

# TimerBlox 電圧制御パルス幅 変調器(PWM)

## 特長

- 0V～1Vの簡単なアナログ入力で制御されるパルス幅変調(PWM)
- デューティサイクルのリミットを定める4種類のオプション
  - 最小デューティサイクルが0%または5%
  - 最大デューティサイクルが95%または100%
- 周波数範囲: 3.81Hz～1MHz
- 1～3本の抵抗で設定可能
- 周波数誤差: 最大で1.7%未満
- PWMのデューティサイクルの誤差: 最大で3.7%未満
- 周波数変調(VCO)が可能
- 2.25V～5.5Vの単一電源動作
- 電源電流: 100kHzで115μA
- 起動時間: 500μs
- 20mAをソース/シンクするCMOS出力ドライバ
- -55℃～125℃の動作温度範囲
- 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

- PWMサーボループ
- ヒーター制御
- LED調光制御
- 高振動、高加速環境
- バッテリー駆動の携帯機器

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®6992は、使いやすいアナログ電圧制御パルス幅変調(PWM)機能を備えたシリコン発振器です。LTC6992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<sub>SET</sub>)により、内部のマスター発振器の周波数が設定されます。出力周波数は、このマスター発振器と、1から16384までの8つの設定値にプログラム可能な内部分周器(N<sub>DIV</sub>)によって決まります。

$$f_{OUT} = \frac{1\text{MHz}}{N_{DIV}} \cdot \frac{50\text{k}\Omega}{R_{SET}}, N_{DIV} = 1, 4, 16 \dots 16384$$

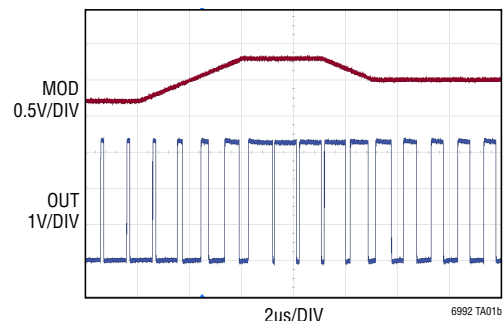
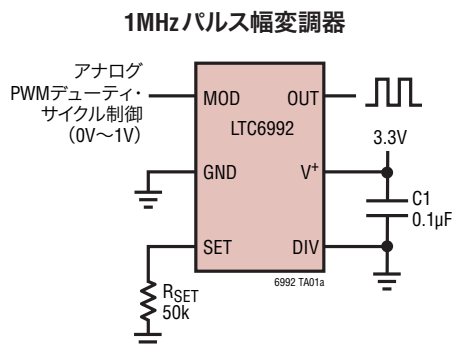
MODピンに0V～1Vの電圧を与えると、デューティ・サイクルが設定されます。

4つのバージョンはそれらの最小/最大デューティ・サイクルが異なります。0%の最小デューティ・サイクルまたは100%の最大デューティ・サイクルにより、デューティ・サイクルの限界設定値で発振器を停止させることができます。

製品名	PWMデューティ・サイクル範囲
LTC6992-1	0% to 100%
LTC6992-2	5% to 95%
LTC6992-3	0% to 95%
LTC6992-4	5% to 100%

LTC6992を容易に設定するには、<http://www.linear-tech.co.jp/timerblox>から「TimerBlox Designer」ツールをダウンロードしてください。

## 標準的応用例



69921234fc

# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 絶対最大定格 (Note 1)

電源電圧 ( $V^+$ ) から GND ..... 6V

全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)

LTC6992C .....  $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$

LTC6992I .....  $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$

LTC6992H .....  $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

LTC6992MP .....  $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

規定温度範囲 (Note 3)

LTC6992C .....  $0^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$

LTC6992I .....  $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$

LTC6992H .....  $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

LTC6992MP .....  $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

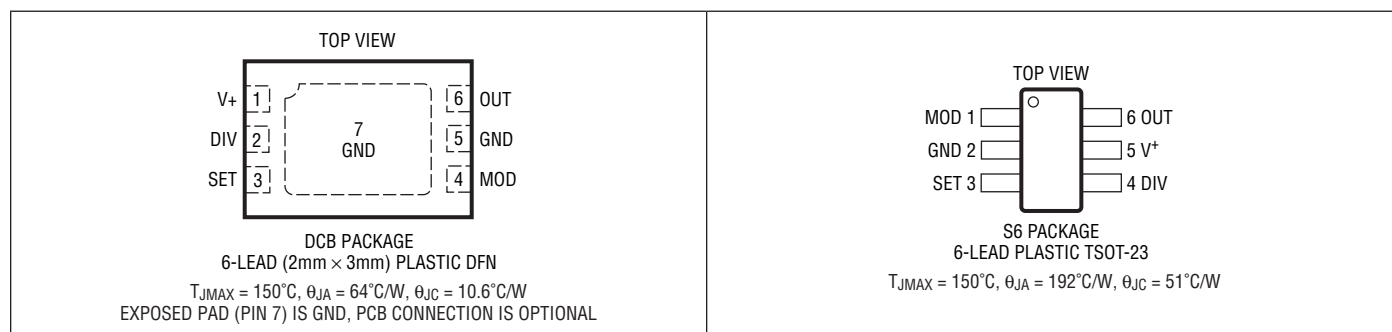
接合部温度 .....  $150^{\circ}\text{C}$

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 .....  $300^{\circ}\text{C}$

## 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	規定温度範囲
LTC6992CDCB-1#TRMPBF	LTC6992CDCB-1#TRPBF	LDXC	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	$0^{\circ}\text{C}$ to $70^{\circ}\text{C}$
LTC6992IDCB-1#TRMPBF	LTC6992IDCB-1#TRPBF	LDXC	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	$-40^{\circ}\text{C}$ to $85^{\circ}\text{C}$
LTC6992HDCB-1#TRMPBF	LTC6992HDCB-1#TRPBF	LDXC	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	$-40^{\circ}\text{C}$ to $125^{\circ}\text{C}$
LTC6992CS6-1#TRMPBF	LTC6992CS6-1#TRPBF	LTDXB	6-Lead Plastic TSOT-23	$0^{\circ}\text{C}$ to $70^{\circ}\text{C}$
LTC6992IS6-1#TRMPBF	LTC6992IS6-1#TRPBF	LTDXB	6-Lead Plastic TSOT-23	$-40^{\circ}\text{C}$ to $85^{\circ}\text{C}$
LTC6992HS6-1#TRMPBF	LTC6992HS6-1#TRPBF	LTDXB	6-Lead Plastic TSOT-23	$-40^{\circ}\text{C}$ to $125^{\circ}\text{C}$
LTC6992CDCB-2#TRMPBF	LTC6992CDCB-2#TRPBF	LDXF	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	$0^{\circ}\text{C}$ to $70^{\circ}\text{C}$
LTC6992IDCB-2#TRMPBF	LTC6992IDCB-2#TRPBF	LDXF	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	$-40^{\circ}\text{C}$ to $85^{\circ}\text{C}$
LTC6992HDCB-2#TRMPBF	LTC6992HDCB-2#TRPBF	LDXF	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	$-40^{\circ}\text{C}$ to $125^{\circ}\text{C}$
LTC6992CS6-2#TRMPBF	LTC6992CS6-2#TRPBF	LTDXD	6-Lead Plastic TSOT-23	$0^{\circ}\text{C}$ to $70^{\circ}\text{C}$
LTC6992IS6-2#TRMPBF	LTC6992IS6-2#TRPBF	LTDXD	6-Lead Plastic TSOT-23	$-40^{\circ}\text{C}$ to $85^{\circ}\text{C}$
LTC6992HS6-2#TRMPBF	LTC6992HS6-2#TRPBF	LTDXD	6-Lead Plastic TSOT-23	$-40^{\circ}\text{C}$ to $125^{\circ}\text{C}$
LTC6992CDCB-3#TRMPBF	LTC6992CDCB-3#TRPBF	LFCP	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	$0^{\circ}\text{C}$ to $70^{\circ}\text{C}$
LTC6992IDCB-3#TRMPBF	LTC6992IDCB-3#TRPBF	LFCP	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	$-40^{\circ}\text{C}$ to $85^{\circ}\text{C}$
LTC6992HDCB-3#TRMPBF	LTC6992HDCB-3#TRPBF	LFCP	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	$-40^{\circ}\text{C}$ to $125^{\circ}\text{C}$
LTC6992CS6-3#TRMPBF	LTC6992CS6-3#TRPBF	LTFCQ	6-Lead Plastic TSOT-23	$0^{\circ}\text{C}$ to $70^{\circ}\text{C}$
LTC6992IS6-3#TRMPBF	LTC6992IS6-3#TRPBF	LTFCQ	6-Lead Plastic TSOT-23	$-40^{\circ}\text{C}$ to $85^{\circ}\text{C}$
LTC6992HS6-3#TRMPBF	LTC6992HS6-3#TRPBF	LTFCQ	6-Lead Plastic TSOT-23	$-40^{\circ}\text{C}$ to $125^{\circ}\text{C}$

69921234fc

## 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	規定温度範囲
LTC6992CDCB-4#TRMPBF	LTC6992CDCB-4#TRPBF	LFCR	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC6992IDCB-4#TRMPBF	LTC6992IDCB-4#TRPBF	LFCR	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LTC6992HDCB-4#TRMPBF	LTC6992HDCB-4#TRPBF	LFCR	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC6992CS6-4#TRMPBF	LTC6992CS6-4#TRPBF	LTFC	6-Lead Plastic TSOT-23	0°C to 70°C
LTC6992IS6-4#TRMPBF	LTC6992IS6-4#TRPBF	LTFC	6-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 85°C
LTC6992HS6-4#TRMPBF	LTC6992HS6-4#TRPBF	LTFC	6-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LTC6992MPS6-1#TRMPBF	LTC6992MPS6-1#TRPBF	LTDXB	6-Lead Plastic TSOT-23	-55°C to 125°C
LTC6992MPS6-2#TRMPBF	LTC6992MPS6-2#TRPBF	LTDXD	6-Lead Plastic TSOT-23	-55°C to 125°C
LTC6992MPS6-3#TRMPBF	LTC6992MPS6-3#TRPBF	LTFCQ	6-Lead Plastic TSOT-23	-55°C to 125°C
LTC6992MPS6-4#TRMPBF	LTC6992MPS6-4#TRPBF	LTFC	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。

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値。注記がない限り、テスト条件は、 $V^+ = 2.25\text{V} \sim 5.5\text{V}$ 、 $V_{\text{MOD}} = 0\text{V} \sim V_{\text{SET}}$ 、 $\text{DIVCODE} = 0 \sim 15$  ( $N_{\text{DIV}} = 1 \sim 16, 384$ )、 $R_{\text{SET}} = 50\text{k} \sim 800\text{k}$ 、 $R_{\text{LOAD}} = 5\text{k}$ 、 $C_{\text{LOAD}} = 5\text{pF}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
発振器周波数						
$f_{\text{OUT}}$	Output Frequency		3.81		1000000	Hz
$\Delta f_{\text{OUT}}$	Frequency Accuracy (Note 4)	$3.81\text{Hz} \leq f_{\text{OUT}} \leq 1\text{MHz}$		$\pm 0.8$	$\pm 1.7$ $\pm 2.4$	% %
$\Delta f_{\text{OUT}}/\Delta T$	Frequency Drift Over Temperature			$\pm 0.005$		%/°C
$\Delta f_{\text{OUT}}/\Delta V^+$	Frequency Drift Over Supply	$V^+ = 4.5\text{V to } 5.5\text{V}$ $V^+ = 2.25\text{V to } 4.5\text{V}$		0.25 0.08	0.65 0.18	%/V %/V
	Long-Term Frequency Stability	(Note 10)		90		ppm/ $\sqrt{\text{kHz}}$
	Period Jitter (Note 9)	$N_{\text{DIV}} = 1$		1.2		%P-P
		$N_{\text{DIV}} = 4$		0.4 0.07		%P-P %RMS
		$N_{\text{DIV}} = 16$		0.15 0.022		%P-P %RMS
パルス幅変調						
$\Delta D$	PWM Duty Cycle Accuracy	$V_{\text{MOD}} = 0.2 \cdot V_{\text{SET}} \text{ to } 0.8 \cdot V_{\text{SET}}$ $V_{\text{MOD}} = 0.2 \cdot V_{\text{SET}} \text{ to } 0.8 \cdot V_{\text{SET}}$ $V_{\text{MOD}} < 0.2 \cdot V_{\text{SET}} \text{ or } V_{\text{MOD}} > 0.8 \cdot V_{\text{SET}}$		$\pm 3.0$	$\pm 3.7$ $\pm 4.5$ $\pm 4.9$	% % %
$D_{\text{MAX}}$	Maximum Duty Cycle Limit	LTC6992-1/LTC6992-4, POL = 0, $V_{\text{MOD}} = 1\text{V}$		100		%
		LTC6992-2/LTC6992-3, POL = 0, $V_{\text{MOD}} = 1\text{V}$		90.5	95	99
$D_{\text{MIN}}$	Minimum Duty Cycle Limit	LTC6992-1/LTC6992-3, POL = 0, $V_{\text{MOD}} = 0\text{V}$				0
		LTC6992-2/LTC6992-4, POL = 0, $V_{\text{MOD}} = 0\text{V}$		1	5	9.5
$t_{\text{s,PWM}}$	Duty Cycle Settling Time (Note 6)	$t_{\text{MASTER}} = t_{\text{OUT}}/N_{\text{DIV}}$		$8 \cdot t_{\text{MASTER}}$		$\mu\text{s}$

# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値。注記がない限り、テスト条件は、 $V^+ = 2.25\text{V} \sim 5.5\text{V}$ 、 $V_{\text{MOD}} = 0\text{V} \sim V_{\text{SET}}$ 、 $\text{DIVCODE} = 0 \sim 15$  ( $N_{\text{DIV}} = 1 \sim 16,384$ )、 $R_{\text{SET}} = 50\text{k} \sim 800\text{k}$ 、 $R_{\text{LOAD}} = 5\text{k}$ 、 $C_{\text{LOAD}} = 5\text{pF}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>電源</b>						
$V^+$	Operating Supply Voltage Range		●	2.25	5.5	V
	Power-On Reset Voltage		●		1.95	V
$I_S$	Supply Current	$R_L = \infty$ , $R_{\text{SET}} = 50\text{k}$ , $N_{\text{DIV}} = 1$	●			
		$V^+ = 5.5\text{V}$	●	365	450	$\mu\text{A}$
		$V^+ = 2.25\text{V}$	●	225	285	$\mu\text{A}$
		$R_L = \infty$ , $R_{\text{SET}} = 50\text{k}$ , $N_{\text{DIV}} = 4$	●			
		$V^+ = 5.5\text{V}$	●	350	420	$\mu\text{A}$
		$V^+ = 2.25\text{V}$	●	225	280	$\mu\text{A}$
		$R_L = \infty$ , $R_{\text{SET}} = 50\text{k}$ , $N_{\text{DIV}} \geq 16$	●			
		$V^+ = 5.5\text{V}$	●	325	390	$\mu\text{A}$
		$V^+ = 2.25\text{V}$	●	215	265	$\mu\text{A}$
		$R_L = \infty$ , $R_{\text{SET}} = 800\text{k}$ , $N_{\text{DIV}} = 1 \text{ to } 16,384$	●			
		$V^+ = 5.5\text{V}$	●	120	170	$\mu\text{A}$
		$V^+ = 2.25\text{V}$	●	105	150	$\mu\text{A}$

