

イントロダクション

アルテラは性能の改善とコストの低減を実現するため、2.5Vの電源電圧で動作する最新プロセスで製造されたデバイスを発表しています。2.5V動作のデバイスはプログラマブル・ロジックの業界にとって新しい製品ですが、マイクロプロセッサやメモリの業界ではこれら2.5Vデバイスがすでに確立された製品となっています。

高性能となっているAPEX™ 20KデバイスとFLEX® 10KEデバイスは、さらに高い性能と集積度が要求されるデザインを3.3Vデバイスの半分の消費電力で実現することができます。また、MAX® 7000Bデバイスはこれまでにない最大3.5nsのピン間遅延を実現するプロダクト・タームをベースにした業界初の2.5V動作デバイスとなっています。多くのユーザは5.0Vと3.3Vの電源を使用したボード・デザインを行っています。低電圧デザインの利点を活用するためには、電圧レギュレータを使用して供給電圧を2.5Vまで下げる必要があります。

Linear Technology社、Maxim Integrated Products社、National Semiconductor社などの半導体メーカーは、こうした低電圧デバイスに対応した電圧レギュレータを供給しています。このアプリケーション・ノートはLinear Technology社の電圧レギュレータを使用したボードを開発するためのガイドラインを提供するものであり、下記の項目について解説しています。

- 2.5Vデバイスの利点
- 電源のシーケンスとFLEX 10KEデバイスの活線挿抜
- MultiVolt™ I/Oピンの使用方法
- 電圧レギュレータ
 - リニア電圧レギュレータ
 - スイッチング電圧レギュレータ
 - 電圧レギュレータの規格と用語
 - 電圧レギュレータの選択方法
- 2.5Vレギュレータの回路
- 2.5Vレギュレータの応用例
- ボード・レイアウト

2.5Vデバイスの利点

2.5Vで動作するAPEX 20K、FLEX 10KE、MAX 7000Bの各デバイスは、それぞれ下記のような利点を提供します。

- FLEX 10KEは3.3VのFLEX 10Kデバイスより性能を25%改善
- MAX 7000Bデバイスは伝搬遅延を40%高速化
- 3.3Vデバイスより消費電力を50%低減
- I/O性能の改善
- コストの低減

■ 低温動作

従来のデバイスより信頼性を改善

ファンや他の温度制御素子を使用する必要性が低下

2.5V動作のFLEX 10KEデバイスは、3.3V動作のFLEX 10KEデバイスより約50%も低消費電力となっています。これを同じデザインを実現したEPF10K100BとEPF10K100Aの両デバイスで確認してみます。双方のデバイスの消費電力 (P_{ACTIVE}) は、次の式で計算することができます。

$$P_{ACTIVE} = K \times f_{MAX} \times N \times \text{tog}_{LC} \times V_{CC}$$

f_{MAX} 、 N 、 tog_{LC} は同じ一定の値で計算されるため、消費電力の差はKの値と電源電圧 V_{CC} の違いで決定されます。表 1 は、EPF10K100BがEPF10K100Aより消費電力を49.6%も低下させることを示しています。

表 1 消費電力の低減例				
デバイス名	Kの値	V_{CC} (V)	$K \times V_{CC}$ (V)	消費電力低減率
EPF10K100B	19	2.5	47.5	49.6%
EPF10K100A	29	3.3	95.7	

電源のシーケンスとFLEX 10KEデバイスの活線挿抜

2.5VのFLEX 10KEデバイス (EPF10K100Bを含む) は複数の電源電圧がある環境で使用される可能性があるため、考えられる電源投入のシーケンスに対応できるように設計されています。したがって、 V_{CCIO} (I/Oの電源) と V_{CCINT} (内部ロジックの電源) の電源プレーンには、任意の順番で電源を投入することができます。

これらのデバイスが実装されたボードは活線挿抜 (hot-socketing) をサポートしているため、電源が供給されているバック・プレーンに挿入することができます。電源の投入前および投入時に、これらのデバイスのI/Oピンがトライ・ステートとなるため、ユーザI/Oピンやコンフィギュレーション・ピンが外部からドライブされても、信号の競合を発生させることはありません。すなわち、 V_{CCINT} または V_{CCIO} の投入前でも、特別な対策を行うことなく、2.5V、3.3V、および5.0Vの入力信号がこれらのデバイスをドライブできるようになっています。



詳細については、アプリケーション・ノート、AN 107「Using Altera Devices in Multiple Voltage Systems」をご覧ください。

MultiVolt™ I/Oピンの使用方法

FLEX 10KEデバイスには、2.5Vのコア電源電圧 (V_{CCINT}) と3.3Vまたは2.5VのI/O電源電圧レベル (V_{CCIO}) が必要です。入力専用ピン、クロック・ピン、I/Oピン、JTAGピンを含むすべてのピンは、 V_{CCINT} および V_{CCIO} の投入前および投入後でも、5.0Vの入力信号に対応できるようになっています。

V_{CCIO} を2.5Vに接続した場合は、出力が2.5Vのロジック・レベルと互換性を持つようになります。また、出力ピンをオープン・ドレイン出力にコンフィギュレーションして外部にプルアップ抵抗を接続することによって、3.3Vまたは5.0V互換にすることもできます。

V_{CCIO} を3.3Vの電源に接続した場合、出力は3.3VのCMOS、3.3Vと5.0VのTTLロジック・レベルと互換性を持ちます。また、出力ピンをオープン・ドレイン出力にコンフィギュレーションし、外部抵抗を使用して5.0Vにプルアップすることによって、5.0VのCMOSロジック・レベルと互換性を持たせることもできます。

図 1 FLEX 10KEデバイスと3.3Vおよび5.0Vデバイスとのインタフェース

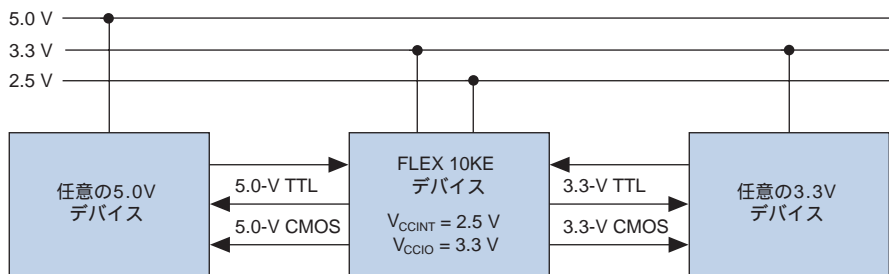


図 1 は、FLEX 10KEデバイスが2.5Vのコア電圧で動作して性能の向上と消費電力の低減を実現すると同時に、3.3Vと5.0Vのデバイスともインタフェースできることを示したものです。

