

PMBus インタフェースを備えた 7ビット電流 D/A コンバータ

特長

- 正の I_{DAC} の出力電流精度: $\pm 0.8\%$ (全温度範囲)
- 負の I_{DAC} の出力電流精度: $\pm 1.5\%$ (全温度範囲)
- PMBus/ I^2C 準拠のシリアル・インタフェース
- 入力電圧範囲: 2.5V~5.5V
- ディスエーブル時の IDAC 出力は高インピーダンス
- 広い IDAC 動作電圧範囲: 0.4V~2.0V
- DC/DC 出力電圧制御のために 7ビットでプログラム可能な DAC 出力電流
- 広い IDAC 出力電流範囲: $\pm 16\mu A \sim \pm 256\mu A$
- プログラム可能なスルーレート: ビット当たり 500ns~3ms
- 10ピン (3mm x 2mm) DFN パッケージで供給

アプリケーション

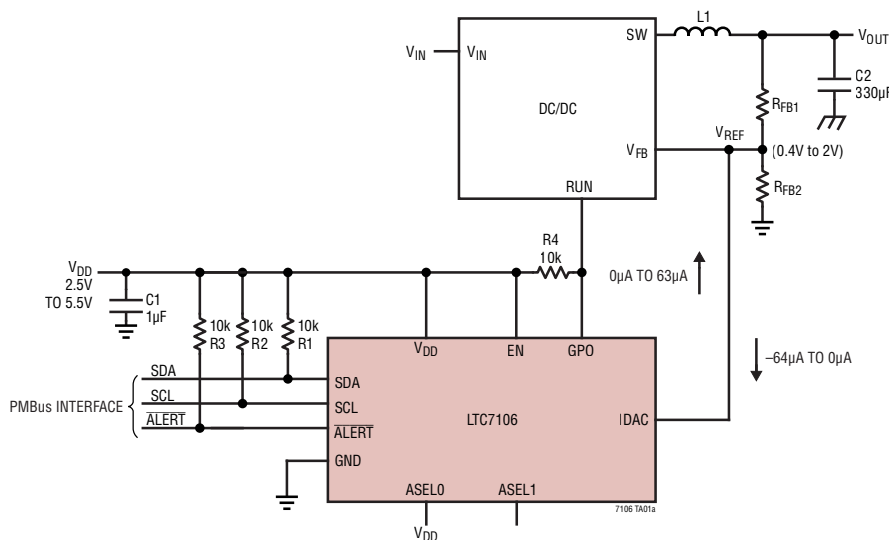
- 汎用の電力システム
- 電気通信システム
- 産業用アプリケーション

概要

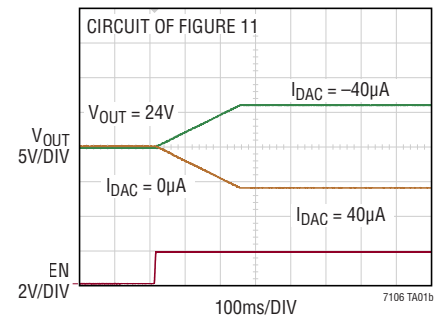
LTC[®]7106は、 V_{FB} をリファレンスとするあらゆる従来型レギュレータの出力電圧を調整可能な、PMBus制御の高精度双方向電流デジタル/アナログ・コンバータです。LTC7106は大多数のパワー・マネージメント・コントローラまたはレギュレータと合わせて使用でき、出力電圧のデジタル制御を可能にします。パワーオン・リセット回路を内蔵しており、有効な書き込みが行われるまでDAC出力電流を0 (I_{DAC} が高インピーダンス)に保ちます。ほぼ全てのインピーダンスの抵抗分割器と簡単にインタフェース可能なレンジ・ビットや、DC/DCレギュレータのRUNピンまたはENABLEピンを制御するためのオープンドレインGPO出力などの機能を備えています。大抵のアプリケーションにおいて、適切に設計することで電流DAC誤差は大きく減衰されます。出力電圧精度の詳細については、このデータシートの「アプリケーション情報」セクションを参照してください。LTC7106は弊社のグラフィカル・ユーザー・インタフェース(GUI)を備えた開発ツール、LTpowerPlay[®]でサポートされています。

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



上方マージンと下方マージン



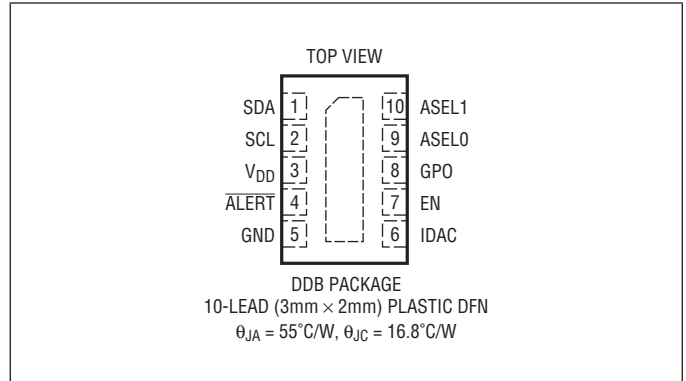
LTC7106

絶対最大定格

(Note 1)

GND 以外の全てのピン.....	-0.3V~6.0V
動作接合部温度範囲.....	-40°C~125°C
保存温度範囲.....	-65°C~150°C

ピン配置



発注情報

<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC7106#orderinfo>

無鉛仕上げ	テープ・アンド・リール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTC7106EDDB#PBF	LTC7106EDDB#TRPBF	LHCG	10-Lead (3mm × 2mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC7106IDDB#PBF	LTC7106IDDB#TRPBF	LHCG	10-Lead (3mm × 2mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、Web サイト <http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。

テープ・アンド・リールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

一部のパッケージは、#TRMPBF 接尾部を付けることにより、指定の販売経路を通じて500個入りのリールで供給可能です。

電气的特性

● は規定動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{DD} = 3.3\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{DD}	Power Supply		2.5		5.5	V
I_Q	Supply Quiescent Current	EN High		700	1400	μA
$I_{SHUTDOWN}$	Supply Quiescent Current	EN = 0V		800		μA
V_{UVLO_R}	Undervoltage Rising Threshold	V_{DD} Rising		2.35		V
V_{UVLO_F}	Undervoltage Falling Threshold	V_{DD} Falling		2.15		V
V_{EN_R}	Enable Rising Threshold	V_{EN} Rising			1.35	V
V_{EN_F}	Enable Falling Threshold	V_{EN} Falling	0.8			V

IDAC_OUT

I_{DAC}	Accuracy	Full Scale Positive $0.4 \leq V_{IDAC} \leq 2\text{V}$ (Note 3)	Range = Normal	●	62.5	63	63.5	μA
			Range = Low	●	15.5	15.75	16.0	μA
			Range = High	●	246.7	252.00	255.3	μA
		Full Scale Negative $0.4 \leq V_{IDAC} \leq 2\text{V}$ (Note 3)	Range = Normal (0°C to 85°C)		-64.64	-64	-63.36	μA
			Range = Normal	●	-64.96	-64	-63.04	μA
			Range = Low	●	-16.36	-16	-15.64	μA
		Range = High	●	-262.50	-256	-249.50	μA	
LSB		$0.4 \leq V_{IDAC} \leq 2\text{V}$	Range = Normal			1	μA	
			Range = Low			0.25	μA	
			Range = High			4	μA	
INL		$0.4 \leq V_{IDAC} \leq 2\text{V}$	Range = Normal		-1	1	LSB	
			Range = Low		-1.5	1.5	LSB	
			Range = High		-1.6	1.6	LSB	
DNL		$0.4 \leq V_{IDAC} \leq 2\text{V}$	Range = Normal		-0.3	0.3	LSB	
			Range = Low		-0.5	0.5	LSB	
			Range = High		-0.8	0.8	LSB	
IHZ	High-Z Current	$0.4 \leq V_{IDAC} \leq 2\text{V}$	$V_{EN} = 0$	●		20	nA	

デジタル入力: SDA, SCL

V_{IH}					1.4	V
V_{IL}				0.8		V
C_{PIN}	Input Capacitance				10	pF

オープンドレイン出力: ALERTB, GPO, SDA

V_{OL}	Output Low Voltage	$I_{SINK} = 3\text{mA}$			0.4	V
----------	--------------------	-------------------------	--	--	-----	---

PMBus インタフェースのタイミング特性

● は規定動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{DD} = 3.3\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
f_{SCL}	Serial Bus Operating Frequency		10		400	kHz
t_{BUF}	Bus Free Time Between Stop and Start Condition		1.3			μs
t_{HD_SDA}	Hold Time After (Repeated) Start Condition		0.6			μs
t_{SU_SDA}	Repeated Start Condition Setup Time		0.6			μs
t_{SU_STO}	Stop Condition Setup Time		0.6			μs
$t_{HD_DAT(OUT)}$	Data Hold Time		300		900	ns
$t_{HD_DAT(IN)}$	Input Data Hold Time		0			ns
t_{SU_DAT}	Data Setup Time		100			ns
t_{LOW}	Clock Low Period		1.3		10000	μs
t_{HIGH}	Clock High Period		0.6			μs
$t_{TIMEOUT_SMB}$	Stuck PMBus Timer			30		ms