## アナログ入力

$V_{\text{SET}}$	Voltage at SET Pin		●	0.97	1.00	1.03	V
$\Delta V_{\text{SET}}/\Delta T$	$V_{\text{SET}}$ Drift Over Temperature		●		$\pm 75$		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
$R_{\text{SET}}$	Frequency-Setting Resistor		●	50	800		$\text{k}\Omega$
	MOD Pin Input Capacitance				2.5		pF
	MOD Pin Input Current		●		$\pm 10$		nA
$V_{\text{MOD,HI}}$	$V_{\text{MOD}}$ Voltage for Maximum Duty Cycle	LTC6992-1/LTC6992-4, POL = 0, D = 100%	●		$0.90 \cdot V_{\text{SET}}$	$0.936 \cdot V_{\text{SET}}$	V
		LTC6992-2/LTC6992-3, POL = 0, D = 95%	●		$0.86 \cdot V_{\text{SET}}$		V
$V_{\text{MOD,LO}}$	$V_{\text{MOD}}$ Voltage for Minimum Duty Cycle	LTC6992-1/LTC6992-3, POL = 0, D = 0%	●	$0.064 \cdot V_{\text{SET}}$	$0.10 \cdot V_{\text{SET}}$		V
		LTC6992-2/LTC6992-4, POL = 0, D = 5%	●		$0.14 \cdot V_{\text{SET}}$		V
$V_{\text{DIV}}$	DIV Pin Voltage		●	0		$V^+$	V
$\Delta V_{\text{DIV}}/\Delta V^+$	DIV Pin Valid Code Range (Note 5)	Deviation from Ideal $V_{\text{DIV}}/V^+ = (\text{DIVCODE} + 0.5)/16$	●			$\pm 1.5$	%
	DIV Pin Input Current		●			$\pm 10\text{nA}$	

## デジタル出力

$I_{\text{OUT(MAX)}}$	Output Current	$V^+ = 2.7\text{V to } 5.5\text{V}$			$\pm 20$		mA
$V_{\text{OH}}$	High Level Output Voltage (Note 7)	$V^+ = 5.5\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = -1\text{mA}$	●	5.45	5.48		V
		$I_{\text{OUT}} = -16\text{mA}$	●	4.84	5.15		V
		$V^+ = 3.3\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = -1\text{mA}$	●	3.24	3.27		V
		$I_{\text{OUT}} = -10\text{mA}$	●	2.75	2.99		V
		$V^+ = 2.25\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = -1\text{mA}$	●	2.17	2.21		V
		$I_{\text{OUT}} = -8\text{mA}$	●	1.58	1.88		V
$V_{\text{OL}}$	Low Level Output Voltage (Note 7)	$V^+ = 5.5\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = 1\text{mA}$	●		0.02	0.04	V
		$I_{\text{OUT}} = 16\text{mA}$	●		0.26	0.54	V
		$V^+ = 3.3\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = 1\text{mA}$	●		0.03	0.05	V
		$I_{\text{OUT}} = 10\text{mA}$	●		0.22	0.46	V
		$V^+ = 2.25\text{V}$ $I_{\text{OUT}} = 1\text{mA}$	●		0.03	0.07	V
		$I_{\text{OUT}} = 8\text{mA}$	●		0.26	0.54	V
$t_r$	Output Rise Time (Note 8)	$V^+ = 5.5\text{V}$ , $R_{\text{LOAD}} = \infty$			1.1		ns
		$V^+ = 3.3\text{V}$ , $R_{\text{LOAD}} = \infty$			1.7		ns
		$V^+ = 2.25\text{V}$ , $R_{\text{LOAD}} = \infty$			2.7		ns
$t_f$	Output Fall Time (Note 8)	$V^+ = 5.5\text{V}$ , $R_{\text{LOAD}} = \infty$			1.0		ns
		$V^+ = 3.3\text{V}$ , $R_{\text{LOAD}} = \infty$			1.6		ns
		$V^+ = 2.25\text{V}$ , $R_{\text{LOAD}} = \infty$			2.4		ns

# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

**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。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:** LTC6992Cは-40°C～85°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:** LTC6992Cは0°C～70°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。LTC6992Cは-40°C～85°Cの温度範囲で性能仕様に適合するように設計され、特性が評価されており、性能仕様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。LTC6992Iは-40°C～85°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。LTC6992Hは-40°C～125°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。LTC6992MPは-55°C～125°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。

**Note 4:** 周波数の精度は、RSETを使って周波数がプログラムされているとして、fOUT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どのようにDIVCODEの値が選択されるかについての詳しい説明に関しては、「動作」のセクションの表1と図2を参照。

**Note 6:** デューティ・サイクルのセトリング時間は、設定値の±10%の変化後(VMODの±80mVステップ)、出力が最終デューティ・サイクルの±1%以内にセトリングするのに必要な時間である。

**Note 7:** ロジックICの標準規格に準拠して、ピンから流れ出す電流には任意に負の値が与えられる。

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

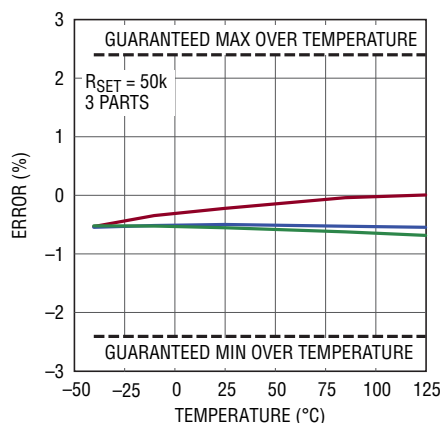
**Note 9:** ジッタは周期のピーク・トゥ・ピーク偏差の、平均周期に対する比。この仕様は特性評価に基づいており、全数テストは行われない。

**Note 10:** 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ppm/√kHr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8.77kHrであり、90ppm/√kHr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90ppm/√kHrのデバイスの場合9ppm/√kHrで近似することができる。

## 標準的性能特性

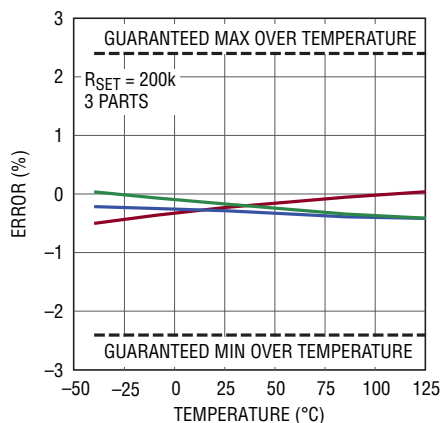
注記がない限り、V\* = 3.3V、RSET = 200k、およびTA = 25°C。

周波数誤差と温度



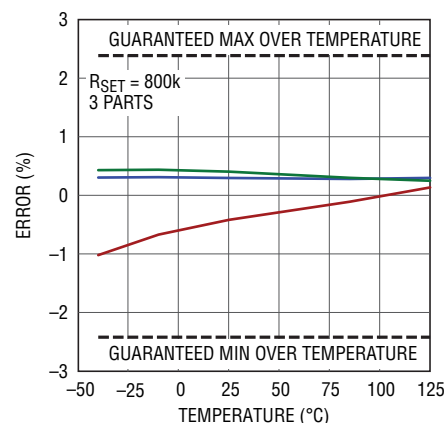
6992 G01

周波数誤差と温度



6992 G02

周波数誤差と温度



6992 G03

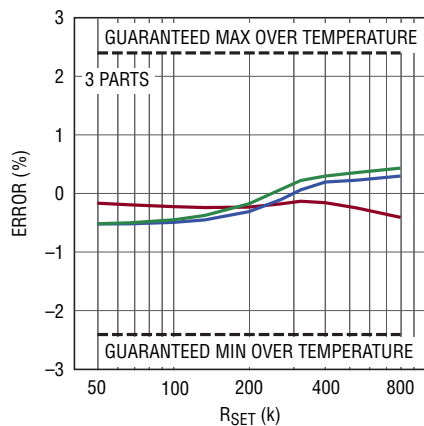
69921234fc

# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

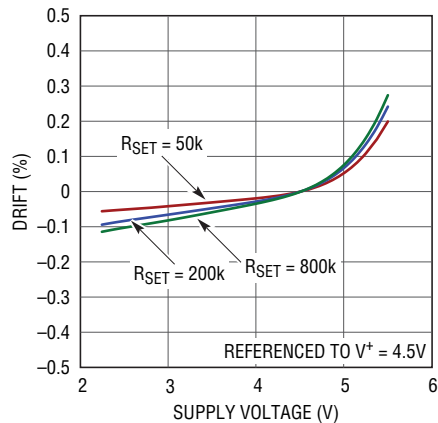
## 標準的性能特性

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

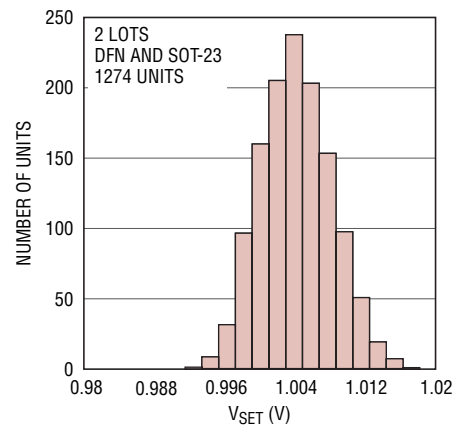
周波数誤差と  $R_{SET}$



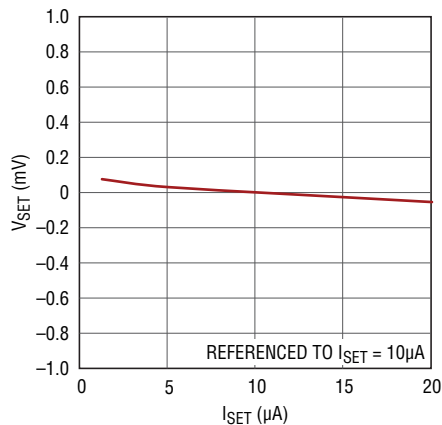
周波数ドリフトと電源電圧



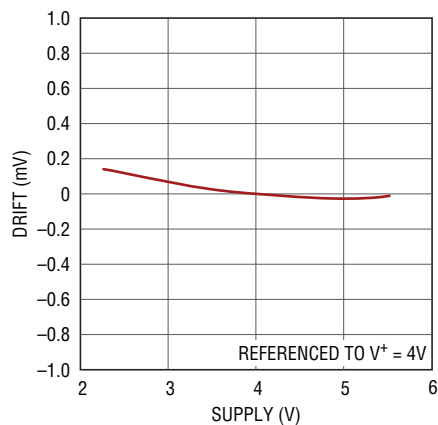
$V_{SET}$  の標準的分布



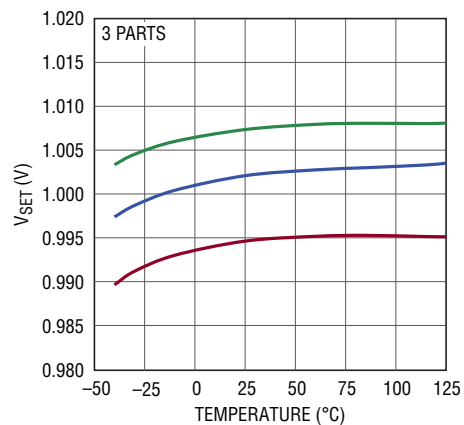
$V_{SET}$  のドリフトと  $I_{SET}$



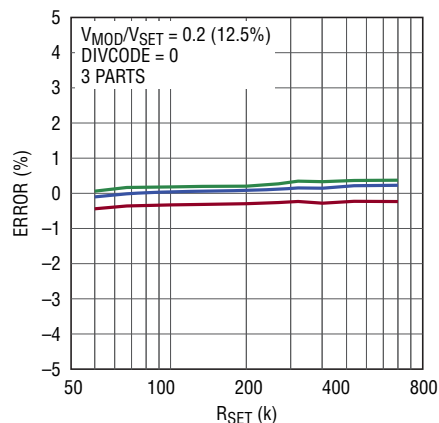
$V_{SET}$  のドリフトと電源電圧



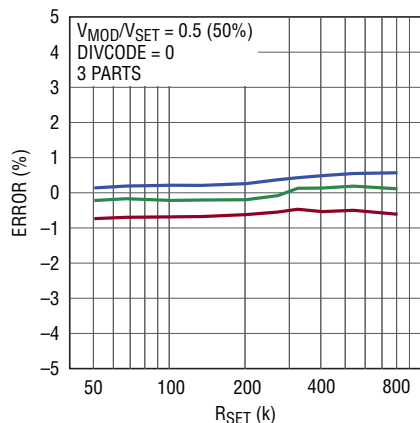
$V_{SET}$  と温度



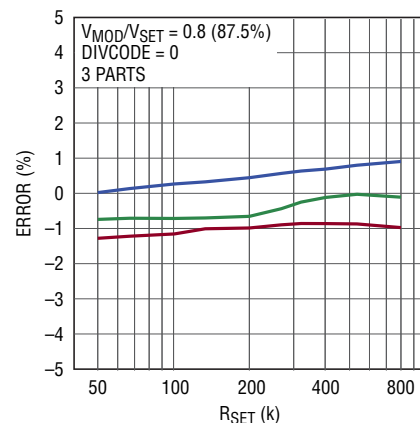
$N_{DIV} = 1$  デューティ・サイクル誤差  
と  $R_{SET}$



$N_{DIV} = 1$  デューティ・サイクル誤差  
と  $R_{SET}$



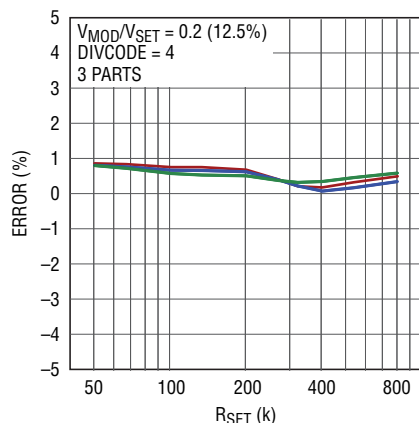
$N_{DIV} = 1$  デューティ・サイクル誤差  
と  $R_{SET}$



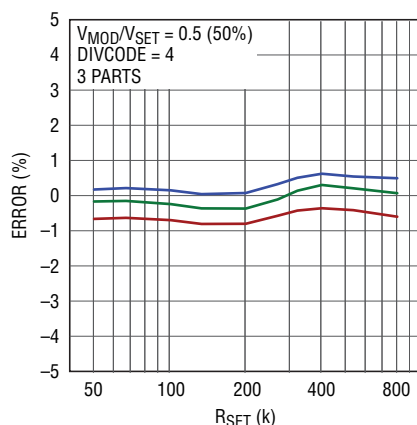
## 標準的性能特性

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

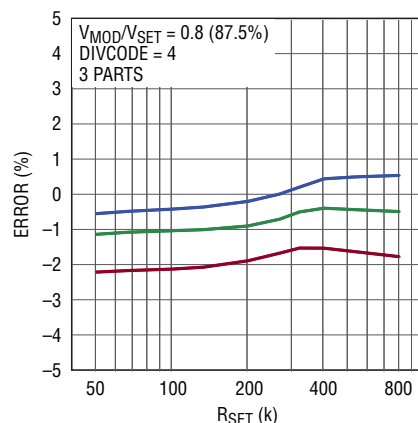
**N<sub>DIV</sub> > 1 デューティ・サイクル誤差  
と R<sub>SET</sub>**



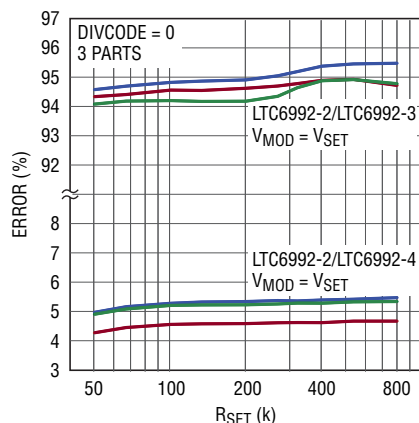
**N<sub>DIV</sub> > 1 デューティ・サイクル誤差  
と R<sub>SET</sub>**



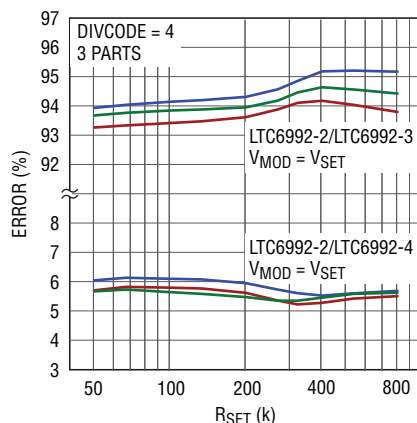
**N<sub>DIV</sub> > 1 デューティ・サイクル誤差  
と R<sub>SET</sub>**



