

YAMAHA[®] LSI

OPLTM

OPL3 YMF262

アプリケーションマニュアル

FM OPERATOR TYPE-L3

YAMAHA

YMF262アプリケーションマニュアル
CATALOG No. : LSI-5MF2625
1994.08

本冊子の御使用につきましては以下の点に御注意下さいます様お願い致します。

- ・ 本冊子の内容は改良等の為、予告なく変更される場合があります、御使用に際しては改めて仕様の御確認をお願い致します。
- ・ 本冊子に記載されております応用回路例は基本的な使用方法を示したものであり、実際の量産に際しての設計を保証するものではありません。
- ・ 本冊子に記載されております内容は工業所有権その他の権利の実施に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- ・ **OPL™** は、ヤマハの商標であり、YM3812(OPL2) とレジスタレベルでの互換性が保証される音源 LSI であることを表します。

目 次

1. 機能概要

1-1 概 要	1
1-2 特 徴	1
1-3 FM音源の概略	2
1-4 ヒンレイアウト	4
1-5 端子機能	4
1-6 ブロック図	5

2. 動作説明

2-1 バスコントロール	6
2-2 レジスタ	8
2-2-1 チャンネルとスロット	9
2-2-2 各レジスタの機能説明	12
■ モード選択	12
■ タイマー	12
■ エンベロープ	13
■ 周波数	15
■ キースケール	17
■ アルゴリズム	21
■ ウェーブセレクト	23
■ リズム	24
■ 出 力	24
■ ステータス情報	25

3. インターフェース

3-1 クロックの発生	26
3-2 オーディオ出力インターフェース	26
3-3 CPUインターフェース	27

4. 電気的特性

5. パッケージ外形図

1. 機能概要

1-1 概要

YMF262(OPL3)はコンピュータ機器やゲーム機器用に開発された音源LSIです。メロディ音にはFM方式を採用しており、ソフトウェアのコントロールによりさまざまな音色の発音が可能です。加えて、5種類のリズム音(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)の発音が可能です。

本LSIはYM3812(OPL2)とのレジスタレベルのコンパチビリティを保ちながら、同時発音数を2倍にすると共に、4オペレータモードの新設やウェーブセレクト波形の追加、4チャンネル出力等の機能強化がはかられています。

1-2 特徴

- ・YM3812(OPL2)とレジスタレベルでアップコンパチブルのFM方式音源。
- ・最大6音までを4オペレータメロディ音として使用可能で、さらにバリエーションに富む音色を得ることが可能。
- ・メロディ18音同時発音、またはメロディ15音、リズム5音同時発音。(全て2オペレータ時)
- ・4オペメロディ6音、2オペメロディ6音同時発音、または4オペメロディ6音、2オペメロディ3音、リズム5音同時発音。(4オペレータ最大使用時)
- ・ウェーブセレクトは8種類の中から選択可能。
- ・音声出力として4チャンネルを持ち、YAC512(ステレオDAC)とインターフェース可能。
- ・周波数変調(ビブラート)、振幅変調(トレモロ)等の効果を得るためのLFO内蔵。
- ・2つのプログラマブルタイマー内蔵。
- ・レジスタアクセス時に必要なウェイト時間をYM3812に比べて短縮。
- ・5V単一、シリコンゲートCMOSプロセス。
- ・24ピンSOP(YMF262-M)、48ピンSQFP(YMF262-S)。

1-3 FM音源の概略

FMとは、Frequency Modulationの略で、周波数変調という意味です。FM音源は、周波数変調により生じる高調波を楽音の合成に利用したものです。このFM方式を用いると比較的簡単な回路で、非調和音を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、自然楽器の合成音から電子音まで、幅広い音づくりが可能になります。

