



RF 信号発生器 MSG703

《ベクトル信号発生器としての MSG703》

— あらゆる位相変調信号を出力できる —



IQ変調器 MIQ700



MICRONIX

概要

現在、無線通信は携帯電話、地上デジタル TV はもとより、家電商品にも幅広く用いられています。取扱いデータ量が増大するにつれ、変調方式も改良が加えられてきました。今は位相変調方式が主流となっています。

そこで、本稿では位相変調された信号を MSG703 から出力する方法を説明します。

ベクトル信号発生器とは

標準信号発生器は、正弦波信号を発生させるのみですが、ベクトル信号発生器は、I,Q データ（I：同相成分、Q：直交位相成分）に基づいて正弦波信号を位相変調することができます。つまり、

ベクトル=IQ 変調
を意味します。

位相変調の基礎

変調方式には、アナログ方式の AM や FM、デジタル方式の ASK（振幅シフトキーイング）や FSK（周波数シフトキーイング）があります。さらに、同じくデジタル方式の PSK（位相シフトキーイング）もあります。この中で、最近の流行が PSK です。

PSK には、BPSK、QPSK、 $\pi/4$ QPSK 等があります。さらに、振幅にも情報を持たせた QAM もあります。

空中を伝播する電波は、搬送波（キャリア）が1つの周波数であれば、1本の通信路となります。しかし、PSK ではこの1本の通信路に複数のビットを乗せることができます。つまり、複数の通信路があると見なすことができます。

それが BPSK では1ビット、QPSK では2ビット、64QAM では6ビットとなります。ビット数が増えることは、単位時間当たりの伝送量が増えることを意味します。64QAM は BPSK の6倍の伝送量となります。

