

# スペクトラム拡散 周波数変調機能付き マルチフェーズ発振器

## 特長

- 2、3または4フェーズ出力
- オプションのスペクトラム拡散周波数変調により、EMC性能が向上
- 5kHz ~ 20MHzの周波数範囲
- 1本の外付け抵抗で周波数を設定
- 1本の外付け抵抗で周波数拡散率を設定
- 消費電流：400 $\mu$ A(標準)、 $V_S=3V$ 、1MHz
- 周波数誤差：1.5%以下、5kHz ~ 10MHz( $T_A=25$ )
- 周波数誤差：2%以下、5kHz ~ 10MHz( $T_A=0 \sim 70$ )
- 温度安定性： $\pm 40$ ppm/
- 短い起動時間：50 $\mu$ s ~ 1.5ms
- 100 のCMOS出力ドライバ
- 2.7V ~ 5.5V単一電源動作
- 10ピンMSパッケージで供給

## アプリケーション

- スイッチング電源用クロック・リファレンス
- 携帯機器およびバッテリー駆動の機器
- PDA
- 携帯電話
- スイッチトキャパシタ・フィルタのクロック駆動

## 概要

LTC<sup>®</sup>6902は小型パッケージでマルチフェーズ出力を供給する、使いやすく低消費電力の高精度発振器です。発振周波数は1本の外付け抵抗( $R_{SET}$ )で設定されます。また、オプションのスペクトラム拡散周波数変調(SSFM)機能も搭載しています。この機能は追加の外付け抵抗( $R_{MOD}$ )で起動、制御可能です。

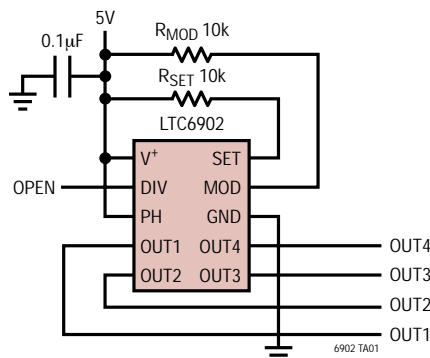
LTC6902のマスタ発振器は $R_{SET}$ 抵抗で制御され、周波数範囲は100kHz ~ 20MHzです。また、プログラム可能な分周器(1、10、100のいずれかで分周)を内蔵しているので、さらに広い出力周波数範囲に対応できます。プログラム可能な内蔵マルチフェーズ回路が2、3、または4フェーズの波形を生成します。

LTC6902のSSFM機能は擬似ランダム・ノイズ(PRN)信号によって発振周波数を変調し、発振器のエネルギーを広い周波数帯域に拡散します。この拡散により、電磁放射のピーク・レベルを低下させ、電磁両立性(EMC)を向上させることができます。周波数拡散量は1本の外付け抵抗( $R_{MOD}$ )でプログラムすることができ、MODピンをグランドに接続することによってディスエーブルされます。

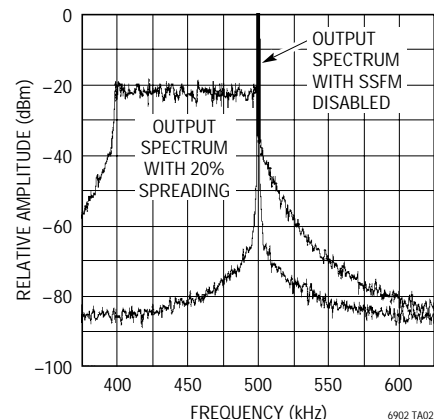
LT、LTC、LTはリアテクノロジー社の登録商標です。

## 標準的応用例

20%の周波数拡散付き500kHz、4フェーズ・クロック



SSFMを有効にした場合と無効にした場合の出力周波数スペクトラム



# LTC6902

## 絶対最大定格 (Note 1)

電源電圧(V <sup>+</sup> ) ~ GND .....	- 0.3V ~ 6V
すべてのピンの電圧 (グランドを基準) .....	- 0.3V ~ (V <sup>+</sup> + 0.3V)
動作温度範囲 (Note 9)	
LTC6902C .....	- 40 ~ 85
LTC6902I .....	- 40 ~ 85
規定温度範囲 (Note 10)	
LTC6902C .....	- 40 ~ 85
LTC6902I .....	- 40 ~ 85
保存温度範囲 .....	- 65 ~ 150
リード温度 (半田付け、10秒) .....	300

## パッケージ/発注情報

	ORDER PART NUMBER
	LTC6902CMS LTC6902IMS
	MS PART MARKING
	LTK2 LTK3

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。

## 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<sub>A</sub> = 25 °Cでの値。別途規定されない限り、V<sup>+</sup> = 2.7V ~ 5.5V、R<sub>L</sub> = 5k、C<sub>L</sub> = 5pF、ピン3 (PH) = 0V (2フェーズ、M = 1)。注記がない限り、ピン9 (MOD) は0V。R<sub>SET</sub> はSETピンからV<sup>+</sup>ピンに接続された抵抗として定義されている。R<sub>MOD</sub> はMODピンからV<sup>+</sup>ピンに接続された抵抗として定義されている。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Δf <sub>OUT</sub>	Frequency Accuracy (Notes 2, 3)	V <sup>+</sup> = 5V	5kHz ≤ f <sub>OUT</sub> ≤ 10MHz		±0.5	±1.5	%
			1kHz ≤ f <sub>OUT</sub> ≤ 5kHz		±2.0		%
			10MHz ≤ f <sub>OUT</sub> ≤ 20MHz	●	±3.0	±4.0	%
		V <sup>+</sup> = 2.7V	5kHz ≤ f <sub>OUT</sub> ≤ 10MHz, LTC6902C	●		±2.0	%
			5kHz < f <sub>OUT</sub> ≤ 10MHz, LTC6902I	●		±2.5	%
			5kHz ≤ f <sub>OUT</sub> ≤ 10MHz		±0.5	±1.5	%
R <sub>SET</sub>	Frequency Setting Resistor Range	Δf <sub>OUT</sub>   < 1.5%, V <sup>+</sup> = 5V	●	20	400	kΩ	
		Δf <sub>OUT</sub>   < 1.5%, V <sup>+</sup> = 2.7V	●	20	400	kΩ	
Δf <sub>OUT</sub> /ΔT	Frequency Drift Over Temperature (Note 3)	R <sub>SET</sub> = 63.2k	●	±0.004		%/°C	
Δf <sub>OUT</sub> /ΔV	Frequency Drift Over Supply (Note 3)	V <sup>+</sup> = 2.7V to 5V, R <sub>SET</sub> = 63.2k	●	0.04	0.12	%/V	
	Timing Jitter (Note 4)	20k ≤ R <sub>SET</sub> ≤ 400k					
		Pin 2 = V <sup>+</sup> (N = 100)		0.1		%	
		Pin 2 = Open (N = 10)		0.2		%	
	Long-Term Stability of Output Frequency	Pin 2 = 0V (N = 1)		0.6		%	
				300		ppm/√kHr	
Duty Cycle (Note 5)		Pin 2 = V <sup>+</sup> or Open (N = 100 or 10)					
		Pin 3 = 0V (2-Phase, M = 1)	●	49.0	50.0	51.0	%
		Pin 3 = Open (3-Phase, M = 3)	●	32.3	33.3	34.3	%
		Pin 3 = V <sup>+</sup> (4-Phase, M = 4)	●	49.0	50.0	51.0	%
		Pin 2 = 0V (N = 1)	●	45.0	50.0	55.0	%
		Pin 3 = 0V (2-Phase, M = 1)	●	32.3	33.3	34.3	%
Pin 3 = Open (3-Phase, M = 3)	●	49.0	50.0	51.0	%		
Pin 3 = V <sup>+</sup> (4-Phase, M = 4)	●	45.0	50.0	55.0	%		

