

Y8950アプリケーションマニュアル

本記載内容は、Y8950データシート(英語版)、Y8950アプリケーションマニュアル(英語版)、MSX-Datapakを参考に作成しています。

また、赤字記載内容は裕之が独自に解釈or解析した結果を記載しています。

Y8950関連資料は、下記ページを参照させていただきました。

[MSX Assembly Page-Resources\(MSX Assembly Page\)](#)

目次

[1.MSX-AUDIOの概要](#)

[1-1.概要](#)

[1-2.特徴](#)

[1-3.FM方式の概略](#)

[1-4.ADPCM音声分析・合成の概略](#)

[2.機能概要](#)

[2-1.主要機能](#)

[2-2.端子配置図](#)

[2-3.端子機能](#)

[2-4.端子制御](#)

[2-5.チャンネルとスロット](#)

[2-6.ブロック図](#)

[2-7.レジスタマップ](#)

[3.動作説明](#)

[3-1 レジスタ](#)

[3-2 フェイズジェネレータ\(PG\)](#)

[3-3 エンベロープジェネレータ\(EG\)](#)

[3-4 オペレータ\(OP\)とアキュムレータ\(ACC\)](#)

[3-5 ADPCM音声分析・合成](#)

[3-6 AD/DA変換](#)

[3-7 外部メモリコントロール](#)

[3-8.KEYBOARD IN/OUT](#)

[3-9.ステータス情報とインタラプト信号](#)

[4.インターフェース](#)

[4-1.オーディオ出力](#)

[4-2.外部メモリ](#)

[4-3.キーボード](#)

[4-4.プロセッサ接続](#)

[5.楽音の作り方](#)

[5-1.音作りの考え方](#)

[5-2.音作りの基本](#)

[5-3.音作りの例](#)

[5-4.リズム音について](#)

[6.電気的特性](#)

[6-1.絶対最大定格](#)

[6-2.動作定格](#)

[6-3.DC特性](#)

[6-4.AC特性](#)

[7.タイミング図](#)

[8.パッケージ外形図](#)

1.MSX-AUDIOの概要

1-1.概要

MSX-AUDIOは、MSX2のオプション音源として開発された音源LSIです。

このLSIは音源としてFM音源システムを採用しているため、リアルで迫力ある音作りができます。これは、ヤマハ製エレクトーンや、初音ミクのコスチュームのモデルにもなったDX-7で、以前から採用されていた物と同様です。

さらに、従来のFM音源LSIで使われている複合正弦波音声合成方式に加えて、ADPCMによる音声分析・合成機能を備えているため、容易に音声データの処理が可能になりました。また、この音声分析・合成回路に組み込まれているAD/DAの各変換器を単独で使うこともでき、アナログデータもこのLSIで処理可能です。

その他に、このLSIには鍵盤処理の為に出力ポートや汎用のI/Oポートも備えていますので、MSX-AUDIOが1個あれば、音に関する全ての処理が可能になります。

1-2.特徴

- ・FM音源を採用し、リアルなサウンドを作ることが可能。YM3526とソフトウェアコンパチブル
- ・モード選択により9音同時発生あるいはメロディ音6音+リズム音5音の2つのモードを選択可能
- ・ビブラート発振器、振幅変調発振器内蔵
- ・ビットADPCM音声分析・合成回路内蔵
- ・複合正弦波音声合成が可能
- ・AD/DAコンバータ制御回路内蔵
- ・外部メモリとしてROM、RAMともに256Kバイト接続可能(ADPCMデータ格納あるいはCPUの補助記憶)
- ・鍵盤スキャンングのための8ビット入出力ポート内蔵
- ・4ビットI/Oポート内蔵
- ・入出力TTLコンパチブル
- ・Si-gate CMOS LSI
- ・5V単一電源

1-3.FM方式の概略

FM方式は、Frequency Modulationすなわち周波数変調の意味で、変調によって生じる高調波を楽音の合成に利用したものです。この方式は比較的簡単な回路で、非調和音も含む高い高調波成分を持つ波形を発生させることができ、しかも変調指数と高調波のスペクトル分布の対応が非常に自然であるため、自楽器の合成音から電子楽器まで、幅広い音作りが可能ということが確認されています。

FM方式は以下の式のように4つのパラメータで表現されます。

$$(式1) F = A \sin(\omega c t + I \sin \omega m t)$$

ここでは、Aは出力振幅、Iは変調指、また ωc 、 ωm はそれぞれキャリア、モジュレータの各周波数です。この(式1)は次のように表現することもできます。

$$(式2) F = A [J_0(I) \sin \omega c t + J_1(I) \{ \sin(\omega c + \omega m)t - \sin(\omega c - \omega m)t \} + J_2(I) \{ \sin(\omega c + 2\omega m)t + \sin(\omega c - 2\omega m)t + \dots]$$

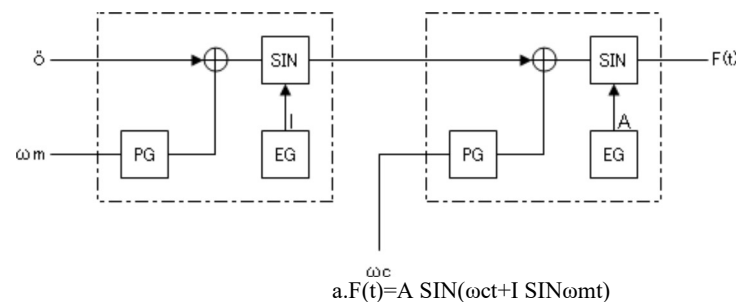
ここで、 $J_n(I)$ はn次の第1種Bessel関数です。(式2)からわかるように各倍音の振幅は、変調指のBessel関数で表現されることになり、(式1)によるFM音源は特定の楽音や効果音の合成に非常に有効となることがわかります。ただし、これでは高調波が一様に分布しないためString系の音源には不向きとなります。そこで、考え出されたのが(式3)で表されるfeedback FMという方式です。

$$(式3) F = A \sin(\omega c t + \beta F)$$

ここで β は帰還率です。このfeedback FMでは、高調波スペクトルが鋸歯状波となりString系の音作りも可能となります。以上のような、FM方式を実現するためには、次の3つの機能ブロックが必要です。

1. $\omega c t$ を発生させるphase generator(PG)
2. 振幅Aや変調指数を時間関数として得るためのenvelop generator(EG)
3. sinテーブル(sin)

以上の3つの構成要素を組み合わせると1つのユニットとして考えると、先のFM方式は図1-1のように表すことができます。したがって、このユニット(オペレータセル:OP)の考え方をいれば、FM方式の音作りは、ユニット内の周波数パラメータやEGパラメータの設定、そしてユニット間の組み合わせのデータを作ればよいことになります。



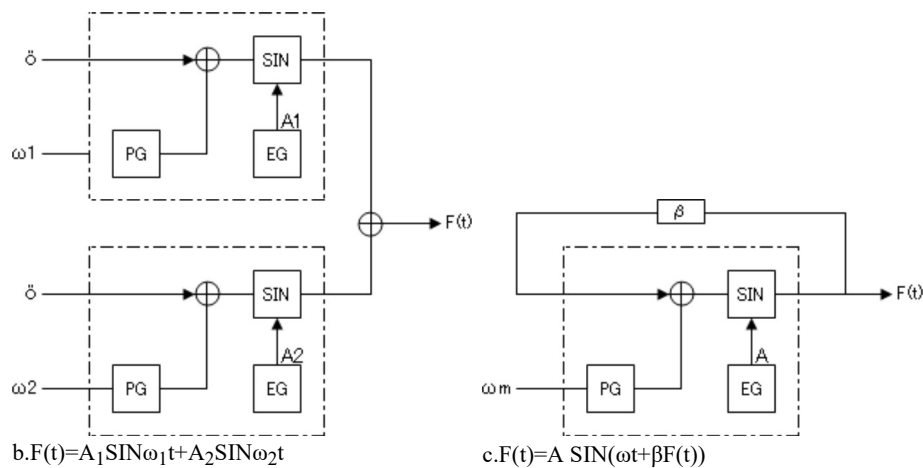


図1-1 ユニットセルによるFM方式の表現

1-4.ADPCM音声分析・合成の概略

MSX-AUDIOには、音声の分析・合成が簡単で音質も自然なADPCM方式と、分析はコンピュータを使った複雑な処理が必要であるが発音のためのメモリが比較的少なくすむ複合正弦波音声合成方式の2種類の音声情報処理を備えています。ここでは、FM音源とともにこのLSIの柱であるADPCM方式による音声分析・合成について説明します。

ADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation)は、音声データと予測データとの差を、波形の推移によって柔軟に変化する量子化幅(適応量子化幅)によってコード化し、音質の低下を防ぐとともに、ビット数の削減を図った音声分析合成方式です。以下で、そのコード化およびデコードの手順について述べます。

(a)音声分析

MSX-AUDIOでは8ビットのPCMデータを4ビットのADPCMデータへの変換を行っています。

(1).まず、音声をサンプリングレート(1.8KHz～16KHz)ごとに8ビットのPCMデータ($X_{1,n}$)に変換します。

(2).得られたPCMデータ($X_{1,n}$)を256倍し、16ビットデータ(X_n)として予測値(\hat{x}_n)と比較し、その差(dn)を求めます。予測値(\hat{x}_n)の初期設定値は8000Hです。

(3).差分(dn)が正のときは、ADPCMデータのMSB(L4)を「0」、負のときは「1」とし、同時に差分の絶対値($|dn|$)を計算します。

(4).次に、この差分の絶対値($|dn|$)と量子化幅(Δn)との関係が、表I-1のいずれに当たるかによって、ADPCMの残り3ビットを決定します。量子化幅(Δn)の初期設定値は7FHです。

表1-1 ADPCMコード表

L4		L3	L2	L1	条件	
$dn \geq 0$	$dn < 0$					
0	1	0	0	0	$ dn < \Delta n / 4$	
		0	0	1	$\Delta n / 4 \leq dn < \Delta n / 2$	
		0	1	0	$\Delta n / 2 \leq dn < \Delta n \times 3 / 4$	
		0	1	1	$\Delta n \times 3 / 4 \leq dn < \Delta n$	
		1	0	0	$\Delta n \leq dn < \Delta n \times 5 / 4$	
		1	0	1	$\Delta n \times 5 / 4 \leq dn < \Delta n \times 3 / 2$	
		1	1	0	$\Delta n \times 3 / 2 \leq dn < \Delta n \times 7 / 4$	
		1	1	1	$\Delta n \times 7 / 4 \leq dn $	

