

TimerBlox: リセット可能な低周波数発振器

特長

- 周期範囲: 1ms~9.5時間
- 1~3本の抵抗で設定可能
- 周波数誤差: 最大1.5%未満
- 出力リセット機能
- 2.25V~5.5Vの単一電源動作
- 電源電流: 55µA~80µA (2ms~9.5時間のクロック周期)
- 起動時間: 500µs
- 20mA をソース/シンクするCMOS出力ドライバ
- 動作温度範囲: -55°C~125°C
- 高さの低い(1mm) SOT-23 (ThinSOT™) および2mm×3mm DFNパッケージ

アプリケーション

- 「ハートビート」タイマ
- ウォッチドッグ・タイマ
- インターバロメータ
- 周期的なウェイクアップ・コール
- 高振動、高加速環境
- バッテリ駆動の携帯機器

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

概要

LTC®6991は、1.024ms~9.54時間(29.1µHz~977Hz)の範囲で周期を設定可能なシリコン発振器で、長時間のタイミング・イベント向けのデバイスです。LTC6991はTimerBlox®汎用シリコン・タイミング・デバイス・ファミリの製品です。

1本の抵抗(R_{SET})で、内部のマスタ発振器の周波数が設定されます。出力クロック周期は、このマスタ発振器と、1から2²¹までの8つの分周比(N_{DIV})にプログラム可能な内部分周器によって決まります。

$$t_{OUT} = \frac{N_{DIV} \cdot R_{SET}}{50k\Omega} \cdot 1.024ms, N_{DIV} = 1, 8, 64, \dots, 2^{21}$$

通常動作時、LTC6991は50%のデューティサイクルで発振します。パルスを途中で切る(デューティサイクルを小さくする)ためのリセット機能が備わっています。リセット・ピンは、出力の発振防止用にも使用することもできます。

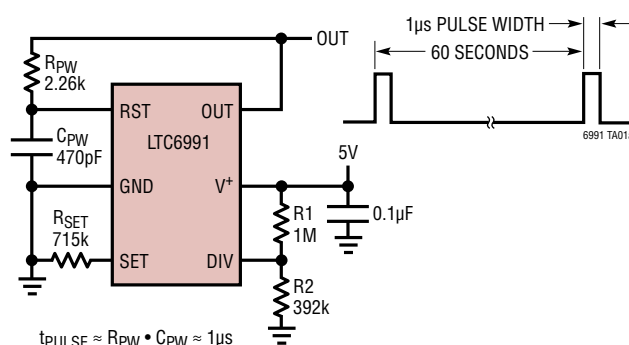
RSTピンとOUTピンは、極性指定機能を使用してアクティブ“L”またはアクティブ“H”動作に設定できます。

POLビット	RSTピン	出力状態
0	0	発振
0	1	0 (リセット)
1	0	1 (リセット)
1	1	発振

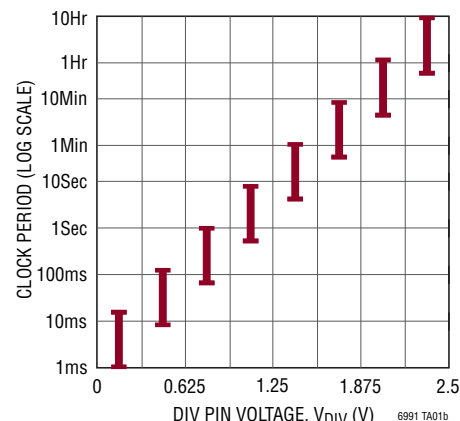
<http://www.linear-tech.co.jp/timerblox>よりTimerBlox設計ツールをダウンロードすると、LTC6991を簡単に設定することができます。

標準的応用例

低周波パルス発生器



8つの分圧設定値でのクロック周期の範囲



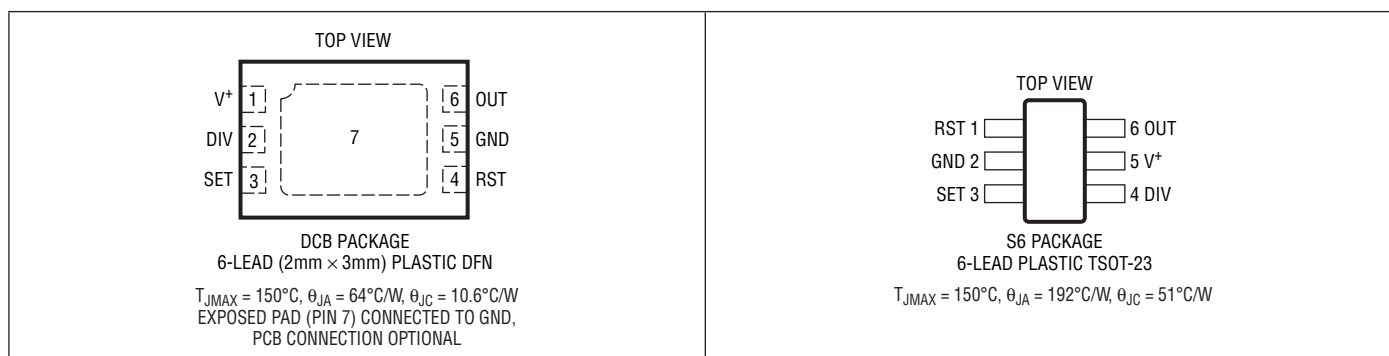
LTC6991

絶対最大定格 (Note 1)

電源電圧 (V^+) から GND 6V
 すべてのピンの
 最大電圧 $(GND - 0.3V) \leq V_{PIN} \leq (V^+ + 0.3V)$
 動作温度範囲 (Note 2)
 LTC6991C $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$
 LTC6991I $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$
 LTC6991H $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$
 LTC6991MP $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

規定温度範囲 (Note 3)
 LTC6991C $0^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$
 LTC6991I $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$
 LTC6991H $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$
 LTC6991MP $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$
 接合部温度 150°C
 保存温度範囲 $-65^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$
 リード温度 (半田付け、10秒)
 S6パッケージ 300°C

ピン配置



発注情報

無鉛仕上げ

テープアンドリール(ミニ)	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	既定温度範囲
LTC6991CDCB#TRMPBF	LTC6991CDCB#TRPBF	LDWZ	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC6991IDCB#TRMPBF	LTC6991IDCB#TRPBF	LDWZ	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LTC6991HDCB#TRMPBF	LTC6991HDCB#TRPBF	LDWZ	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC6991CS6#TRMPBF	LTC6991CS6#TRPBF	LTDWY	6-Lead Plastic TSOT-23	0°C to 70°C
LTC6991IS6#TRMPBF	LTC6991IS6#TRPBF	LTDWY	6-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 85°C
LTC6991HS6#TRMPBF	LTC6991HS6#TRPBF	LTDWY	6-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LTC6991MPS6#TRMPBF	LTC6991MPS6#TRPBF	LTDWY	6-Lead Plastic TSOT-23	-55°C to 125°C

TRM = 500個。*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。

さら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。

鉛仕上げの製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<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。

電气的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A=25^{\circ}\text{C}$ での値。注記がない限り、テスト条件は $V^+ = 2.25\text{V}\sim 5.5\text{V}$ 、 $R_{\text{ST}} = 0\text{V}$ 、 $\text{DIVCODE} = 0\sim 15$ ($N_{\text{DIV}} = 1\sim 2^{21}$)、 $R_{\text{SET}} = 50\text{k}\sim 800\text{k}$ 、 $R_{\text{LOAD}} = 5\text{k}$ 、 $C_{\text{LOAD}} = 5\text{pF}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
t_{OUT}	Output Clock Period		1.024m		34,360	Seconds
f_{OUT}	Output Frequency		29.1 μ		977	Hz
Δf_{OUT}	Frequency Accuracy (Note 4)	$29.1\mu\text{Hz} \leq f_{\text{OUT}} \leq 977\text{Hz}$		± 0.8	± 1.5 ± 2.2	% %
$\Delta f_{\text{OUT}}/\Delta T$	Frequency Drift Over Temperature			± 0.005		%/ $^{\circ}\text{C}$
$\Delta f_{\text{OUT}}/\Delta V^+$	Frequency Drift Over Supply	$V^+ = 4.5\text{V to } 5.5\text{V}$ $V^+ = 2.25\text{V to } 4.5\text{V}$		0.23 0.06	0.55 0.16	%/V %/V
	Long-Term Frequency Stability	(Note 11)		90		ppm/ $\sqrt{\text{kHr}}$
	Period Jitter (Note 10)	$N_{\text{DIV}} = 1$ $N_{\text{DIV}} = 8$		15 7		ppm _{RMS} ppm _{RMS}
BW	Frequency Modulation Bandwidth			$0.4 \cdot f_{\text{OUT}}$		Hz
t_{S}	Frequency Change Settling Time (Note 9)			1		Cycle

アナログ入力

V_{SET}	Voltage at SET Pin		●	0.97	1.00	1.03	V
$\Delta V_{\text{SET}}/\Delta T$	V_{SET} Drift Over Temperature		●		± 75		$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
R_{SET}	Frequency-Setting Resistor		●	50		800	k Ω
V_{DIV}	DIV Pin Voltage		●	0		V^+	V
$\Delta V_{\text{DIV}}/\Delta V^+$	DIV Pin Valid Code Range (Note 5)	Deviation from Ideal $V_{\text{DIV}}/V^+ = (\text{DIVCODE} + 0.5)/16$	●			± 1.5	%
	DIV Pin Input Current		●			± 10	nA

電源

V^+	Operating Supply Voltage Range		●	2.25		5.5	V
	Power-On Reset Voltage		●			1.95	V
I_{S}	Supply Current	$R_{\text{L}} = \infty$, $R_{\text{SET}} = 50\text{k}$	●		135	170	μA
		$V^+ = 5.5\text{V}$ $V^+ = 2.25\text{V}$	●		105	135	μA
		$R_{\text{L}} = \infty$, $R_{\text{SET}} = 100\text{k}$	●		100	130	μA
		$V^+ = 5.5\text{V}$ $V^+ = 2.25\text{V}$	●		80	105	μA
		$R_{\text{L}} = \infty$, $R_{\text{SET}} = 800\text{k}$	●		65	100	μA
		$V^+ = 5.5\text{V}$ $V^+ = 2.25\text{V}$	●		55	85	μA