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おそれがある。

Note 2: LTC7106 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。LTC7106E は $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部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。LTC7106I は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲で保証されている。接合部温度が高いと動作寿命が短くなる。 125°C を超える接合部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イ

ンピーダンス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。 T_J は周囲温度 T_A および電力損失 P_D から次式に従って計算される。

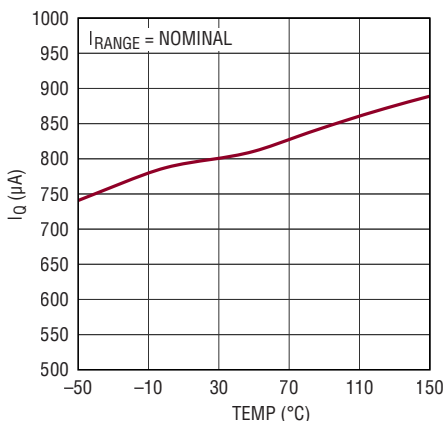
$$T_J = T_A + (P_D \cdot 55^\circ\text{C/W})$$

Note 3: IDAC は、2 の補数ロジックによって制御される双方向電流 DAC である。レンジ = 標準の設定において、 $I_{DAC} = 63\mu\text{A}$ (コード = 0111111) が最大のソース電流を供給し、 $I_{DAC} = -64\mu\text{A}$ (コード = 1000000) が最大のシンク電流を供給する。シンク電流が最大のとき最大の V_{OUT} が生成され、ソース電流が最大のとき、最小の V_{OUT} が生成される。詳細については「動作」のセクションを参照。

標準的性能特性

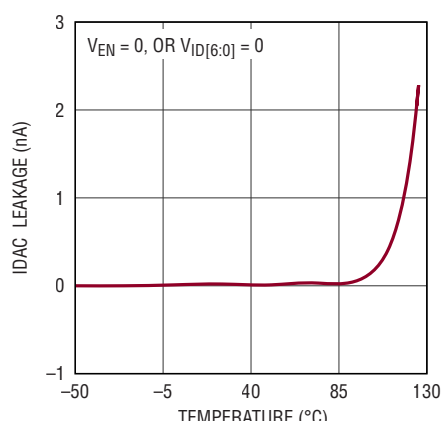
注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{IDAC} = 1.0\text{V}$ 、レンジ = 標準。

静止電流と温度



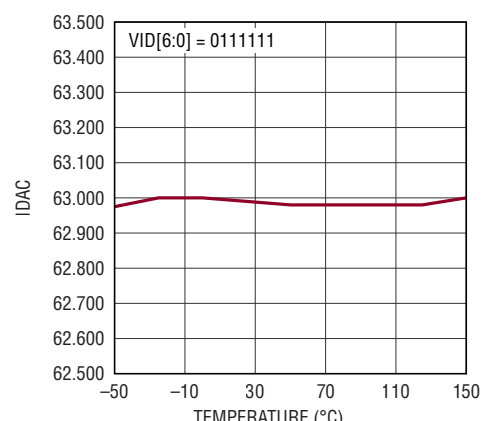
7106 601

IDAC のリーク電流と温度



7106 602

正の IDAC のフルスケール値と温度

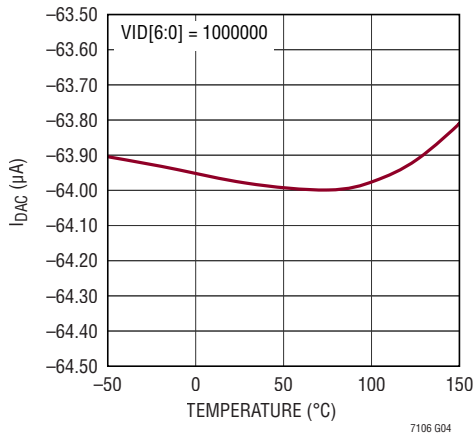


7106 603

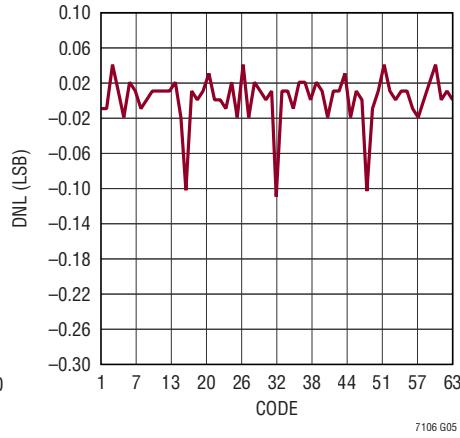
標準的性能特性

注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 3.3\text{V}$ 、レンジ = 標準。

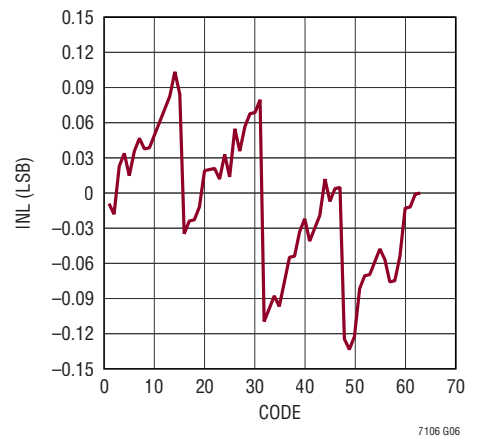
負のIDACと温度



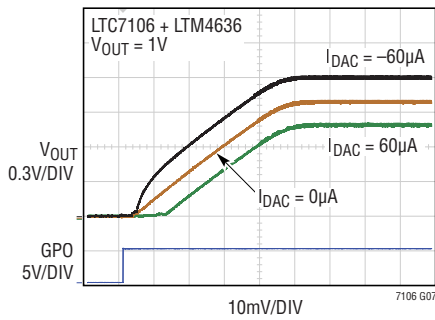
微分非直線性



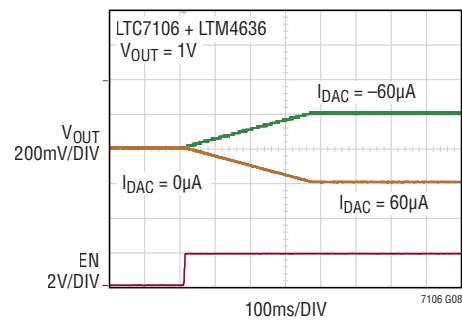
積分非直線性



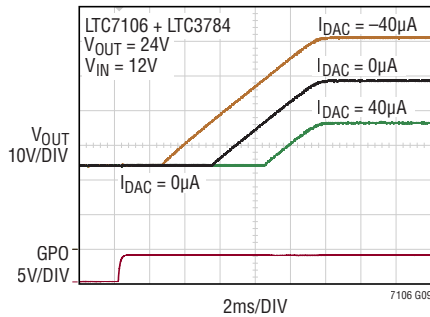
IDACを使用した降圧デバイスの
スタートアップ



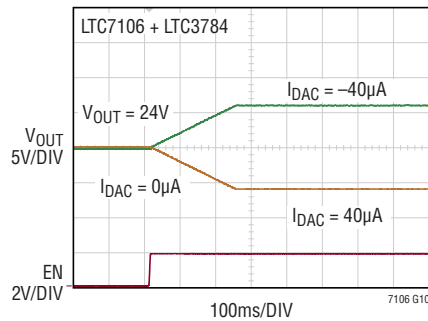
上方マージンと下方マージン



IDACを使用した昇圧デバイスの
スタートアップ



上方マージンと下方マージン



ピン機能

V_{DD} (ピン3) : 入力電源。このピンはコンデンサ (0.1 μ F~1 μ F) によりGNDにバイパスします。

IDAC (ピン6) : 双方向電流D/Aコンバータの出力。

EN (ピン7) : チップ・イネーブル・ピン。ENが接地されると、電流D/Aコンバータの出力は高インピーダンス・ステートになります。ENはフロート状態のままにしないでください。