## 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 $T_A = 25$  での値。別途規定されない限り、 $V^+ = 2.7V \sim 5.5V$ 、 $R_L = 5k$ 、 $C_L = 5pF$ 、ピン3 (PH) = 0V (2フェーズ、M = 1)。注記がない限り、ピン9 (MOD) は0V。 $R_{SET}$ はSETピンから $V^+$ ピンに接続された抵抗として定義されている。 $R_{MOD}$ はMODピンから $V^+$ ピンに接続された抵抗として定義されている。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$V^+$	Operating Supply Range		● 2.7		5.5	V	
$I_S$	Power Supply Current	$R_{SET} = 400k$ , $R_L = \infty$ , Pin 2 = $V^+$ (N = 100), $f_{OUT} = 5kHz$ $V^+ = 5V$ $V^+ = 2.7V$	●	0.35	0.55	mA	
		$R_{SET} = 20k$ , $R_L = \infty$ , Pin 2 = 0V (N = 1), $f_{OUT} = 10MHz$ $V^+ = 5V$ $V^+ = 2.7V$	●	2.35	3.50	mA	
		$R_{SET} = 400k$ , $R_L = \infty$ , Pin 2 = $V^+$ (N = 100), $R_{MOD} = 800k$ $V^+ = 5V$ $V^+ = 2.7V$	●	0.45	0.63	mA	
		$R_{SET} = 20k$ , $R_L = \infty$ , Pin 2 = 0V (N = 1), $R_{MOD} = 40k$ $V^+ = 5V$ $V^+ = 2.7V$	●	2.50	3.60	mA	
			●	0.32	0.50	mA	
			●	1.40	1.80	mA	
			●	0.34	0.50	mA	
			●	1.40	1.90	mA	
$V_{IH\_DIV}$	High Level DIV Input Voltage		● $V^+ - 0.4$			V	
$V_{IL\_DIV}$	Low Level DIV Input Voltage				0.4	V	
$I_{DIV}$	DIV Input Current (Note 6)	Pin 2 = $V^+$ , $V^+ = 5V$	●	2	4	$\mu A$	
		Pin 2 = 0V, $V^+ = 5V$	●	-4	-2	$\mu A$	
$V_{IH\_PH}$	High Level PH Input Voltage		● $V^+ - 0.4$			V	
$V_{IL\_PH}$	Low Level PH Input Voltage				0.4	V	
$I_{PH}$	PH Input Current (Note 6)	Pin 3 = $V^+$ , $V^+ = 5V$	●	2	4	$\mu A$	
		Pin 3 = 0V, $V^+ = 5V$	●	-4	-2	$\mu A$	
$V_{OH}$	High Level Output Voltage (Note 6) (OUT1, OUT2, OUT3, OUT4)	$V^+ = 5V$   $I_{OH} = -1mA$	●	4.75	4.90	V	
		$V^+ = 5V$   $I_{OH} = -4mA$	●	4.40	4.70	V	
		$V^+ = 2.7V$   $I_{OH} = -1mA$	●	2.35	2.6	V	
		$V^+ = 2.7V$   $I_{OH} = -4mA$	●	1.85	2.2	V	
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage (Note 6) (OUT1, OUT2, OUT3, OUT4)	$V^+ = 5V$   $I_{OL} = 1mA$	●	0.05	0.15	V	
		$V^+ = 5V$   $I_{OL} = 4mA$	●	0.20	0.40	V	
		$V^+ = 2.7V$   $I_{OL} = 1mA$	●	0.1	0.3	V	
		$V^+ = 2.7V$   $I_{OL} = 4mA$	●	0.4	0.7	V	
$t_r$	Output Rise Time (Note 7) (OUT1, OUT2, OUT3, OUT4)	$V^+ = 5V$   Pin 2 = $V^+$ or Open (N = 100 or N = 10) Pin 2 = 0V (N = 1)		14		ns	
		$V^+ = 5V$   Pin 2 = 0V (N = 1)		7		ns	
		$V^+ = 2.7V$   Pin 2 = $V^+$ or Open (N = 100 or N = 10) Pin 2 = 0V (N = 1)		19		ns	
		$V^+ = 2.7V$   Pin 2 = 0V (N = 1)		11		ns	
$t_f$	Output Fall Time (Note 7) (OUT1, OUT2, OUT3, OUT4)	$V^+ = 5V$   Pin 2 = $V^+$ or Open (N = 100 or N = 10) Pin 2 = 0V (N = 1)		13		ns	
		$V^+ = 5V$   Pin 2 = 0V (N = 1)		6		ns	
		$V^+ = 2.7V$   Pin 2 = $V^+$ or Open (N = 100 or N = 10) Pin 2 = 0V (N = 1)		19		ns	
		$V^+ = 2.7V$   Pin 2 = 0V (N = 1)		10		ns	
	Spread Spectrum Frequency Modulation Spreading Percentage (Downspread from Maximum Frequency) Percent = $100 \cdot (f_{MAX} - f_{MIN})/f_{MAX}$ (Note 8)	$V^+ = 5V$ , N = 10, $R_{SET} = 20k$ , $R_{MOD} = 10k$	●	35	40	45.0	%
		$V^+ = 5V$ , N = 10, $R_{SET} = 20k$ , $R_{MOD} = 40k$	●	7.5	10	12.5	%
		$V^+ = 2.7V$ , N = 10, $R_{SET} = 20k$ , $R_{MOD} = 10k$	●	35	40	45.0	%
		$V^+ = 2.7V$ , N = 10, $R_{SET} = 20k$ , $R_{MOD} = 40k$	●	7.5	10	12.5	%

# LTC6902

## 電気的特性

Note 1: 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスの寿命に影響を及ぼす値。

Note 2:  $R_{SET}$ の2つの異なった値を使って100kHzと1MHzに近い周波数を発生させることができる(「アプリケーション情報」を参照)。これらの周波数については、 $5\text{kHz} \leq f_{OUT} \leq 10\text{MHz}$ に対して $20\text{k} < R_{SET} \leq 400\text{k}$ と仮定して誤差が規定されている。

Note 3: 周波数の精度は $f_{OUT}$ の式からの偏差として定義されている。

Note 4: ジッタは周期のピーク・トゥ・ピーク分布の、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 5: 5Vテストにより保証。

Note 6: 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 7: 出力の立ち上がり時間と立ち下り時間は出力負荷無し状態で電源の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。

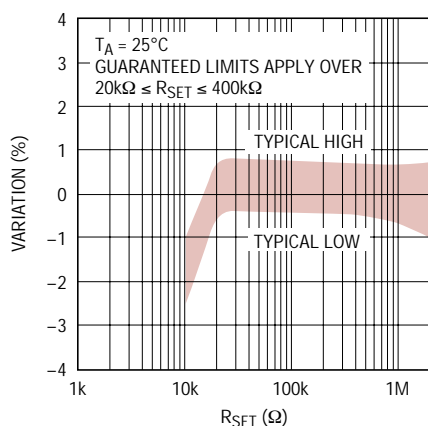
Note 8:  $f_{MAX}$ は到達できる最高周波数として定義され、 $R_{SET}$ 抵抗によって設定される周波数 $f_{OUT}$ に等しい。 $f_{MIN}$ は到達できる最低周波数である。

Note 9: LTC6902CMSとLTC6902IMSは -40 ~ 85 の動作温度範囲で動作することが保証されている。

Note 10: LTC6902CMSは、0 ~ 70 で性能仕様に適合することが保証されており、-40 ~ 85 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。LTC6902IMSは -40 ~ 85 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。

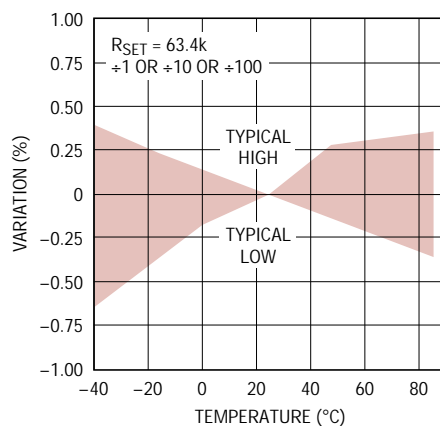
## 標準的性能特性

周波数変動と $R_{SET}$



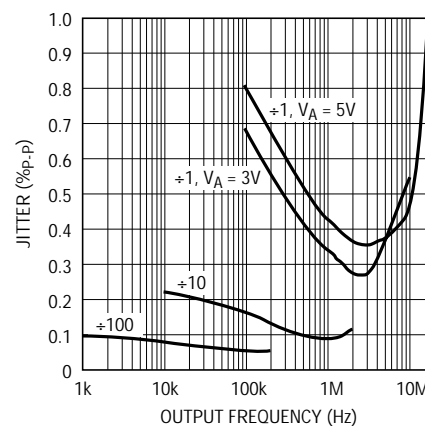
6902 G01

周波数変動と温度



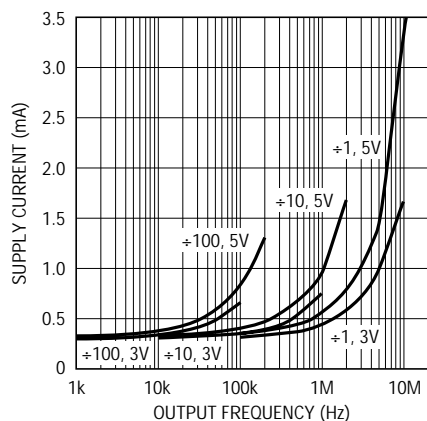
6902 G02

ピーク・トゥ・ピーク・ジッタと出力周波数 (M=1、2フェーズ・モード)