電圧 レギュレータ

このセクションでは、他のシステム電源から2.5Vの電源電圧を生成する方法について解説します。コアまたはI/Oピンに2.5Vを供給するためには、5.0Vまたは3.3Vから2.5Vを生成する電圧レギュレータが必要となります。2.5Vの電源は、リニア・タイプまたはスイッチング・タイプのレギュレータで実現できます。リニア・レギュレータは使用されるデバイスの数が最小となり、ほとんどのアプリケーションで十分な効率を得られるため、ロー・パワーのアプリケーションに適しています。さらに高い効率が必要されるような場合、アルテラはスイッチング・レギュレータの使用を推奨します。スイッチング・レギュレータは高い効率を提供するため、消費電力の大きなアプリケーションに最適です。

以下に、どちらのタイプのレギュレータが適切かを判断し、デザイン内にレギュレータを構成する上で役立つ情報を提供します。

リニア電圧レギュレータ

リニア電圧レギュレータは、電流パス・エレメントを使用して高い入力電圧から安定化された出力をリニア・モードで生成します。リニア・レギュレータには2種類の実現方法があり、そのひとつがシリーズ・パス・エレメントを使用するもので、もうひとつがゼナー・ダイオードのようなシャント・エ

メントを使用する方法です。シャント・レギュレータは非常に効率が低い
ため、アルテラはシリーズ・リニア・レギュレータの使用を推奨します。

シリーズ・リニア・レギュレータ（図2を参照）は、出力電圧とリファレンス電圧との比較を行うフィードバック・エラー・アンプによりシリーズ・パス・エレメント（バイポーラ・トランジスタまたはMOS FET）を制御して出力電圧を安定化させます。エラー・アンプはトランジスタをオンまたはオフさせて、負荷に安定した電圧レベルを供給するために必要な電流量を連続的にコントロールします。

図2 シリーズ・リニア・レギュレータ

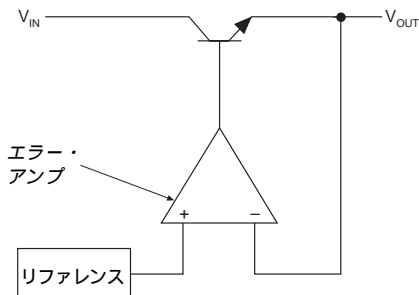


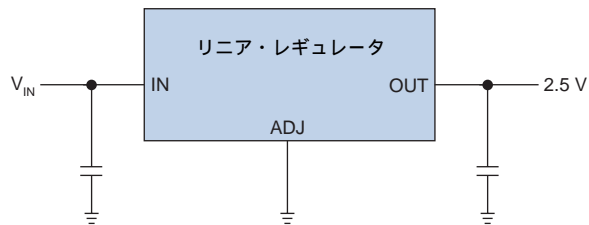
表2はリニア・レギュレータの長所と短所を示したものです。

長 所	短 所
<ul style="list-style-type: none"> ■ 必要な部品点数が少ない ■ 低コスト ■ 要求されるボード・スペースが小さい ■ 高速の過渡応答 ■ ノイズ特性とドリフト特性が良好 ■ スイッチングするデバイスからのEMI (Electromagnetic Interference) 放射がない ■ タイムなレギュレーションが可能 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 効率が低い（通常、75%） ■ 高消費電力 ■ より大きなヒート・シンクが必要

リニア・レギュレータの効率を改善するひとつの方法は、入力電圧と出力電圧の差を最小にすることです。このとき、レギュレータの入力と出力間で許容される最小の電圧差は、ドロップアウト電圧と呼ばれます。このアプリケーション・ノートでは、低ドロップアウト電圧タイプ（LDO: low dropout voltage）のリニア・レギュレータに絞って解説します。

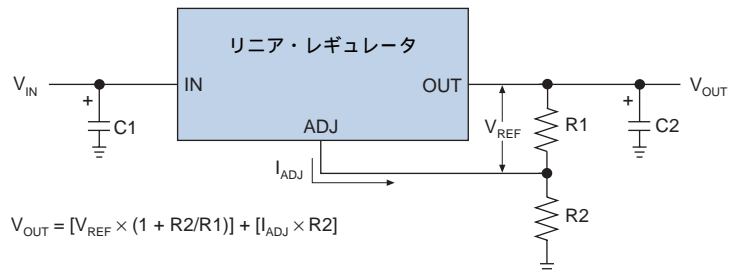
リニア・レギュレータには、固定電圧、可変電圧、シングル電圧出力またはマルチ電圧出力のタイプがあります。Linear Technology社は、5.0Vの電源から2.5Vと3.3Vの電圧レベルを生成することができるマルチ電圧出力のレギュレータを供給しています。ボード上に5.0Vの電源しかない場合は、このマルチ出力のレギュレータが便利です。この場合、2.5Vの電源がコア・ロジック部に供給され、3.3Vの電源は3.3Vおよび5.0Vデバイスとインターフェースするために必要となります。固定電圧出力のレギュレータは最小の部品数で構成できるため、ボード・スペースの縮小とコストの低減を実現することができます。図3は3端子の固定電圧出力リニア・レギュレータの例を示したものです。

図3 3端子、固定電圧出力のリニア・レギュレータ



可変出力レギュレータには、レギュレータの出力をコントロールする電圧ドライバ・ネットワークが必要です。図4は3端子のリニア・レギュレータを使用して可変出力タイプのレギュレータを構成する方法を示したものです。

図4 可変電圧出力のリニア・レギュレータ



スイッチング電圧レギュレータ

適切なデザインを行うことによって、3.3Vから2.5Vへの変換を行うステップ・ダウン・スイッチング・レギュレータを95%の効率で実現することができます。高い効率を得るための重要な点としては、スタンバイ電流（静止電流）の最小化、低オン抵抗のパワーMOS FETスイッチの使用、大電流のアプリケーションではダイオードの損失を低減する同期スイッチの使用などが上げられます。連続動作で、3.3Vから2.5Vへの変換を行うスイッチング・レ

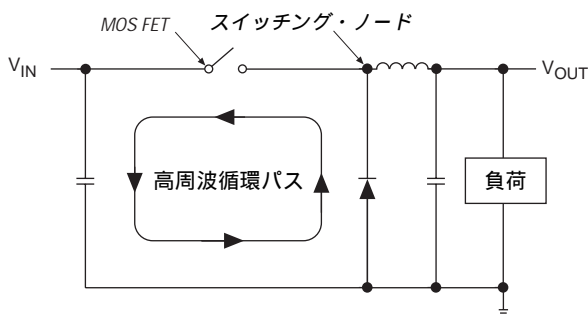
ギューレータのデューティ・サイクルが75%となる場合、これはスイッチが各サイクルの75%の期間にオンとなり、残り25%の期間にオフとなることを意味します。