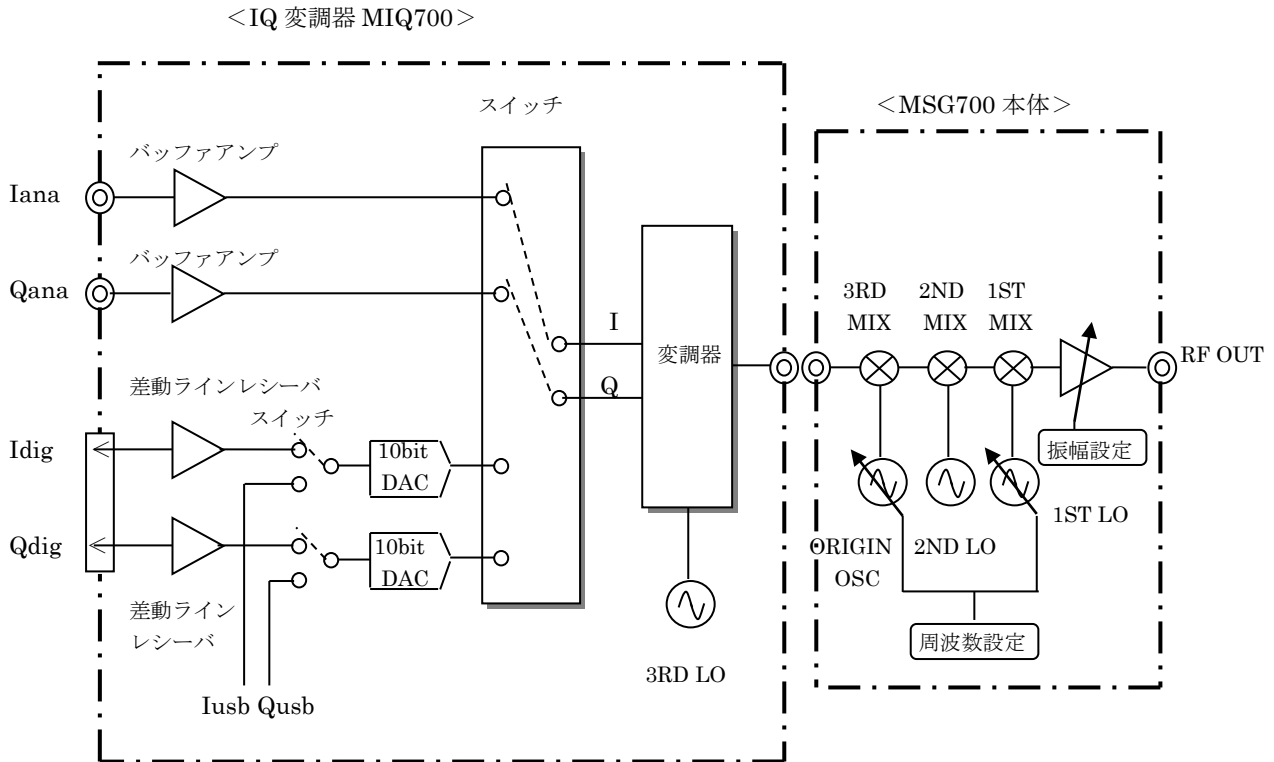
用語説明

- ・ PSK : Phase Shift Keying、位相偏移変調
- ・ BPSK : Binary Phase Shift Keying、2 値
- ・ QPSK : Quadrature Phase Shift Keying、4 値
- ・ $\pi/4$ QPSK : 直交座標軸をシンボル毎に 45 度回転させる、4 値
- ・ QAM : Quadrature Amplitude Modulation、直交振幅変調
- ・ 64QAM : 64 値の情報を送ることができる

IQ 変調器 MIQ700 の説明

MSG700 シリーズのオプションである IQ 変調器 MIQ700 について説明をします。

構成図



- Iana、Qana : アナログ IQ 信号
- Idig、Qdig : デジタル IQ 信号
- Iusb、Qusb : USB データ IQ 信号
- 1ST、2ND、3RD LO : 1ST、2ND、3RD ローカル発振器

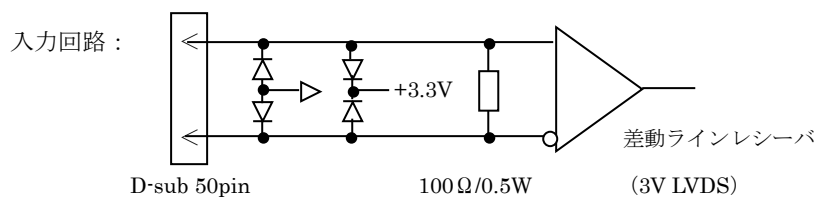
入力条件

(1) アナログ入力

- フルスケール電圧 : IQ 各 $\pm 600\text{mV}$
- 入力インピーダンス : $50\ \Omega$
- ベースバンド帯域幅 : 10MHz max (RF 帯域幅 20MHz max)

(2) デジタル入力

- IQ ビット数 : 各 10 ビット
- IQ データ形式 : 2 の補数
- レート : 80MSPS max (帯域幅 10MHz max)



(3) USB データ入力

USB メモリに書き込まれたデータで変調。

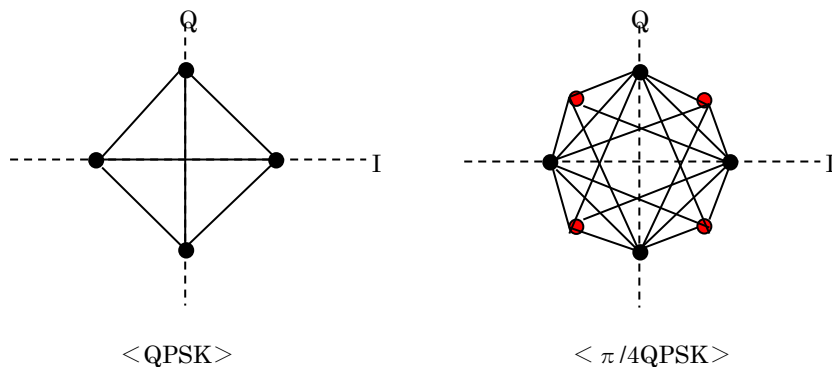
π/4QPSK 変調信号の生成

ETC2.0 で使われている π/4QPSK 変調信号を発生させる方法を説明します。規格は、ARIB STD-T75 参照。

QPSK は $[0, \pi/2, \pi, -\pi/2]$ の位相を使いますが、π/4QPSK はシンボル毎に π/4 位相をズラします。

つまり、あるシンボルが $[0, \pi/2, \pi, -\pi/2]$ の位相を使うとすると、次のシンボルは $[\pi/4, 3\pi/4, -3\pi/4, -\pi/4]$ の位相を使います。