以上の操作で音声データからADPCMデータへのデータ変換は終わりです。

(5).ADPCMのデータが得られると、次ステップの予測値(\hat{x}_{n+1})と量子化幅(Δ_{n+1})の更新を行います。

$$\hat{x}_{n+1} = (1 - 2 \times L4) \times (L3 + L2/2 + L1/4 + 1/8) \times \Delta n + \hat{x}_n$$

$$\Delta_{n+1} = F(L3, L2, L1) \times \Delta n$$

(期待値)

表1-2 量子化幅変化率

L3	L2	L1	f
0	0	0	0.9
0	0	1	0.9
0	1	0	0.9
0	1	1	0.9
1	0	0	1.2
1	0	1	1.6
1	1	0	2.0
1	1	1	2.4

以下、1～5の操作を各サンプリングタイムごとに繰り返すことによって、完全なADPCM方式の音声分析が得られます。

(b).音声合成

(1).合成モードの手順は分析モードの5項で与えられる予測値・量子化幅の更新の式が、再生データを計算する式になります。つまり、予測値が再生音を与えることになります。しかし、これで得られる再生音は、サンプリング毎の階段波となり、ステップノイズの発生など音質にやや問題があります。そこで、MSX-AUDIOでは次の方法で波形をなめらかにします。

(2).まず、(5)で得られる再生値を平均化回路に通します。このことは、このシステムに一種のLow Pass Filterを挿入したことになる、広域の雑音をカットすることができます。さらに、ステップノイズを軽減するために各サンプリング間をさらに50KHzで再サンプリングし、線形補間します。この様子は図1-2のようになります。

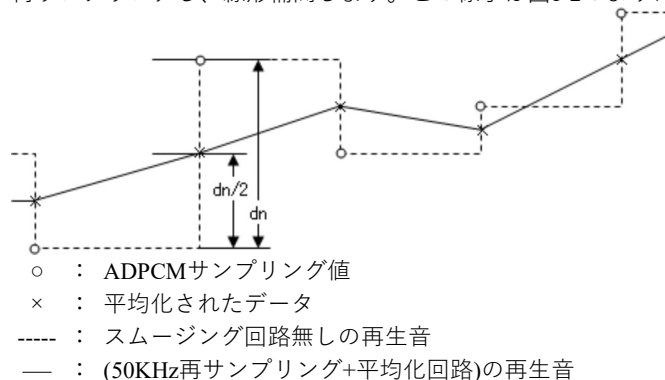


図1-2 ADPCM音声合成波形

2.機能概要

2-1.主要機能

MSX-AUDIOの基本的構成は、FM音源、ADPCM方式音声分析・合成、外部メモリコントロール、AD/DA変換および鍵盤スキャンニングのための入出力ポートです。

(a).FM音源

FM音源部の発音形態には、9音同時発生モード、メロディ6音+リズム5音発生モードおよび複合正弦波音声合成モードの3種類があり、このいずれを使うかは、ソフトウェアで指定します。

なお、このFM音源部はOPL(YM3526)と同一であり、OPLのソフトウェアがそのまま使えます。

- 9音同時発生モード

このモードではFM音9音を同時に、かつ異なる音色で発音できます。このとき、リズム選択ビット(R)、音声合成ビット(CSM)はともに「0」にセットしなければなりません。

- メロディ6音+リズム5音モード

このモードではメロディ6音とリズム5音を同時に、かつ異なる音色で発音できます。発音可能なリズム音は、バスドラム、スネアドラム、タムタム、トップシンバル、ハイハットシンバルの5種類です。

- 音声合成モード

この場合の音声合成は複合正弦波音声合成法を指します。音声を3～6のsin波によってシミュレートします。

(b).ADPCM方式音声分析・合成

4ビットのADPCMで音声の分析・合成を行います。サンプリングレートは、分析時は1.8KHz～16KHz、合成時は1.8KHz～50KHzの範囲で自由にプログラムできます。さらに、分析結果や合成データは、外付けメモリ(RAM、ROM)、CPU側いずれでも記憶することができます。

(c).外部メモリコントロール

この機能は主としてADPCMで分析・合成される音声データを記憶するための外部メモリをコントロールします。外付け可能なメモリは256KbitDRAM、64KbitDRAM、そしてバイト単位でアクセス可能なROMです。容量はRAM、ROMともに256Kバイトです。

(d).AD/DA変換

ADPCM部のAD/DAの各変換器を単独で動作させることができます。ただし、このモードのときはFM音源およびADPCM音声分析・合成の動作は止まります。

(e).鍵盤スキャンニング

ミュージックキーボードを外付け可能にするための入出力各8ビットのポートです。

以上の各機能の他に、より自然な音作りを可能にするビブラート発振器、振幅変調発振器や、各種の基準信号となる長短2つのタイマを備え、ソフトウェアの負担を軽くしています。また汎用のI/Oポートが4ビット用意されています。

2-2.端子配置図

Avcc	1	64	Vcc
AGND	2	63	IN ₇
DA	3	62	IN ₆
AD	4	61	IN ₅
C	5	60	IN ₄
IO ₀	6	59	IN ₃
IO ₁	7	58	IN ₂
GND	8	57	IN ₁
IO ₂	9	56	IN ₀
IO ₃	10	55	D ₇
OUT ₀	11	54	D ₆
OUT ₁	12	53	D ₅
OUT ₂	13	52	D ₄
OUT ₃	14	51	D ₃
OUT ₄	15	50	D ₂
OUT ₅	16	49	D ₁
OUT ₆	17	48	D ₀
OUT ₇	18	47	DM ₇
SP-OFF	19	46	DM ₆
SH	20	45	DM ₅
MO	21	44	DM ₄
φSY	22	43	DM ₃
IRQ	23	42	DM ₂
IC	24	41	DM ₁
A ₀	25	40	GND
WR	26	39	DM ₀
RD	27	38	RAS
CS	28	37	CAS
WE	29	36	MDEN
DT ₀	30	35	ROM-CS
GND	31	34	φM
A ₁	32	33	Vcc

2-3.端子機能

(a)φM

MSX-AUDIOのメインクロックです。入力周波数は3.579545MHz(平均)です。

(b)φSY,SH,MO

MOはMSX-AUDIOの音声出力端子です。これらは、MOは13bitシリアル(virtual 10bit and characteristic 3bit(訳注:なんて訳すの?))データで、同期クロック(φSY)と同期シグナル(SH)を使用し、DAコンバータ(YM3014)でアナログ値に変換します。

(c)D0-D7

MSX-AUDIOとCPUとのデータ通信を行う8bitの双方向データバスです。

(d) \overline{CS} , \overline{RD} , \overline{WR} ,A0

D0-D7のデータバスを制御するために使用します。

\overline{CS}	\overline{RD}	\overline{WR}	A0	
0	1	0	0	レジスタアドレス設定
0	1	0	1	レジスタデータ設定
0	0	1	0	ステータスリード
0	0	1	1	レジスタデータリード(specificレジスタのみ)
1	x	x	x	D0-D7はハイインピーダンスになります

(e) \overline{IRQ}

ADPCMとメモリーコントロールの2つのタイマの出力です。この信号はプログラムでマスク可能です。

(f)DA,AD,C

AD変換に使用します。DAはDAコンバータの出力に接続してください(リファレンスデータ)。アナログ入力(AD)は、 $VCC/2 \pm VDD/4$ の範囲が許可されています。負荷容量端子Cはアナログデータのサンプル/ホールドに使用します。

(g)DM0-DM7

外部ストレージアドレス(A0-A7)とデータ入力(DI0-DI7)とデータ出力(DO1-DO7)をマルチプレクスして使用します。(DO0は別の端子です)。

(h)A8,DT0

外部メモリアドレス(A8)と、DT0はデータ出力(DO0)です。

(i) \overline{RAS} , \overline{CAS} , \overline{WE}

外部メモリの出力後信号です。DRAMを外部ストレージとして使用するとき、RAM互換端子として使用出来ます。外部ROMを使用する場合、 \overline{RAS} , \overline{CAS} をアドレスラッチ信号として使用します。

(j)MDEN,ROM-CS

外部メモリからのデータ入力タイミングを7します。MDENが"1"になったとき、DRAMデータがDM1-DM7に入力されます。

$\overline{\text{ROM-CS}}$ が"0"のとき、ROMデータはDM1-DM7に入力します。(DT0端子はデータ出力0に使用します)。

(k)IN0-IN7,OUT0-OUT7

鍵盤スキャンの入力(IN0-IN7)と出力(OUT0-OUT7)ポートです。これらの入力ポートはプルアップされていて、出力ポートはオープンドレインです。

(l) $\overline{\text{IO0}}$ - $\overline{\text{IO3}}$

汎用入出力ポートです。

(m)SP-OFF

AD変換のリファレンス電圧にDAコンバータを使用する際、スピーカーの接続を切る為の信号です。

(n) $\overline{\text{IC}}$

MSX-AUDIOをアクティブ化する端子です

(o)GND,AGND

グラウンド信号です

(p)Vcc,AVcc

+5V電源です。

2-4.端子制御

MSX-AUDIOでは、アドレスとデータのリードライト制御は、 $\overline{\text{CS}}$, $\overline{\text{RD}}$, $\overline{\text{WR}}$,A0を使用します。これらの4つの信号で、4つのモードを表します。

表2-1 モードセレクト

	$\overline{\text{CS}}$	$\overline{\text{RD}}$	$\overline{\text{WR}}$	A0	
1	1	x	x	x	インアクティブモード
2	0	1	0	0	アドレスライトモード
3	0	1	0	1	データライトモード
4	0	0	1	0	ステータスリードモード
5	0	0	1	1	データリードモード

(a)インアクティブモード

$\overline{\text{CS}}$ が1のとき、D0-D7はハイインピーダンスになります。

(b)アドレスライトモード

アドレスライトするとき、コントロール信号をアドレスライトモードにし、設定するアドレスをデータバスに与えます。このようにして、データを書き込むレジスタアドレスを設定します。

※備考:アドレスデータを設定した後、12クロック(ϕM)以上後にデータライトを行う必要があります。

(c)データライトモード

コントロール信号がデータライトモードに設定された場合、D0-D7のデータは指定されたレジスタアドレスに書き込まれます。アドレスライトモードと同様に、データライトモードでは前のデータライトやその次のデータアドレスライトから84クロック(ϕM)以上遅らせる必要があります。

(レジスタアドレス\$00-\$1aは12クロックです)

