

システム設計者のためのデジタル電源

By

Bruce Haug
Senior Product Marketing Engineer, Power Products
Linear Technology Corporation

はじめに

一般に、経験豊富なデジタル電源ユーザは、デジタル電源システム・マネージメントの利点をよく理解しています。しかし、これが製品にとって有用かどうかを検討中のユーザにとっては、この利点はあまり定かではありません。よくある質問として以下があげられます。

デジタル電源は顧客に評価されますか？
このテクノロジーは新しい市場に浸透しますか？
製品ラインナップにデジタル電源を導入しないと市場から取り残されますか？
導入に際し難易度はどの程度ですか？
習得期間はどのくらいですか？
デジタル電源を導入した場合に市場投入までの時間が長くなりますか？
追加コストはどのくらいですか？

これらの質問への回答は、デジタル電源が最終アプリケーションに望ましい選択肢であるかどうかの判断の手助けとなるように行う必要があります。

デジタル電源が有用な場合

シンプルな PC 接続によるアナログ電源のデジタル制御は、設計者がシステムを短時間でアップし動作させる必要がある開発段階において特に有用です。このようなシステムではポイントオブロード電圧レールが 20 以上になる可能性があり、電源電圧の調整、電源のアップ/ダウンのシーケンス制御、動作電圧限界値の設定、電圧、電流、温度などのパラメータの読み出しをはじめ、デジタル・インタフェースを介した詳細なフォルト・ログへのアクセスを容易に行える必要があります。これらのシステムにおいてレール全体で厳密な制御を維持し、最高性能を達成するには高精度であることが極めて重要です。

最新の電子システムにおいては、主要な動作パラメータを直接設定したり遠隔モニタを行う手段が通常ないので、電圧レギュレータの条件と動作状態を知ることが、おそらく最後まで手を加えることができなかったブラインド・スポットと言えるでしょう。信頼性の高い動作を実現するには、潜在的な故障が発生する前に、レギュレータの出力電圧の経時的ドリフトや過温度状態を検出して対処することが不可欠です。適切に設計されたデジタル電源システムでは、規格を外れた

り故障を生じる前に補正動作を行えるように、電圧レギュレータの動作をモニタして健全性を通知することができます。

データセンターにおける主要な課題は、ワークフローのスケジュール変更と遊休サーバへのジョブの移動によって全体の消費電力を低減し、これにより他のサーバのシャットダウンを可能にすることです。これらの要件を満たすには、エンドユーザの装置の消費電力を知ることが不可欠です。適切に設計されたデジタル・パワー・マネージメント・システムは、ユーザに消費電力データを提供することが可能で、これによりスマート・エネルギー・マネージメントの決定を行うことができます。

高価な ASIC が過電圧状態になる可能性をなくすため、高速コンパレータは各レールの電圧レベルをモニタし、レールが規定された安全動作限界値を外れた場合に直ちに保護措置を講じる必要があります。デジタル電源システムでは、PMBus のアラート・ラインを介してフォルトが生じたことをホストに通知することが可能で、影響を受けるレールをシャットダウンして ASIC などの受電デバイスを保護することができます。このレベルの保護を実現するには、優れた精度と数十 μs 程度の応答時間を必要とします。

デジタル・パワー・マネージメントが採用されている理由は、電源システムに関する正確な情報を提供できることと、数十の電圧の自律的な制御および監視を容易に行えることです。基板の設計者は、ホスト・プロセッサにテレメトリの読み出しやシンプルなフォルト操作を望まない限り、1 行のコードも書く必要はありません。メーカーは新規ユーザ、経験豊富なユーザのどちらでも容易に導入できるコスト効率の良いデバイスをニッチな特定分野向けに調整して提供する必要がありますことは明らかです。リニアテクノロジーはいくつかのデジタル電源製品を提供しており、LTC3880/LTC3880-1 は最近発売された製品です。