電气的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、テスト条件は $V^+ = 2.25\text{V} \sim 5.5\text{V}$ 、 $R_{\text{ST}} = 0\text{V}$ 、 $\text{DIVCODE} = 0 \sim 15$ ($N_{\text{DIV}} = 1 \sim 2^{21}$)、 $R_{\text{SET}} = 50\text{k} \sim 800\text{k}$ 、 $R_{\text{LOAD}} = \infty$ 、 $C_{\text{LOAD}} = 5\text{pF}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
デジタルI/O						
	RST Pin Input Capacitance			2.5		pF
	RST Pin Input Current	$R_{\text{ST}} = 0\text{V to } V^+$			± 10	nA
V_{IH}	High Level RST Pin Input Voltage	(Note 6)	●	$0.7 \cdot V^+$		V
V_{IL}	Low Level RST Pin Input Voltage	(Note 6)	●		$0.3 \cdot V^+$	V
$I_{\text{OUT(MAX)}}$	Output Current	$V^+ = 2.7\text{V to } 5.5\text{V}$		± 20		mA
V_{OH}	High Level Output Voltage (Note 7)	$V^+ = 5.5\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = -1\text{mA}$ $I_{\text{OUT}} = -16\text{mA}$	●	5.45 5.48	5.15	V V
		$V^+ = 3.3\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = -1\text{mA}$ $I_{\text{OUT}} = -10\text{mA}$	●	3.24 2.75	3.27 2.99	V V
		$V^+ = 2.25\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = -1\text{mA}$ $I_{\text{OUT}} = -8\text{mA}$	●	2.17 1.58	2.21 1.88	V V
V_{OL}	Low Level Output Voltage (Note 7)	$V^+ = 5.5\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = 1\text{mA}$ $I_{\text{OUT}} = 16\text{mA}$	●	0.02 0.26	0.04 0.54	V V
		$V^+ = 3.3\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = 1\text{mA}$ $I_{\text{OUT}} = 10\text{mA}$	●	0.03 0.22	0.05 0.46	V V
		$V^+ = 2.25\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = 1\text{mA}$ $I_{\text{OUT}} = 8\text{mA}$	●	0.03 0.26	0.07 0.54	V V
t_{RST}	Reset Propagation Delay	$V^+ = 5.5\text{V}$ $V^+ = 3.3\text{V}$ $V^+ = 2.25\text{V}$		16 24 40		ns ns ns
t_{WIDTH}	Minimum Input Pulse Width	$V^+ = 3.3\text{V}$		5		ns
t_r	Output Rise Time (Note 8)	$V^+ = 5.5\text{V}$		1.1		ns
		$V^+ = 3.3\text{V}$		1.7		ns
		$V^+ = 2.25\text{V}$		2.7		ns
t_f	Output Fall Time (Note 8)	$V^+ = 5.5\text{V}$		1.0		ns
		$V^+ = 3.3\text{V}$		1.6		ns
		$V^+ = 2.25\text{V}$		2.4		ns

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可能性がある。

Note 2: LTC6991Cは $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の動作温度範囲で動作することが保証されている。

Note 3: LTC6991Cは $0^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ で性能仕様に適合することが保証されている。LTC6991Cは $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ で仕様性能に適合するように設計され、特性が評価されており、仕様性能に適合すると予想されるが、これらの温度ではテストされないし、QAサンプリングもおこなわれない。LTC6991Hは $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ で性能仕様に適合することが保証されている。LTC6991Hは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ で性能仕様に適合することが保証されている。LTC6991MPは $-55^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ で性能仕様に適合することが保証されている。

Note 4: 周波数の精度は、 R_{SET} を使用して周波数を設定すると仮定して、 f_{OUT} の式からの偏差として定義されている。

Note 5: DIVピンの電圧によってDIVCODEの値を選択する方法の詳細については、「動作」セクションの表1および図2を参照。

Note 6: RSTピンは、ゆっくり変化する立ち上がり信号または立ち下がり信号に対応するためにヒステリシスを備えている。スレッシュホルト電圧は V^+ に比例する。 $V_{\text{RST(RISING)}} \approx 0.55 \cdot V^+ + 185\text{mV}$ および $V_{\text{RST(FALLING)}} \approx 0.48 \cdot V^+ - 155\text{mV}$ の式を使用することにより、あらゆる電源電圧で標準値を推定可能。

Note 7: ロジックICの標準的凡例に準拠して、ピンから流れ出す電流には負の値が与えられている。

Note 8: 出力の立ち上がり時間と立ち下がり時間は、 5pF の出力負荷で電源レベル10%~90%の間で測定される。これらの仕様は特性評価に基づいている。

Note 9: セトリング時間は、 I_{SET} が0.5倍または2倍に変化した後に最終周波数の $\pm 1\%$ 以内に出力がセトリングするのに要する時間。

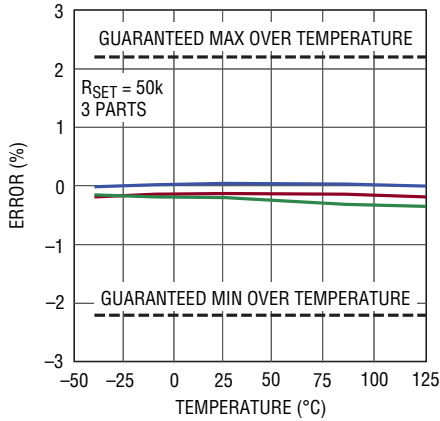
Note 10: ジッタは周期の偏差の平均周期に対する比。この仕様は特性評価に基づいており、全数テストはおこなわれない。

Note 11: シリコン発振器の長期ドリフトは主にシリコン内のイオンと不純物の移動に起因し、 30°C で(それ以外は公称動作条件で)テストされる。ドリフトには一般に非直線の性質があるので、長期ドリフトは $\text{ppm}/\sqrt{\text{kHz}}$ として定義されている。ある定められた期間のドリフトを計算するには、その時間を1000時間単位に変換し、平方根をとり、標準ドリフト値を掛ける。たとえば、1年は 8.77kHz であり、 $90\text{ppm}/\sqrt{\text{kHz}}$ では 266ppm のドリフトになる。デバイスに電力を与えない場合のドリフトは、電力を与えた場合のドリフトの1/10、つまり $90\text{ppm}/\sqrt{\text{kHz}}$ のデバイスの場合 $9\text{ppm}/\sqrt{\text{kHz}}$ で近似することができる。

標準的性能特性

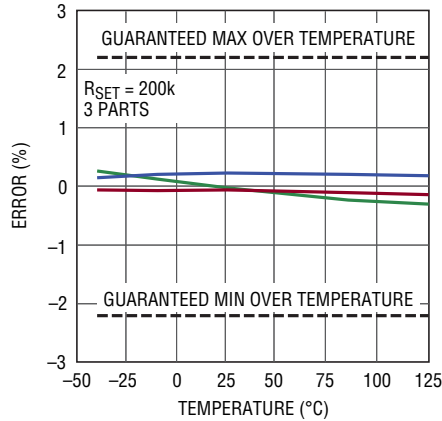
注記がない限り、 $V^+ = 3.3V$ 、 $R_{SET} = 200k$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

周波数誤差と温度



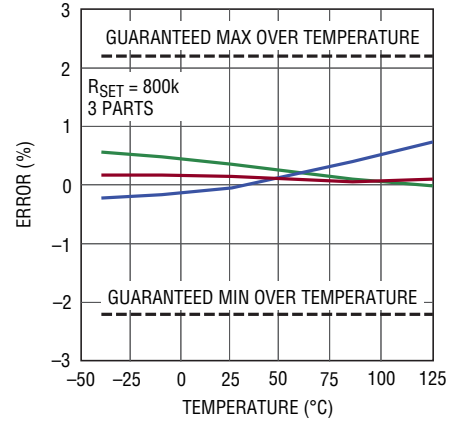
6991 G01

周波数誤差と温度



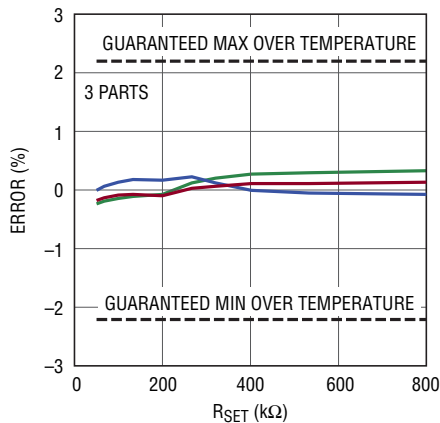
6991 G02

周波数誤差と温度



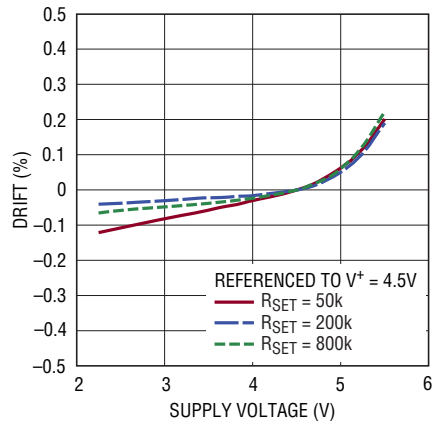
6991 G03

周波数誤差とRSET



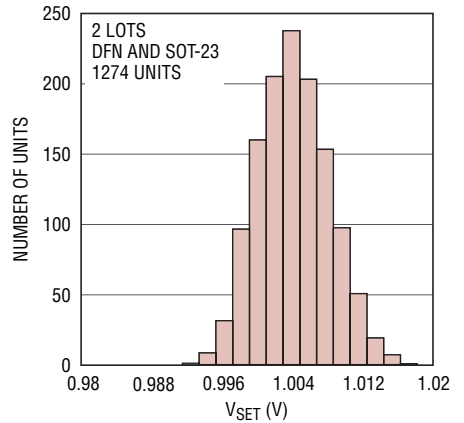
6991 G04

周波数ドリフトと電源電圧



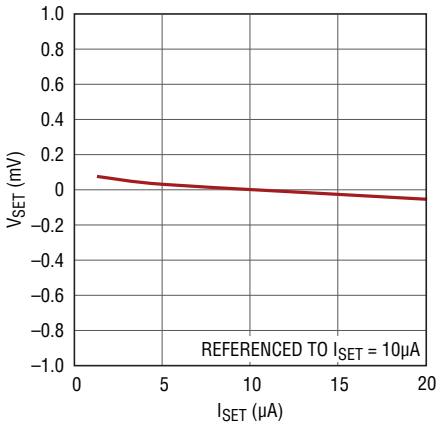
6991 G05

標準的なVSETの分布



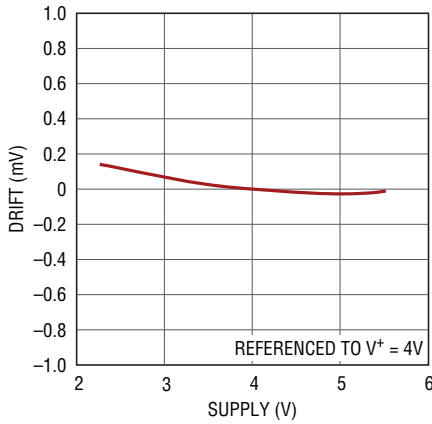
6991 G06

VSETのドリフトとISET



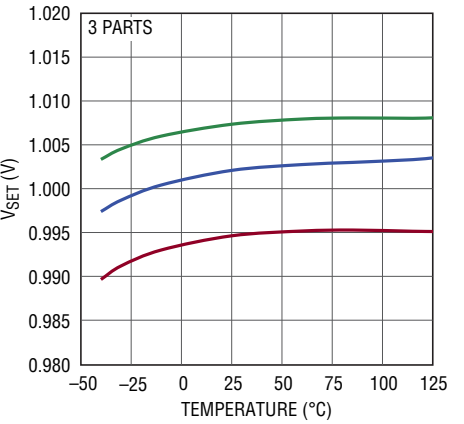
6991 G07

VSETのドリフトと電源電圧



6991 G08

VSETと温度

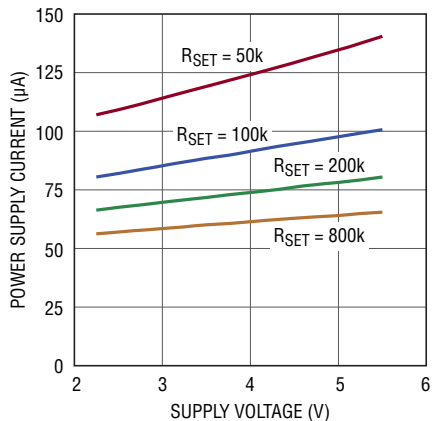


6991 G09

標準的性能特性

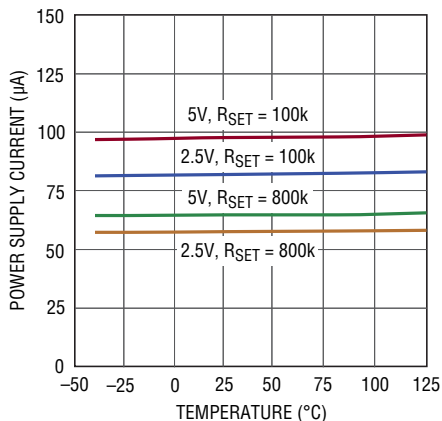
注記がない限り、 $V^+ = 3.3V$ 、 $R_{SET} = 200k$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