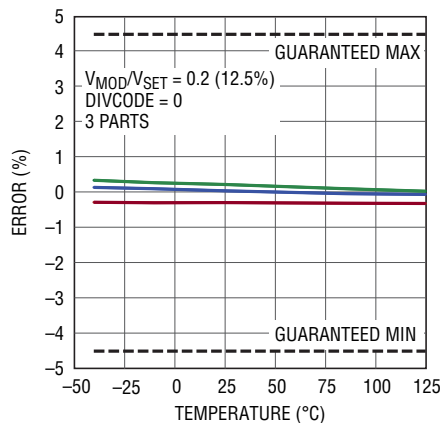
**N<sub>DIV</sub> = 1 デューティ・サイクル・  
クランプと R<sub>SET</sub>**



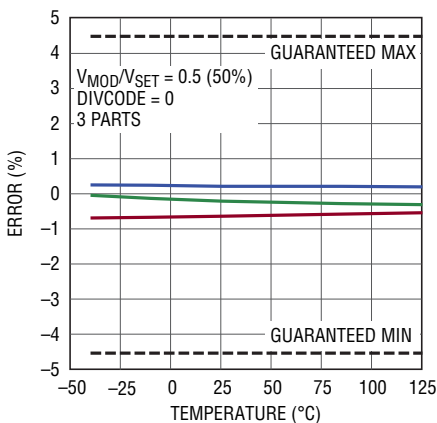
**N<sub>DIV</sub> > 1 デューティ・サイクル誤差  
と R<sub>SET</sub>**



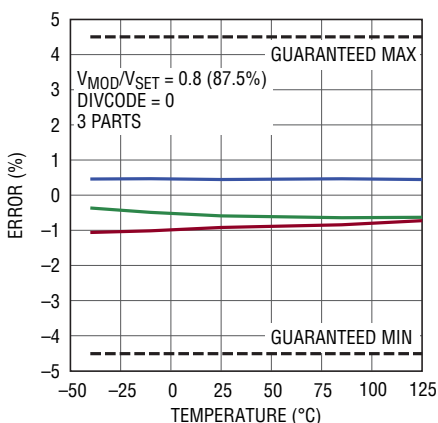
**N<sub>DIV</sub> = 1 デューティ・サイクル誤差  
と温度**



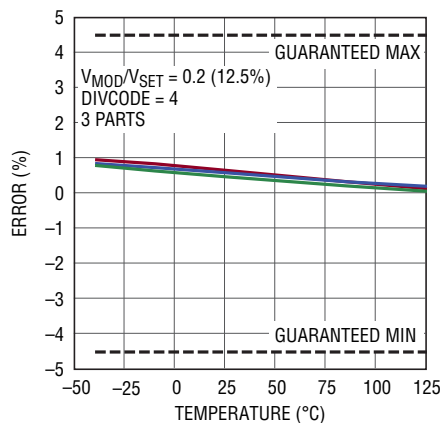
**N<sub>DIV</sub> = 1 デューティ・サイクル誤差  
と温度**



**N<sub>DIV</sub> = 1 デューティ・サイクル誤差  
と温度**



**N<sub>DIV</sub> > 1 デューティ・サイクル誤差  
と温度**



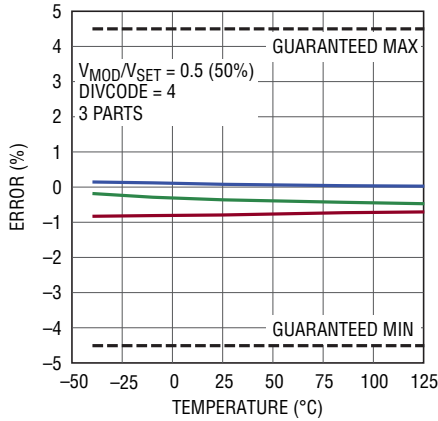


# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

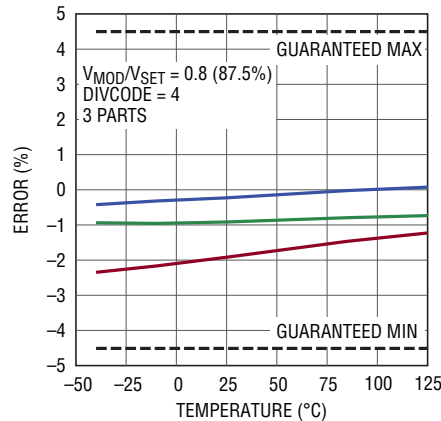
## 標準的性能特性

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

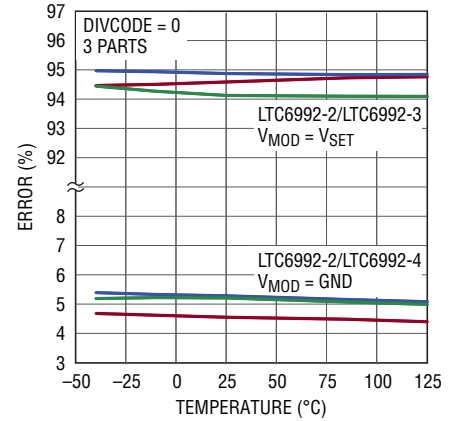
**N<sub>DIV</sub> > 1 デューティ・サイクル誤差  
と温度**



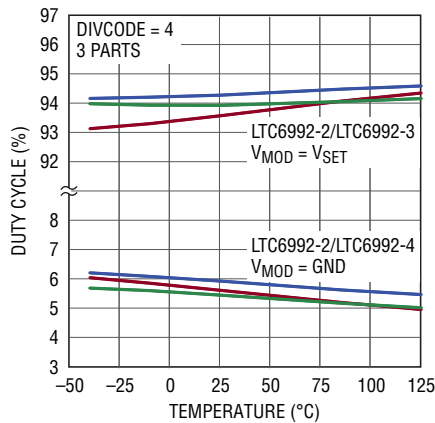
**N<sub>DIV</sub> > 1 デューティ・サイクル誤差  
と温度**



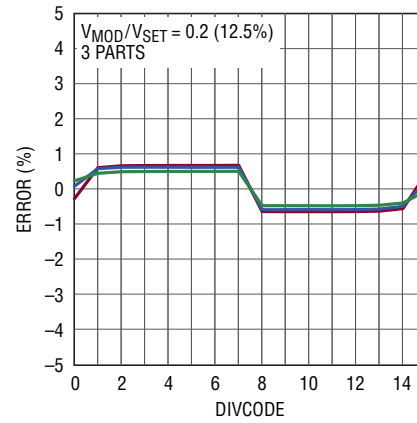
**N<sub>DIV</sub> = 1 デューティ・サイクル・  
クランプと温度**



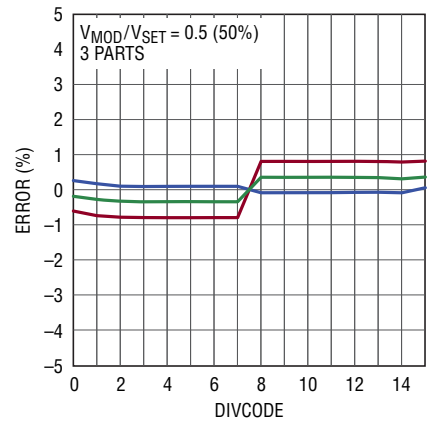
**N<sub>DIV</sub> > 1 デューティ・サイクル・  
クランプと温度**



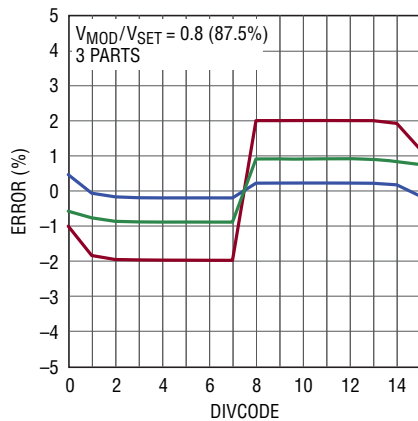
**デューティ・サイクル誤差と  
DIVCODE**



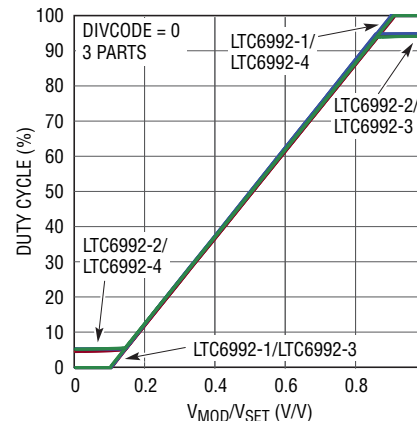
**デューティ・サイクル誤差と  
DIVCODE**



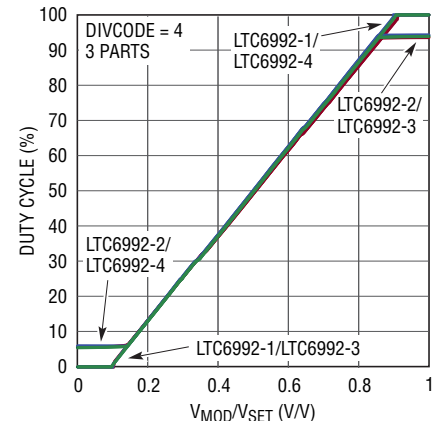
**デューティ・サイクル誤差と  
DIVCODE**



**N<sub>DIV</sub> = 1 デューティ・サイクルと  
V<sub>MOD</sub>/V<sub>SET</sub>**



**N<sub>DIV</sub> > 1 デューティ・サイクルと  
V<sub>MOD</sub>/V<sub>SET</sub>**

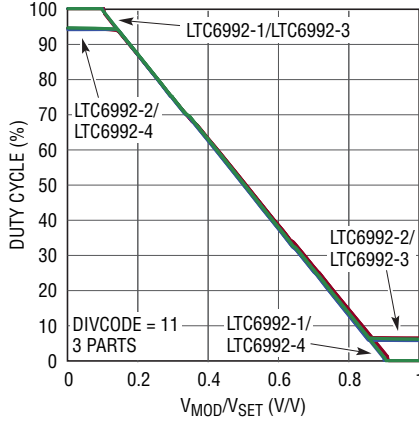




## 標準的性能特性

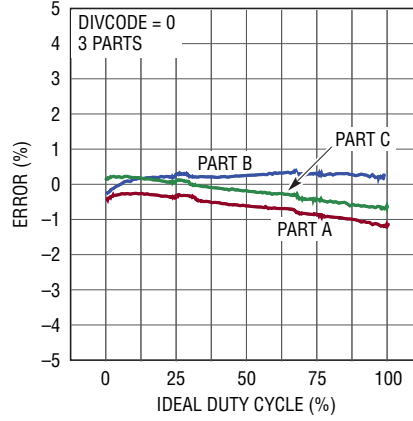
注記がない限り、 $V^+ = 3.3V$ 、 $R_{SET} = 200k$ 、および  $T_A = 25^\circ C$ 。

**$N_{DIV} > 1$  デューティ・サイクルと  $V_{MOD}/V_{SET}$**



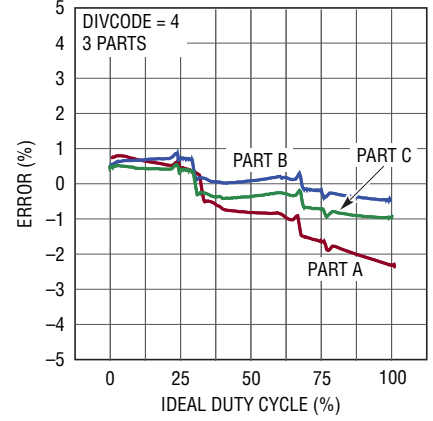
6992 G31

**$N_{DIV} = 1$  デューティ・サイクル誤差と理想値**



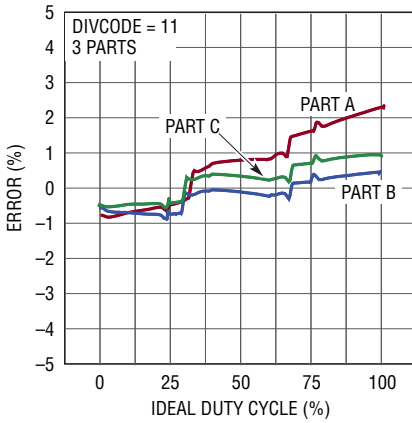
6992 G32

**$N_{DIV} > 1$  デューティ・サイクル誤差と理想値**



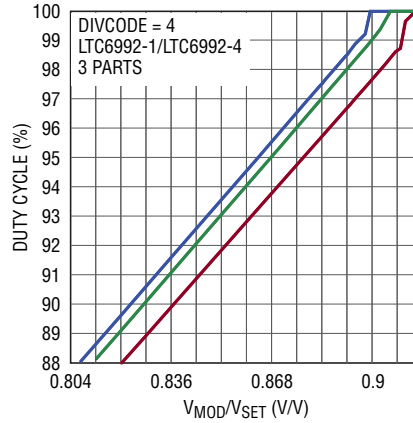
6992 G33

**$N_{DIV} > 1$  デューティ・サイクル誤差と理想値**



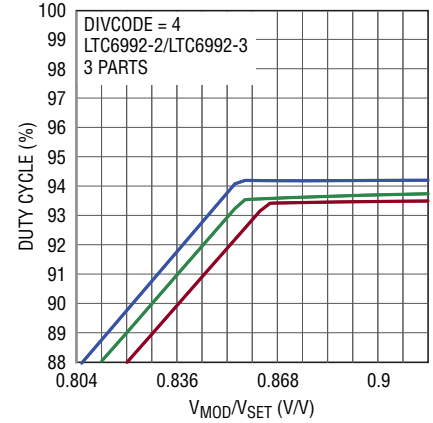
6992 G34

**100% デューティ・サイクル近くの直線性**



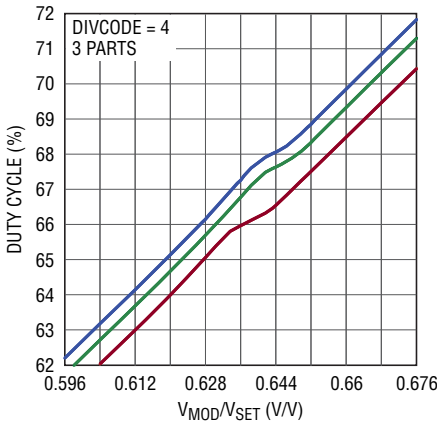
6992 G35

**95% デューティ・サイクル近くの直線性**



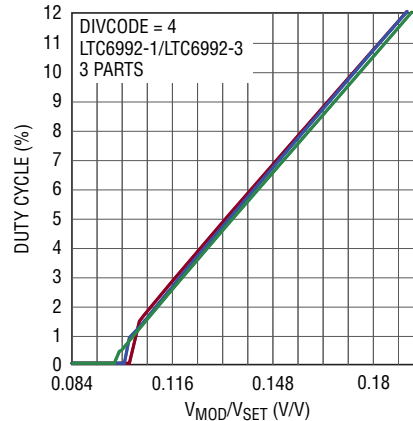
6992 G36

**67% デューティ・サイクル近くの直線性**



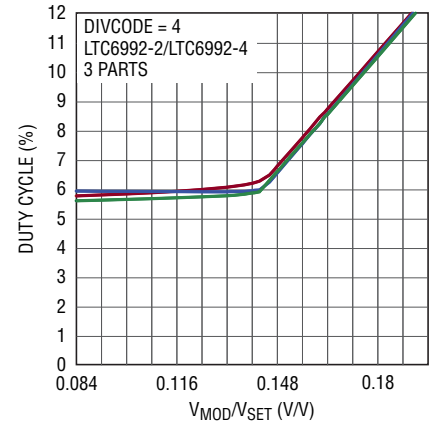
6992 G37

**0% デューティ・サイクル近くの直線性**



6992 G38

**5% デューティ・サイクル近くの直線性**



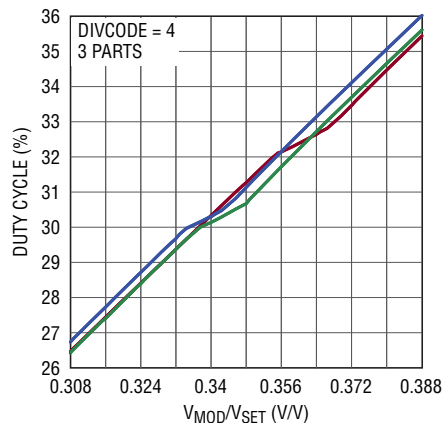
6992 G39

# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 標準的性能特性

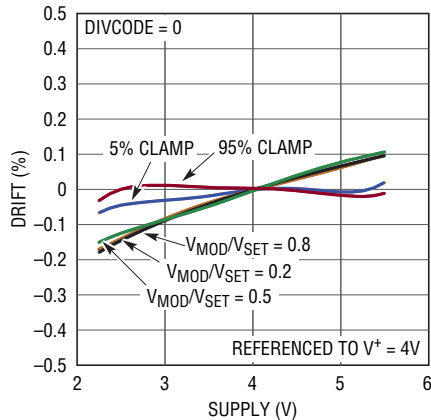
注記がない限り、 $V^+ = 3.3V$ 、 $R_{SET} = 200k$ 、および  $T_A = 25^\circ C$ 。