SDA (ピン1) : シリアル・バスのデータ入力およびオープンドレイン出力。アプリケーション回路にはV_{DD}へのプルアップ抵抗が必要です。

SCL (ピン2) : シリアル・バスのクロック入力。

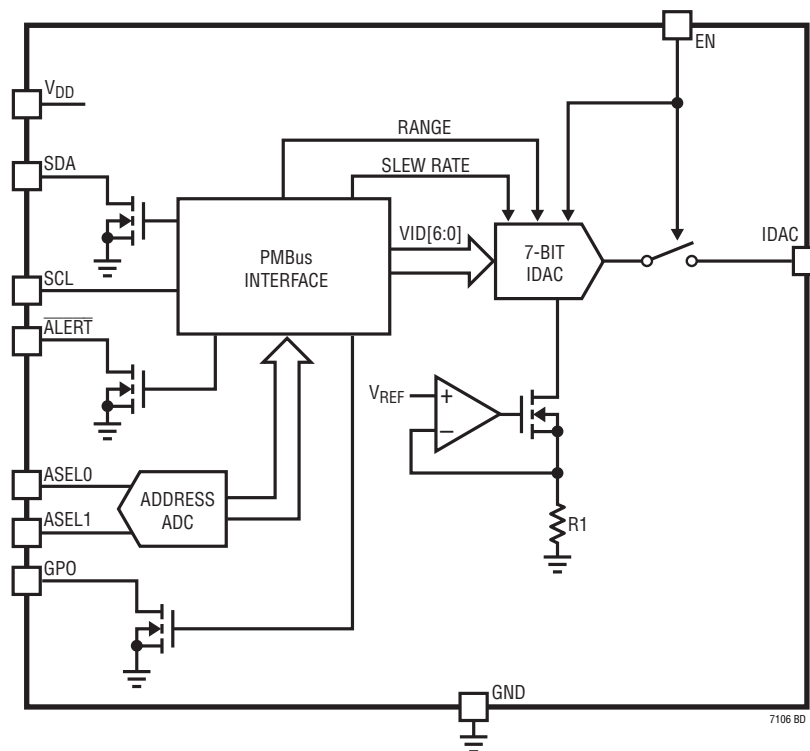
GPO (ピン8) : オープンドレインのデジタル出力。V_{DD}へのプルアップ抵抗が必要です。

ALERT (ピン4) : オープンドレインのデジタル出力。V_{DD}へのプルアップ抵抗が必要です。

ASEL1/ASEL0 (ピン10、9) : シリアル・バスのアドレス選択入力。各ピンには3つのステート (V_{DD}、フロート、グランド) があり、2つのピンで9つのアドレスを提供します。

GND (ピン5) : グランド・ピン。

ブロック図



動作

LTC7106はPMBus制御の7ビットD/Aコンバータ電流源です。LTC7106は内蔵のPMBusインタフェースを通して7ビットのDACコードを受け取り、その値をIDACピンを流れる双方向アナログ出力電流に変換します。IDACピンを電圧レギュレータの帰還ノードに接続することで、 I_{DAC} は次式に従ってレギュレータの出力電圧を変換できます。

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot (1 + R_{FB1}/R_{FB2}) - I_{DAC} \cdot R_{FB1}$$

ここで、 V_{REF} は電圧レギュレータのリファレンス電圧です。 R_{FB1} と R_{FB2} は電圧レギュレータの抵抗分割器です。 I_{DAC} は表2に示すプログラムされた双方向電流です。

標準的応用例の回路図を1ページ目に示します。このようにして、純アナログ設計向けの従来型のPWMコントローラをPMBusインタフェースで制御できるようになります。

従来型のアナログDC/DCコンバータにPMBusインタフェースを提供するという、LTC7106の柔軟性が分かります。

チップ・イネーブル(ENピン)

LTC7106はENピンによって起動されます。1.2Vのしきい値でデバイスをオン/オフします。ENが“L”(1.2V未満)のとき、 I_{DAC} は高インピーダンス(Hi-Z)になります。

しかし、PMBusインタフェースはENが“L”のときもアクティブなままなので、デバイスのプログラムや、内部レジスタ値の読み出しは可能です。ENが“H”になると、デバイスはMFR_IOUT_COMMAND、MFR_IOUT_MARGIN_HIGH、MFR_IOUT_MARGIN_LOWのコマンドを実行します。

スルーレート制御

D/A出力電流が急激に変化して、DC/DCレギュレータの出力電圧を急激に変化させることがないように、デジタル的にプログラム可能なスルーレート制御が内蔵されています。スルーレートの範囲は6ビットのレジスタにより0.5 μ s/ステップ~3.58ms/ステップの範囲でプログラム可能で、デフォルト値は3.58ms/ステップです。

電流範囲の設定とD/Aプログラミング

LTC7106は、1 μ AのLSB(量子化単位)をデフォルト設定とする7ビット双方向電流D/Aコンバータです。最上位ビットが電流方向を決定します。最上位ビットが0のとき、 I_{DAC} は(V_{OUT} を低下させる)ソース電流になり、これはピンから流れ出る正電流です。最上位ビットが1のとき、 I_{DAC} は(V_{OUT} を上昇させる)シンク電流になり、これはピンに流れ込む負電流です。LTC7106は、そのデジタル・インタフェースを介してハイレンジおよびローレンジのオプションも提供します。これによって、LSB値を4 μ Aに変更して出力電流の範囲を拡張し、プログラム可能な出力電圧の範囲を広げることができます。また、分解能を向上するには、LSBを0.25 μ Aにするローレンジを使用します。さらに、抵抗分割器の比と抵抗値を選択することで、より高い柔軟性で出力仕様目標を達成することができます。ただし、設計の精度が最も高くなるのは、推奨設定である標準レンジを使用した場合です。出力電流範囲を表1、詳細なDACコードと対応する I_{DAC} 電流を表2に示します。

表1. 出力電流範囲

レンジ	LSB (μ A)	I_{MIN} (μ A)	I_{MAX} (μ A)
Nominal	1	-64	63
Range High	4	-256	252
Range Low	0.25	-16	15.75

動作

表2. IDAC電流と対応するDACコード

DACコード							IDAC (μA)		
[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]	NOMINAL	RANGE HIGH	RANGE LOW
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	4	0.25
0	0	0	0	0	1	0	2	8	0.5
0	0	0	0	0	1	1	3	12	0.75
0	0	0	0	1	0	0	4	16	1
0	0	0	0	1	0	1	5	20	1.25
0	0	0	0	1	1	0	6	24	1.5
0	0	0	0	1	1	1	7	28	1.75
0	0	0	1	0	0	0	8	32	2
0	0	0	1	0	0	1	9	36	2.25
0	0	0	1	0	1	0	10	40	2.5
0	0	0	1	0	1	1	11	44	2.75
0	0	0	1	1	0	0	12	48	3
0	0	0	1	1	0	1	13	52	3.25
0	0	0	1	1	1	0	14	56	3.5
0	0	0	1	1	1	1	15	60	3.75
0	0	1	0	0	0	0	16	64	4
0	0	1	0	0	0	1	17	68	4.25
0	0	1	0	0	1	0	18	72	4.5
0	0	1	0	0	1	1	19	76	4.75
0	0	1	0	1	0	0	20	80	5
0	0	1	0	1	0	1	21	84	5.25
0	0	1	0	1	1	0	22	88	5.5
0	0	1	0	1	1	1	23	92	5.75
0	0	1	1	0	0	0	24	96	6
0	0	1	1	0	0	1	25	100	6.25
0	0	1	1	0	1	0	26	104	6.5
0	0	1	1	0	1	1	27	108	6.75
0	0	1	1	1	0	0	28	112	7
0	0	1	1	1	0	1	29	116	7.25
0	0	1	1	1	1	0	30	120	7.5
0	0	1	1	1	1	1	31	124	7.75
0	1	0	0	0	0	0	32	128	8
0	1	0	0	0	0	1	33	132	8.25
0	1	0	0	0	1	0	34	136	8.5
0	1	0	0	0	1	1	35	140	8.75
0	1	0	0	1	0	0	36	144	9
0	1	0	0	1	0	1	37	148	9.25

DACコード							IDAC (μA)		
[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]	NOMINAL	RANGE HIGH	RANGE LOW
0	1	0	0	1	1	0	38	152	9.5
0	1	0	0	1	1	1	39	156	9.75
0	1	0	1	0	0	0	40	160	10
0	1	0	1	0	0	1	41	164	10.25
0	1	0	1	0	1	0	42	168	10.5
0	1	0	1	0	1	1	43	172	10.75
0	1	0	1	1	0	0	44	176	11
0	1	0	1	1	0	1	45	180	11.25
0	1	0	1	1	1	0	46	184	11.5
0	1	0	1	1	1	1	47	188	11.75
0	1	1	0	0	0	0	48	192	12
0	1	1	0	0	0	1	49	196	12.25
0	1	1	0	0	1	0	50	200	12.5
0	1	1	0	0	1	1	51	204	12.75
0	1	1	0	1	0	0	52	208	13
0	1	1	0	1	0	1	53	212	13.25
0	1	1	0	1	1	0	54	216	13.5
0	1	1	0	1	1	1	55	220	13.75
0	1	1	1	0	0	0	56	224	14
0	1	1	1	0	0	1	57	228	14.25
0	1	1	1	0	1	0	58	232	14.5
0	1	1	1	0	1	1	59	236	14.75
0	1	1	1	1	0	0	60	240	15
0	1	1	1	1	0	1	61	244	15.25
0	1	1	1	1	1	0	62	248	15.5
0	1	1	1	1	1	1	63	252	15.75
1	0	0	0	0	0	0	-64	-256	-16
1	0	0	0	0	0	1	-63	-252	-15.75
1	0	0	0	0	1	0	-62	-248	-15.5
1	0	0	0	0	1	1	-61	-244	-15.25
1	0	0	0	1	0	0	-60	-240	-15
1	0	0	0	1	0	1	-59	-236	-14.75
1	0	0	0	1	1	0	-58	-232	-14.5
1	0	0	0	1	1	1	-57	-228	-14.25
1	0	0	1	0	0	0	-56	-224	-14
1	0	0	1	0	0	1	-55	-220	-13.75
1	0	0	1	0	1	0	-54	-216	-13.5
1	0	0	1	0	1	1	-53	-212	-13.25