QPSK も π/4QPSK も情報は 2 ビット (4 値) ですが、下図のコンスタレーションに示しますように π/4QPSK はデータの遷移領域で 0 ボルトを通りませんので出力アンプが作り易くなります。



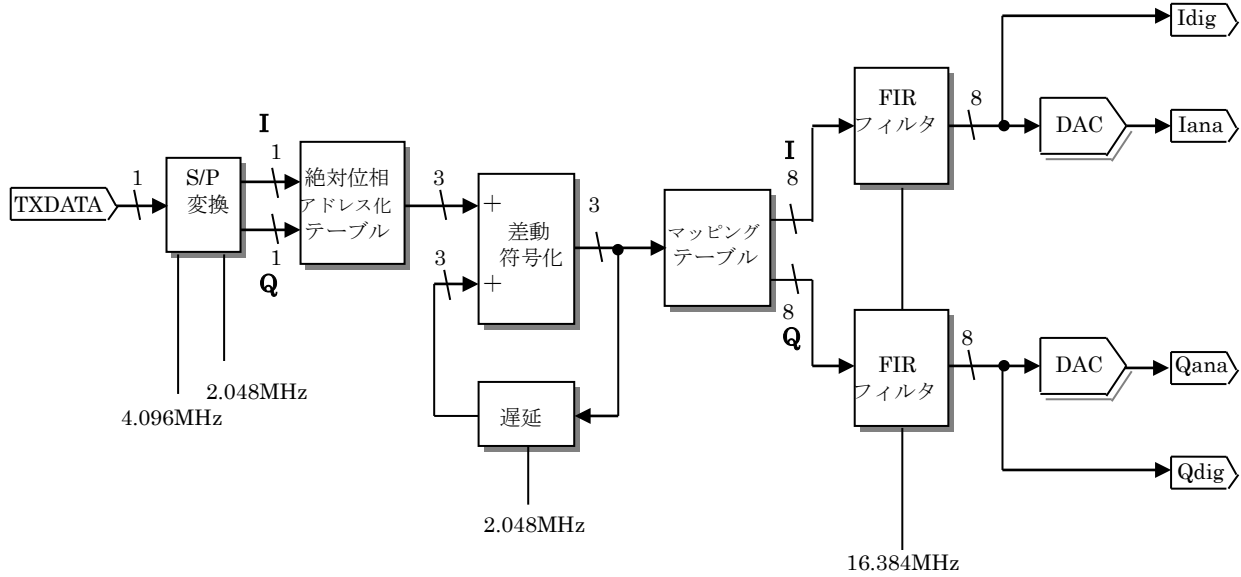
IQ 変調器入力信号の生成

まず、IQ 変調器 MIQ700 へ加える I、Q 信号を生成しなければなりません。

今回は、ETC2.0 で使われている ARIB STD-T75 (DSRC 規格) をもとにして I、Q 信号を生成する方法を説明します。

次項で説明するブロック図の回路は、FPGA (Field Programmable Gate Array) で容易に実現することができます。ここで生成されたアナログ入力の [Iana, Qana] またはデジタル入力の [Idig, Qdig] を IQ 変調器 MIQ700 に入力することで、MSG703 の RF OUT コネクタから π/4QPSK 信号を取り出すことができます。

ブロック図



◆ TXDATA

シリアル生データ。4.096Mbps。

◆ S/P変換

シリアル/パラレル変換。シリアル生データ2ビット (IとQ) が1シンボルとなります。

◆ 絶対位相アドレス化テーブル

差動符号化の演算がし易いように、位相 $\Delta\Phi$ を3ビットの絶対位相アドレスに対応させます。

◆ 差動符号化

現在の位相と1つ前の位相を加算します。差動符号化規則は ARIB STD-T75 で下表のように規定されています。

I	Q	$\Delta\Phi$	絶対位相アドレス
0	0	$\pi/4$	001
0	1	$3\pi/4$	011
1	0	$-\pi/4$	111
1	1	$-3\pi/4$	101