31% デューティ・サイクル近くの直線性



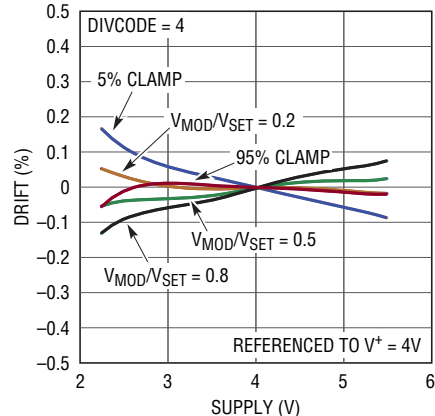
6992 G40

$N_{DIV} = 1$  デューティ・サイクルのドリフトと電源電圧



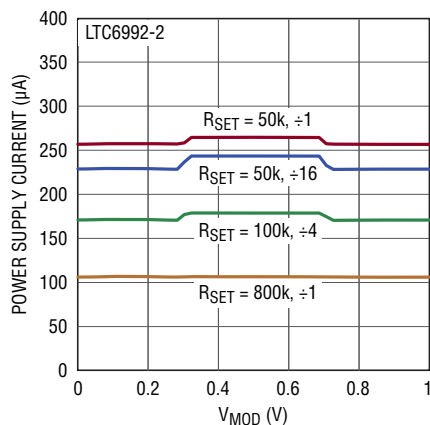
6992 G41

$N_{DIV} > 1$  デューティ・サイクルのドリフトと電源電圧



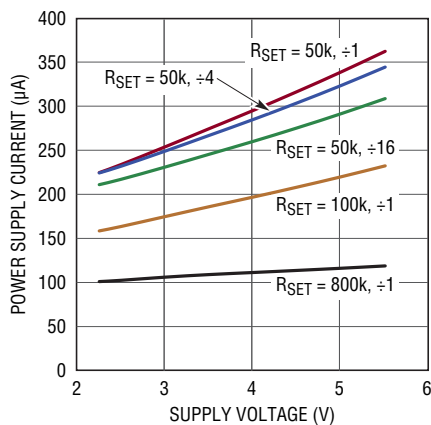
6992 G42

電源電流と  $V_{MOD}$



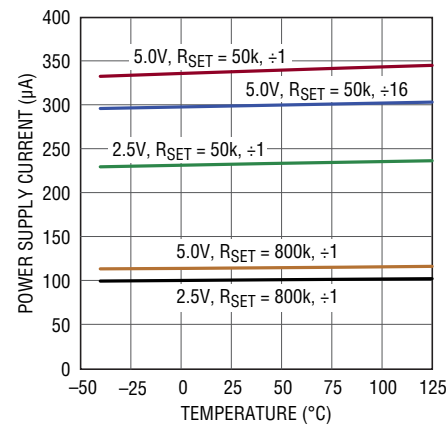
6992 G43

電源電流と電源電圧



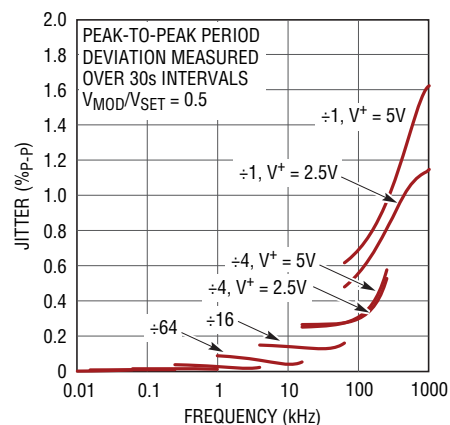
6992 G44

電源電流と温度



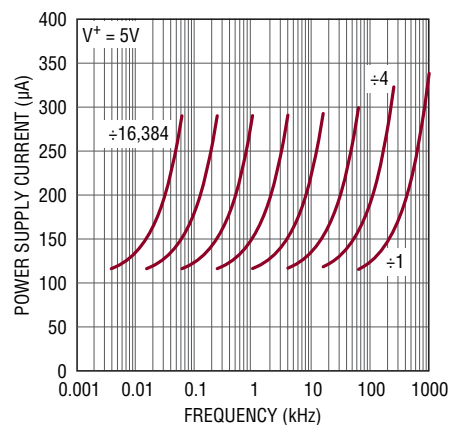
6992 G45

ジッタと周波数



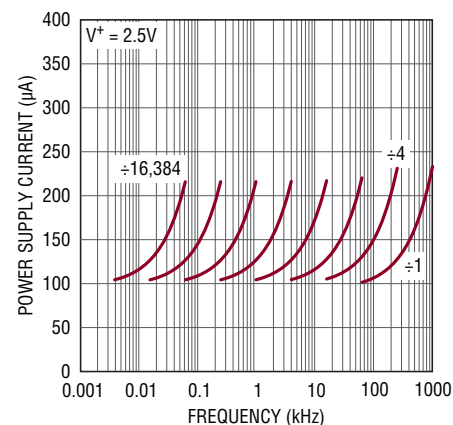
6992 G46

電源電流と周波数、5V



6992 G47

電源電流と周波数、2.5V



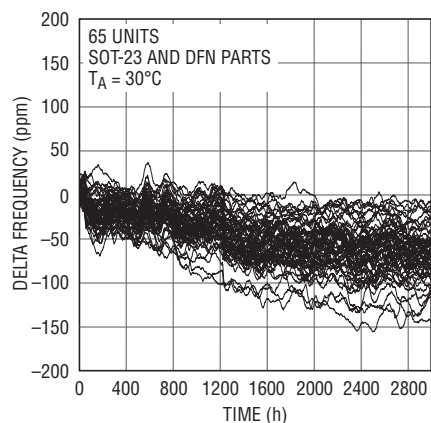
6992 G48

69921234fc

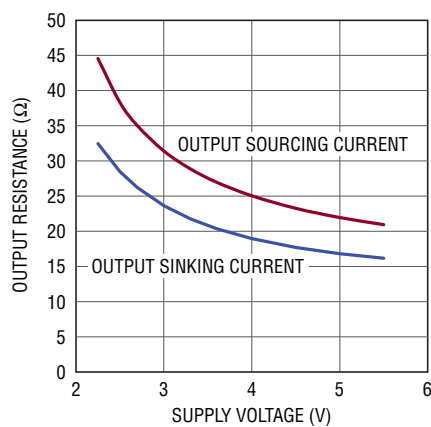
## 標準的性能特性

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

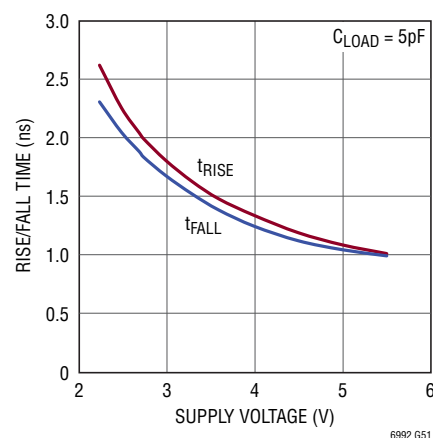
標準周波数誤差と時間  
(長期ドリフト)



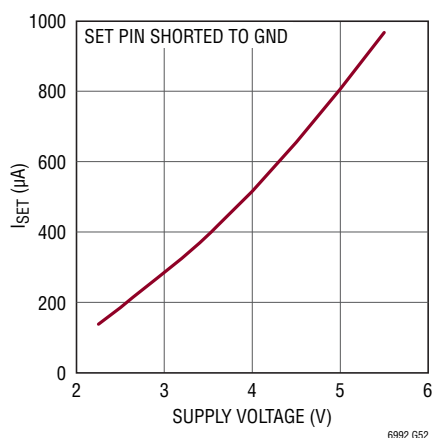
出力抵抗と電源電圧



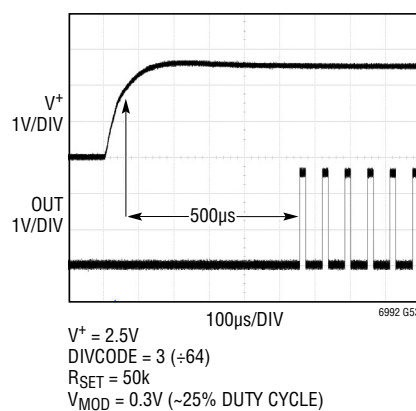
立ち上がり時間/立ち下がり時間と  
電源電圧



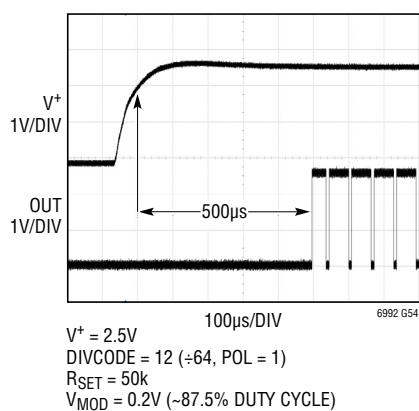
標準的  $I_{SET}$  電流リミットと  $V^+$



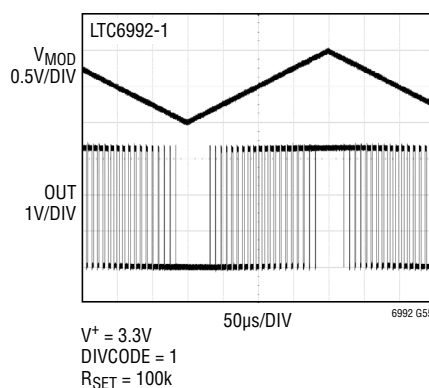
標準的スタートアップ、POL = 0



標準的スタートアップ、POL = 1



125kHzの最大変調



# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

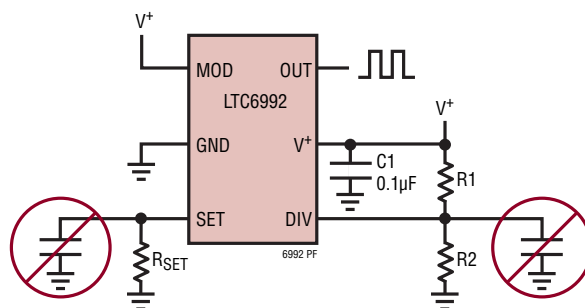
## ピン機能 (DCB/S6)

**V<sup>+</sup> (ピン1/ピン5) :** 電源電圧 (2.25V ~ 5.5V)。この電源がノイズやリップルの影響を受けないようにします。0.1μFのコンデンサを使って直接 GND ピンにバイパスします。

**DIV (ピン2/ピン4) :** プログラム可能な分周器および極性入力。DIV ピンの電圧 (V<sub>DIV</sub>) は内部で4ビットの値 (DIVCODE) に変換されます。V<sub>DIV</sub> は V<sup>+</sup> と GND の間に抵抗分割器を使って発生することができます。1% 抵抗を使って、確実に正確な電圧にします。DIV ピンと抵抗は、OUT ピンや他の高速エッジが生じる全てのトレースに対してシールドします。DIV ピンの容量は 100pF 未満に制限して、V<sub>DIV</sub> が短時間にセトリングするようにします。DIVCODE の MSB (POL) は、出力をドライブする前に PWM 信号を反転するか否かを決定します。POL = 1 のとき、伝達関数は反転されます (V<sub>MOD</sub> が増加するにつれデューティ・サイクルが減少します)。

**SET (ピン3/ピン3) :** 周波数設定入力。SET ピンの電圧 (V<sub>SET</sub>) は GND の上 1V に安定化されます。SET ピンからソースされる電流量 (I<sub>SET</sub>) により、マスタ発振器の周波数がプログラムされます。I<sub>SET</sub> 電流の範囲は 1.25μA ~ 20μA です。I<sub>SET</sub> が約 500nA より下になると出力の発振が止まります。SET と GND の間に抵抗を接続するのが、周波数を設定する最も正確な方法です。最高の性能を得るには、許容誤差が 0.5% 以下、温度係数が 50ppm/°C 以下の高精度の金属抵抗または薄膜抵抗を使います。高精度を要求されないアプリケーションでは、安価な 1% 厚膜抵抗を使うことができます。

SET ピンの容量は 10pF より小さく制限して、ジッタを減らし、安定性を確保します。容量が 100pF を超えなければ、V<sub>SET</sub> 電圧を安定化する帰還回路の安定性が維持されます。

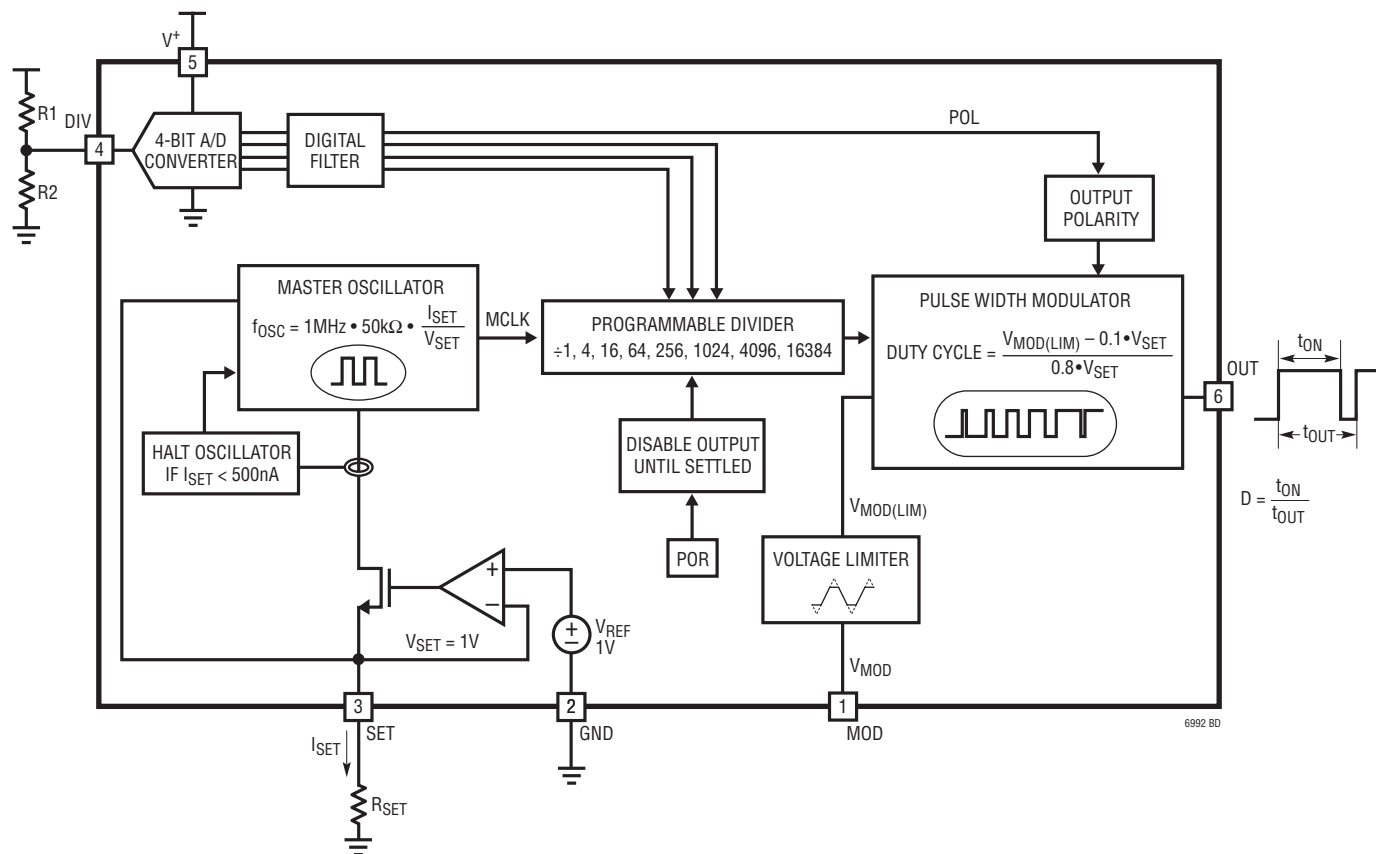


**MOD (ピン4/ピン1) :** パルス幅変調入力。MOD ピンの電圧により出力のデューティ・サイクルが制御されます。リニアな制御範囲は  $0.1 \cdot V_{SET} \sim 0.9 \cdot V_{SET}$  (約 100mV ~ 900mV) です。これらのリミットを超えると、バージョンに依存して、出力は 5% または 95% にクランプされるか (0% または 100% のデューティ・サイクル)、または発振を停止します。