電源電流と電源電圧



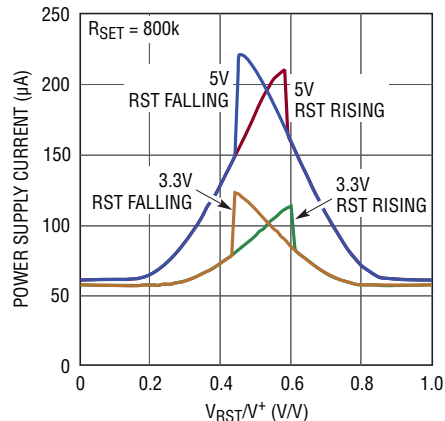
6991 G10

電源電流と温度



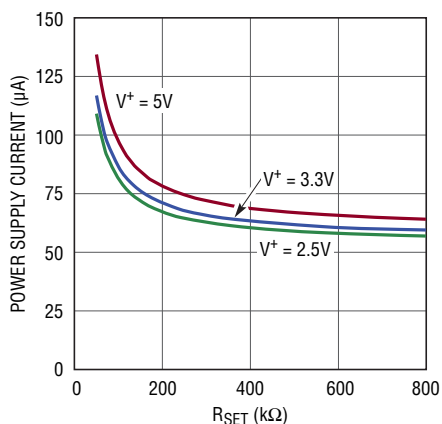
6991 G11

電源電流とRSTピンの電圧



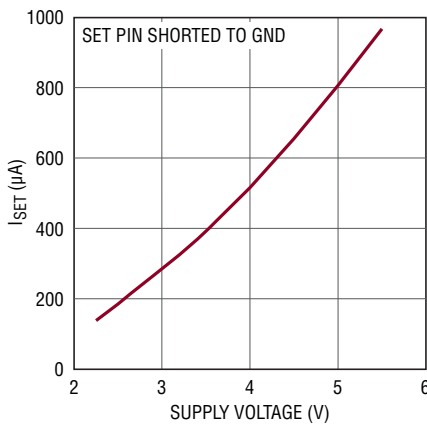
6991 G12

電源電流とRSET



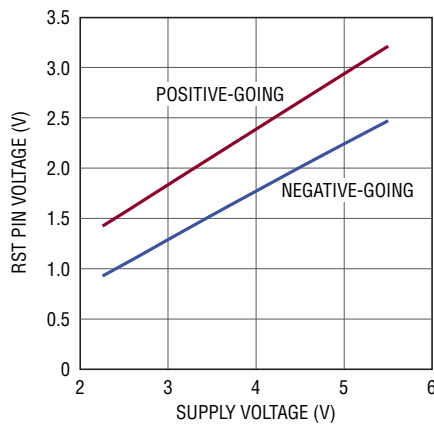
6991 G13

標準的なISETの電流制限とV+



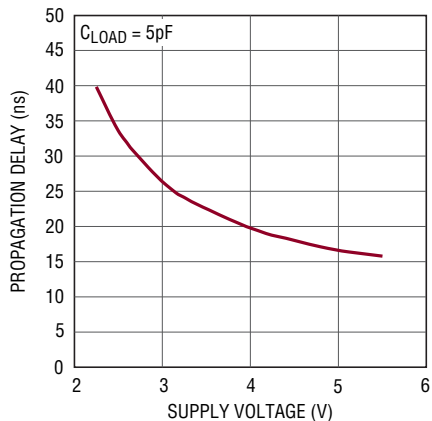
6991 G15

RSTのスレッシュホールド電圧と電源電圧



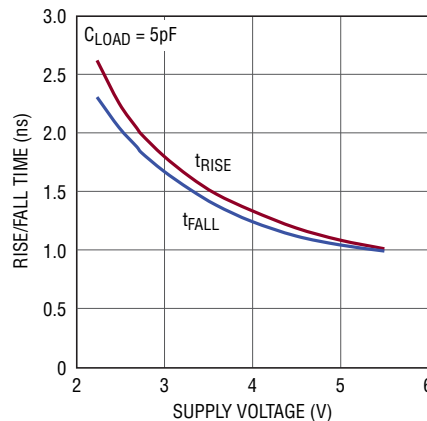
6991 G14

リセットの伝播遅延 (trST) と電源電圧



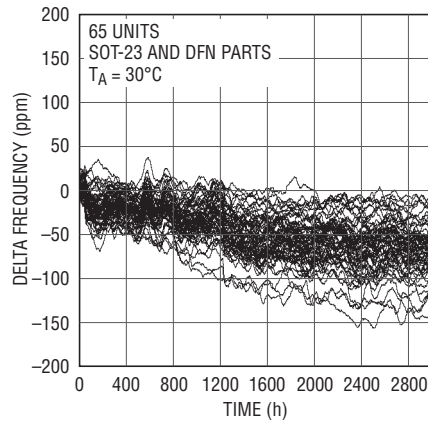
6991 G16

立ち上がり時間および立ち下がり時間と電源電圧



6991 G17

標準周波数誤差と時間 (長期ドリフト)

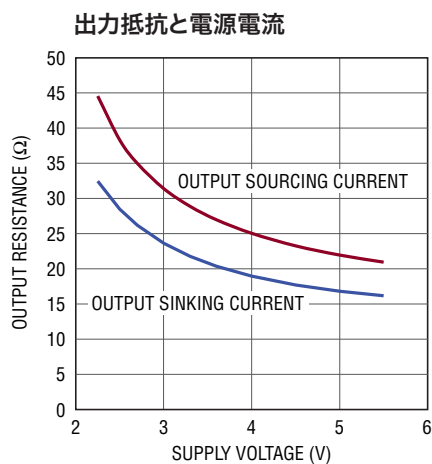


6991 G17a

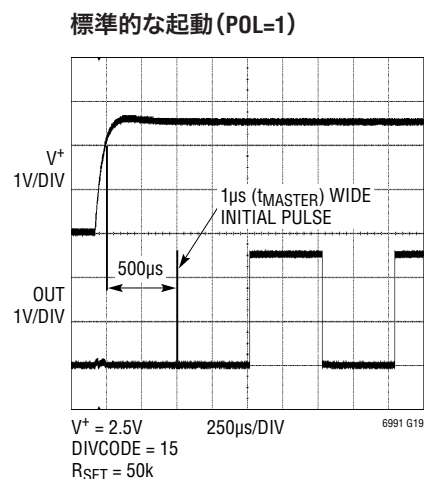
6991fb

標準的性能特性

注記がない限り、 $V^+ = 3.3V$ 、 $R_{SET} = 200k$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。



6991 G22



6991 G19

ピン機能 (DCB/S6)

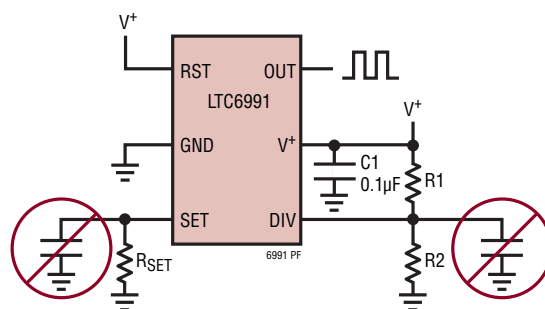
V^+ (ピン1/ピン5): 電源電圧 (2.25V~5.5V)。この電源電圧はノイズやリップルを含まないようにする必要があります。このピンは0.1 μF のコンデンサでGNDに直接バイパスします。

DIV (ピン2/ピン4): プログラム可能な分周器と極性指定の入力。 V^+ を基準電圧としたA/DコンバータがDIVピンの電圧 (V_{DIV})をモニタし、4ビットのコード (DIVCODE)を決定します。 V_{DIV} は V^+ とGND間の抵抗分割器によって生成することができます。正確な結果を保証するために精度1%の抵抗を使用してください。DIVピンと抵抗は、OUTピンや立ち上がり/立ち下がりが急峻な信号配線から電氣的にシールドする必要があります。また、DIVピンの容量は、 V_{DIV} が迅速にセトリングするように100pF以下にする必要があります。DIVCODEのMSB (POL)はRSTピンとOUTピンの極性を決定します。POL=0の場合、RSTピンはアクティブ“H”であり、OUTピンを強制的に“L”に引き下げます。POL=1の場合、RSTピンはアクティブ“L”であり、OUTピンを強制的に“H”に引き上げます。

SET (ピン3/ピン3): 周波数設定入力。SETピンの電圧 (V_{SET})はGNDより1V高い電圧に安定化されています。SETピンからソースされる電流の値 (I_{SET})がマスタ発振器の周波数をプログラムします。電流 I_{SET} の範囲は1.25 μA から20 μA までです。発振器出力は、 I_{SET} が約500nA以下に減少すると停止します。周波数を設定するための最も正確な手段は、SETピンとGNDピン間に抵抗を接続することです。最高の性能を引き出すためには、許容誤差が0.5%以下、温度係数が50ppm/ $^\circ C$ 以下の精

密な金属皮膜抵抗か薄膜抵抗を使用してください。それほど精度が求められないアプリケーションの場合は、精度1%の低価格の厚膜抵抗を使用することができます。

ジッタを最小化し安定性を保証するために、SETピンに接続するコンデンサは10pF以下に制限してください。100pF以下のコンデンサによって、 V_{SET} 電圧を調整している帰還回路の安定性を維持することができます。



RST (ピン4/ピン1): 出力リセット。RSTピンの機能は極性指定ビット (POL)に依存します。POLビットはDIVCODEの設定を通して設定されます。POL=0のときは、RSTを“H”に設定するとOUTは強制的に“L”にされ、RSTを“L”に設定するとOUTは発振します。POL=1のときは、RSTはアクティブ“L”となります。この場合、RSTを“L”に設定するとOUTは強制的に“H”にされ、RSTを“H”に設定すると出力は発振します。

