

ランダムバイナリジェネレータ

CG-742N



本モジュールは高安定度の疑似ランダムバイナリ信号を発生させるノイズジェネレータです。

原発振周波数は、外付抵抗または外部クロックにより設定でき、雑音帯域幅の設定が便利のように、分周器を内蔵しています。

雑音源は42段シフトレジスタによる疑似M系列を用いることにより、非常に長い周期を持たせています。出力は、TTLレベルとアナログ系処理用の±5Vを用意しています。出力されるパルス列は、リセット端子を用いることにより初期化ができ、再現性が必要とされる用途にも応用できます。

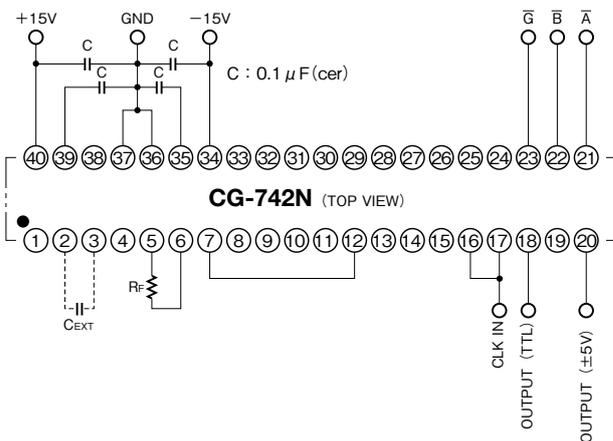
本モジュールの出力をフィルタリングすることにより最高100kHzまでの任意のパワースペクトラム特性が実現できます。

外形寸法は、54.4×33.7×9.4mmと小型です。電源電圧は、±11V～±16Vで動作します。

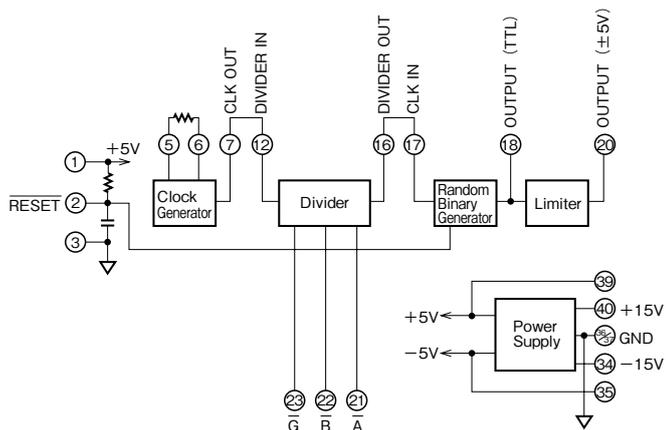
雑音源	42段シフトレジスタによる疑似M系列 周期 = $\frac{\text{約}4.398 \times 10^{12}}{f_0}$ [s] f ₀ : クロック周波数 [Hz] クロック周波数5MHz時 10.18 day スペクトラム間隔 クロック周波数5MHz時 1.136 μHz
原発振周波数	外付抵抗、または、TTLレベルの外部クロックによる。
原発振周波数範囲	0.5M～5MHz(外付抵抗) ～5MHz(外部クロック)
分周器(バイパス可)	1/1、1/10、1/100、1/1000 ロジック信号(TTLレベル)にて設定 ラッチ機能付
出力	ランダムバイナリ出力 ○TTLレベル LSTTLを1個駆動可 ○±5V(無負荷) 出力インピーダンス 約100Ω 負荷抵抗 5kΩ以上(1mA以下) 立上り、立下り時間 200ns以下
電源	±15V(±11V～±16V)
最大入力電圧	②⑩⑰⑲⑳㉒ +5.5V、-0.5
外形寸法	54.4×33.7×9.4mm、HA型
温湿度範囲	動作 -20℃～+70℃ 10～95%RH 保存 -30℃～+80℃ 10～80%RH