さて、FM方式でもっとも基本となる構成は、図1-1のようになります。

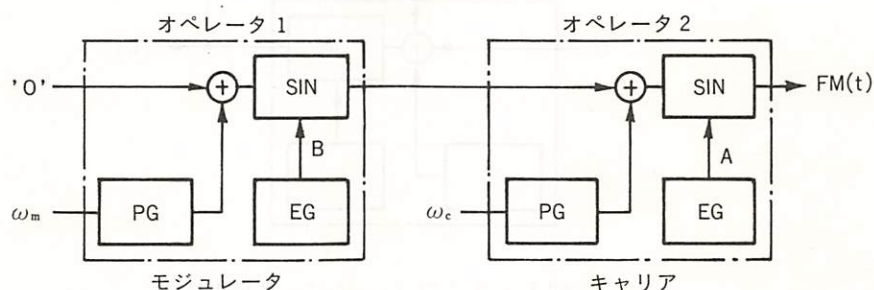


図1-1：基本的なFM方式

この構成において、1つの正弦波を発生させる部分をオペレータといい、このオペレータの組み合わせのことをアルゴリズムと呼んでいます。また、前段のオペレータをモジュレータ、後段のオペレータをキャリアといいます。

各オペレータは、周波数、およびエンベロープ波形を設定することが出来ます。

図1-1の構成は、(1)式のように表すことができます。

$$FM(t) = A \sin(\omega_c t + B \sin \omega_m t) \quad (1)$$

ここで、Aはオペレータ2の振幅、Bはオペレータ1の振幅、 ω_c はオペレータ2の角周波数、 ω_m はオペレータ1の角周波数です。

(1)式は、フーリエ変換をすることにより、(2)式のように書き直すことが出来ます。

$$\begin{aligned}
 FM(t) = A [& J_0(B) \sin \omega_c t \\
 & + J_1(B) \{ \sin(\omega_c + \omega_m)t - \sin(\omega_c - \omega_m)t \} \\
 & + J_2(B) \{ \sin(\omega_c + 2\omega_m)t + \sin(\omega_c - 2\omega_m)t \} \\
 & + J_3(B) \{ \sin(\omega_c + 3\omega_m)t - \sin(\omega_c - 3\omega_m)t \} \\
 & + J_4(B) \{ \sin(\omega_c + 4\omega_m)t + \sin(\omega_c - 4\omega_m)t \} \\
 & \dots\dots\dots] \quad (2)
 \end{aligned}$$

ここで、 $J_n(B)$ はn次のベッセル関数です。この(2)式よりわかるように変調を行うことにより、もとのキャリアの周波数以外に、 $\omega_c + \omega_m$, $\omega_c - \omega_m$, $\omega_c + 2\omega_m$, $\omega_c - 2\omega_m$, $\omega_c + 3\omega_m$, $\omega_c - 3\omega_m$, $\omega_c + 4\omega_m$, $\omega_c - 4\omega_m$ ……といった周波数を持った要素が混じってくるのがわかります。この要素は、ハーモニクス(高調波)と呼ばれます。ハーモニクスの周波数は、モジュレータの周波数とキャリアの周波数によって決定され、その振幅はモジュレータの振幅Bにより決定されます。この

ことから、変調を行うことにより、異なる周波数成分を含む複雑な音が生成されることがわかります。

ところで、図1-1のFM方式を用いると特定の音作りには非常に有効なのですが、より幅広い音作りを行うためにフィードバックFMという方式が用意されています。これは、図1-2のように自分自身を変調するものです。これは、(3)式のように表すことができます。

