

構成可能な8つの1.5Aパワー一段を備えた20V、 4チャンネル降圧DC/DCコンバータ

特長

- 広い入力電圧範囲: 3V~20V
- 広い出力電圧範囲: $0.4V \sim 0.83 \cdot V_{IN}$
- 1~4出力チャンネルとして構成可能な
8×1.5A降圧パワー一段
- ピンで選択可能な15種類の出力構成
(1チャンネルあたり1.5A~12A)
- 実装面積削減のための内部昇圧コンデンサ
- 無負荷時の自己消費電流:
27μA(1つの降圧レギュレータをイネーブルした場合)、
42μA(全ての降圧レギュレータをイネーブルした場合)
- 出力電圧精度: 1%(全チャンネル)
- ピーク電流モード制御
(Burst Mode® 動作/強制連続モード)
- 高精度 RUN 入力、個別の PGOOD 出力による
パワー・シーケンス制御
- 周波数: 1MHz~3MHz (RT ピンで設定可能、
PLL SYNC または 2MHz の内部発振器)
- TEMP ピンの出力でダイ温度を表示
- 出力電流モニタ
- 差動出力検出

アプリケーション

- テレコム/産業用
- 12V分散型電源システム

概要

LTC®3376は非常に柔軟性の高いマルチ出力電源ICです。このデバイスは4つの同期整流式降圧コンバータを内蔵しています。これらのコンバータは8つの1.5Aパワー段を共有するように構成され、各コンバータは3V~20Vの入力から個別に電力供給されます。これらのDC/DCコンバータは、ピン・ストラップ可能なCFG0~CFG3ピンを使って15種類の電力構成のうち1つに割り当てられます。LTC3376はBSTピン用のセラミック・コンデンサをパッケージに内蔵しているため、実装面積を削減できます。降圧スイッチング周波数は各コンバータに共通であり、外付け抵抗を使って設定するか、外部発振器に同期させるか、デフォルトの2MHzの内部クロックに設定することができます。

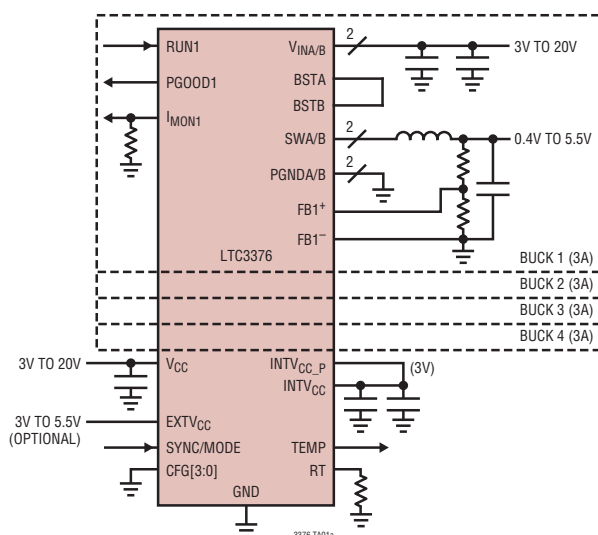
全てのDC/DCコンバータの動作モードは、SYNC/MODEピンを使ってBurst Modeまたは強制連続モード動作に設定できます。PGOOD1~PGOOD4出力は、イネーブルされている各DC/DCコンバータの出力が、最終出力に対して指定された比率内にあることを示します。

電流モニタにより、各降圧コンバータの負荷の外部モニタリングが可能です。EXTV_{CC}ピンにより、内部回路を3V~5.5Vレールで動作させて効率を改善できます。

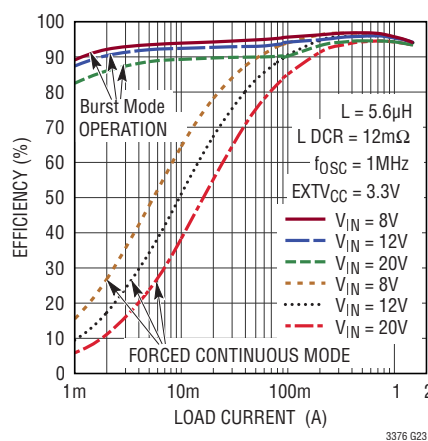
高精度なRUNピン閾値により、パワーアップ・シーケンスを簡単に制御できます。LTC3376は、64ピン7mm×7mm BGAパッケージ(ボール・ピッチ0.8mm)を採用しています。

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例



1.5A降圧レギュレータの効率と I_{LOAD} ($V_{OUT}=5V$)



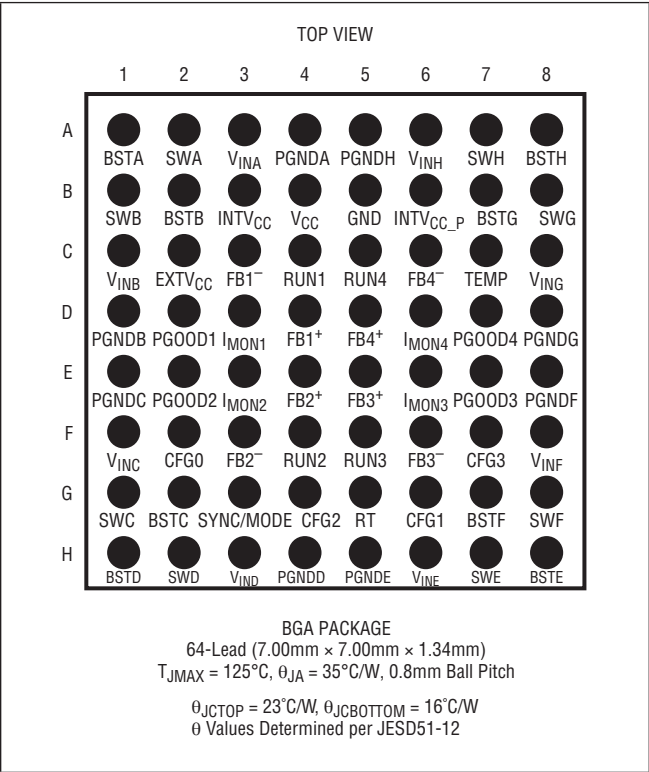
LTC3376

絶対最大定格

(Note 1)

V_{CC} 、 V_{INA-H} $-0.3V \sim 22V$
 $FB1 \sim 4^+$ 、 $RUN1 \sim 4$ 、 $CFG1 \sim 3$ 、 $EXTV_{CC}$ 、 $PGOOD1 \sim 4$ 、
 $INTV_{CC}$ 、 $INTV_{CC_P}$ 、 $SYNC/MODE$ $-0.3V \sim 6V$
 $CFG0$ 、 RT 、 $TEMP$ 、 I_{MON1-4} $-0.3V \sim (INTV_{CC} + 0.3V)$
 $INTV_{CC} - INTV_{CC_P}$ $-0.3V \sim 0.3V$
 $FB1 \sim 4^-$ $-0.3V \sim 0.3V$
 $I_{PGOOD1-4}$ $5mA$
動作ジャンクション温度
(Note 2、3) $-40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$
保存温度範囲 $-65^{\circ}C \sim 150^{\circ}C$
最大リフロー (パッケージ本体) 温度 $260^{\circ}C$

ピン配置



発注情報

製品番号	パッド/ボール仕上げ	製品マーキング*		パッケージ・ タイプ	MSL 定格	温度範囲 (Note 2 参照)
		デバイス	仕上げコード			
LTC3376EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTC3376	e1	BGA	3	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTC3376IY#PBF		LTC3376				$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$

- 更に広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。*パッドまたはボールの仕上げコードはIPC/JEDEC J-STD-609に準拠しています。
- 推奨される LGA/BGA の PCB アセンブリおよび製造方法
- LGA/BGA パッケージおよびトレイの図面
- デバイスの温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで示してあります。

電気的特性

●は規定動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^{\circ}C$ の値 (Note 2)。

注記がない限り、 $V_{CC} = V_{INA-H} = 12V$ 、 RT は $INTV_{CC}$ に接続、 $V_{FB1-4} = 0V$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{CC}	V_{CC} Voltage Range		3		20	V
I_{VCC}	V_{CC} Input Supply Current, $EXTV_{CC} = 0V$	All Bucks in Shutdown 1 Buck on, Sleeping, $V_{FB}^+ = 0.41V$ Each Additional Buck, Sleeping 1 Buck on (Configured to 1 Power Stage), $SYNC/MODE = INTV_{CC}$ (Note 3)		9 61 17 4.5	15 90 30	μA μA μA mA
	V_{CC} Input Supply Current, $EXTV_{CC} = 3.3V$	At Least One Buck On		7	12	μA

電気的特性

●は規定動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。

注記がない限り、 $V_{CC} = V_{INA-H} = 12\text{V}$ 、 RT は $INTV_{CC}$ に接続、 $V_{FB1-4} = 0\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
	Total System Current Bootstrapped	1 Buck on, Sleeping, $V_{FB}^+ = 0.41\text{V}$ (Note 4) 2 Bucks on, Sleeping, $V_{FB}^+ = 0.41\text{V}$ (Note 4) All Bucks on (Note 4)		27 32 42		μA μA μA
	EXTV _{CC} Input Supply Current, EXTV _{CC} = 3.3V	1 Buck on, Sleep, $V_{FB}^+ = 0.41\text{V}$ Each Additional Buck, Sleep 1 Buck on (Configured to 1 Power Stage), SYNC/ MODE = INTV _{CC} (Note 3)		56 17 4.5	85 30	μA μA mA
	Undervoltage Threshold on INTV _{CC}	INTV _{CC} Voltage Falling	● 2.55	2.6	2.65	V
	Undervoltage Hysteresis on INTV _{CC}			250		mV
f_{osc}	Internal Oscillator Frequency	RT = INTV _{CC} , SYNC/MODE = 0V RT = 402k, SYNC/MODE = 0V	● 1.84 ● 1.84	2 2	2.16 2.16	MHz MHz
	Synchronization Frequency		● 1		3	MHz

外部低電圧電源 (使用する場合)

EXTV _{CC}	Optional External Supply Range		● 3		5.5	V
	Undervoltage Threshold on EXTV _{CC}	EXTV _{CC} Voltage Falling	● 2.8	2.85	2.95	V
	Undervoltage Hysteresis on EXTV _{CC}			75		mV

1.5A 降圧レギュレータ

V _{IN}	Buck Input Voltage Range		●	3	20	V	
	Undervoltage Threshold on V _{IN}	V _{IN} Voltage Falling Hysteresis	●	2.5	2.6 0.2	V V	
	V _{INA-H} Input Supply Current, V _{INA-H} = 12V	All Bucks Off V _{INB} , V _{INC} , V _{INF} , V _{ING} V _{INA} , V _{IND} , V _{INE} , V _{INH}			0.7 0	1.4 μA μA	
		Buck On, Sleeping, V _{FB} ⁺ = 0.41V V _{INB} , V _{INC} , V _{INF} , V _{ING} V _{INA} , V _{IND} , V _{INE} , V _{INH}			0.7 0	1.4 μA μA	
		Buck On, SYNC/MODE=INTV _{CC}			5.2	mA	
	Top Switch Current Limit, Duty < 18%	(Note 5)		2.3	2.62	3.0	A
V _{FB} ⁺	Feedback Regulation Voltage		●	396	400	404	mV
I _{FB} ⁺	Feedback Leakage Current	V _{FB} ⁺ = 0.41V		-30		30	nA
	Minimum Off-Time				90	140	ns
	Minimum On-Time		●		53	85	ns
	Top Switch Power FET On-Resistance				170		mΩ
	Bottom Switch Power FET On-Resistance				90		mΩ
	Top Switch Power FET Leakage	V _{INA-H} = 20V, SWA-H = 0V				0.1	μA
	Bottom Switch Power FET Leakage	V _{INA-H} = SWA-H = 20V			0.003	1	μA
	SW Pull-Down Resistance in Shutdown	RUN1-4 = 0V per Output Channel			1		kΩ
t _{SS}	Soft-Start Time	(Note 6)	●	0.3	1	2.5	ms
	Start-Up Delay Time	Starting Up from All EN's Low When at Least One EN Is Already High		100 40	250 100	500 250	μs μs
	PGOOD Lower Threshold	V _{FB} ⁺ Falling, Percentage of Regulated V _{FB} ⁺	●	95	96.75	98.5	%
	PGOOD Lower Threshold Hysteresis				1		%
	PGOOD Upper Threshold	V _{FB} ⁺ Rising, Percentage of Regulated V _{FB} ⁺	●	104.5	107.5	110.5	%
	PGOOD Upper Threshold Hysteresis				2.5		%
	PGOOD Filtering Time				100		μs

電气的特性

●は規定動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。

注記がない限り、 $V_{CC} = V_{INA-H} = 12\text{V}$ 、 R_T は $INTV_{CC}$ に接続、 $V_{FB1-4} = 0\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
降圧レギュレータの組み合わせ							
	Top Switch Current Limit, Duty < 18%	1 Buck with 2 Power Stages Combined (Note 5)			5.25		A
		1 Buck with 3 Power Stages Combined (Note 5)			7.88		A
		1 Buck with 4 Power Stages Combined (Note 5)			10.5		A
		1 Buck with 5 Power Stages Combined (Note 5)			13.1		A
		1 Buck with 6 Power Stages Combined (Note 5)			15.8		A
		1 Buck with 7 Power Stages Combined (Note 5)			18.4		A
		1 Buck with 8 Power Stages Combined (Note 5)			21		A
温度モニタ							
VTEMP(ROOM)	TEMP Voltage at 25°C			220	250	280	mV
ΔVTEMP/°C	VTEMP Slope				10		mV/°C
OT	Overtemperature Shutdown (Note 7)	Temperature Rising			165		°C
	Overtemperature Hysteresis				10		°C
電流モニタ							
	IMON1-4 Voltage at 1.5A Load	RIMON = 10k, Duty Cycle = 25%		0.9	1	1.1	V
	IMON1-4 Voltage at No Load	SYNC/MODE = INTVCC			0		V
	IMON1-4 Slope	RIMON = 10k			0.667		V/A
インターフェース・ロジック・ピン (CFG0〜3、SYNC/MODE、PGOOD1〜4)							
IOH	Output High Leakage Current	PGOOD1-4 at 5.5V				1	μA
VOL	Output Low Voltage	PGOOD1-4, 3mA into Pin			0.03	0.4	V
VIH	Input High Threshold	CFG0-3, SYNC/MODE	●	1.2			V
VIL	Input Low Threshold	CFG0-3, SYNC/MODE	●			0.4	V
IIH, IIL	Input High, Low Leakage Current	CFG0-3 Pins at INTVCC & 0V SYNC/MODE Pin at 5.5V & 0V				1 1	μA μA
インターフェース・ロジック・ピン (RUN1〜4)							
	RUN Rising Threshold	First Regulator Turning On	●	350	730	1200	mV
		One Regulator or More Already in Use	●	280	300	320	mV
	RUN Falling Threshold RUN Falling Threshold	Last Regulator Turning Off	●	180	690	220	mV
		One Regulator or More Kept On			200		mV
	RUN Pin Leakage Current	RUN1-4 = 5.5V				1	μA