注) 特記なき場合は、23℃±5℃、Vs=±15V

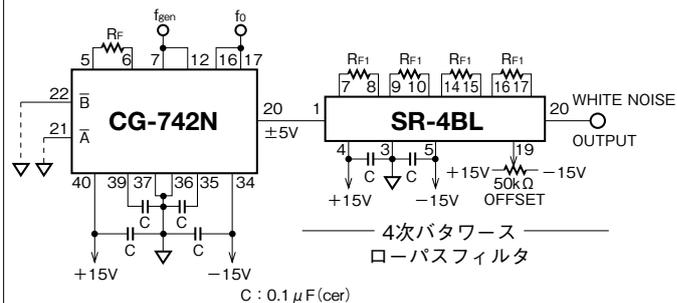
基本接続図1(ランダムバイナリ)



ブロック図



基本接続図2(ホワイトノイズ)

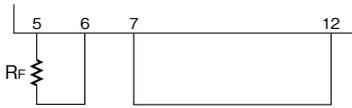


■ 使用方法

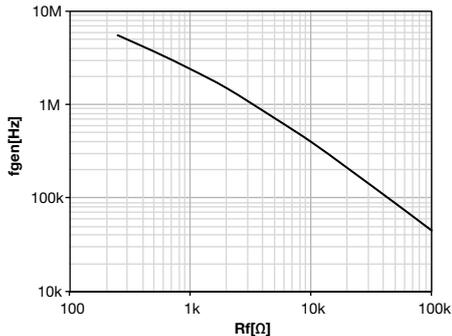
1. 発振部

M系列駆動用の発振器は、内蔵発振器と、外部クロック入力のどちらでも接続できるようになっています。

a. 内蔵発振器を使用する場合

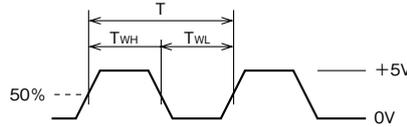
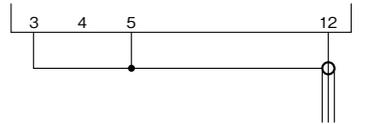


発振周波数－素子抵抗値特性



$f_{gen}[\text{Hz}] = \text{発振周波数}$
 $R_f[\Omega] = \text{素子抵抗値特性}$

b. 外部クロック入力の場合

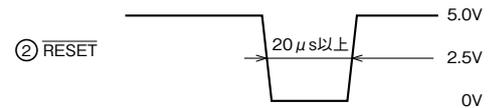


$T: 200\text{ns以上} (5\text{MHz以下})$
 $T_{WH}: 20\text{ns以上}$
 $T_{WL}: 20\text{ns以上}$
 デューティ比は1:1でなくとも可

c. リセット

M系列の初期化

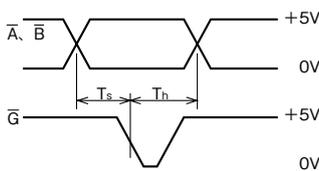
②ピンにオープンコレクタ等で図のようなパルスを加えるか接点信号などで0Vにすることにより、M系列を初期化することができます。また電源投入時の初期化を確実にを行うために、電源電圧の立ち上がりは10ms以下にしてください。



2. 分周器

内蔵発振器または外部信号より得られたクロックは分周器により1/1、1/10、1/100、1/1000に分周できます。分周器は①、②ピンにより制御され、③ピンの信号により設定をラッチすることができます。内蔵の分周器が不要の場合は、①ピンに直接クロックを入力してください。その場合、分周器入力の②ピンはGNDに接続してください。

制御系タイミング図



$T_s: 13\text{ns以上}$
 $T_n: 5\text{ns以上}$

制御コード表

G	B	A	
OPEN	OPEN	OPEN	×1
H	L	L	×0.001
H	L	H	×0.01
H	H	L	×0.1
H	H	H	×1
L	×	×	Latch

"H": +5V
 "L": 0V

4. ホワイトノイズの発生

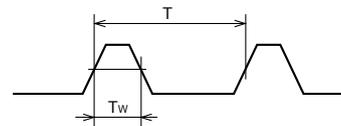
CG-742Nの出力は、ランダムバイナリ出力(周期がランダムな±5Vの方形波)であるため、通常のアナログ的ノイズとしての応用すなわち振幅分布をガウス分布(正規分布)とし、周波数特性を平坦(ホワイトノイズ)とするには、フィルタリングが必要です。