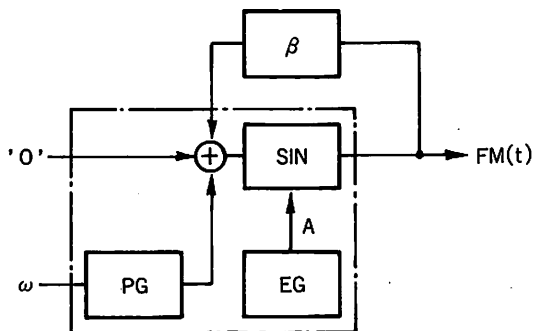


図1-2：フィードバックFM方式

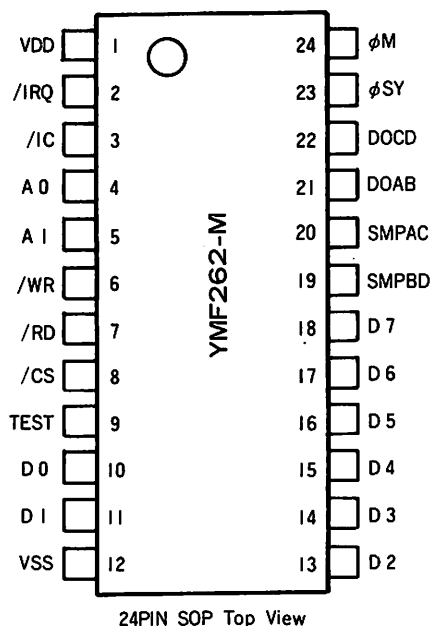
$$FM(t) = A \sin \{ \omega t + \beta FM(t) \} \quad (3)$$

ここで、 β は帰還率と呼ばれます。フィードバックFMを用いると、高調波スペクトルが鋸歯状になりストリングス系の音作りが可能になります。

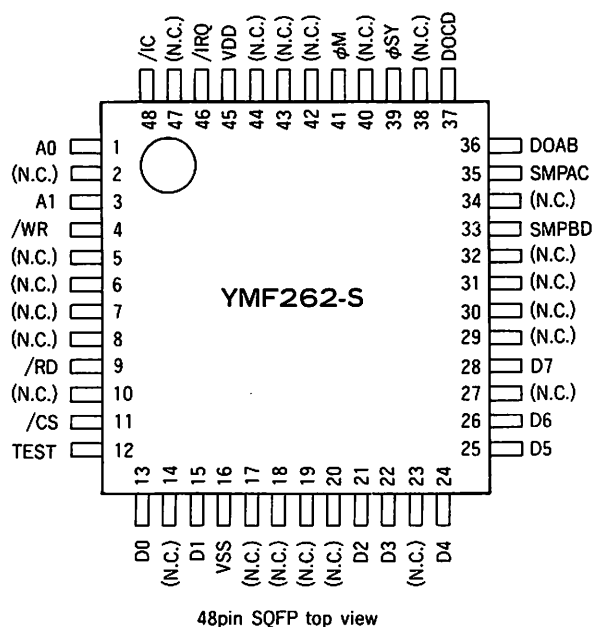
YMF262では、オペレータを4個組み合わせることができ、さらに複雑な音づくりが可能になります。