LTC3880 の概要

LTC3880/LTC3880-1 は、デジタル電源システム・マネージメント用の I²C ベースの PMBus インタフェースを備えた、デュアル出力、高効率同期整流式降圧 DC/DC コントローラです。これらのデバイスは、電源システムの設計とマネージメントを容易にするために、クラス最高レベルの性能を誇るアナログ・スイッチング・レギュレータと高精度ミクストシグナル・データ変換を組み合わせた製品で、使いやすいグラフィカル・ユーザ・インタフェース (GUI) を採用した LTpowerPlay ソフトウェア開発システムによってサポートされています。

LTC3880/LTC3880-1 はデジタル設定および読み出しが可能なので、要求の厳しいポイントオブロード・コンバータの機能をリアルタイムで制御およびモニタできます。設定可能な制御パラメータには、出力電圧、マーギニングおよび電流制限値、入力および出力の監視限界値、パワーアップのシーケンス制御およびトラッキング、スイッチング周波数、識別およびトレーサビリティ・データなどが

あります。高精度のデータ・コンバータと EEPROM を内蔵しているので、入力と出力の電圧、入力と出力の電流、デューティ・サイクル、温度、フォルト・ログなどのレギュレータの構成設定値やテレメトリ変数を捕捉して不揮発性メモリに保存することができます。LTC3880/LTC3880-1 はアナログ制御ループを備えており、低速のデジタル制御ループで通常見られる量子化効果を生じることなく、最高のループ安定性と最速のトランジエント応答を実現します。



このデバイスは、2つの個別の出力を供給するか、または2フェーズ・シングル出力に構成することができます。最大6フェーズをインターリーブして並列接続することにより、複数のデバイス間での高精度の電流分担が可能なので、大電流アプリケーションや複数出力アプリケーションの入力と出力のフィルタリング要件を最小限に抑えます。内蔵アンプが出力電圧の真の差動リモート検出を行うので、基板のIR電圧降下の影響を受けることなく、高精度のレギュレーションが可能です。LTC3880を使って12Vバス電圧から1.8V/20Aと3.3V/15Aを生成する標準的応用例を図1に示します。