動作

表 2. IDAC 電流と対応する DAC コード (続き)

DAC コード							I _{DAC} (μA)		
[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]	NOMINAL	RANGE HIGH	RANGE LOW
1	0	0	1	1	0	0	-52	-208	-13
1	0	0	1	1	0	1	-51	-204	-12.75
1	0	0	1	1	1	0	-50	-200	-12.5
1	0	0	1	1	1	1	-49	-196	-12.25
1	0	1	0	0	0	0	-48	-192	-12
1	0	1	0	0	0	1	-47	-188	-11.75
1	0	1	0	0	1	0	-46	-184	-11.5
1	0	1	0	0	1	1	-45	-180	-11.25
1	0	1	0	1	0	0	-44	-176	-11
1	0	1	0	1	0	1	-43	-172	-10.75
1	0	1	0	1	1	0	-42	-168	-10.5
1	0	1	0	1	1	1	-41	-164	-10.25
1	0	1	1	0	0	0	-40	-160	-10
1	0	1	1	0	0	1	-39	-156	-9.75
1	0	1	1	0	1	0	-38	-152	-9.5
1	0	1	1	0	1	1	-37	-148	-9.25
1	0	1	1	1	0	0	-36	-144	-9
1	0	1	1	1	0	1	-35	-140	-8.75
1	0	1	1	1	1	0	-34	-136	-8.5
1	0	1	1	1	1	1	-33	-132	-8.25
1	1	0	0	0	0	0	-32	-128	-8
1	1	0	0	0	0	1	-31	-124	-7.75
1	1	0	0	0	1	0	-30	-120	-7.5
1	1	0	0	0	1	1	-29	-116	-7.25
1	1	0	0	1	0	0	-28	-112	-7
1	1	0	0	1	0	1	-27	-108	-6.75

DAC コード							I _{DAC} (μA)		
[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]	NOMINAL	RANGE HIGH	RANGE LOW
1	1	0	0	1	1	0	-26	-104	-6.5
1	1	0	0	1	1	1	-25	-100	-6.25
1	1	0	1	0	0	0	-24	-96	-6
1	1	0	1	0	0	1	-23	-92	-5.75
1	1	0	1	0	1	0	-22	-88	-5.5
1	1	0	1	0	1	1	-21	-84	-5.25
1	1	0	1	1	0	0	-20	-80	-5
1	1	0	1	1	0	1	-19	-76	-4.75
1	1	0	1	1	1	0	-18	-72	-4.5
1	1	0	1	1	1	1	-17	-68	-4.25
1	1	1	0	0	0	0	-16	-64	-4
1	1	1	0	0	0	1	-15	-60	-3.75
1	1	1	0	0	1	0	-14	-56	-3.5
1	1	1	0	0	1	1	-13	-52	-3.25
1	1	1	0	1	0	0	-12	-48	-3
1	1	1	0	1	0	1	-11	-44	-2.75
1	1	1	0	1	1	0	-10	-40	-2.5
1	1	1	0	1	1	1	-9	-36	-2.25
1	1	1	1	0	0	0	-8	-32	-2
1	1	1	1	0	0	1	-7	-28	-1.75
1	1	1	1	0	1	0	-6	-24	-1.5
1	1	1	1	0	1	1	-5	-20	-1.25
1	1	1	1	1	0	0	-4	-16	-1
1	1	1	1	1	0	1	-3	-12	-0.75
1	1	1	1	1	1	0	-2	-8	-0.5
1	1	1	1	1	1	1	-1	-4	-0.25

動作

GPO

GPOはPMBusコマンドで設定可能な汎用オープンドレイン出力ピンです。GPOをレギュレータのRUNピンに接続することで、DC/DCレギュレータをオン/オフするように設計されています。GPOは一度“H”にセットされると、ENピンが“L”になったとしても、デバイスの電源を入れ直さない限り“H”のまま維持されます。

アドレス

PMBusアドレスはASEL0ピンとASEL1ピンで選択されます。各ピンが“H”、“L”、およびフロートの3つのステートを持ちます。PMBusが取り得るアドレスを表3に示します。

表3. アドレスの選択

ASEL1	ASEL0	PMBusアドレス
GND	GND	2A
GND	V _{DD}	2C
GND	FLOAT	2E
V _{DD}	GND	4A
V _{DD}	V _{DD}	4C
V _{DD}	FLOAT	4E
FLOAT	GND	6A
FLOAT	V _{DD}	6C
FLOAT	FLOAT	6E

PMBus シリアル・インタフェース

LTC7106のシリアル・インタフェースはPMBus準拠のスレーブ・デバイスであり、10kHz～400kHzの間の任意の周波数による動作が可能です。さらに、LTC7106はグローバル・ブロードキャスト・アドレスである0x5Aまたは0x5B（7ビット）には必ず応答します。シリアル・インタフェースは、PMBus仕様に規定された、以下のプロトコルをサポートします。1) コマンド送信、2) バイト書き込み、3) グループ、4) バイト読み出し、5) ワード読み出し。PMBusの書き込み動作は、STOPビットを含む有効なメッセージがLTC7106に完全に受信されるまでは実行されません。

通信障害

サポート外のコマンドへのアクセス試行、またはサポート対象のコマンドへの無効データ書き込みは、いずれもCMLフォルトを発生させます。STATUS_BYTEコマンドでCMLビットがセットされ、ALERTピンが“L”に引き下げられます。

デバイス・アドレス指定

LTC7106のPMBusインタフェースを介したアドレス指定には、次の4種類が用意されています。1) グローバル、2) デバイス、3) レールによるアドレス指定および4) アラート応答アドレス（ARA）。

グローバル・アドレス指定は、バス上の全てのLTC7106デバイスのアドレスを指定するための手段をPMBusマスタに提供します。LTC7106のグローバル・アドレスは、固定された0x5Aまたは0x5B（7ビット）もしくは0xB4または0xB6（8ビット）であり、ディスエーブルすることはできません。

デバイス・アドレス指定は、PMBusマスタがLTC7106の1つのインスタンスと通信するときの標準的な手段です。デバイス・アドレスの値は、ASEL0/ASEL1構成ピンによって設定します。レール・アドレス指定は、PMBusマスタが同じ出力レールに接続された複数のチャンネルを同時に選択する手段として使用します。これはグローバル・アドレス指定に似ていますが、MFR_RAIL_ADDRESSコマンドによってPMBusアドレスを動的に割り当てることができます。レール・アドレス指定は、書き込み動作のコマンドに対してのみ使用することを推奨します。

以上の4つのPMBusアドレス指定方法は、いずれもユーザーによる整然とした計画に基づいて適用し、アドレスの競合を防ぐ必要があります。

フォルト状態

STATUS_BYTEピンとALERTピンはLTC7106のフォルト状態の情報をホストに提供します。

バス・タイムアウト・エラー

シリアル・インタフェースのハングアップを防ぐために、LTC7106にはタイムアウト機能が実装されています。データ・パケット・タイマはデバイス・アドレス書き込みバイトの前の最初のSTARTイベントによって起動されます。データ・パケット情報は25ms以内に完了する必要があります。この時間を超過した場合、LTC7106はバスをトライステート状態に移行させ、そのデータ・パケットを無視します。データ・パケットの情報には、デバイス・アドレス・バイト書き込み、コマンド・バイト、反復スタート・イベント（読み出し動作の場合）、デバイス・アドレス・バイト読み出し（読み出し動作の場合）、および全てのデータ・バイトが含まれます。

シリアル・バス・インタフェースを共有する全てのデバイス間の効率的なデータ・パケット伝送を維持するために、できるだけ速いクロック・レートをを使用することを推奨します。LTC7106

動作

は、PMBusの周波数範囲である10kHz～400kHzの全域をサポートしています。

PMBus、SMBus、I²C 2線インタフェース間の類似性

PMBus 2線インタフェースはSMBusの拡張版です。SMBusは、I²Cを基盤として構築され、両者の間にはタイミング、DCパラメータ、プロトコルにいくつかのわずかな差異が存在します。PMBus/SMBusプロトコルは、バスのハングを防ぐタイムアウトと有効な動作コマンドを備えているので、シンプルなI²Cのバイト・コマンドよりも堅牢です。通常、I²C通信用に構成できるマスタ・デバイスは、ハードウェアまたはファームウェアにわずかな変更を加えるか、まったく変更することなくPMBus通信に使用できます。反復スタート(リスタート)は、全てのI²Cコントローラでサポートされているわけではありませんが、SMBus/PMBusの読み出しには必要です。汎用I²Cコントローラを使用する場合は、反復スタートをサポートしているか確認してください。