1-4 ピンレイアウト

・ YMF262-M



・ YMF262-S



1-5 端子機能

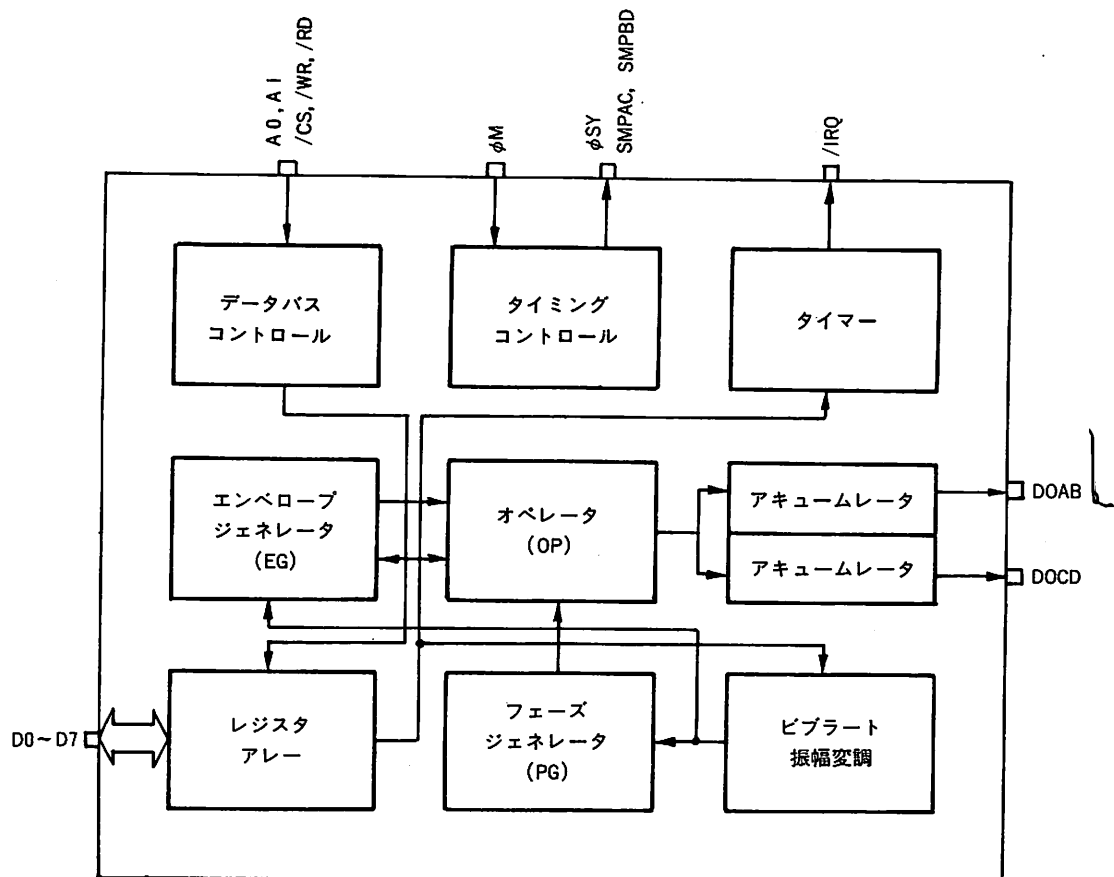
No.		I/O	名 称	機 能
24SOP	48SQFP			
1	45	—	VDD	+ 5 V 電源
2	46	OD	/IRQ	タイマー割り込み信号出力
3	48	I+	/IC	イニシャルクリア入力
4	1	I	A0	CPUインターフェイス アドレス選択入力
5	3	I	A1	アドレス選択入力
6	4	I	/WR	ライトイネーブル入力
7	9	I	/RD	リードイネーブル入力
8	11	I+	/CS	チップセレクト入力
9	12	O	TEST	LSIテスト端子(通常無接続)
10	13	I/O	D0	CPUインターフェイス 入出力データバス (LSB)
11	15	I/O	D1	入出力データバス
12	16	—	VSS	グラウンド
13	21	I/O	D2	CPUインターフェイス 入出力データバス
14	22	I/O	D3	入出力データバス
15	24	I/O	D4	入出力データバス
16	25	I/O	D5	入出力データバス
17	26	I/O	D6	入出力データバス
18	28	I/O	D7	入出力データバス (MSB)
19	33	O	SMPBD	DACインターフェイス CHB, CHDサンプル/ホールド信号
20	35	O	SMPAC	CHA, CHCサンプル/ホールド信号
21	36	O	DOAB	CHA, CHBシリアルデータ出力
22	37	O	DOCD	CHC, CHDシリアルデータ出力
23	39	O	φSY	データラッチ信号
24	41	I	φM	マスタークロック入力 (14.32MHz)

上記以外の端子は、NC端子です。無接続でご使用下さい。

注) OD ; オープンドレイン出力端子

I+ ; プルアップ抵抗内蔵入力端子

1-6 ブロック図



2. 動作説明

YMF262の全機能は、プロセッサからデータバスを通じて、レジスタ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等が決定されます。

本章では、データバスのコントロール及び各レジスタの機能について説明します。

2-1 バスコントロール

YMF262には、楽音データを格納するレジスタと、ステータス情報が格納されるレジスタがあります。楽音データをYMF262に格納したり、ステータス情報を読み出したりする場合、コントロール信号によりデータバスをコントロールする必要があります。

YMF262においてデータバスコントロールは、/CS、/WR、/RD、A0、A1の各信号で行われます。この5種の信号により、4つのモードが設定されます。

/CS	/RD	/WR	A0	A1	
H	×	×	×	×	インアクティブモード
L	H	L	L	L/H	アドレスライトモード
L	H	L	H	×	データライトモード
L	L	H	L	L	ステータスリードモード

