

# DESIGN NOTES

## デジタル PWM 信号からの、高精度、高速セトリングなアナログ電圧生成

### デザインノート 538

Mark Thoren および Chad Steward 共著

#### はじめに

PWM (Pulse Width Modulation: パルス幅変調) は、マイクロコントローラや FPGA などのデジタル・デバイスからアナログ電圧を作り出すための一般的な技法です。ほとんどのマイクロコントローラには専用の PWM 生成ペリフェラルが組み込まれており、わずか数行の RTL コードにより、FPGA から PWM 信号を生成できます。これは、アナログ信号のパフォーマンス要件が特に厳しくない限りは、単純かつ実践的な技法です。必要な出力ピンは 1 つだけで、SPI や I<sup>2</sup>C インターフェイスを使用する DAC (Digital-to-Analog Converter: デジタル/アナログ変換器) と比較して、コードのオーバーヘッドも非常にわずかです。標準的応用例を図 1 に示します。デジタル出力ピンにフィルタを使用することで、アナログ電圧が生成されます。

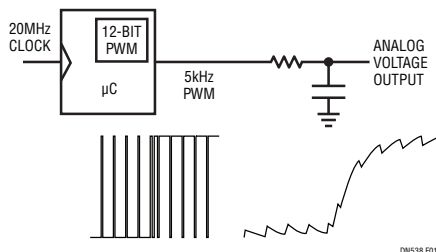


図 1. PWM/アナログ変換

この構成には多くの欠点があることは、それほど深く分析しなくても明らかです。12 ビットのアナログ信号は、理想的にはリップルが LSB 未満であるべきで、5kHz の PWM 信号の場合には 1.2Hz のローパス・フィルタが必要です。電圧出力のインピーダンスはフィルタ抵抗によって決定され、フィルタ・コンデンサを妥当なサイズに抑えるには、この抵抗は非常に大きくなることがあります。このため、出力は高インピーダンスの負荷の駆動のみに使用する必要があります。PWM/アナログ変換の伝達関数の勾配 (利得) は、マイクロコントローラ (おそらくは不正確な) デジタル電源電圧により決定されます。より微妙な影響として、線形性を維持するため、デジタル出力ピンの “H” 状態における電源への実効抵抗と、“L” 状態における接地抵抗との差異が、フィルタ抵抗の値と比較して小さい必要があるということが挙げられます。最後に、出力電圧を一定の値に維持するため、PWM 信号は連続的である必要があり、プロセッサを低電力のシャットダ

ウン状態に移行する必要がある場合はこれが問題になる可能性があります。

#### PWM/アナログ変換の欠点を改善

これらの欠点を改善する試みを図 2 に示します。出力バッファにより、高インピーダンスのフィルタ抵抗が使用可能になると同時に、低インピーダンスのアナログ出力が提供されるようになります。高精度リファレンスにより駆動される外部の CMOS バッファを使用することで、利得が正確になります。この高精度リファレンスは、PWM 信号がグランドと正確な “H” レベルとの間で振幅するよう設定されます。この回路は実現可能ですが、部品点数が多くなり、1.1 秒のセトリング時間を短縮する方法がなく、連続的な PWM 信号を送り続ける以外にはアナログ値を「保持」する方法がありません。

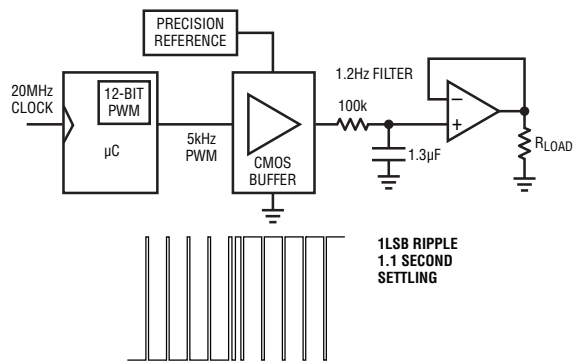


図 2. 欠点を改善した PWM/アナログ変換

#### PWM/アナログ変換の問題を解消

LTC2644 および LTC2645 は、PWM 入力/電圧出力のデュアルおよびクワッドの DAC で、10ppm/°C のリファレンスを内蔵し、デジタル PWM 信号から真の 8、10、または 12 ビット性能を提供します。LTC2644 および LTC2645 は、入力された PWM 信号のデューティ・サイクルを直接測定し、立ち上がりエッジごとに適切な 8、10、または 12 ビットのコードを高精度 DAC へ送信することで、上述の問題点を克服しています。

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology および Linear のロゴは、リアテクノロジ社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

1.25V の内部リファレンスにより、フルスケール出力が 2.5V に設定されますが、別のフルスケール出力が必要な場合は外部リファレンスを使用できます。独立の IOV<sub>CC</sub> ピンによりデジタル入力レベルが設定されるため、1.8V の FPGA、5V のマイクロコントローラ、またはその中間の任意の電圧に直接接続できます。DC 精度仕様が非常に優れており、オフセット 5mV、最大ゲインエラー 0.8%、最大 INL 2.5LSB (12ビット) です。出力セトリング時間は、PWM 入力の立ち上がりエッジから、最終値の 0.024% 以内まで (12ビットで 1LSB) に 8μs です。PWM の周波数範囲は、12ビット版で 30Hz から 6.25KHz までです。