◆ マッピングテーブル

位相データをI、Qの座標値に割り当てます。

位相データ	位相	I		Q	
000	0π	1	7F	0	00
001	$\pi/4$	$1/\sqrt{2}$	5A	$1/\sqrt{2}$	5A
010	$\pi/2$	0	00	1	7F
011	$3\pi/4$	$-1/\sqrt{2}$	A6	$1/\sqrt{2}$	5A
100	π	-1	80	0	00
101	$-3\pi/4$	$-1/\sqrt{2}$	A6	$-1/\sqrt{2}$	A6
110	$-\pi/2$	0	00	-1	80
111	$-\pi/4$	$1/\sqrt{2}$	5A	$-1/\sqrt{2}$	A6

8ビット/2の補数表示

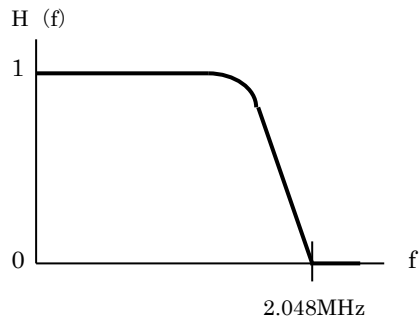
◆ FIR フィルタ

隣接チャネルまでスペクトルが拡散しないようにベースバンド帯域制限が必要です。

ARIB STD-T75 では、下式のナイキスト特性 $H(f)$ を用いるように規定されています。

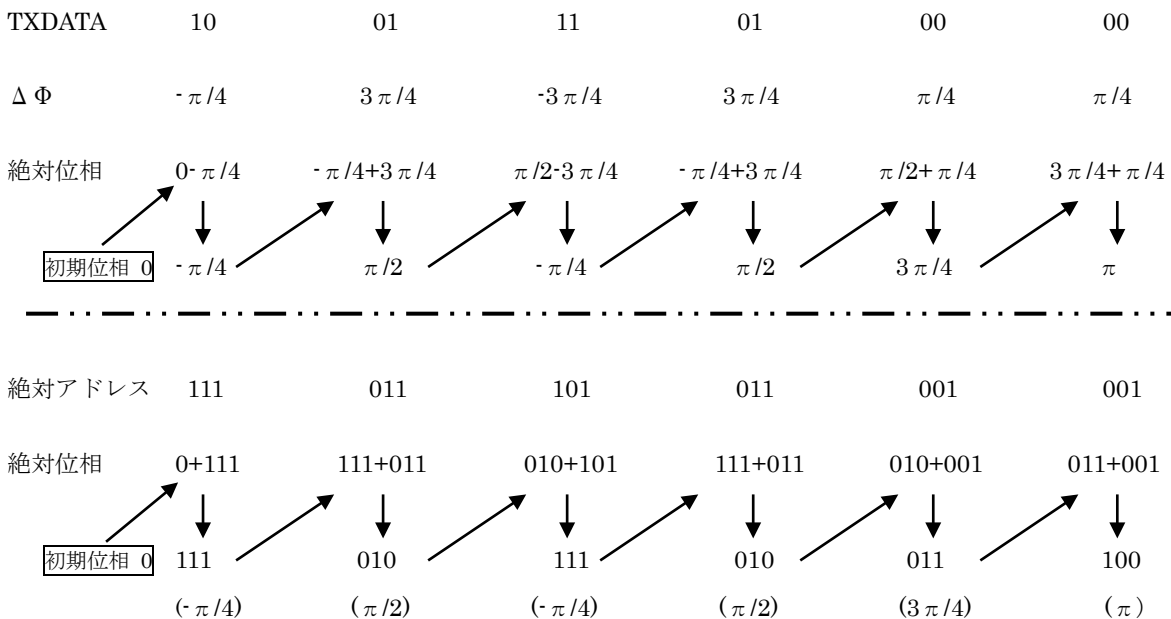
$$H(f) = \begin{cases} 1 & @ 0 \leq |f| < (1-\alpha)/2T \\ \cos^2 [(T/4\alpha)(2\pi|f| - \pi(1-\alpha)/T)] & @ (1-\alpha)/2T \leq |f| < (1+\alpha)/2T \\ 0 & @ (1+\alpha)/2T \leq |f| \end{cases}$$