(d)ステータスリードモード

コントロール信号がステータスリードモードに設定されたとき、MSX-AUDIOのステータスデータが出力されます。

(e)データリードモード

コントロール信号がデータリードモードに設定されたとき、MSX-AUDIOレジスタのデータが読み込まれデータバスに出力されます。

備考:アドレスとデータのライトには次の点に注意してください。

MSX-AUDIOはアドレス/データの書き込みの後、遅延時間が必要です。アドレスライトモードとデータライトモードでは遅延時間が異なります(表2-2に示します)。

プロセッサは、遅延時間が過ぎるまでMSX-AUDIOに次の操作をしてはできません。もし遅延時間を無視した場合、正しいデータは書き込まれません。

表2-2 遅延時間

モード	遅延時間
アドレスライトモード	12クロック
データライトモード	84(12)クロック

(備考)

遅延時間のクロックはマスタクロックです。

(12)クロックは、レジスタアドレス\$00-\$1aの場合です。

2-5.チャンネルとスロット

MSX-AUDIOはFM音を9音(9チャンネル)発音することが可能で、1音あたり2オペレータセル持っています。ただし、オペレータセルはシステムで1つ持っているだけなので、FM9音の計算は、このオペレータセルをシリアルに18回通すことによってなされます。

このオペレータセルを通す順番(スロット番号)は、レジスタ番号と対応しており、各音の発音コントロールはスロットと対応したレジスタを制御することになります。

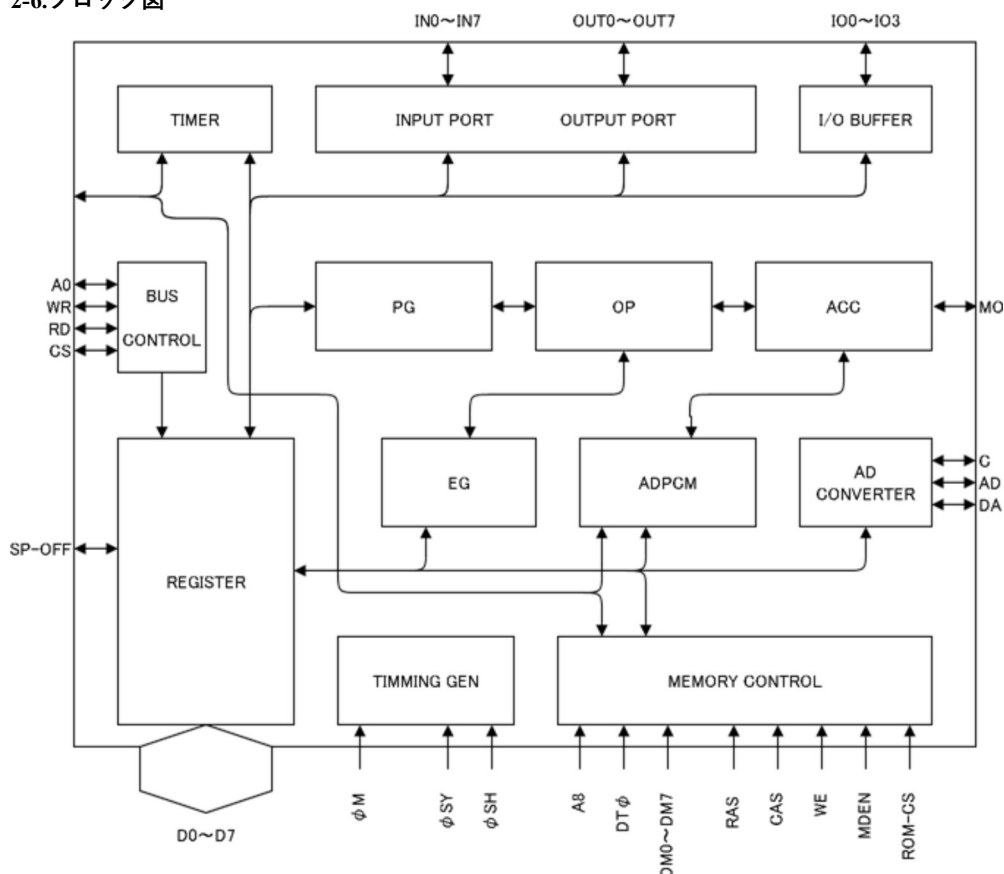
また、F-Numberのようなチャンネルごとのデータは2つのスロットを制御します。この2つのスロット(第1、第2スロット)の関係は、FM変調モードにした場合は、第1スロットが必ず変調波に、そして第2スロットが搬送波になります。また、第1スロットはFeedbackFMのモードにも設定できます。このモード設定については「FEEDBACK/CONNECTION」を参照して下さい。

表2-3はチャンネルとスロットの関係を示します。

表2-3 チャンネルとスロット

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1.スロット番号
1	2	3	1	2	3	4	5	6	4	5	6	7	8	9	7	8	9	2.チャンネル番号
1			2			1			2			1			2			3.チャンネル毎に見たときのスロット番号
20	21	22	23	24	25	28	29	2A	2B	2C	2D	30	31	32	33	34	35	4.チャンネル毎のデータとレジスタの関係(例:\$20~\$28)
C0	C1	C2	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C6	C7	C8	5.チャンネル毎のデータとレジスタの関係(例:\$C0~\$C8)

2-6.ブロック図



2-7.レジスタマップ

アドレス	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		アドレス	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
00	-									20	A M	V I B	E G T Y P	K S R	MULTI				
01	TEST																		
02	TIMER 1									35									
03	TIMER 2									40	KSL		TL						
04	IRQ RST	T1 MSK	T2 MSK	EOS MSK	BR MSK	-	ST2	ST1											
05	Key Board IN								*	55									
06	Key Board OUT									60	AR				DR				
07	STA RT	REC	MEM DATA	REPT	SP OFF	-		RST											
08	CSM	NOTE SEL	-		Sam pl	DA AD	64K	ROM		75									
09	START ADD(L)									80	SL				RR				
0A	START ADD(H)																		
0B	STOP ADD(L)									95									
0C	STOP ADD(H)									A0	F-Number(L)								
0D	PRESCALE(L)																		
0E	PRESCALE(H)									A8									
0F	ADPCM-DATA								*	B0	-		K O N	Block			F-Num (H)		
10	DELTA-N(L)																		
11	DELTA-N(H)									B8									
12	EG-CTRL									BD	AM DEP	VIB DEP	R	BD	SD	TOM	TC	HH	
-	-									C0	-				FB			C	

15	DAC DATA(H)							
16	DAC DATA (L)	-				C8		
17	-		SHIFT		-STATUS-			
		2	1	0				
18	-	I/O-CTRL				INT	T1	T2
19	-	I/O DATA			*	EPS	BUF RDY	-
1A	PCM-DATA				*			PCM BSY
	-							

*READ可能なレジスタ

3.動作説明

MSX-AUDIOは、プロセッサからレジスタアレイへデータを書き込むことによって制御されます。この書き込まれたデータによって、楽音のエンベロープの形状や変調度、周波数および発音モードなどが決定されます。そして、このデータの組み合わせが、ピアノやバイオリンなどの音を発生させることになります。このマニュアルでは、各レジスタの機能を主として説明し、他のブロックについては簡単な説明に留め置きます。ただし、FM音源については、「4.5.4楽音の作り方」の章で少し例を上げて説明します。

3-1.レジスタ

レジスタはレジスタマップで与えられるように約1Kbitのエリアを持っています。そして、この1Kbitのエリアを機能毎にバイト単位でまとめ、各バイトにアドレスを割り当てます。
したがって、あるデータをMSX-AUDIO内に格納したい場合は、まずそのデータを格納するアドレスを指定し、次に目的のデータを送ります。ただし、同一サブアドレスを何度もアクセスする場合は、最初にアドレスを送るだけで、以後はアドレスデータを送ることなしに、データを送ることができます。
なお、初期設定(IC=0')のときに「0」にセットされるレジスタは、以下の各レジスタの説明の項で*マークで示します。

3-1-1.TEST:ADDRESS[\$01]

このアドレスはLSIの内部動作をテストするときに使用しており、「0」以外では正常動作しません。

3-1-2.TIMER

タイマは分解能80μSのタイマ1と分解能320μSのタイマ2の2種類あります。各タイマは、始動、停止およびフラグの制御が可能です。また、タイマのフラグが立ったときは、同時にIRQ端子はLOWレベルになり、タイマインタラプトをCPUに告げます。

(1)TIMER-1:ADDRESS[\$02]*

タイマ1は8ビットのプリセッタブルカウンタによるタイマであり、このカウンタのオーバーフローが生じたときに、タイマ1のフラグを立て、同時にプリセット値をロードします。
タイマ1は、通常のタイマ機能以外に複合音声合成のコントロールとしても働きます。この場合は、オーバーフローが生じたときに全スロットをKeyON(発音状態)にし、すぐさまKeyOFFとします。この操作により複合音声合成を容易に実現することができます。

\$02

D7

D6

D5

D4

D3

D2

D1

D0

Tov(ms)=(256-N₁)×0.08 @φM=3.6MHz

N₁=D₇x2⁷+D₆x2⁶+ . . . +D₁x2+D₀

(2)TIMER-2:ADDRESS[\$03]*

タイマ2もタイマ1と同様に8ビットのプリセッタブルカウンタですが、タイマ1と異なる点は、タイマ1の分解能が80μsであるのに対して、タイマ2の分解能は320μsであることです。

\$03

D7

D6

D5

D4

D3

D2

D1

D0

Tov(ms)=(256-N₂)×0.32 @φM=3.6MHz

N₂=D₇x2⁷+D₆x2⁶+ . . . +D₁x2+D₀

3-1-3.FLAG CONTROL:ADDRESS[\$04]

このレジスタでは、タイマ1、タイマ2の始動、停止、フラグ制御およびADPCM、メモリコントロールのフラグの制御を行います。なお、初期設定時はD3、D4ビットのみ「1」にセットされ、他のビットは「0」にセットされます。

\$04	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	IRQ RESET	MASK T1	MASK T2	MASK EDS	MSK BUF RDY	-	ST2	ST1

- D₀(ST1)
タイマ1の起動、停止を制御します。
このビットが「1」になったときに、タイマ1にプリセット値をロードしてカウントを始めます。このビットが「0」のときはタイマ1は動作しません。
- D₁(ST2)
タイマ2についてD₀(ST1)と同様の動作をします。
- D₃(MASK BUF RDY)
このビットは「1」のとき、CPUと音声分析・合成(ADPCM)、あるいは外部メモリとデータのやり取りをしている場合のデー