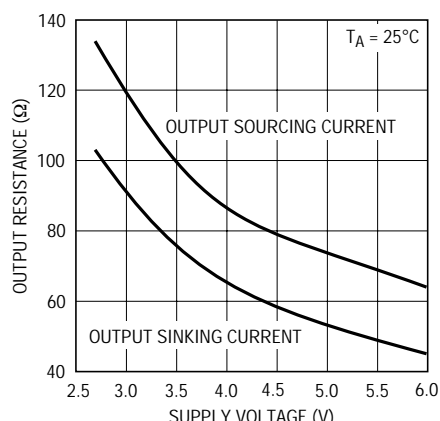
6902 G03

電源電流と出力周波数 [SSFMは無効、2フェーズ・モード (M=1)]



6902 G04

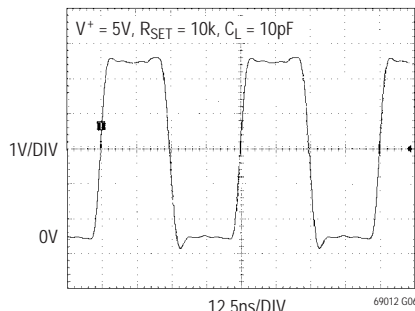
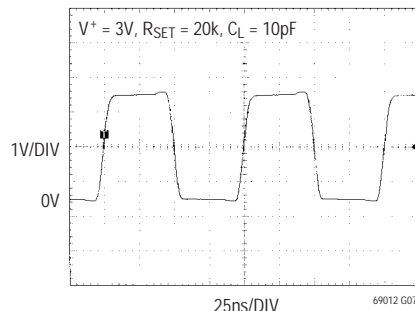
出力抵抗と電源電圧



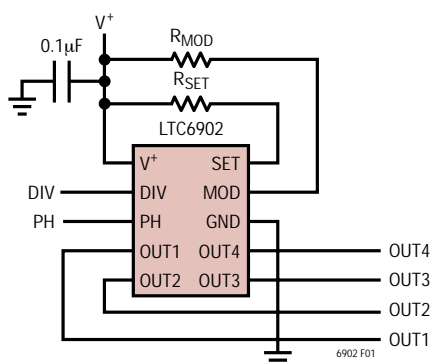
6902 G05

6902f

## 標準的性能特性

20MHz、 $V_S = 5V$ で動作時の出力10MHz、 $V_S = 3V$ で動作時の出力

## 簡略デザイン・ガイド



$$f_{OUT} = \frac{10\text{MHz}}{N \cdot M} \cdot \left( \frac{20\text{k}\Omega}{R_{SET}} \right); 5\text{kHz} \leq f_{OUT} \leq 20\text{MHz}$$

$$\text{Spreading Percentage} = 20 \cdot \frac{R_{SET}}{R_{MOD}}$$

図1. 標準的アプリケーションと設計のための式

ステップ1. マルチフェーズ・モードを選択し、Mを設定

マルチフェーズ・モードを選択すると、分周率Mも選択されます。

- 2フェーズ: PHピンをGNDに接続 M=1
- 3フェーズ: PHを開放 M=3
- 4フェーズ: PHピンをV+に接続 M=4

ステップ2. プログラム可能な分周器の設定値Nを選択

A. 拡散スペクトラム周波数変調 (SSFM) を使ったアプリケーション、または低クロック・ジッタが主要な仕様である固定周波数のアプリケーション:

分周器の設定	周波数範囲( $f_{OUT} \cdot M$ )
N = 1 DIVピンをGNDに接続	2MHz to 20MHz
N = 10 DIVを開放	200kHz to 2MHz
N = 100 DIVピンをV+に接続	<200kHz

NOTE: 周波数範囲の数字は5V電源の場合で、サポートされている最大出力周波数は20MHzです。低電圧の電源の場合( $2.7V \leq V^+ \leq 4V$ )、最大定格出力周波数は10MHzで、上記のすべての数字を半分にします。

B. 周波数精度が主要な仕様である固定周波数のアプリケーション:

分周器の設定	周波数範囲( $f_{OUT} \cdot M$ )
N = 1 DIVピンをGNDに接続	> 500kHz*
N = 10 DIVを開放	50kHz to 500kHz
N = 100 DIVピンをV+に接続	<50kHz

\*最大周波数( $f_{OUT} \cdot M$ )は5Vアプリケーションの場合20MHzで、低電源電圧アプリケーション( $2.7V \leq V^+ \leq 4V$ )の場合10MHzです。

## 簡略デザイン・ガイド

### ステップ3 . R<sub>SET</sub>抵抗値の計算

R<sub>SET</sub>抵抗、マルチフェーズ・モードそしてディバイダ設定は定周波数アプリケーションで出力周波数(f<sub>OUT</sub>)を設定します。SSFMアプリケーションの場合、到達可能な最大周波数(f<sub>MAX</sub>)はf<sub>OUT</sub>に等しくなります。

$$R_{SET} = 20k\Omega \cdot \left( \frac{10MHz}{N \cdot M \cdot f_{OUT}} \right)$$

$$N = \begin{cases} 100 & \text{DIV Pin} = V^+ \\ 10 & \text{DIV Pin} = \text{Open} \\ 1 & \text{DIV Pin} = 0V \end{cases}$$

$$M = \begin{cases} 4 & \text{(4-Phase Output) PH Pin} = V^+ \\ 3 & \text{(3-Phase Output) PH Pin} = \text{Open} \\ 1 & \text{(2-Phase Output) PH Pin} = 0V \end{cases}$$

### ステップ4 . R<sub>MOD</sub>抵抗値の計算

(NOTE: 固定周波数のアプリケーションの場合、R<sub>MOD</sub>は不要です。MODピンをGNDに接続してSSFMを無効にします。)

$$R_{MOD} = 20 \cdot \frac{R_{SET}}{\text{Spreading Percentage}}$$

ここで「拡散率」は次式で定義されます。

$$\text{Spreading Percentage} = 100 \cdot \frac{f_{MAX} - f_{MIN}}{f_{MAX}}$$

ここで、f<sub>MAX</sub>は(ステップ3で計算したR<sub>SET</sub>によって設定される)最高周波数で、f<sub>MIN</sub>は最低周波数です。

### 例

4フェーズ、250kHzクロックで40%の拡散の場合:

Connect PH Pin to V<sup>+</sup> → Selects 4-Phase Mode, M = 4

Leave DIV Pin Open → N = 10

R<sub>SET</sub> = 20k → Sets f<sub>OUT</sub> = f<sub>MAX</sub> = 250kHz

R<sub>MOD</sub> = 10k → Sets Spreading to 40%

## ピン機能

V<sup>+</sup> (ピン1): 電源電圧(2.7V ≤ V<sup>+</sup> ≤ 5.5V)。この電源はノイズやリップルの影響を受けないようにします。できるだけこのピンの近くに配置した0.1μFのコンデンサを使って、グラウンド・プレーンに直接バイパスします。

DIV (ピン2): 分周器設定入力。このスリーステート入力により、分周器の3つの設定条件の1つが選択され、周波数の式のNの値が定められます。÷1(最高周波数範囲)に設定するには、ピン2をGNDに接続します。ピン2をフロートさせると(開放状態)、マスタ発振器は10分周されます。÷10(最低周波数範囲)に設定するには、ピン2をV<sup>+</sup>に接続します。フロートしているDIVピンを検出するため、LTC6902はアクティブ回路を使ってこのピンを電源電圧の midpoint に設定します。したがって、DIVピンを“H”にドライブするには約2μAでソースする必要があります。同様に、DIVピンを“L”にドライブするには2μAでシンクする必要があります。DIVピンがフロートしているときは、1nFのコンデンサでGNDにバイパスするか、このピンをグラウンド・シールドで囲んで他のPCBトレースとの過度のカップリングを防ぎます。

PH (ピン3): フェーズ設定入力。このスリーステート入力により、3つのマルチフェーズ・オプションのどれかを選択します。これにより、2フェーズ、3フェーズ、または4フェーズの信号を発生するように出力が設定されます。さらに、周波数の式のMの値も設定されます。2フェーズに設定するには、ピン3をGNDに接続します。これは最大周波数範囲で、Mは1に設定されます。ピン3をフロートさせると(開放状態)、3フェーズの設定が選択されます。これにより、Mは3に設定されます。4フェーズに設定するには、ピン3をV<sup>+</sup>に接続します。Mが4に設定されるので、これは最小周波数範囲です。フロートしているPHピンを検出するため、LTC6902はアクティブ回路を使ってこのピンを電源電圧の midpoint に設定します。したがって、PHピンを“H”にドライブするには約2μAでソースする必要があります。同様に、PHピンを“L”にドライブするには約2μAをシンクする必要があります。PHピンがフロートしているときは、1nFのコンデンサでGNDにバイパスするか、このピンをグラウンド・シールドで囲んで他のPCBトレースとの過度のカップリングを防ぎます。

