

+5V/可変出力CMOSステップダウン スイッチングレギュレータ

MAX638

概要

MAX638ステップダウンスイッチングレギュレータは、外付部品数を可能な限り少なくした低電力のDC-DC変換動作を実行するように設計されています。

標準アプリケーションでの動作に必要な外部部品は小さな低価格インダクタ、出力フィルタコンデンサ、そしてキャッチダイオードだけです。MAX638にはバッテリー電圧低下検出回路も内蔵されています。

MAX638は固定+5V出力レギュレータとして最も簡単に使用することができますが、2個の抵抗を追加して+5V以外の電圧を出力するように設定することも可能です。

マキシム社では、ロジックレベルシャットダウン、可変発振周波数及び外部MOSFETドライブなどの機能性を備えた豊富な種類のステップアップ、ステップダウン及び反転DC-DCコンバータ製品ラインを幅広く製造しています。

アプリケーション

高効率DC-DCステップダウンレギュレーション
リニア電圧レギュレータとの置換え
+12Vから+5Vへのステップダウン変換
バッテリー有効寿命期間の拡張
ポータブル機器

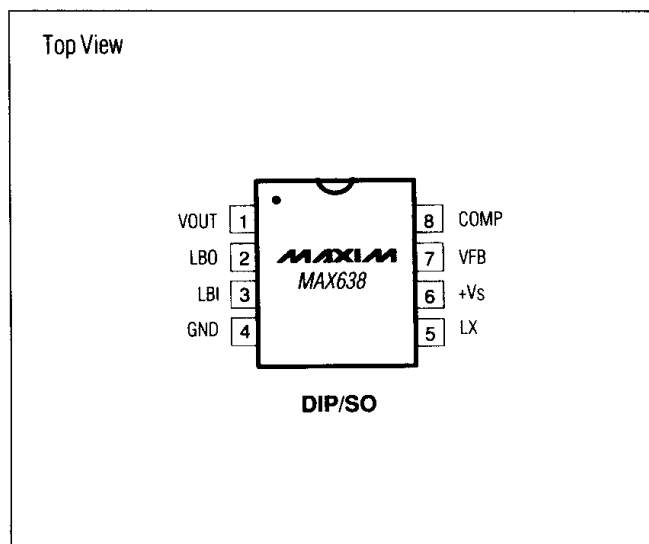
特長

- ◆ 固定+5V出力
- ◆ 2個の外付抵抗による可変出力
- ◆ 低動作電流
- ◆ 85%(typ)の変換効率
- ◆ 8ピンプラスチックDIP及びナローSOPパッケージ
- ◆ 僅か3個の外付部品
- ◆ バッテリー電圧低下検出器内蔵

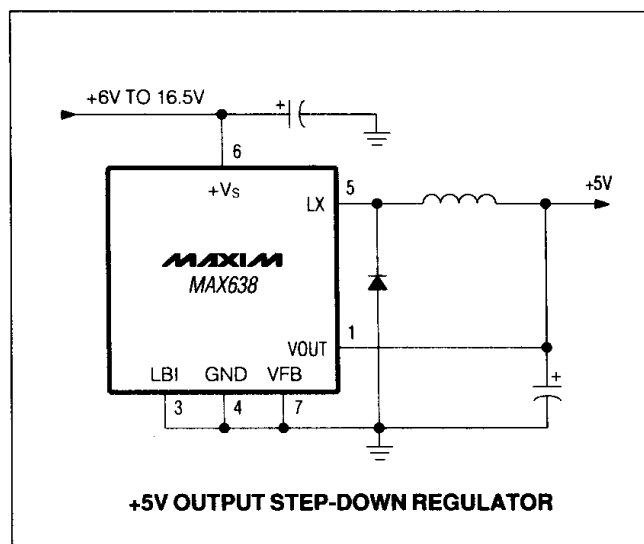
型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX638ACPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX638ACSA	0°C to +70°C	8 Narrow SO
MAX638AC/D	0°C to +70°C	Dice
MAX638AEPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX638AESA	-40°C to +85°C	8 Narrow SO
MAX638AMJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP

ピン配置



標準動作回路



+5V/可変出力CMOS ステップダウン スイッチングレギュレータ

MAX638

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage +Vs ±18V
 Output Voltage +Lx ±18V
 Output Voltage LBO + Vs
 Input Voltage LBO, LBI, VFB, COMP -0.3V to (+Vs + 0.3V)
 LX Output Current 525mA Peak
 LBO Output Current 50mA
 Operating Temperature
 MAX638AC 0°C to +70°C
 MAX638AE -40°C to +85°C
 MAX638AM -55°C to +125°C