タの書き込み要求、読み出し要求をマスクします。

- **D₄(MASK EDS)**
音声分析・合成(ADPCM)あるいは外部メモリのREAD/WRITEの終了、さらにAD変換時の変換終了を示すフラグをマスクします。
- **D₅(MASK T2)**
このビットが「1」のときは、タイマ2のフラグは、タイマ2の動作に関係なく、常に「0」になります。
- **D₆(MASK T1)**
このビットはタイマ1のフラグをマスクします。
- **D₇(IRQ RESET)**
MSX-AUDIOの各フラグは該当するイベントが生じたときセット(「1」)され、 $\overline{\text{IRQ}}$ は「0」になります。この状態を解除するために用意されているのがこのビットです。このビットが「1」になると、すべてのフラグは「0」になります。ただし、特定のフラグのみセットしたいときは、MASKビットに「1」を書き込んで下さい。注意:D₇ビットに「1」を書き込むと、フラグをリセットした後「0」にリセットされます。また、D₇が「1」のときはD₀～D₆のデータは無視されます。

3-1-4.KEYBOARD IN:ADDRESS[\$05]

IN₀～IN₇の入力ポートを示すアドレスです。したがって、このアドレスは読み出し専用です。IN₀～IN₇がデータバスD₀～D₇に対応します。

\$05	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	IN ₇	IN ₆	IN ₅	IN ₄	IN ₃	IN ₂	IN ₁	IN ₀

3-1-5.KEYBOARD OUT:ADDRESS[\$06] *

OUT₀～OUT₇を示すアドレスです。このレジスタは「1」を書き込んだとき、電流をシンク(電圧0.4V以下)します。

OUT₀～OUT₇がデータバスD₀～D₇に対応します。

\$06	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	OUT ₇	OUT ₆	OUT ₅	OUT ₄	OUT ₃	OUT ₂	OUT ₁	OUT ₀

3-1-6.START/REC/MEM DATA/REPEAT/SP-OFF/RESET ADDRESS[\$07]*

ここでは、ADPCM音声分析・合成の起動、外部メモリアクセスの設定などの制御をします。

\$06	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	START	REC	DATA MEMORY	REPEAT	SP-OFF			RESET

- **D₀(RESET)**
外部メモリをデータ源としてADPCM音声合成を実行中に、このビットを「1」にすると、ADPCM合成回路および外部メモリコントローラは初期状態に戻ります。なお、この時REPEATビットは必ず「0」にしなくてはなりません。また、このREPEATはADPCM回路および外部メモリコントローラが暴走したときにも使えます。
- **D₃(SP-OFF)**
このビットはSP-OFF端子と結ばれていて、D₃を「1」にするとSP-OFF端子は「0」に、D₃を「0」にするとSP-OFF端子は「1」になります。ADPCM分析時、あるいはAD変換時にスピーカーを保護するコントロールとして使います。
- **D₄(REPEAT)**
外部メモリを使ってADPCM音声合成を行っている場合、同一区間(スタートアドレスからストップアドレスまで)を何度も繰り返して合成したいときに「1」にします。
- **D₅(MEMORYDATA)**
外部メモリをアクセスするとき、このビットを「1」にします。
- **D₆(REC)**
ADPCM音声分析あるいはCPUから外部メモリにデータを書き込むときに「1」にします。
- **D₇(START)**
ADPCM音声分析・合成を行うとき「1」にします。この場合、データ格納場所(CPUあるいは外部メモリ)によって開始タイミングが異なります。データ格納場所がCPUのときは、アドレス\$0FをREAD/WRITEしたときから始まり、外部メモリのときはSTARTビットが「1」になったときに始まります。したがって、外部メモリアクセスのときは、STARTビットを「1」にする前に、他のすべての条件を整えておかなくてはなりません。また、STARTビットを「0」にするときは、先にSTARTビットを「0」にして、残りのデータをリセットします。

3-1-7.CSM/KEY BOARD SPLIT/SAMPLE/DA AD/64K/ROM ADDRESS[\$08]*

このアドレスでは、複合正弦波音声合成モード、AD/DA変換、外部メモリのタイプ指定制御します。

\$06	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	CSM	NOTE SEL			SAMPL	DA/AD	64K	ROM

- **D₀(ROM)**
外部メモリのタイプ指定です。「0」=RAM、「1」=ROM。
- **D₁(ROM)**

外部メモリのタイプ指定です。「0」=256KbitDRAM、「1」=64KbitDRAM。このビットが「1」のとき、A8アドレスの出力は意味がありません。ROMは「0」です。

• D₂(DA/AD)

このビットは次のSAMPLと組み合わせて使います。「1」のときは、MO出力は\$15～\$17で指定されるデータを出し、「0」のときはSAMPLEが「1」であれば、AD変換、「0」だとMUSICを出力します。

• D₃(SAMPLE)

AD変換、DA変換時のタイマをイネーブルにするビットです。AD変換はこのビットを「1」にしたときから始まります。

• D₆(NOTESEL)

このビットは、1オクターブ内の鍵盤分割の分離点を制御します。「0」のときはキーボードスプリットを指示するビットをF-NumberのMSBから見て2番目のビットで、「1」のときは、F-NumberのMSBでコントロールします。この様子は次の表のとおりです。F-Number/BLOCKの項を参照して下さい。

D₆ = 「0」

0	1	2	3	4	5	6	7	オクターブ								
0	1	2	3	4	5	6	7	BLOCKデータ								
1	1	1	1	1	1	1	1	F-Number MSB								
0	1	0	1	0	1	0	1	F-Number 2nd								
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	F-Number キーボードスプリット番号

D₆ = 「1」

0	1	2	3	4	5	6	7	オクターブ								
0	1	2	3	4	5	6	7	BLOCKデータ								
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	F-Number MSB		
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	F-Number 2nd	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	F-Number キーボードスプリット番号MSB

*定めず

D₇(CSM)

「1」が設定されると、複合正弦波音声合成モードになります。このときは、全チャンネルともKey-OFF状態にしておかなければなりません。

3-1-8.START ADDRESS L/H:ADDRESS[\$09,\$0A]

外部メモリをアクセス(ADPCM回路/CPU)するときの、メモリのスタート番地をL(\$09)、H(\$0A)の16ビットで与えます。ただし、ROMとRAMでは指定の方法が少し異なります。

\$09	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	\$0A	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
START ADDRESS(L)									START ADDRESS(H)								

• RAMの場合

1.64KbitDRAM

BANK			CAS ADDRESS										RAS ADDRESS												
2 ²	2 ¹	2 ⁰	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀					
-\$0A-										-\$09-															
D ₇	D ₆	D ₅	*	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	*	D ₂	D ₁	D ₀	0	0	0	0	0					

\$0AのD₄と\$09のD₃は必ず「0」でなくてはならない。

2.256KbitDRAM

BANK			CAS ADDRESS										RAS ADDRESS												
2 ²	2 ¹	2 ⁰	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀					
-\$0A-										-\$09-															
D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	0	0	0	0	0					

• ROMの場合

BANK			CAS ADDRESS										RAS ADDRESS									
2 ²	2 ¹	2 ⁰	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀		
-\$0A-								-\$09-														
*	*	*	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	0	0	0	0	0		

\$0AのD₅～D₇は\$0Cのデータと同じでなくてはならない。

3-1-9.STOP ADDRESS L/H:ADDRESS[\$0B,\$0C]

外部メモリをアクセス(ADPCM回路/CPU)するときの、メモリのストップ番地をL(\$0B)、H(\$0C)の16ビットで与えます。ただし、ROMとRAMでは指定の方法が少し異なります。

\$0B	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	\$0C	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

STOP ADDRESS(L)

STOP ADDRESS(H)

- RAMの場合

1.64KbitDRAM

BANK			CAS ADDRESS										RAS ADDRESS									
2 ²	2 ¹	2 ⁰	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀		
-\$0A-										-\$09-												
D ₇	D ₆	D ₅	*	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	*	D ₂	D ₁	D ₀							

\$0CのD₄と\$0BのD₃は必ず「0」でなくてはならない。

2.256KbitDRAM

BANK			CAS ADDRESS										RAS ADDRESS									
2 ²	2 ¹	2 ⁰	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀		
-\$0A-								-\$09-														
D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀							

- ROMの場合

BANK			CAS ADDRESS										RAS ADDRESS										
2 ²	2 ¹	2 ⁰	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀			
-\$0A-								-\$09-															
*	*	*	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀								

\$0CのD₅～D₇は\$0Aのデータと同じでなくてはならない。

3-1-10.PRESCALE L/H:ADDRESS[\$0D,\$0E]

AD変換時(ADPCM分析を含む)のサンプリングレートおよびDA変換時のサンプリングレートを指定します。サンプリングレートは次の式で与えられ、最大サンプリングレートは16KHz、最小は1.8KHzです。

$$f_{\text{sample}} = 3.6\text{MHz} / N_{\text{PRE}}$$

N_{PRE}はプリスケール値 225 ≤ N_{PRE} ≤ 2047

\$0D	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	\$0E	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	PRESCALE(L)									PRESCALE(H)							

3-1-11.ADPCM-DATA:ADDRESS[\$0F]

ADPCM分析・合成をCPUで行うときは、このレジスタを介してデータのやりとりをします。また、CPUから外部メモリをアクセスするときも同様にこのレジスタをバッファとして使います。

\$0F	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	ADPCM-DATA							

注意:ADPCM分析・合成のデータ構造

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
n番目のデータ				n+1番目のデータ			
L ₄	L ₃	L ₂	L ₁	L ₄	L ₃	L ₂	L ₁

ADPCMのデータは左記のように、1バイトで2データを構成しており、上位4ビットがn番目のデータとすると、下位4ビットはそれに続くn+1番目のデータとなります。

3-1-12.DELTA-N L/H[\$10,\$11]

ADPCM音声合成時に各サンプリング間を50KHzで線形補間するための補間係数を与えます。また、このデータは合成時のサンプリングレートを指定することになります。したがって、合成時はプリスケールデータを使用しません。

$$\Delta N = k \times 2^{16}, k = \left(\frac{3.6\text{MHz}}{50\text{KHz}} \right) \left(\frac{3.6\text{MHz}}{f_{\text{sample}}} \right)$$

$$\text{VOICE}_{n,1} = \text{VOICE}_n + (\text{Noff}_n + i'_{n-1} \times k) \times (\text{VOICE}_{n+1} - \text{VOICE}_n)$$

$$0 \leq \text{Noff}_n + i'_{n-1} \times k < 1$$

$$0 \leq \text{Noff}_{n-1} + i'_{n-1} \times k < k-1$$

i'_{n-1}はn-1回目の最大値

\$10	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	DELTA-N'(L)							
\$11	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	DELTA-N'(H)							

3-1-13.ENVELOP CONTROL(at ADPCM):ADDRESS[\$12]

ADPCM音声合成の出力レベルを無音から最大音256段階にボリュームコントロールをします。このデータはADPCM音声合成出力のみに有効で、MUSIC出力やDA変換に対しては無効です。

\$12	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
EG-CONTROL								

3-1-14.DAC-DATA:ADDRESS[\$15-\$17]