電気的特性

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

Note 2: LTC3376は T_J が T_A にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。LTC3376Eは 0°C ～ 85°C のジャンクション温度範囲で仕様に適合することが確認されている。 -40°C ～ 125°C の動作ジャンクション温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTC3376Iは -40°C ～ 125°C の動作ジャンクション温度範囲での動作が確認されている。ジャンクション温度が高いと動作寿命が短くなる。 125°C を超えるジャンクション温度では動作寿命はディレーティングされる。これらの仕様を満たす最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗および他の環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。ジャンクション温度($T_J(^{\circ}\text{C})$)は周囲温度($T_A(^{\circ}\text{C})$)および消費電力($P_D(\text{W})$)から次式に従って計算される。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$$
ここで、 θ_{JA} (単位: $^{\circ}\text{C}/\text{W}$)はパッケージの熱抵抗。

Note 3: $V_{\text{INA-H}}$ ピンには追加のスイッチング電流が流れる。

Note 4: 全システム電流は、全ての降圧レギュレータがオン(スリープ状態)、 $V_{\text{CC}} = V_{\text{INA-H}} = 12\text{V}$ 、かつ EXTV_{CC} が 3.3V 降圧レギュレータの出力で動作するようにブートストラップされている場合の $V_{\text{CC}} + V_{\text{INA-H}}$ からの全電流として定義される。

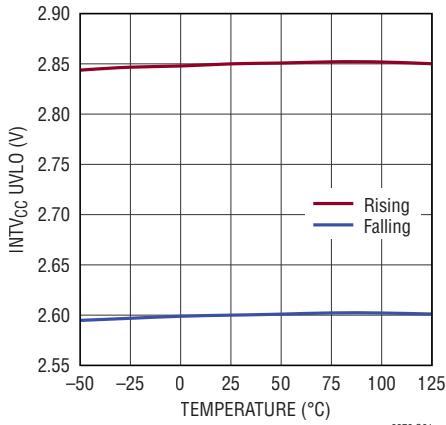
Note 5: 本製品の電流制限機能は短期間または断続的な障害条件からICを保護することを意図している。規定された最大ピン電流定格を超える動作が継続すると、時間の経過と共にデバイスの劣化が生じる恐れがある。

Note 6: ソフトスタート時間は、スイッチングの開始から $V_{\text{FB}^+} - V_{\text{FB}^-}$ が 360mV に達するまでの時間である。

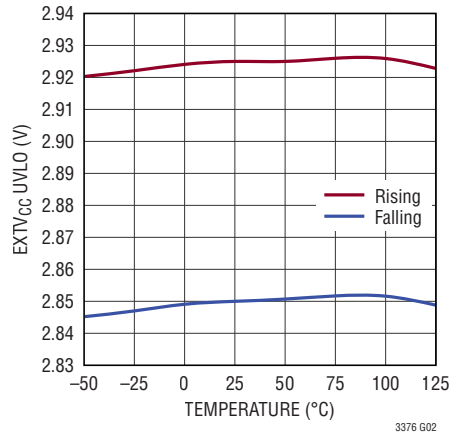
Note 7: LTC3376Iは、瞬間的な過負荷状態時にデバイスを保護する過熱保護機能を備えている。過熱保護が動作しているとき、ジャンクション温度は最大動作ジャンクション温度を超える。規定された最大動作ジャンクション温度を超えた状態で動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう可能性がある。

代表的な性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

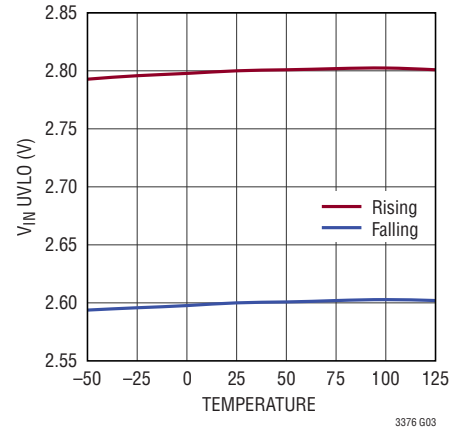
INTV_{CC}の低電圧閾値と温度



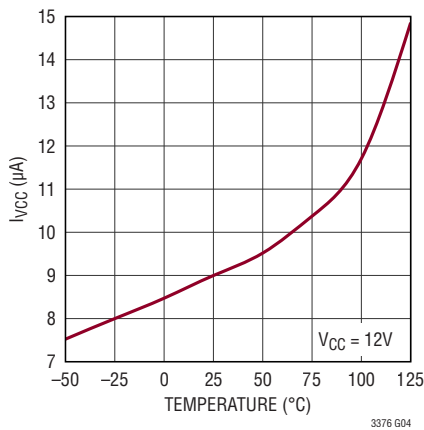
EXTV_{CC}の低電圧閾値と温度



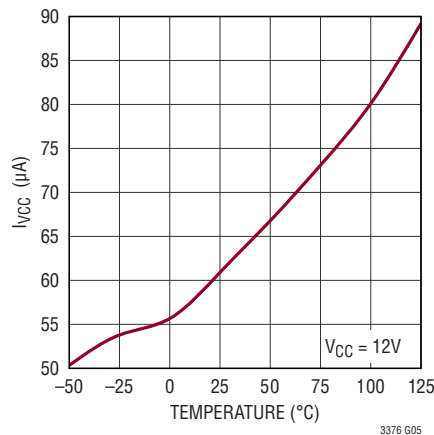
V_{IN}の低電圧閾値と温度



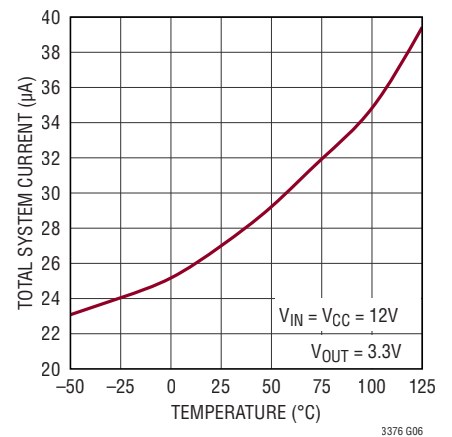
V_{CC}の電流と温度、全ての降圧レギュレータがシャットダウン



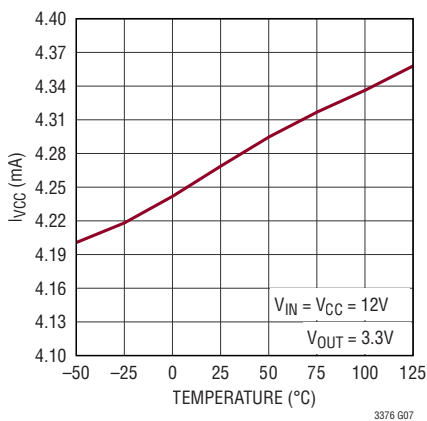
V_{CC}の電流と温度、1つの降圧レギュレータがオン(スリープ状態、ブートストラップなし)



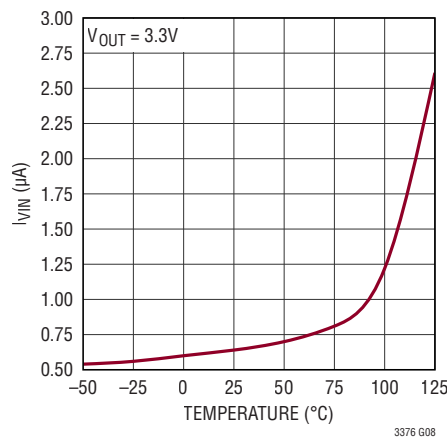
全システム電流と温度、1つの降圧レギュレータがオン(スリープ状態、ブートストラップ)



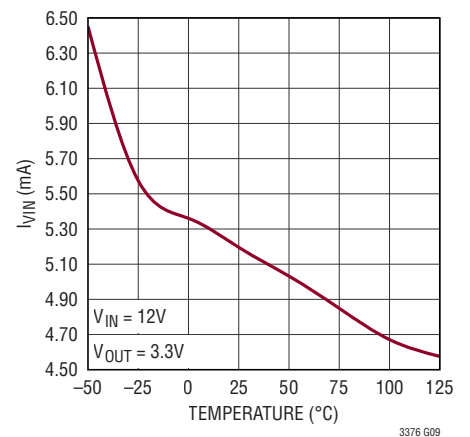
V_{CC}の電流と温度、1つの降圧レギュレータがオン(強制連続モード、1つのパワー段)



V_{IN}の電流と温度(スリープ状態)



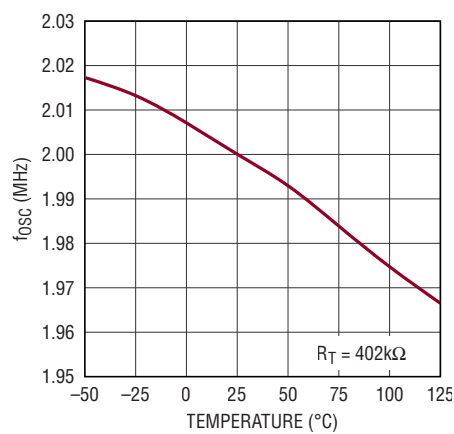
V_{IN}の電流と温度(強制連続モード、1つのパワー段)



代表的な性能特性

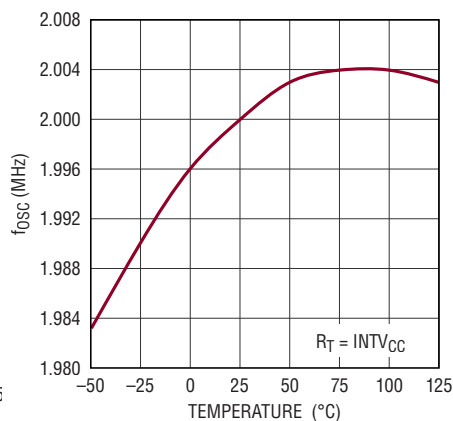
注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