## ピン機能

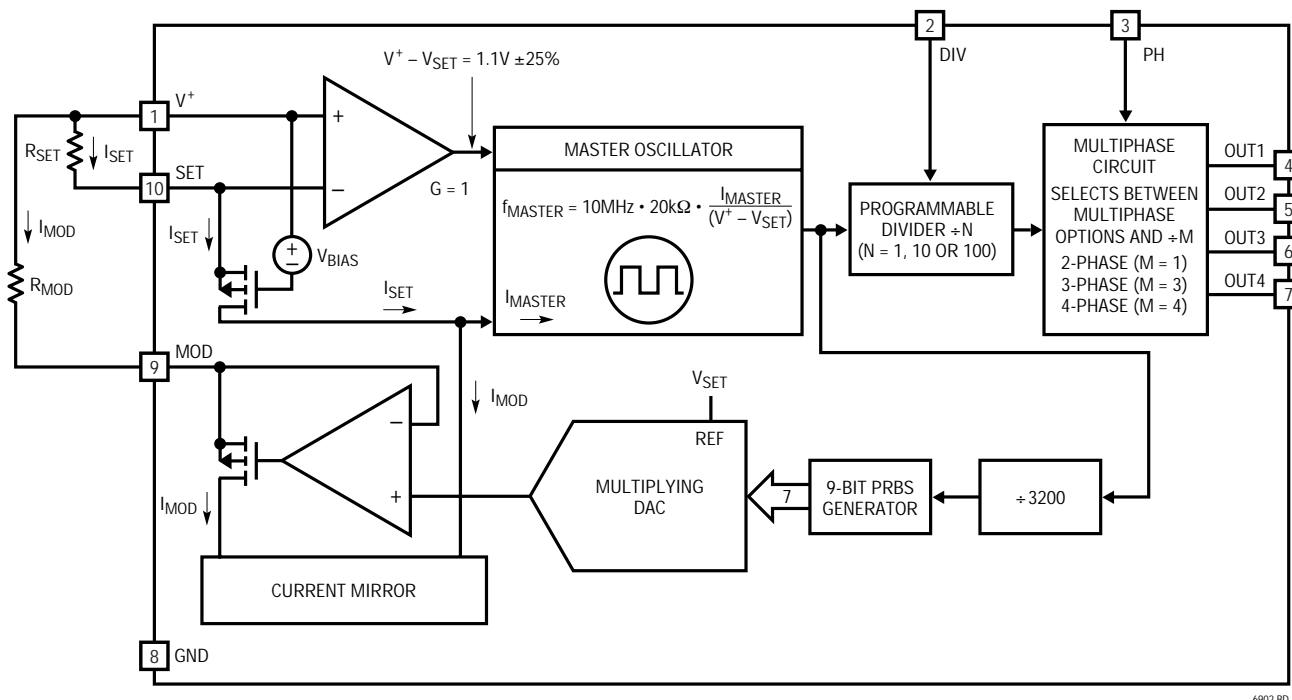
OUT1、OUT2、OUT3、OUT4 (ピン4、5、6、および7) : 発振器の出力。これらのピンは5k の負荷または10pFの負荷、または両方をドライブすることができます。大きな負荷の場合、高い周波数では電源バウンスにより精度が低下することがあります。

GND (ピン8) : グランド。最適動作のため、グランド・プレーンに接続します。

SET (ピン10) : 周波数設定抵抗の入力。このピン10とV<sup>+</sup>の間に接続される抵抗(R<sub>SET</sub>)の値が発振器の周波数を定めます。このピンの電圧はV<sup>+</sup>の電圧よりも約1.13V低く保たれます。最適動作のため、10k~2Mの高精度金属皮膜抵抗を使用して、このピンの容量を10pFよりも小さくします。

MOD (ピン9) : 拡散スペクトラム周波数変調設定用抵抗の入力。ピン9とV<sup>+</sup>の間に接続される抵抗(R<sub>MOD</sub>)の値が周波数変調の大きさを定めます。出力周波数は常にR<sub>SET</sub>抵抗によって設定される周波数から下に向かって変調されます。最適動作のため、10k~2Mの高精度金属皮膜抵抗を使用して、このピンの容量を10pFよりも小さくします。このピンの電圧は静的ではありません。デバイスが適切に動作するには、このピンの容量を制限することが重要です。変調をディスエーブルするには、このピンをGNDに接続します。MODピンをグランドに接続すると変調がディスエーブルされ、変調回路がシャットダウンされて電力消費を節約します。変調をディスエーブルするためにこのピンを開放したままにすることは推奨しません。このピンを開放すると(R<sub>MOD</sub> ≈ ∞) 数学的には0%の変調になりますが、開放状態のピンは外部ノイズにカップリングしやすく、周波数の精度に影響することがあります。

## ブロック図



6902 BD

## 動作原理

ブロック図に示されているように、LTC6902のマスタ発振器は $V^+$ ピンとSETピンの間の電圧( $V^+ - V_{SET}$ )とマスタ発振器に流れ込む電流 $I_{MASTER}$ との比によって制御されます。拡散スペクトラム周波数変調(SSFM)がディセーブルされていると、 $I_{MASTER}$ は厳密に( $V^+ - V_{SET}$ )の電圧と $I_{SET}$ 電流によって決定されます。SSFMがイネーブルされていると、 $I_{SET}$ 電流から電流 $I_{MOD}$ (変調電流)が差し引かれて、 $I_{MASTER}$ 電流の値が決定されます。この場合、 $I_{MASTER}$ 電流は最大で $I_{SET}$ になりますが、多くの場合、 $I_{MOD}$ の値で決まる値だけ $I_{SET}$ より小さくなります。このようにして、マスタ発振器の周波数は変調され、 $I_{SET}$ 電流によって設定される周波数以下の周波数を常に発生します。

SETピンの電圧はPMOSトランジスタとそのゲート・バイアス電圧によって $V^+$ より約1.1V低い値に強制されます。この電圧は、特定の入力電流と電源電圧で、精度が $\pm 8\%$ です(図2を参照)。  $V^+$ ピンとSETピンの間に接続された $R_{SET}$ 抵抗は( $V^+ - V_{SET}$ )電圧と $I_{SET}$ 電流を結合します。このため、デバイスはSETピンの電圧の精度に関係なく優れた周波数精度を実現することができます。LTC6902は10k~2Mの $R_{SET}$ 抵抗と一緒に使用するように最適化されています。これは100kHz~20MHzのマスタ発振器周波数に対応しています。さらに、MODピンの電圧はSETピンの電圧を追尾します。 $V^+$ ピンとMODピンの間に接続された $R_{MOD}$ 抵抗はMODピンの電圧の変化と $I_{MOD}$ 電流を同様に結合し、再度優れた精度を実現します。

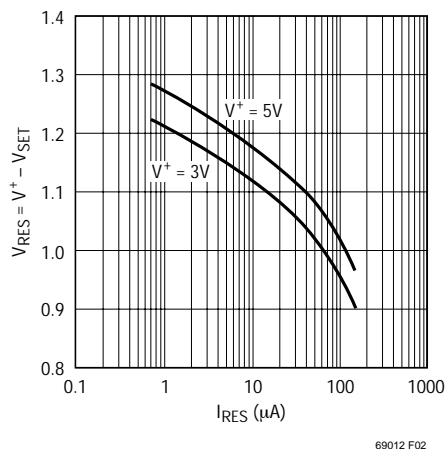


図2.  $I_{RES}$ に対する $V^+ - V_{SET}$ の変化

マスタ発振器の出力はプログラム可能な分周器に接続されています。プログラム可能な分周器の出力は次にマルチフェーズ回路に接続され、その4つの出力は出力ドライバに直接接続されています。最終出力周波数は $R_{SET}$ 抵抗の値、プログラム可能な分周器の設定、および選択されたマルチフェーズ・モードによって決定されます。出力周波数 $f_{OUT}$ を設定するための式は次のとおりです。

$$f_{OUT} = \frac{10\text{MHz}}{N \cdot M} \cdot \left( \frac{20\text{k}\Omega}{R_{SET}} \right)$$

ここで、

$$N = \begin{cases} 100 & \text{DIV Pin} = V^+ \\ 10 & \text{DIV Pin} = \text{Open} \\ 1 & \text{DIV Pin} = 0\text{V} \end{cases}$$

$$M = \begin{cases} 4 & \text{(4-Phase Output) PHPin} = V^+ \\ 3 & \text{(3-Phase Output) PHPin} = \text{Open} \\ 1 & \text{(2-Phase Output) PHPin} = 0\text{V} \end{cases}$$