DA変換を行うときのデジタルデータを与えます。この3バイト13ビットのデータで以下の式で与えられるアナログ値を出力(DACを経由して)します。この場合、アドレス\$15にデータを書き込んだときがトリガとなり、\$15～\$17のレジスタの内容を出力します。なお、DA変換を行うときは、レジスタ\$08のD₂(DA/AD)を「1」にする前に、必ず初期値を\$15-\$17のレジスタに書いて下さい。

$$V_{OUT} = \frac{VCC}{2} + \frac{VCC}{4} \times (-1 + F_9 + F_8 \times 2^{-1} + \dots + F_1 \times 2^{-8} + F_0 \times 2^{-9} + 2^{-10}) \times 2^{-E}$$

$$E = \bar{S}_2 \times 2^2 + \bar{S}_1 \times 2^1 + \bar{S}_0 \times 2^0 \text{ @ } S_0 + S_1 + S_2 \geq 1$$

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
\$15	F9	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2
\$16	F1	F0	-					
\$17	-					S2	S1	S0

3-1-15.I/O-CONTROL ADN I/O-DATA:ADDRESS[\$18,\$19]

● MSX-AUDIOでは汎用I/Oポートを4ビット用意しており、このI/Oポートをコントロールするレジスタがアドレス\$18と\$19です。\$18はI/Oポートの入出力の方向制御ビットで、「1」のとき、ポートは出力に、「0」のときは入力になります。初期状態では「0」です。

\$19はI/Oポートのデータをやりとりするレジスタです。

\$18	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
-					IO3	IO2	IO1	IO0
					I/O3CTRL	I/O2CTRL	I/O1CTRL	I/O0CTRL

\$19	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	-				I/O ₃ DATE	I/O ₂ DATE	I/O ₁ DATE	I/O ₀ DATE

3-1-16.PCM-DATA:ADDRESS[\$1A]

AD変換実行時に、変換済みデータを格納するレジスタです。

\$1A	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
PCM-DATA								

注意:PCMコードは2の補数です。

3-1-17.AM/VIB/EG-TYP/KSR/MULTIPLE:ADDRESS[\$20-\$35]*

このレジスタでは、エンベロープの形状やF-Numberで与えられる周波数データを楽音の周波数成分に見合った搬送波、変調波の周波数に変換するための倍率を制御します。

\$20~\$35	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	AM	VIB	EG-TYP	KSR	MULTI			
					2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰

● D₀～D₃(MULTIPLE)

表3-1で与えられる倍率によって搬送波、変調波の周波数を制御します。

例:

F-Numberによる周波数 ωf

搬送波のMULTIPLE数 1

変調波のMULTIPLE数 7

$F(t) = E \sin(\omega f t + I \sin(7 \omega f t))$

表3-1 倍率

MUL	倍率	MUL	倍率	MUL	倍率	MUL	倍率
0	1/2	4	4	8	8	C	12
1	1	5	5	9	9	D	12
2	2	6	6	A	10	E	15
3	3	7	7	B	10	F	15

● D₄(KSR)

RATEのキースケールを与えます。自然楽器では、おおむね音程が高くなるにしたがって、音の立ち上がり、立ち下がりは速くなります。この現象をシミュレートするのがRATEのキースケールであり、表3-2の値が各々の音程に対してスピードのオフ

セットとして加えられます。したがって、実際のRATEはADSRに対して設定したRATEにこのオフセットを加えたものになります。

$$\text{RATE} = 4 \times R + R_{ks}$$

RはADSRでの設定値

R_{ks}はキースケールオフセット値

ただし、R=0のときはRATE=0

表3-2 RTEのキースケール

D ₄	N	R _{ks}	N	R _{ks}	N	R _{ks}	N	R _{ks}
0	0	0	4	1	8	2	12	3
	1	0	5	1	9	2	13	3
	2	0	6	1	10	2	14	3
	3	0	7	1	11	2	15	3
	0	0	4	4	8	8	12	12
1	1	1	5	5	9	9	13	13
	2	2	6	6	10	10	14	14
	3	3	7	7	11	11	15	15

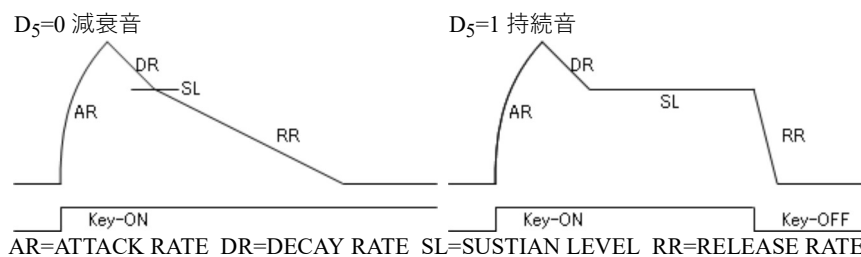
• D₅(EG-TYP)

持続音が減衰音かの切り換えをします。

D₅=「0」のとき、減衰音

D₅=「1」のとき、持続音

この発音モードの違いは、RELEASE RATEの使用法が異なっているため、その様子を図3-1に示します。



AR=ATTACK RATE DR=DECAY RATE SL=SUSTIAN LEVEL RR=RELEASE RATE

図3-1 2種類の発音モード

• D₆(VIB)

ビブラートのON/OFFスイッチです。このビットを「1」にすると、そのスロットにはビブラートがかかります。このときの周波数は6.4Hz(@φM=3.6MHz)で、ビブラートの深さは、BDレジスタのVIB-DEPTHで決まります。

3-1-18.KSL Total Level :ADDRESS[\$40-\$55]

トータルレベルとは、エンベロープジェネレータの出力に対して、減衰量を加算し変調度(音色)および音量の制御をするために用いられます。また、レベルキースケール(KSL)は、RATEのキースケール同様、自然楽器では音程が上がるにつれて、出力レベルは低下する傾向にあることをシミュレートするものです。

\$40~\$45	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	KSL			Total Level				

• D₀~D₅(Total Level)

減衰量の最小分解能は0.75dBで、最大47.25dBまで音量を放り込むことができる。

表3-3 トータルレベル

	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
減衰量	24dB	12dB	6dB	3dB	1.5dB	0.75dB

• D₆、D₇(KSL)

レベルのキースケールを調整するビットです。キースケールのモードは、音程が上がるほどレベルは減衰し、その減衰量は、1.5dB/OCT、3dB/OCT、6dB/OCT、および減衰量なしの4種類です。

表3-4 キースケールの減衰量

D ₆	D ₇	減衰量
0	0	0
1	0	1.5dB/OCT
0	1	3dB/OCT
1	1	6dB/OCT

表3-5 3dB/OCTの場合のF-Numberでの減衰量

OCT\F-Number	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.075	1.125	1.500	1.875	2.250	2.625	3.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.125	1.875	2.625	3.000	3.750	4.125	4.500	4.875	5.250	5.625	6.000
3	0.000	0.000	0.000	1.875	3.000	4.125	4.875	5.625	6.000	6.750	7.125	7.500	7.875	8.250	8.625	9.000
4	0.000	0.000	3.000	4.875	6.000	7.125	7.875	8.625	9.000	9.750	10.125	10.500	10.875	11.250	11.625	12.000
5	0.000	3.000	6.000	7.875	9.000	10.125	10.875	11.625	12.000	12.750	13.125	13.500	13.875	14.250	14.625	15.000
6	0.000	6.000	9.000	10.875	12.000	13.125	13.875	14.625	15.000	15.750	16.125	16.500	16.875	17.250	17.625	18.000
7	0.000	9.000	12.000	13.875	15.000	16.125	16.875	17.625	18.000	18.750	19.125	19.500	19.875	20.250	20.625	21.000

単位(dB)

備考：

- ・ F-Numberは上位4ビットの値
- ・ 1.5dB/OCTは上記の1/2倍
- ・ 6dB/OCTは上記の2倍

3-1-19.ATTACK/DECAYRATE:ADDRESS[\$60-\$75]*

アタックレイトは音の立ち上がり時間の設定をします。また、ディケイレイトは、アタック後の減衰時間を決めます。各RATEの時間設定は表3-6のとおりです。

\$60～\$75	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	AR				DR			
	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ³	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ³

3-1-20.SUSTAIN LEVEL/RELEASE RATE:ADDRESS[\$80-\$95]

サステインレベルは、持続音の場合は、ディケイモードでの減衰がこのレベルに到達するとその後はそのレベルを保持するという変化点を指し、減衰音の場合は、ディケイモードからリリースモードへの変化点を与えます。

リリースレベルは、持続音の場合はKeyをOFFしたときに、音が消えてゆく様子を定義するRATEであり、減衰音のときはサステインレベルの前の減衰をディケイレイトで表し、サステインレベル後の減衰をこのリリースレイトで表します。

\$80～\$95	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	SL				RR			
	24 dB	12 dB	6 dB	3 dB	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ³

- ・ D₄～D₇がすべて「1」のときは、93dBとする。
- ・ リリースレイトの減衰時間は、ディケイ・レイトの表と同じ。

表3-6 各レイトでの立ち上がり、立ち下がり時間

下記のレイトは、キースケール後のレイトです。また、レイトの値を上位4ビット(RM)と下位2ビット(RL)に分割してRM-RLと表しています。RATE=RMx4+RL

EG ATTACK TIME		EG DECAY TIME		EG ATTACK TIME		EG DECAY TIME	
Rate [mS]		RATE [mS]		RATE [mS]		RATE [mS]	
(@10%-90%)				(@0dB-96dB)			
0.00	15 3	0.51	15 3	0.00	15 3	2.40	
0.00	15 2	0.51	15 2	0.00	15 2	2.40	
0.00	15 1	0.51	15 1	0.00	15 1	2.40	
0.00	15 0	0.51	15 0	0.00	15 0	2.40	
0.11	14 3	0.58	14 3	0.20	14 3	2.74	
0.11	14 2	0.69	14 2	0.24	14 2	3.20	
0.14	14 1	0.81	14 1	0.30	14 1	3.84	
0.19	14 0	1.01	14 0	0.38	14 0	4.80	
0.22	13 3	1.15	13 3	0.42	13 3	5.48	
0.26	13 2	1.35	13 2	0.46	13 2	6.40	
0.31	13 1	1.62	13 1	0.56	13 1	7.68	
0.37	13 0	2.02	13 0	0.70	13 0	9.60	
0.43	12 3	2.32	12 3	0.80	12 3	10.96	
0.49	12 2	2.68	12 2	0.92	12 2	12.80	
0.61	12 1	3.22	12 1	1.12	12 1	15.36	
0.73	12 0	4.02	12 0	1.40	12 0	19.20	
0.85	11 3	4.62	11 3	1.56	11 3	21.92	
0.97	11 2	5.38	11 2	1.84	11 2	25.56	
1.13	11 1	6.42	11 1	2.20	11 1	30.68	
1.45	11 0	8.02	11 0	2.76	11 0	38.36	
1.70	10 3	9.24	10 3	3.12	10 3	43.84	
1.94	10 2	10.76	10 2	3.68	10 2	51.12	
2.26	10 1	12.84	10 1	4.40	10 1	61.36	