**GND (ピン5/ピン2) :** グランド。最高の性能を達成するには、低インダクタンスのグランド・プレーンに接続します。

**OUT (ピン6/ピン6) :** 発振器の出力。OUT ピンは約 30Ω の出力抵抗で GND から V<sup>+</sup> まで振幅します。MOD ピンの電圧によりデューティ・サイクルが決まります。LED または他の低インピーダンスの負荷をドライブするときは、直列出力抵抗を使ってソース/シンク電流を 20mA に制限します。

ブロック図 (S6パッケージのピン番号が示されている)



# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 動作

LTC6992は最大周波数が1MHzのマスタ発振器を中心に作られています。この発振器は、標準的条件で精度が $\pm 0.8\%$ の $1\text{MHz} \cdot 50\text{k}$ の変換係数を使って、SETピンの電流( $I_{\text{SET}}$ )と電圧( $V_{\text{SET}}$ )によって制御されます。

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

帰還ループが $V_{\text{SET}}$ を $1\text{V} \pm 30\text{mV}$ に維持するので、 $I_{\text{SET}}$ が出力周波数の主な制御手段として残ります。 $I_{\text{SET}}$ を発生する最も簡単な方法として、 $I_{\text{SET}} = V_{\text{SET}}/R_{\text{SET}}$ となるように、抵抗( $R_{\text{SET}}$ )をSETとGNDの間に接続します。マスタ発振器の式は次のように整理されます。

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

この式から、1個のプログラム抵抗( $R_{\text{SET}}$ )を使うとき、 $V_{\text{SET}}$ がドリフトしても出力周波数に影響を与えないことが明らかです。誤差源は $R_{\text{SET}}$ の許容誤差とLTC6992の本来の周波数精度 $\Delta f_{\text{OUT}}$ に限定されます。

$R_{\text{SET}}$ は $50\text{k} \sim 800\text{k}$  ( $1.25\mu\text{A} \sim 20\mu\text{A}$ の $I_{\text{SET}}$ に相当)の範囲にすることができます。

LTC6992にはプログラム可能な周波数分周器が備わっており、OUTピンをドライブする前に周波数を1、4、16、64、256、1024、4096または16384で分周することができます。分周比 $N_{\text{DIV}}$ 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。

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

$V_{\text{SET}}/I_{\text{SET}}$ を $R_{\text{SET}}$ で置き換えると、式が次のように簡単になります。

$$f_{\text{OUT}} = \frac{1}{t_{\text{OUT}}} = \frac{1\text{MHz} \cdot 50\text{k}}{N_{\text{DIV}} \cdot R_{\text{SET}}}$$

## DIVCODE

DIVピンは内部の、DIVCODEの値を決める $V^+$ を基準にした4ビットA/Dコンバータに接続されています。DIVCODEはLTC6992の2つの設定をプログラムします。

1. DIVCODEは出力周波数分周器の設定( $N_{\text{DIV}}$ )を決めます。
2. DIVCODEはPOLビットを介して出力の極性を決めます。

図1に示されているように、 $V_{\text{DIV}}$ は $V^+$ とGNDの間に抵抗分割器を使って発生することができます。

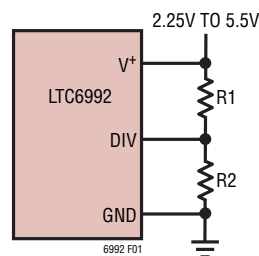


図1. DIVCODEを設定する簡単な方法

## 動作

表1. DIVCODEのプログラミング

DIVCODE	POL	N <sub>DIV</sub>	推奨 f <sub>OUT</sub>	R1 (kΩ)	R2 (kΩ)	V <sub>DIV</sub> /V <sup>+</sup>
0	0	1	62.5kHz to 1MHz	Open	Short	≤ 0.03125 ±0.015
1	0	4	15.63kHz to 250kHz	976	102	0.09375 ±0.015
2	0	16	3.906kHz to 62.5kHz	976	182	0.15625 ±0.015
3	0	64	976.6Hz to 15.63kHz	1000	280	0.21875 ±0.015
4	0	256	244.1Hz to 3.906kHz	1000	392	0.28125 ±0.015
5	0	1024	61.04Hz to 976.6Hz	1000	523	0.34375 ±0.015
6	0	4096	15.26Hz to 244.1Hz	1000	681	0.40625 ±0.015
7	0	16384	3.815Hz to 61.04Hz	1000	887	0.46875 ±0.015
8	1	16384	3.815Hz to 61.04Hz	887	1000	0.53125 ±0.015
9	1	4096	15.26Hz to 244.1Hz	681	1000	0.59375 ±0.015
10	1	1024	61.04Hz to 976.6Hz	523	1000	0.65625 ±0.015
11	1	256	244.1Hz to 3.906kHz	392	1000	0.71875 ±0.015
12	1	64	976.6Hz to 15.63kHz	280	1000	0.78125 ±0.015
13	1	16	3.906kHz to 62.5kHz	182	976	0.84375 ±0.015
14	1	4	15.63kHz to 250kHz	102	976	0.90625 ±0.015
15	1	1	62.5kHz to 1MHz	Short	Open	≥ 0.96875 ±0.015

正しい分圧を正確に発生する推奨1%抵抗値および推奨抵抗対に対応するN<sub>DIV</sub>とPOLの値を表1に示します。以下の条件が満たされる限り他の値を使うことができます。

1. V<sub>DIV</sub>/V<sup>+</sup>の比が(抵抗の許容誤差と温度の影響を含めて) ±1.5%まで正確である。
2. ドライブするインピーダンス(R1||R2)が500kΩを超えない。

他の手段(たとえば、DACの出力)によってこの電圧を発生させる場合、V<sup>+</sup>電源電圧をトラッキングする必要があります。

表1の最後の列は、電源電圧に対するV<sub>DIV</sub>の理想的な比を示しており、これは次のように計算することもできます。

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

たとえば、電源が3.3V、望みのDIVCODEが4であると、V<sub>DIV</sub> = 0.281 • 3.3V = 928mV ± 50mVです。

図2は表1の情報を図で示しており、N<sub>DIV</sub>がDIVCODEの中点を軸として対称であることを示しています。

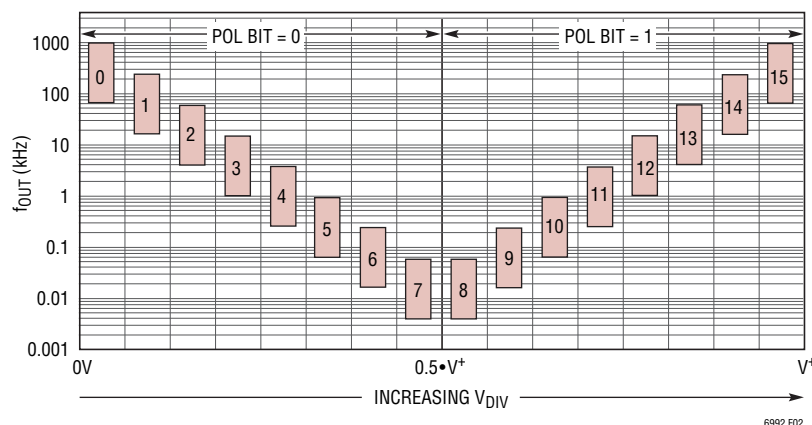


図2. 周波数範囲およびPOLビットとDIVCODE



# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 動作

### パルス幅(デューティ・サイクル)変調

MODピンは高インピーダンスのアナログ入力で、出力のデューティ・サイクルを直接制御します。デューティ・サイクルはMODピンに与えられる電圧( $V_{MOD}$ )に比例します。

$$\text{デューティ・サイクル} = D = \frac{V_{MOD}}{0.8 \cdot V_{SET}} - \frac{1}{8}$$

PWMのデューティ・サイクルの精度( $\Delta D$ )は、 $0.2 \cdot V_{SET} \sim 0.8 \cdot V_{SET}$  ( $12.5\% \sim 87.5\%$ のデューティ・サイクル)の $V_{MOD}$ では、上式が $\pm 4.5\%$ 以内まで有効であることを規定しています。

$V_{SET} = 1V \pm 30mV$ なので、デューティ・サイクルの式は次式で近似することができます。

$$\text{デューティ・サイクル} = D \cong \frac{V_{MOD} - 100mV}{800mV}$$

$V_{MOD}$ の制御範囲は約 $0.1V \sim 0.9V$ です。 $V_{MOD}$ をその範囲を超えて(GNDまたは $V^+$ に向けて)ドライブしても、デューティ・サイクルに対するさらなる影響はありません。

### デューティ・サイクルのリミット

LTC6992の4つのバージョンの間の唯一の違いは、出力のデューティ・サイクルに対するリミット値、つまりクランプ値です。LTC6992-1は $0\% \sim 100\%$ の範囲の出力デューティ・サイクルを発生します。 $0\%$ または $100\%$ では、出力が発振を停止してそれぞれGNDまたは $V^+$ に留まります。

LTC6992-2は、 $V_{MOD}$ のレベルに関係なく、決して発振を停止しません。内部クランプ回路はそのデューティ・サイクルを $5\% \sim 95\%$ の範囲( $1\% \sim 99\%$ を保証)に制限します。したがって、その $V_{MOD}$ 制御範囲は $0.14 \cdot V_{SET} \sim 0.86 \cdot V_{SET}$  (約 $0.14V \sim 0.86V$ )です。

LTC6992-3とLTC6992-4は片側だけクランプして、ファミリを完結させます。LTC6992-3では $0\% \sim 95\%$ のデューティ・サイクル、LTC6992-4では $5\% \sim 100\%$ のデューティ・サイクルが可能です。

### 出力の極性(POLビット)

デューティ・サイクルの式は比例伝達関数を表しており、デューティ・サイクルは $V_{MOD}$ の増加に伴って増加します。LTC6992は(前に説明したようにDIVCODEによって決まる)POLビットを備えており、出力信号を反転させます。これにより、デューティ・サイクルの利得が負になり、 $V_{MOD}$ の増加に伴ってデューティ・サイクルが減少します。

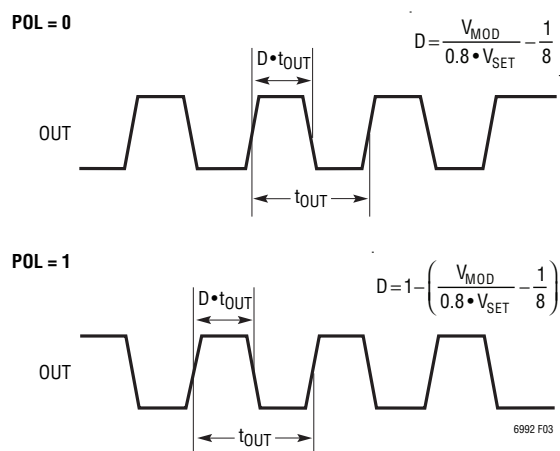


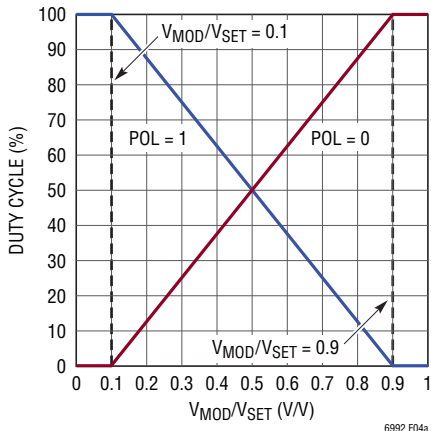
図3. POLビットの機能

## 動作

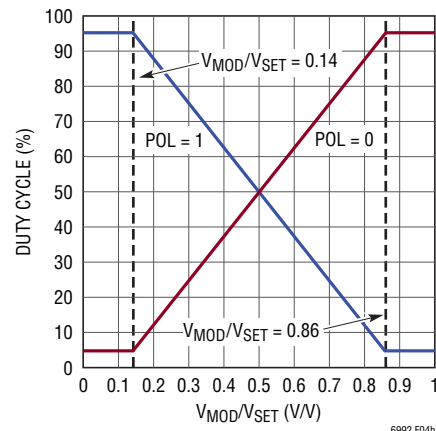
POL = 1は単純にロジックの反転を強制するので、LTC6992-3とLTC6992-4のデューティ・サイクルの範囲を変更します(それぞれ100%~5%、および95%~0%)。これらの伝達関数の詳細を図4に示します。

表2. デューティ・サイクルの範囲

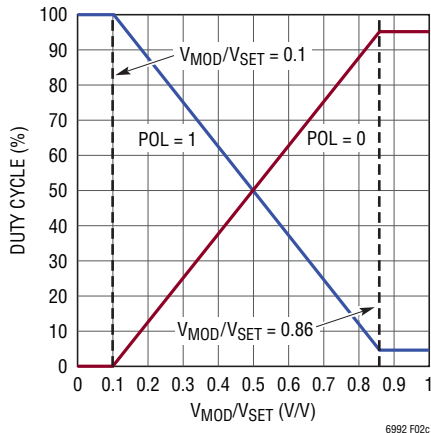
製品番号	デューティ・サイクルの範囲と $V_{MOD} = 0V \rightarrow 1V$	
	POL = 0	POL = 1
LTC6992-1	0% to 100%	100% to 0%
LTC6992-2	5% to 95%	95% to 5%
LTC6992-3	0% to 95%	100% to 5%
LTC6992-4	5% to 100%	95% to 0%



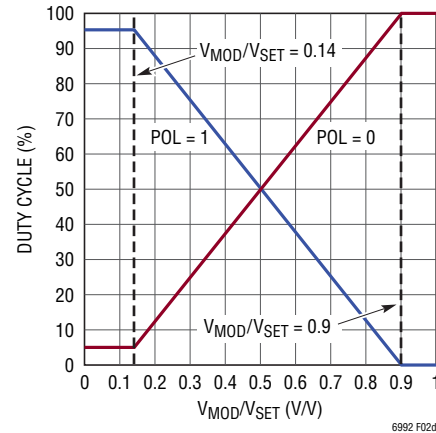
LTC6992-1



LTC6992-2



LTC6992-3



LTC6992-4

図4. LTC6992ファミリの全製品のPWM伝達関数

## 動作

### スタートアップ後の DIVCODE の変更

スタートアップに続き、A/D コンバータは  $V_{DIV}$  が変更されないか監視を続けます。DIVCODE の変更は、LTC6992 が DIVCODE の「さまよい歩き」の除去を優先させるので、時間をかけて認識されます。標準的遅延は DIVCODE の新旧の設定の間の差に依存し、マスタ発振器の周期に比例します。

$$t_{DIVCODE} = 16 \cdot (\Delta DIVCODE + 6) \cdot t_{MASTER}$$

DIVCODE の変化はそれが安定化するまで認識されず、中間のコードを通過することはありません。出力を変更する前に DIVCODE が新しい値に安定したことを保証するため、デジタル・フィルタが使われます。次いで、出力が新しい分周器の設定にクリーンに(グリッチなしに)移行します。