CG-742Nのクロック周波数(①ピンの周波数)とローパスフィルタの遮断周波数、フィルタの次数で決まる等価雑音帯域幅とアナログノイズ(フィルタの出力)のピークファクタ、出力電圧値の間には密接な関係があります。

フィルタの遮断周波数、クロック周波数は右のように求めます。

3. M系列部

①7ピンがクロック入力です。



$T: 200\text{ns} (5\text{MHz以下})$
 $T_w: 20\text{ns以上}$

a. 出力電圧 E_0 [Vrms] を設定します。(ピークファクタ4以上とする)
 $E_0 \leq 1.25\text{Vrms}$ E_0 : 出力電圧の実効値 [Vrms]

b. 等価雑音帯域幅 B 、フィルタ次数を決定し、フィルタの遮断周波数 f_c を求めます。

$$f_c = \frac{B}{k}$$

f_c : フィルタ遮断周波数 [Hz]

B : 等価雑音帯域幅 [Hz]

k : 雑音帯域幅係数(表1)

表1 雑音帯域幅係数
(バタワース特性の場合)

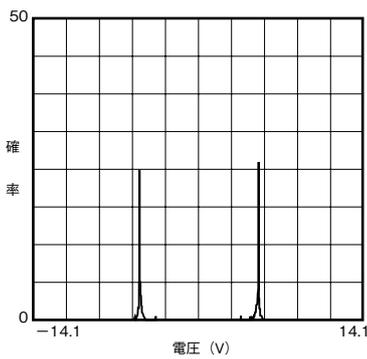
次数	k
1	1.57
2	1.11
3	1.05
4	1.03

c. 遮断周波数 f_c 、出力電圧 E_0 [Vrms] よりクロック周波数 f_0 を求める

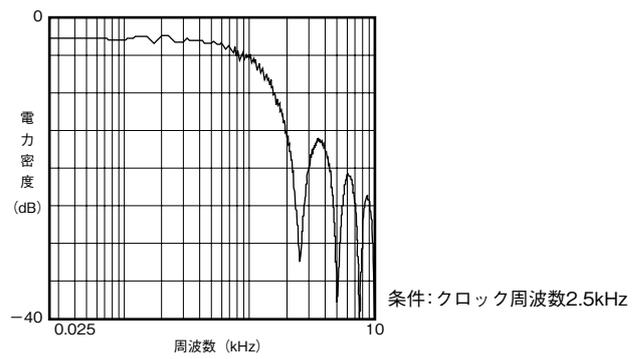
$$f_0 = \frac{50B}{E_0^2} \quad f_0: \text{クロック周波数 [Hz]}$$

特 性 図

ランダムバイナリ出力確率密度

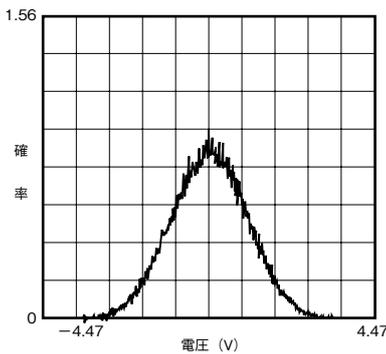


ランダムバイナリ出力パワースペクトラム

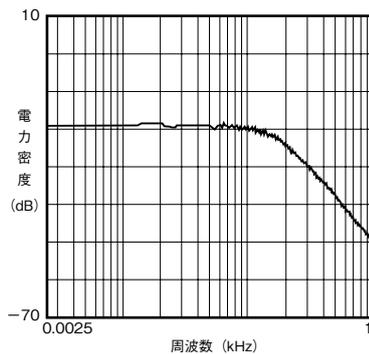


条件: クロック周波数2.5kHz

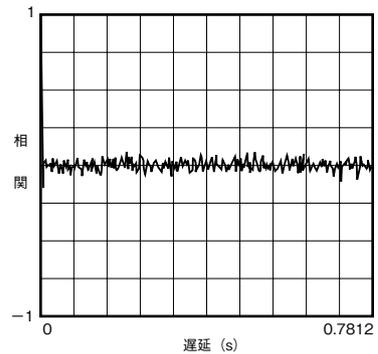
ガウス分布出力確率密度



ガウス分布出力パワースペクトラム



ガウス分布出力自己相関



条件: クロック周波数 10kHz
ローパスフィルタ等価帯域幅200Hz
(2次バターース fc=180Hz)