Storage Temperature -65°C to +160°C
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.) +300°C
 Power Dissipation
 Plastic DIP (derate 8.33mW/°C) 625mW
 Small Outline (derate 6mW/°C) 450mW
 CERDIP (derate 8mW/°C above +50C) 800mW

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(+Vs = +12V, TA = +25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	+Vs	Over Temperature VOUT = +5V Adjustable mode	5 2.2		16.5 16.5	V
Supply Current	IS	TA = +25°C Over Temperature		135 180	600	μA
Reference Voltage (Internal)		TA = +25°C Over Temperature	1.28 1.24	1.31	1.34 1.38	V
VOUT Voltage (Note 1)		No Load, VFB = GND, Over Temperature	4.75	5.0	5.25	V
Efficiency				85		%
Line Regulation (Note 1)		+10V < +Vs < +15V		0.2		% VOUT
Load Regulation (Note 1)		POUT = 0mW to 150mW		0.2		% VOUT
Oscillator Frequency	fo			65		kHz
Oscillator Duty Cycle				50		%
Lx ON Resistance	RON	Ix = 100mA		6	12	Ω
Lx Leakage Current	IXL	V5 = 0V TA = +25°C Over Temperature		0.01	1.0 30	μA
VFB Input Bias Current	IFB			0.01	10	nA
Low Battery Input Threshold	VLBI			1.31		V
Low Battery Input Bias Current	ILBI			0.01	10	nA
Low Battery Output Current	ILBO	V2 = +0.4V, V3 = +1.1V TA = +25°C Over Temperature	0.5	1.0		mA
Low Battery Output Leakage Current	ILBOL	V2 = +Vs, V3 = +1.4V		0.01	3.0	μA

Note 1: Guaranteed by correlation with DC pulse measurements.

+5V/可変出力CMOSステップダウン スイッチングレギュレータ

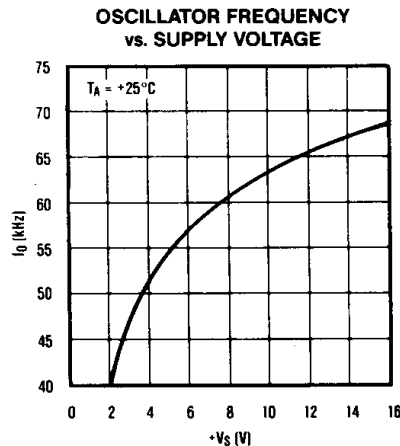
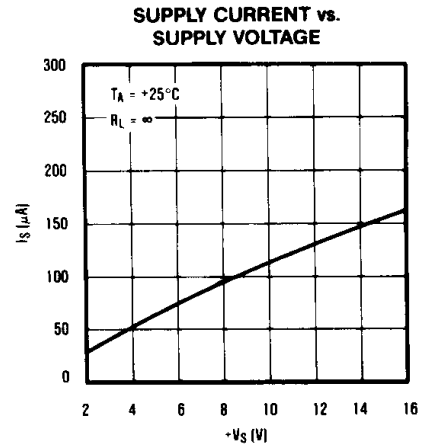
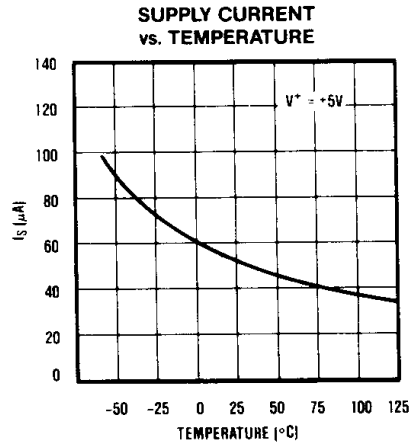
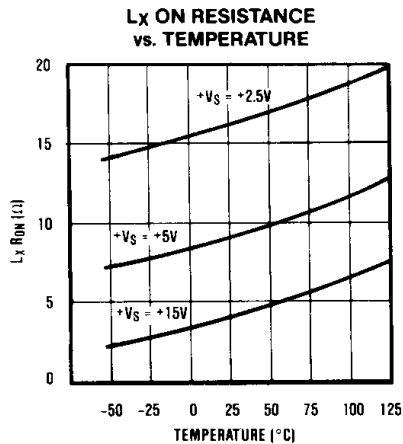
MAX638