PMBusで適用されたSMBusに対する軽微な拡張や例外については、『PMBus Specification Part 1 Revision 1.1』の第5節「Transport」を参照してください。

SMBusとI²Cの相違点については、『System Management Bus (SMBus) Specification Version 2.0』の付録B「Differences Between SMBus and I²C」を参照してください。

PMBusシリアル・インタフェース

LTC7106は、標準のPMBusシリアル・バス・インタフェースを使用してホスト(マスタ)と通信します。バス信号のタイミング関係をタイミング図(図1)に示します。バスを使用しない場合、2本のバスライン(SDAとSCL)は"H"にする必要があります。これらのラインには外付けのプルアップ抵抗または電流源が必要です。

LTC7106はスレーブ・デバイスです。マスタは以下の形式でLTC7106と通信できます。

- マスタ・トランスミッタ、スレーブ・レシーバ
- マスタ・レシーバ、スレーブ・トランスミッタ

以下のPMBusプロトコルがサポートされています。

- バイト書き込み、バイト送信
- バイト読み出し、ワード読み出し
- アラート応答アドレス

前述のPMBusプロトコルを図3～6に示します。すべてのトランザクションはGCP(グループ・コマンド・プロトコル)をサポートしています。

図2は、このセクションに示すプロトコル図の凡例です。

以下の図のフィールド下に示された値は、そのフィールドに対する必須値です。

PMBusによって実装されるデータ形式は次のとおりです。

- マスタ・トランスミッタがスレーブ・レシーバに送信する。この場合、伝送方向は変化しません。
- 最初のバイトの直後にマスタがスレーブを読み出す。最初のアクノリッジ(スレーブ・レシーバによる)の時点で、マスタ・トランスミッタはマスタ・レシーバになり、スレーブ・レシーバがスレーブ・トランスミッタになります。
- 組み合わせ形式。伝送中に方向が変化する時点で、マスタはスタート条件とスレーブ・アドレスの両方を反復しますが、その際R/Wビットを反転させます。その場合、マスタ・レシーバは伝送の最後のバイトとストップ条件に対してNACKを生成して伝送を中止します。

これらの形式の例を図4と図5に示します。

動作

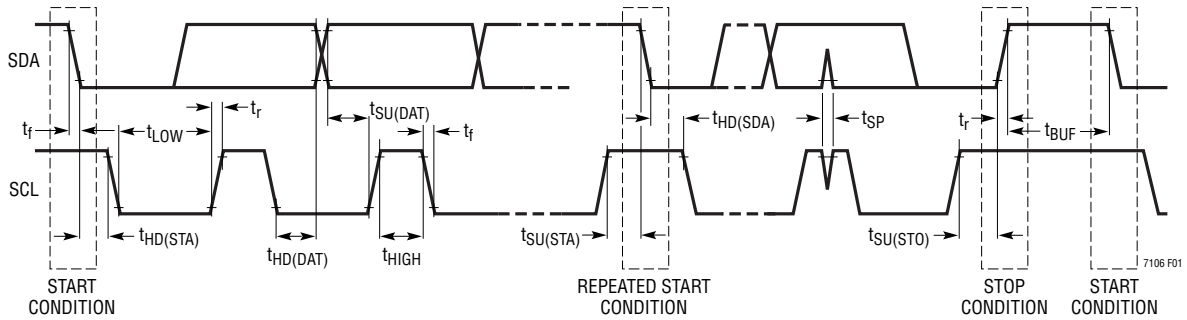


図1. タイミング図

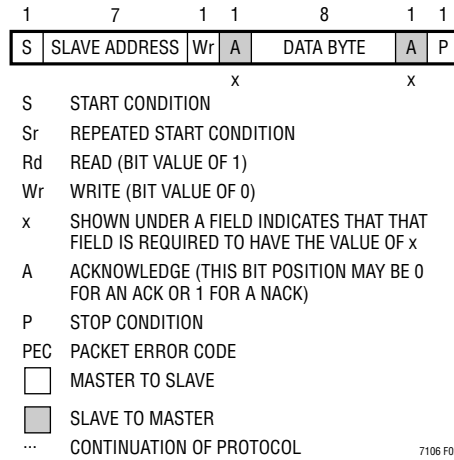


図2. PMBus パケット・プロトコル図の凡例

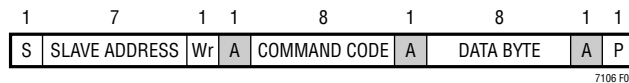


図3. バイト書き込みプロトコル

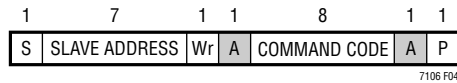


図4. バイト送信プロトコル

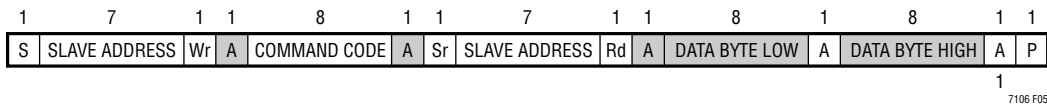


図5. ワード読み出しプロトコル

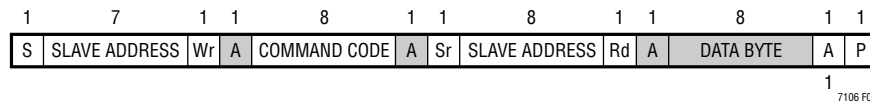


図6. バイト読み出しプロトコル

レジスタ・コマンドの詳細

表 4. LTC7106 でサポートされる PMBus コマンド

PMBus コード (8ビット)	R/Wタイプ	コマンド名	概要
0x01	R/W	OPERATION	Default is On:[7:0] = 0x80
0x78	R/W	STATUS_BYTE	Read Fault Status:CML, Write 1 to Reset
0x98	Read	PMBUS_REVISION	Read PMBus Revision = 0x22 for Rev 1.2
0xE2	R/W	MFR_CHIP_CTRL	[7:4] – Reserved:[7:0] = 0x00 Default 0] = GPO EN, [1] = Reserved, [2] = Write Protect, [3] = Timeout Status
0xE4	R/W	MFR_DAC_CTRL	[7:6] = Current Step Control, [5:0] = DAC Slew Rate Control
0xE5	R/W	MFR_IOUT_MARGIN_HIGH	Same Format as MFR_IOUT_COMMAND
0xE6	R/W	MFR_IOUT_MAX	Clamped Value that DAC Cannot Exceed.Default 7-Bit Value of 0x00 = Source Current Only
0xE7	Read	MFR_SPECIAL_ID	MFR Special ID for LTC7106 = 0x8080
0xE8	R/W	MFR_IOUT_COMMAND	IoutMargining Command (see Table 5) [5:0] Step Value, Source:[6] = 0, Sink:[6] = 1
0xED	R/W	MFR_IOUT_MARGIN_LOW	Same Format as MFR_IOUT_COMMAND
0xFA	R/W	MFR_RAIL_ADDRESS	Set Common PMBus Address [6:0] [7] = 0 Enable, [7] = 1 Disable
0xFD	Write	MFR_RESET	Reset PMBus Interface to Power-On State Write Data is Ignored; 0, 1, 2 Bytes

MFR_IOUT_COMMAND

DAC出力電流コマンドは、7ビットの2の補数値のフォーマットをとります。OPERATIONレジスタが0x80にセットされると、DACはこのレジスタに格納されている値を取ります。ビット[6]を0にセットするとデバイスからのソース電流となり、ビット[6]を1にセットするとデバイスへのシンク電流になります。このレジスタのデフォルト値は0x00です。値の有効範囲は0x40～0x3Fです。

この範囲外の値を書き込んではいけません。その場合、望ましくない動作が発生することがあります。MFR_CHIP_CTRLのWPB (ビット[2])が“H”にセットされているときは、このレジスタへの書き込みは禁止されます。

MFR_IOUT_MARGIN_HIGH

DACマーージング・レジスタです。MFR_IOUT_COMMANDと同じフォーマット、同じルールに従います。OPERATIONレジスタが上方マーージンの0xA8にセットされると、DACはこのレジスタに格納されている値を取ります。

MFR_IOUT_MARGIN_LOW

DACマーージング・レジスタです。MFR_IOUT_COMMANDと同じフォーマット、同じルールに従います。OPERATIONレジスタが下方マーージンの0x98にセットされると、DACはこのレジスタに格納されている値を取ります。