拡散スペクトラム周波数変調(SSFM)がディセーブルされていると、周波数 $f_{OUT}$ が最終出力周波数です。SSFMがイネーブルされていると、 $f_{OUT}$ は最大出力周波数で、 $R_{MOD}$ 抵抗の値が最小出力周波数を決定します。

プログラム可能な分周器はマスタ発振器の信号を1、10、または100で分周します。分周値はDIV入力(ピン2)の状態によって決定されます。 $\div 1$ を選択するには、DIVをGNDに接続するか、0.5Vより下にドライブします。これは最大周波数範囲で、マスタ出力周波数はマルチフェーズ回路に直接渡されます。 $\div 10$ (中位の周波数範囲)を選択するには、DIVピンをフロートさせるか、または電源の midpoint にドライブすることができます。最小周波数範囲( $\div 100$ )を選択するには、DIVを $V^+$ に接続するか、または $V^+$ の0.4V以内にドライブします。100kHzから1MHzのあたりの重なり合った周波数範囲を含む、 $R_{SET}$ 、分周器の設定、および出力周波数のあいだの関係を図3に示します。

マルチフェーズ回路は2、3、または4フェーズのいずれかの波形の出力を生成します。3フェーズと4フェーズの出力信号を発生するために、プログラム可能な分周器の出力はさらに分周されます。



## 動作原理

さらなる分周に加えて、出力のデューティ・サイクルは選択されたマルチフェーズ・モードに依存します。2、3、および4フェーズ・モードの各出力の波形を図4に示します。

### 2フェーズ・モード

2フェーズ・モードでは、すべての出力は公称50%のデューティ・サイクルとなります。OUT1とOUT2は位相が180度ずれます。つまり、OUT2はOUT1を反転したものです。ただし、OUT2は単に標準的ロジック・イン

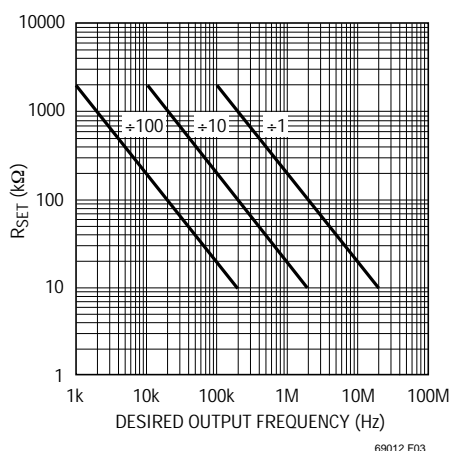
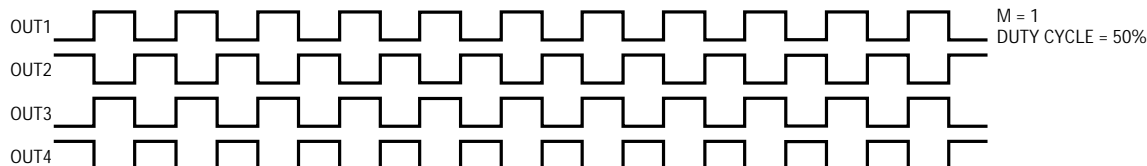
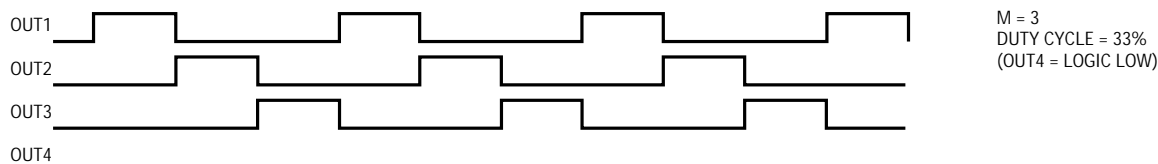


図3 .  $R_{SET}$  と所望の出力周波数 (PH = GND、2フェーズ、 $M = 1$ )

2-PHASE, PH = GND



3-PHASE, PH = OPEN



4-PHASE, PH = V+

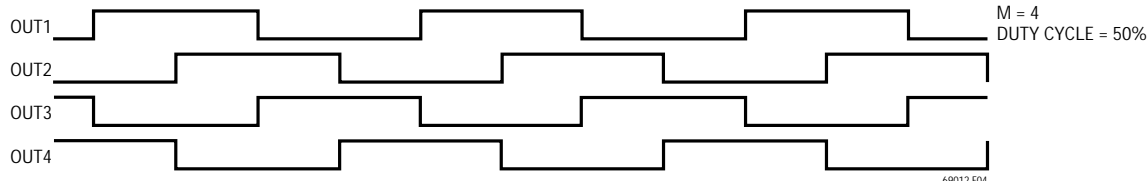


図4 . マルチフェーズ出力の波形

バータを通過させたOUT1ではありません。そうであったとすれば、OUT2の遷移はOUT1の遷移から大きく遅れることでしょう。OUT1とOUT2は遅延をマッチングさせた反転回路によって作られます。単純な反転とは異なり、遅延マッチングはアナログ回路のパラメータによって決定されます。この種のデザインでは、OUT1とOUT2の遷移は標準で100ps以内になります。OUT3とOUT4はそれぞれOUT1とOUT2の複製です。2つの位相は遅延をマッチングさせたインバータによって発生させているので、さらに分周されることはなく、周波数設定の式の中のパラメータMは1です ( $M = 1$ )。

### 3フェーズ・モード

3フェーズ・モードでは、OUT1、OUT2、およびOUT3がアクティブで、3つの出力はすべて33.3%のデューティ・サイクルとなります。OUT4はアクティブではなく、ロジック“L”の状態になります。3つのアクティブな出力は位相が120度ずれます。OUT2はOUT1より120度遅れ、OUT3はOUT2より120度遅れます。これらの信号はシフトレジスタによって発生させます。出力周波数はプログラム可能な分周器の出力をさらに ( $M = 3$ ) で割ったものです。

### 4フェーズ・モード

4フェーズ・モードでは、すべての出力は公称50%のデューティ・サイクルとなります。出力はすべて位相が90度ずれます。

## 動作原理

OUT2はOUT1より90度遅れ、OUT3はOUT2より90度遅れ、OUT4はOUT3より90度遅れます。これらの信号はフリップ・フロップによって発生させます。出力周波数はプログラム可能な分周器の出力をさらに4 ( $M = 4$ )で割ったものです。

マルチフェーズ・モードはPH入力(ピン3)の状態によって決定されます。2フェーズ・モードを選択するには、PHをGNDに接続するか、0.5Vより下にドライブします。3フェーズ・モードを選択するには、PHピンをフロートさせるか、または電源の midpoint にドライブすることができます。4フェーズ・モードを選択するには、PHを $V^+$ に接続するか、または $V^+$ の0.4V以内にドライブします。

CMOS出力ドライバのオン抵抗は標準で100Ω以下です。÷1(高周波数)モードでは、立上り時間と立下り時間は5V電源のとき標準7nsで、3V電源のとき11nsです。これらの遷移時間は10MHz(5V電源では20MHz)できれいな方形波を維持します。÷10モードと÷100モードでは、出力周波数をはるかに低く、出力ドライバ内のスルーレート制御回路は立上り時間/立下り時間を5V電源のとき標準で14ns、3V電源のとき19nsに増加させます。スルーレートの低下により、EMI(電磁干渉)と電源バウンスが減少します。

### 拡散スペクトラム周波数変調

LTC6902はさらに拡散スペクトラム周波数変調(SSFM)の機能を備えています。発振器の周波数は擬似ランダム・ノイズ(PRN)信号によって変調され、発振器のエネルギーを広い周波数帯域に拡散します。この拡散により、電磁放射のピーク・レベルが低下し、電磁両立性(EMC)が向上します。

周波数拡散量は外付け抵抗 $R_{MOD}$ および、 $V^+$ ピンとMODピンの間の電圧( $V^+ - V_{MOD}$ )によって決定されます。静止したSETピンの電圧( $V_{SET}$ )とは異なり、MODピンの電圧( $V_{MOD}$ )は、 $V_{SET}$ を基準にした乗算用DAコンバータ(MDAC)によって生じる動的信号です。 $V_{SET}$ を基準にすると、 $V_{SET}$ 電圧の変動による誤差を解消し、2つの電圧を一緒に結合します。 $V_{MOD}$ 電圧は $V_{SET}$ 電圧を1/5にしたものを、擬似ランダム・バイナリ・シーケンス(PRBS)発生器からMDACに送られるデジタル・コードによって乗算したものです。 $V_{MOD}$ は擬似ランダム・ノイズ同様に変化します。( $V^+ - V_{MOD}$ )電圧は最小で0Vになり、最大で( $V^+ - V_{SET}$ )の1/5(20%)になります。