端子説明

端 子	名 称	機 能
1	VOUT	固定+5V出力動作のセンス入力であるVOUTピンは、内部抵抗分圧器に接続されています。また、DC-DCコンバータの出力に接続されていますが(図2)、このピンから電流は供給されず、LXピンから電流が供給されます。
2	LBO	バッテリー電圧低下検出器出力。LBIピン上の電圧が+1.31Vよりも低くなると、電流をシンクするオープンドレインのNチャネルMOSFETです。
3	LBI	バッテリー電圧低下検出器入力。このピン上の電圧がバッテリー電圧低下検出器スレッシュホールド(+1.31V)よりも低くなると、LBOピンが電流をシンクします。
4	GND	グラウンド

端 子	名 称	機 能
5	LX	このピンは、内部PチャネルパワーMOSFETによって外部インダクタを駆動します。LXピンは6Ω(typ)の出力抵抗値及び525mAのピーク電流定格を備えています。
6	+Vs	VOUTから+16.5Vまでの範囲の入力電圧
7	VFB	VFBピンをグラウンドに接続すると、DC-DCコンバータの出力は+5Vになります。VOUTとVFBの各ピン間に抵抗分圧器を外付けすると、このピンは可変出力動作の帰還入力になります。
8	COMP	この補償入力、固定出力電圧を設定する内部抵抗分圧器に接続されています。このピンは通常、無接続状態にしておきます。一部の回路基板レイアウトでは、VOUTとCOMPの2つのピン間にリード補償用コンデンサ(100pF~10nF容量)を接続して低周波数リップルを低減し、トランジェント応答性を改善します。

標準動作特性



+5V/可変出力CMOSステップダウン スイッチングレギュレータ

詳細

基本動作

図1にステップダウンDC-DCコンバータの簡略回路図を示します。スイッチがクローズすると充電電流がインダクタに流れ、これによって磁界が生成されます。(この電流はフィルタコンデンサと負荷にも同様に流れ込みます。) スwitchがオープンになると、充電電流と同じ方向で電流がインダクタ内部に流れ続けます。しかしスイッチがオープン状態になっているので、電流はダイオードに流れなければなりません。スイッチがオープン状態のときには、インダクタのみによって電流が負荷に供給されます。磁界が失われて、インダクタのコア内部エネルギーがフィルタコンデンサと負荷に伝達されるに従って、この電流はリニアにゼロまで減衰します。

MAX638のブロック図、そして+9V入力を85%の効率で+5V出力に変換する標準接続を図2に示します。出力が+5V以下に降下すると、エラーコンパレータがハイにスイッチし、65kHzの内部発振器がLX出力ドライバのゲートに接続されます。LXはクロック周波数でターンオン及びターンオフし、インダクタの充電及び放電を行なって、上述のように出力に電流を供給します。出力電圧が+5Vに達すると、コンパレータの出力はローになり、インダクタには信号パルスが送られません。

基本的なステップダウン回路

各種の入力電圧に対応するインダクタの定格パラメータを表1に示します。このデータは、図3の回路を基準にしています。

出力ドライバ(LXピン)

オン抵抗が約6Ωの大きなPチャネルMOSFETを使用して、インダクタを充電しています。この出力ドライバは+VsとLXの2つのピン間に内部接続されており、525mAのピーク電流定格性能を備えています。殆どのアプリケーションで利用可能な出力電流はピーク電流定格値よりも小さなレベルになります。MAX638の最大出力電流を確認する目安として、下記の関係式を利用できます。