スイッチング・レギュレータは、出力電圧と負荷に対する電流をパルス状にして電源を供給します。表3はスイッチング・レギュレータの長所と短所を示したものです。スイッチング・レギュレータの詳細については、Linear Technology社のアプリケーション・ノート、AN 35「*Step-Down Switching Regulators*」を参照してください。

長 所	短 所
<ul style="list-style-type: none"> ■ 高効率（通常、80% 以上） ■ 低消費電力 ■ 小さなヒート・シンクで対応可能 ■ 入力電圧範囲が広い ■ 大電力の電源が実現可能 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EMIを生成 ■ デザインが複雑 ■ 15 個以上の部品が必要 ■ 高コスト ■ より広いボード・スペースが必要

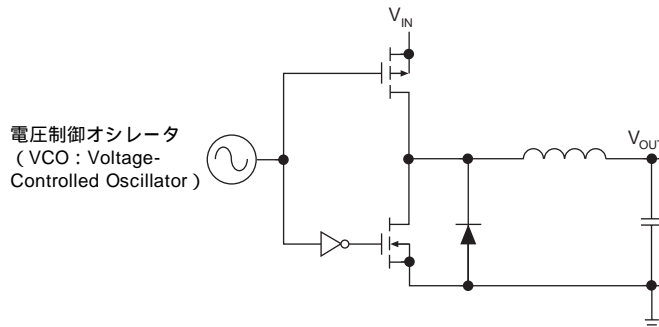
スイッチング・レギュレータには、非同期タイプと同期タイプの2種類があります。非同期型のスイッチング・レギュレータには、1個のFET（Field Effect Transistor）とFETがオフになっている期間に電流パスを提供するためのダイオードが使用されます。（図5を参照）

図5 非同期型スイッチング・レギュレータ



同期型のスイッチング・レギュレータには、回路に電流を供給する2個のMOS FETのオン/オフをコントロールするための電圧または電流制御型のアシレータが使用されます。（図6を参照）

図 6 電圧制御型の同期スイッチング・レギュレータ



電圧レギュレータの規格と用語

表 4 は、電圧レギュレータに関してよく登場する規格と用語をまとめたものです。使用されるシンボルはカッコ内に示されています。リニア・レギュレータとスイッチング・レギュレータとの間でシンボルが異なる場合は、最初に書かれているのがリニア・レギュレータのものであります。

表 4 電圧レギュレータの規格と用語 (1/2)	
規格 / 用語	説明
入力電圧範囲 (V_{IN} , V_{CC})	入力電圧範囲を規定した最大および最小入力電圧のことで、使用される IC (Integrated Circuit) のプロセスで決定される。
ライン・レギュレーション (Line Regulation, ΔV_{OUT})	ライン・レギュレーションは、入力電圧の変化に対する出力電圧の変動を示す。エラー・アンプのゲイン、パス・トランジスタのゲイン、出力インピーダンスが、ライン・レギュレーションの値に影響を及ぼす。ゲインが高くなると、レギュレーションが改善される。浮遊抵抗によってもエラーが発生するため、ボードのレイアウトと IC のピン配置も重要となる。
ロード・レギュレーション (Load Regulation, ΔV_{OUT})	ロード・レギュレーションは入力の供給電流の変化に対する出力電圧の変動を示す。Linear Technology 社のレギュレータは、ロード・レギュレーションが最小になるように設計されている。ロード・レギュレーションの値は、エラー・アンプのゲイン、パス・トランジスタのゲイン、出力インピーダンスによって影響される。
出力電圧選択	出力電圧をコントロールするエラー・アンプの入力と接続される電圧デバイダ・ネットワークの抵抗値によって、出力電圧が調整可能となる。5.0V、3.3V、2.5V の電源を生成するマルチ出力のレギュレータがある。
静止電流 (Quiescent Current)	無負荷時または静止時の供給電流を示す。この値は IC 自体が消費する電流として規定されることがある。

表 4 電圧レギュレータの規格と用語 (2/2)	
規格 / 用語	説明
ドロップアウト電圧	ドロップアウト電圧は、入力が出力のレギュレーションを保つために必要な最小電圧になっているときの入力と出力の電圧差を示す。3.3Vから2.5Vへのレギュレーションを得る場合や高い効率を実現するためには、このドロップアウト電圧が低いほど良い。
過電流制限	電圧レギュレータは、負荷の破壊で引き起こされる出力の過電流の発生を制限するように設計されている。負荷の短絡は、出力電圧の低下と出力電流の増大の原因となる。過電流制限回路が動作すると、短絡電流の発生時のICの消費電力が制限される。
熱過負荷保護	この機能はレギュレータが過熱状態になったときの消費電力を制限する。規定された温度に達すると、ICは出力ドライブのトランジスタをオフにし、レギュレータの温度を下げるができる。通常の動作は、ICが通常の動作温度に到達してから継続される。
逆電流保護	入力電源が故障すると、出力の大容量キャパシタから大電流がICへ逆方向に流れ込んでICがダメージを受ける危険性がある。こうしたダメージの発生を防止するため、IC内の保護ダイオードが V_{OUT} から V_{IN} へ流れる電流パスを生成する。
安定度	出力キャパシタに含まれるドミナント・ポールが安定度に影響を及ぼす。各電圧レギュレータICのベンダが、各レギュレータのデザインの要求に対応した出力キャパシタの選択に協力するはずである。
最小負荷条件	電圧レギュレータICで良好なレギュレーションを得るためには、デバイダ・ネットワークから見た最小の負荷が必要となる。これはICの電流パスのグラウンドとしての働きもする。

最大出力電流

供給できる最大出力電流に応じて、外部接続するMOS FETスイッチング・トランジスタを選択する必要があります。使用するMOS FETは、オン抵抗が小さく、アバランシェ・ブレイクダウンの発生が避けられる十分に高い耐圧のものを使用する必要があります。ゲート・ドライブ電圧が9V以下になっている場合は、ロジック・レベルMOS FETを使用してください。ロジック・レベルMOS FETは1個のコントローラICと1個の外部接続MOS FETで構成される回路でのみ必要となります。

電圧デバイダ・ネットワーク

出力電圧が可変になるレギュレータを使用する場合には、電圧デバイダ・ネットワークの設計が必要です。コントローラICまたはコンバータICのデータシートに記載されている指示にしたがって、出力電圧を調整するネットワークを設計してください。

電圧レギュレータの選択方法

使用する電圧レギュレータは、各デザインの要求に応じて選択される必要があります。適切な電圧レギュレータを選択する上で重要な点は、レギュレータのパラメータと、それらがデザインとどのように関連しているかを理解することです。