×：Don't care

a) インアクティブモード

/CSが 'H' の場合は、データバスD0～D7は高インピーダンスになります。

b) アドレスライトモード

このモードが指定されるとアドレスの指定が可能になります。レジスタアレーの指定は、A1の信号で行います。A1 = 'L' のときレジスタアレー0が、A1 = 'H' のときレジスタアレー1が指定されます。

データバスには指定すべきアドレスデータを出力して下さい。

c) データライトモード

直前にアドレスライトモードで設定されたアドレスにデータを書き込むモードです。データバスには設定データを出力して下さい。

また、同じアドレスをアクセスするときは、再度アドレス指定をすることなくデータの更新が可能です。

d) ステータスリードモード

本LSIのステータス情報を出力するモードです。データバスにはステータス情報が乗ります。

※注意

YMF262ではレジスタにアドレスあるいはデータを書き込むと次の書き込み動作に移るまでにウェイト時間が必要です。

アドレスライト後……………32サイクル(マスタークロック)以上

データライト後……………32サイクル(マスタークロック)以上

このウェイト時間を無視すると、その直前のデータは保証されません。

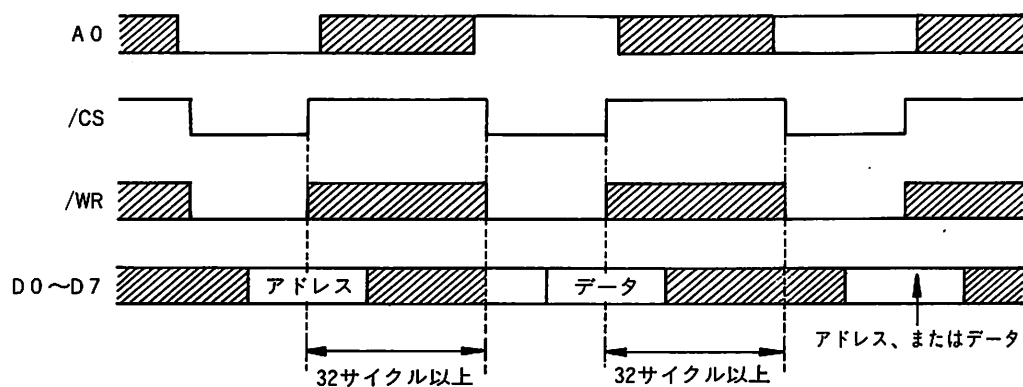


図2-1：アドレス・データ書き込みのタイムチャート

2-2 レジスタ

YMF262のレジスタはYM3812の約2倍のエリアがあります。レジスタマップは表2-1のようになり、レジスタアレー0はYM3812とコンパチブルです。全レジスタとも初期設定（イニシャルクリア：/IC='L'）時にリセットされます。

表2-1：レジスタマップ

ADDR (HEX)	REGISTER ARRAY 0 (A1 = ' L ')								REGISTER ARRAY 1 (A1 = ' H ')							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0 1 H	LSI TEST								LSI TEST							
0 2 H	TIMER 1															
0 3 H	TIMER 2															
0 4 H	RST	MT1	MT2				ST2	ST1	CONNECTION SEL							
0 5 H									NEW							
0 8 H	NTS															
2 0 H : 3 5 H	AM	VIB	EGT	KSR	MULT				AM	VIB	EGT	KSR	MULT			
4 0 H : 5 5 H	KSL		TL						KSL		TL					
6 0 H : 7 5 H	AR				DR				AR				DR			
8 0 H : 9 5 H	SL				RR				SL				RR			
A 0 H : A 8 H	F NUMBER(L)								F NUMBER(L)							
B 0 H : B 8 H			KON	BLOCK		FNUM(H)					KON	BLOCK		FNUM(H)		
B D H	DAM	DVB	RYT	BD	SD	TOM	TC	HH								
C 0 H : C 8 H	CHD	CHC	CHB	CHA	FB			CNT	CHD	CHC	CHB	CHA	FB			CNT
E 0 H : F 5 H					WS								WS			

注) ・■及びREGISTER ARRAY 1は、OPL2モードで使用した場合は、設定できません。

(ただし05HのNEWは除く。)