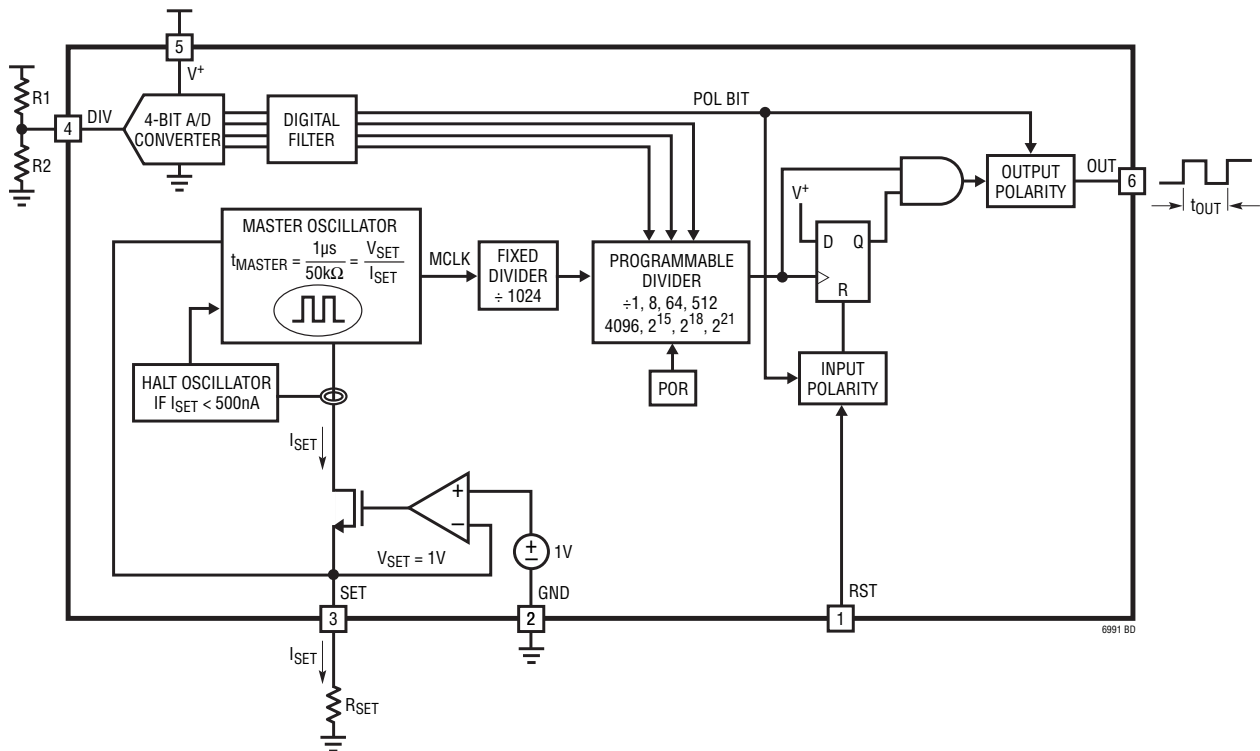
LTC6991

ピン機能 (DCB/S6)

GND (ピン5/ピン2): グラウンド。最高の性能を得るために、このピンを低インダクタンスのグラウンドプレーンに接続してください。

OUT (ピン6/ピン6): 発振器出力。OUTピンはGNDからV⁺まで振幅します。出力抵抗は約30Ωです。LEDなどの低インピーダンス負荷をドライブする際は、ソース/シンク電流を20mAに制限するためにOUTピンに直列抵抗を接続してください。

ブロック図 (S6パッケージのピン番号で表示)



動作

LTC6991は最大周波数が1MHzのマスタ発振器を中心に構成されています。この発振器はSETピンの電流(I_{SET})と電圧(V_{SET})によって制御され、標準の動作条件下で1MHz・50kの変換係数で決まる周波数で発振し、その精度は $\pm 0.8\%$ です。

$$f_{MASTER} = \frac{1}{t_{MASTER}} = 1\text{MHz} \cdot 50\text{k}\Omega \cdot \frac{I_{SET}}{V_{SET}}$$

V_{SET} は帰還ループによって1V \pm 30mVに維持されるため、出力周波数は主に I_{SET} によって決まります。 I_{SET} を生成する最も簡単な方法は、抵抗(R_{SET})をSETピンとGNDピンの間に接続し、 $I_{SET} = V_{SET}/R_{SET}$ とすることです。マスタ発振器の周波数を求める上記の式は次のようになります。

$$f_{MASTER} = \frac{1}{t_{MASTER}} = \frac{1\text{MHz} \cdot 50\text{k}\Omega}{R_{SET}}$$

この式から、1本の設定抵抗(R_{SET})を使用している際、 V_{SET} が変動しても、出力周波数はその影響を受けないことが明らかです。出力周波数の誤差源は R_{SET} の許容誤差とLTC6991の本質的な周波数精度(Δf_{OUT})に限られます。

R_{SET} の値は50k Ω ~800k Ω の範囲です(I_{SET} の1.25 μ A~20 μ Aの範囲に相当)。

発振器の出力は1/1024固定分周器を通過した後、OUTピンから最終的に出力されます。LTC6991は、周波数を1、8、64、512、4096、 2^{15} 、 2^{18} または 2^{21} 分の1に分周することができるプログラム可能な分周器も内蔵しています。この分周比 N_{DIV} はDIVピンに接続された抵抗分割器によって設定されます。

$$f_{OUT} = \frac{1\text{MHz} \cdot 50\text{k}\Omega}{1024 \cdot N_{DIV}} \cdot \frac{I_{SET}}{V_{SET}}, \text{ または}$$

$$t_{OUT} = \frac{1}{f_{OUT}} = \frac{N_{DIV}}{50\text{k}\Omega} \cdot \frac{V_{SET}}{I_{SET}} \cdot 1.024\text{ms}$$

V_{SET}/I_{SET} を R_{SET} で置き換えると、この式は次のようになります。

$$t_{OUT} = \frac{N_{DIV} \cdot R_{SET}}{50\text{k}\Omega} \cdot 1.024\text{ms}$$

DIVCODE

DIVピンは内部で V^+ を基準電圧とした4ビットのA/Dコンバータの入力に接続されています。このA/DコンバータがDIVCODEの値を決定し、DIVCODEは以下のようにLTC6991の2通りの設定をプログラムします。

1. 出力の分周器の分周比 N_{DIV} を決定します。
2. POLビットを通して、RSTおよびOUTピンの極性を決定します。

V_{DIV} は図1のように V^+ とGND間の抵抗分割器によって生成することができます。

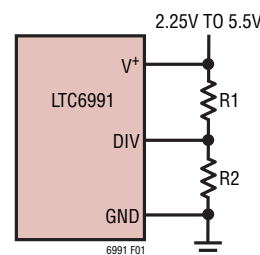


図1. DIVCODEを設定する簡単な技法

表1は適正な分圧を正確に生成する1%抵抗の推奨値、ならびに推奨される抵抗ペアに対応した N_{DIV} およびPOLの値を示しています。以下の条件が満たされる限り、別の値を使用することも可能です。

1. V_{DIV}/V^+ 比が $\pm 1.5\%$ の精度を持つ(抵抗の許容誤差と温度の影響を含む)。
2. 駆動インピーダンス($R1 \parallel R2$)が500k Ω を超えない。

電圧が他の手段(たとえば、DACの出力)によって生成される場合、その電圧は V^+ 電源電圧に追従する必要があります。表1の最後の欄は電源電圧 V^+ に対する V_{DIV} の比の理想値を示します。これは次の式で計算することができます。

$$\frac{V_{DIV}}{V^+} = \frac{\text{DIVCODE} + 0.5}{16} \pm 1.5\%$$

たとえば、電源電圧が3.3Vで望ましいDIVCODEが4である場合、 $V_{DIV} = 0.281 \cdot 3.3\text{V} = 928\text{mV} \pm 50\text{mV}$ となります。

図2は表1の内容をグラフ化したもので、 N_{DIV} はDIVCODEの中点の両側に対称であることを示しています。

動作

表1. DIVCODEのプログラミング

DIVCODE	POL	N _{DIV}	RECOMMENDED t _{OUT}	R1 (kΩ)	R2 (kΩ)	V _{DIV} /V ⁺
0	0	1	1.024ms to 16.384ms	Open	Short	≤0.03125 ±0.015
1	0	8	8.192ms to 131ms	976	102	0.09375 ±0.015
2	0	64	65.5ms to 1.05sec	976	182	0.15625 ±0.015
3	0	512	524ms to 8.39sec	1000	280	0.21875 ±0.015
4	0	4,096	4.19sec to 67.1sec	1000	392	0.28125 ±0.015
5	0	32,768	33.6sec to 537sec	1000	523	0.34375 ±0.015
6	0	262,144	268sec to 4,295sec	1000	681	0.40625 ±0.015
7	0	2,097,152	2,147sec to 34,360sec	1000	887	0.46875 ±0.015
8	1	2,097,152	2,147sec to 34,360sec	887	1000	0.53125 ±0.015
9	1	262,144	268sec to 4,295sec	681	1000	0.59375 ±0.015
10	1	32,768	33.6sec to 537sec	523	1000	0.65625 ±0.015
11	1	4,096	4.19sec to 67.1sec	392	1000	0.71875 ±0.015
12	1	512	524ms to 8.39sec	280	1000	0.78125 ±0.015
13	1	64	65.5ms to 1.05sec	182	976	0.84375 ±0.015
14	1	8	8.192ms to 131ms	102	976	0.90625 ±0.015
15	1	1	1.024ms to 16.384ms	Short	Open	≥0.96875 ±0.015

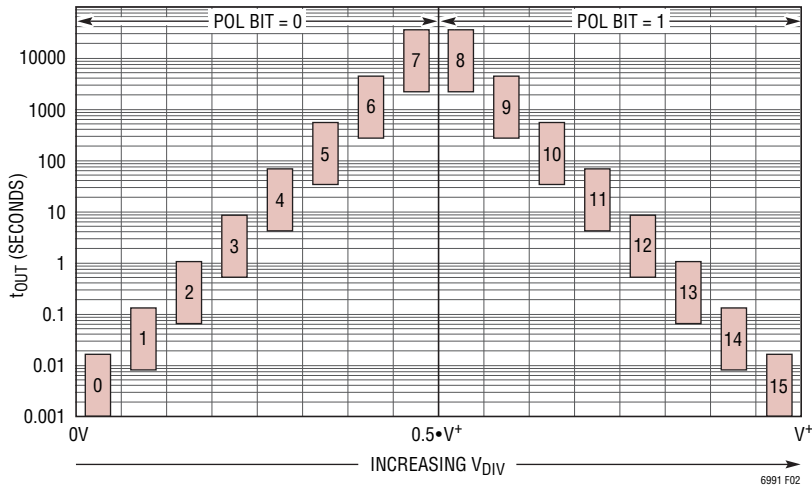


図2. DIVCODEに対する出力周波数範囲とPOLビットの関係

動作

RSTピンと極性指定 (POL) ビット

RSTはOUTピンに出力されるLTC6991出力の状態を制御します。アクティブ/非アクティブ状態の電圧レベルはPOLビットの設定に依存します。

表2. 出力の状態

POLビット	RSTピン	出力の状態
0	0	発振
0	1	0(リセット)
1	0	1(リセット)
1	1	発振

LTC6991の内部発振器の各周期が出力状態ラッチをクロックします(ブロック図参照)。リセット・ピン(RST)は出力ラッチをリセットまたはホールドオフすることができます。リセット・ピンのアクティブ状態は極性指定機能(POL)によって決まります。出力ラッチの後段には出力の極性を反転することができるバッファが配置されています。出力の極性はPOLビットによってもコントロールすることができます。

POL=0の場合、リセット・ピンはアクティブ“H”となり出力ラッチは反転されません。従って、RSTピンを“H”に引き上げると出力ラッチはリセットされ、OUTピンは“L”に強制されます。RSTを“L”に引き下げると出力を発振させることができます。この場合、次の立ち上がりエッジは内部発振器の信号の立ち上がりエッジとなります。

