

リモート負荷におけるケーブル・ドロップの補償

Philip Karantzalis

出力分散システムでの共通の問題は、レギュレータと負荷の間のワイヤ電圧降下によるレギュレーション性能の低下です。ワイヤ抵抗、ケーブル長、負荷電流のいずれかが増加すると、配電線間の電圧降下が増加し、負荷での電圧とレギュレータによってプログラムされた電圧との間の差が増加します。リモート検出では、負荷までの配線を追加することが必要です。LT6110 ケーブル/ワイヤ電圧降下補償器を使用すれば、余分な配線は不要です。この記事では、レギュレータと負荷の間の広範囲の電圧降下を補償することにより、LT6110 がどのようにレギュレーションを向上できるかを示します。

LT6110 ケーブル/ワイヤ電圧降下補償器

1 線式補償回路のブロック図を図 1 に示します。遠隔負荷回路がレギュレータのグランドを共有していない場合は、2 本のワイヤが必要です。1 本は負荷線でもう 1 本はグランド帰線です。LT6110 ハイサイド・アンプは、検出抵抗 R_{SENSE} 両端の電圧 V_{SENSE} を測定することにより、負荷電流を検出し、負荷電流 I_{LOAD} に比例した電流 I_{IOUT} を流し込みます。 I_{IOUT} の換算係数は、 R_{IN} 抵抗を使用して $10\mu A \sim 1mA$ の範囲でプログラム可能です。ワイヤ電圧降下 V_{DROP} の補償は、帰還抵抗 R_{FA} に I_{IOUT} を流してレギュレータの出力電圧を V_{DROP} に等しい量だけ大きくすることによって実現します。LT6110 ケーブル/ワイヤ電圧降

下補償の設計は簡単です。 I_{IOUT} と R_{FA} の積がケーブル/ワイヤ電圧降下の最大値と等しくなるように設定します。

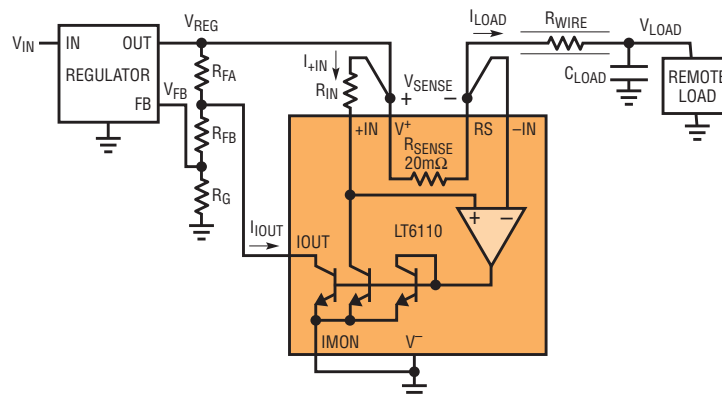
LT6110 は、最大 3A の負荷電流に適した $20m\Omega$ の R_{SENSE} を内蔵しています。このため、 I_{LOAD} が 3A より大きい場合は、外付けの R_{SENSE} が必要です。外付けの R_{SENSE} は、検出抵抗、インダクタの DC 抵抗、または PCB トレースの抵抗の場合もあります。LT6110 の $IMON$ ピンは、 I_{IOUT} シンク電流の他に、ソース電流 ($IMON$) を供給して、LT3080 などの電流基準リニア・レギュレータを補正します。

降圧レギュレータ向けのケーブル電圧降下補償

LT6110 と 3.3V、5A 降圧レギュレータで構成される完全なケーブル/ワイヤ電圧降下補償システムを図 2 に示します。このシステムは、20 フィートの 18 AWG 銅線を介して接続されている遠隔負荷の電圧を安定化します。降圧レギュレータの 5A 出力には、外付けの R_{SENSE} を使用することが必要です。

最大 5A の I_{LOAD} が $140m\Omega$ のワイヤ抵抗と $25m\Omega$ の R_{SENSE} を流れると、825mV の電圧降下が生じます。 $0A \leq I_{LOAD} \leq 5A$ の範囲で負荷電圧 V_{LOAD} を安定化するには、 $I_{IOUT} \cdot R_{FA}$ が 825mV に等しくなければなりません。以下の 2 つの設計オプションがあります。

図 1. 遠隔負荷までのワイヤの電圧降下を補償するのに追加のワイヤは不要です。



負荷レギュレーションの精度を高めるには、電源と負荷の間の抵抗を正確に推定することが必要です。ケーブル・コネクタとPCBトレースをワイヤと直列に接続したときの抵抗、 R_{WIRE} 、 R_{SENSE} を正確に推定できる場合、LT6110は広範囲の電圧降下を高精度に補償することができます。