$V_{MOD}$ は $V_{SET}$ を基準にしているため、 $R_{SET}$ と $R_{MOD}$ の比によって周波数拡散の大きさを決定することができます。 $R_{SET}$ が $R_{MOD}$ に等しい場合について考察します。この場合、( $V^+ - V_{MOD}$ )電圧がその最小値である0Vのとき、 $I_{MOD} = 0A$ 、 $I_{MASTER} = I_{SET}$ であり、マスタ発振器は最大周波数( $f_{MAX}$ )、つまり $R_{SET}$ 抵抗によって設定される $f_{OUT}$ 周波数になります。さらに( $V^+ - V_{MOD}$ )電圧がその最大値、つまり( $V^+ - V_{SET}$ )の20%のとき、 $I_{MOD} = 0.2 \cdot I_{SET}$ 、 $I_{MASTER} = 0.8 \cdot I_{SET}$ であり、マスタ発振器はその最小周波数( $f_{MIN}$ )、つまり $R_{SET}$ 抵抗によって設定される $f_{OSC}$ 周波数の80%になります。周波数拡散の大きさの一般式は次のとおりです。

$$\text{Frequency Spreading (in \%)} = 20 \cdot \frac{R_{SET}}{R_{MOD}}$$

ここで、周波数拡散は次のように定義されます。

$$\text{Frequency Spreading (in \%)} = 100 \cdot \frac{f_{MAX} - f_{MIN}}{f_{MAX}}$$

設計手順としては、まず $R_{SET}$ 抵抗の値を選んで $f_{MAX}$ ( $f_{OUT}$ )を設定し、次に $R_{MOD}$ 抵抗の値を選んで必要な周波数拡散の大きさを設定します。周波数は常に低い値に変調されることに注意してください。これは一般に下方拡散信号と呼ばれます。

SSFMをディスエーブルするには、MODピンをグランドに接続します。MODピンをグランドに接続すると変調がディスエーブルされ、変調回路がシャットダウンされず。MODピンを開放したままにすると、 $R_{MOD} = \infty$ となり、周波数拡散は0%となります。これは変調をディスエーブルする良い方法ではありません。開放状態のピンは外部ノイズとカップリングしやすく、出力周波数の精度が影響を受けることがあります。MODピンをグランドに接続するのがSSFMをディスエーブルする最善の方法です。

前に述べたように、変調波形は擬似ランダム・ノイズに似た波形です。擬似ランダム信号は9ビット長のリニア・フィードバック・シフトレジスタによって発生します。擬似ランダム・シーケンスはシフトレジスタの $2^9$ (2<sup>9</sup>)クロック・サイクルごとに繰り返されます。シフトレジスタの下位7ビットは、 $V_{MOD}$ 電圧を発生するMDACに並列に送られます。デジタル方式で発生した信号なので、出力は完全に滑らかな波形ではなく、シフトレジスタのクロック・サイクル毎に変化する128(2<sup>7</sup>)の離散ステップで形成されます。

## 動作原理

シフトレジスタのクロックはマスタ発振器の出力を3200で割ったものであることに注意してください。このため、変調信号の動きがいくらか遅く、各ステップは  $3200/f_{\text{MASTER}}$  秒だけ時間間隔が離れており、擬似ランダム・シーケンスは  $(512 \cdot 3200)/f_{\text{MASTER}}$  秒ごとに繰り返されます。

LTC6902のサーボ・ループは帯域幅が制限されているので各ステップに瞬時に応答することはできません。

$V_{\text{MOD}}$  電圧ステップはサーボ・ループによって周波数ステップに変換されます。サーボ・ループの帯域幅は約25kHzで、周波数の変化率を制限して波形のコーナーを和らげます。「アプリケーション情報」のセクションで説明されるように、スイッチング・レギュレータのクロックにLTC6902を使用するとき、この点は有益です。出力周波数が時間の経過とともにどのように変化するかを図5に示します。

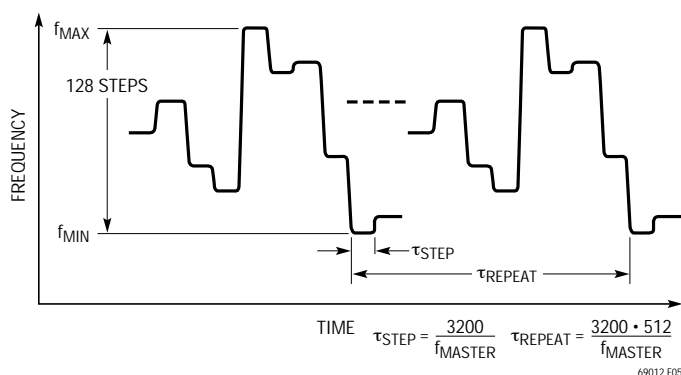


図5

## アプリケーション情報

### 分周器の設定と $R_{\text{SET}}$ 値の選択

LTC6902のマスタ発振器の周波数範囲は0.1MHz～20MHzです。ただし、4Vより低い電源電圧で、マスタ発振器を10MHzを越す周波数で動作させると精度が低下することがあります。プログラム可能な分周器により、周波数範囲を3桁以上上げることができます。選択されたマルチフェーズ・モードに従って、周波数がさらに分周されることがあります。マルチフェーズ・モードとパラメータMは一般にアプリケーションの要求条件に依存し、通常は設計上の柔軟性は向上しません。

LTC6902のマスタ発振器は200:1の範囲をカバーし、プログラム可能な分周器は10:1のステップ(1、10、100)を備えています。この広い周波数範囲はデバイスのプログラム可能な分周器と組み合わせられて、どの所要の出力周波数に対しても、少なくとも2つのソリューションを与

えます(例外は最大出力周波数で、分周できません)。最善の分周器の設定と正しい $R_{\text{SET}}$ 抵抗の値の選択はアプリケーションに依存します。

拡散スペクトラム周波数変調(SSFM)のアプリケーションでは、最高の分周器設定を選択します。こうすると、マスタ発振器は最高周波数で動作するように強制されます。擬似ランダム信号発生器は(出力ではなく)マスタ発振器によってクロックを与えられ、信号が速く変動するほど、EMC性能が大きく改善されます。ほとんどのアプリケーションでは、マルチフェーズ・モードは特定のアプリケーションのニーズによって決定されます。これらのアプリケーションでは、パラメータMは予め決められて固定されています。SSFMを使用するときの分周器の各設定条件に対する推奨出力( $f_{\text{OUT}}$ )周波数範囲を表1に示します。

## アプリケーション情報

表1. 推奨周波数範囲と、SSFMアプリケーションまたは低ジッタ固定周波数アプリケーションのためのプログラム可能な分周器の設定条件

分周器の設定		周波数範囲( $f_{OUT} \cdot M$ )
N = 1	DIV (Pin 2) = GND	2MHz to 20MHz
N = 10	DIV (Pin 2) = Open	200kHz to 2MHz
N = 100	DIV (Pin 2) = V <sup>+</sup>	<200kHz

NOTE: 周波数範囲の数字は5V電源の場合で、20MHzの出力がサポートされている最大周波数です。低電圧の電源の場合(2.7V ≤ V<sup>+</sup> ≤ 4V)、最大定格出力周波数は10MHzで、上記のすべての数字を半分にします。

固定周波数のアプリケーションでは、SSFMはディスエーブルされており、最善の動作位置はそのアプリケーションでどのパラメータが最も重要かに依存します。クロックのジッタを最小にするには、上でなされたように、分周器をその最高設定条件に設定するのが最善です。分周器はマスタ発振器のジッタを減らします。分周数が多いほど、マスタ発振器のジッタが大きく減少します。最高の周波数精度を得るには、プログラム可能な分周器を最低の設定条件で動作させて、マスタ発振器を低い周波数で動作させるのが最善です。マスタ発振器周波数が低いほど精度が上がり、消費電力が少なくて済みます。周波数精度とジッタの間のトレードオフを決めるには、「標準性能特性」の曲線を参照してください。周波数精度が主要な仕様である連続周波数アプリケーションのための各分周器の設定条件に対する推奨出力周波数範囲が表2にまとめてあります。

表2. 推奨周波数範囲と、最高の周波数精度を必要とする固定周波数アプリケーション(SSFMはディスエーブル)のためのプログラム可能な分周器の設定条件

分周器の設定		周波数範囲( $f_{OUT} \cdot M$ )
N = 1	DIV (Pin 2) = GND	> 500kHz*
N = 10	DIV (Pin 2) = Open	50kHz to 500kHz
N = 100	DIV (Pin 2) = V <sup>+</sup>	<50kHz