下記のチェックリストは、各デザインに最適なレギュレータを選択する上で役立つ情報となります。

- 3.3Vと2.5Vの双方の出力 (V_{OUT}) が必要か？
- レギュレーションされた2.5Vおよび3.3Vの電源にどの程度の精度が必要か？ (ライン・レギュレーションとロード・レギュレーション)
- ボード上にどのような電圧の電源 (V_{IN} または V_{CC}) が提供されているか？
- V_{IN} または V_{CC} に想定される電圧変動 (入力電圧範囲) は？
- 使用するアルテラのデバイスに必要な最大 I_{CC} (I_{OUT}) は？
- レギュレータがすぐに供給する必要がある最大電流 ($I_{OUT(MAX)}$) は？

レギュレータ・タイプの選択

出力電流、レギュレータの効率、コスト、要求されるボード・スペースを基準にして、リニア・タイプのレギュレータ、非同期型または同期型のスイッチング・レギュレータのいずれかを選択します。1Aから8Aの出力電流を持つDC-DCコンバータが供給されています。さらに高い出力電流が要求されるアプリケーションには、コントローラの外部に要求される電流に対応したMOS FETを接続することができます。

最大入力電流の計算

最大入力電流 (最大入力電圧における要求される出力電力を基準にした値) は、次の式で推定することができます。

$$I_{IN,DC(MAX)} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT(MAX)}}{\eta \times V_{IN(MAX)}}$$

ここで η は標準効率で、スイッチング・レギュレータの場合は通常90%、リニア・レギュレータでは3.3Vから2.5Vの変換の場合で75%、5.0Vから2.5Vの変換の場合で50%になります。

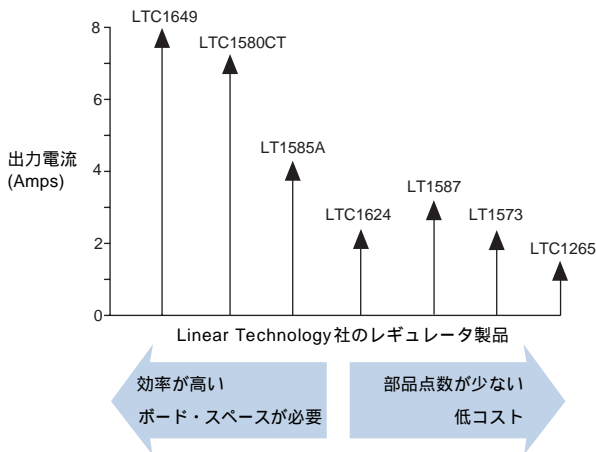
デザインに対する要求が確定した時点で、最適な電圧レギュレータを選択します。表 5 はこの資料を刊行した時点で（1999年 1 月）、Linear Technology社から供給されている2.5V出力の電圧レギュレータをまとめたものです。各デバイスの供給状況については、Linear Technology社の販売代理店に確認してください。図 7 は、Linear Technology社が供給している2.5V出力の電圧レギュレータ製品を出力電流、効率、ボード・スペース、部品点数、コストによって比較したものです。

デバイス名	レギュレータのタイプ	必要な部品点数	V_{IN} (V)	I_{OUT} (A)	特長
LT1573	リニア	12	3.3	2	3.3Vから2.5Vへ
LT1580CT	リニア	5	5.0, 3.3 (1)	7	最小の部品点数
LT1584	リニア	5	5.0	7	—
LT1585A	リニア	6	5.0	4.6	—
LT1587	リニア	6	5.0	3	低価格ソリューション
LTC1143L	スイッチング	29	5.0	2	3.3V/2.5Vのデュアル出力
LTC1265	スイッチング	14	5.0	1	—
LTC1624	スイッチング	12	5.0	2	出力の選択が可能
LTC1649	スイッチング	22	3.3	8	3.3Vから2.5V

注：

(1) レギュレータに供給する3.3Vの電源と、トランジスタをバイアスするための低電流（0.2A）5.0V電源が必要です。

図 7 2.5V出力の電圧レギュレータの比較



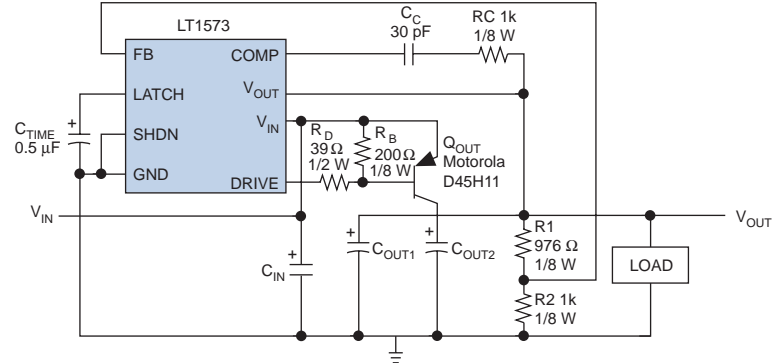
2.5V レギュレータ の回路

Linear Technology社のレギュレータ製品に関する詳細は、同社のウェブ・サイト、<http://www.linear-tech.com>をアクセスするか、リニアテクノロジ株式会社 (TEL:03-3267-7891)へお問い合わせください。

このセクションには、このアプリケーション・ノートで解説した電圧レギュレータの回路図が示されています。

リニア・タイプの電圧レギュレータ、LT1573は3.3Vから2.5Vへの変換を行い、最大出力電流が2Aとなっています (図8を参照)。外部にPNPトランジスタ (Q_{OUT}) を接続することで、この出力電流を増大させることができます。LT1573リニア電圧レギュレータの詳細については、リニアテクノロジ株式会社にお問い合わせください。

図8 LT1573 (3.3Vから2.5Vへの2A出力リニア電圧レギュレータ) の回路図 注(1)、(2)

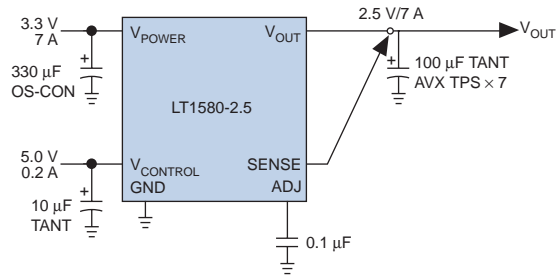


注:

- (1) C_{IN} = 22 μ F表面実装用タンタル・コンデンサ
 C_{OUT1} = 10 μ F表面実装用セラミック・コンデンサ
 C_{OUT2} = 15 μ F表面実装用タンタル・コンデンサ
 C_{TIME} = 0.5 μ F室温で100msのタイム・アウトを実現
- (2) SHDN (アクティブHigh) ピンは、使用しない場合にグランドに接続しておく必要がある。