2.90	10 0	16.04	10 0	5.52	10 0	76.72
3.39	9 3	18.48	9 3	6.24	9 3	87.68
3.87	9 2	21.52	9 2	7.36	9 2	102.24
4.51	9 1	25.68	9 1	8.80	9 1	122.72
5.79	9 0	32.08	9 0	11.04	9 0	153.44
6.78	8 3	36.96	8 3	12.48	8 3	175.36
7.74	8 2	43.04	8 2	14.72	8 2	204.48
9.02	8 1	51.36	8 1	17.60	8 1	245.44
11.58	8 0	64.16	8 0	22.08	8 0	306.88
13.57	7 3	73.92	7 3	24.96	7 3	350.72
15.49	7 2	86.08	7 2	29.44	7 2	408.96
18.05	7 1	102.72	7 1	35.20	7 1	490.88
23.17	7 0	128.32	7 0	44.16	7 0	613.76
27.14	6 3	147.84	6 3	49.92	6 3	701.44
30.98	6 2	172.16	6 2	58.88	6 2	817.92
36.10	6 1	205.44	6 1	70.40	6 1	981.76
46.34	6 0	256.64	6 0	88.32	6 0	1227.52
54.27	5 3	295.68	5 3	99.84	5 3	1402.88
61.95	5 2	344.32	5 2	117.76	5 2	1635.84
72.19	5 1	410.88	5 1	140.80	5 1	1963.52
92.67	5 0	513.28	5 0	176.64	5 0	2455.04
108.54	4 3	591.36	4 3	199.68	4 3	2805.76
123.90	4 2	688.64	4 2	235.52	4 2	3271.68
144.38	4 1	821.76	4 1	281.60	4 1	3927.04
185.34	4 0	1026.56	4 0	353.28	4 0	4910.08
217.09	3 3	1182.72	3 3	399.36	3 3	5611.52
247.81	3 2	1377.28	3 2	471.04	3 2	6543.36
288.77	3 1	1643.52	3 1	563.20	3 1	7854.08
370.69	3 0	2053.12	3 0	706.56	3 0	9820.16
434.18	2 3	2365.44	2 3	798.72	2 3	11223.04
495.62	2 2	2754.56	2 2	942.08	2 2	13086.72
577.54	2 1	3287.04	2 1	1126.40	2 1	15708.16
741.38	2 0	4106.24	2 0	1413.12	2 0	19640.32
868.35	1 3	4730.88	1 3	1597.44	1 3	22446.08
991.32	1 2	5509.12	1 2	1884.16	1 2	26173.44
1155.07	1 1	6574.08	1 1	2252.80	1 1	31416.32
1482.75	1 0	8212.48	1 0	2826.24	1 0	39280.64

注意:レイトが「0」の場合は、エンベロープは変化しません。

3-1-21.BLOCK/F-Number/SUS/KEY:ADDRESS[\$A0-\$B8]*

音程、音階を決めるデータです。F-Numberは\$A0～\$A8のレジスタと\$B0～\$B8のレジスタにまたがっています。

\$A0～\$A8	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	F-Number							
	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰

\$B0～\$B8	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
				BLOCK			F-Number	
		Key-ON		2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁹	2 ⁸

- D₀～D₇(\$20～\$28)、D₀(\$B0～\$B8)(F-Number)
\$A0～\$A8の8ビットと\$B0～\$B8の下位1ビットの計9ビットでF-Numberを表します。このF-Numberは音階を与えるデータで、後述する方法でその値を決めます。
- D₂～D₄(BLOCK)
オクターブ情報を与えます。
- D₅(KEYON)
鍵盤のON/OFFに相当するビットです。このビットを「1」にすると、そのチャンネルがONとなり、発音します。「0」でKEYOFFです。

MSX-AUDIOでは、必要な周波数はその周波数に応じた位相の増分を与えることにより得ることができます。そして、この増分はF-NumberとBLOCKおよびMULTIPLE情報によって決められます。そこで、まず希望周波数の増分を求めます。これは次式で与えられます。

式1 希望周波数の増分

$$\Delta P = f_{\text{mus}} \times 2^{19} / f_{\text{sam}} \quad f_{\text{sam}} = f_M / 72$$

f_{mus}:希望周波数f_{sam}:サンプリング周波数(50KHz)f_M:入力クロック周波数(3.6MHz)

これで位相の増分は求められますが、この値を管理するのはビット数が多くて大変なため、増分は1オクターブ分のデータのみとし、各オクターブに対してはその増分をシフト(2倍、4倍・・・)することによって求めます。これにより増分は次のように表現できます。

式2 シフトによる位相の増分

$$\Delta P = 2^B \times F \times \text{MUL}$$

B:オクターブ情報

F:1オクターブ内に制限した増分

MUL: MULTIPLEデータ

1、2式と増分(F)を10ビットで表すということから、F-NumberとBLOCKは次のように表現されます。

$$F = (f_{\text{mus}} \times 2^{19} / f_{\text{sam}}) / 2^{b-1} \quad (@\text{MUL}=1)$$

F:F-Numberデータ

b:BLOCKデータ

表3-7-1 F-Number(その1)

音階	周波数 (4oct)	F-Number	\$B0 \sim \$B8		\$A0 \sim \$A8							
			D ₁	D ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
C#	277.2	363	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
D	293.7	385	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
D#	311.1	408	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
E	329.6	432	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
F	349.2	458	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
F#	370.0	485	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1
G	392.0	514	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
G#	415.3	544	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A	440.0	577	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
A#	466.2	611	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
B	493.9	647	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
C	523.3	686	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0

表3-7-2 F-Number(その2)

音階	周波数 (4oct)	F-Number	\$B0 \sim \$B8		\$A0 \sim \$A8							
			D ₁	D ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
G	392.0	514	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
G#	415.3	544	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A	440.0	577	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
A#	466.2	611	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
B	493.9	647	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
C	523.3	686	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
C#	554.4	727	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
D	587.3	770	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
D#	622.2	816	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
E	659.3	864	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
F	698.5	916	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
F#	740.0	970	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0

3-1-22.FEEDBACK/CONNECTION:ADDRESS[\$C0-\$C8]*

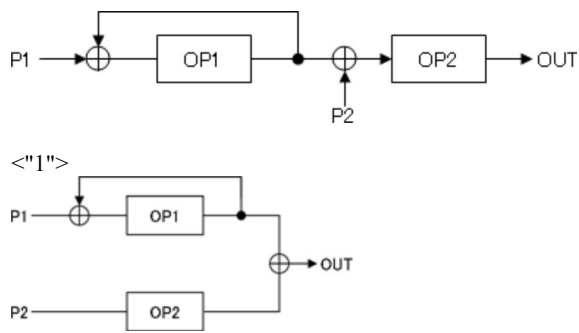
このレジスタはSelf-Feedbackの変調度およびFM変調のタイプを決めます。

\$C0 \sim \$C8	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	-				FEEDBACK			CONNECTION
					2 ²	2 ¹	2 ⁰	

- D₀(CONNECTION)

コネクションは2つのスロットの結線を制御します。データ「0」でFM変調モードとなり、データ「1」で2つのスロットが並列でサイン波の合成モードになります。

<"0">



- $D_1 \sim D_3$ (FEEDBACK)

第1スロットのフィードバックFM変調の変調度を与えます。

表3-8 変調度

	0	1	2	3	4	5	6	7
変調度	0	$\pi/16$	$\pi/8$	$\pi/4$	$\pi/2$	π	2π	4π

3-1-23.AM.VIB-DEPTH/RHYTHM:ADDRESS[\$BD]*

振幅変調(AM)、ビブラート(VIB)の深さおよびリズムのモード選択と各リズム楽器のON/OFFをコントロールします。

\$BD	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
	AM-DEPTH	VIB-DEPTH	RHYTHM	BD	SD	TOM	TOP-CY	HH

- $D_0 \sim D_5$ (RHYTHM)

$D = 「1」$ のとき、MSX-AUDIOはリズム音モードになり、7～9チャンネルはリズム音のチャンネルとなります。したがって、楽音(メロディ部)は6音に制限されます。 $D_0 \sim D_4$ は各リズム楽器のON/OFFを制御します。このため\$B6、\$B7、\$B8のKeyONビットは常に「0」にしておく必要があります。また、13～18の各スロットはリズム音と表3-9のような対応しており、RATEなどのデータは各リズム音にマッチした値を入力しなければなりません。

表3-9 リズムスロットと周波数データ

楽器	スロット
BD	13、16
SD	17
TOM	15
TOP-CYM	18
HH	14

- D_6 (VIB-DEPTH)

ビブラートの深さは2種類あり、 $D_6「1」$ のとき14セント、 $D_6＝「0」$ のときは7セントです。

- D_7 (AM-DEPTH)

振幅変調の深さも2種類あります。

$D_7＝「1」$ のとき4.8dB

$D_7＝「0」$ のとき1dB

3-2.フェイズジェネレータ(PG)

フェイズジェネレータは必要な周波数に応じた増分を単位時間ごとにアキュムレートして位相値を得る回路です。この増分はレジスタから送られてくる周波数情報(F-Number、BLOCK、MULTIPLE)から作成されます。さらに、ビブラート発振器を内蔵しているため、この発振器の出力と周波数情報とを組み合わせることにより、ビブラート効果を作り出します。

3-3.エンベロープジェネレータ(EG)

エンベロープジェネレータ(以下、EG)は、ATTACK、DECAY、RELEASEの各RATE、Sustain Level、TotalLevelなどでコントロールされ、音色、音量の経時変化を与えます。そして、そのダイナミックレンジは96dB(分解能0.1875dB)あります。EGは対数表示であり、また減衰量で表されます。その一般的な波形は図3.2のとおりです。この波形で特徴的なのは、アタック時は指数関数的に変化し、それ以外では直線的に変化する点です。また、アタックからディケイへの切り換えは、0dBに達したときに起こり、ディケイからサステインへは、サステインレベルに到達したときに起こります。そして、リリースへの移行はKeyがOFFされたときに起こります。トータルレベル、レベルキースケール、振幅変調などの効果は、その設定値をEGに加えることによりエンベロープの波形を変化させます。