RTピンで設定される発振周波数と温度



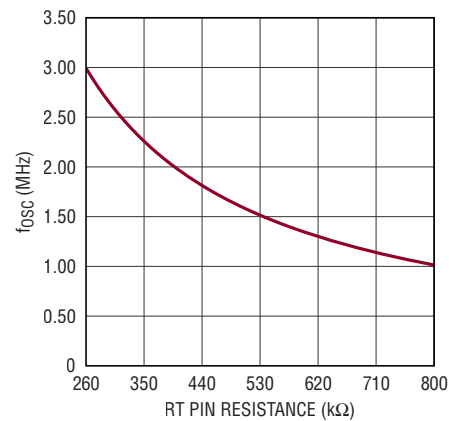
3376 G10

デフォルト発振周波数と温度



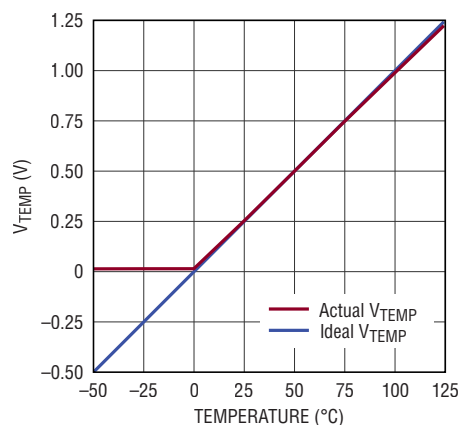
3376 G11

発振周波数とRT



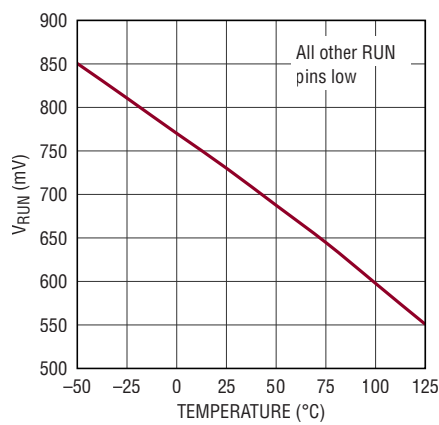
3376 G12

VTEMPと温度



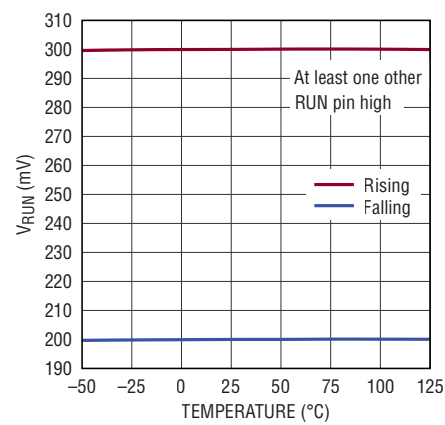
3376 G13

RUNピンの立ち上がり閾値と温度



3376 G14

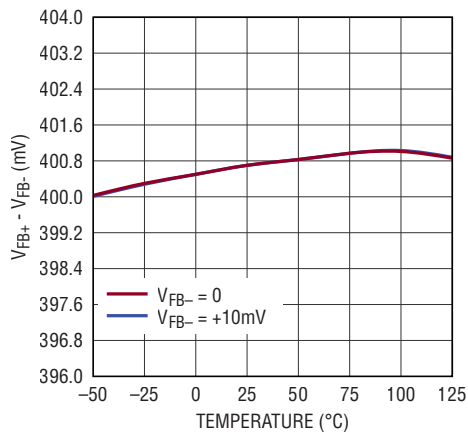
RUNピンの閾値と温度



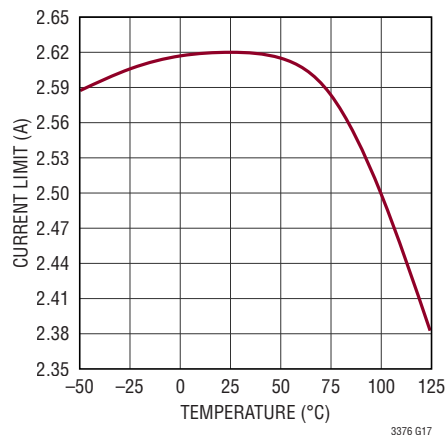
3376 G15

代表的な性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

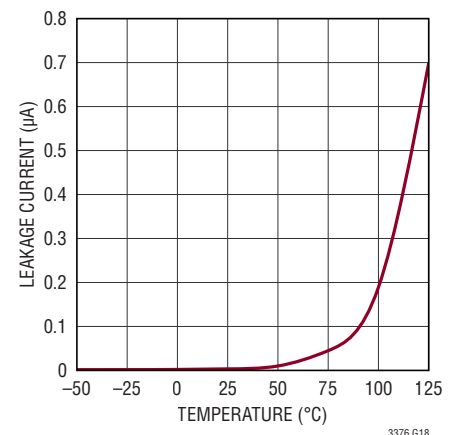
$V_{FB+} - V_{FB-}$ と温度



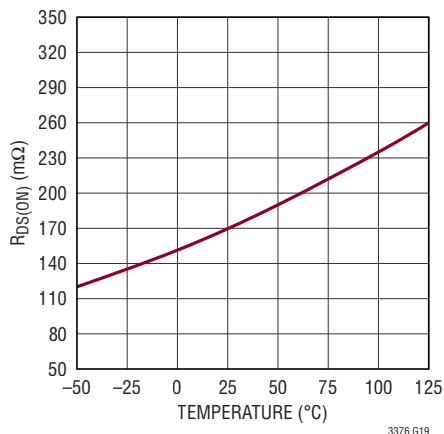
上側スイッチの電流制限と温度



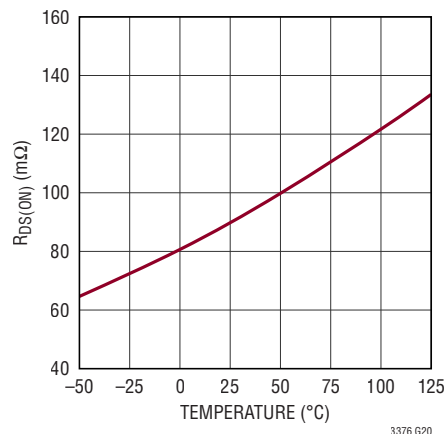
上側スイッチのもれ電流と温度



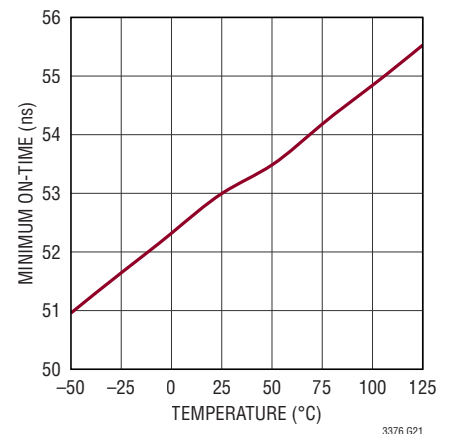
上側スイッチの $R_{DS(ON)}$ と温度



下側スイッチの $R_{DS(ON)}$ と温度



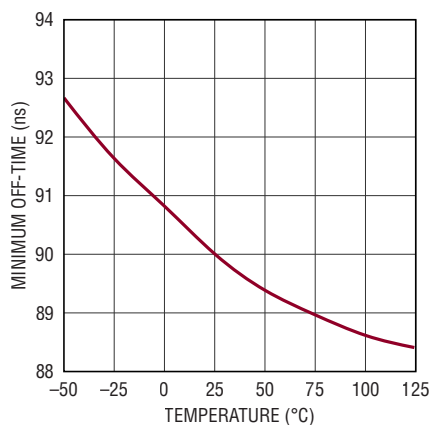
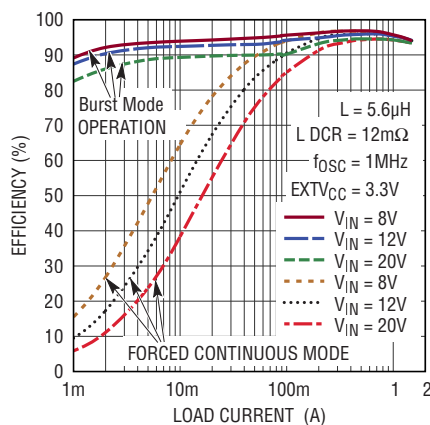
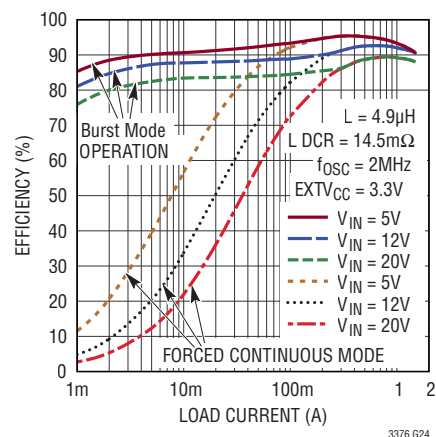
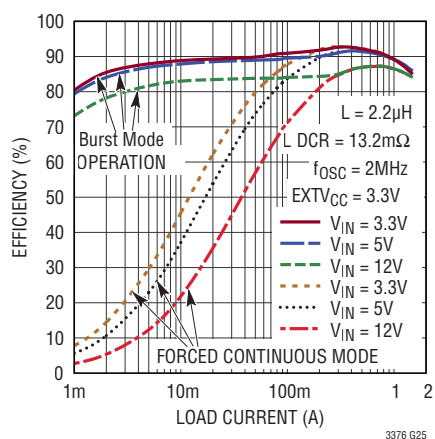
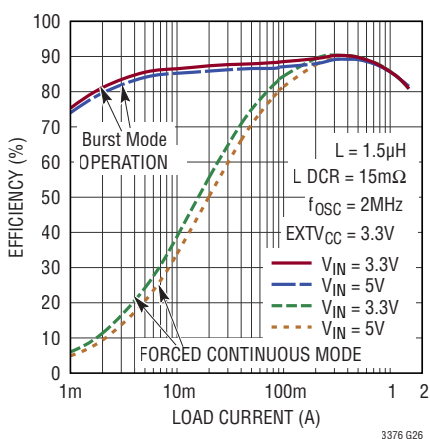
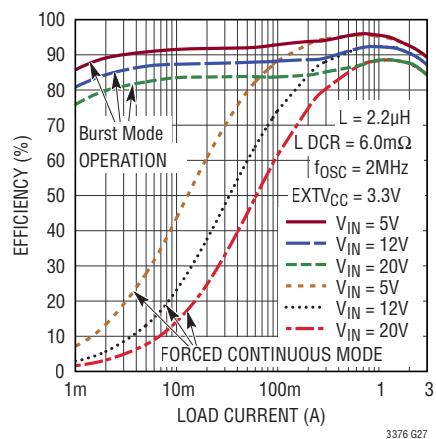
最小オン時間と温度



代表的な性能特性

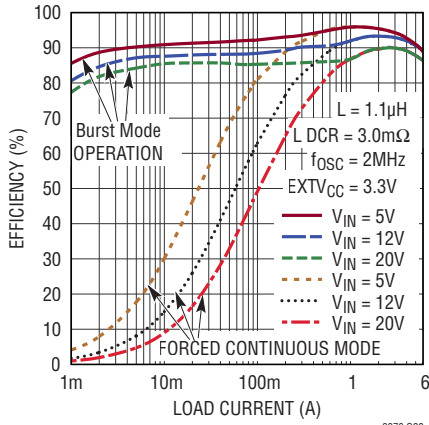
注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

最小オフ時間と温度

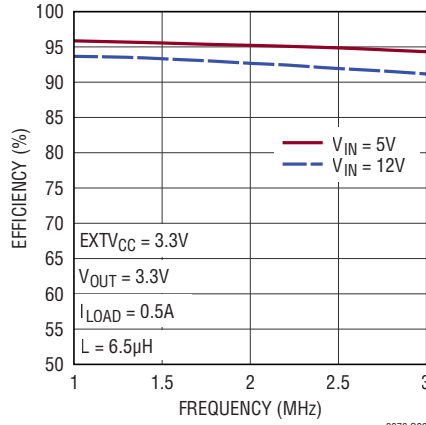
1.5A 降圧レギュレータの効率と I_{LOAD} ($V_{\text{OUT}}=5\text{V}$)1.5A 降圧レギュレータの効率と I_{LOAD} ($V_{\text{OUT}}=3.3\text{V}$)1.5A 降圧レギュレータの効率と I_{LOAD} ($V_{\text{OUT}}=1.8\text{V}$)1.5A 降圧レギュレータの効率と I_{LOAD} ($V_{\text{OUT}}=1.2\text{V}$)3A 降圧レギュレータの効率と I_{LOAD} ($V_{\text{OUT}}=3.3\text{V}$)

代表的な性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

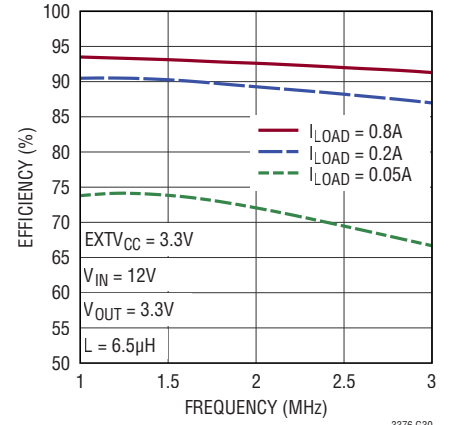
6A 降圧レギュレータの効率と
 I_{LOAD} ($V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$)



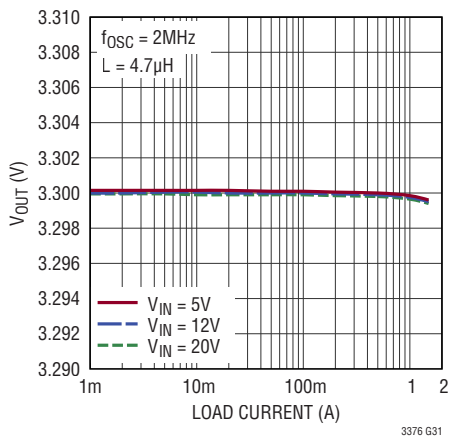
1.5A 降圧レギュレータの効率と
周波数 (強制連続モード)



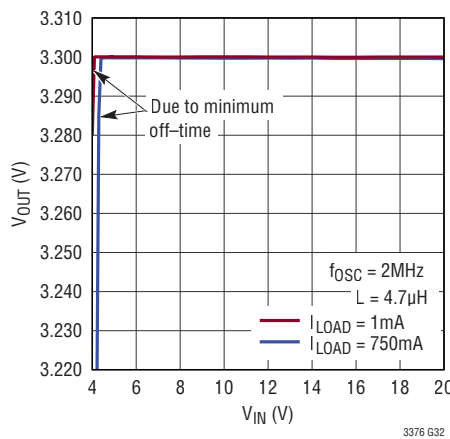
1.5A 降圧レギュレータの効率と
周波数 (強制連続モード)



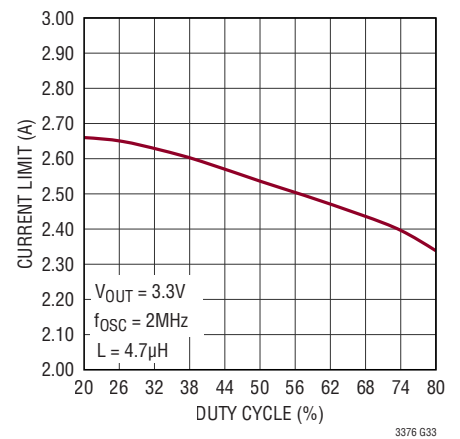
1.5A 降圧レギュレータの
負荷レギュレーション
(強制連続モード)



1.5A 降圧レギュレータの
ラインレギュレーション
(強制連続モード)

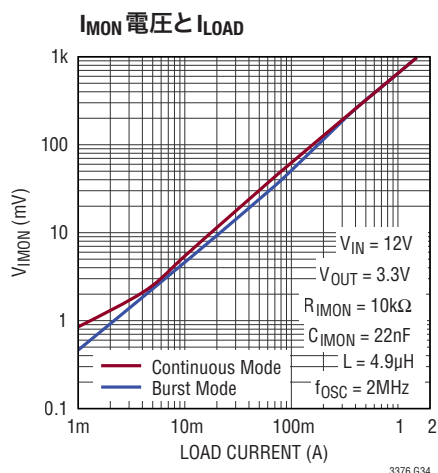


1.5A 降圧レギュレータの
電流制限とデューティ・サイクル

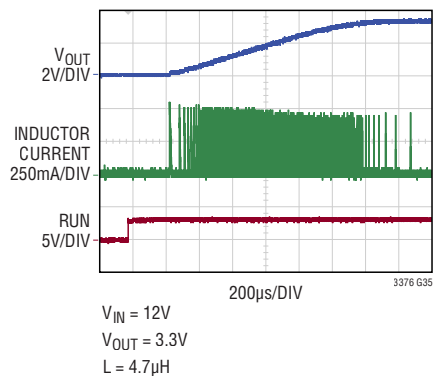


代表的な性能特性

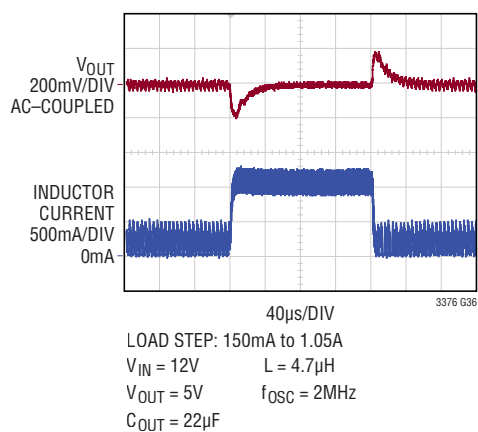
注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。



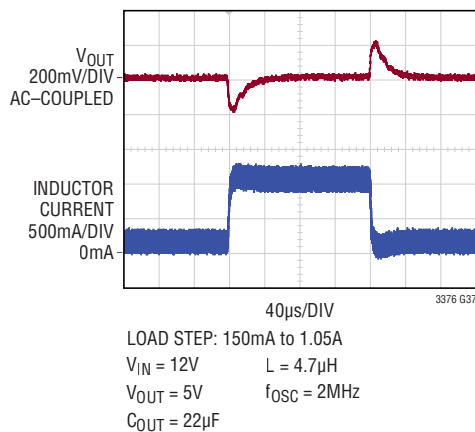
1.5A 降圧レギュレータの無 負荷時起動トランジェント



1.5A 降圧レギュレータ、過渡応答 (Burst Mode 動作)



1.5A 降圧レギュレータ、過渡応答 (強制連続モード)



