

μModule 降圧レギュレータを使って正の入力から負の出力電圧を生成する方法

デザインノート 1021

Jaino Parasseril

はじめに

リニアテクノロジーの DC/DC 降圧 μModule[®]レギュレータは、表面実装パッケージに収められたスイッチモード電源です。それらは、DC/DC コントローラ、インダクタ、パワースイッチ、および関連回路を内蔵しています。これらの高度に集積化されたレギュレータは、負の出力電圧を必要とするアプリケーションにも容易にソリューションを提供します。つまり、これらの製品は反転昇降圧レギュレータとして動作することができます。その結果、回路内の最低電位は通常の 0V ではなく $-V_{OUT}$ であり、それを μModule レギュレータの GND に接続する必要があります。全ての信号は $-V_{OUT}$ を基準にします。

ここでは、LTM[®]8025 (36V、3A) を使って、同期信号のレベルシフト回路も含め、負の出力電圧を生成するために降圧 μModule レギュレータをどのように変更するかを示します。この手法は、LTM8022 (36V、1A)、LTM8023 (36V、2A)、LTM8027 (60V、4A) など、他の μModule レギュレータにも適用できます。

設計ガイド

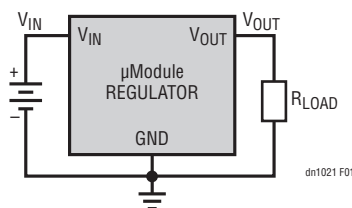
従来の降圧 μModule レギュレータは、図 1 に示すように、反転昇降圧コンバータとして構成することで、負の出力電圧を発生するように簡単に構成できます。入力電源の負の端子は μModule レギュレータの V_{OUT} ピンに接続し、GND ピンは $-V_{OUT}$ 電源レールに接続します。μModule レギュ

レータから見た実際の入力電圧 (V_{IN}') は、入力電源 (V_{IN}) と出力電圧 ($-V_{OUT}$) の差です。この電圧はデバイスの許容入力範囲内でなければなりません。さらに、出力電圧の絶対値は、μModule レギュレータの最大出力電圧定格を超えてはなりません。この場合、デバイスは反転昇降圧レギュレータとして動作しているため、スイッチ電流はそれに対応する降圧の場合より大きくなります。したがって、出力電流、スイッチング周波数、熱性能などのパラメータは、デバイスの制限内に収まるように検討する必要があります。詳細な検討および計算については、付録を参照してください。反転レギュレータとして構成した降圧 μModule レギュレータの選択ガイドの例として、表 1 を参照してください。

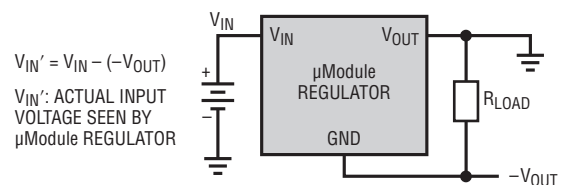
表 1. 反転レギュレータとして構成した降圧 DC/DC μModule レギュレータの例

μModule レギュレータ	$I_{OUT}(MAX)$	
	12V _{IN} → -5V _{OUT}	24V _{IN} → -12V _{OUT}
LTM8020	0.165A	See LTM8025 and LTM8027
LTM8021	0.475A	
LTM8022	1A	
LTM8023	1.6A	
LTM8025	2.95A	2.2A
LTM8027	4A	3.65A

LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linear のロゴおよび μModule はリニアテクノロジー社の登録商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。



(a) 正の出力電圧に構成した降圧 μModule レギュレータ



(b) 負の出力電圧に構成した降圧 μModule レギュレータ

図 1. 降圧モジュールを負の出力電圧に構成する方法

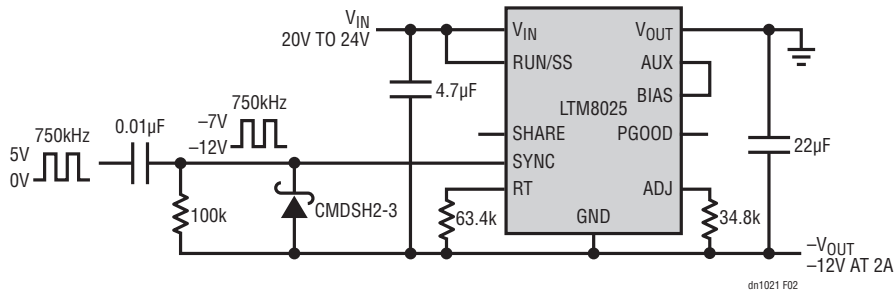


図 2. -12V 出力の LTM8025 の回路図

-12V 出力のアプリケーション

LTM8025 は、24V までの出力電圧をサポート可能な、 $36V_{IN}$ 、3A 降圧 μ Module 降圧レギュレータです。最小の設定変更で、それを負の出力電圧を生成するように容易に構成できます。20V ~ 24V の入力範囲から -12V/2A を発生する LTM8025 の回路図を図 2 に示します。LTM8025 から見た実際の入力電圧は $V_{IN}' = V_{IN} - (-V_{OUT})$ です。たとえば、 $V_{IN} = 20V$ であれば、 $V_{IN}' = 20V - (-12V) = 32V$ です。LTM8025 の最大入力定格は 36V なので、この特定のアプリケーションの入力電源は 24V に制限されます。