POL = 1の場合、リセット・ピンはアクティブ“L”となり出力ラッチは反転されます。従って、RSTピンを“L”に引き下げると出力ラッチはリセットされ、OUTピンは“H”に強制されます。RSTを“H”に引き上げると出力を発振させることができます。この場合、次の立ち下がりエッジは内部発振器の信号の立ち下がりエッジとなります。

マスタ発振器の周波数と位相はRSTピンの影響を受けないことに注意してください。LTC6991はRSTがアクティブであっても内部では発振し続けています。リセット機能によって出力パルスをブロックすることができますが、時間上の正確な位置はLTC6991の電源サイクリングによってのみ変更可能です。

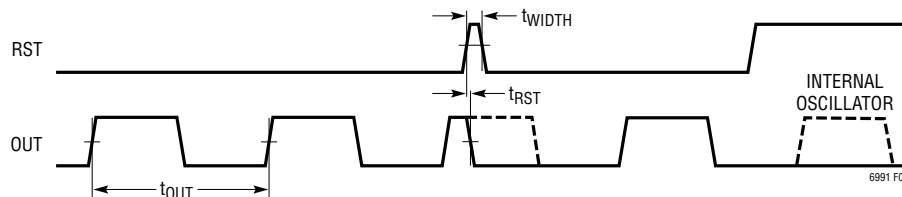


図3. RSTのタイミング図 (POL=0)

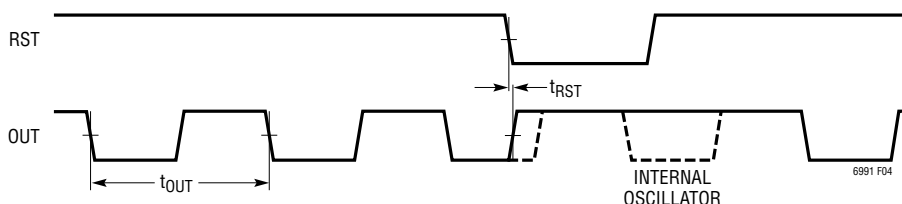


図4. RSTのタイミング図 (POL=1)

動作

起動後のDIVCODEの変更

タイマが起動された後も、A/Dコンバータは V_{DIV} の変化をモニタし続けます。LTC6991はDIVCODEの変化に1サイクル以内で応答します。

$$t_{DIVCODE} < 500 \cdot t_{MASTER} < t_{OUT}$$

周波数の遷移中は、出力は不正確なパルスとなる可能性があります。しかし、この遷移期間中はグリッチがなく、“H”または“L”パルスがマスタ・クロックの周期より短くなることはありません。出力に変化が生じる前にDIVCODEが確実に新しい値に落ち着くようにするためにデジタルフィルタが使用されています。

起動時間

電源が初めて投入されたとき、パワーオン・リセット(POR)回路が起動時間 t_{START} を開始します。この期間中、OUTピンは“L”に保持されます。 t_{START} の標準値は、マスタ発振器の周波数(N_{DIV} には無関係)に応じて0.5ms~8msの範囲で変動します。

$$t_{START(TYP)} = 500 \cdot t_{MASTER}$$

起動期間中は、出力が有効になる前にA/Dコンバータが正しいDIVCODEを決定しなければなりません。電源またはDIVピ

ンの電圧が安定しない場合、起動時間は増加する可能性があります。このため、 V^+ を正確にトラッキングできるようにDIVピンの容量を最小化することが推奨されます。この容量値は100pF以下であれば性能に影響がありません。

起動時の動作

電源が初めて投入されたとき、出力は“L”に保持されます。起動時間の最後に極性が非反転(POL = 0)に設定され、かつ出力がイネーブルされている(RST = 0)場合、OUTは発振を開始します。起動時間の最後に出力がリセットされている(RST = 1)場合、最初のパルスはスキップされます。後続のパルスもRST = 0になるまではスキップされます。

反転動作の場合(POL = 1)、起動シーケンスは同様です。しかし、LTC6991は最初に電源が投入されたとき正しいDIVCODE設定を知らないため、出力はデフォルトで“L”になります。 t_{START} の最後にDIVCODEの値が認識され、POL = 1であるためにOUTは“H”(非アクティブ)に移行します。RST = 1(非アクティブ)の場合、OUTは単一 t_{MASTER} サイクル後に迅速に“L”になります。起動時間の最後でRST = 0の場合、出力はリセット状態のまま、“H”を維持します。

図7~10は可能な4通りの起動シーケンスを示しています。

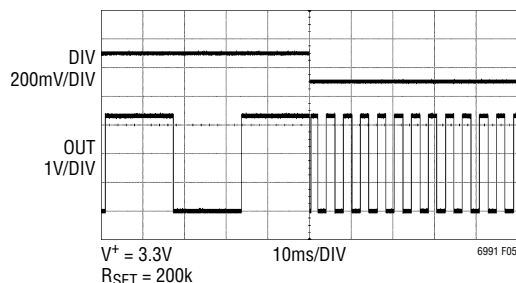


図5. DIVCODEが1から0に変わった場合

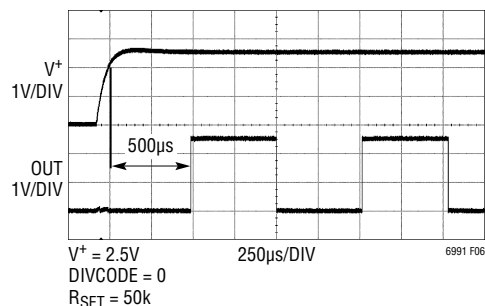


図6. 標準的な起動波形

動作

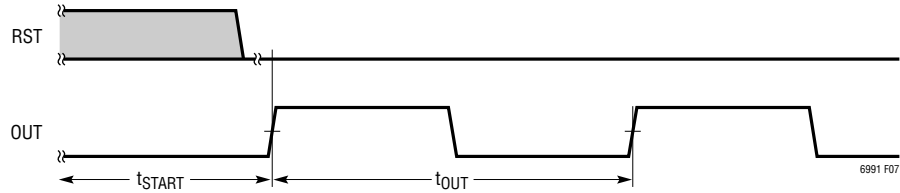


図7. 起動時のタイミング図 (RST=0, POL=0)

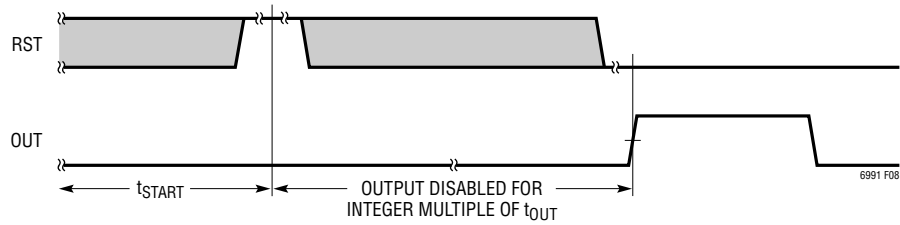


図8. 起動時のタイミング図 (RST=1, POL=0)

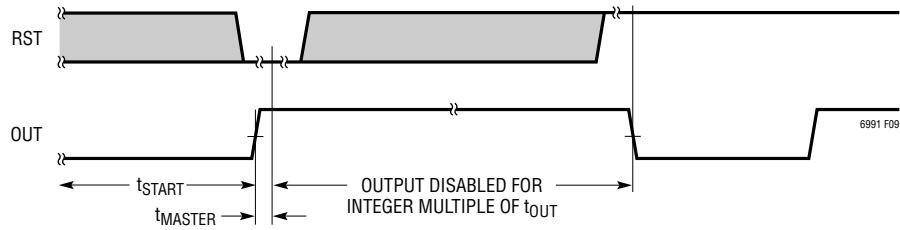


図9. 起動時のタイミング図 (RST=0, POL=1)

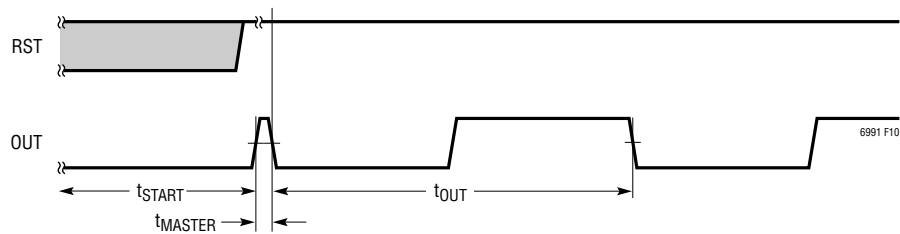


図10. 起動時のタイミング図 (RST=1, POL=1)

アプリケーション情報

基本動作

LTC6991をプログラムする最も簡単で最も正確な方法は、SETピンとGNDピン間に接続された1本の抵抗 R_{SET} を使うことです。プログラムは3つの手順で行います。最初にPOLビットを選択し、次に N_{DIV} の値を設定し、最後に R_{SET} の抵抗値を計算します。

また、リニアテクノロジーはLTC6991ベースの回路を素早く設計するために、使いやすいTimerBlox設計ツールを提供しています。<http://www.linear-tech.co.jp/timerblox>から、無料のTimerBlox設計ソフトウェアをダウンロードしてください。

手順1: POLビットの設定を選択する

LTC6991はPOLビットの設定によって、通常(アクティブ”H”)モード、または反転(アクティブ”L”)モードのいずれかで動作することができます。アプリケーションに応じて、最適なモードを選択します。

手順2: 分周比 N_{DIV} を選択する

既に説明したように、DIVピンの電圧がPOLビットと N_{DIV} 値の両方を決定するDIVCODEを設定します。与えられた出力クロック周期に対して、 N_{DIV} は以下の範囲内に収まるように選択します。

$$\frac{t_{OUT}}{16.384ms} \leq N_{DIV} \leq \frac{t_{OUT}}{1.024ms} \quad (1)$$

電源電流を最小限に抑えるために、最小の N_{DIV} 値(通常は推奨されます)を選んでください。または別の方法として、与えられたアプリケーションに対して最善の N_{DIV} 値を選択するために表1を使用することもできます。

POLが既に選択されていれば、これでDIVCODEの選択は完了です。表1を用いて、DIVピンに基準電圧を供給するための適切な抵抗分割器または V_{DIV}/V^+ 比を選択してください。

手順3: R_{SET} の計算と選択

最後に、次の式を用いて R_{SET} の正しい値を計算します。

$$R_{SET} = \frac{50k}{1.024ms} \cdot \frac{t_{OUT}}{N_{DIV}} \quad (2)$$

計算された値に最も近い標準抵抗値を選択してください。

例: 最小の消費電力でアクティブ”H”のリセット入力を持つ1 Hzの発振器を設計するとします。

手順1: POLビットの設定を選択する

非反転(アクティブ”H”)モードでは、POL = 0を選択します。

手順2: 分周比 N_{DIV} を選択する

式(1)の要件を満たす N_{DIV} 値を、 $t_{OUT} = 1000ms$ を用いて選択します。

$$61.04 \leq N_{DIV} \leq 976.6$$

この場合、 N_{DIV} の可能な設定値は64と512の2つですが、 R_{SET} に大きな抵抗を使用した方が電源電流を小さくできるため、 $N_{DIV} = 64$ が最善の選択となります。POL = 0、 $N_{DIV} = 64$ であれば、DIVCODE = 2となります。表1を用いてDIVCODE = 2をプログラムするための抵抗値を求めると、 $R_1 = 976k$ 、 $R_2 = 182k$ となります。