ピン機能

BSTA (ピン A1) : パワー段 A の昇圧ノード。

BSTB (ピン B2) : パワー段 B の昇圧ノード。

BSTC (ピン G2) : パワー段 C の昇圧ノード。

BSTD (ピン H1) : パワー段 D の昇圧ノード。

BSTE (ピン H8) : パワー段 E の昇圧ノード。

BSTF (ピン G7) : パワー段 F の昇圧ノード。

BSTG (ピン B7) : パワー段 G の昇圧ノード。

BSTH (ピン A8) : パワー段 H の昇圧ノード。

CFG0 (ピン F2) : 設定入力ビット。CFG1、CFG2、および CFG3 と共に、CFG0 は降圧レギュレータの出力電流パワー段の組み合わせを設定します。CFG0 は INTV_{CC} または GND に接続します。フロート状態にしないでください。

CFG1 (ピン G6) : 設定入力ビット。CFG0、CFG2、および CFG3 と共に、CFG1 は降圧レギュレータの出力電流パワー段の組み合わせを設定します。CFG1 は INTV_{CC} または GND に接続します。フロート状態にしないでください。

CFG2 (ピン G4) : 設定入力ビット。CFG0、CFG1、および CFG3 と共に、CFG2 は降圧レギュレータの出力電流パワー段の組み合わせを設定します。CFG2 は INTV_{CC} または GND に接続します。フロート状態にしないでください。

CFG3 (ピン F7) : 設定入力ビット。CFG0、CFG1、および CFG2 と共に、CFG3 は降圧レギュレータの出力電流パワー段の組み合わせを設定します。CFG3 は INTV_{CC} または GND に接続します。フロート状態にしないでください。

EXTV_{CC} (ピン C2) : 外部 V_{CC} 低電圧電源。EXTV_{CC} が 3V より高い電圧に接続されていると、内部 LDO レギュレータには V_{CC} ではなく EXTV_{CC} から電流が流れます。出力電圧が 3.3V 以上の場合、このピンはその V_{OUT} に接続できます。このピンを降圧出力以外の電源に接続する場合は、このピンの近くに 4.7μF のバイパス・コンデンサを使用してください。使用しない場合、EXTV_{CC} はグラウンドに接続してください。フロート状態にしないでください。

FB1⁺ (ピン D4) : 降圧レギュレータ 1 の正の帰還ピン。出力両端に接続された抵抗分圧器による帰還信号を受信します。

FB2⁺ (ピン E4) : 降圧レギュレータ 2 の正の帰還ピン。出力両端に接続された抵抗分圧器による帰還信号を受信します。

FB3⁺ (ピン E5) : 降圧レギュレータ 3 の正の帰還ピン。出力両端に接続された抵抗分圧器による帰還信号を受信します。

FB4⁺ (ピン D5) : 降圧レギュレータ 4 の正の帰還ピン。出力両端に接続された抵抗分圧器による帰還信号を受信します。

FB1⁻ (ピン C3) : 降圧レギュレータ 1 の負の帰還ピン。出力両端に接続された帰還抵抗分圧器の GND 側に直接接続します。

FB2⁻ (ピン F3) : 降圧レギュレータ 2 の負の帰還ピン。出力両端に接続された帰還抵抗分圧器の GND 側に直接接続します。

FB3⁻ (ピン F6) : 降圧レギュレータ 3 の負の帰還ピン。出力両端に接続された帰還抵抗分圧器の GND 側に直接接続します。

FB4⁻ (ピン C6) : 降圧レギュレータ 4 の負の帰還ピン。出力両端に接続された帰還抵抗分圧器の GND 側に直接接続します。

GND (ピン B5) : LTC3376 のグラウンド・ピン。このピンはシステム・グラウンドおよびグラウンド・プレーンに接続します。フロート状態にしないでください。

IMON1 (ピン D3) : 降圧レギュレータ 1 の電流モニタ・ピン。IMON1 は、構成されている各パワー段につき負荷電流 1.5A で 100μA (代表値) の電流を出力します。IMON1 と GND の間には抵抗を接続します。この抵抗の値は、最大負荷時 (1つのパワー段あたり 1.5A) に IMON1 が 1V になるように選択します。負荷電流が小さくなると、IMON1 の電圧は 1A あたり 0.67V 低下します。レギュレータが Burst Mode でスリープ状態になるか、またはデイスエーブルされると、IMON1 の出力電流は 0 になります。

IMON2 (ピン E3) : 降圧レギュレータ 2 の電流モニタ・ピン。IMON2 は、構成されている各パワー段につき負荷電流 1.5A で 100μA (代表値) の電流を出力します。IMON2 と GND の間には抵抗を接続します。この抵抗の値は、最大負荷時 (1つのパワー段あたり 1.5A) に IMON2 が 1V になるように選択します。負荷電流が小さくなると、IMON2 の電圧は 1A あたり 0.67V 低下します。レギュレータが Burst Mode でスリープ状態になるか、またはデイスエーブルされると、IMON2 の出力電流は 0 になります。

ピン機能

IMON3 (ピンE6) : 降圧レギュレータ3の電流モニタ・ピン。IMON3は、構成されている各パワー段につき負荷電流1.5Aで100 μ A (代表値)の電流を出力します。IMON3とGNDの間には抵抗を接続します。この抵抗の値は、最大負荷時(1つのパワー段あたり1.5A)にIMON3が1Vになるように選択します。負荷電流が小さくなると、IMON3の電圧は1Aあたり0.67V低下します。レギュレータがBurst Modeでスリープ状態になるか、またはディスエーブルされると、IMON3の出力電流は0になります。

IMON4 (ピンD6) : 降圧レギュレータ4の電流モニタ・ピン。IMON4は、構成されている各パワー段につき負荷電流1.5Aで100 μ A (代表値)の電流を出力します。IMON4とGNDの間には抵抗を接続します。この抵抗の値は、最大負荷時(1つのパワー段あたり1.5A)にIMON4が1Vになるように選択します。負荷電流が小さくなると、IMON4の電圧は1Aあたり0.67V低下します。レギュレータがBurst Modeでスリープ状態になるか、またはディスエーブルされると、IMON4の出力電流は0になります。

INTV_{CC} (ピンB3) : 内部3V V_{CC}レギュレータのバイパス・ピン。制御回路はこの電圧から給電されます。INTV_{CC}ピンには2mAを超える外部回路の負荷をかけないでください。過負荷状態になると、LTC3376はシャットダウンします。INTV_{CC}の電流は、V_{EXTVCC}の電圧が3Vより高い場合はEXTV_{CC}ピンから供給され、3V以下の場合にはV_{CC}ピンから供給されます。4.7 μ F以上の低ESRセラミック・コンデンサを1個使ってGNDにバイパスします。

INTV_{CC_P} (ピンB6) : 内部V_{CC}パワー段の電源。内部パワー・ドライバはこの電圧から電力を供給されます。INTV_{CC_P}ピンは内部専用です。10 μ F以上の低ESRセラミック・コンデンサを1個使ってGNDにバイパスします。全てのアプリケーションで、INTV_{CC_P}はINTV_{CC}に接続する必要があります。

PGNDA (ピンA4) : パワー段Aのグラウンド電源。V_{INA}のバイパス・コンデンサのGND側をこのピンに直接接続し、次にグラウンド・プレーンに接続します。

PGNDB (ピンD1) : パワー段Bのグラウンド電源。V_{INB}のバイパス・コンデンサのGND側をこのピンに直接接続し、次にグラウンド・プレーンに接続します。

PGNDG (ピンE1) : パワー段Cのグラウンド電源。V_{INC}のバイパス・コンデンサのGND側をこのピンに直接接続し、次にグラウンド・プレーンに接続します。

PGNDD (ピンH4) : パワー段Dのグラウンド電源。V_{IND}のバイパス・コンデンサのGND側をこのピンに直接接続し、次にグラウンド・プレーンに接続します。

PGNDE (ピンH5) : パワー段Eのグラウンド電源。V_{INE}のバイパス・コンデンサのGND側をこのピンに直接接続し、次にグラウンド・プレーンに接続します。

PGNDF (ピンE8) : パワー段Fのグラウンド電源。V_{INF}のバイパス・コンデンサのGND側をこのピンに直接接続し、次にグラウンド・プレーンに接続します。

PGNDG (ピンD8) : パワー段Gのグラウンド電源。V_{ING}のバイパス・コンデンサのGND側をこのピンに直接接続し、次にグラウンド・プレーンに接続します。

PGNDH (ピンA5) : パワー段Hのグラウンド電源。V_{INH}のバイパス・コンデンサのGND側をこのピンに直接接続し、次にグラウンド・プレーンに接続します。

PGOOD1 (ピンD2) : 降圧レギュレータ1のパワーグッド・ピン(アクティブ・ハイ)。オープンドレイン出力。降圧レギュレータ1の安定化出力電圧がPGOOD閾値より低くなるか、過電圧閾値より高くなると、このピンはローになります。降圧レギュレータがディスエーブルされている場合、降圧レギュレータがソフトスタート中の場合、INTV_{CC}がUVLO閾値より低い場合、またはLTC3376がOT状態の場合にも、PGOOD1はローになります。

PGOOD2 (ピンE2) : 降圧レギュレータ2のパワーグッド・ピン(アクティブ・ハイ)。オープンドレイン出力。降圧レギュレータ2の安定化出力電圧がPGOOD閾値より低くなるか、過電圧閾値より高くなると、このピンはローになります。降圧レギュレータがディスエーブルされている場合、降圧レギュレータがソフトスタート中の場合、INTV_{CC}がUVLO閾値より低い場合、またはLTC3376がOT状態の場合にも、PGOOD2はローになります。

PGOOD3 (ピンE7) : 降圧レギュレータ3のパワーグッド・ピン(アクティブ・ハイ)。オープンドレイン出力。降圧レギュレータ3の安定化出力電圧がPGOOD閾値より低くなるか、過電圧閾値より高くなると、このピンはローになります。降圧レギュレータがディスエーブルされている場合、降圧レギュレータがソフトスタート中の場合、INTV_{CC}がUVLO閾値より低い場合、またはLTC3376がOT状態の場合にも、PGOOD3はローになります。

ピン機能

PGOOD4 (ピン D7) : 降圧レギュレータ4のパワーグッド・ピン (アクティブ・ハイ)。オープンドレイン出力。降圧レギュレータ4の安定化出力電圧がPGOOD 閾値より低くなるか、過電圧閾値より高くなると、このピンはローになります。降圧レギュレータがデイスエーブルされている場合、降圧レギュレータがソフトスタート中の場合、INTV_{CC}がUVLO 閾値より低い場合、またはLTC3376がOT 状態の場合にも、PGOOD4はローになります。

RT (ピン G5) : 発振周波数設定用のタイミング抵抗ピン。外部クロックに同期しない場合、このピンにより、スイッチング周波数の2つの設定モードを選択できます。RTピンとGNDピンの間に抵抗を接続すると、その抵抗値に基づいてスイッチング周波数が設定されます。RTピンをINTV_{CC}ピンに接続すると、デフォルトの2MHzの内部発振器が使用されます。フロート状態にしないでください。

RUN1 (ピン C4) : 降圧レギュレータ1のイネーブル入力。アクティブ・ハイ。フロート状態にしないでください。

RUN2 (ピン F4) : 降圧レギュレータ2のイネーブル入力。アクティブ・ハイ。降圧レギュレータ2のイネーブル入力を使用しない構成では、RUN2をGNDに接続します。フロート状態にしないでください。

RUN3 (ピン F5) : 降圧レギュレータ3のイネーブル入力。アクティブ・ハイ。降圧レギュレータ3のイネーブル入力を使用しない構成では、RUN3をGNDに接続します。フロート状態にしないでください。

RUN4 (ピン C5) : 降圧レギュレータ4のイネーブル入力。アクティブ・ハイ。降圧レギュレータ4のイネーブル入力を使用しない構成では、RUN4をGNDに接続します。フロート状態にしないでください。

SWA (ピン A2) : パワー段Aのスイッチ・ノード。このピンには外部インダクタを接続します。

SWB (ピン B1) : パワー段Bのスイッチ・ノード。このピンには外部インダクタを接続します。

SWC (ピン G1) : パワー段Cのスイッチ・ノード。このピンには外部インダクタを接続します。

SWD (ピン H2) : パワー段Dのスイッチ・ノード。このピンには外部インダクタを接続します。

SWE (ピン H7) : パワー段Eのスイッチ・ノード。このピンには外部インダクタを接続します。

SWF (ピン G8) : パワー段Fのスイッチ・ノード。このピンには外部インダクタを接続します。

SWG (ピン B8) : パワー段Gのスイッチ・ノード。このピンには外部インダクタを接続します。

SWH (ピン A7) : パワー段Hのスイッチ・ノード。このピンには外部インダクタを接続します。

SYNC/MODE (ピン G3) : 発振器同期およびモード選択ピン。SYNC/MODEピンが外部クロック信号で駆動されると、全てのスイッチは入力された周波数に同期し、降圧コンバータは強制連続モードで動作するように設定されます。スローブ補償は外部クロック周波数に自動的に適合します。外部クロック信号がない場合、周波数はRTピンによって設定可能です。外部クロックに同期させない場合は、この入力によってLTC3376の軽負荷時の動作が決まります。このピンをグラウンドに接続すると、Burst Mode動作が選択されます。このピンをINTV_{CC}に接続すると、強制連続モード動作が選択されます。フロート状態にしないでください。

TEMP (ピン C7) : 温度表示ピン。TEMPは、25°Cで250mV (代表値)の電圧を出力します。TEMPの電圧は1°Cあたり10mV (代表値) ずつ変化し、LTC3376の内部ダイ温度を外部に表示します。

V_{CC} (ピン B4) : 内部バイアス電源。4.7μF以上のセラミック・コンデンサを使用してGNDにバイパスします。EXTV_{CC}ピンを使用する場合でもV_{CC}は存在する必要があるため、EXTV_{CC}より前に印加されなければなりません。

V_{INA} (ピン A3) : パワー段Aの入力電源。1μFのセラミック・コンデンサと10μF以上のセラミック・コンデンサを使用してPGNDAにバイパスします。

V_{INB} (ピン C1) : パワー段Bの入力電源。1μFのセラミック・コンデンサと10μF以上のセラミック・コンデンサを使用してPGNDBにバイパスします。

V_{INC} (ピン F1) : パワー段Cの入力電源。1μFのセラミック・コンデンサと10μF以上のセラミック・コンデンサを使用してPGNDCにバイパスします。

ピン機能

V_{IND} (ピン H3) : パワー段 D の入力電源。1 μ F のセラミック・コンデンサと 10 μ F 以上のセラミック・コンデンサを使用して PGND_D にバイパスします。

