ではありません。放電時間が充分でないとインダクタの電流波形にランプ効果が生じ、出力電圧のリップルが増加してしまいます。ここで蓄積されるエネルギーを小さくするためにインダクタの値を小さくしてしまうと、 I_{PK} が増大するため出力電圧のリップルはさらに大きくなります。この問題は帰還抵抗 R_{F1} (Figure 2 に図示) の両端に 4.7pF コンデンサを追加し、あわせて出力コンデンサ容量を大きくすれば解決します。以上の対策により、400ns というオフ時間の間に適切にエネルギーを放電できる、小さめのインダクタを使えるようになります。

ダイオードの選択

高効率を維持するため、ショットキ・ダイオードの平均電流定格は、インダクタのピーク電流 I_{PK} より大きくなくてはなりません。携帯機器アプリケーションでは、順方向電圧降下が低く、かつスイッチングが高速なショットキ・ダイオードが、高効率の点から理想的です。ショットキ・ダイオードの逆方向ブレイクダウン電圧は、出力電圧より高いものを選びます。

コンデンサの選択

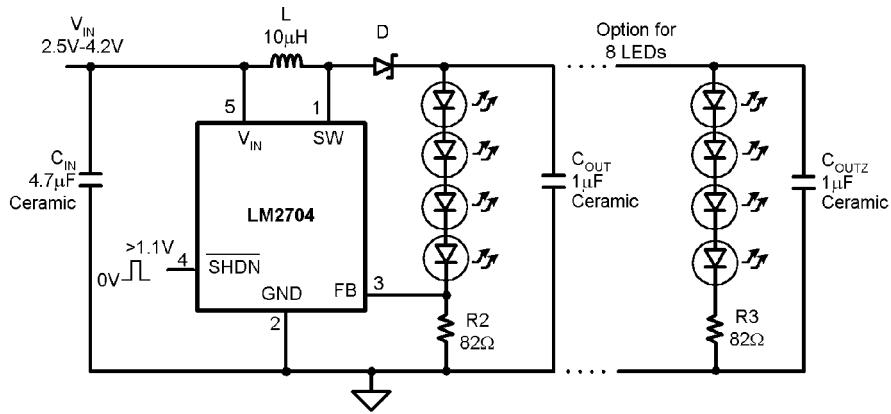
出力電圧リップルを低減するために、出力コンデンサは ESR の小さいものを選びます。最適な品種は多層セラミック・コンデンサです。一般的なアプリケーションでは 1 μ F のセラミック・コンデンサで充分です。電圧リップルの低減が必要なアプリケーションでは、出力コンデンサ容量を大きくしてください。

LM2704 では入力電圧に対して局所的なバイパスが必要です。ここでも最適な品種は多層セラミック・コンデンサです。一般的なアプリケーションでは 4.7 μ F のコンデンサで充分です。さらなる平滑化が必要な場合は、入力リップルの高周波成分のバイパスのため 0.1 μ F のセラミック・コンデンサを並列に接続してください。

基板レイアウトの検討

Figure 1 に示される入力バイパス・コンデンサ C_{IN} は、レギュレータ IC の近傍に配置しなければなりません。レギュレータ IC の入力リップル電圧の要因となる配線パターンによる抵抗成分を小さくするためです。さらに入力電圧の平滑化が必要な場合は、高周波ノイズをグラウンドにバイパスするため、 C_{IN} と並列に 0.1 μ F のバイパス・コンデンサを追加します。同様に、出力コンデンサ C_{OUT} もレギュレータ IC の近傍に配置しなければなりません。 C_{OUT} の配線パターンは直列抵抗を増加させ、出力リップル電圧に直接影響します。帰還ネットワーク抵抗 $R1$ と $R2$ は、帰還信号の配線パターンに対するノイズ・カップリングを最小に抑えるため、FB 端子の近傍に配置します。帰還抵抗ネットワークのグラウンドはアナログ・グラウンド層に直接接続してください。GND 端子もアナログ・グラウンド層に直接接続します。アナログ・グラウンド層を設けない場合は、帰還抵抗ネットワークのグラウンドは直接 GND 端子に接続してください。インダクタとショットキ・ダイオード間の配線は、消費電力の低減と全体の効率向上のために短くします。

アプリケーション情報 (つづき)



C_{IN} : Taiyo Yuden Ceramic
 C_{OUT} : Taiyo Yuden Ceramic
 L: Coilcraft DO1608C-103
 D: Motorola MBRM130LT3