手順3: R_{SET} を選択する

式(2)を用いて R_{SET} の正しい値を計算します。

$$R_{SET} = \frac{50k}{1.024ms} \cdot \frac{1000ms}{64} = 763k$$

763kという抵抗は標準の1%抵抗として用意されていないため、-0.7%の周波数シフトが許容できるなら768kの標準抵抗で置き換えてください。さもなければ、より正確な抵抗を得るために576k \times 187kのような標準抵抗の並列または直列接続を選択してください。

上記の結果、得られた完全な回路図を図11に示します。

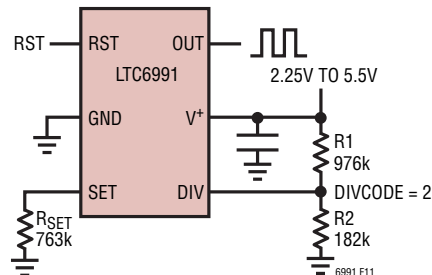


図11. 1Hz発振器

アプリケーション情報

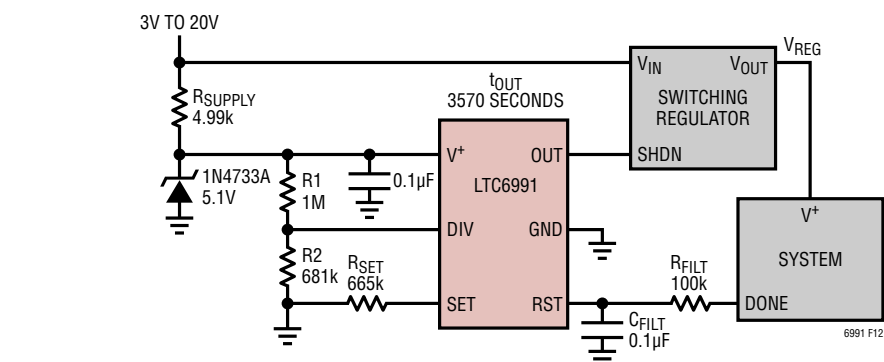
ウェイクアップ・タイマとしてのLTC6991

RSTピンによる出力ラッチ・リセット機能により、LTC6991は一定周期で大型のシステムをイネーブリングすることができます。オン時間はシステムによって制御することができます。この機能により、システムは作業を終了した後即座にシステム自体の電源供給を切断して消費電力の節約を図ることができます。

図12は、スイッチング・レギュレータとLTC6991を組み合わせるシステムをあるデューティサイクルで動作させるための「ブラックボックス」を用いた回路構成例を示します。場合によって

は、電源投入時にシステムの起動グリッチを除去するためにRST入力にRCフィルタを接続する必要があります。

LTC6991が5.5Vより高い電源電圧で動作可能なスイッチング・レギュレータをイネーブリングしている場合は、LTC6991に供給される電源電圧を制限する必要があります。LTC6991の出力負荷が大きくない場合や、大きな R_{SET} 抵抗が使用されている場合は、電源電流は $100\mu\text{A}$ をそれほど大きく上回らないので、ツェナー・ダイオードを使って簡単なレギュレータ回路を構成することができます。



システムは必要に応じて t_{ON} を延長することができる(最大で t_{OUT} の50%まで)

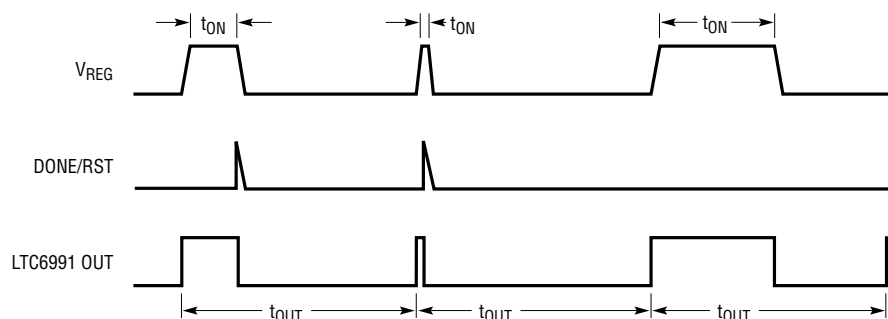


図12. 1時間に1回ずつシステムの電源を投入

アプリケーション情報

自己リセット回路

RSTピンはゆっくりと変化する入力電圧に対応できるようにヒステリシス特性を備えています。さらに、トリップポイントは電源電圧に比例して変わります(4頁のNote6、および「標準的性能特性」の「RSTのスレショルド電圧と電源電圧」のグラフを参照してください)。これにより、RST入力のRC時定数を用いて電源電圧にほとんど関係なくある遅延時間を発生することができます。

この技法の簡単な応用例として、LTC6991がそれ自体をリセットすることにより、十分に制御されたパルスを一サイクルに1つずつ発生する回路を構成することができます。図13aと図13bは1分ごとに幅約1μsのパルスを発生する回路例を示します。これら2つの回路の相違点は、パルスの正極性/負極性を決定するPOLビットの設定だけです。

電圧制御周波数発振器

抵抗を1本追加することにより、LTC6991の出力周波数を外部電圧で制御できるようになります。図14に示すように、電圧V_{CTRL}はR_{VCO}を介して電流をソースまたはシンクすることによってI_{SET}電流を変化させ、結果として以下の式(3)で示されるように出力周波数を変えます。

$$f_{OUT} = \frac{1\text{MHz} \cdot 50\text{k}\Omega}{1024 \cdot N_{DIV} \cdot R_{VCO}} \cdot \left(1 + \frac{R_{VCO}}{R_{SET}} - \frac{V_{CTRL}}{V_{SET}}\right) \quad (3)$$

デジタル周波数制御

制御電圧をDAC(D/Aコンバータ)で生成することにより、デジタル制御の周波数発振器を構成することができます。多くのDACは外部リファレンスを使用可能です。そのようなDACをV_{CTRL}電圧の生成のために利用すれば、図15に示すようにV_{SET}を一旦バッファし、それをDACのリファレンス電圧として使用することによって、V_{SET}依存性を除去することができます。DACの出力電圧がV_{SET}の変動をトラッキングし、その変動分を誤差源として除去します。DACのREF入力に流れる電流が周波数に影響を与える可能性があるため、SETピンをDACのリファレンス入力に直接接続することはできません。

最適範囲外のI_{SET} (最適範囲外のマスタ発振器周波数)

I_{SET}の値が推奨される1.25μA～20μAの範囲から外れた場合、マスタ発振器は最も精度が高い周波数62.5kHz～1MHzの範囲外で動作するようになります。

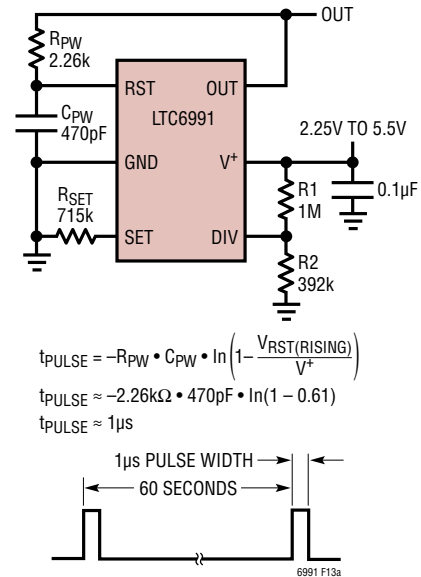


図13a. 自己リセット回路 (DIVCODE=4)

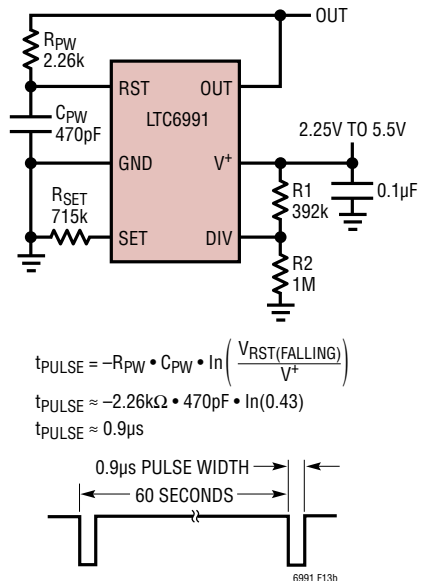


図13b. 自己リセット回路 (DIVCODE=11)

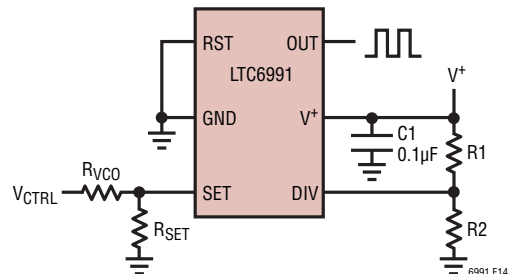


図14. 電圧制御発振器

アプリケーション情報

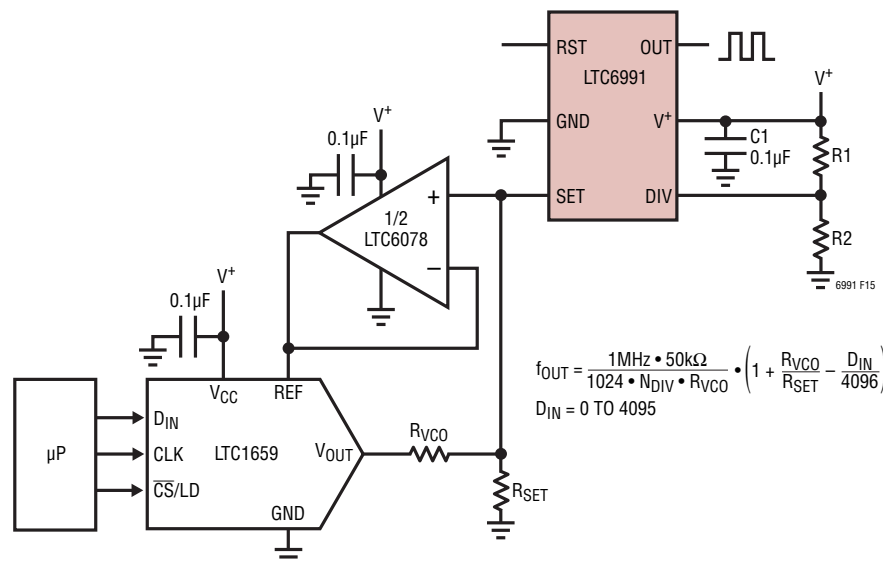


図15. デジタル制御発振器

$I_{SET} < 1.25\mu\text{A}$ でも、発振器は精度が低下しますが依然として発振することができます。しかし、およそ500nA付近で発振器の出力は現在の状態でフリーズされます。出力は“H”または“L”状態に固定されます。これにより、非常に低い周波数の出力の周波数を変えるとき短いパルスの発生を防ぐことができます。