- $T = 1/2048$ (ms) ($1/T = 2.048$ MHz)
- ロールオフ率 $\alpha = 1.0$
- $H(f)$ の位相特性は直線であること



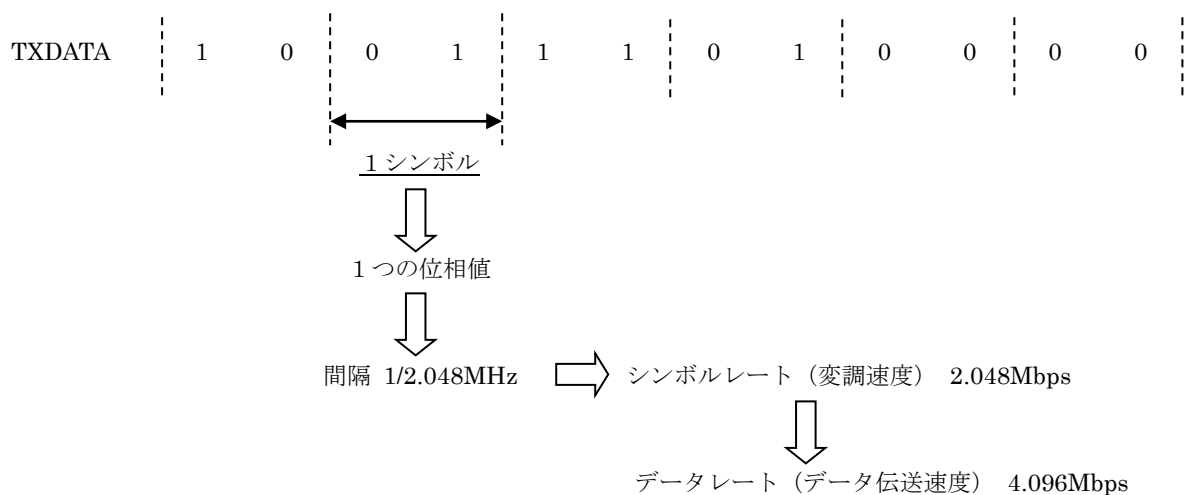
差動符号化の説明

差動符号化について、実際の数字を使って具体的に説明します。



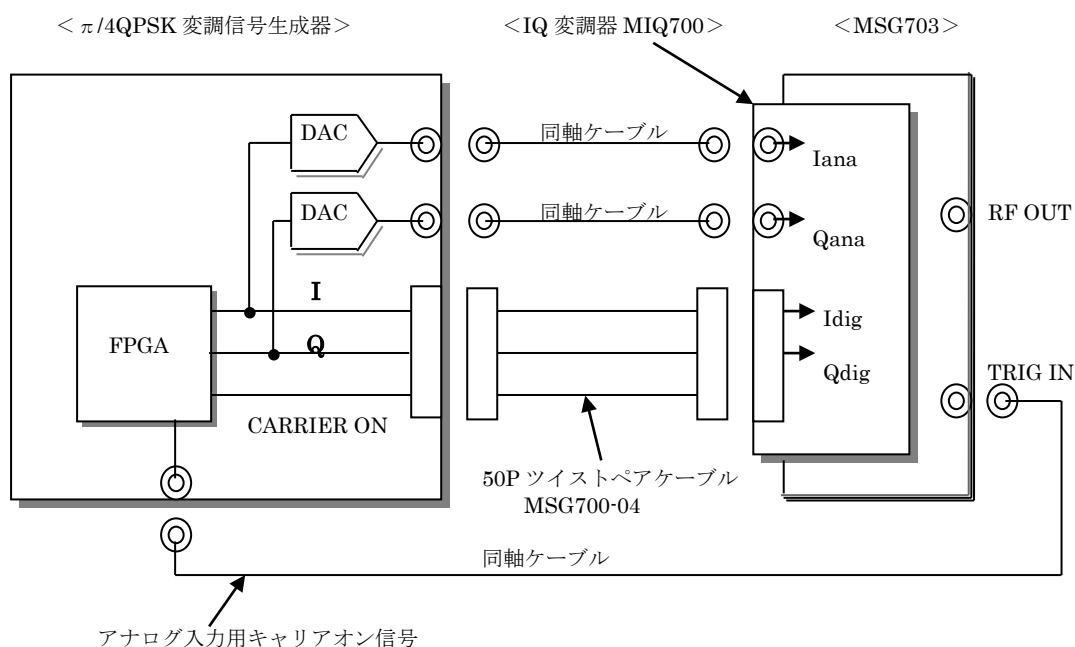
- $[0, \pi/2, \pi, -\pi/2]$ プレーンと $[\pi/4, 3\pi/4, -3\pi/4, -\pi/4]$ プレーンがシンボル毎に交互に出現していることがわかります。
- 絶対アドレスで演算しても、絶対位相が同じであることがわかります。