図9は、2.5V固定出力となっている最大7A出力のリニア電圧レギュレータの回路図を示したものです。このレギュレータの電流のメイン・ソースは3.3Vの電源となっています。この回路では、内部のパワー・トランジスタをバイアスするために低電流の5.0V電源が使用されています。

図9 3.3V入力 / 2.5V、7A出力のリニア電圧レギュレータ、LT1580-2.5の回路図



5.0Vから2.5Vへの可変型電圧レギュレータ（図10から図12まで）は、3Aから7Aの範囲をカバーし、低コストで部品点数の少ない、効率的なボード・スペースを実現するソリューションとなっています。

図10 5.0V入力 / 2.5V、7A出力のリニア電圧レギュレータ、LT1584の回路図

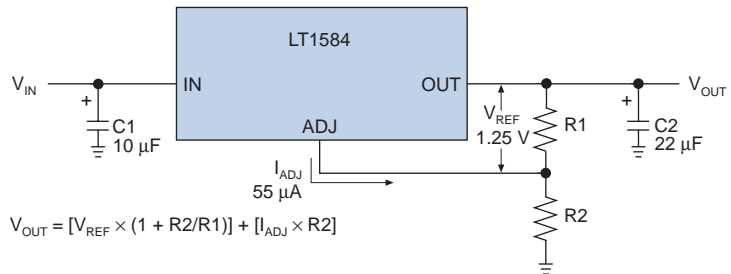


図11 5.0V入力 / 2.5V、4.6A出力のリニア電圧レギュレータ、LT1585Aの回路図

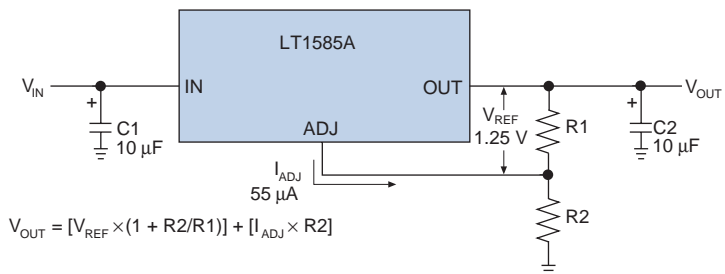
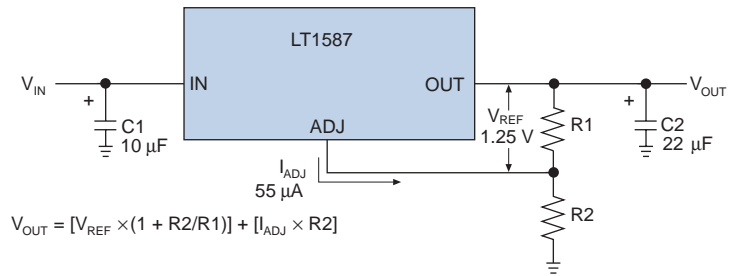


図12 5.0V入力 / 2.5V、3A出力のリニア電圧レギュレータ、LT1587の回路図



高効率のスイッチング・レギュレータの回路図が、図13と図14に示されています。出力電圧は抵抗値の選択が可能となっている抵抗ネットワークによってコントロールされます。このときの抵抗値は2.5V出力になるように選択されています。