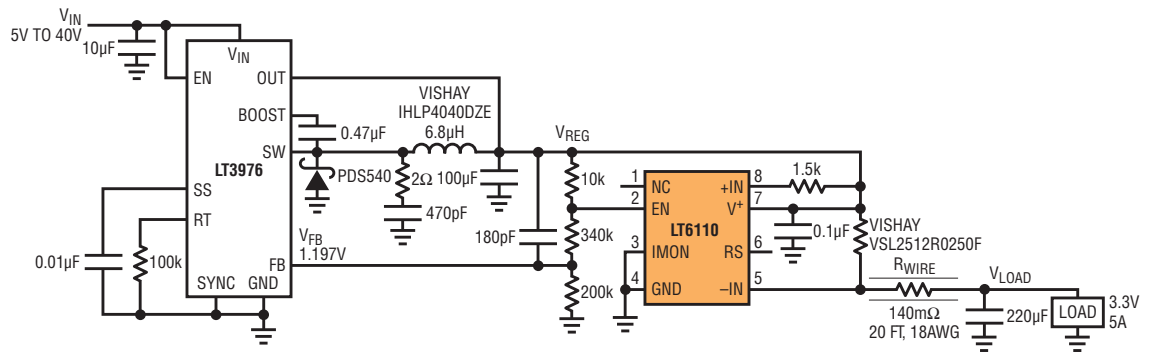


図2. 大電流の遠隔負荷レギュレーションの例：LT6110ケーブル/ワイヤ電圧降下補償回路を付加した3.3V、5A降圧レギュレータ

I_{OUT} を選択してから R_{FA} 抵抗を計算するか、電流が非常に少ない場合のレギュレータの帰還抵抗を設計してから R_{IN} 抵抗を計算して I_{OUT} を設定します。通常は I_{OUT} を100 μ Aに設定します(I_{OUT} の誤差は30 μ A~300 μ Aの範囲では $\pm 1\%$ です)。図2の回路では、帰還経路の電流は6 μ A ($V_{FB}/200k$)であり、 R_{FA} 抵抗は10kです。また、 R_{IN} 抵抗は I_{OUT} ・ $R_{FA} = 825mV$ と設定されるように計算する必要があります。

$$I_{OUT} = V_{SENSE}/R_{IN}$$

$$I_{OUT} \cdot R_{FA} = V_{DROP}$$

および

$$R_{IN} = R_{FA} \cdot \frac{R_{SENSE}}{R_{SENSE} \cdot R_{WIRE}}$$

したがって、 $R_{FA} = 10k$ 、 $R_{SENSE} = 25m\Omega$ 、および $R_{WIRE} = 140m\Omega$ の場合、 $R_{IN} = 1.5k$ です。

ケーブル/ワイヤ電圧降下補償なしの場合、負荷電圧の最大変化量 ΔV_{LOAD} は700mV (5・140m Ω)になります。これは3.3V出力では誤差21.2%に相当します。LT6110では、 ΔV_{LOAD} が25 $^{\circ}C$ でわずか50mV (誤差1.5%)に低下します。これは負荷レギュレーションの値で1桁の向上です。

高精度の負荷レギュレーション

LT6110を使用して負荷レギュレーションを適度に向上するには、 R_{WIRE} の推定値を適度な精度で決めるだけで済みます。負荷レギュレーションの誤差は、2つの誤差(ワイヤ/ケーブル抵抗による誤差とLT6110補償回路による誤差)の積です。たとえば、図2の回路を使用すると、 R_{SENSE} と R_{WIRE} の計算誤差が25%である場合でも、LT6110は V_{LOAD} の誤差をなお6.25%まで低減します。

負荷レギュレーションの精度を高めるには、電源と負荷の間の抵抗を正確に推定することが必要です。ケーブル・コネクタとPCBトレースをワイヤと直列に接続したときの抵抗、 R_{WIRE} 、 R_{SENSE} を正確に推定できる場合、LT6110は広範囲の電圧降下を高精度に補償することができます。

LT6110、 R_{WIRE} の正確な推定値、高精度の R_{SENSE} を使用することにより、 ΔV_{LOAD} の補償誤差を低減して、ワイヤの長さにかかわらずレギュレータの電圧誤差に一致させることができます。

まとめ

LT6110ケーブル/ワイヤ電圧降下補償器は、このデバイスを使わなければ大電流、長いケーブル、および抵抗がレギュレーションに大きく影響するような遠隔負荷の電圧レギュレーションを改善します。正確なレギュレーションを実現するのに、検出ワイヤの追加、ケルビン抵抗の購入、銅使用量の増量、ポイントオブロード・レギュレータの実装を行う必要があります。これらは、他のソリューションにはよくある難点です。対照的に、補償器ソリューションは必要なスペースがわずかであり、その上、設計の複雑さや部品のコストを最小限に抑えています。■