- ・01HのLSI TESTはLSIの内部動作をテストするときに使用しており、通常全て'0'に設定して下さい。

2-2-1 チャンネルとスロット

YMF262はエンベロープジェネレータ(EG)、フェイズジェネレータ(PG)、およびSINテーブルで構成されるオペレータ回路を1つ内蔵しています。このオペレータ回路を時分割で使うことにより、あたかも36個のオペレータ回路が内蔵されているかのように使用することができます。この時分割されたオペレータ回路のことをスロット、あるいは単にオペレータと呼んでいます。

各スロットには番号がつけられており、この番号をスロット番号と呼んでいます。YMF262は、スロット番号順にオペレータ回路を使用しFM演算を行います。

YMF262では4スロットを用いた4オペレータモードの発音が可能で、最大6音まで発音できます。残りのスロットは2オペレータモードか、リズム音として発音可能です。

また、変調後出力された発音単位をチャンネルといいます。したがって、4オペレータモードでは最大6チャンネルの出力ができるということになります。

YMF262の各レジスタは、それぞれ対応するスロットおよびチャンネルが決まっています。レジスタはRATEのようにスロット毎に設定するものと、F-NUMBERのようにチャンネル毎に設定するものとに分かれます。

表2-2(a), (b)にレジスタとスロットおよびチャンネルの関係を示します。

表2-2(a): 2オペレータ時のレジスタとスロットおよびチャンネルの関係

A1	チャンネル 番号	オペレータ 番号	スロット 番号	スロットに対する設定レジスタ					チャンネルに対する 設定レジスタ		
L	1	1	1	20	40	60	80	E0	A0	B0	C0
		2	4	23	43	63	83	E3			
	2	1	2	21	41	61	81	E1	A1	B1	C1
		2	5	24	44	64	84	E4			
	3	1	3	22	42	62	82	E2	A2	B2	C2
		2	6	25	45	65	85	E5			
	4	1	7	28	48	68	88	E8	A3	B3	C3
		2	10	2B	4B	6B	8B	EB			
	5	1	8	29	49	69	89	E9	A4	B4	C4
		2	11	2C	4C	6C	8C	EC			
H	6	1	9	2A	4A	6A	8A	EA	A5	B5	C5
		2	12	2D	4D	6D	8D	ED			
	7 RYT	1	13	30	50	70	90	F0	A6	B6	C6
		2	16	33	53	73	93	F3			
	8 RYT	1	14	31	51	71	91	F1	A7	B7	C7
		2	17	34	54	74	94	F4			
	9 RYT	1	15	32	52	72	92	F2	A8	B8	C8
		2	18	35	55	75	95	F5			
	10	1	19	20	40	60	80	E0	A0	B0	C0
		2	22	23	43	63	83	E3			
H	11	1	20	21	41	61	81	E1	A1	B1	C1
		2	23	24	44	64	84	E4			
	12	1	21	22	42	62	82	E2	A2	B2	C2
		2	24	25	45	65	85	E5			
	13	1	25	28	48	68	88	E8	A3	B3	C3
		2	28	2B	4B	6B	8B	EB			
	14	1	26	29	49	69	89	E9	A4	B4	C4
		2	29	2C	4C	6C	8C	EC			
	15	1	27	2A	4A	6A	8A	EA	A5	B5	C5
		2	30	2D	4D	6D	8D	ED			
H	16	1	31	30	50	70	90	F0	A6	B6	C6
		2	34	33	53	73	93	F3			
	17	1	32	31	51	71	91	F1	A7	B7	C7
		2	35	34	54	74	94	F4			
	18	1	33	32	52	72	92	F2	A8	B8	C8
		2	36	35	55	75	95	F5			