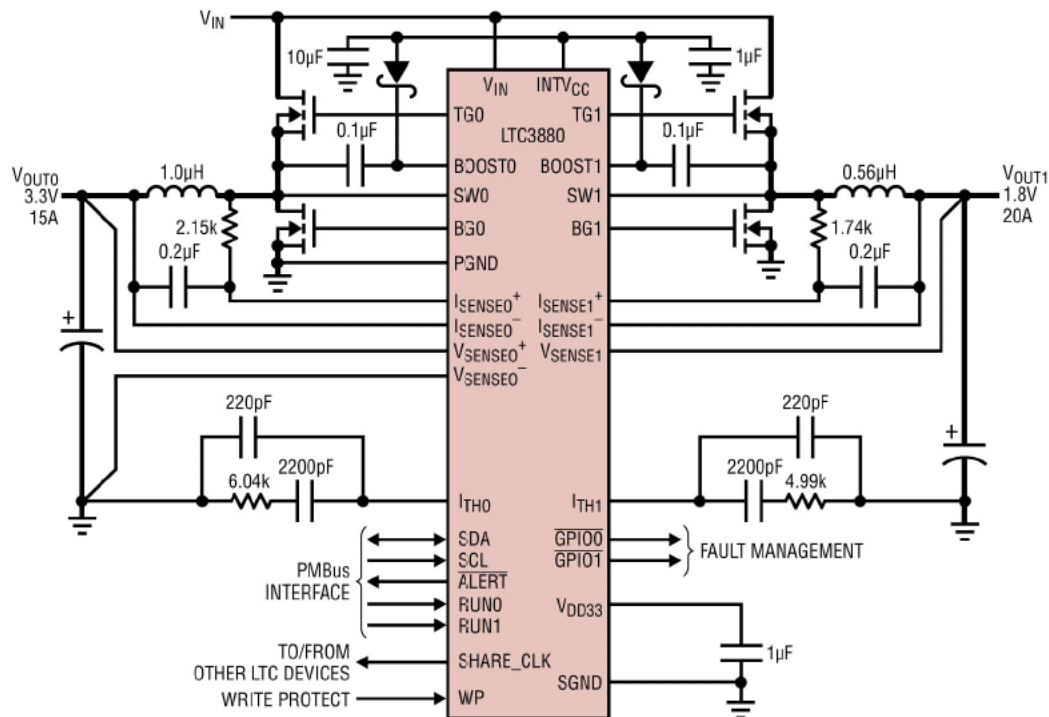


図 1. LTC3880 のアプリケーション回路図 : 12V 入力から 1.8V/20A と 3.3V/15A を生成

LTC3880/LTC3880-1 は 16 ビット A/D コンバータを内蔵しており、クラス最高レベルの設定性とテレメトリ読み出しを実現します。

LTC3880/LTC3880-1 の設定分解能とテレメトリ精度

LTC3880/LTC3880-1 の設定分解能

V_{OUT} コマンド

- 12 ビットの分解能
- 5.5V 範囲、1.375mV/ステップ
- 2.75V 範囲、687 μ V/ステップ

電流制限の設定ポイント

- 3 ビットの分解能、 ± 5 mV の精度
- 25mV~75mV のスパン

OV/UV V_{OUT} 監視機能

- 8 ビットの分解能、 $\pm 2\%$ の精度

OV/UV V_{IN} 監視機能

- 8 ビットの分解能、 $\pm 2\%$ の精度

LTC3880/LTC3880-1 のテレメトリ分解能

入力電流

- 16 ビットの分解能/フェーズおよびその組み合わせ

V_{IN}

- 16 ビットの分解能、 $\pm 2\%$ の精度

V_{OUT}

- 16 ビットの分解能、 $\pm 0.5\%$ の精度

I_{OUT}

- 16 ビットの分解能
- 6mV の V_{SENSE} に対して $\pm 1\%$
- DCR に対する較正係数

LTC3880/LTC3880-1 の設定は、リニアテクノロジーの GUI ベースの開発ソフトウェア LTpowerPlay™を使って、デバイスの I²C シリアル・インタフェースを介して内部 EEPROM に容易に保存できます。内蔵メモリにより、ユーザ固有の設定を行うことができます。さらに、このコントローラは、ホスト・プロセッサに負担をかけることなく自律的にパワーアップすることができます。出力電圧、スイッチング周波数、フェーズおよびデバイス・アドレスに対するデフォルト設定は、オプションとして外付け抵抗分割器によって設定可能です。

LTC3880/LTC3880-1 は、4.5V~24V の範囲の入力電圧からすべての N チャネル・パワーMOSFET をドライブする MOSFET ゲート・ドライバを搭載しており、全動作温度範囲でフェーズあたり最大 30A の出力電流のとき、0.5V~5.5V の出力電圧を $\pm 0.50\%$ の精度で生成できます。また、パワーブロックや DR MOS デバイスをドライブすることもできます。LTC3880/LTC3880-1 は最小オン時間がわずか 90ns なので、コンパクトな高周波/高降圧比のアプリケーションに最適です。複数デバイス間の高精度タイミング調整とイベント・ベースのシーケンス制御により、複雑なマルチレール・システムのパワーアップとパワーダウンを最適化できます。

LTC3880 は LDO を内蔵しています。LTC3880-1 では最大効率を引き出すため、外部バイアス電圧を与えることができます。どちらのデバイスも、動作接合

部温度範囲が $-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ の熱特性の優れた 6mm x 6mm QFN-40 パッケージで供給されます。

実際のアプリケーションのデジタル・システム・マネージメント

大型のマルチレール電源基板は、一般にバックプレーンからの 48V や 24V などの電圧を低い中間バス電圧 (IBV) に変換する絶縁型中間バスコンバータで構成されます。この IBV は標準 12V で PC カード全体に供給されます。各ポイントオブロード (POL) DC/DC コンバータが、IBV を必要なレール電圧 (一般に電流範囲が 0.5A~120A のときの範囲が 0.6V~5V) に降圧します。リニアテクノロジーの各種のコントローラと DC/DC コンバータでマルチレール・システムを制御する方法を図 2 に示します。ポイントオブロード DC/DC コンバータは、自立型モジュール、モノリシック・デバイス、または関連するインダクタンス、コンデンサおよび MOSFET を使った DC/DC コントローラ・デバイスで構成されるソリューションが可能です。これらのレールには通常、シーケンス制御、電圧精度、過電流および過電圧の制限値、マージニング、および監視に対する厳しい要件があります。