$$V_{IN} \approx 2 V_{OUT} \text{ と仮定すると、 } 4 I_{OUT} < 525\text{mA}$$

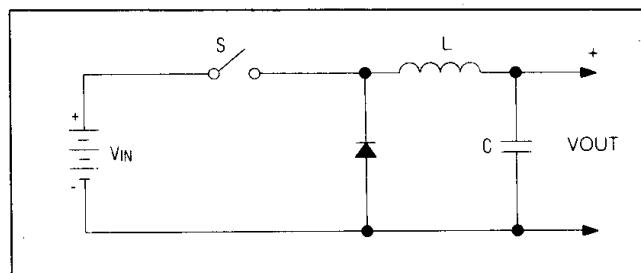


図1. ステップダウンDC-DCコンバータの簡略回路図

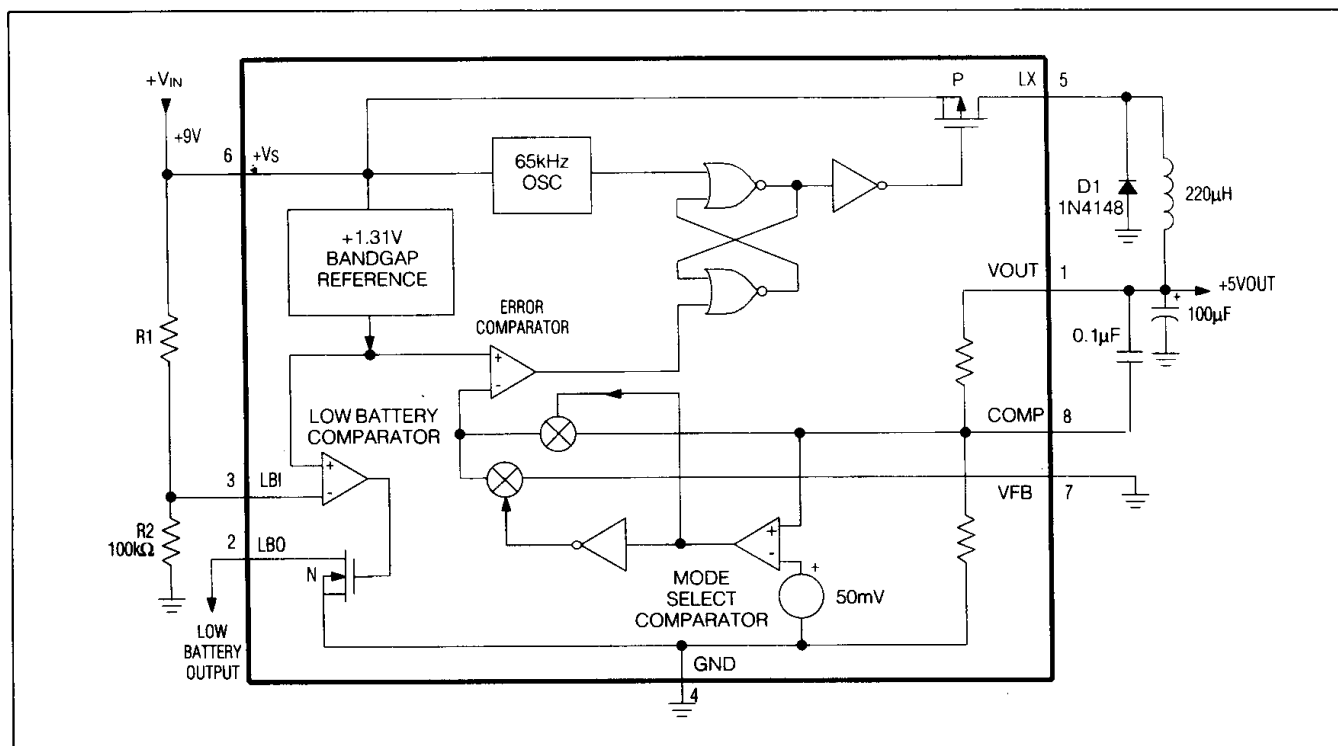


図2. MAX638のブロック図及び標準回路

+5V/可変出力CMOS ステップダウン スイッチングレギュレータ

MAX638

表1. 一般的な設計回路に対応するインダクタの選択(図3を参照)

MAXIM PART NO.	VIN (V)	VOUT (V)	IOUT (mA)	TYP EFF (%)	IPK (mA)	INDUCTOR (L)	
						μH	Ω
MAX638	7-9.5	5	35	92	200	150	0.4
	8-9.5	5	55	89	200	150	0.4
	10-14	5	50	92	300	270	0.6
	12	5	60	92	250	270	0.6
	12	5	75	89	300	180	0.5

固定又は可変出力

事前に設定済みの+5V出力電圧動作の場合には、VFBピンをGNDピンに接続します。抵抗を外付けする必要はありません。+5V以外の出力電圧を設定する場合には、図4に示すように外部抵抗分圧器をVFBピンに接続します。以下に説明するように、出力電圧はR3及びR4の値によって設定されます。