技術資料

フィルタリング後の雑音出力特性

ランダム・バイナリ出力のパワースペクトラムは以下のようになります。

$$P_E(f) = \frac{25}{f_0} [V^2/Hz] \dots\dots\dots (1)$$

f₀: ランダムバイナリジェネレータのクロック周波数

フィルタを通すことによりパワースペクトラムは以下のようになります。

$$P_{E0}(f) = \frac{25}{f_0} |H(j\omega)|^2 \dots\dots\dots (2)$$

H(jω): フィルタ伝達関数

その実効値は

$$E_0 = \sqrt{\frac{2 \times 25}{f_0} \int_0^\infty |H(j\omega)|^2 d\omega} [V_{rms}] \dots\dots\dots (3)$$

簡略化すると、

$$E_0 = \sqrt{\frac{50}{f_0} A^2 B} [V_{rms}] \dots\dots\dots (4)$$

B: 等価雑音帯域幅
A: フィルタ通過域利得

ここで、等価雑音帯域幅Bは以下のよう定義されます。

$$B = \frac{1}{A^2} \int_0^\infty |H(j\omega)|^2 d\omega \dots\dots\dots (5)$$

フィルタの次数と等価雑音帯域幅(B)の関係は、表1のようになります。

実際にホワイトノイズとして使用する場合は雑音帯域幅とともに雑音の周波数特性の平坦性が重要となります。

ここで、ランダムバイナリの振幅特性は、

$$E(f) = \frac{\sin(\pi f/f_0)}{\pi f/f_0} \dots\dots\dots (6)$$

により、表され、表2のような振幅特性となります。

表1

次数	B
1	1.57fc
2	1.11fc
3	1.05fc
4	1.03fc

バターース特性の場合

表2 ランダムバイナリ出力振幅特性

f/f ₀	振幅 [dB]
0.001	-0.00
0.01	-0.00
0.02	-0.01
0.05	-0.04
0.1	-0.14
0.2	-0.58
0.5	-3.92
1	—

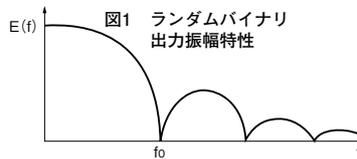


図1 ランダムバイナリ出力振幅特性

次に、バターースローパスフィルタの振幅特性は、通過域利得を1とすると、以下のようになります。

$$E_0(f) = \sqrt{\frac{1}{1 + (f/f_c)^{2n}}} \dots\dots\dots (7)$$

表3に振幅特性を示します。

表3 バターースフィルタ振幅特性

f/f _c	振幅 [dB]			
	1次	2次	3次	4次
0.001	-0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00
0.1	-0.04	-0.00	-0.00	-0.00
0.2	-0.17	-0.01	-0.00	-0.00
0.3	-0.37	-0.04	-0.00	-0.00
0.4	-0.64	-0.10	-0.02	-0.00
0.5	-0.97	-0.26	-0.07	-0.02
0.6	-1.34	-0.53	-0.20	-0.07
0.7	-1.73	-0.93	-0.48	-0.24
0.8	-2.14	-1.49	-1.01	-0.67
0.9	-2.57	-2.19	-1.85	-1.55

ピークファクタ(P.F.)は以下のよう定義されます。

$$P.F. = \frac{E_p}{E_0} \dots\dots\dots (8)$$

本器の場合のピーク値E_pは5[V_{o-p}]、実効値E₀を(4)式より代入して、

$$P.F. = \frac{5}{\sqrt{\frac{50}{f_0} A^2 B}} \dots\dots\dots (9)$$

となります。一般に、ガウシアンノイズとして使用する場合、ピークファクタが4程度となるようE₀を決定します。

発振器