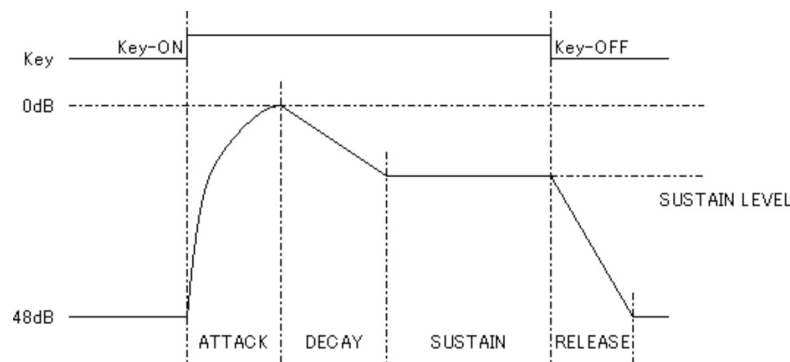


図3.2 エンベロープ波形

3.4.オペレータ(OP)とアキュムレータ(ACC)

オペレータはFM演算を行う回路です。オペレータでは、フェイズジェネレータからの位相出力をもとに、SINの値を計算し、これにエンベロープジェネレータ出力を掛け合わせます。この結果を変調波であればオペレータの入力へ返し、楽音であればアキュムレータへ送ります。この転送を制御するのがFeedback、CONNECTIONの各データです。

アキュムレータは各チャンネルのオペレータ出力を累積加算します。さらに、この加算結果を仮数部10ビット(サインビットを含む)、指数部3ビットのオフセットバイナリへデータ変換を行い、LSBより図3-3のように出力します。

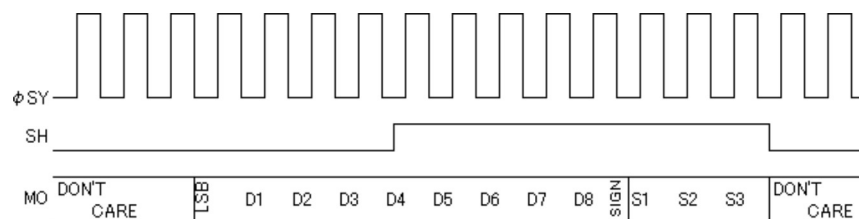


図3-3 出力タイミング

MSX-AUDIOの内部データ															MOの出力データ														
Sign	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	S ₃	S ₂	S ₁	Sign	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
1	1	x	x	x	x	x	x	x	x							→	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
1	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x						→	1	1	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
1	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x					→	1	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
1	0	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x				→	1	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
1	0	0	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x			→	0	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
1	0	0	0	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x		→	0	1	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
1	0	0	0	0	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x	→	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
0	1	1	1	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	→	0	0	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	
0	1	1	1	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x		→	0	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	
0	1	1	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x			→	0	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	
0	1	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x					→	1	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	
0	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x					→	1	0	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	
0	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x						→	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	
0	0	x	x	x	x	x	x	x	x							→	1	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	

図3-4内部データと出力データ

3.5.ADPCM音声分析・合成

ここでは、音声分析・合成の方法をレジスタとのやりとりを例にしたがって説明します。

(1)音声分析(AUDIO→CPU)

アドレス	データ	R/W	コメント
			○初期設定
\$04	\$00	W	各フラグをイネーブルにする。
\$04	\$80	W	各フラグをリセット。
\$07	\$C8	W	ADPCM分析をイネーブルとし、スピーカをOFFとする。
\$08	\$00	W	
\$0D	\$C2	W	サンプリングレートを8KHz(N _{PRE} =450)。
\$0E	\$01	W	
			○分析スタート
\$0F		R	ダミーリードにより分析開始
			○分析中
\$0F		R	BUF・RDYフラグが「1」のとき、\$0Fをリードして分析データを格納し、フラグリセット。「0」であれば待機。
(\$04)	\$80	(W)	
			○分析終了

\$07	\$48	W	ADPCM分析終了。
\$07	\$00	W	\$07レジスタリセット。

(2)音声合成(CPU→AUDIO)

アドレス	データ	R/W	コメント
			○初期設定
\$04	\$00	W	各フラグをイネーブルにする。
\$04	\$80	W	各フラグをリセット。
\$07	\$80	W	ADPCM合成をイネーブルにする。
\$08	\$00	W	
\$10	\$F6	W	サンプリングレートを8KHz($\Delta N=10486$)。
\$11	\$28	W	
\$12	\$xx	W	出力レベル設定
			○合成スタート
\$0F	\$xx	W	ADPCMデータを\$0Fに書き込むことによりスタート。
			○合成中
\$0F	\$xx	R	BUF・RDYフラグが「1」のとき、\$0Fに合成データを書き込み、フラグをリセットする。「0」のときは待機。
(\$04	\$80	W)	
			○合成終了
\$07	\$00	W	ADPCM合成終了。

(3)音声分析(AUDIO→EXT.MEMORY)

アドレス	データ	R/W	コメント
			○初期設定
\$04	\$08	W	各フラグをイネーブルにする。
\$04	\$80	W	各フラグをリセット。
\$07	\$68	W	ADPCM分析をイネーブルにする。
\$08	\$02/\$00	W	RAMタイプの指定。
\$09	\$xx	W	メモリのスタート番地
\$0A	\$xx	W	
\$0B	\$xx	W	メモリのストップ番地
\$0C	\$xx	W	
\$0D	\$E1	W	サンプリングレートを16KHz($N_{PRE}=255$)。
\$0E	\$00	W	
			○分析スタート
\$07	\$E8	W	\$07のD7が「1」になるのに同期して分析開始。
			○分析中
			EOSフラグが「1」となり、分析終了を指示するまで待機。
			○分析終了
\$07	\$68	W	ADPCM分析終了。
\$07	\$00	W	\$07レジスタリセット。

(4)音声合成(EXT.MEMORY→AUDIO)

アドレス	データ	R/W	コメント
			○初期設定
\$04	\$08	W	BUF・RDYフラグのみマスタする。
\$04	\$80	W	各フラグをリセット。
\$07	\$20/\$30	W	ADPCM分析をイネーブルにする。
\$08	\$00,\$01,\$02	W	RAMタイプの指定。
\$09	\$xx	W	メモリのスタート番地
\$0A	\$xx	W	
\$0B	\$xx	W	メモリのストップ番地
\$0C	\$xx	W	
\$10	\$EC	W	サンプリングレートを16KHz($\Delta N=20972$)。
\$11	\$51	W	
\$12	\$xx	W	出力レベル設定
			○合成スタート
\$07	\$A0/\$B0	W	\$07のD7「1」になるのに同期して合成開始。
			○合成中
			EOSフラグが「1」となり、分析終了を指示するまで待機。

\$07	\$00	W)	リピートモードを解除
\$07	\$00	W)	合成を強制的に中止
			○合成終了
\$07	\$20	W	ADPCM合成終了
\$07	\$00	W	\$07レジスタ終了

3-6.AD/DA変換

内蔵のAD/DA変換器は、FM音源やADPCM音声分析・合成以外にも単独でAD変換器、あるいはDA変換器として使うことができます。この場合の変換速度は最大サンプリングレート16KHzから最小1.8KHzまでです。

(1)AD変換

MSX-AUDIOのAD変換は、音源で使用されているDA変換器を利用して行います。したがって、このDA変換器の制限から変換可能な電圧範囲は $V_{cc}/2 \pm V_{cc}/4$ となります。 $V_{cc}/2$ が中点で0、 $3V_{cc}/4$ が最大(127)、 $V_{cc}/4$ が最小(-128)の2の補数8ビットデータに変換します(変換方式は逐次比較変換)。

なお、AD変換中は、ミュージック出力などのDA変換器につながる機器は切り離していないと大音量を発生するなどの問題が生じます。

(2)DA変換

DA変換も、AD変換と同様に楽音用のDA変換器を共用します。したがって、出力電圧は $V_{cc}/2 \pm V_{cc}/4$ となります。DA変換は指数部3ビット、仮数部10ビット、計13ビットのデータですが、AD変換などとの対応で8ビットで処理したい場合は、\$15アドレスのデータのみを変換とし、\$16、\$17のアドレスは一定値に固定すればバイト処理ができます。

3-7.外部メモリコントロール

MSX-AUDIOではADPCM音声分析・合成部のデータファイルとして外部メモリをRAM256Kバイト、ROM256Kバイトまでアクセスできます。この外部メモリの制御、およびデータのインターフェイスを行うのが外部メモリコントロール部です。

(1)RAM

RAMは64KDRAM、256KDRAMのいずれかを8個まで外付けできます。この場合、アクセスは1番目のRAMから8番目のRAMまで順に、また1個のRAM内で次の図のように、(0,0)番地から(511,0)、(0,1)～(511,511)とシリアルにREAD/WRITEします。したがって、RAMでのデータ処理はビット単位となり、アドレス指定は32ビット(4バイト)単位になります。

なお、RAMのリフレッシュはMSX-AUDIOにカウンタを内蔵しており、自動的にアドレス発生を行います。

RAS	RAM1					RAM2	RAM3	RAM4	RAM5	RAM6	RAM7	RAM8			
0			----->												
1			1												
2															
·															
·															
·							2	3	4	5	6	7	8		
510															
511	↓	↓							↓						
CAS	0	1				2	·	·	·	5	5				
						1	1								
						0	1								

アクセスの方向

----->

(2)ROM

ROMの場合は、各アドレスにRAMと違ってMSX-AUDIOのDM出力を直接接続するのではなく、LATCHを介してROMにアドレスを入力します。また、アクセスの単位はバイト単位となり、アドレス指定は32バイト毎に設定できます。

(3)メモリへのアクセス

メモリへのアクセスはADPCM実行中はMSX-AUDIOが自動的行いますが、CPU側とデータのやり取りをする場合は、次の例にしたがってプログラミングします。

(a)RAM-WRITE

アドレス	データ	R/W	コメント
			○初期設定
\$04	\$00	W	各フラグをイネーブルにする。
\$04	\$80	W	各フラグをリセット。
\$07	\$60	W	メモリライトモードにする。
\$08	\$00/\$02	W	メモリのタイプ指定
\$09	\$xx	W	スタートアドレス指定

\$0A	\$xx	W	
\$0B	\$xx	W	ストップアドレス指定
\$0C	\$xx	W	
			○メモリライト
\$0F	\$xx	W	データの書き込み。
(\$04	\$80	W	BUF・RDYフラグが「1」のときデータ書き込み、「0」のときは待機。EOSフラグが「1」になると書き込み終了。)
			○リセット
\$07	\$00	W	\$07レジスタリセット