R4を10kΩから10MΩまでの範囲内の任意抵抗値とし、その標準値を100kΩとして下記の数式から出力電圧値を設定します。

$$R3 = R4 \left(\frac{V_{OUT}}{1.31V} - 1 \right)$$

バッテリー電圧低下検出器

バッテリー電圧低下検出器は、バッテリー電圧低下検出器入力(LBI)ピン上の電圧と+1.31Vの内部バンドギャップリファレンス電圧の比較を行ないます。LBIピン上の入力電圧が+1.31Vよりも低くなると、バッテリー電圧低下検出器出力(LBO)が常にローになります。バッテリー電圧低下検出電圧は、R1とR2の2つの抵抗によって設定します(図2)。

R2を10kΩから10MΩまでの範囲内の任意抵抗値とし、その標準値を100kΩとして下記の数式からバッテリー電圧低下検出電圧を設定します。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{LB}}{1.31V} - 1 \right)$$

(V_{LB}は、必要なバッテリー電圧低下検出電圧値です)

インダクタ値の決定

概要説明

本データシートで説明するDC-DCコンバータはDC入力からインダクタを充電することによって動作し、その後でインダクタを放電して入力電圧よりも低いDC出力を生成します。

どのようなDC-DCコンバータの場合でもその動作に適切なインダクタの値は次の3つの要因、つまり必要な出力電力、入力電圧(又は入力電圧範囲)、そしてDC-DCコンバータの発振器周波数及びデューティサイクルに応じて異なります。各サイクル期間中にコイルを充電する時間は発振

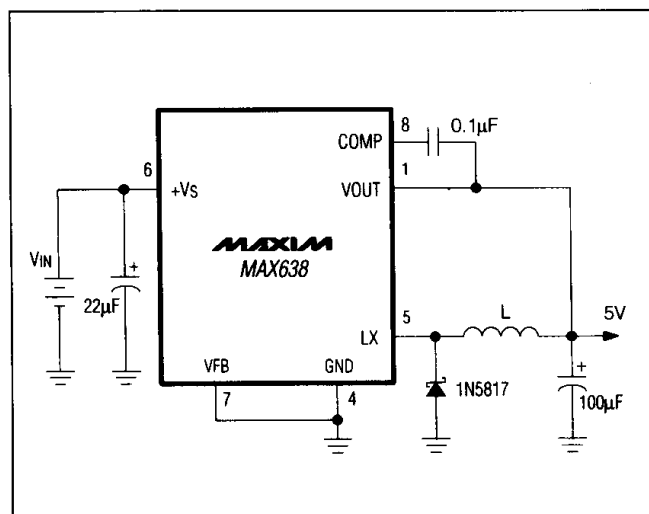


図3. 標準動作回路(表1)

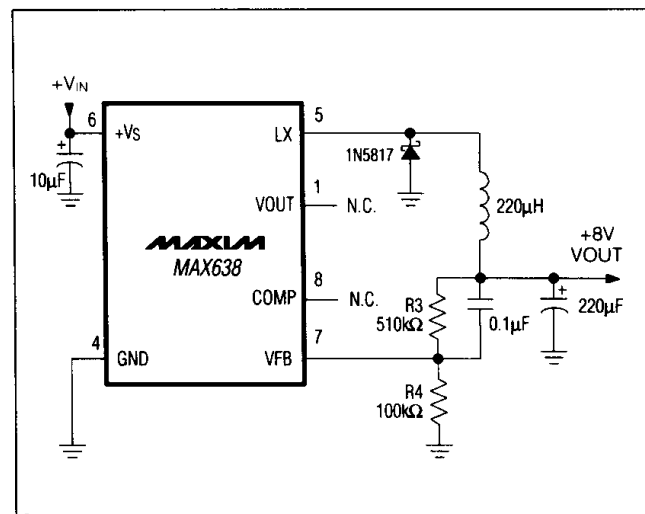


図4. 可変出力動作回路

+5V/可変出力CMOSステップダウン スイッチングレギュレータ

MAX638

器のタイミングによって決定されるので、このパラメータが重要になります。コイルに蓄積されるエネルギー量は、この発振器タイミングと入力電圧によって決まります。

インダクタは、下記に示す4つの電氣的基準に適合することが必要です。

[] **インダクタ値**—最悪の低入力電圧時にインダクタが十分なエネルギーを蓄積できるだけの十分低いインダクタンスが要求されます。

パワースイッチトランジスタのオン時間及び高入力電圧などの最悪時の高レベル条件下においてデバイスを破壊する可能性のある過度の電流発生が回避されるだけの十分高いインダクタンスが要求されます。