\*最大周波数( $f_{OUT} \cdot M$ )は5Vアプリケーションの場合20MHzで、低電源電圧のアプリケーション(2.7V ≤ V<sup>+</sup> ≤ 4V)の場合10MHzです。

アプリケーションによっては、マルチフェーズ回路はマスタ発振器を強制的にもっと高い、またはもっと低い周波数で動作させるのに役立ちます。アプリケーションがクロック・ソースを1つ必要とする場合、マルチフェーズ回路は、最高または最低の分周器数(M)、つまり最高または最低のマスタ発振器周波数を与えるどんなモードにも設定することができます。さらに、アプリケーション

が2フェーズしか必要としないなら、4フェーズ・モードを選択して、OUT1とOUT3の出力だけ(あるいは、代わりにOUT2とOUT4の出力だけ)を使うことができます。

たとえば、500kHz、2フェーズのクロックを4つの異なる方法で得ることができます。可能なソリューションのリストを表3に示します。SSFMアプリケーションの場合、最善のEMC特性を得るための望ましいソリューションは、マスタ発振器が20MHzで動作する最後の選択肢です。固定周波数のアプリケーションでは、望ましいソリューションはマスタ発振器を500kHzで使用する最初の選択肢です。

表3. 500kHz、2フェーズ・クロックを得る4つの可能な方法

R <sub>SET</sub>	N	MULTIPHASE MODE	M	f <sub>MASTER</sub>	OUTPUTS
400k	1	2	1	500kHz	OUT1, OUT2
100k	1	4	4	2MHz	OUT1, OUT3
40k	10	2	1	5MHz	OUT1, OUT2
10k	10	4	4	20MHz	OUT1, OUT3

適当な分周器設定条件を選択したら、正しい周波数設定抵抗を決定します。発振周期と抵抗の間には線形の対応関係があるので、簡単な式で抵抗と周波数が関係づけられます。

$$R_{SET} = 20k \cdot \left( \frac{10MHz}{M \cdot N \cdot f_{OUT}} \right), N = \begin{cases} 100 \\ 10 \\ 1 \end{cases}, M = \begin{cases} 4 \\ 3 \\ 1 \end{cases}$$

$$(R_{SETMIN} = 10k, R_{SETMAX} = 2M)$$

抵抗R<sub>SET</sub>の許容差により発振器f<sub>OUT</sub>の精度が低下します。

## LTC6902を使った拡散スペクトラム変調の拡散率の設定

LTC6902の拡散スペクトラム変調のパーセンテージの設定は非常に簡単で直接的です。拡散はパーセンテージによる比率測定に基づくので、プログラム可能な分周器とマルチフェーズ・モードの選択は拡散率には全く影響しません。一般に、EMCを最大限改善するには、各アプリケーションではできるかぎり大きな拡散を適用します。それぞれ特定のアプリケーションが許容できる拡散量は、そのアプリケーション固有の性質に依存します。

## アプリケーション情報

$f_{MAX}$ を設定する $R_{SET}$ 抵抗の値が計算され、望ましい拡散が決定されたら、 $R_{MOD}$ の値は次の簡単な式を使って計算されます。

$$R_{MOD} = 20 \cdot \frac{R_{SET}}{\text{Spreading Percentage}}$$

この式の唯一の制限は $R_{MOD}$ の値と拡散率の範囲です。 $R_{MOD}$ 抵抗の値の範囲は $R_{SET}$ の場合と同じで10k~400kの範囲です。LTC6902は10%と40%の拡散に対してテストされ、仕様が規定されています。これらは多くのシステムに適用される実用的な限界ですが、デバイスの実際の限界ではありません。下限は内部のオフセットとミスマッチによって設定されます。拡散率が低くなるほど、これらのミスマッチが大きくなり、計算された望ましい拡散からの誤差が増大します。実用的な下限は約5%の拡散になるでしょう。上限では内部のミスマッチはそれほど重大ではなくなりますが、他の要素が働き始め、100%に近い理論的限界は( $f_{MIN}$ はゼロに近づきます)高い信頼性で達成することはできません。実用的な上限は約80%の拡散になるでしょう。

SSFMをディスエーブルするにはMODピンをグランドに接続します。MODピンをグランドに接続すると変調がディスエーブルされ、変調回路がシャットダウンされず。MODピンを開放したままにすると、 $R_{MOD} =$  となり、周波数拡散は0%となります。これは変調をディスエーブルする良い方法ではありません。開放状態のピンは外部ノイズとカップリングしやすく、出力周波数の精度が影響を受けることがあります。MODピンをグランドに接続するのがSSFMをディスエーブルする最善の方法です。

### ロジック回路のドライブ

LTC6902の出力は一般のデジタル・ロジック回路をドライブするのに適しています。CMOS出力ドライバのオン抵抗は標準で100以下であり、その性能はHCMOSロジックの出力と非常に似ています。ただし、LTC6902で使われている周波数拡散方式は多くのロジック・デザインには適していないかもしれません。多くのロジック・デザインでは、かなり厳しいタイミングとサイクル・トゥ・サイクルのジッタが要求されます。これらのシステムは多くの場合、擬似ランダム波形ではなく、三角波によってゆっくりと直線的に周波数が変調される拡散スペクトラム・クロック・システムから恩恵を受けます。

このタイプの周波数拡散では、あるクロック・エッジから次の隣接するクロック・エッジまでのタイミング差(サイクル・トゥ・サイクルのジッタ)が最小に保たれます。LTC6902は擬似ランダム変調信号を使います。この場合、25kHzのローパス・フィルタによって周波数遷移の速度が落ち、コーナーが丸くなります。このフィルタをかけた変調信号は多くのロジック・システムで許容できるでしょうが、サイクル・トゥ・サイクルのジッタの問題は注意深く検討する必要があります。

### スイッチング・レギュレータのドライブ

LTC6902は主にスイッチング・レギュレータ・システムに、特に、複数のスイッチング・レギュレータを使い、それらのレギュレータのすべてが交互に挟み込まれて同じ周波数で動作するシステムに、正確で安定したクロックを供給するように設計されています。これにより、入力コンデンサの必要条件が緩和され、多数のクロック周波数とその高調波がミックスすると発生するうなり音を防止します。マルチフェーズ出力は、オン抵抗が標準で100以下のCMOS出力ドライバを備えており、その性能はHCMOSロジックの出力と非常に似ています。これはほとんどのスイッチング・レギュレータとスイッチング・コントローラを直接ドライブするのに適しています。リニアテクノロジー社は外部のクロックに同期するように設計された完全に集積化されたスイッチング・レギュレータとスイッチング・レギュレータ・コントローラの多数の製品群を揃えています。これらすべてのデバイスは外部クロック用に指定されたピンを1つ備えています。そのピンの名前は製品群の歴史に依存して異なります。SYNC、PLLIN、SYNC/MODE、SHDN、EXTCLK、FCBおよびS/S (SYNC/SHDNの略) がリニアテクノロジー社のICで使われるクロック入力ピンの名前の例です。正確な動作の詳細は使用されるスイッチング・レギュレータに依存しますが、一般にスイッチングはクロックの立上りエッジに同期します。LTC6902のマスタ発振器はインバータまたはフリップ・フロップを通過してマルチフェーズ出力を生成するので、立上りエッジ(または立下りエッジ)を一致させることができません。このことはLTC6902を高い拡散率で使う場合でも当てはまります。

最善のEMC性能を得るには、SSFMをイネーブルし、マスタ発振器を最高周波数に設定してLTC6902を動作させます。

## アプリケーション情報

擬似ランダム変調信号発生器は、(出力周波数ではなく) マスタ発振器周波数でドライブされます。このため、 $R_{SET}$ の選択とプログラム可能な分周器の設定に関していくらかの設計上の柔軟性が与えられます。通常は高速のマスタ発振器を選択する方が良いでしょう。このことは、関係機関によるテスト時に測定されるピーク放射信号レベルまたはピーク導通信号レベルを下げるのが主目的である場合、特に当てはまります。規則に基づくテストは厳密に指定された帯域幅と条件で行われます。テストの帯域幅より高速の、またはできるだけその帯域幅に近づけた変調が最小の測定値を与えます。システム内の他の回路と干渉する放射信号のレベルを下げるのが目的である場合は、最適変調速度はそれほど直接的には求められません。変調速度は具体的なシステムの条件にしたがって評価し、最適速度を決定する必要があります。スイッチング・レギュレータが採用している固有の周波数同期方式に依存して、変調速度はレギュレータの同期能力内になければなりません。多くのスイッチング・レギュレータはフェーズロック・ループ(PLL)を同期に利用しています。これらのデバイスでは、PLLループ・フィルタが十分なキャプチャ範囲と帯域幅をもつように設計します。