(b)RAM/ROM-READ

アドレス	データ	R/W	コメント
			○初期設定
\$04	\$00	W	各フラグをイネーブルにする。
\$04	\$80	W	各フラグをリセット。
\$07	\$20	W	メモリリードモードにする。
\$08	\$00,\$01,\$02	W	メモリのタイプ指定
\$09	\$xx	W	スタートアドレス指定
\$0A	\$xx	W	
\$0B	\$xx	W	ストップアドレス指定
\$0C	\$xx	W	
			○メモリリード
\$0F		R	ダミーリードを2回するとメモリのデータの読み出しを開始する(フラグを見る必要がある)。
\$0F		R	
\$0F	\$xx	R	データの読み込み。
(\$04	\$80	W	BUF・RDYフラグが「1」のときデータ読み込み、「0」のときは待機。EOSフラグが「1」になると読み込み終了。)
			○リセット
\$07	\$00	W	\$07レジスタリセット

3-8.KEYBOARD IN/OUT

キーボード入力・出力はダイオードマトリックスによる鍵盤を接続するのに便利のように、入力側にプルアップ抵抗を持ち、出力側はオープンドレインとなっています。入出力は各8ビットあるため、49鍵のキーボードまで接続が可能です。また、ドライブ能力は20 μ sのスキヤニングレートで500pFの負荷まで適用でき、汎用の入出力ポートとしても利用できます。

3-9.ステータス情報とインタラプト信号

MSX-AUDIOのステータス情報は、2つのタイマからのフラグとADPCM音声分析合成や外部メモリアクセス時に使われる2つのフラグ(BUF・RDY、EOS)があります。これらのフラグは、そのイベントが起こったときに「1」になります。また、不必要なフラグに対しては、マスクすることもできます。

これらのステータス情報は、インタラプト信号につながっており、いずれかのフラグが「1」となったとき、インタラプト信号(IRQ)はLOWレベルになります。このインタラプト信号はオンドレイン出力ですから、他の機器のそれとワイアードオアをとることができます。

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
IRQ	TIMER-1	TIMER-2	EOS	BUF・RDY			PCM・BSY

• D₀(PCM・BSY)

ADPCM音声分析・合成が実行中を表します。アドレス\$07のD₇(START)が「1」になると、このビットも「1」になります。この信号はインタラプトは発生しません。

• D₃(BUF・RDY)

このビットは次のとき「1」になります。

- ・ADPCM音声分析 2データ分析終了時(@ADD.\$07のD₅=0)
- ・ADPCM音声合成 2データ合成終了時(@ADD.\$07のD₅=0)
- ・外部メモリライト 1データメモリライト終了時
- ・外部メモリリード 1データメモリリード終了時

• D₄(EOS)

ADPCM音声分析・合成実行中に、その分析・合成が終了したとき、あるいはAD/DA変換時にそのサンプリング時間が経過したときに「1」となります。

• D₅(TIMER-2)

タイマ2によるフラグです。タイマ2のセットされた時間が経過したときに「1」になります。

- D6(TIMER-1)
タイマ1に対してD5と同様の働きをします。
- D7(IRQ)D3～D6のいずれかが「1」のとき、「1」になります。

4. インターフェース

この章は外部デバイスとのH/Wインターフェース情報です。

翻訳省略

4.1. オーディオ出力

4.2. 外部メモリ

4.3. キーボード

4.4. プロセッサ接続

5. 楽音の作り方

この章では、MSX-AUDIOのオリジナル音色レジスタに、どのようなDATAを入力すると、ピアノやプラスなどの楽音を作ることができるかを説明します。

5-1. 音作りの考え方

FM方式での音作りの基本は、まず作りたい楽器の特徴をよく理解することです。例えば、ピアノであれば、鍵盤を押したときに、鋭い音の立ち上がりがあり、その後、押鍵を続けていれば、徐々に音が消えて行くエンベロープを持っています。また、倍音の構成も立ち上がり時に多く、時が経つに連れて倍音の数は少なくなり、一定の倍音構成に近づいて行きます。

以上のような特徴をつかんだ後、FMの式で以下にして実現するかを考えます。エンベロープの特徴から出力振幅を、そして倍音構成から変調指数を決めることができます。また、倍音の構成はオペレータの周波数も関与していますから、周波数比もある程度決めることができます。このように、各楽音の特徴からFMの各パラメータをおおまかに決め、その次に音を聞きながら細部をつめてゆくようにすれば、望みどおりの音色を得ることができます。

5-2. 音作りの基本

FM音源とは、モジュレータによってキャリアを変調することから生じる効果を利用したものです。したがって、FMの基本式パラメータ(キャリアの出力レベル、モジュレータの出力レベルモジュレータのフィードバックレベル、キャリアの周波数、モジュレータの周波数)を上手に扱うことにより、各楽音のピッチ、音色、音量のすべてを決めることができます。このFMの各パラメータとMSX-AUDIOのパラメータとの関係は、表5-1のとおりです。

1.FM接続(CONNECTION=0)

表5-1のFMの特徴がすべて表現できます。また、オペレータ1はそれ自体にフィードバックがかかっているので、オペレータ2との組み合わせによる高周波の出方は2段のFM接続としての効果が得られます。

2.パラレル接続(CONNECTION=1)

2つのオペレータの足し算となり、オペレータ2は常にSIN波を発生させます。したがって、2つのオペレータの周波数をハーモニックにずらすことによりパイプオルガンのカプラー効果などを表現することができます。また、オペレータ1はFM接続と同様、フィードバックを持っているので高調波を出すことができます。

表5-1 音作りの基本

項目	関与するパラメータ	MIN←(音の変化)→MAX
キャリアの出力レベル	TOTAL LEVEL	音量小←→音量大
モジュレータの出力レベル	(A/D/S/Rの各データ、KeyScaleデータ)	丸い音色←→明るい音色
モジュレータのフィードバックレベル	FB	普通の音色←→鋭い音色(Noise)
キャリアの周波数	MULTIPLE	ピッチ低←→ピッチ高
モジュレータの周波数	(BLOCK/F-Number)	近い倍音←→離れた倍音

5-3. 音作りの例

(1)エレクトリックピアノ

(a)コネクションの選択

コネクションは「0」を設定します。ほとんどの音色はこのコネクションで得られます。ここでは、オペレータ1がアタック時のアクセントとリッチな高調波の両方を創り出します。

(b)オペレータの周波数の決定

整数倍の高調波をすべて出すために、2つのオペレータともにMULTIPLEは「1」を使います。

(c)オペレータの出力レベル

今度はモジュレータの出力を変更して音色を調整します。このとき、オペレータ1のレベルを決めるときには、低音部がまずピアノらしいリッチな高調波を得られるように設定し、それから高音にかけての変化はオペレータ1のレベルスケーリングで調整します。高音部ではほとんどSIN波になる位までレベルスケーリングをする必要があります。

(d)EGの設定

ここでは音量と音色のエンベロープを決めます。まず、オペレータ2はアタックを鋭く、しかもある程度長く伸びるエンベロープに

します。モジュレータになるオペレータ1では立ち上がりだけ倍音が多く、あとは一定にして音色変化はさせません。音量調整としてオペレータ2についてもキースケーリングをかけます。また、高音部にかけて音のシャープさを出すためには、RATEのスケーリングを行うとよいでしょう。

(c)データの再調整

以上で音作りはほぼ終了ですが、EGなどのセッティングにより音色が幾分違ったものになってきます。この場合、オペレータの出力レベルやフィードバックレベルを再調整して、最終的な音に仕立てます。例えば、金属的な響きが強すぎると思われる場合には、オペレータ1のレベルを下げます。

(f)エフェクト付け

最後にエレクトリックピアノの音をより生かすために、トレモロ効果をLFOによってつけ加えます。これは内蔵の振幅変調の機能を利用してもよいですし、ソフトウェアでTOTAL LEVELの値を2-6Hzの周期で更新(三角波で可)することも可能です。

(2)トランペット

(a)コネクションの選択

プラス系のコネクションも「0」です。オペレータ1のフィードバックレベルをコントロールすることにより、プラス系の派手な音作りが可能です。

(b)オペレータ出力

モジュレータであるオペレータ1のトータルレベルは\$10～\$28程度の控えめな値にし、フィードバックレベルはブライトな響きを出すために最大の「7」にします。

(c)オペレータの周波数

基本的には、両方のオペレータ共に1倍にセットすればよいでしょう。

(d)EG

2つのオペレータとも、ゆっくりとしたアタック音にします。そしてプラスのサウンドではモジュレータのアタックはすべてキャリアよりも遅くします。「ファン」というプラス特有のアタックを表現するのに必要なことです。

(e)キースケーリング

ゆっくりとした立ち上がりにエンベロープをセットしたため、高音部でハギレが悪くなります。このため、速いパッセージを弾いたときに不自然にならないように、レイトスケーリングを少しかけます。

(f)LFO

プラスはどんな上手なプレーヤーが吹いても、ロングトーンの場合にはピッチがほんの少し揺れてきます。これを表現するためにビブラート効果を加えます。

5.4.リズム音の作り方

リズム音は7、8、9のチャンネルを使って作られます。この3チャンネル6スロットで計5音のリズム音を作るわけですが、バスドラム(BD)のみは2スロットでFM音を作ります。したがって、バスドラムについては(a)～(c)で述べたことと基本的には同一手法で作ることができます。そこで、ここでは残り4音(ハイハット、トップシンバル、タム、スネアドラム)について説明します。

MSX-AUDIOには、リズム楽器のためにホワイトノイズジェネレータと数種の周波数を合成して得られるノイズ発振器があります。このノイズ発振器8チャンネルと9チャンネルの周波数情報(BLOCK、F-Number、MULTIPLE)より作られ、ホワイトノイズと合成することにより各リズム楽器に適した位相出力を発生して、オペレータに渡します。つまり、ここでは2つの周波数情報から4つの楽器の位相を作っていることになります。

なお、2つの設定周波数は経験的に3:1(f7CH=3×f8CH)が良いとされています。これで、各楽器の位相データが得られたことより、この出力にエンベロープの情報を掛け合わせます。エンベロープは1スロットに1リズム楽器と設定されているため、メロディ楽器同様各リズム楽器の特徴をつかんだ値を各パラメータレジスタにセットします。「AM・VIB-DEPTH/RHYTHM」を参照して下さい。

6.電気的特性

翻訳省略

6-1.絶対最大定格

6-2.動作定格

6-3.DC特性

6-4.AC特性

7.タイミング図

翻訳省略

8.パッケージ外形図

通常の64pin shrink DILです。詳細省略

感想、要望、バグ報告、その他何かありましたら、メールもしくは掲示板にてご連絡ください。

裕之 hirohome@d2.dion.ne.jp

[ホームに戻る](#)