[] **飽和**—最悪時の高いピーク動作電流時に正しいインダクタンス値を提供することがコイルに要求されます。

[] **EMI**—電磁波妨害の影響によって、近接回路又はレギュレータICが誤動作を引き起こすようなことがあってはいけません。フェライトボビントイプは殆どのデジタル回路用として良好に動作し、EMIの影響を受けやすいアナログ回路にはトロイダル又はポットコアを使用すると効果的です。

[] **DC抵抗値**—変換効率に悪影響が及ばず、しかも自己発熱が起こらないように、巻線抵抗値を十分に低くすることが必要です。2Ωよりも低い値に維持すれば、一般的に十分過ぎるほどこの条件に適合します。

MAX638の比較的低い周波数での動作では、コア損失又は自己共振周波数などの上記以外のインダクタパラメータについては特に考慮する必要はありません。

インダクタ値—十分に低いのか?

インダクタ値が極端に高いと、特に製造時あるいは製造前の段階で設計仕様が保証されない問題が頻繁に起こる可能性があります。これらのユニットは十分な負荷電流を供給することができず、しかも負荷レギュレーションが劣化する結果になります。最悪のケースは下記の条件下で起こります。

- [] 最大負荷電流
- [] 最小電源電圧
- [] 許容誤差を含む最大インダクタ値
- [] スイッチの最大オン抵抗。インダクタ間の励起電圧が低減されることが理由。
- [] 最悪時のローオン時間

インダクタ値—十分に高いのか?

ピーク電流が原因となってトランジスタにストレスが加わったり、又はインダクタのコアが飽和することのないように、インダクタ値を十分に高くすることが必要です。過度のインダクタ電流が起因して変換効率の低下、ヒートシンク効率の劣化、コイルの異常動作及び出力リップルの増加などの異常症状が発生する可能性が高くなります。インダクタ値が非常に低いと、パワートランジスタが損傷を受ける恐れがあります。

インダクタ電流のスロープ、そしてインダクタ電流が特定のオン時間で到達するそのピーク値は、電源電圧とインダクタの値によって決まります。最悪のケースは下記の条件下で起こります。

- [] 最大電源電圧
- [] 許容誤差を含む最小インダクタ値
- [] スイッチの最小オン抵抗
- [] 低いスイッチング周波数(又はスイッチの最大オン時間)

インダクタの選択

上述の両方の最悪条件を考慮して、インダクタの値を求める下記の数式を計算しなければなりません。選択した最終値が、計算値の最小値から最大値までの範囲内に入っていることが必要です。この境界範囲内で、負荷駆動能力を更に高めたいときにはインダクタ値を多少低く調整し、リップル量を更に低減したいときにはインダクタ値を多少高く調整することが可能です。

$$[1] I_{pk} = \frac{4 I_{OUT}}{\frac{V_{IN} - V_{SW} - V_{OUT}}{V_{OUT} - V_{DIODE}} + 1}$$
$$[2] L = \frac{V_{IN} - V_{SW} - V_{OUT}}{I_{pk}} (t_{ON})$$

ここで、 V_{SW} はオン状態のスイッチを通して発生する電圧降下です。控え目に見積ると、この電圧値は $V_{IN}=+15V$ 時で約0.75V(最大値)及び約0.25V(最小値)、そして $V_{IN}=+5V$ 時で約1.5V(最大値)及び0.5V(最小値)です。

例: $\pm 12V$ 10%の入力電圧を50mAの電流出力で+5V出力に変換しなければなりません。ショットキダイオード(1N5817)及びMAX638Aを使用します。