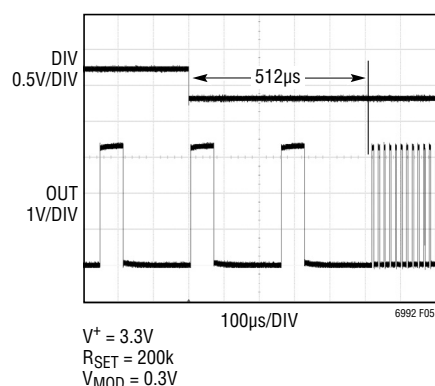


図5. DIVCODE の3から1への変更

### スタートアップ時間

電源が最初に入られると、パワーオン・リセット (POR) 回路がスタートアップ時間 ( $t_{START}$ ) を開始します。この時間の間 OUT ピンは“L”に保たれます。 $t_{START}$  の標準的値は、マスタ発振器の周波数に依存して ( $N_{DIV}$  には関係なく) 0.5ms ~ 8ms の範囲です。

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

$t_{START}$  後、出力が発振し始めます。POL = 0 であれば、最初のパルスの幅は正しくなります。POL = 1 (DIVCODE  $\geq 8$ ) であれば、最初のパルスの幅は、デューティ・サイクルの設定に依存して、予期されるより短くなるか、または長くなることがありますが、決して  $t_{OUT}$  の 25% 未満にはなりません。

スタートアップの間、DIV ピンの A/D コンバータは、出力がイネーブルされる前に正しい DIVCODE を決定する必要があります。電源電圧または DIV ピンの電圧が安定しないと、スタートアップ時間が増加することがあります。このため、DIV ピンが  $V^+$  を適切にトラッキングするように、DIV ピンの容量を最小に抑えることを推奨します。100pF 未満であれば性能に影響を与えません。

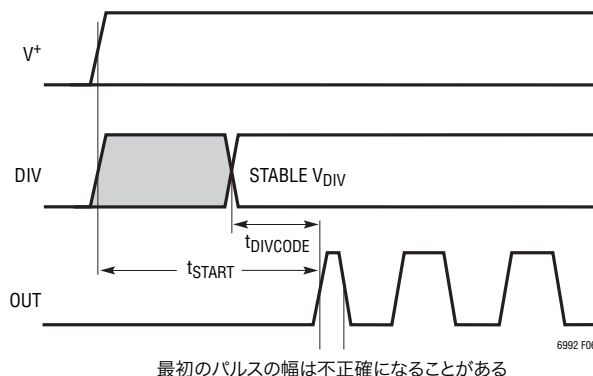


図6. スタートアップのタイミング図

## アプリケーション情報

### 基本動作

LTC6992をプログラムする最も簡単で最も正確な方法は、1個の抵抗( $R_{SET}$ )をSETピンとGNDピンの間に使うことです。設計手順は4ステップ・プロセスです。LTC6992の適切なバージョンとPOLビットの設定を選択した後、 $N_{DIV}$ の値を選択してから、 $R_{SET}$ の抵抗の値を計算します。

また、リニアテクノロジーはLTC6992ベースの回路を素早く設計するために、使いやすいTimerBlox Designerツールを提供しています。<http://www.linear-tech.co.jp/timerblox> から、無料のTimerBlox Designer ソフトウェアをダウンロードしてください。

### ステップ1: POL ビット設定の選択

ほとんどのアプリケーションではPOL = 0が使われ、正の伝達関数になります。ただし、アプリケーションによっては、負の伝達関数が必要になることがあります。この場合、 $V_{MOD}$ を増やすと出力のデューティ・サイクルが減少します。たとえば、LTC6992が帰還ループで使用される場合、負帰還を実現するため、POL = 1とすることが必要になることがあります。

### ステップ2: LTC6992のバージョンの選択

LTC6992のバージョンの違いは、デューティ・サイクルの制御範囲の両端を見れば判断できます。出力が決して発振を停止しないことが必要なアプリケーションにはLTC6992-2を使用します。他方、出力がGNDまたは $V^+$ に留まることが許される場合(0%または100%のデューティ・サイクル)、LTC6992-1を選択します。

LTC6992-3とLTC6992-4はデューティ・サイクルを制御範囲の一端でだけクランプし、他端では出力が発振を停止することを許します。POL = 1であれば、クランプが低デューティ・サイクルから高デューティ・サイクルに、またはその逆方向に入れ替わります。適切なバージョンの選択に関しては、表2と図4を参照してください。

### ステップ3: 分周器の $N_{DIV}$ 値の選択

前に説明されているように、DIVピンの電圧によってDIVCODEが設定され、POLビットと $N_{DIV}$ の値の両方が決まります。与えられた出力周波数に対して、 $N_{DIV}$ が次の範囲に入るように $N_{DIV}$ を選択します。

$$\frac{62.5\text{kHz}}{f_{OUT}} \leq N_{DIV} \leq \frac{1\text{MHz}}{f_{OUT}} \quad (1a)$$

電源電流を最小に抑えるため、(一般に推奨されている)最小の $N_{DIV}$ 値を選択します。スタートアップを速くするには、またはジッタを減らすには、 $N_{DIV}$ の設定を高くします。代わりに、与えられたアプリケーションに最良の $N_{DIV}$ の値を選択する手引きとして、表1を利用してください。

POLが既に選択されていれば、これでDIVCODEの選択は完了します。表1を使って、DIVピンに適用する適切な抵抗分割器、つまり $V_{DIV}/V^+$ の比を選択します。

### ステップ4: $R_{SET}$ の計算と選択

最後のステップは次式を使って $R_{SET}$ の正しい値を計算することです。

$$R_{SET} = \frac{1\text{MHz} \cdot 50\text{k}}{N_{DIV} \cdot f_{OUT}} \quad (1b)$$

計算値に近い標準抵抗値を選択します。

例: 以下の要件を満たすPWM回路を設計します。

- $f_{OUT} = 20\text{kHz}$
- $V_{MOD}$ に対するデューティ・サイクルの応答が正
- 出力は100%デューティ・サイクルに達することができ、0%にはならない。
- 最小の電力消費

### ステップ1: POL ビットの設定値の選択

正の伝達関数( $V_{MOD}$ に伴ってデューティ・サイクルが増加)にするには、POL = 0を選択します。

### ステップ2: LTC6992のバージョンの選択

最小デューティ・サイクルは制限するが、最大デューティ・サイクルは100%に達することを許すには、LTC6992-4を選択します(POL = 1であれば、LTC6992-3が正しい選択になります)。

### ステップ3: $N_{DIV}$ の分周器の値の選択

式(1a)の要件を満たす $N_{DIV}$ 値を選択します。

$$3.125 \leq N_{DIV} \leq 50$$

可能性のある $N_{DIV}$ の設定値には4と16が含まれます。 $N_{DIV} = 4$ が最良の選択です。大きな $R_{SET}$ 抵抗を使うことにより、電源電流が最小になるからです。POL = 0および $N_{DIV} = 4$ にするにはDIVCODE = 1が必要です。表1を使って、DIVCODE = 1にプログラムするR1とR2の値を選択します。

# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## アプリケーション情報

### ステップ4: R<sub>SET</sub>の選択

式(1b)を使ってR<sub>SET</sub>の正しい値を計算します。

$$R_{SET} = \frac{1\text{MHz} \cdot 50\text{k}}{4 \cdot 20\text{kHz}} = 625\text{k}$$

625kは標準の1%抵抗では提供されていないので、0.97%の周波数シフトを許容できれば619kで代用します。そうでなければ、1対の並列または直列の抵抗(たとえば、309kと316k)を選択して、もっと精度の高い抵抗値を得ます。

完成した設計を図7に示します。

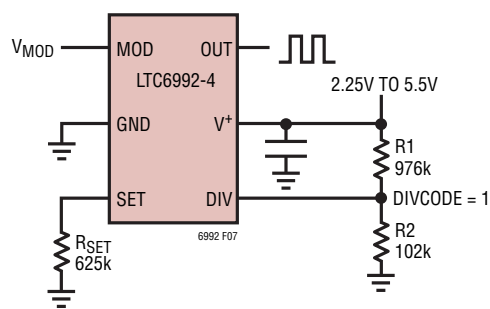


図7. 20kHzのPWM発振器

### ΔV<sub>SET</sub>に対するデューティ・サイクルの影響の受けやすさ

出力のデューティ・サイクルはV<sub>MOD</sub>/V<sub>SET</sub>の比に比例します。V<sub>SET</sub>は1Vから最大±30mV変動するので、ΔV<sub>SET</sub>を式に追加すると、下に示されているように、V<sub>MOD</sub>を実効的に増加または減少させることがあります。

$$D = \frac{V_{MOD}}{0.8 \cdot (V_{SET} + \Delta V_{SET})} - \frac{1}{8}$$

多くの設計で、V<sub>MOD</sub>のデューティ・サイクルに対する絶対精度は重要ではありません。他の設計では、簡単化してΔV<sub>SET</sub> = 0Vと仮定をすると、デューティ・サイクルの追加誤差の可能性が生じ、これはV<sub>MOD</sub>に伴って増加し、ΔV<sub>SET</sub> = -30mVであれば最大3.4%に達します。

$$\Delta D \approx -\frac{V_{MOD}}{800\text{mV}} \cdot \frac{\Delta V_{SET}}{V_{SET}} \approx -\left(D_{ideal} + \frac{1}{8}\right) \cdot \frac{\Delta V_{SET}}{V_{SET}}$$

図8はこの変動のワーストケース(V<sub>SET</sub>がその0.97Vまたは1.03Vのリミットのとき)の影響を示しています。

この誤差が、本来のPWMのデューティ・サイクルの精度の規定値ΔD(±4.5%)に加わるので、高いデューティ・サイクル(V<sub>MOD</sub>が0.9Vの近く)での精度が重要であれば、注意が必要です。

ΔV<sub>SET</sub>による影響の受けやすさは、V<sub>MOD</sub>がV<sub>SET</sub>に比例するようにして取り除くことができます。たとえば、任意のデューティ・サイクルを発生する簡単な回路を図9に示します。このデューティ・サイクルの式はV<sub>SET</sub>に全く依存しません。

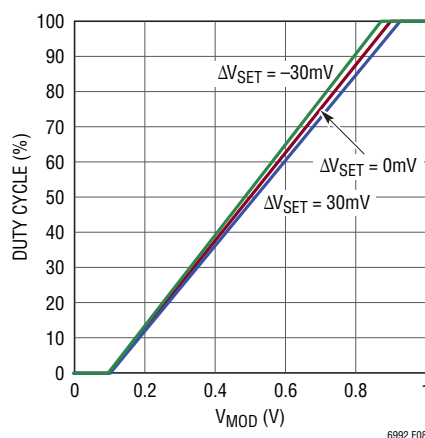


図8. ΔV<sub>SET</sub>によるデューティ・サイクルの変動

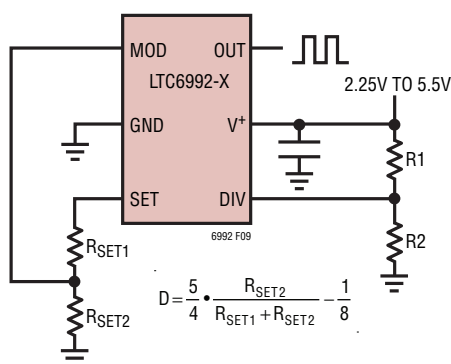


図9. 固定周波数、任意のデューティ・サイクルの発振器

## アプリケーション情報

### $I_{SET}$ の極端な値 (マスタ発振器の極端な周波数)

1.25 $\mu$ A ~ 20 $\mu$ A の推奨範囲の外の  $I_{SET}$  で動作するとき、マスタ発振器は(それが最も精密に動作する) 62.5kHz ~ 1MHz の範囲の外で動作します。

発振器はそれでも動作しますが、 $I_{SET} < 1.25\mu$ A では精度が低下します。約 500nA で、発振器の出力はそのときの状態に固定します。出力は“H”または“L”の状態に停止します。これにより、非常に低い周波数の出力を周波数変調するとき、短いパルスの発生が防がれます。

他方の極端な値では、DIV ピンの ADC の精度が低下するので、2MHz を超えてマスタ発振器を動作させることは推奨しません。

### パルス幅変調の帯域幅とセトリング時間

LTC6992 の PWM 帯域幅は広いので、様々な帰還アプリケーションに適しています。出力周波数のほぼ 1/10 までの変調周波数では周波数応答がフラットであることを図 10 は示しています。そのポイントを超えると、( $N_{DIV}$  および平均デューティ・サイクルの設定に依存して) いくつかのピーキングが生じることがあります。

デューティ・サイクルのセトリング時間はマスタ発振器の周波数に依存します。 $V_{MOD}$  の  $\pm 80$ mV のステップ変化に続いて、デューティ・サイクルは約 8 マスタ・クロック・サイクル ( $8 \cdot t_{MASTER}$ ) かけて、最終値の 1% 以内にセトリングします。例を図 11a と図 11b に示します。

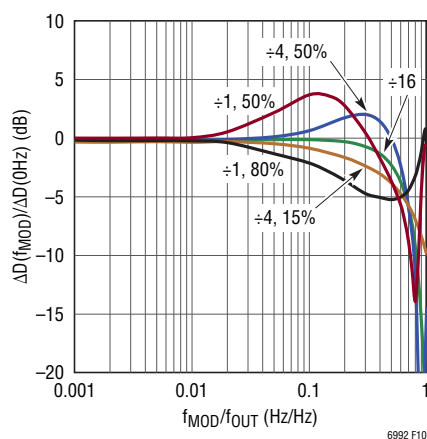


図 10. PWM 周波数応答

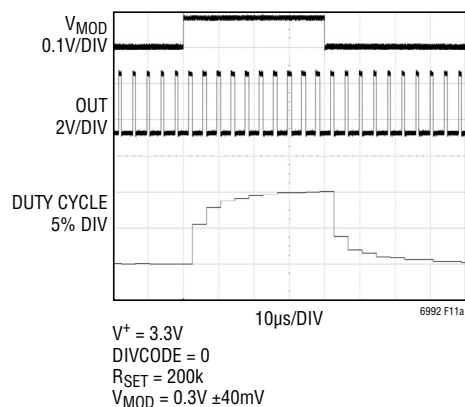


図 11a. PWM セトリング時間、25% デューティ・サイクル

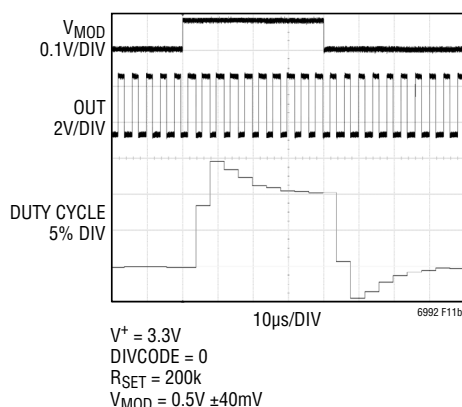


図 11b. PWM セトリング時間、50% デューティ・サイクル



## アプリケーション情報

### 電源電流

電源電流は周波数、電源電圧および出力負荷に伴って変化します。これは、どんな条件でも次式によって推定することができます。

$N_{DIV} = 1$  (DIVCODE = 0または15) の場合:

$$I_{S(TYP)} \approx V^+ \cdot f_{OUT} \cdot (39pF + C_{LOAD}) \\ \dots + \frac{V^+}{320k\Omega} + \frac{V^+ \cdot \text{Duty Cycle}}{R_{LOAD}} + 2.2 \cdot I_{SET} + 85\mu A$$