MFR_IOUT_MAX

DACが超えることのできないクランプ値です。フォーマットは、マーージン・レジスタと同じく7ビットの2の補数値です。そのため、DAC値はこのレジスタに格納されている値よりも小さい2の補数値を取ることはできません。

7ビットのデフォルト値は0x00です(電流をシンクできません)。この値を負の値、ビット[7] = 1に変更しない限り、IOUTを高い値に設定することはできません。

このレジスタを0x40にセットすると、LTC7106はクランプなしで最大電流をシンクできます。

レジスタ・コマンドの詳細

MFR_CHIP_CTRL

このレジスタは汎用のチップ制御およびステータスに使用されます。各ビットの説明については表7を参照してください。

ビット 説明

[7:4] = 予備

[3] タイムアウト・ステータス:

0 = PMBus タイムアウトが発生しなかった

1 = タイムアウトが発生した

このビットに1を書き込むと、このビットはクリアされる

[2] マージン・レジスタの書き込み保護

0 = 書き込み許可

1 = 書き込み禁止

[1] 予備

[0] GPO、汎用出力

0 = GPOがオープンドレインをGNDに接続

1 = GPOが高インピーダンス

MFR_DAC_CTRL

IDACのLSB電流値とスルーレート制御のタイマ・カウントを制御する8ビット・レジスタ。デフォルト値 = 0x40。

ビット 説明

[7:6] IDACステップ電流のセレクト範囲:

b'00 = 0.25μA/ステップ、ローレンジ

b'01 = 1.0μA/ステップ、標準

b'10 = 4.0μA/ステップ、ハイレンジ

b'11 = 予備

[5:0] μs/ステップの時間セクタ

デフォルト値 0x00 = 最大値 = 3584μs/ステップ

許容される値については、表6を参照してください。

このレジスタのリセットは、電源の入れ直し、POR (パワーオン・リセット) によってのみ可能です。これによって、IDACの電流が意図せずに急激に変化するのを防ぎます。MFR_RESETではこのレジスタはリセットされません。

さらに、電流範囲セクタを変更するには、IDACが0x00でなければなりません。これによって、IDACの電流が意図せずに大きく変動するのを防ぎます。時間ステップ・セクタであるビット[5:0]はいつでも変更できます。

表5. 電流ステップ当たりのプログラム可能遅延

スルーレート・タイマ・クロック (μs/ステップ)					
[5:0]		[5:0]		[5:0]	
000000	= 3584	010000	= 16	100000	= 256
000001	= 0.5	010001	= 20	100001	= 320
000010	= 1.0	010010	= 24	100010	= 384
000011	= 1.5	010011	= 28	100011	= 448
000100	= 2.0	010100	= 32	100100	= 512
000101	= 2.5	010101	= 40	100101	= 640
000110	= 3.0	010110	= 48	100110	= 768
000111	= 3.5	010111	= 56	100111	= 896
001000	= 4.0	011000	= 64	101000	= 1280*
001001	= 5.0	011001	= 80	101001	= 1280
001010	= 6.0	011010	= 96	101010	= 1536
001011	= 7.0	011011	= 112	101011	= 1792
001100	= 8.0	011100	= 128	101100	= 2560*
001101	= 10	011101	= 160	101101	= 2560
001110	= 12	011110	= 192	101110	= 3584*
001111	= 14	011111	= 224	101111	= 3584

* 重複エンコーディング

PMBus コマンドの詳細

MFR_RESET

このコマンドは、ユーザーがLTC7106のリセット動作を実行する手段を提供します。ラッチされた全てのフォルト ($\overline{\text{ALERT}}$ およびステータス・レジスタ)とレジスタの内容は、このコマンドによって電源投入状態にリセットされます。V_{OUT}はレギュレーション状態に留まりますが、マージン・レジスタのリセットによって変化する場合があります。

この書き込み専用コマンドは0データ・バイト、1データ・バイト、または2データ・バイトを受け取りますが、それらのデータ・バイトを無視します。

MFR_RAIL_ADDRESS

MFR_RAIL_ADDRESS コマンドは、全てのデバイス(単一電源レールに接続された全てのデバイスなど)が共通のアドレスを共有できるようにします。目的の7ビット・アドレス値をデータ・バイトの7ビットに書き込みます。

MFR_RAIL_ADDRESS アドレスを使用した通信をイネーブルするには、最上位ビット(ビットB7)を“L”にセットする必要があります。このビットをセットすると、このアドレスはデイスエーブルされます。このレジスタのデフォルト値は0x80です。

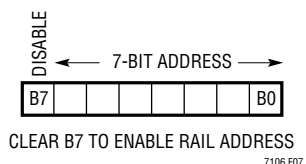


図7. MFR_RAIL_ADDRESS データ・バイト

ユーザーは、このアドレスに対して、コマンド書き込みだけを実行してください。このアドレスからの読み出しを実行した場合に、レール・デバイスが完全に同じ値で応答しないと、LTC7106はバス競合を検出して、CML通信フォルトをセットします。

このコマンドは1データ・バイトまたは2データ・バイトを受け取りますが、2番目のデータ・バイトは無視します。

OPERATION

OPERATION コマンドは、デバイスのオン/オフおよび出力電圧のマージニングに使用されます。

ONビットは、マスタ・シャットダウン(EN)、電源の入れ直し、またはMFR_RESET コマンド後に自動的にONにリセットされます。

MARGIN_LOW/HIGHビットは、I_{OUT}がMFR_IOUT_MARGIN_HIGHまたはMFR_IOUT_MARGIN_LOWのいずれかに格納されたオフセット値を参照するよう命令します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。1バイトまたは2バイトを受け取りますが、2番目のバイトを無視します。

表6. サポートされるOPERATIONコマンド・レジスタの値

動作	値
Turn Off Immediately	0x00
Turn On	0x80
Margin Low	0x98
Margin High	0xA8

PMBus_REVISION

PMBUS_REVISION コマンドは、デバイスが準拠するPMBusのリビジョンを示します。LTC7106は、PMBusバージョン1.2のPart IおよびPart IIの両方に準拠しています。

この読み出し専用コマンドは、1バイトのデータを伴い、0x22を返します。

MFR_SPECIAL_ID

デバイスの名称とリビジョンを表す、16ビットのワードです。最下位バイトはメーカーごとに調整可能です。

この読み出し専用コマンドは、2バイトのデータを伴い、0x8080にセットされます。

PMBus コマンドの詳細

STATUS_BYTE

STATUS_WORD コマンドは、デバイスのフォルト状態を要約した、2バイトの情報を返します。

サポートされるステータス・ビットの一覧および各ビットがセットされる条件については、表7を参照してください。STATUS_WORDのうち特定のビットがセットされた場合、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンのアサートも引き起こします。

ステータス・ワードの特定のビットに「1」を書き込むと、ステータス・ワードのフォルトおよび $\overline{\text{ALERT}}$ ピンのリセットを試みます。

す。フォルトがまだ存在する場合、そのステータス・ワード・ビットと $\overline{\text{ALERT}}$ はアサートされたままになります。 $\overline{\text{ALERT}}$ がARAメッセージによって既にクリアされている場合は、 $\overline{\text{ALERT}}$ が再びアサートされます。フォルトが既に存在しない場合、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンがデアサートされ、ステータス・ワードのフォルト・ビットがクリアされます。

RUN_MSTR ピンまたはOPERATIONのONビットを切り替えることによっても、ステータス・ワードの全てのビットがクリアされます。フォルトが残っている場合、直ちにビットが再設定されます。

表7. ステータス・ワード・ビットの説明と条件

ビット	説明	条件	アラートを設定するか?	「1」をビットに書き込むことでクリア可能か?
0 (LSB)	None of the Above	MFR_VOUT_MAX Register Exceeded	No	Yes
1	Communication Failure	(See Note 1)	Yes	Yes
2	Temperature Fault	Not Implemented		
3	V _{IN} Undervoltage Fault	Not Implemented		
4	Output Overcurrent Fault	Not Implemented		
5	Output Overvoltage Fault	Not Implemented		
6	OFF	Not Implemented		
7	Busy	Not Implemented		

Note 1: 通信障害は次のフォルトのうちいずれか：ホストが少なすぎるビットを送信した、ホストが少なすぎるビットを読み出した、ホストが少なすぎるバイトを書き込んだ、ホストが多すぎるバイトを読み出した、不正なR/Wビットがセットされた、サポートされていないコマンド・コード、読み出し専用コマンドに書き込もうとした。詳細は、PMBus仕様v1.2、パートII、セクション10.8および10.9を参照してください。

アプリケーション情報

I_{DAC}の精度

LTC7106は、3つの範囲のI_{DAC}出力電流を提供します。ただし、最も高い精度に最適化されているのは標準レンジ(LSB = ±1μA)のみです。標準レンジのIDAC設定を利用して抵抗分割器を設計することを推奨します。