FIGURE 4. White LED Application

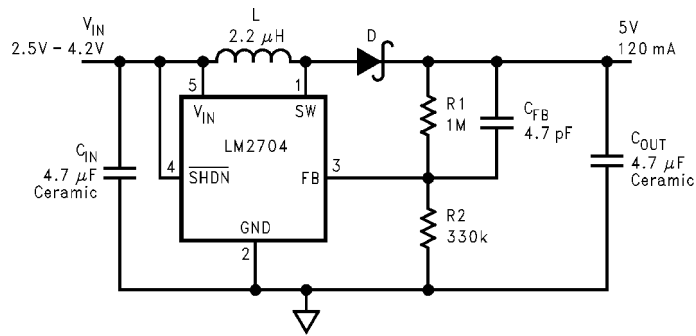


FIGURE 5. Li-Ion 5V Application

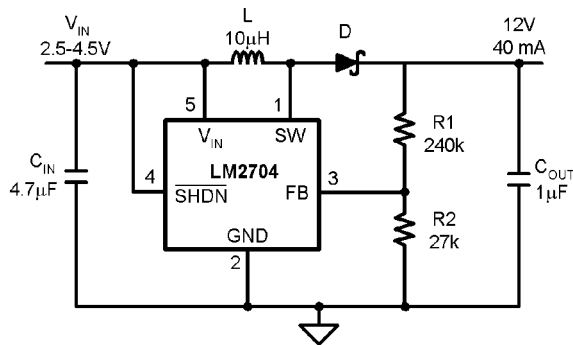


FIGURE 6. Li-Ion 12V Application

アプリケーション情報 (つづき)

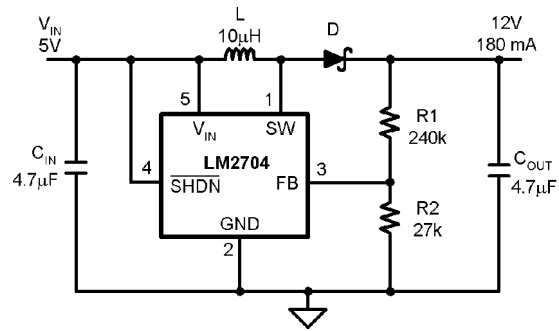
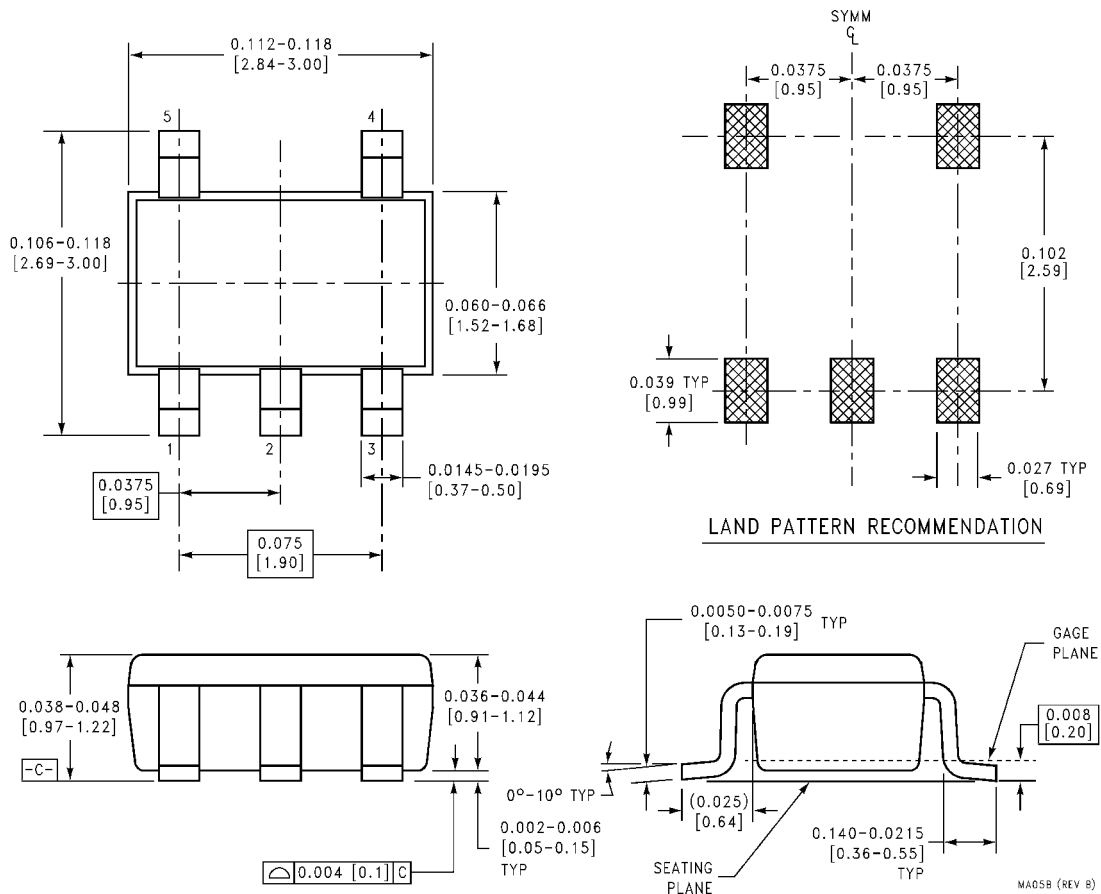


FIGURE 7. 5V to 12V Application

外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



5-Lead Small Outline Package (M5)
For Ordering, Refer to Ordering Information Table
NS Package Number MA05B

生命維持装置への使用について

弊社の製品はナショナル セミコンダクター社の書面による許可なくしては、生命維持用の装置またはシステム内の重要な部品として使用することはできません。

1. 生命維持用の装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用方法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。
2. 重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。


ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料 (日本語 / 英語) はホームページより入手可能です。

その他のお問い合わせはフリーダイヤルをご利用下さい。

<http://www.national.com/JPN/>

 **0120-666-116**