LTC6902を最大変調速度で動作させているときでさえ、デバイスのサーボ・ループによって周波数ホッピングの遷移が遅くなります。周波数遷移は25kHzのローパスによって遅くなります。これはスイッチング・レギュレータをドライブするとき重要な機能です。スイッチング・レギュレータ自体はサーボ・ループで、帯域幅は標準で動作周波数の1/10程度ですが、1/50から1/2まで変化することができます。入力クロック周波数の遷移がスイッチング・レギュレータの帯域幅の内部にあると、レギュレータの出力は安定化された状態を保ちます。遷移がスイッチング・レギュレータの帯域幅を超えて鋭すぎると、レギュレータの出力は鋭いジャンプを生じた後、再度安定化した状態に落ち着きます。スイッチング・レギュレータの帯域幅が25kHzを超えて十分高いと、安定化の問題は生じません。

変化する出力電圧の一側面は出力リップル電圧です。どのスイッチング・レギュレータでもクロック周波数の出力リップルがいくらか生じます。固定MOSFET、固定インダクタ、固定コンデンサを使って設計されているほとんどのスイッチング・レギュレータでは、リップルの大きさはレギュレータの動作周波数にしたがっていくらか変化します(主な例外はヒステリシス・アーキテクチャのレギュレータです)。周波数が増加するとリップルが小さくなり、周波数が低下するとリップルが大きくなります。このことは、静的周波数のシステムまたは動的に周波数変調されたシステムに当てはまります。変調信号が三角波であれば、レギュレータの出力には三角波によって振幅変調されたリップルが生じるでしょう。電源に対するこの繰り返し信号は他の望ましい信号と混じって出力を歪ませ、システムに問題を生じさせるおそれがあります。インダクタの設計と三角波の周波数によっては、可聴ノイズが生じることさえあります。LTC6902は擬似ランダム・ノイズに似た変調信号を使います。このため、レギュレータの出力リップルは広帯域の擬似ランダム・ノイズに似た信号によって変調されます。オシロスコープで見ると、本質的に振幅が一定のノイズのように見えます。この信号は広帯域で、どんなミキシングの問題も大きくはありません。さらに、擬似信号は非常に低速で繰り返すので、可聴域の十分下になります。

LTC6902は多くのスイッチング・レギュレータを直接ドライブします。拡散スペクトラム周波数変調を備えたLTC6902ではEMC性能が改善されます。スイッチング・レギュレータの帯域幅が十分だと(これはほとんどの場合難しい条件ではありません)、レギュレータの安定化、効率、および負荷応答が保たれ、ピーク電磁放射(または導通)が減少します。出力リップルはいくらが増加するかもしれませんが、その振る舞いはノイズによく似ており、システムに対する悪影響はありません。

## アプリケーション情報

### 電源電圧に対する敏感さ

いくつかの異なった温度での電源電圧に対する出力周波数の敏感さを図6に示します。LTC6902の保証電圧係数は0.1%/Vですが、図6に示されているように、電源に対する標準的な敏感さはその半分ほどになります。

### 起動時間

最終値の1%以内になるまでの起動時間とセトリング時間は $t_{\text{START}} \approx R_{\text{SET}}(3.7\mu\text{s}/\text{k}) + 10\mu\text{s}$ で見積もることができます。起動時間は $R_{\text{SET}}$ に依存し、分周器のピンの設定には依存しないことに注意してください。たとえば、 $R_{\text{SET}}$

= 100kの場合、LTC6902は200kHzの最終値(N = 10)の1%以内に約380 $\mu\text{s}$ でセトリングするでしょう。いくつかの $R_{\text{SET}}$ 抵抗に対する起動時間を図7に示します。

### ジッタ

ピーク・トゥ・ピークのジッタと出力周波数のグラフ(「標準的性能特性」のセクション)は、発振器周波数と電源電圧の関数としての標準的クロック・ジッタを示しています。SETピン(ピン3)とグランド間の容量は10pFより小さくする必要があります。この条件が満たされないとジッタが大きくなります。

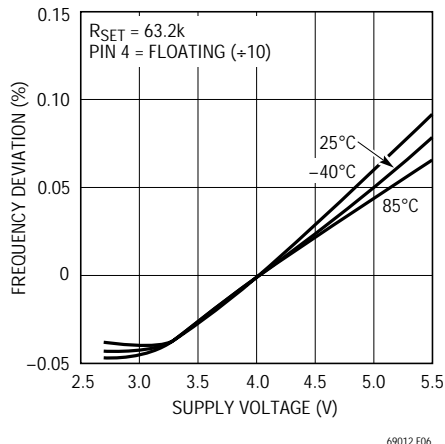


図6．電源の敏感さ

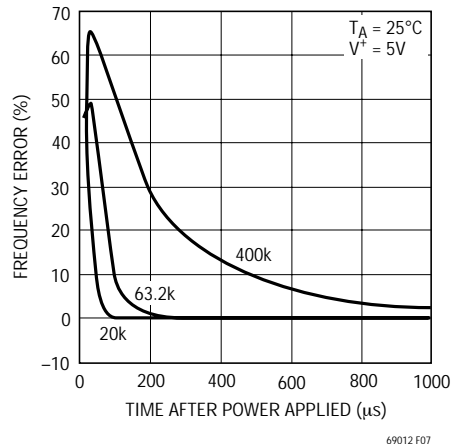
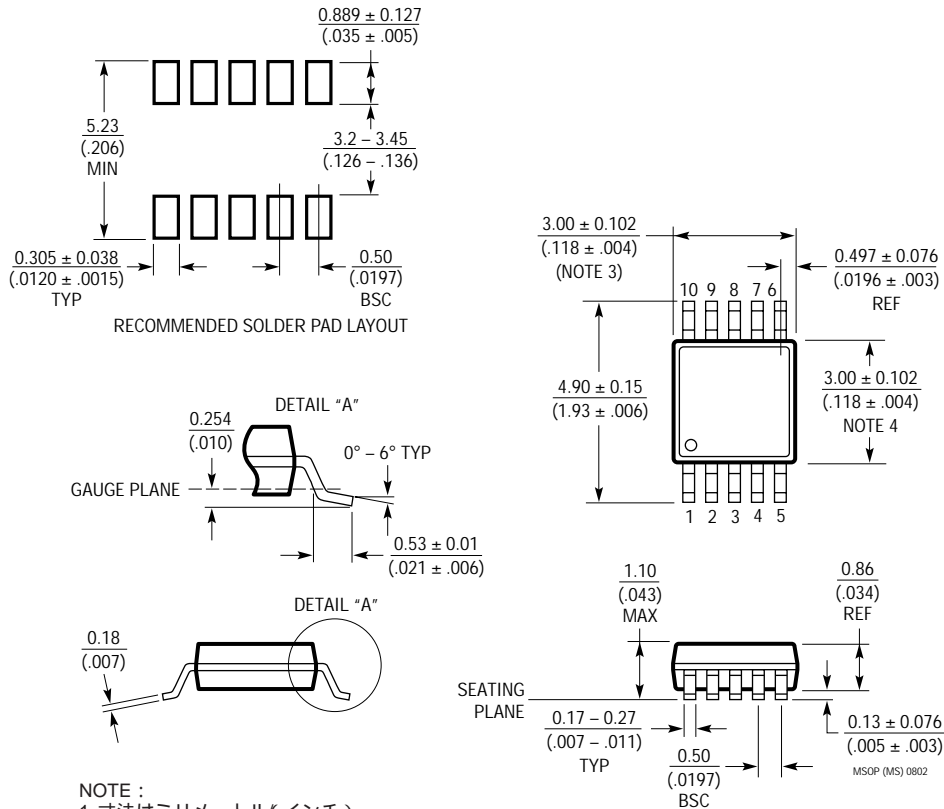


図7．起動時間

## パッケージ寸法

MSパッケージ  
10ピン・プラスチックMSOP  
(Reference LTC DWG # 05-08-1661)



- NOTE :
1. 寸法はミリメートル(インチ)
  2. 図は実寸とは異なる
  3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない。モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで0.152mm(0.006")を超えないこと
  4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない。リード間のバリまたは突出部は、各サイドで0.152mm(0.006")を超えないこと
  5. リードの平坦度(整形後のリードの底面)は最大0.102mm(.004")であること

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC1799	1kHz ~ 30MHz、ThinSOT™発振器	シングル出力、高周波数動作
LTC6900	1kHz ~ 20MHz、ThinSOT発振器	シングル出力、低電力

ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。