周波数が極端に高くなる場合、DIVピンの精度がADCの精度に影響するため2MHz以上でマスタ発振器を動かすことは推奨しません。

周波数変調とセトリング時間

LTC6991は I_{SET} の変化に対して $0.4 \cdot f_{OUT}$ の-3dB帯域幅まで応答します。

I_{SET} の2倍または0.5倍のステップ変化に続いて、出力周波数が最終値の1%以内にセトリングするまでの時間は1サイクル以下です。

電源電流

電源電流は周波数、電源電圧および出力の負荷とともに変化します。電源電流は、いかなる条件下でも以下の式を用

いて計算することができます。この式は C_{LOAD} を無視しており($C_{LOAD} < 1\text{nF}$ なら無視可能)、出力のデューティサイクルは50%であると仮定しています。

$$I_{S(TYP)} \approx V^+ \cdot f_{MASTER} \cdot 7.8\text{pF} + \frac{V^+}{420\text{k}\Omega} + \frac{V^+}{2 \cdot R_{LOAD}} + 1.8 \cdot I_{SET} + 50\mu\text{A}$$

電源のバイパスとPCBレイアウトのガイドライン

LTC6991は適切な方法で使用されているときには、精度2.2%の発振器となります。使い方は簡単であり、いくつかのルールに従うことにより期待通りの性能を容易に得ることができます。そのために最も大切なことは、電源ラインへのバイパス・コンデンサの配置とPCBレイアウトを適切に行うことです。

0603サイズの受動素子を用いた、TSOT-23およびDFNパッケージの両方に対するPCBレイアウトの例を図16に示します。このレイアウトでは、LTC6991の真下と周囲にグランドプレーン層を設けた2層のPCB基板を採用しています。これらのレイアウトは単なるガイドラインであり、正確にその通り従う必要はありません。

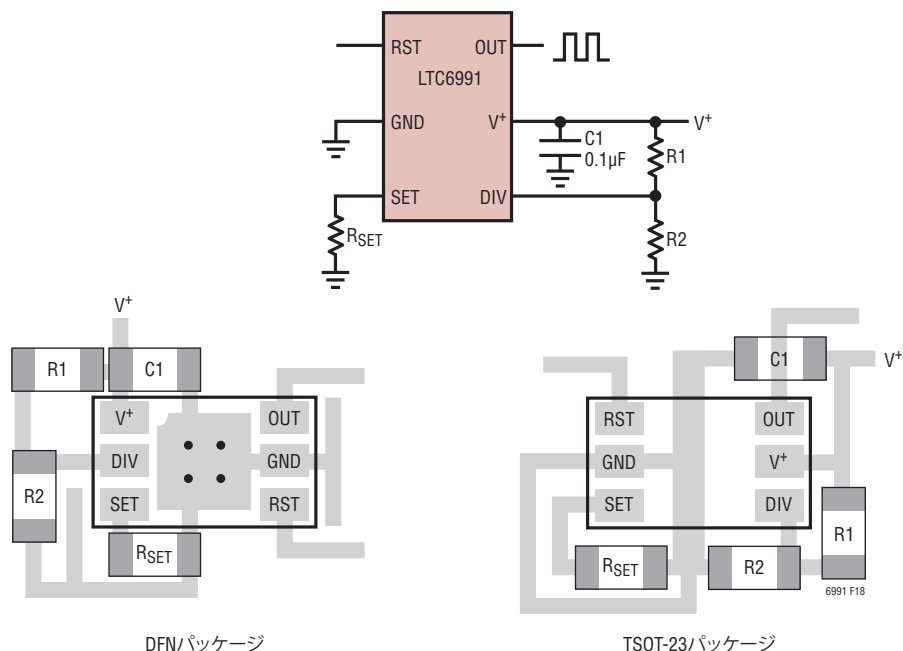
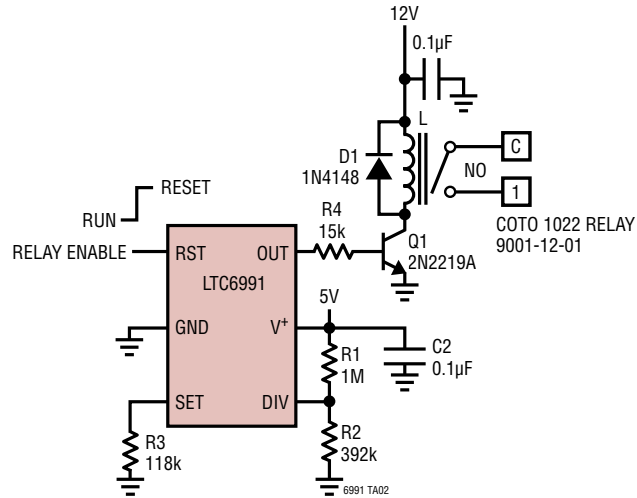


図16. 電源のバイパスとPCBレイアウト

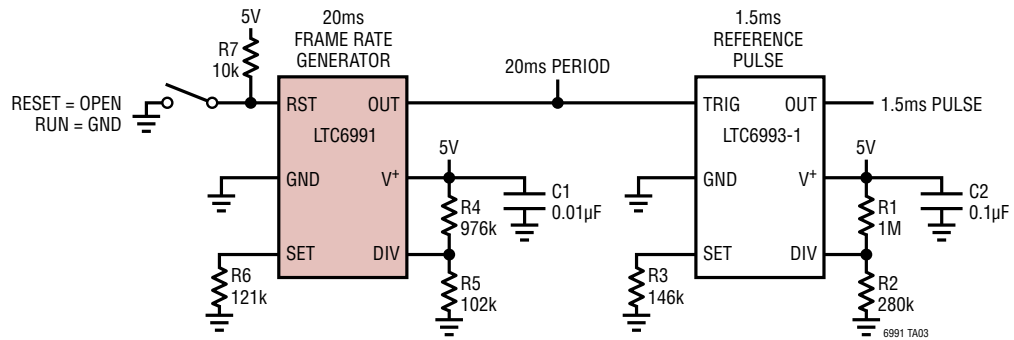
1. 低インダクタンスの経路を用いて、バイパス・コンデンサC1を直接V⁺ピンとGNDピンに接続してください。C1からV⁺ピンへの接続は最上層で直接簡単に行うことができます。DFNパッケージの場合、C1のGNDへの接続も最上層を用いて簡単に行うことができます。TSOT-23パッケージの場合、OUTはC1とGNDとの良好な接続を可能にするためにC1パッドを介して配線することができます。PCBのデザインルールでそれが許されていない場合、C1のGND接続はグランドプレーンへの複数のビアを通して行います。インダクタンスを最小限に抑えるために、グランドプレーンへのGNDピンの接続およびC1ピンの接続の両方に対して複数のビアを用いた接続が推奨されます。C1は0.1µFのセラミック・コンデンサを使用してください。
2. トレースのインダクタンスを最小限に抑えるために、すべての受動素子をPCB基板の上面に配置してください。
3. R_{SET}はSETピンのできるだけ近くに配置し、直接最短距離で接続します。SETピンは電流が加算されるノードであり、このピンに注入される電流が動作周波数を直接変調します。配線を極力短くすることにより露出部分を短くして信号との結合を最小限にすることができます。
4. R_{SET}の一端を直接GNDピンに接続してください。グランドプレーンとの接続を長くしたりビアを介して接続しても精度には大きな影響を与えませんが、できるだけ短い距離で直接接続することを推奨します。
5. グランド・トレースを用いてSETピンをシールドしてください。これにより、放射信号に対する保護が一層強化されます。
6. R1とR2はDIVピンの近くに配置してください。DIVピンへの接続を直接の短い配線で行うことにより外部信号との結合を最小限に抑えることができます。