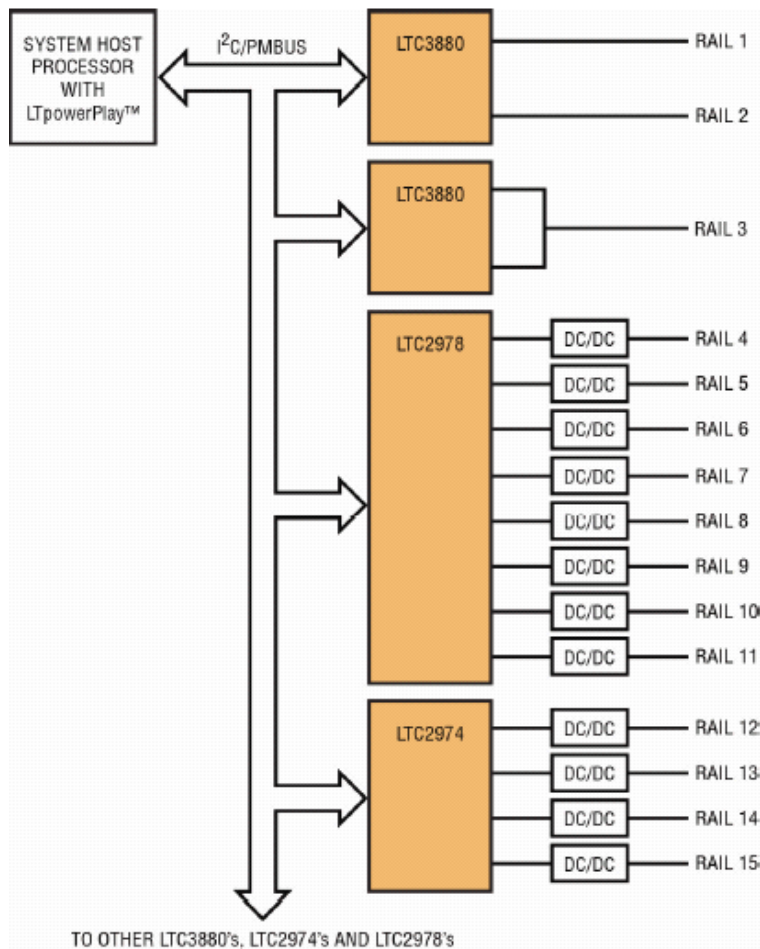


図 2. I²C/PMBus を介して 15 本のレールを制御する方法のブロック図

パワーマネジメントの高機能化は明らかに進んでおり、回路基板が 30 本を超えるレールを持つことは珍しくはありません。これらのタイプの基板は高密度に実装されるので、デジタル電源のシステム・マネージメント回路が過大な基板スペースを占めることは許されません。また、使いやすく、多数のレールを制御できる必要があります。リニアテクノロジーの LTC2978 は、LTC3880/LTC3880-1 や LTC2874 と組み合わせて動作するすべての必要な機能を集約しており、I²C バスのシングル・セグメントで最大 72 の電圧を制御します。LTC3880/LTC3880-1 は、最大 2 本の大電流レールの制御、モニタ、生成を行います。LTC2978 は最大 8 本のレールの制御とモニタを行い、LTC2974 は最大 4 本のレールの制御とモニタを行います。このようなソリューションは自律的に動作するか、またはシステムのホスト・プロセッサとコマンド、制御の情報をやり取りしてテレメトリを通知する必要があります。DC/DC コンバータを制御する LTC2978 の 1 つのチャンネルの例を図 3 に示します。