図13 5.0V入力 / 2.5V、1A出力の非同期スイッチング・レギュレータ、LTC1265の回路図

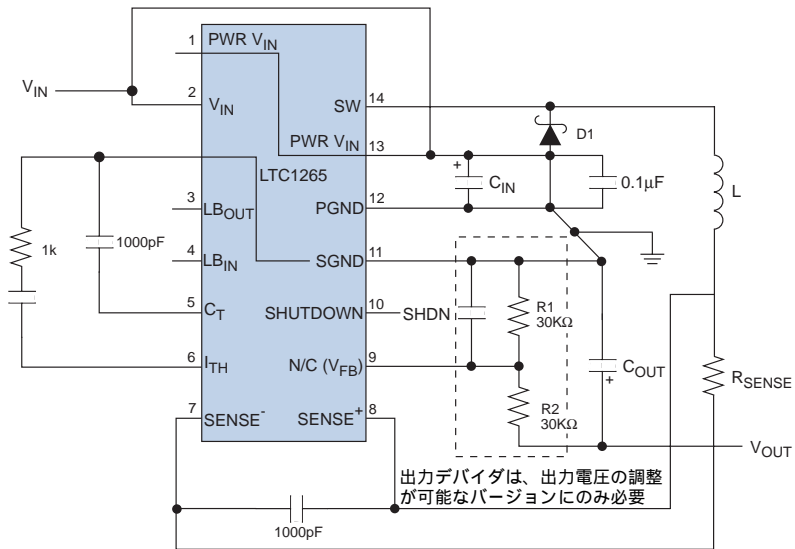


図14 5.0V入力 / 2.5V、2A出力の非同期型スイッチング・レギュレータ、LTC1624の回路図

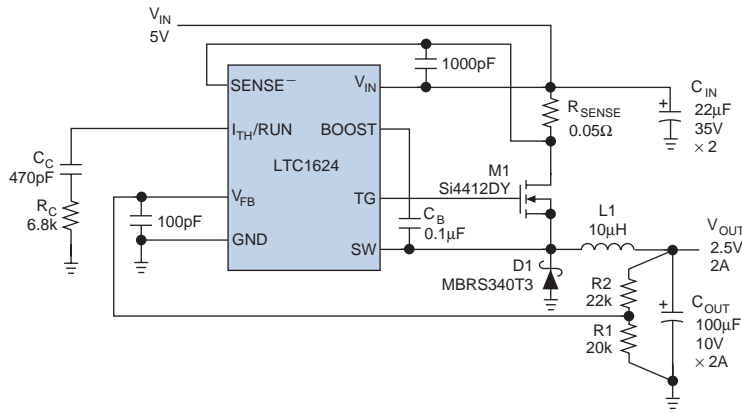


図15は、外部にMOS FETを接続して大電流のアプリケーションに対応させた同期型スイッチング・コントローラの回路図です。

図15 2.5V、15A出力の同期型スイッチング・レギュレータの回路図

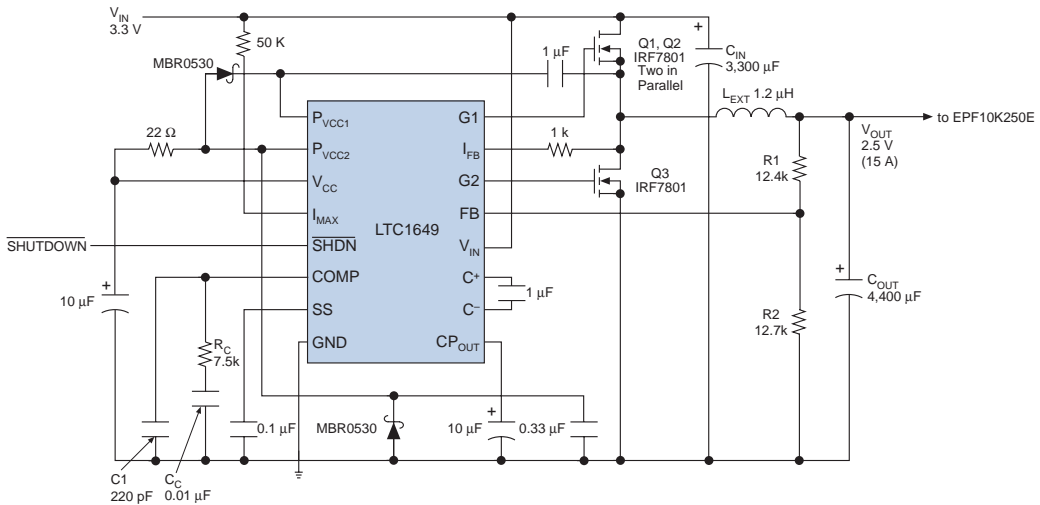
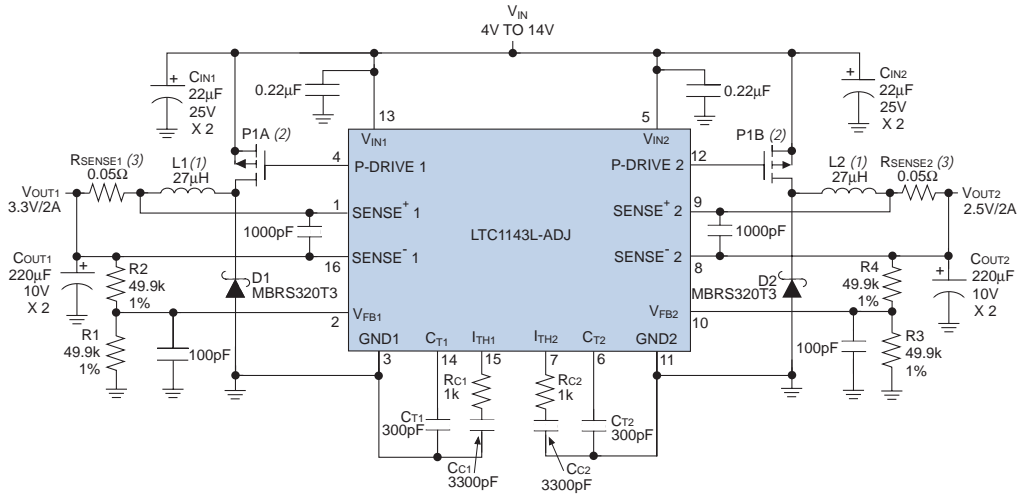


図16は3.3Vと2.5Vの電源を生成する高效率デュアル出力のスイッチング・レギュレータの回路図を示したものです。

図16 3.3Vおよび2.5Vのデュアル出力、高効率レギュレータの回路図



注：

- (1) L1とL2は、スミダ電機製CDRH125-270
- (2) P1は、Siliconix製Si4953DYまたはFairchild製NDS8947
- (3) RSENSE1とRSENSE2は、Dale製WSL-2010-.05

このアプリケーション・ノートで解説された電圧レギュレータの使用方法について、さらに詳しい情報が必要な場合は、リニアテクノロジー（株）へ連絡してください。

2.5V レギュレータ の応用例

以下のセクションでは、3種類のデザイン例に対して、適切な電圧レギュレータを選択するときのプロセスを示します。

3.3V入力 / 2.5V出力のリニア・レギュレータの例

この例では、3.3Vから2.5Vへの変換を実現する方法としては、現在もっともシンプルとなっているソリューションが示されています。表6は、EPF10K30EQC208のデザインに対するレギュレータを選択するときに必要な項目とパラメータを示したものです。図17は、9ページで示したチェック・リストを使用してEPF10K30EQC208に対する電圧レギュレータを選択するプロセスを示したものです。

表 6 EPF10K30EQC208のデザイン例で要求される電源の仕様	
要求項目	値
出力電圧精度	±5%
ボード上に提供されている電源	3.3 V
規定出力電圧での出力電流	5 A
ボード上の電源の変動率 (ΔV_{IN})	±5%
f_{MAX}	100 MHz
出力ピン数	120
平均 tog_{IO} (各クロックでトグルするI/Oの平均的な比率)	12.5%
瞬時 tog_{IO} (断続的にトグルするI/Oの比率)	25%
平均 tog_{LC} (各クロックでトグルするLCの平均的な比率)	12.5%
瞬時 tog_{LC} (断続的にトグルするLCの比率)	25%
使用率	100%
V_{CCIO} 供給電圧レベル	3.3 V
V_{CCINT} 供給電圧レベル	2.5 V
効率	特別な要求なし

図17は、このEPF10K30EQC208のデザインに要求される電源のパラメータを推定するためのワークシートとなっています。

図17 EPF10K30EQC208のデザインに対する電圧レギュレータの選択プロセス

要求出力電圧	$V_{OUT} =$	2.5 V
入力供給電圧	V_{IN} OR $V_{CC} =$	3.3 V
Linear Technology社のデータシートに記載されている供給電圧変動率	供給電圧変動率 =	±5%
平均出力電流 アプリケーション・ノート、AN 74 (Evaluating Power for Altera Devices) を参照	出力電流 $I_{OUT} =$	497 mA
最大瞬時出力電流 アプリケーション・ノート、AN 74 (Evaluating Power for Altera Devices) を参照 (tog_{LC} と tog_{IO} には断続的にトグルする比率を適用)	($I_{OUT(MAX)}$) =	995 mA
電圧レギュレータの選択 Linear Technology社、LT1573のデータシートを参照		LT1573
標準効率 (η)	標準効率 (η) =	75%
ラインおよびロード・レギュレーション ライン・レギュレーション+ロード・レギュレーション = $(4mV + 30mV) / 2.5 V \times 100\%$	ラインおよびロード・レギュレーション =	1.4% < 5%
最小入力電圧 ($V_{IN(MIN)}$) $(V_{IN(MIN)}) = V_{IN}(1 - \Delta V_{IN}) = 3.3V(1 - .05)$	($V_{IN(MIN)}$) =	3.135 V
最大入力電流 $I_{IN, DC(MAX)} = (V_{OUT} \times I_{OUT(MAX)}) / (\eta \times V_{IN(MIN)})$	$I_{IN, DC(MAX)} =$	1.05 A < 5 A

同期型スイッチング・レギュレータの例

このデザイン例は、ワースト・ケースの消費電力を考慮したものとなっています。表 7 は、1 個のEPF10K250Eデバイスを使用する2.5Vのデザインに要求される電源の仕様を示したものです。