2の補数コード

LTC7106のVID [6:0]は2の補数フォーマットで表されます。目的の出力電流が分かっているならば、表2を利用して簡単にレジスタをプログラムすることができます。たとえば、出力電流が20μAの場合、VID [6:0] = 0010100にセットします。出力電流が-20μAの場合、標準のI_{DAC}設定でVID [6:0] = 1101100にセットします。

V_{OUT}の精度

I_{DAC} = 0のとき、以下を定義します。

$$V_{OUT0} = V_{REF} \left[1 + \frac{R_{FB1}}{R_{FB2}} \right] \quad (1)$$

図8を参照して、出力電圧は次式に従って設定されます。

$$V_{OUT} = V_{REF} \left[1 + \frac{R_{FB1}}{R_{FB2}} \right] - I_{DAC} \cdot R_{FB1} \quad (2)$$

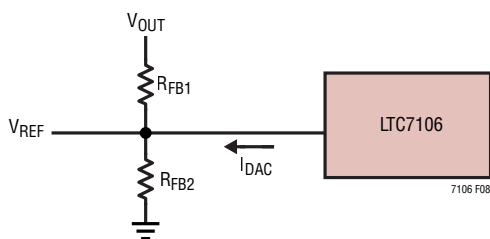


図8. LTC7106を使用した出力電圧の設定

ΔV_{OUT}をI_{DAC}誤差(ΔI_{DAC})によって引き起こされるV_{OUT}誤差として定義すると、式(1)と式(2)より次式が導かれます。

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{V_{OUT}} = \left(\frac{\Delta I_{DAC}}{I_{DAC}} \right) \frac{1}{\text{Ratio} - 1} \quad (3)$$

ここで、

$$\text{Ratio} = \frac{V_{OUT0}}{I_{DAC} \cdot R_{FB1}}$$

Ratio < 0またはRatio ≥ 2のとき、V_{OUT}誤差をI_{DAC}誤差より小さくできることは明らかです。

$$\left| \frac{\Delta V_{OUT}}{V_{OUT}} \right| \leq \left| \frac{\Delta I_{DAC}}{I_{DAC}} \right| \quad (4)$$

上方マージンの場合、I_{DAC} < 0のため、Ratio < 0です。そのため、V_{OUT}誤差は、I_{DAC}誤差より常に下記の比率で小さくなります。

$$\frac{V_{OUT0}}{I_{DAC} \cdot R_{FB1}} - 1$$

下方マージンの場合、I_{DAC} > 0です。そのため、V_{OUT}誤差は、以下の場合のみ小さくなります。

$$\text{Ratio} = \frac{V_{OUT0}}{I_{DAC} \cdot R_{FB1}} > 2$$

$$\text{or } I_{DAC} \cdot R_{FB1} < \frac{V_{OUT0}}{2}$$

言い換えれば、V_{OUT}がV_{OUT}のデフォルト値(V_{OUT0})の50%以内で下方マージニングされている限り、V_{OUT}誤差はI_{DAC}誤差より大きくなりません。

設計例

LTC7106は、ほぼ全てのパワー・マネージメント・コントローラまたはレギュレータとともに動作可能です。LTC7106をモノリシック降圧レギュレータ、μModule[®]、昇圧コントローラとともに使用して出力電圧を制御した3つの設計例を図9、10、11に示します。

アプリケーション情報

事例1

モノリシック降圧レギュレータのLTC7150Sが1.5V出力を提供し、1.5Vから1.0Vに V_{OUT} を下方マーージニングする必要がありますと仮定します(図9参照)。 V_{FB} は0.6Vで、分圧器は外付けです。LTC7106で最高の精度を実現するには、標準レンジで I_{DAC} を設計することが推奨されます。また、1つの電流レンジ(標準、ハイ、ロー)内において、絶対 I_{DAC} 電流振幅が大きいほど、LTC7106は高い精度を実現できます。そのため、

$R_{TOP} = 10k\Omega$ と $R_{BOT} = 6.65k\Omega$ を選択するのは簡単です。すると、 $I_{DAC} = (1.5V - 1.0V)/10k\Omega = +50\mu A$ となります。MFR_CONTROL [6:5] = 00 (レンジ = 標準)を選択して、 I_{DAC} LSB = $1\mu A$ に設定します。

表2を参照して、DAC [6:0] = 0110010を選択し、 $I_{DAC} = +50\mu A$ に設定することで、 V_{OUT} を1.5Vから1.0Vにマーージニングします。

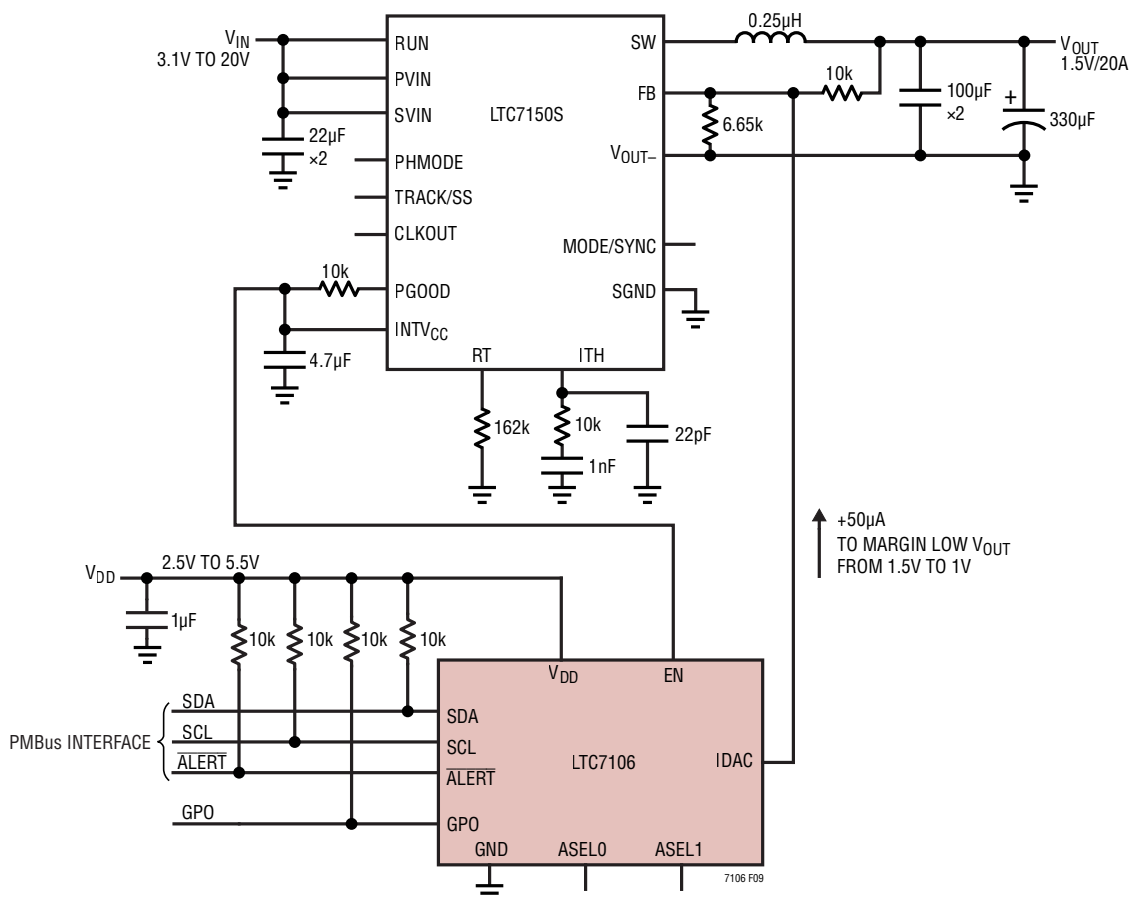


図9. LTC7106を使用して1.5V出力モノリシック降圧レギュレータLTC7150Sを1.0V/20Aに下方マーージニング

アプリケーション情報

事例2

本事例では、μModule LTM4636は1.2V出力を提供しており、 V_{OUT} を1.2Vから2.0Vに上方マーージニングする必要があります(図10参照)。LTM4636の V_{FB} はここでも0.6Vです。しかし、上側の分圧器は内蔵($R_{TOP} = 4.99k\Omega$)のため、 R_{BOT} も $4.99k\Omega$ に固定されています。このとき、 $I_{DAC} = (1.2V - 2.0V)/4.99k\Omega = -160\mu A$ となります。

そのため、MFR_CONTROL [6:5] = 10(レンジ = ハイ)を選択して I_{DAC} LSB = $4\mu A$ にセットする必要があります。

表3から、DAC[6:0] = 1011000を選択して、 $I_{DAC} = -160\mu A$ に設定し、 V_{OUT} を1.2Vから2.0Vにマーージニングします。