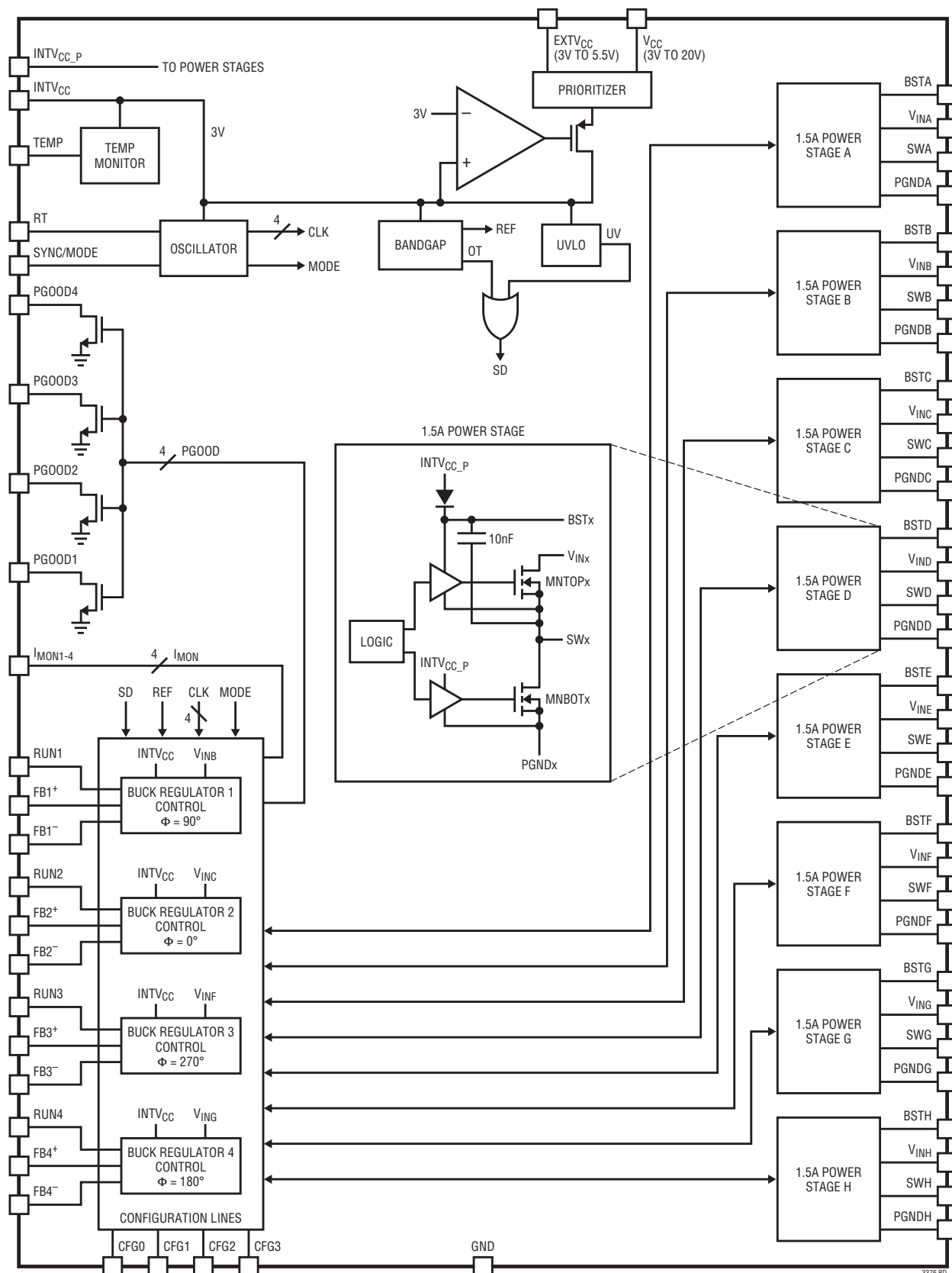
V_{INE} (ピン H6) : パワー段 E の入力電源。1 μ F のセラミック・コンデンサと 10 μ F 以上のセラミック・コンデンサを使用して PGND_E にバイパスします。

V_{INF} (ピン F8) : パワー段 F の入力電源。1 μ F のセラミック・コンデンサと 10 μ F 以上のセラミック・コンデンサを使用して PGND_F にバイパスします。

V_{ING} (ピン C8) : パワー段 G の入力電源。1 μ F のセラミック・コンデンサと 10 μ F 以上のセラミック・コンデンサを使用して PGND_G にバイパスします。

V_{INH} (ピン A6) : パワー段 H の入力電源。1 μ F のセラミック・コンデンサと 10 μ F 以上のセラミック・コンデンサを使用して PGND_H にバイパスします。

ブロック図



3376 BD

動作

降圧スイッチング・レギュレータ

LTC3376は20Vモノリシック、固定周波数、4チャンネル、12A構成可能、ピーク電流モードの降圧DC/DCコンバータです。このデバイスは4つの同期整流式降圧コンバータを内蔵しており、これらは8つの1.5Aパワー段を共有するように構成されています。LTC3376は全てのBSTピン用のセラミック・コンデンサをパッケージに内蔵しています。これにより、BSTピン用の外付けコンデンサが不要となり、実装面積を削減できます。

降圧スイッチング・レギュレータは内部補償されているので、必要なのは出力電圧を設定するための外付け帰還抵抗です。外部発振器に同期できる内部発振器により、各クロック・サイクルの開始時に内蔵の上側パワー・スイッチがオンします。次に、インダクタを流れる電流が増加して上側スイッチの電流コンパレータが作動し、上側のパワー・スイッチがオフします。上側スイッチがオフするときのピーク・インダクタ電流は、内部電圧 V_C によって制御されます。 V_C は、エラー・アンプが帰還ピンの電圧と400mVの内部リファレンスを比較することで安定化されます。負荷電流が増加すると、帰還電圧はリファレンスと比較して低くなるので、エラーアンプによって V_C の電圧が上昇し、平均インダクタ電流が新たな負荷電流に釣り合うまで上昇し続けます。上側パワー・スイッチがオフすると、下側パワー・スイッチがオンし、次のクロック・サイクルが始まるまで(Burst Modeの場合はインダクタ電流が0に減少するまで)オンのままになります。

降圧コンバータはそれぞれ独立した V_{IN} 電圧で動作可能であり、それぞれ専用の FB^+ 、 FB^- 、 RUN 、 I_{MON} 、および $PGOOD$ ピンを備えているため、最大限の柔軟性が得られます。 RUN ピンには2つの異なるイネーブル閾値電圧があり、これらはLTC3376の動作状態に依存します。最初にオンする降圧レギュレータの RUN ピンの立上がり閾値は730mV(代表値)です。最後にオフする降圧レギュレータの RUN ピンの立下がり閾値は690mV(代表値)です。いずれか1つの降圧レギュレータがオンすると、他の全ての RUN ピンは、立上がり300mV(代表値)、立下がり200mV(代表値)のバンドギャップ・ベースの高精度閾値を使用します。 RUN ピンの高精度閾値を使用すると、抵抗分圧器を介して RUN ピンを別の降圧レギュレータの出力に接続することにより、イベントベースでパワーアップ・シーケンスを制御できます。全ての降圧レギュレータは、順方向および逆方向の電流制限、短絡保護、起動中の突入電流を制限するためのソフトスタート機能を備えています。1つの降圧レギュレータの RUN ピンがローになると、その降圧レギュレータはシャットダウンして低自己消費電流状態になり、 SW ピンは1k抵抗を介して $PGND$ に引き下げられます。全ての降圧レギュレータがオフすると、ほとんどのトップレベル回路がシャットダウンし、LTC3376の

自己消費電流は9 μ A(代表値)になります。1つの降圧レギュレータがイネーブルされると、100 μ s(代表値)の遅延の後にスイッチングが始まり、ソフトスタート・ランプが開始されます。最初にイネーブルされる降圧レギュレータでは、この遅延は250 μ s(代表値)です。

各降圧スイッチング・レギュレータは90°ステップで位相調整され、ノイズと入力リップルを軽減しています。この位相ステップにより、上側スイッチがオンするスイッチング・シーケンスの固定エッジが決まります。上側スイッチ・オフ(下側スイッチ・オン)の位相は、レギュレータが要求するデューティ・サイクルの影響を受けます。降圧レギュレータ2は0°に設定されます。降圧レギュレータ1は90°に設定されます。降圧レギュレータ4は180°に設定されます。降圧レギュレータ3は270°に設定されます。

降圧レギュレータとパワー段の組み合わせ

CFG0、CFG1、CFG2、およびCFG3ピンの設定により、最大4つの降圧レギュレータの様々な組み合わせをマスタ/スレーブとして構成できます。これらの設定ピンは、目的の構成(表1)に従って、グラウンドに接続するか、または $INTV_{CC}$ に接続する必要があります。組み合わせた SW ピンと一緒に接続する必要があり、組み合わせた V_{IN} ピンおよびBSTピンも一緒に接続する必要があります。各降圧レギュレータの入力電圧は共通ですが、それぞれの V_{IN} ピンには専用の入力バイパス・コンデンサが必要です(アプリケーション情報を参照)。 $RUN1$ 、 $FB1^+$ 、 $FB1^-$ 、 I_{MON1} 、および $PGOOD1$ は降圧レギュレータ1が使用します。 $RUN2$ 、 $FB2^+$ 、 $FB2^-$ 、 I_{MON2} 、および $PGOOD2$ は降圧レギュレータ2が使用します。 $RUN3$ 、 $FB3^+$ 、 $FB3^-$ 、 I_{MON3} 、および $PGOOD3$ は降圧レギュレータ3が使用します。 $RUN4$ 、 $FB4^+$ 、 $FB4^-$ 、 I_{MON4} 、および $PGOOD4$ は降圧レギュレータ4が使用します。特定の構成で使用されない降圧レギュレータの RUN 、 FB^+ 、 FB^- 、 I_{MON} 、 $PGOOD$ ピンは、 GND に接続する必要があります。その降圧レギュレータの V_{IN} 、 SW 、およびBSTピンは他のマスタのスレーブとして使用されるため、そのマスタの電源ピンに接続する必要があります。

降圧レギュレータを組み合わせ、3A、4.5A、6A、7.5A、9A、10.5A、または12Aの出力負荷電流を供給できます。例えば、コード0110(CFG[3:0])によって、降圧レギュレータ1は $V_{IN}/SW/BST$ のペアA、B、およびHを介して4.5Aレギュレータとして動作し、降圧レギュレータ2がディスエーブルされている間、降圧レギュレータ3は $V_{IN}/SW/BST$ のペアC、D、E、およびFを介して6Aレギュレータとして動作し、降圧レギュレータ4は $V_{IN}/SW/BST$ のペアGを介して1.5Aレギュレータとして動作するように設定します。

動作

表1. マスタ/スレーブ設定の組み合わせ
(各文字はV_{IN}/SW/BST/PGNDのペアに対応)

CFG3	CFG2	CFG1	CFG0	出力構成			
				BUCK 1	BUCK 2	BUCK 3	BUCK 4
0	0	0	0	AB	CD	EF	GH
0	0	0	1	ABH	CD	EF	G
0	0	1	0	ABH	CDE	F	G
0	0	1	1	ABDH	C	EF	G
0	1	0	0	AB	CDE	-	FGH
0	1	0	1	ABCD	-	EF	GH
0	1	1	0	ABH	-	CDEF	G
0	1	1	1	ABCD	-	-	EFGH
1	0	0	0	ABDEH	C	F	G
1	0	0	1	ABCDH	-	EF	G
1	0	1	0	ABCDE	-	-	FGH
1	0	1	1	ABCDEH	-	F	G
1	1	0	0	ABCDEF	-	-	GH
1	1	0	1	ABCDEFH	-	-	G
1	1	1	0	ABCDEFH	-	-	-
1	1	1	1	AB	CD	EF	GH

モード選択

降圧スイッチング・レギュレータには、SYNC/MODEピンによって設定される2つの動作モードがあります。1つはBurst Mode (SYNC/MODEピンがローに設定されている場合)、もう1つは強制連続PWMモード (SYNC/MODEピンがハイに設定されている場合)です。SYNC/MODEピンは、全ての降圧スイッチング・レギュレータを同じ動作モードに設定します。

強制連続モードでは、発振器は連続的に動作し、軽負荷状態では降圧スイッチ電流が逆方向に流れてレギュレーションを維持できます。このモードでは、出力負荷が0の場合でも、出力リップルを最低限に抑え、固定周波数で降圧レギュレータを動作できます。

Burst Mode動作では、軽負荷状態で、出力コンデンサがレギュレーション・ポイントよりもわずかに高い電圧に充電されます。次にレギュレータがスリープ状態になり、この間は出力コンデンサが負荷電流を供給します。スリープ状態では、レギュレータの回路の大半がパワー・ダウンスするので、入力電力の節約に役立ちます。出力コンデンサの電圧が設定された値を下回ると、回路がオンされて新しいバースト・サイクルが開始します。負荷電流が大きくなると、スリープ時間が短くなります。Burst Mode動作では、レギュレータは軽負荷時にのみバースト動作します。負荷が大きくなると、レギュレータは固定周波数のPWMモードで動作します。

発振器の外部クロックへの同期

動作周波数の選択は、効率と部品サイズの間の兼ね合いによって決まります。動作周波数が高いと、小型のインダクタと値の小さいコンデンサを使用でき、過渡応答が改善されます。低周波数動作では、内部ゲート電荷の損失が減るので効率が向上し、V_{IN}からV_{OUT}への降圧比を極端に高くすることができます。しかしこの場合、出力リップル電圧を低く抑えるには、インダクタンスの値または容量、あるいはその両方を大きくする必要があります。LTC3376のデフォルト動作周波数は2MHzです。

LTC3376の内部発振器は、方形波のクロック信号をMODE/SYNCピンに入力することにより、内部PLL回路を介して外部周波数に同期させることも可能です。同期中、降圧レギュレータ2の上側パワー・デバイスのターンオンは、外部の周波数発生源の立上がりエッジから110ns後に固定されます。降圧レギュレータ1と降圧レギュレータ2の位相差は90°になります。降圧レギュレータ4と降圧レギュレータ2の位相差は180°になります。降圧レギュレータ3と降圧レギュレータ2の位相差は270°になります。外部クロックに同期している場合、降圧レギュレータは強制連続モードで動作します。同期周波数範囲は1MHz～3MHzです。

SYNCピンの立上がりエッジで外部クロックが検出された後、内部PLLがデフォルト周波数で開始されます。内部PLLが動作周波数を徐々に調整してSYNC信号の周波数および位相と一致させるには、最大1msかかります。