さらに、LTM8025 の内部発振器は、250kHz ~ 2MHz の外部クロック信号を SYNC ピンに与えることにより同期させることができます。負出力電圧の場合、クロックをレベルシフトして、低い電位に適応させる必要があります。この例の入力クロック信号は 0V ~ 5V、750kHz です。受動部品をいくつか追加して入力クロックをレベルシフトし、-12V ~ -7V の信号を発生して、LTM8025 の SYNC ピンに与えます。-12V 出力のアプリケーションの起動波形を図 3 に示します。

RUN/シャットダウン

LTM8025 は RUN/SS ピンを備えており、ソフトスタートおよびシャットダウンを行います。デバイスをシャットダウンするには、RUN/SS ピンを 0.2V より低くする必要があります。負出力のアプリケーションでは、LTM8025 の GND を $-V_{OUT}$ に接続します。したがって、デバイスをオフするには、RUN/SS 電圧を $-V_{OUT} + 0.2V$ より下げることが必要であり、通常動作では $-V_{OUT} + 2.5V$ に接続する必要があります。

まとめ

LTM8025 のような降圧 μ Module 降圧レギュレータは、簡単に負出力電圧に構成することができます。負出力では、LTM8025 は反転昇降圧レギュレータとして動作するので、最大許容出力電流は標準的な降圧トポロジーより小さくなります。同期動作を望む場合、適切なレベルシフト回路が必要です。LTM8025 の動作およびアプリケーション情報を含む詳細な説明に関しては、データシートを参照してください。

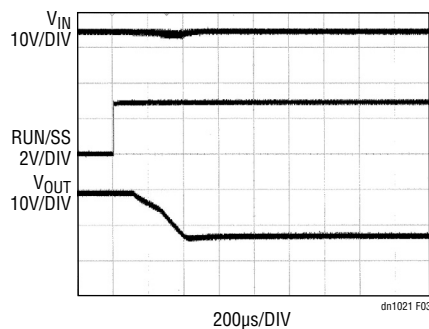


図 3. LTM8025 の -12V 出力の起動波形

データシートのダウンロード: <http://www.linear-tech.co.jp>

リニアテクノロジー株式会社

102-0094 東京都千代田区紀尾井町 3-6 紀尾井町パークビル 8F
TEL(03)5226-7291 FAX(03)5226-0268
<http://www.linear-tech.co.jp>

dn1021 LT/TP 1211 REV A • PRINTED IN JAPAN



© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2011

負出力アプリケーションにおける RUN ピンのレベルシフト

降圧 μ Module レギュレータは、デバイスのイネーブルとシャットダウンのための RUN ピンを備えています。負出力のアプリケーションでは、デバイスを正常にオフするために RUN 電圧をレベルシフトする必要があります。図 4 に示すように、PNP トランジスタ 1 個といくつかの抵抗を使用するだけで、シャットダウン機能を利用するためにレベルシフトを行うことができます。ロジック入力が“H”のとき、RUN 電圧は、抵抗分圧器 R2 と R3 によって決まる量だけ上昇します。RUN 電圧がシャットダウンしきい値を超えると μ Module レギュレータがオンし、その結果、出力はプログラムされた負電圧まで降下します。デバイスをシャットダウンするにはロジックに“L”入力を加えて、RUN 電圧を強制的に負出力と同じ電位にします。

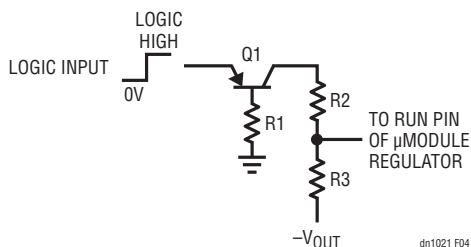


図 4. 負出力構成時の RUN レベルシフト回路

シャットダウンしきい値はそれぞれの μ Module レギュレータによって異なり、その値は各レギュレータのデータシートの表に記載されています。抵抗 R2 と R3 の値は、ロジックの“H”入力電圧と μ Module レギュレータのシャットダウンしきい値に従って調整します。LTM8027 を使用した -12V 出力アプリケーションにレベルシフト回路を組み込んだ例を図 5 に示します。この例では、LTM8027 は 5V ロジック入力で、RUN ピンの抵抗分割器は約 2.5V に設定されていますが、これはこのデバイスのシャットダウンしきい値 1.4V より十分に大きい値です。