$N_{DIV} > 1$  (DIVCODE = 1または14) の場合:

$$I_{S(TYP)} \approx V^+ \cdot N_{DIV} \cdot f_{OUT} \cdot 27pF \\ \dots + V^+ \cdot f_{OUT} \cdot (28pF + C_{LOAD}) \\ \dots + \frac{V^+}{320k\Omega} + \frac{V^+ \cdot \text{Duty Cycle}}{R_{LOAD}} + 2.6 \cdot I_{SET} + 90\mu A$$

### 電源バイパスおよびPCBレイアウトのガイドライン

LTC6992は適切な方法で使用されるとき精度が2.4%のシリコン発振器です。このデバイスは使うのが簡単で、いくつかのルールに従うことにより、期待される性能が容易に達成されます。そのためには適切な電源のバイパスと適切なPCBのレイアウトが不可欠です。

0603のサイズの受動部品を使った、TSOT-23とDFNの両方のパッケージのPCBレイアウトの例を図14に示します。レイアウトは、LTC6992の下および周囲にグランド・プレーン層を備えた2層基板を想定しています。これらのレイアウトはガイドラインであり、正確にその通りに従う必要はありません。

1. バイパス・コンデンサ(C1)を、低インダクタンス経路を使ってV<sup>+</sup>ピンとGNDピンに直接接続します。C1からV<sup>+</sup>ピンへの接続はトップ層で直接簡単に行うことができます。DFNパッケージでは、C1からGNDへの接続もトップ層で簡単に行うことができます。TSOT-23では、C1とGNDを確実に接続することができるように、OUTはC1のパッドを介して配線することができます。PCBのデザインルールによりそれが許されない場合、C1のGND接続はグランド・プレーンへの多数のビアによって実現することができます。グランド・プレーンへのGNDピンの接続およびグランド・プレーンへのC1の接続の両方のために、多数のビアを使用してインダクタンスを最小に抑えることを推奨します。コンデンサC1は0.1μFのセラミック・コンデンサにします。
2. 全ての受動部品を基板の表側に配置します。これにより、トレースのインダクタンスが最小に抑えられます。
3. R<sub>SET</sub>はSETピンにできるだけ近づけて配置し、直接、短く接続します。SETピンは電流加算ノードであり、このピンに注入される電流が直接動作周波数を変調します。接続を短くすると信号ピックアップの危険を最小に抑えます。
4. R<sub>SET</sub>をGNDピンに直接接続します。長い経路やグランドへのビアを使っても精度に大きな影響は与えませんが、短い直接接続が推奨されており、容易に実現できます。
5. グランド・トレースを使ってSETピンをシールドします。これにより、放射信号に対して追加の保護層が与えられます。
6. R1とR2をDIVピンの近くに配置します。DIVへの短い直接接続により、外部信号のカップリングが最小に抑えられます。



## アプリケーション情報

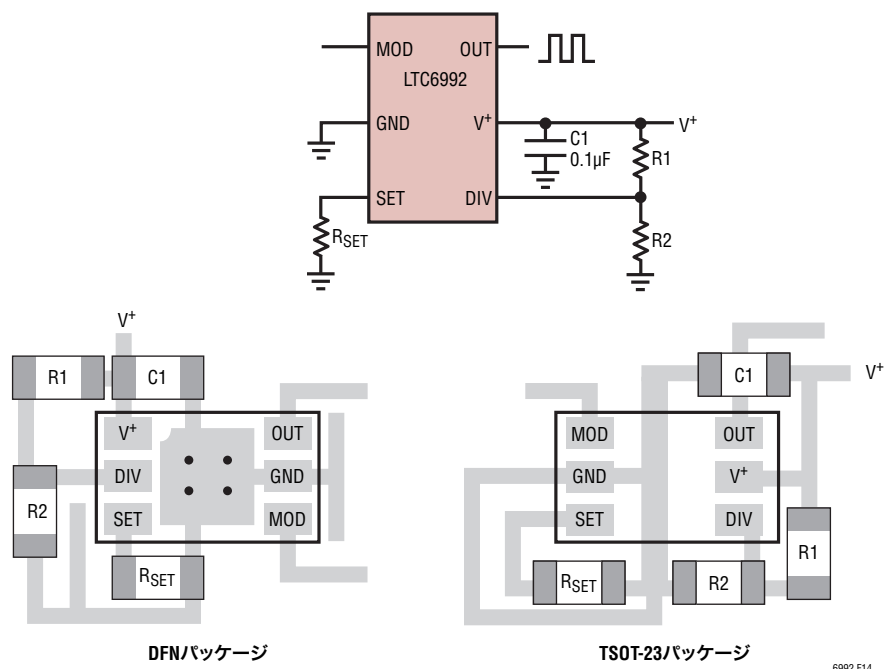
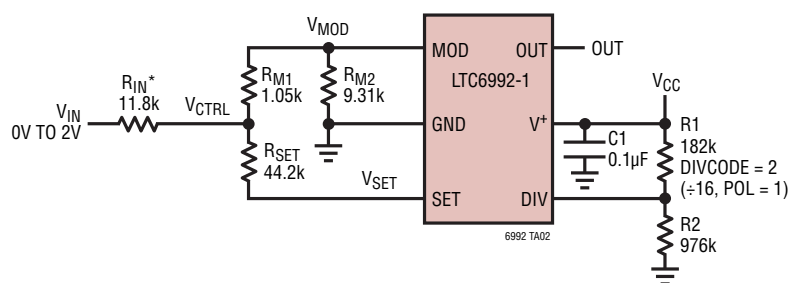


図 14. 電源バイパスとPCBレイアウト

## 標準的応用例

### 一定オン時間変調器



\*オプションの抵抗により、望みの $V_{IN}$ 範囲に調整される。

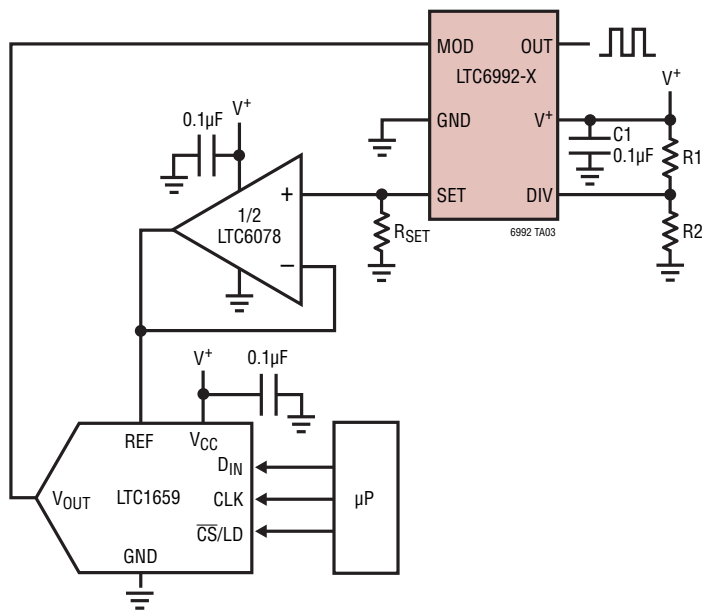
$$\text{IF } \frac{R_{M2}}{R_{M1} + R_{M2}} = 0.9 \text{ THEN } t_{ON} = N_{DIV} \cdot 1.125\mu s \cdot \frac{R_{SET}}{50k}$$

$V_{IN}$ が増加するにつれ、 $t_{OUT}$ が増加し、(POL = 1なので)  
デューティ・サイクルが減少し、一定の $t_{ON}$ を維持する。  
オフ時間を一定にするには、単にDIVCODEを変更してPOL = 0にする。

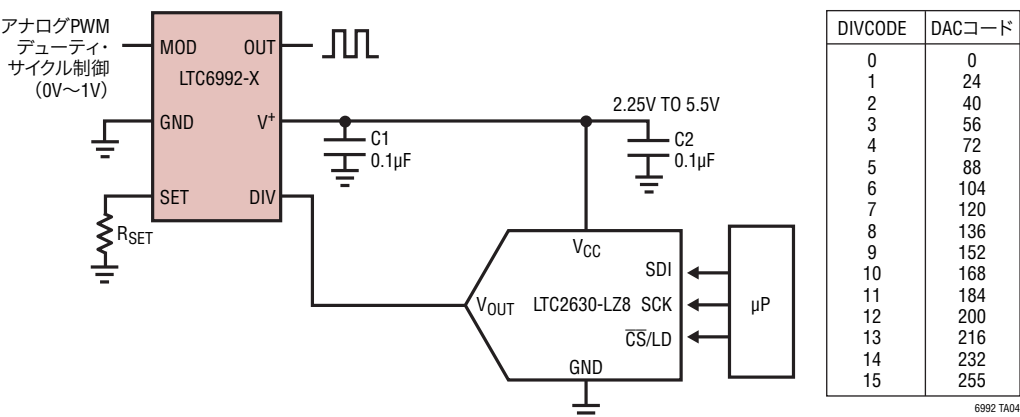
# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 標準的応用例

デジタル制御されたデューティ・サイクル (内部  $V_{REF}$  リファレンスの変動は除去されている)



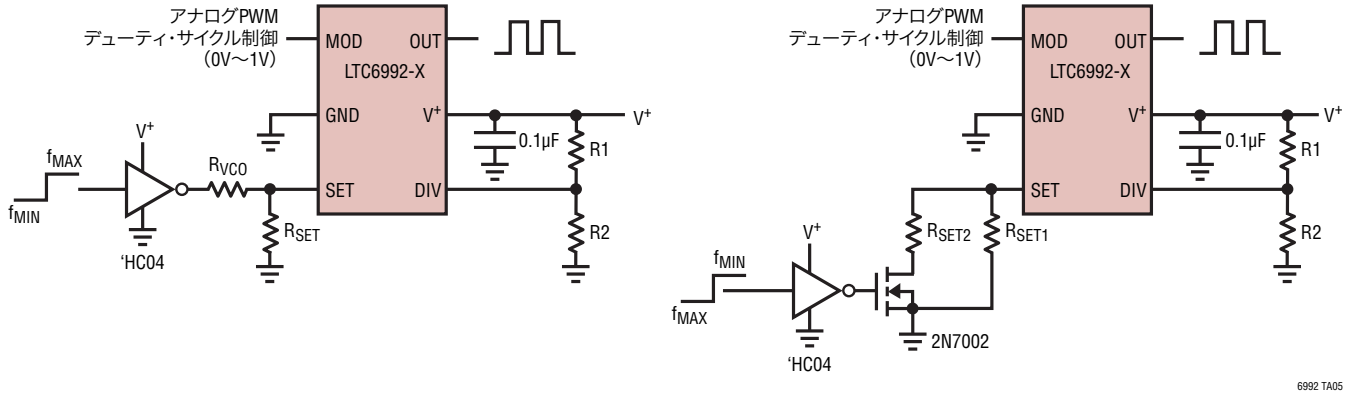
## 8ビット DAC を使った $N_{DIV}$ のプログラミング



6992 TA04

## 標準的応用例

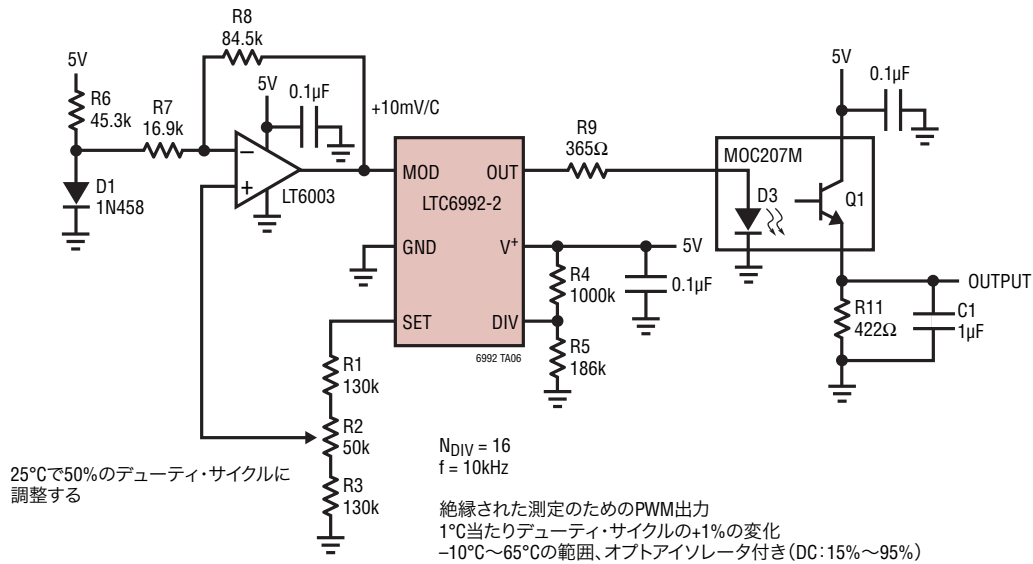
### 2つの周波数の間の変更



注記:  
この回路は右側の回路より簡単だが、その周波数精度は、システムごとのV<sup>+</sup>電源の変動と温度変化の影響のため劣る。

注記:  
1. NMOSFETがオフしているとき、周波数は $R_{SET} = R_{SET1}$ によって設定される。  
2. NMOSFETがオンしているとき、周波数は $R_{SET} = R_{SET1} \parallel R_{SET2}$ によって設定される。  
3. スwitchング抵抗はフロートしているか、またはグランドに接続されているかどうかで、V<sup>+</sup>電源の変動は影響を与えない。

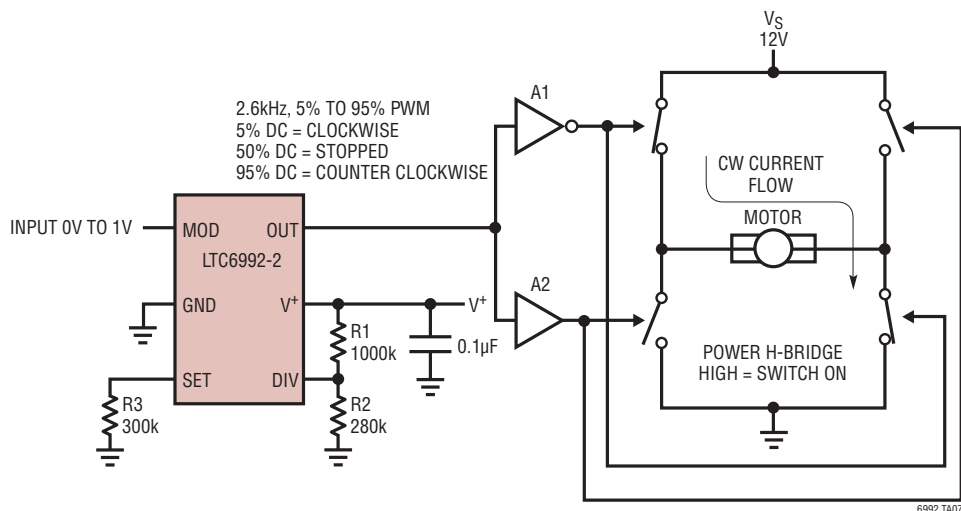
### 簡単なダイオード温度センサ



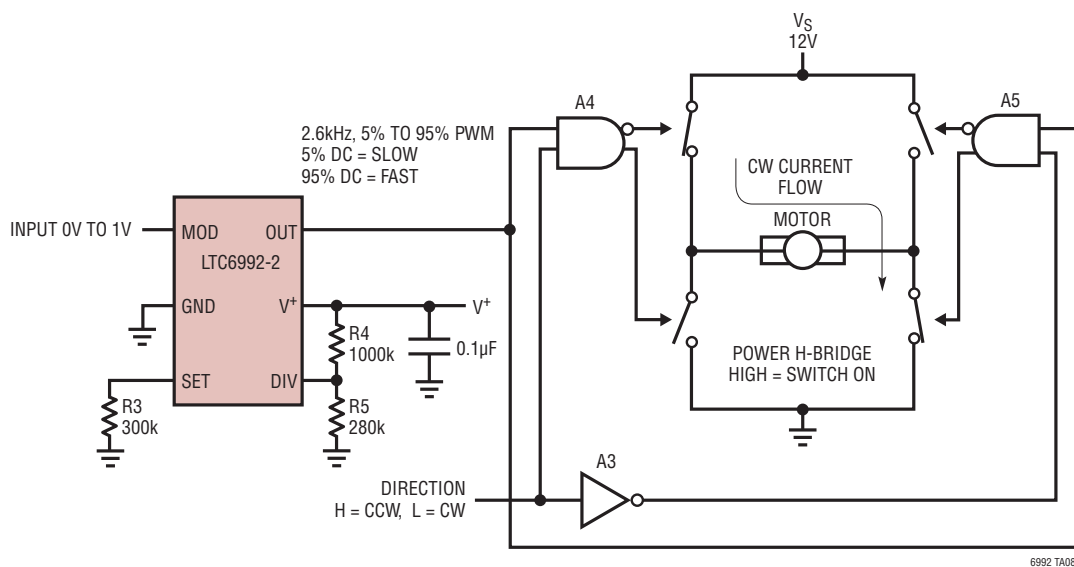
# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 標準的応用例