標準的応用例

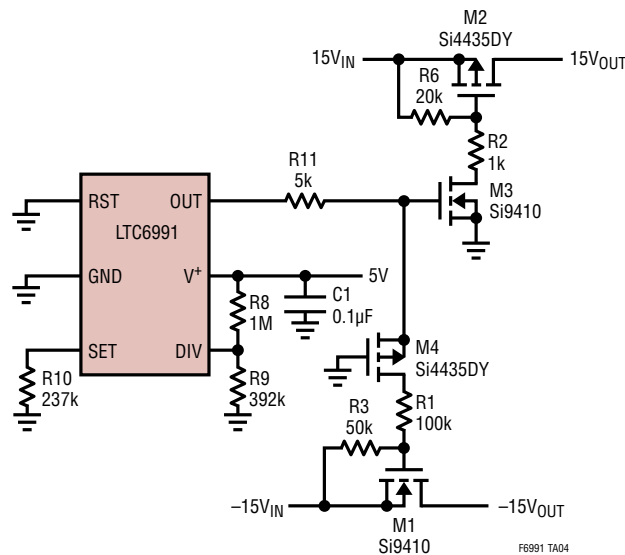
5秒間オン/オフで設計されたリレードライバ回路



1.5msラジコン・サーボ用基準パルス発生器

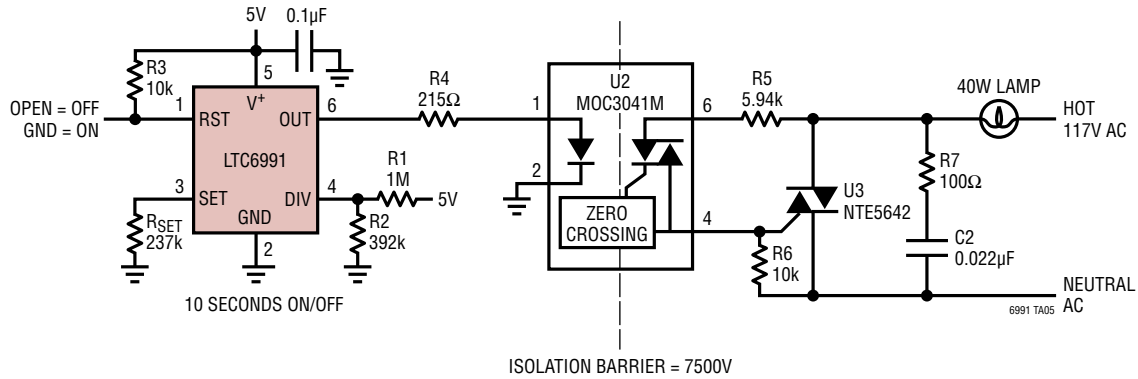


サイクリング(10秒オン/オフ)対称電源

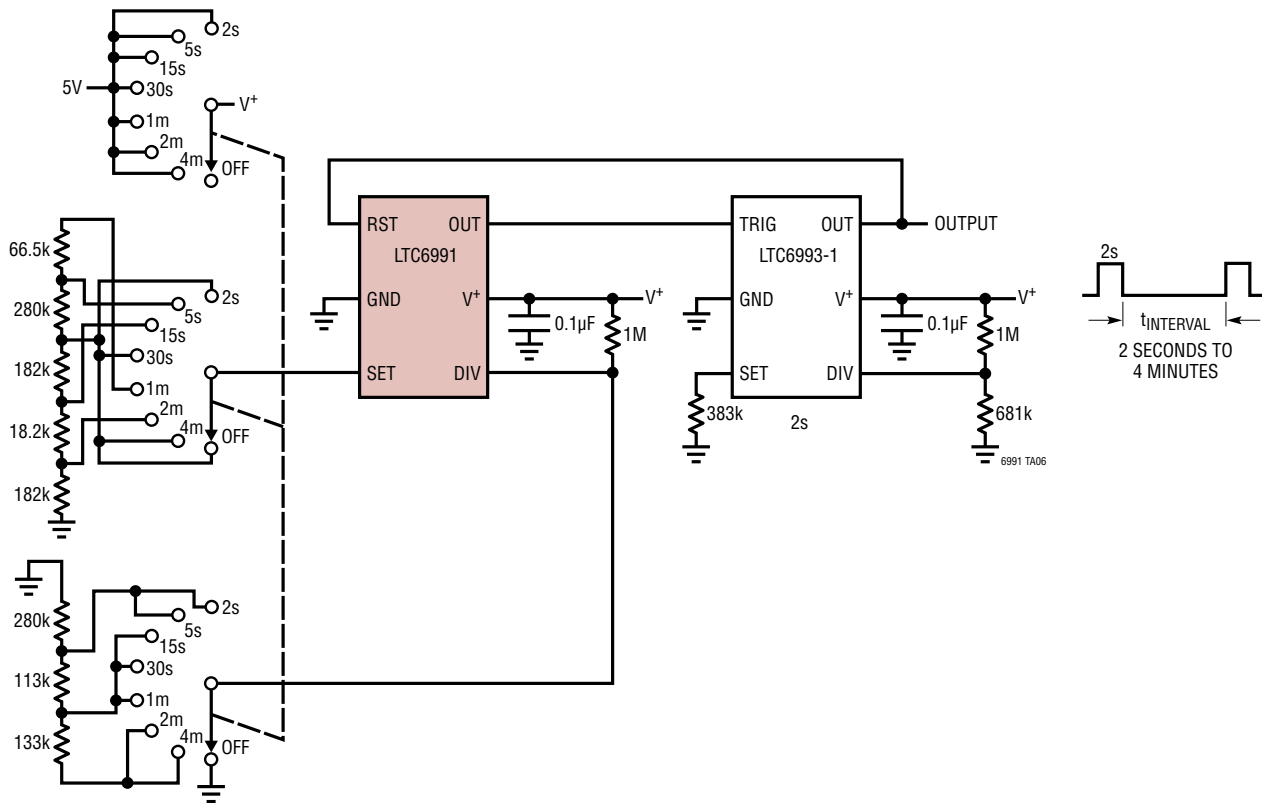


標準的応用例

絶縁型AC負荷フラッシャ



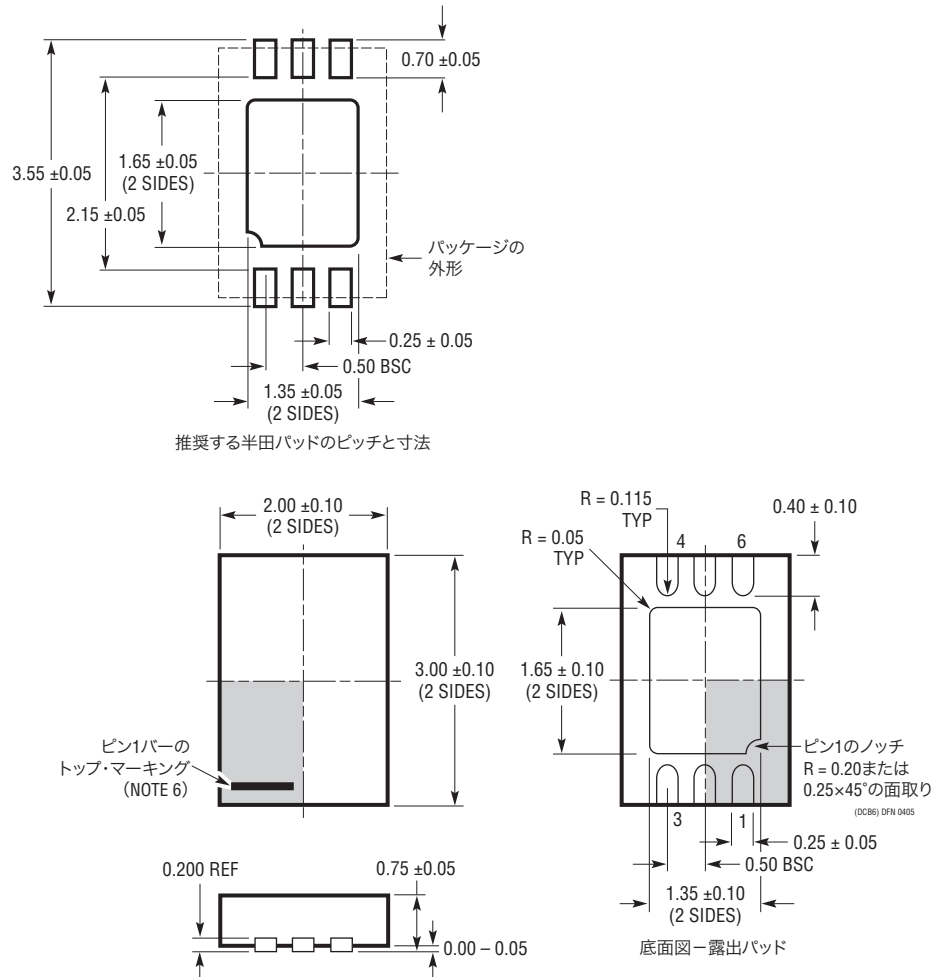
インターバル(ワイパー)タイマ



パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/>をご覧ください。

DCBパッケージ
6ピン・プラスチックDFN (2mm×3mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1715 Rev A)



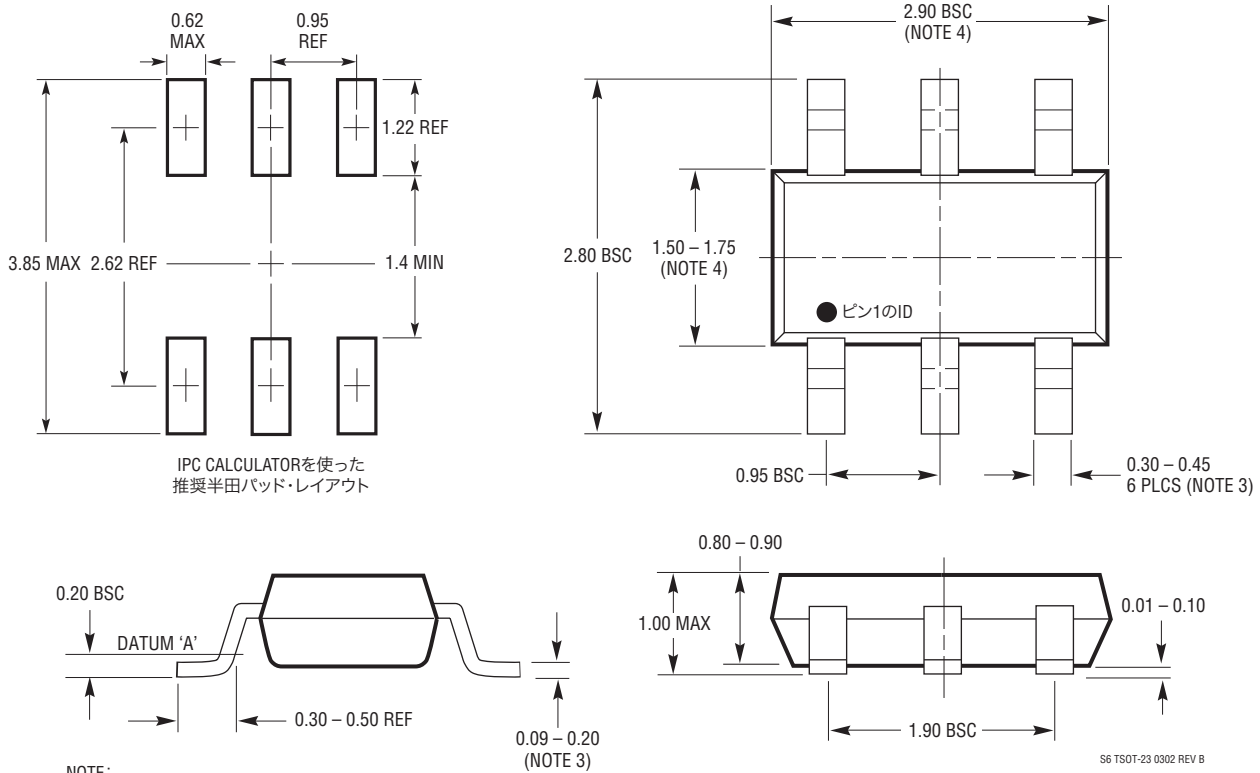
NOTE:

1. 図はJEDECのパッケージ外形MO-229のバリエーション(未定)になる予定
2. 図は実寸とは異なる
3. すべての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない

パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/>をご覧ください。

S6パッケージ
6ピン・プラスチックTSOT-23
 (Reference LTC DWG # 05-08-1636)



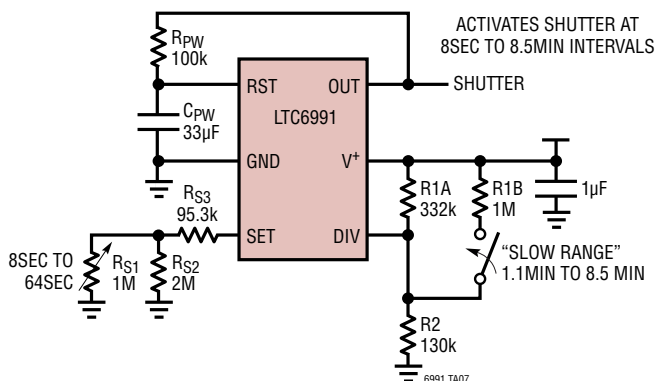
- NOTE:
1. 寸法はミリメートル
 2. 図は実寸とは異なる
 3. 寸法にはメッキを含む
 4. 寸法にモールドのバリやメタルのバリを含まない
 5. モールドのバリは0.254mmを超えてはならない
 6. JEDECパッケージ参照番号はMO-193

改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	7/11	「概要」「標準的応用例」「発注情報」セクションの改訂 「電気的特性」セクションに $\Delta f_{OUT}/\Delta V^+$ の追加情報とNote 11を追加 「標準的性能特性」セクションに「標準周波数誤差と時間」のグラフを追加 「アプリケーション情報」セクションの「基本動作」の段落に文章追加	1、2 3、4 6 14
B	1/12	MPグレードを追加	1、2、4

標準的応用例

低速度撮影用インターバルメータ



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC1799	ThinSOT パッケージの1MHz~33MHzシリコン発振器	広い周波数範囲
LTC6900	ThinSOT パッケージの1MHz~20MHzシリコン発振器	低消費電力、広い周波数範囲
LTC6906/LTC6907	ThinSOT パッケージの10kHz~1MHzまたは40kHz シリコン発振器	マイクロパワー、電源電流:400kHz で35µA
LTC6930	32.768kHz~8.192MHzの固定周波数発振器	周波数誤差:0.09%、起動時間:110µs、電源電流:32kHz で105µA
LTC6990	TimerBlox: 電圧制御シリコン発振器	固定周波数または電圧制御動作
LTC6992	TimerBlox: 電圧制御パルス幅変調器 (PWM)	周波数範囲が広いシンプルなPWM
LTC6993	TimerBlox: 単安定パルス発生器 (ワンショット)	抵抗で設定可能なパルス幅:1µs~34秒
LTC6994	TimerBlox: 遅延ブロック/デバウンス	立ち上がりエッジ/立ち下がりエッジの一方または両方に遅延を付加、遅延範囲:1µs~34秒