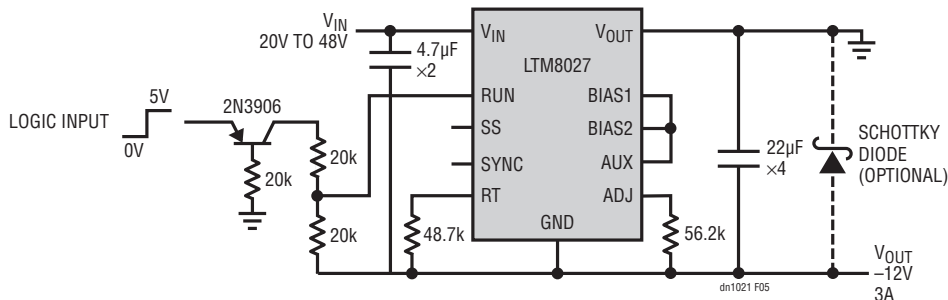


図 5. RUN レベルシフト回路を組み込んだ -12V 出力用の LTM8027

起動保護用の外付けショットキー・ダイオード

μ Module レギュレータを負の出力電圧用に構成する時は、入力コンデンサと出力コンデンサの組み合わせによって出力の AC 分圧器を構成します。起動時の出力 ($-V_{OUT}$) は、意図した負電位まで降下する前に、短時間だけ正の値になります。正のピーク電圧は、入出力コンデンサの容量値と入力電圧ステップの両方によって決まります。正電圧の値を制限するために、 $-V_{OUT}$ と入力電源グラウンドの間に外付けのショットキー・ダイオードが必要になることがあります。ショットキー・ダイオードによる保護を施した μ Module レギュレータの簡略回路図を図 6 に示します。

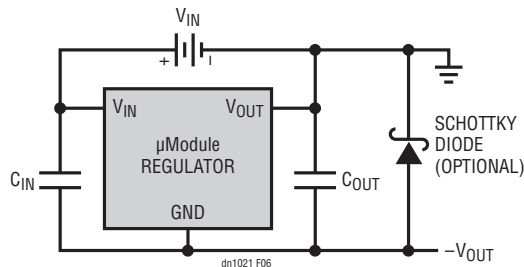


図 6. ショットキー・ダイオードによる保護を施した負出力用の降圧 μ Module レギュレータ

負出力アプリケーションの設計に関する検討事項

負出力アプリケーションの場合、 μ Module レギュレータから見た入力電圧 (V_{IN}') は、入力電源電圧 (V_{IN}) と出力電圧 ($-V_{OUT}$) の差です：

$$V_{IN}' = V_{IN} - (-V_{OUT}) \tag{式 1}$$

結果として、最大入力電圧 ($V_{IN(MAX)'}$) は、 μ Module レギュレータの絶対最大入力電圧 ($V_{IN_MODULE(MAX)}$) より低くなければなりません。

さらに、反転アプリケーションにおけるスイッチ電流は、正出力構成より大きくなります。したがって最大出力電流 ($I_{OUT(NEG)}$) は、以下の式に従って、 μ Module レギュレータの標準定格 ($I_{OUT(POS)}$) より小さくする必要があります。

$$I_{OUT(NEG)} \leq (I_{OUT(POS)}) \cdot (1 - DC_{MAX}) \quad (\text{式 2})$$

ここで、最大デューティ・サイクルは次式で表されます。

$$DC_{MAX} = \frac{|V_{OUT}|}{V_{IN(MIN)} + |V_{OUT}|} \quad (\text{式 3})$$

式 2 は近似式です。より正確な値を得るには、スイッチング周波数、インダクタ電流リップル、効率、高デューティ・サイクル時のスイッチ電流制限のデレーティングといったパラメータを考慮する必要があります。

設計例：

反転電源の要件：

$$V_{IN} = \text{公称 } 15V (\text{範囲} : 12V \sim 18V)$$

$$V_{OUT} = -5V$$

$$I_{OUT(NEG)} = 2A$$

使用する μ Module レギュレータ：LTM8025

LTM8025 のデータシートの定格：

$$V_{IN_MODULE(MAX)} = 36V$$

$$I_{OUT(POS)} = 3A$$

計算：

式 1 ~ 3 を使用して、以下の値が求められます。

$$V_{IN(MAX)}' = V_{IN(MAX)} - (V_{OUT}) = 18 - (-5) = 23V$$

$$DC_{MAX} = \frac{|V_{OUT}|}{V_{IN(MIN)} + |V_{OUT}|} = \frac{5}{12+5} = 0.294$$

$$(I_{OUT(POS)}) \cdot (1 - DC_{MAX}) = (3A) \cdot (1 - 0.294) = 2.12A$$

上記の計算から、LTM8025 はこの反転アプリケーションに非常に適していることがわかります。 μ Module レギュレータに加わる最大入力電圧は 23V で、最大動作電圧の 36V よりも十分に低い値です。最大デューティ・サイクルが 29.4% の時の最大出力電流は約 2.12A で、このアプリケーションの要件である 2A に対して十分な値です。