モータの速度/方向制御のフルHブリッジ(ロックされた反位相ドライブ)



モータの速度/方向制御のフルHブリッジ(符号/大きさドライブ)

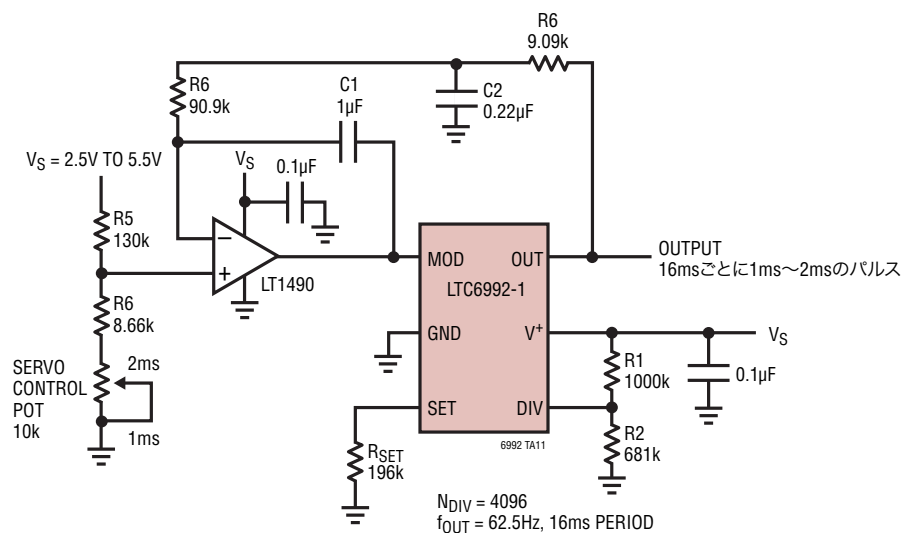




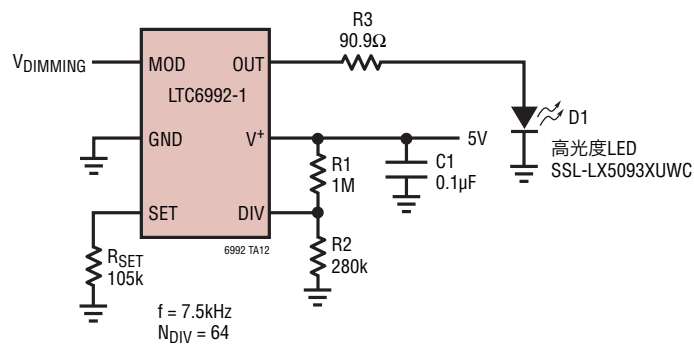
# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 標準的応用例

### 無線制御のサーボパルス発生器



### 直接電圧制御PWM調光(光度:0~15000 Cd/m<sup>2</sup>)



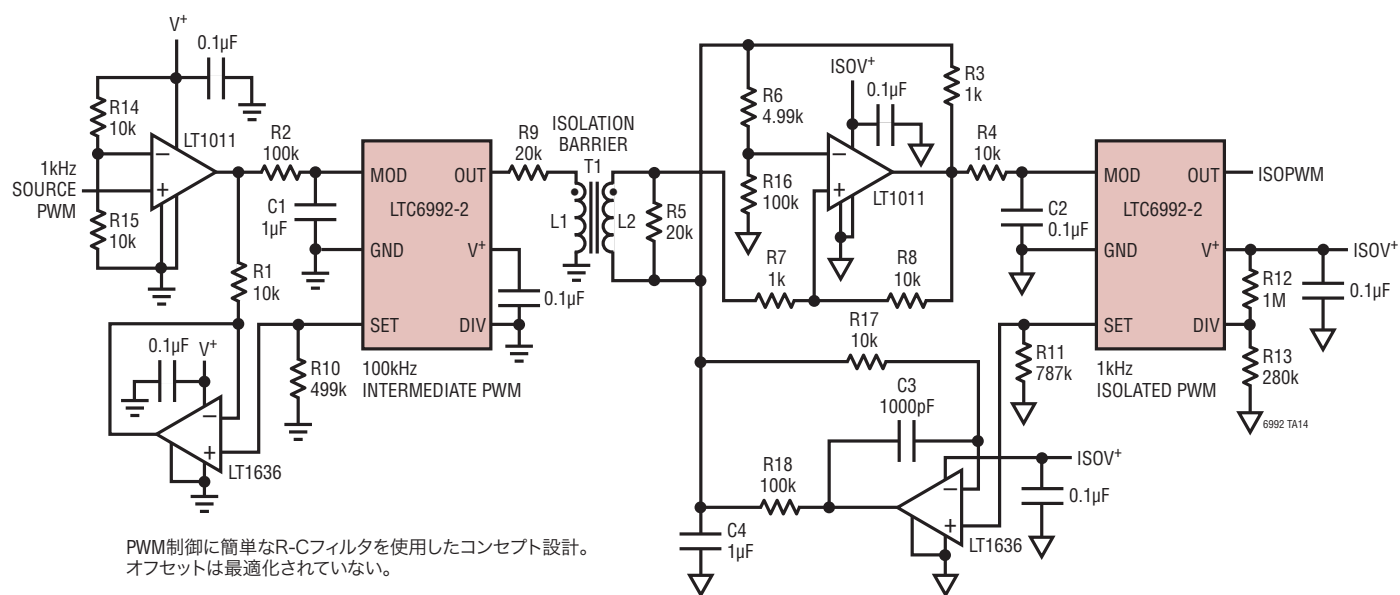




# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 標準的応用例

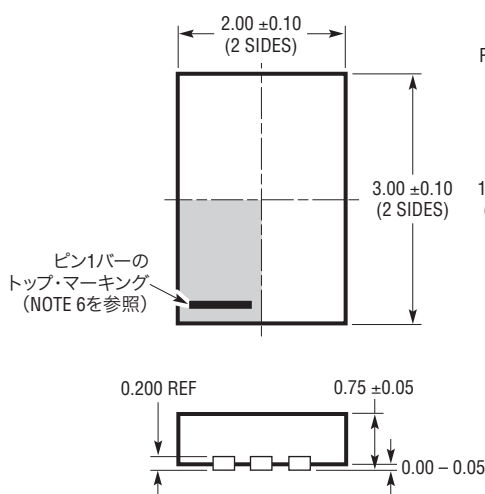
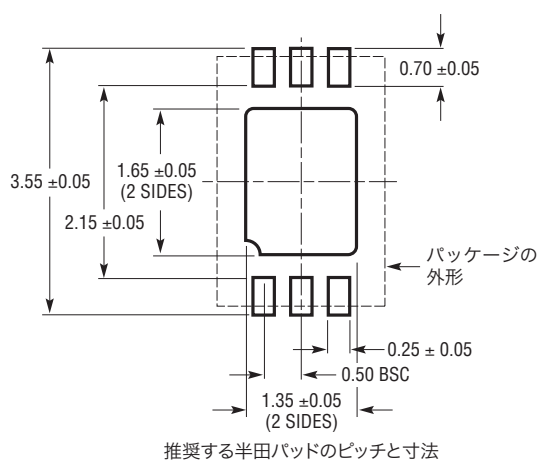
### 絶縁されたPWM(5%~95%)コントローラ



## 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/>を参照してください。

### 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:

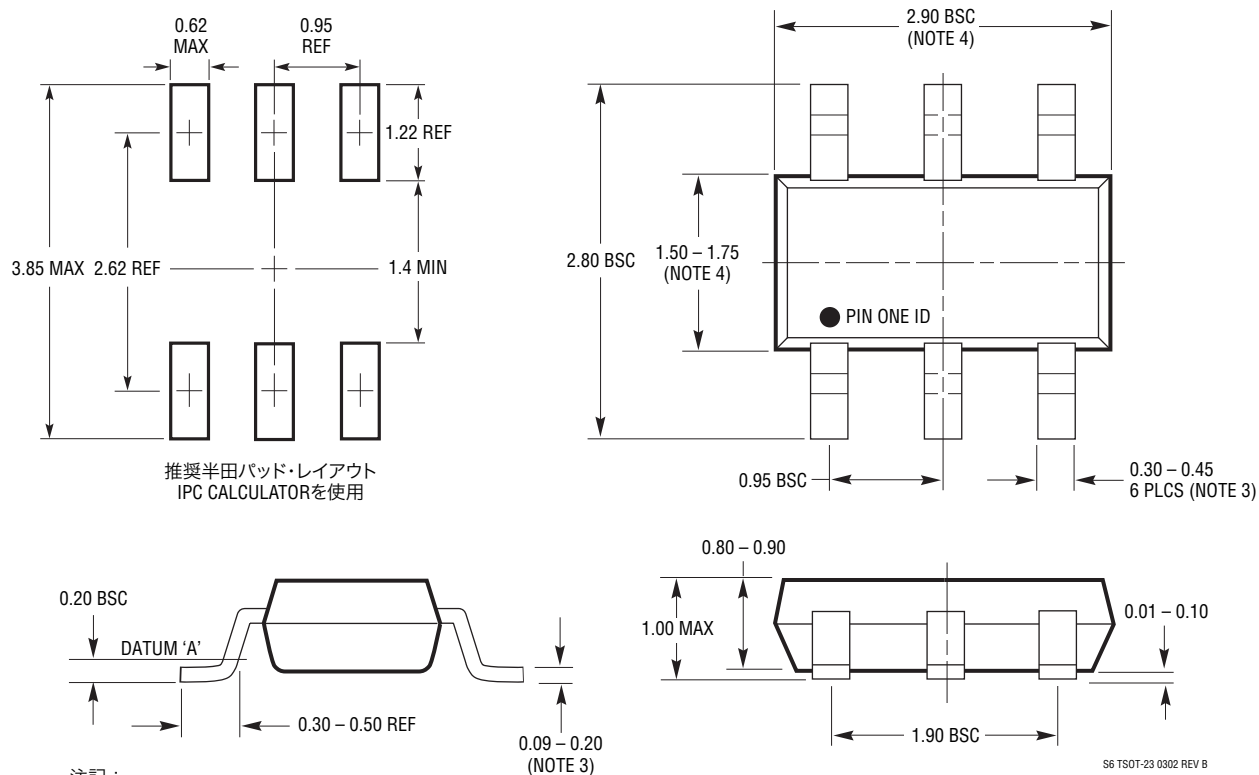
- 図はJEDECのパッケージ外形MO-229のバリエーション(TBD)になる予定
- 図は実寸とは異なる
- 全ての寸法はミリメートル
- パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない  
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
- 露出パッドは半田メッキとする
- 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない

# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 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/>を参照してください。

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



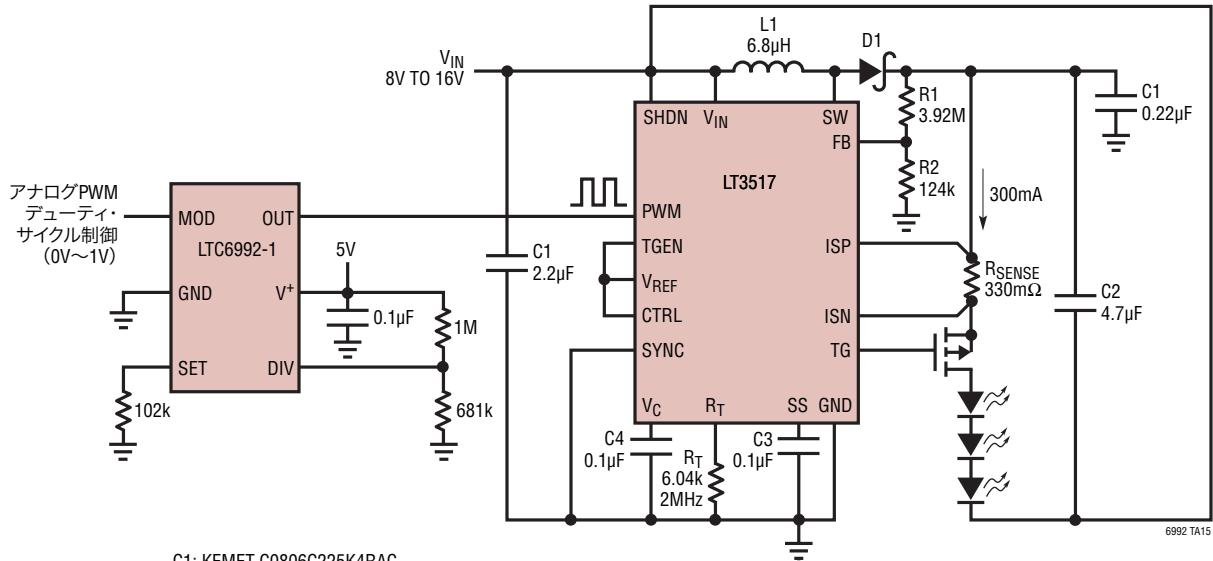
## 改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	1/11	「ピン配置」のTSOTパッケージの $\theta_{JA}$ の値を改訂	2
		「電気的特性」の表の $V_{OH}$ と $V_{OL}$ にNote 7を追加	4
		「ブロック図」の小修正	12
		「 $\Delta V_{SET}$ に対するデューティ・サイクルの影響の受けやすさ」セクションの式の小修正	19
		「標準的応用例」の図の改訂	25
B	7/11	「概要」および「発注情報」セクションの改訂	1～3
		「電気的特性」セクションに $\Delta f_{OUT}/\Delta V^*$ の追加情報とNote 10を追加	3、4
		「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	11
		「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	19
		「標準的応用例」の図6692 TA13の $f_{OUT}$ の値を訂正	29
B	1/12	MPグレードを追加	1、2、3、5

# LTC6992-1/LTC6992-2/ LTC6992-3/LTC6992-4

## 標準的応用例

### LEDドライバ用PWMコントローラ



C1: KEMET C0806C225K4RAC  
C2: KEMET C1206C475K3RAC  
C3, C4: MURATA GRM21BR71H104KA01B  
C5: MURATA GRM21BR71H224KA01B  
D1: DIODE DFSL160  
L1: TOKO B992AS-6R8N  
LEDS: LUXEON I (WHITE)  
M1: ZETEX ZXMP6A13FTA

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC1799	1MHz ~ 33MHz、ThinSOTシリコン発振器	広い周波数範囲
LTC6900	1MHz ~ 20MHz、ThinSOTシリコン発振器	低消費電力、広い周波数範囲
LTC6906/ LTC6907	10kHz ~ 1MHz または 40kHz、ThinSOTシリコン発振器	マイクロパワー、ISUPPLY = 35µA (400kHz)
LTC6930	固定周波数発振器、32.768kHz ~ 8.192MHz	精度: 0.09%、スタートアップ時間: 110µs、32kHzで 105µA
LTC6990	TimerBlox 電圧制御発振器	周波数: 488Hz ~ 1MHz、コンデンサ不要、精度: 2.2%
LTC6991	TimerBlox、リセット付き超低周波数クロック	サイクル時間: 2ms ~ 9.5時間、コンデンサ不要、精度: 2.2%
LTC6993	TimerBlox 単安定パルス発生器	抵抗によって設定されるパルス幅: 1マイクロ秒 ~ 34秒、コンデンサ不要、精度: 3%
LTC6994	TimerBlox 遅延ブロック/デバウンス	抵抗によって設定される遅延: 1マイクロ秒 ~ 34秒、コンデンサ不要、精度: 3%

69921234fc