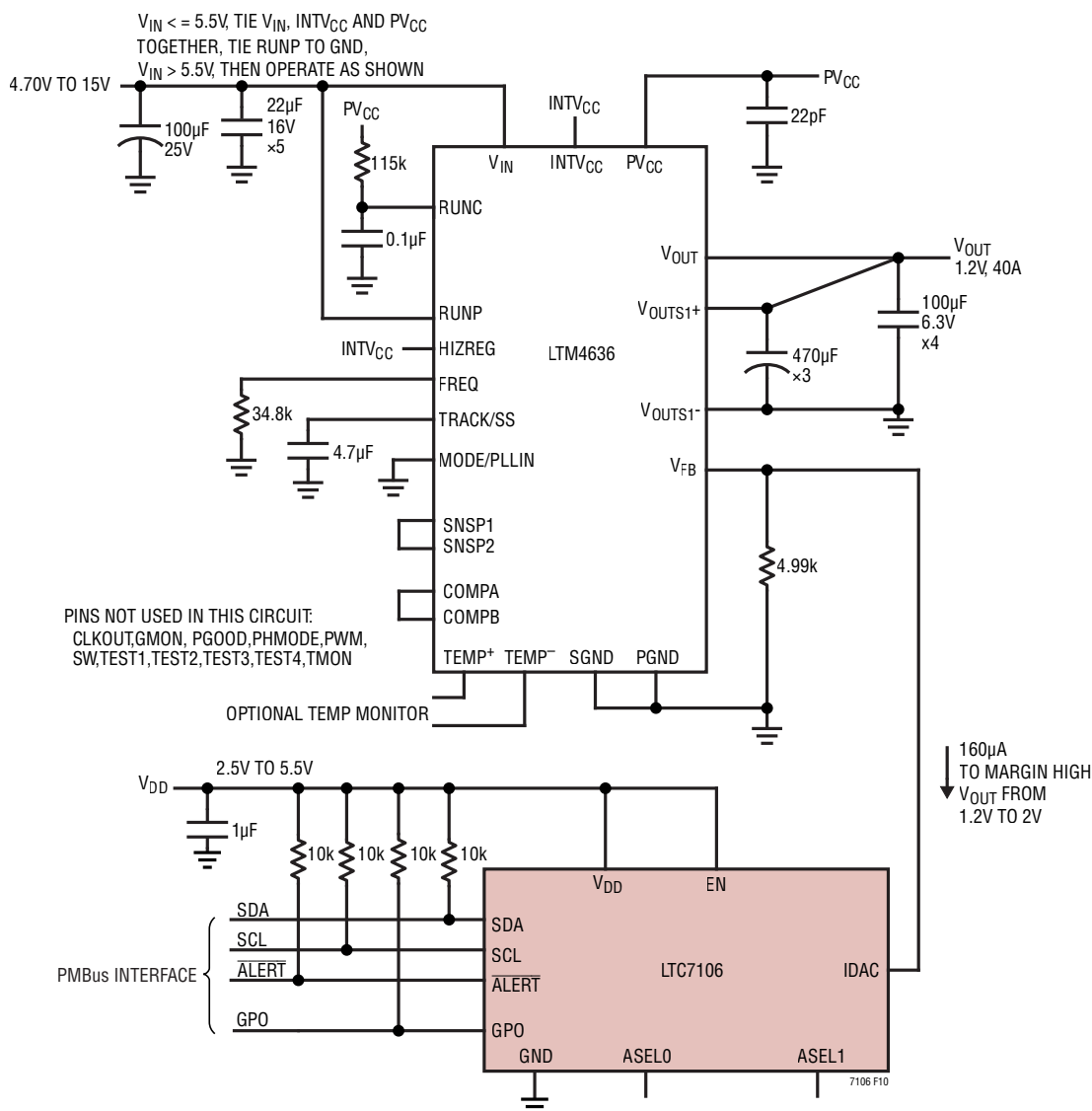


図10. LTC7106を使用して1.2V出力μModuleのLTM4636を2.0V/40Aに上方マーージニング

標準的応用例

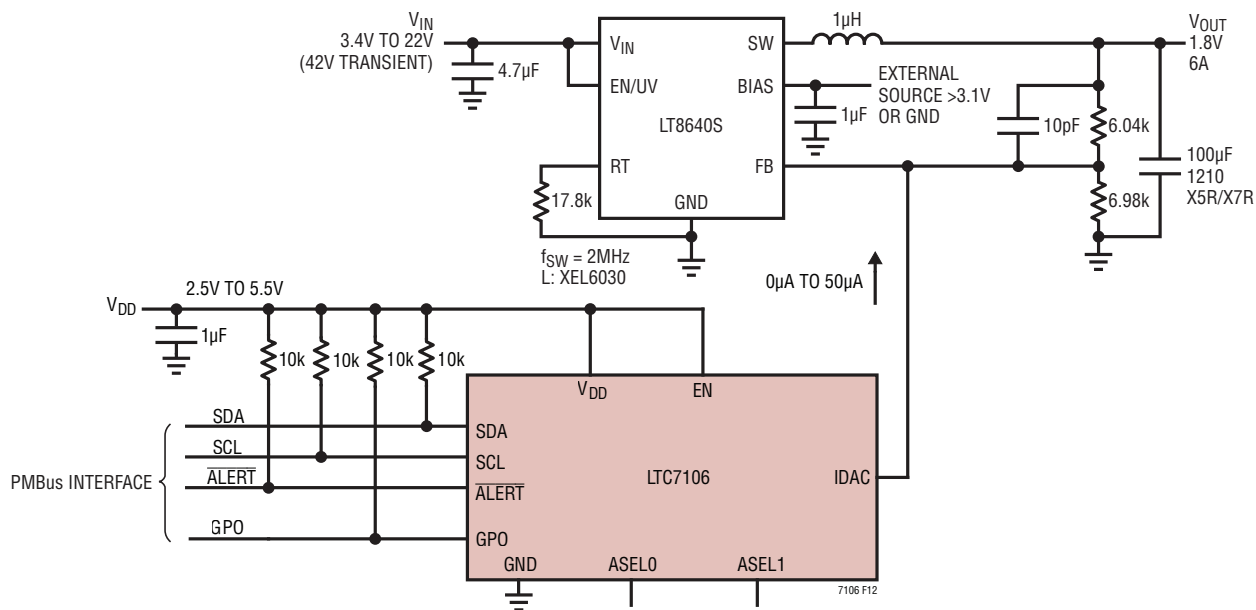


図12. LT8640Sの1.8Vから1.5Vへのマーージニング(6A)

関連製品

製品番号	概要	注釈
LTC3605/ LTC3605A	20V、5A 同期整流式降圧レギュレータ	$4V < V_{IN} < 20V$ 、 $0.6V < V_{OUT} < 20V$ 、最大効率:96%、 4mm × 4mm QFN-24 パッケージ
LTC3626	電流および温度モニタ機能を備えた20V、 2.5A 同期整流式降圧レギュレータ	95%の効率、 V_{IN} :3.6V~20V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.6V$ 、 $I_Q = 300\mu A$ 、 $ISD < 15\mu A$ 、3mm × 4mm QFN-20
LTC3636	20V、デュアル6A 同期整流式降圧レギュレータ	95%の効率、 V_{IN} :3.1V~17V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.6V$ 、 $I_Q < 8\mu A$ (両方のチャンネルがイネーブルされた場合)、 $ISD < 1\mu A$ 、 3mm × 5mm QFN-24 パッケージ
LTC3779	入力電圧と出力電圧が150Vの同期整流式4スイ チ昇降圧DC/DCコントローラ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 150V$ 、入力または出力平均電流ループ、PLL、 TSSOP-38 パッケージ
LTC3784	低静止電流、マルチフェーズ、デュアル・チャネル・ シングル出力同期整流式昇圧DC/DCコントローラ	4.5V(起動後は2.5Vでも動作) $\leq V_{IN} \leq 60V$ 、 V_{OUT} :最大60V、 PLL 固定周波数:50kHz~900kHz、 $I_Q = 28\mu A$
LTC3807	出力電圧24Vの機能を備えた38V、低静止電流、 同期整流式降圧コントローラ	PLL 固定周波数:50kHz~900kHz、 $4V \leq V_{IN} \leq 38V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 24V$ 、 $I_Q = 50\mu A$
LTC3871	100V 双方向 PolyPhase® 降圧/昇圧コントローラ	入力電圧、出力電圧、および電流の動的なレギュレーション、 PLL、電流モニタ、48ピンLQPFパッケージ
LTM®4636	40A DC/DC μ Module 降圧レギュレータ	完全な40Aスイッチ・モード電源、 $4.75V \leq V_{IN} \leq 15V$ 、 $0.6V \leq$ $V_{OUT} \leq 3.3V$ 、16mm × 16mm × 7.12mm BGA パッケージ
LTC7150S	20V、20A 同期整流式降圧レギュレータ	93%の効率、 V_{IN} :3.1V~20V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.6V$ 、出力リモート 検出、42ピン6mm × 5mm × 1.3mm BGA パッケージ
LT®8640S	42V、6A 同期整流式降圧 Silent Switcher®2	$I_Q = 2.5\mu A$ 、 $V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0$