外部クロックが除去されると、LTC3376は外部クロックがないことを検知し、発振器は動作周波数を徐々に調整してデフォルト周波数に戻ります。

PGOODピンによる電源障害の通知

電源障害状態は、各降圧レギュレータの関連するPGOODピンによって通知されます。各降圧スイッチング・レギュレータは、内部パワーグッド (PGOOD_INT) 信号を備えています。イネーブルされたスイッチャの安定化出力電圧がレギュレーション出力電圧の97.75%より高くなると、PGOOD_INT信号がハイに遷移します。その後、安定化出力電圧がレギュレーション出力電圧の96.75% (代表値)を下回ると、PGOOD_INT信号がローになります。降圧レギュレータがイネーブルされている場合、そのレギュレータの外部PGOODピンがハイになるためには、そのレギュレータのPGOOD_INT信号がハイになる必要があります。イネーブルされた降圧レギュレータの外部PGOODピンがローになり、電源障害の発生をマイクロプロセッサに通知するためには、そのレギュレータの内部PGOOD_INT信号が100μs (代表値)以上ローのままになる必要があります。この100μsのフィ

動作

ルタ時間により、負荷過渡応答中にピンがローになることを防止します。また、内部PGOOD_INT信号がハイに遷移するときは、必ず100μsのアサーション遅延が発生します。

LTC3376は、過電圧状態の通知にもPGOODピンを使用します。イネーブルされた降圧レギュレータの出力電圧がレギュレーション値の107.5% (代表値) より高くなると、100μs経過後にそのレギュレータのPGOODピンがローになります。同様に、その後、イネーブルされたレギュレータの過電圧出力が安定化出力電圧の105% (代表値) より低くなると、100μs経過後にそのレギュレータのPGOODピンが再びハイに遷移します。

PGOODピンをローにするエラー状態はラッチされません。エラー状態がなくなるとPGOODピンは解放され、その他のエラー状態がない場合はハイになります。降圧レギュレータがデイスエーブルされている場合、降圧レギュレータがソフトスタート中の場合、INTV_{CC}がUVLO閾値より低い場合、またはLTC3376がOT状態の場合にも、PGOODはローになります (以下を参照)。

電流モニタ

各降圧レギュレータは、降圧レギュレータの平均負荷電流に比例する電流をI_{MON}ピンに供給する電流モニタを備えています。I_{MON}ピンとグラウンドの間の必要な外付け抵抗は、特定の降圧レギュレータ用に構成されているパワー段の数によって決まります。降圧レギュレータがパワー段を1つだけ持つように構成されている場合は、I_{MON}とグラウンドの間に10k抵抗を接続する必要があります。最大負荷(1.5A)時のI_{MON}ピンの電圧は1V (代表値) になります。2分の1の負荷(0.75A)ではI_{MON}ピンの電圧は0.5Vになります。組み合わせられる出力段に必要なI_{MON}ピンの抵抗は、次式で与えられます。

$$R_{\text{IMON}} = \frac{10\text{k}\Omega}{[\text{\# of channels}]} \quad (1)$$

I_{MON}ピンの電圧は降圧レギュレータの平均負荷を示し、安定状態になるのに数百μsかかります。電流モニタは連続導通モードで最も精度が高くなるように設計されていますが、I_{MON}ピンに外付けコンデンサを追加すれば、中程度の負荷でBurst Modeでも精度を下げて動作できます。このコンデンサは、RC時定数が約250μs以上になるように選択します。(望ましい場合に) I_{MON}ピンに使用するコンデンサの値は、次式で与えられます。

$$C_{\text{IMON}} \geq \frac{250\mu\text{s}}{R_{\text{IMON}}} \quad (2)$$

温度のモニタリングと過熱保護

LTC3376と周辺部品が熱によって損傷するのを防ぐため、LTC3376は過熱(OT)保護機能を備えています。LTC3376のダイ温度が165°C (代表値) に達すると、全てのイネーブルされた降圧スイッチング・レギュレータがシャットダウンし、ダイ温度が155°C (代表値) に低下するまでシャットダウン状態に保たれます。

ダイ温度は、アナログTEMPピンの電圧をサンプリングすることによって読み取られます。TEMPピンの電圧で示される温度Tは、次式で与えられます。

$$T = \frac{V_{\text{TEMP}}}{10\text{mV}} \cdot 1^\circ\text{C} \quad (3)$$

ここで、V_{TEMP}はTEMPピンの電圧です。

TEMPピンの標準電圧は25°Cで250mVです。V_{TEMP}の測定値は、ダイの温度が約10°Cより高い場合に有効です。TEMPピンにはバイパス・コンデンサは不要です。TEMPピンの浮遊容量が30pFより大きくなる場合は、温度モニタの安定性を確保するために、ピンに直列に15k抵抗を追加する必要があります。温度モニタリング機能が不要な場合は、TEMPをINTV_{CC}に接続すれば温度モニタをシャットダウンできます。これにより、自己消費電流が5μA (代表値) 減少します。全ての降圧スイッチング・レギュレータがデイスエーブルの場合は、温度モニタもシャットダウンされ、自己消費電流が削減されます。

INTV_{CC}レギュレータ

内部の低ドロップアウト(LDO)レギュレータは、V_{CC}を基にして、INTV_{CC}ピンと内部バイパス回路に電力を供給する3V電源を生成します。INTV_{CC}は、LTC3376の回路に十分な電流を供給可能であり、4.7μF以上のセラミック・コンデンサを使用してグラウンドにバイパスする必要があります。INTV_{CC_P}ピンは全てのMOSFETゲート・ドライバに電力を供給し、専用の10μFバイパス・コンデンサが必要であり、基板上でINTV_{CC}に接続されている必要があります。パワーMOSFETのドライバが必要とする大きな過渡電流を供給するには、十分なバイパスが必要です。

動作

効率を向上するため、EXTV_{CC}ピンの電圧が3V以上の場合、EXTV_{CC}ピンから内蔵のLDOに電流を流すこともできます。EXTV_{CC}を使用する場合でもV_{CC}は存在する必要があります。通常、EXTV_{CC}ピンはLTC3376のいずれかの降圧レギュレータの出力に接続できますが、3V以上の外部電源に接続することもできます。EXTV_{CC}ピンを降圧レギュレータの出力以外の電源に接続する場合は、必ずセラミック・コ

ンデンサを近くに接続してバイパスしてください。EXTV_{CC}ピンの電圧が2.8Vより低い場合、内蔵のLDOはV_{CC}から流れる電流を消費します。入力電圧が高く、スイッチング周波数が高いアプリケーションで、内蔵のLDOがV_{CC}からの電流を消費する場合は、LDOの消費電力が大きくなるためにダイ温度が上昇します。INTV_{CC}ピンには2mAを超える外部回路の負荷をかけないでください。

アプリケーション情報

降圧スイッチング・レギュレータの出力電圧と帰還ネットワーク

各降圧スイッチング・レギュレータの出力電圧は、帰還ピンに接続される、スイッチング・レギュレータの出力両端の抵抗分圧器によって設定され、値は図1に示すように $V_{OUT} = V_{FB+}(1 + R2/R1)$ で与えられます ($V_{FB+} = 400mV$)。R1の標準値は20k~200kです。出力電圧の精度を保つため、誤差が1%以内になる抵抗を推奨します。降圧レギュレータの過渡応答は、帰還抵抗とFB+ピンの入力容量によって形成されるポールを打ち消すのに役立つ、オプションの位相進みコンデンサC_{FF}を使って改善できます。抵抗分圧器のV_{OUT}/V_{FB+}の比が大きい場合は、コンデンサの値を2pF~22pFの範囲で実験すると、過渡応答が向上することがあります。

LTC3376は、リモート検出を必要とするアプリケーション用に、低オフセット、高入力インピーダンスの差動検出機能を内蔵しています。FB+を出力負荷両端の帰還分圧器のセンタ・タップに接続し、FB-を負荷のグラウンドに接続します。

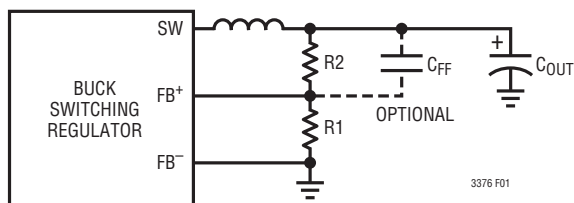


図1. 帰還部品

動作周波数の選択と交換条件

動作周波数の選択には、効率、部品サイズ、過渡応答、および入力電圧範囲の間の交換条件が存在します。高周波数動作の利点は、小さな値のインダクタとコンデンサを使用できることです。スイッチング周波数が高いほど制御ループの帯域幅を広くすることが可能であり、したがって過渡応答をより高速化できます。スイッチング周波数が高くなると、スイッチング損失が増えるために効率が低くなり、またスイッチの最小オン時間の制限のために入力電圧範囲が狭くなるのが欠点です。

全てのLTC3376降圧レギュレータの動作周波数は、RTピンとグラウンドの間に接続される外付け抵抗によって設定できます。動作周波数は次式を使って計算できます。

$$f_{osc} = 2MHz \left(\frac{402k\Omega}{R_T} \right) \quad (4)$$

LTC3376は1MHz~3MHzの動作周波数で動作するように設計されており、発振器が4MHz (代表値)より高速または500kHz (代表値)より低速で動作することを防止する内部安全クランプを備えています。RTピンをINTV_{CC}に接続すると、発振器はデフォルトの2MHz (代表値)の内部動作周波数に設定されます。

LTC3376の設定可能な最大スイッチング周波数は3MHzですが、LTC3376の最小オン時間によって動作デューティ・サイクルの最小値が設定されます。標準最小オン時間は53nsです。低デューティ・サイクルのアプリケーションでの最大スイッチング周波数($f_{SW(MAX)}$)は、次式で計算できます。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_{BOTSW}}{t_{ON(MIN)}(V_{IN(MAX)} - V_{TOPSW} + V_{BOTSW})} \quad (5)$$

アプリケーション情報

ここで、 $V_{IN(MAX)}$ は最大入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧、 V_{TOPSW} および V_{BOTSW} はスイッチの内部電圧降下、 $t_{ON(MIN)}$ は上側スイッチの最小オン時間です。この式は、高い V_{IN}/V_{OUT} 比に対応するには、スイッチング周波数を下げる必要があることを示しています。

高デューティ・サイクルのアプリケーションでは、最大スイッチング周波数は最小オフ時間によっても制限されます。最大スイッチング周波数は次式で計算できます。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{IN} - V_{OUT} - V_{TOPSW}}{t_{OFF(MIN)}(V_{IN} + V_{BOTSW} - V_{TOPSW})} \quad (6)$$

ここで、 $t_{OFF(MIN)}$ は上側スイッチの最小オン時間です。この式は、非常に低い V_{IN}/V_{OUT} 比に対応する場合にも、スイッチング周波数を下げる必要があることを示しています。

インダクタの選択と最大出力電流

インダクタを選択するときの検討事項は、インダクタンスの値、実効値電流定格、飽和電流定格、DCR、およびコア損失です。

動作デューティ・サイクルが50%以下の場合、次式に基づいてインダクタを選択します。

$$L = V_{OUT} \cdot \frac{1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}}}{0.2 \cdot I_{MAX} \cdot f_{SW}} \quad \text{for } \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \leq 0.5 \quad (7)$$

ここで、 f_{SW} はスイッチング周波数、 $V_{IN(MAX)}$ は降圧レギュレータの最大動作入力電圧、 I_{MAX} は $1.5A \times$ パワー段数 (LTC3376の最大定格負荷電流) です。動作デューティ・サイクルが50%を超える場合は、代わりに次の式を使用してインダクタを選択します。

$$L = 1.25 \cdot \frac{V_{IN(MAX)}}{f_{SW} \cdot I_{MAX}} \quad \text{for } \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} > 0.5 \quad (8)$$

インダクタの過熱を防ぐため、実効値電流定格がアプリケーションの予想最大出力負荷より大きいインダクタを選択します。過負荷状態や短絡状態も考慮に入れる必要があります。

更に、飽和電流定格 (通常は I_{SAT} と表示) は、予想最大負荷電流にインダクタのリプル電流の1/2を加えた値より大きくなければなりません。

$$I_{SAT} > I_{LOAD(MAX)} + \frac{1}{2} \Delta I_L \quad (9)$$

ここで、 $I_{LOAD(MAX)}$ は最大出力負荷電流、 ΔI_L は次式で計算されるインダクタのリプル電流です。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{L \cdot f_{SW}} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right) \quad (10)$$

LTC3376の最大電流制限 (1つのパワー段あたり3.0A) よりも I_{SAT} 定格が大きいインダクタを選択するのが無難でしょう。

効率を最大限に高めるために、直列抵抗 (DCR) が最も小さいインダクタを選択します。コアの材質は高周波アプリケーション向けのものにしください。表2に、推奨されるインダクタおよびメーカーを示します。

入力コンデンサ

LTC3376は、各降圧パワー段に個別の入力電源ピンを用意しています。これらのピンは全て、低ESRのコンデンサを使用してそれぞれのPGNDにデカップリングする必要があります。これらのコンデンサは、できるだけピンに近づけて配置してください。セラミック誘電体コンデンサを使用すると、高い誘電率と、温度およびDCバイアスに対する安定性との折り合いをうまくつけることができます。DCバイアスが高くなるとコンデンサの容量が減少することに注意してください。メーカーのデータシートを参照して、動作時のDCバイアス電圧におけるコンデンサの実際の容量を確認することが重要です。このため、Y5V誘電体コンデンサの使用は避けてください。X5R/X7R誘電体コンデンサは総合的な性能が優れています。推奨されるセラミック・コンデンサ・メーカーについては、表3を参照してください。

アプリケーション情報

表2. 推奨インダクタ

製品番号	L (μH)	最大DCR (mΩ)	電流定格 (A)	寸法 (L×W×H)	メーカー
XEL4030-102MEB	1	9.78	10.7	4mm×4mm×3.1mm	Coilcraft www.coilcraft.com
XFL4020-152MEB	1.5	15.8	9.1	4.3mm×4.3mm×2.1mm	
XEL4030-222MEB	2.2	22.1	7.8	4mm×4mm×3.1mm	
XFL4020-472MEB	4.7	57.4	5	4.3mm×4.3mm×2.1mm	
744383360068	0.68	27	4.5	3mm×3mm×2mm	Würth Electronics Inc. www.we-online.com
74438357010	1	13.5	7.4	4.1mm×4.1mm×3.1mm	
74404042015	1.5	31	2.95	4mm×4mm×1.8mm	
74439344022	2.2	10.5	8	6.65mm×6.65mm×3.3mm	
PCMB042T-1R0MS	1	27	4.5	4.15mm×4mm×1.8mm	Susumu www.susumu-usa.com
PCMB053T-1R5MS	1.5	20	6	4.7mm×4.85mm×2.8mm	
FDSD0420-H-R68M=P3	0.68	22	6.5	4.2mm×4.2mm×2mm	Murata www.murata.com
FDSD0420D-1R0M=P3	1	29	5.1	4.2mm×4.2mm×2mm	
FDSD0420D-2R2M=P3	2.2	47	3.6	4.2mm×4.2mm×2mm	