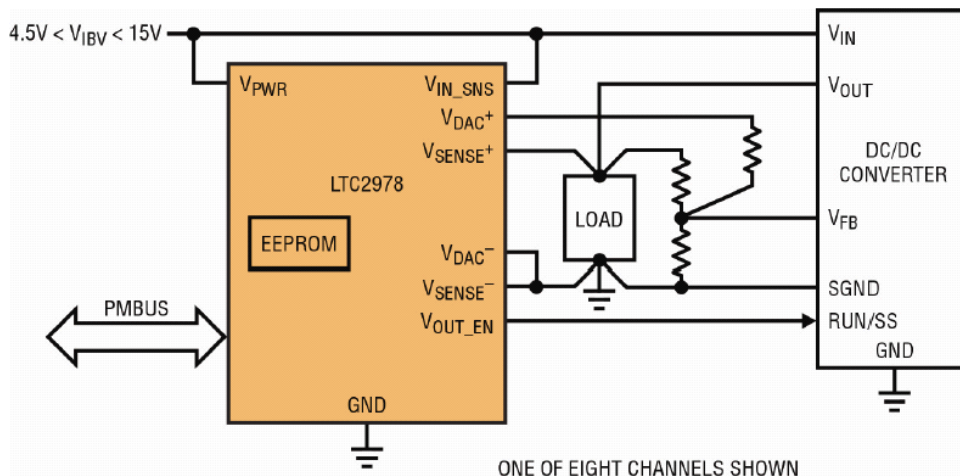


図 3. 外部 DC/DC コンバータを制御する LTC2978

PMBus コマンドの言語は、大規模なマルチレール・システムのニーズに対応するために開発されたものです。明確に規定された標準コマンド・セットに加えて、PMBus 準拠デバイスでは、独自のコマンドを実装して先進的な付加価値機能を実現することもできます。コマンドとデータ・フォーマットの大部分が標準化されているので、これらのタイプのシステム・ボードの OEM 生産に大きな利点が得られます。このプロトコルは業界標準の SMBus シリアル・インタフェースで幅広く実装されており、電力変換製品のプログラミング、制御、およびリアルタイム・モニタを可能にします。コマンド言語とデータ・フォーマットの標準化により、ファームウェア開発が容易になり、OEM による再利用が可能になるので、電源システムの設計者は市場投入までに要する時間を短縮できます。詳細については、<http://pmbus.org> を参照してください。

75 を超える PMBus 標準コマンド機能により、最も一般的なオープンスタンダードのパワーマネージメント・プロトコルのうちの 1 つを使って、電源システムのフル稼働制御を行うことができます。また、サポートされている PMBus フォルトに応答して ALERT ピンをアサートすることにより、システム・コントローラに対して割り込み要求を発生することもできます。提供されている GUI の LTpowerPlay により、LTC3880/LTC3880-1 の動作と設定を容易に行うことができます。

まとめ

デジタル電源は、電源の新しい設計環境を創出し、いくつかの領域で付加価値を提供します。まず、シンプルな PC 接続によるアナログ電源のデジタル制御は開発段階において有用で、設計者はシステムを短時間でアップし動作させることができます。レール数の多いシステムの設計では、電源電圧、限界値およびシーケンシングのモニタ、制御および調整を容易に行える方法が必要です。すべてのテストが I²C/PMBus バスを介した数個の標準コマンドによって制御可能なので、製造マージン・テストを従来の方法より簡単に行うことができます。

電源の健全性に関する電源システムのデータを OEM に送り返すことができるので、DC/DC コンバータの動作状態に関する盲点が実質的に開放されます。基板が戻ると、フォルト・ログを読み出して、フォルトの発生個所、基板温度、およびフォルトの時間を確認することができます。このデータを使って主要因を短時間で確認し、システムが規定動作の限界値の範囲外で動作しているかどうかを判断したり、将来の製品設計に改善を加えることができます。

適切に設計されたデジタル・パワーマネージメント・システムは、消費電力データを提供することにより、スマート・エネルギー・マネージメントにおける決定を可能にし、全消費電力の低減を図ることができます。デジタル電源は、あらゆるケースに使用できるものではありませんが、レール数の多い複雑なシステムや電源システムの状態のトラッキングが必要な OEM に対しては非常に強力なツールとなります。