表 7 EPF10K250EBC672のデザイン例で要求される電源の仕様	
仕 様	値
出力電圧精度	±5%
ボード上に提供されている電源	3.3 V
規定出力電圧での出力電流	8 A
ボード上の電源の変動率(ΔV_{IN})	±5%
f_{MAX}	100 MHz
出力ピン数	350
平均 to_{gIO} (各クロックでトグルするI/Oの平均的な比率)	12.5%
瞬時 to_{gIO} (断続的にトグルするI/Oの比率)	20%
平均 to_{gLC} (各クロックでトグルするLCの平均的な比率)	12.5%
瞬時 to_{gLC} (断続的にトグルするLCの比率)	20%
使用率	100%
V_{CCIO} 供給電圧レベル	3.3 V
V_{CCINT} 供給電圧レベル	2.5 V
効率	≥90%

図18は、9 ページのチェック・リストを使用して適切な電圧レギュレータを選択する過程を示したものです。

図18 EPF10K250EBC672のデザインに対する電圧レギュレータの選択プロセス

要求出力電圧	$V_{OUT} =$	<u>2.5 V</u>
入力供給電圧	V_{IN} OR $V_{CC} =$	<u>3.3 V</u>
Linear Technology 社のデータシートに記載されている供給電圧変動率	供給電圧変動率 =	<u>±5%</u>
平均出力電流		
アプリケーション・ノート、AN 74 (Evaluating Power for Altera Devices) を参照	出力電流 $I_{OUT} =$	<u>3.2 A</u>
最大瞬時出力電流		
アプリケーション・ノート、AN 74 (Evaluating Power for Altera Devices) を参照 (t_{OGLC} と t_{OIO} には断続的にトグルする比率を適用)	$(I_{OUT(MAX)}) =$	<u>5.0 A</u>
電圧レギュレータの選択		
Linear Technology 社、LTC1649のデータシートを参照		<u>LTC1649</u>
標準効率 (η)	標準効率 (η) =	<u>>90%</u>
ラインおよびロード・レギュレーション		
ライン・レギュレーション + ロード・レギュレーション = $(4mV + 30mV) / 2.5 V \times 100\%$	ラインおよびロード・レギュレーション =	<u>1.4% < 5%</u>
最小入力電圧 ($V_{IN(MIN)}$)		
$(V_{IN(MIN)}) = V_{IN}(1 - \Delta V_{IN}) = 3.3V(1 - .05)$	$(V_{IN(MIN)}) =$	<u>3.135 V</u>
最大入力電流		
$I_{IN, DC(MAX)} = (V_{OUT} \times I_{OUT(MAX)}) / (\eta \times V_{IN(MIN)})$	$I_{IN, DC(MAX)} =$	<u>4.43 A < 8.0 A</u>

デュアル出力レギュレータの例

表 8 は、FLEX 10KEデバイスの中でもっとも小規模なデバイスである EPF10K30E デバイスを使用したデザインに要求される 2.5V 電源の仕様を示したものです。この要求仕様は、このデザイン例にのみ有効です。

表 8 EPF10K30EQC208のデザイン例に要求される電源の仕様	
仕 様	値
出力電圧精度	±5%
ボード上に提供されている電源	5.0 V
規定出力電圧での出力電流	5 A
ボード上の電源の変動率 (ΔV_{IN})	±5%
f_{MAX}	50 MHz
出力ピン数	105
平均 tog_{IO} (各クロックでトグルするI/Oの平均的な比率)	12.5%
瞬時 tog_{IO} (断続的にトグルするI/Oの比率)	25%
平均 tog_{LC} (各クロックでトグルするLCの平均的な比率)	12.5%
瞬時 tog_{LC} (断続的にトグルするLCの比率)	25%
使用率	100%
V_{CCIO} 供給電圧レベル	3.3 V
V_{CCINT} 供給電圧レベル	2.5 V
効率	特別な要求なし

図19は、9ページのチェック・リストを使用してこのEPF10K30EQC208のデザイン例に対する電圧レギュレータを選択する過程を示したものです。

図19 EPF10K30EQC208のデザイン例に対する電圧レギュレータの選択プロセス

要求出力電圧	$V_{OUT} = 3.3V \text{ and } 2.5V$
入力供給電圧	$V_{IN} \text{ OR } V_{CC} = 5.0 V$
Linear Technology 社のデータシートに記載されている供給電圧変動率	供給電圧変動率 = $\pm 5\%$
平均出力電流	
アプリケーション・ノート、AN 74 (Evaluating Power for Altera Devices) を参照	出力電流 $I_{OUT} = 253 \text{ mA}$
最大瞬時出力電流	
アプリケーション・ノート、AN 74 (Evaluating Power for Altera Devices) を参照 ($t_{og_{LC}}$ と $t_{og_{IO}}$ には断続的にトグルする比率を適用)	$(I_{OUT(MAX)}) = 496 \text{ mA}$
電圧レギュレータの選択	
Linear Technology 社、LTC1143 のデータシートを参照	LTC1143
標準効率 (η)	標準効率 (η) = 90%
ラインおよびロード・レギュレーション	ラインおよびロード・レギュレーション = $1.4\% < 5\%$
ライン・レギュレーション + ロード・レギュレーション = $(4mV + 30mV) / 2.5 V \times 100\%$	
最小入力電圧 ($V_{IN(MIN)}$)	
$(V_{IN(MIN)}) = V_{IN}(1 - \Delta V_{IN}) = 3.3V(1 - .05)$	$(V_{IN(MIN)}) = 4.75 V$
最大入力電流	
$I_{IN, DC(MAX)} = (V_{OUT} \times I_{OUT(MAX)}) / (\eta \times V_{IN(MIN)})$	$I_{IN, DC(MAX)} = 290 \text{ mA} < 5 A$

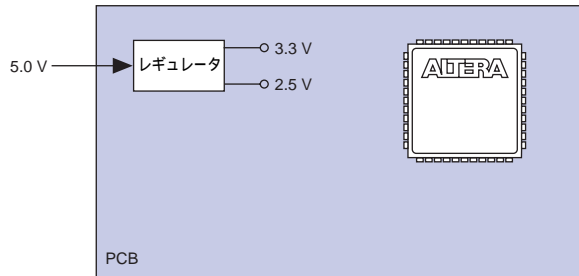
ボード・レイアウト

高周波（100kHz以上）スイッチング・レギュレータのデザインには、プリント基板（PCB）のデザインが特に重要な要素となります。不適切なPCBのデザインは、EMIとグラウンド・バウンスの増大を招く結果となり、重要な電圧および電流のフィードバック信号を妨げ、電圧レギュレータの信頼性にも影響を及ぼす結果になります。アルテラは、レギュレータ・ベンダがボード・レイアウトのために提供している、デザイン済みのガーバ・ファイルの使用を推奨します。