伝送速度



$\pi/4$ QPSKの発生

接続ブロック図



バースト制御

一般に通信では、データをスロットに分割して送信します。スロットとスロットの間はキャリアオフ状態になります。つまり、バースト信号になります。一般的にはキャリアオフ時は受信状態になっています。

MSG703は、アナログ入力とデジタル入力に対してバースト制御をすることができます。

アナログ入力の場合は、正面パネルの“TRIG IN”から「キャリアオン信号」を入力します。デジタル入力の場合は、デジタル入力コネクタの1つのピン（但し、差動入力）が“CARRIER ON”に割り当てられています。



ASK 変調信号も出力可能

IQ 変調器 MIG700 を使って、ASK (Amplitude Shift Keying、振幅偏移変調) 信号も出力することができます。

I : 振幅値 Q : 常にゼロ

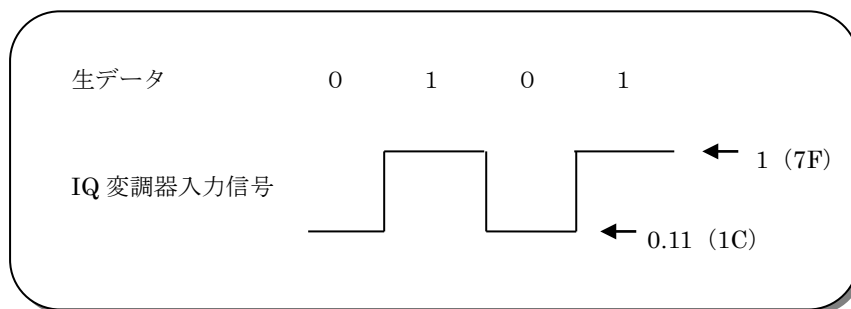
一方、変調指数は下式で計算します。

$$\text{変調指数} = (V_{\max} - V_{\min}) / (V_{\max} + V_{\min})$$

例えば、変調指数=80% の場合、 $V_{\max}=1$ (7F) とすると、

$V_{\min}=0.11$ (1C)

となります。() 内の数字は 8 ビットデータで表した時のものです。



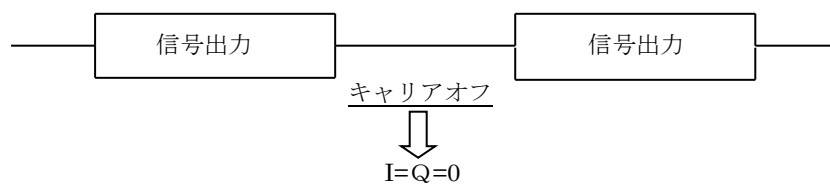
簡単な変調信号生成法

「 $\pi/4$ QPSK 変調信号の生成」で述べたハードウェアを使わずに簡単に変調信号を生成する方法を以下に記します。
この項で述べた生成方法を PC (パソコン) 上で演算することにより実現します。

PC で作成した変調データを USB メモリにストアし、この USB メモリを MSG703 正面パネルの「USB A 端子」に差し込みます。

MSG703 の IQ 入力信号は「USB データ」に設定します。

キャリアオフ状態を作る場合は、USB メモリの IQ データを $I=Q=0$ とします。



※ データ容量 : IQ 各 10 ビット×8,192 ワード最大

読出しレート : 100Hz~40MHz、100Hz ステップ

MICRONIX

取扱店

マイクロニクス株式会社

〒193-0934 東京都八王子市小比企町 2987-2

TEL.042(637)3667 FAX.042(637)0227

URL : <http://www.micronix-jp.com> E-mail : micronix_j@micronix-jp.com