パワー段の構成とは関係なく、各入力電源電圧ピンV_{INA-H}は、ピンにできるだけ近づけて配置される1μFコンデンサと10μF以上のコンデンサを使って、それぞれ独立してPGNDA〜Hにデカップリングする必要があります。各コンデンサの各グラウンドは、PGNDピンに直接接続される、プリント基板のトップ層にある幅の広いプリント基板パターンに接続し、次にGNDプレーンに接続します。

低いスイッチング周波数を使用すると、大きな入力容量が必要になることに注意してください。入力ソース・インピーダンスが高い場合や、長い配線やケーブルによる大きなインダクタンスが存在する場合、追加のバルク容量が必要になることがあります。これには性能の低い電解コンデンサを使用することができます。

セラミック入力コンデンサは、パターンやケーブルのインダクタンスと結合して、品質の高い(減衰しにくい)タンク回路を形成します。LTC3376の回路を通電中の電源に差し込むと、入力電圧に公称値の2倍のリングングが発生し、LTC3376の電圧定格を超える可能性があります。ただし、この状況は簡単に回避できます(弊社のアプリケーション・ノート88を参照)。

表3. セラミック・コンデンサのメーカー

メーカー	URL
AVX	www.avxcorp.com
Murata	www.murata.com
TDK	www.tdk.com
Taiyo Yuden	www.t-yuden.com

出力コンデンサ、出力リップル、ループ応答

出力コンデンサには2つの基本的な機能があります。第1の機能は、インダクタと共に、LTC3376のSWピンに発生する方形波をフィルタリングしてDC出力を生成することです。この機能では、出力コンデンサによって出力リップルが決まります。したがって、スイッチング周波数でのインピーダンスが低いことが重要です。2番目の機能は、トランジェント負荷を満たしてLTC3376の制御ループを安定化するためにエネルギーを蓄えることです。セラミック・コンデンサは等価直列抵抗(ESR)が非常に小さいため、最良のリップル性能が得られます。初期値に適した値については、標準的応用例を参照してください。X5RまたはX7Rセラミック・コンデンサの使用を推奨します。この選択により、出力リップルが小さくなり、過渡応答が良くなります。

LTC3376は、高速過渡応答性能を得るため、広い帯域幅で動作するように設計され、内部補償されています。C_{OUT}の選択はシステムの帯域幅に影響を与えます。最適な値は次式で与えられます。

$$C_{OUT} = 100 \cdot \frac{(\text{\# of power stages})}{f_{SW} \cdot V_{OUT}} \tag{11}$$

ここで、f_{SW}はスイッチング周波数です。

この式で計算されるC_{OUT}の値は、電圧および温度のディレーティング後に必要とされる容量です。値の小さい出力コンデンサを使用すればスペースとコストを節約できますが、トランジェント性能が低下し、ループが不安定になる可能性があります。コンデンサの推奨値については、このデータシートの標準的応用例を参照してください。

コンデンサを選択するときには、データシートに特に注意して、電圧バイアスと温度の該当する動作条件での実効容量を計算してください。物理的に大きなコンデンサまたは電圧定格が高いコンデンサが必要なことがあります。

アプリケーション情報

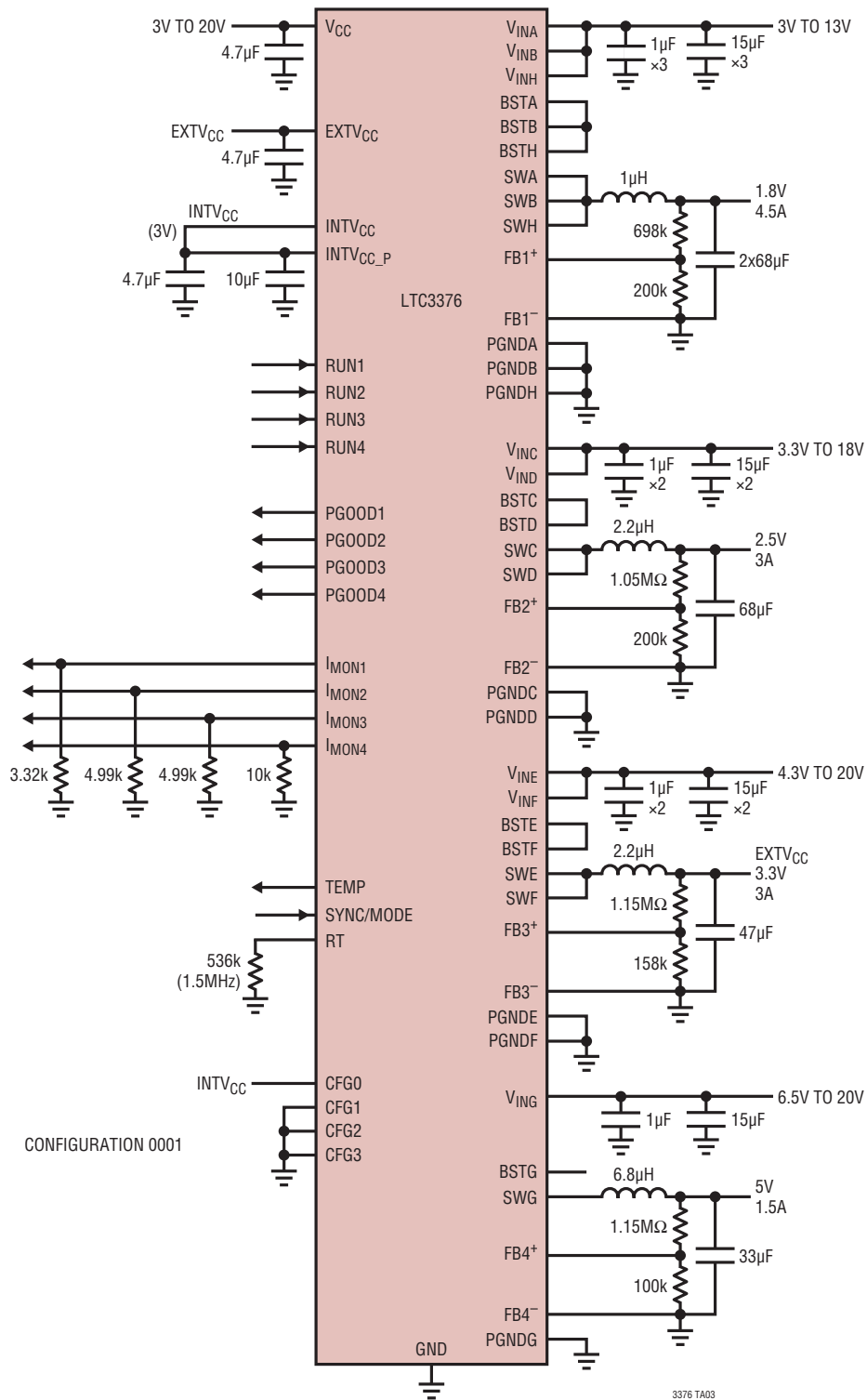
PCBに関する考慮事項

プリント回路基板をレイアウトするときには、以下のチェックリストを使用してLTC3376が正しく動作するようにします。

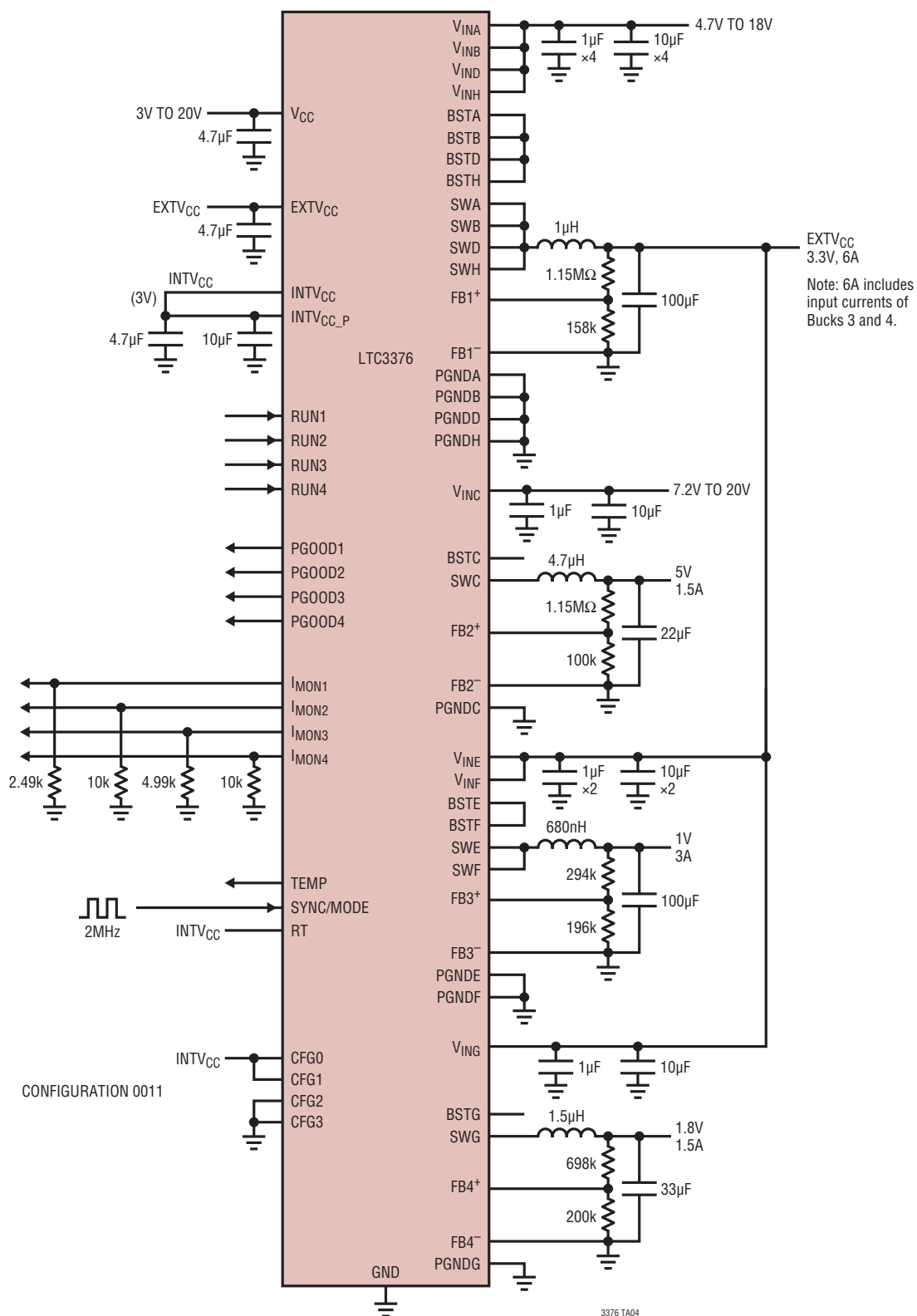
1. 入力電源ピン(V_{INA-H})には各ピンの近くにデカップリング・コンデンサが必要です。コンデンサのグラウンド・ピンは、できるだけ幅が広くて短いパターンを使ってICのPGNDピン(PGND $A\sim H$)に接続した後、GNDプレーンに接続します。そのために、 V_{IN} ピンとPGNDピンはICの外縁部に隣り合わせて配置されています。LTC3376の V_{IN} ピンとGNDピンおよび V_{IN} の入力コンデンサには、大きなスイッチング電流が流れることに注意してください。 V_{IN} ピンとPGNDピンの隣にコンデンサを配置し、1 μ Fコンデンサには0402、10 μ Fコンデンサには0603などの小型のケースを選択することにより、入力コンデンサによって形成されるループをできるだけ小さくします。表面層に最も近い層のアプリケーション回路の下には、切れ目のないグラウンド・プレーンをデバイスの近くに配置します。
2. BSTピンを一緒に接続してグループ化する場合、BSTのパターンはできるだけ短くします。
3. SW $A\sim H$ とそれぞれのインダクタは、幅が広くて短いスイッチング電源パターンで接続し、放射EMIと寄生結合を低減します。スイッチング・ノードは電圧振幅が大きいため、帰還ノードなどの高入力インピーダンスに敏感なノードは、スイッチング・ノードから遠ざけるかまたはシールドします。そうしないと性能が低下する可能性があります。
4. FB^+ 、 FB^- 、RT、TEMP、およびRUNの各ノードは小さくして、グラウンド・パターンによってSWノードとBSTノードからシールドされるようにします。
5. GNDピンは、INTV $_{CC}$ バイパス・コンデンサのグラウンド側に直接接続し、次に他のアナログ部品(RT抵抗、 I_{MON} 抵抗、 V_{CC} およびEXTV $_{CC}$ のバイパス・コンデンサ)のグラウンドに接続した後、GNDプレーンに接続します。
6. INTV $_{CC}$ とGNDの間のバイパス・コンデンサは、INTV $_{CC}$ ピンのできるだけ近くに配置し、広いパターンで接続します。
7. INTV $_{CC,P}$ とGNDの間のバイパス・コンデンサは、INTV $_{CC,P}$ ピンのできるだけ近くに配置し、広いパターンで接続します。コンデンサのグラウンド側は、GNDプレーンに直接接続します。
8. スwitchング・レギュレータの出力コンデンサのGND側は、GNDプレーンに接続します。
9. FB^- ピンは、帰還抵抗のGND側に直接接続します。
10. パワー段は、 V_{IN} 、PGND、BST、およびSWのパターンに対して対称的なレイアウトにする必要があります。
11. 推奨レイアウトについては、評価キットの設計ファイルを参照してください。