### 多用途な出力モード

LTC2644 のもう 1 つの独自機能を活用した、電源のトリミング / マージニングを行う標準的なアプリケーションを、図 4 に示します。IDLSEL を "H" に接続すると、「サンプル / ホールド」動作が選択され、スタートアップ時に出力が高インピー

ダンス (マージニングなし) になり、入力が継続的に "H" レベルである限り、出力は無期限に値を保持します。継続的な "L" レベルにより、出力は高インピーダンス状態になります。このため、PWM バーストで電源オンを行い、その後で "H" レベルにすれば、電源をトリムできます。PWM 信号を "L" にプルすると、回路はマージニング動作を簡単かつ確実に終了します。IDLSEL を GND に接続すると「透過モード」が選択され、入力が継続的に "H" レベルになることで出力がフルスケールに設定され、継続的に "L" レベルになることで出力がゼロスケールに設定されます。

### まとめ

典型的な PWM/アナログ変換技法の制限は、解決不能なものではありません。LTC2645 により、パルス幅変調されたデジタル出力を元に高精度で高速セトリングなアナログ信号を生成しながら、部品点数を抑えてコードを単純にすることが可能です。

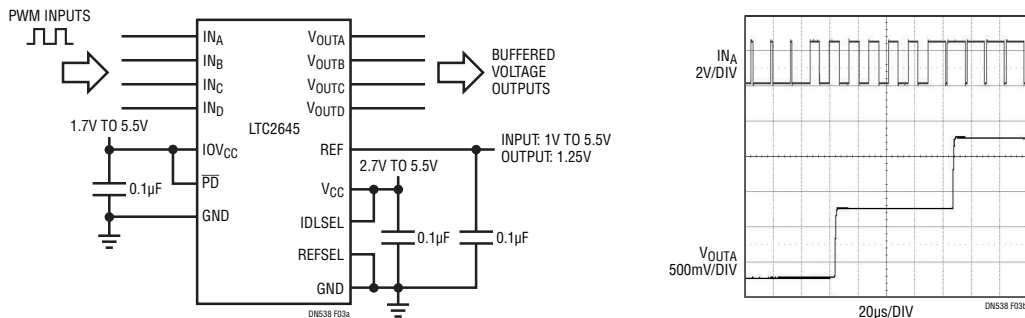


図 3. 4 チャンネルの PWM/アナログ変換

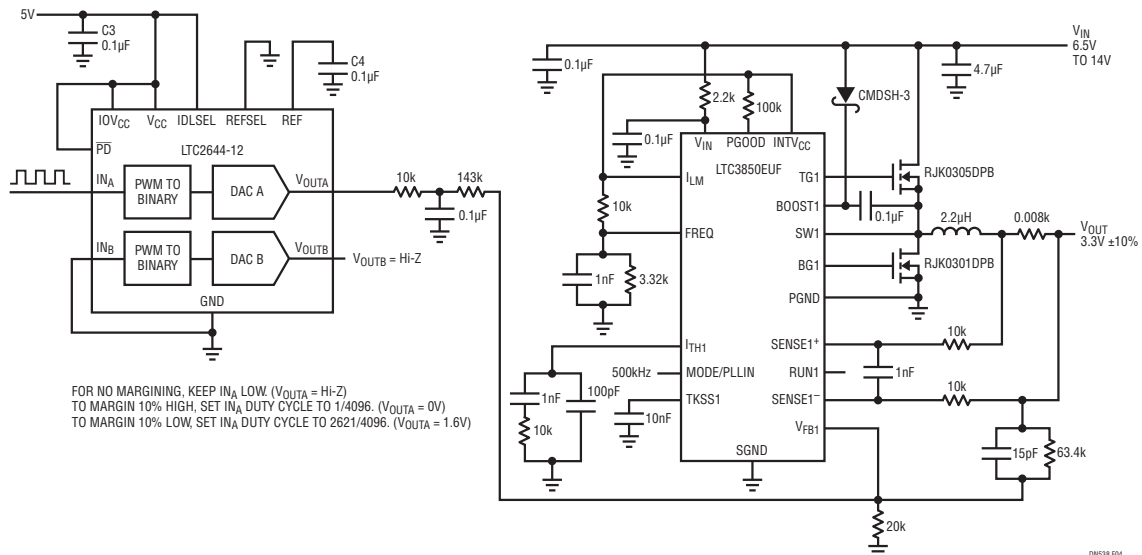


図 4. マージニング・アプリケーション

### データシートのダウンロード

[www.linear-tech.co.jp/LTC2644](http://www.linear-tech.co.jp/LTC2644)

## 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>

dn538f LT/AP 0515 • PRINTED IN JAPAN

  
© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2015