インダクタの最大許容値を下記の数式に従って計算します。

$$I_{pk} = \frac{(4)(50mA)}{\frac{10.8V - 0.75V - 5V}{5V - 0.4V} + 1} = 95mA$$

$$L = \frac{10.8V - 0.75V - 5V}{95mA} (6\mu s) = 319\mu H$$

インダクタの最小許容値を下記の数式に従って計算します。

$$I_{pk} = 525mA \text{ (最大定格値の表から)}$$

$$L = \frac{13.2V - 0.25V - 5V}{525mA} (9.2\mu s) = 139\mu H$$

このアプリケーションでは、270 μH の標準値が良好な選択値になります。

出力フィルタコンデンサ

MAX638の出力リップルには位相がそれぞれ90°異なる2つの成分があります。そのうち1つの成分は、LX信号パルスが送られる毎にフィルタコンデンサ上に蓄積される電荷の変動が起因して発生します。もう1つの成分は、コンデンサの充電・放電電流とその等価直列抵抗値(ESR)の積です。低価格のアルミ電解型コンデンサを使用する際には、ESRが起因して発生するリップル量が電荷変動によって発生するリップル量よりも大きくなる場合があります。従って高品質のアルミあるいはタンタルフィルタコンデンサを使用すれば、その容量がアルミ電解型コンデンサより小さい場合であっても、出力リップル量が最小限に抑えられます。容量が100 μF から500 μF までの範囲内の高品質アルミ電解型コンデンサを0.1 μF のセラミックコンデンサと並列に接続すると、一般的に妥当な価格で最良の結果が得られます。

表2. 部品メーカー

会社名	電話番号	FAX番号
Coiltronics	USA (407) 241-7876	(407) 241-9339
Coilcraft	USA (708) 639-6400	(708) 639-1469
Dale	USA (402) 564-3131	(402) 563-1841
Sumida	USA (708) 956-0666 Japan 81-3-3607-5111	(708) 956-0702 81-3-3607-5144

外部ダイオード

MAX638を使用する殆どの回路では、LXがオフにスイッチすると常に外部ダイオード(D1、図2)の電流がゼロからそのピーク値へと急激に上昇します。過度の損失発生を回避するには、ダイオードのターンオン時間が高速であることが必要です。ピーク電流が100mA以下の低電力回路の場合には、1N4148などの信号ダイオードが良好

に動作します。もっとハイパワーな回路あるいは低電力で最大の変換効率を確保したい場合には、1N5817シリーズのショットキダイオードを推奨します。1N4001やその他の汎用整流器は高い電流定格が保証されていますが、ターンオン時間が低速なために過度の損失が発生する結果になるので、その使用を避けてください。

アプリケーションヒント

インダクタの飽和

市販のインダクタを使用する際には、そのピーク電流定格値を順守していることを必ず確認してください。インダクタをユーザ独自に設計する際には、コアのメーカが規定しているアンペア回数又はNI定格値を順守してください。ピーク電流又はNI定格値の順守を怠ると、特にブーストトランジスタを外付けする回路においてインダクタが飽和する場合があります。インダクタが飽和状態になると、非常に高レベルの電流がパワースwitchングデバイスに流れ込み、これが原因で過度の電力消費、変換効率の劣化及びデバイスの損傷が発生する結果になります。

最大負荷と最大入力電圧を印加し、電流プローブを使用してインダクタ電流をモニタすることで飽和テストを実施してください。正常なインダクタ電流波形は、電流ランプが線形の鋸波形になっています。飽和状態の電流波形は非線形になり、インダクタが飽和状態になった時点で電流が非常に急速に増加します。

バイパス処理と補償

インダクタの充電及び放電電流は比較的大きくなる可能性があるため、MAX638に近接したグランド接続部に高電流が流れ込む場合があります。不要な帰還を防止するためには、グランド経路のインピーダンスを可能な限り低く維持し、更に電源をバイパスすることが必要です。10 μF のアルミ電解型コンデンサをMAX638のピンに近接させて配置することを推奨します。

電圧設定用抵抗(R3及びR4、図4)の値が50k Ω を超える場合には、VFB入力の浮遊容量によって帰還応答性に「遅れ」が追加発生する可能性があり、これが原因で低周波数リップル量が増加するとともに、変換効率が劣化する結果になります。リード長及びVFBノードの回路基板パターン配線長を可能な限り短くすることによって、この問題を回避できる場合があります。「リード」補償コンデンサ(100pFから0.1 μF までの容量)をR3と並列に追加配置することで、この問題を解消することも可能です。

+5V/可変出力CMOS ステップダウン スイッチングレギュレータ

MAX638

販売代理店

マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16 (ホリゾン1ビル)
TEL. (03) 3232-6141 FAX. (03) 3232-6149

マキシム社では全体がマキシム社製品で実現されている回路以外の回路の使用については責任を持ちません。回路特許ライセンスは明言されていません。
マキシム社は随時予告なしに回路及び仕様を変更する権利を保留します。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600