標準的応用例

ブートストラップされたEXTV_{CC}ドライブを備える4レール(1.8V/4.5A、2.5V/3A、3.3V/3A、5V/1.5A)システム

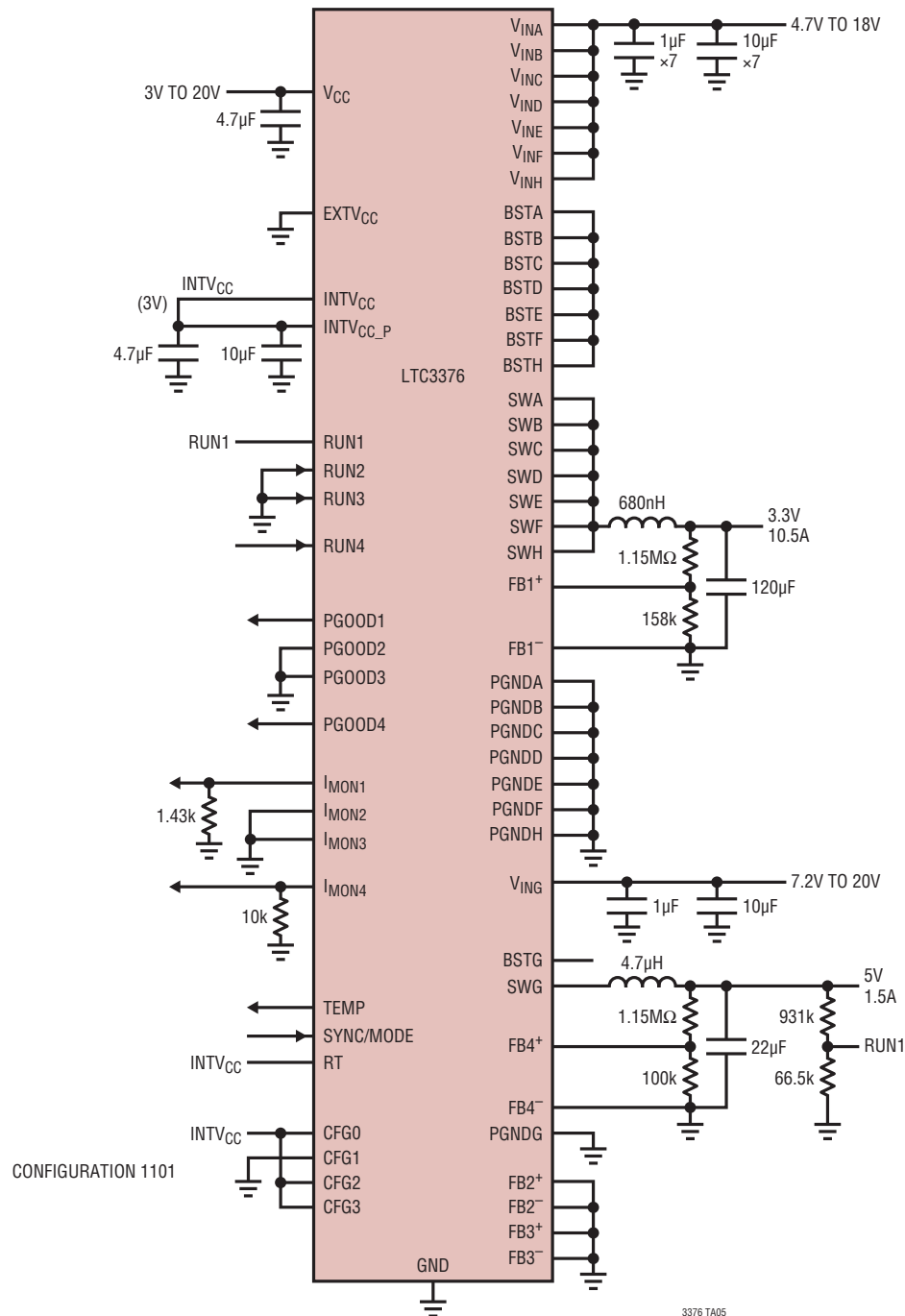


標準的応用例

ブートストラップされたEXTV_{CC}ドライブを備える4レール(3.3V/6A、5V/1.5A、1V/3A、1.8V/1.5A)システム

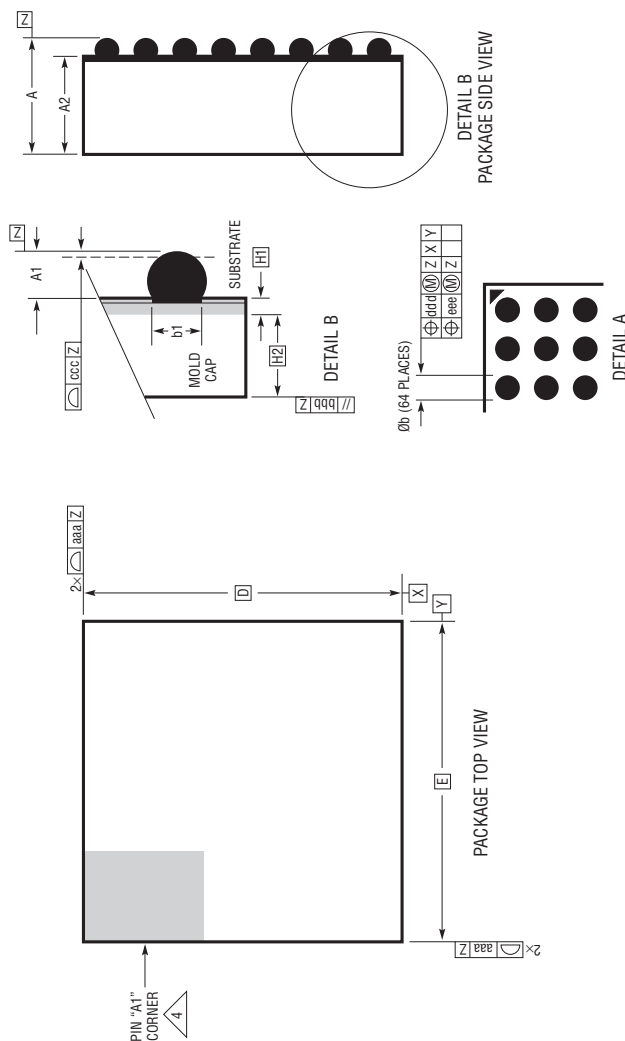
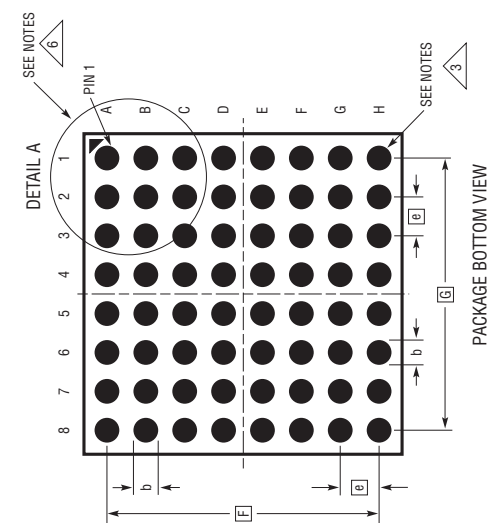
標準的応用例

2レール(3.3V/10.5A、5V/1.5A)システム

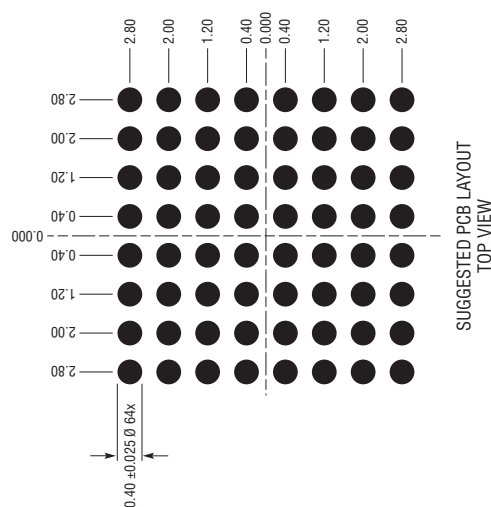


パッケージ

BGA Package
64-Lead (7.00mm × 7.00mm × 1.34mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1587 Rev 0)



DIMENSIONS				NOTES
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	
A	1.15	1.34	1.53	
A1	0.30	0.40	0.50	BALL HT
A2	0.85	0.94	1.03	
b	0.45	0.50	0.55	BALL DIMENSION
b1	0.37	0.40	0.43	PAD DIMENSION
D		7.00		
E		7.00		
e		0.80		
F		5.60		
G		5.60		
H1		0.24		SUBSTRATE THK
H2		0.70		MOLD CAP HT
aaa			0.15	
bbb			0.20	
ccc			0.20	
ddd			0.15	
eee			0.08	
TOTAL NUMBER OF BALLS: 64				



注:

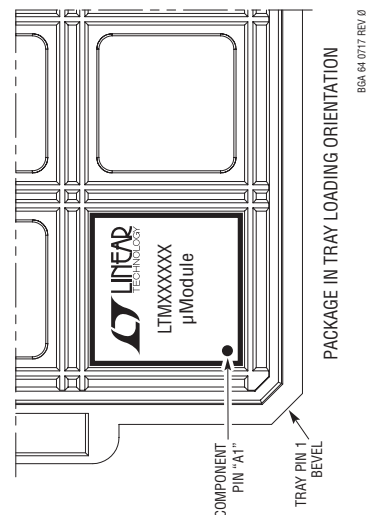
1. 寸法と許容誤差はASME Y14.5M-1994による
2. 全ての寸法はミリメートル

3. ボールの指定はJEP98による

4. 1番ピンの識別マークはオプションだが、表示の領域内に設ける
 1番ピンの識別マークはモールドまたはマーキングのどちらかになる

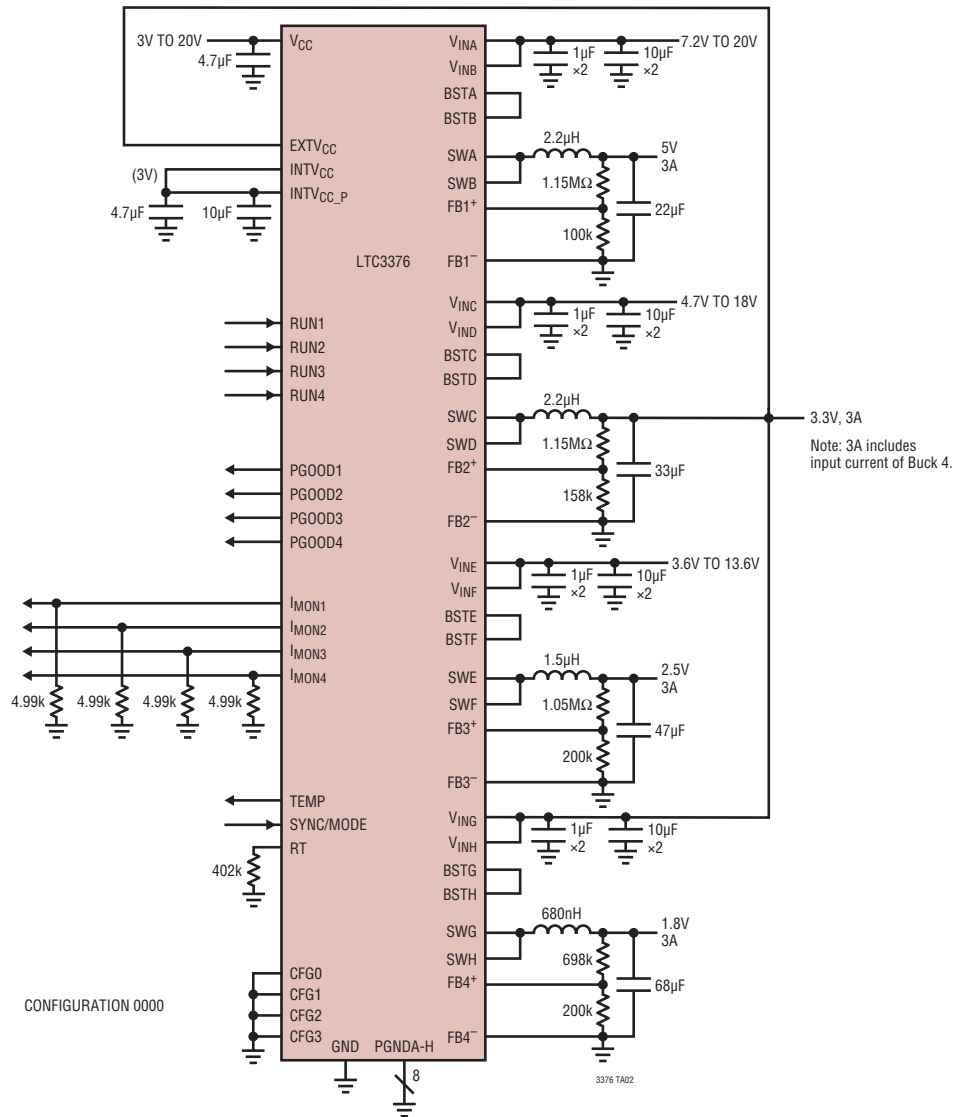
5. 主データーラム-Zはシーティング・プレーン

6. パッケージの列と行のラベルは、μModule製品間で異なる。
 各パッケージのレイアウトを十分に確認すること



標準的応用例

ブートストラップされたEXTV_{CC}ドライブを備える4レール(5V/3.3V/2.5V/1.8V、3A)システム



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3370/ LTC3371	4チャンネル8A構成が可能な1A降圧DC/DCコンバータ	8×1Aのパワー段を備えた4つの同期整流式降圧レギュレータ。最大4つのパワー段を並列接続して単一インダクタで大電流出力(最大4A)を供給可能。8種類の出力構成が可能、高精度PGOOD表示。800mVの帰還電圧レギュレーション。LTC3371はウォッチドッグ・タイマーを搭載。降圧レギュレータ1の精度は±1%、その他の降圧レギュレータの精度は±2.5%。LTC3370: 32ピン5mm×5mm QFNパッケージ。LTC3371: 38ピン5mm×7mm QFNおよびTSSOPパッケージ。
LTC3374/ LTC3375	並列接続可能な8チャンネル1A降圧DC/DCコンバータ	8つの1A同期整流式降圧レギュレータ。最大4つのパワー段を並列接続して単一インダクタで大電流出力(最大4A)を供給可能。15種類の出力構成が可能。800mVの帰還電圧レギュレーション。全ての降圧レギュレータの精度は±2.5%。LTC3375はI ² Cプログラミング、ウォッチドッグ・タイマーおよびプッシュボタン付き。LTC3374: 38ピン5mm×7mm QFNおよびTSSOPパッケージ。LTC3375: 48ピン7mm×7mm QFNパッケージ。
LTC3374A	並列接続可能な高精度の8チャンネル1A降圧DC/DCコンバータ	8つの1A同期整流式降圧レギュレータ。最大4つのパワー段を並列接続して単一インダクタで大電流出力(最大4A)を供給可能。15種類の出力構成が可能。800mVの帰還電圧レギュレーション。降圧レギュレータ1の精度は±1%、その他の降圧レギュレータの精度は±2%。過電圧モニタがPGOODに含まれる。