提供されているレイアウトが使用できない場合は、適切な機能を維持させながらデザインの要求に適合したボードを再設計する方法について、日本アルテラの応用技術部またはレギュレータ・ベンダへご相談ください。

アルテラは、信号、グラウンド・プレーン、2.5Vプレーン、3.3Vプレーン、5.0Vプレーンにそれぞれ分離されたレイヤを使用することを（適用可能であれば）推奨します。信号に2レイヤを使用することを仮定すると、6層のPCBを使用することで、これらのプレーンを分離されたレイヤに配置することができます。6層のボードは高価ではなく、製造しやすいものとなっています。図20は、5.0Vの電源から3.3Vと2.5Vの電源を生成するレギュレータを使用してボード・スペースを最小にする方法を示したものです。

図20 5.0V、3.3V、2.5Vの電源を必要とするシステムに対するシングル・レギュレータ・ソリューション

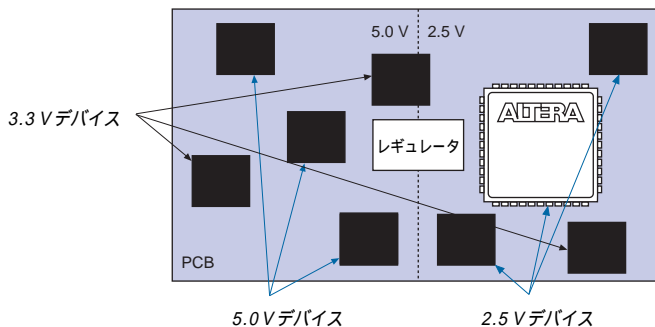


このレギュレータのデザインは、スプリット・プレーン法によるレイアウトで実現できます（図21を参照）。このレイアウトは5.0Vと2.5Vのプレーンをひとつのプレーンにまとめています。このレイアウト方法では、下記のような構造が採用されています。

- 3.3Vに1プレーンを使用して、ボード全体をカバーする
- 1プレーンを5.0Vと2.5Vの領域に分離する

このテクニックは、もっとも多く使用されているのが3.3Vデバイスであることを前提としています。勿論、他の複数のレギュレータを使用することも可能です。MultiVolt I/Oをサポートするためには、アルテラのデバイスが2.5Vと3.3Vのプレーンと接続できるようになっている必要があります。

図21 5.0Vデバイスと2.5Vデバイスを分離したスプリット・プレーン形式のボード・レイアウトにした3.3Vシステム



まとめ

高性能なFLEX 10KEデバイスは性能と集積度を向上させるため、最新の0.25ミクロン・プロセスで製造されており、0.35ミクロン・プロセスのデバイスに比較して消費電力が半分に低減されています。MAX 7000Bファミリは、最大3.5nsのピン間遅延を実現する業界初のプロダクト・ターム・ベースの2.5Vデバイスです。APEX 20Kデバイスは、ルック・アップ・テーブル (LUT)、プロダクト・ターム (PTERM) およびRAMをベースにしたアーキテクチャを提供して2,000,000ゲートまでの集積度を提供します。

FLEX 10KEデバイスおよびMAX 7000Bデバイスは従来の3.3Vデバイスに比較して、改善されたI/O性能、コストの低減、低動作温度、高い信頼性、50%も低い消費電力を実現します。

参考文献

Linear Technology Corporation. *Application Note 35 (Step-Down Switching Regulators)*. Milpitas: Linear Technology Corporation, 1989.

Linear Technology Corporation. *LT1573 Data Sheet (Low Dropout Regulator Driver)*. Milpitas: Linear Technology Corporation, 1997.

Linear Technology Corporation. *LT1580/LT1580-2.5 Data Sheet (7 A, Very Low Dropout Regulator Driver)*. Milpitas: Linear Technology Corporation, 1995.

Linear Technology Corporation. *LT1585A/LT1585A-3.3 Data Sheet (5 A Low Dropout Fast Response Positive Regulators Adjustable and Fixed)*. Milpitas: Linear Technology Corporation, 1995.

Linear Technology Corporation. *LT1584/LT1585/LT1587 Data Sheet (7 A, 4.6 A, 3 A Low Dropout Fast Response Positive Regulators Adjustable and Fixed)*. Milpitas: Linear Technology Corporation, 1995.

Linear Technology Corporation. *LTC1143/LTC1143L/LTC1143-ADJ Data Sheet (Dual High Efficiency SO-16 Step-Down Switching Regulator Controllers)*. Milpitas: Linear Technology Corporation, 1994.

Linear Technology Corporation. *LTC1265/LTC1265-3.3/LTC1265-5 Data Sheet (1.2 A, High Efficiency Step-Down DC/DC Converter)*. Milpitas: Linear Technology Corporation, 1995.

Linear Technology Corporation. *LTC1624 Data Sheet (High Efficiency SO-8 N-Channel Switching Regulator Controller)*. Milpitas: Linear Technology Corporation, 1997.

Linear Technology Corporation. *LTC1649 Data Sheet (3.3 V Input High Power Step-Down Switching Regulator Controller)*. Milpitas: Linear Technology Corporation, 1998.

Altera, APEX, FLEX, MAX, FLEX10K, FLEX10KE, MAX7000B, MultiVolt, EPF10K30E, EPF10K100A, EPF10K100B, EPF10K250Eは、Altera Corporationの米国および該当各国におけるtrademarkまたはservice markです。この資料に記載されているその他の製品名などは該当各社のtrademarkです。LTC、LTはLinear Technology社のregistered trademarkです。Altera warrants performance of its semiconductor products to current specifications in accordance with Altera's standard warranty, but reserves the right to make changes to any products and services at any time without notice. Altera assumes no responsibility or liability arising out of the application or use of any information, product, or service described herein except as expressly agreed to in writing by Altera Corporation. Altera customers are advised to obtain the latest version of device specifications before relying on any published information and before placing orders for products or services.

Copyright © 1999 Altera Corporation. All rights reserved.



I.S. EN ISO 9001

ALTERA®

日本アルテラ株式会社

〒163-0436

東京都新宿区西新宿2-1-1

新宿三井ビル私書箱261号

TEL. 03-3340-9480 FAX. 03-3340-9487

<http://www.altera.com/japan/>

本社 **Altera Corporation**

101 Innovation Drive,

San Jose, CA 95134

TEL : (408) 544-7000

<http://www.altera.com>

この資料に記載された内容は予告なく変更されることがあります。最新の情報は、アルテラのウェブ・サイト (<http://www.altera.com>) でご確認ください。この資料はアルテラが発行した英文のアプリケーション・ノートを日本語化したものであり、アルテラが保証する規格、仕様は英文オリジナルのものであります。