表 2 - 2 (b) : 4 オペレータ時のレジスタとスロットおよびチャンネルの関係

A1	チャンネル 番号	オペレータ 番号	スロット 番号	スロットに対する 設定レジスタ					チャンネルに対する 設定レジスタ		
L	1	1	1	20	40	60	80	E0	A0	B0	C0 (C3)
		2	4	23	43	63	83	E3			
		3	7	28	48	68	88	E8			
		4	10	2B	4B	6B	8B	EB			
	2	1	2	21	41	61	81	E1	A1	B1	C1 (C4)
		2	5	24	44	64	84	E4			
		3	8	29	49	69	89	E9			
		4	11	2C	4C	6C	8C	EC			
	3	1	3	22	42	62	82	E2	A2	B2	C2 (C5)
		2	6	25	45	65	85	E5			
		3	9	2A	4A	6A	8A	EA			
		4	12	2D	4D	6D	8D	ED			
H	4	1	19	20	40	60	80	E0	A0	B0	C0 (C3)
		2	22	23	43	63	83	E3			
		3	25	28	48	68	88	E8			
		4	28	2B	4B	6B	8B	EB			
	5	1	20	21	41	61	81	E1	A1	B1	C1 (C4)
		2	23	24	44	64	84	E4			
		3	26	29	49	69	89	E9			
		4	29	2C	4C	6C	8C	EC			
	6	1	21	22	42	62	82	E2	A2	B2	C2 (C5)
		2	24	25	45	65	85	E5			
		3	27	2A	4A	6A	8A	EA			
		4	30	2D	4D	6D	8D	ED			

注) ・残りのスロットは2オペレータ、もしくはリズム音として使用可能。

・FBはC0, C1, C2の設定値のみ有効です。(4 オペモード時)。

・リズム音は7, 8, 9チャンネル

・オペレータ番号は、各アルゴリズムのOP1, OP2, …に対応します。

2-2-2 各レジスタの機能説明

■モード選択

- ・OPL2モード／OPL3モード選択

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
05H	/	/	/	/	/	/	/	NEW	(REGISTER ARRAY 1 のみ)

NEW = '1' とすると OPL3 モードでの動作が可能になり、A1 = '1' の時レジスタアレー 1 に、データを書き込むことができます。電源投入時にはレジスタは全て '0' に設定されています (OPL2 モード) ので OPL3 モードで使用する場合には、NEW = '1' として下さい。

注意)

動作モードが OPL3 モード (NEW = '1') になっている状態で、YM3812 (OPL2) 用のアプリケーション・ソフトを動作させると、音声データが出力されません。

OPL3 モードでは、出力選択ビット (CHA、CHB、CHC、CHD) で出力チャンネルを選択するのに対し、OPL2 モードではこのビットが存在せず Don't Care となっています。通常 OPL2 モードではこのビットに '0' を設定していることが多く、そのために OPL3 モードでは音声データが出力されなくなってしまうます。

従って、アプリケーション内で本 LSI を OPL3 モードで使用了場合は、アプリケーション終了時に必ず NEW = '0' とし動作モードを OPL2 モードに設定し直して下さい。

■タイマー

タイマーは、分解能 80 μ s のタイマー 1 と、分解能 320 μ s のタイマー 2 の 2 種類があります。各タイマーは、8 ビットのプリセッタブルカウンタによるタイマーで、始動・停止およびフラグの制御が可能です。また、タイマーのフラグが立ったとき、同時に /IRQ 端子は LOW レベルになり、タイマーインタラプトを CPU に告げます。

- ・タイマー 1 プリセット値設定

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
02H	TIMER 1								(REGISTER ARRAY 0 のみ)

タイマー 1 のプリセット値をセットします。タイマー 1 のカウンタのオーバーフローが生じた時に、ステータスにタイマー 1 のフラグが立ち、このプリセット値がカウンタにロードされます。

タイマー 1 にフラグが立つまでの時間 $tov1$ は下式で表されます。

$$tov1 [ms] = (256 - N1) * 0.08$$

$$N1 = D7 * 2^7 + D6 * 2^6 + D5 * 2^5 + D4 * 2^4 + D3 * 2^3 + D2 * 2^2 + D1 * 2 + D0$$

・タイマー2プリセット値設定

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
03H	TIMER 2								(REGISTER ARRAY 0 のみ)

タイマー2のプリセット値をセットします。タイマー2もタイマー1と同様の動作をしますが、分解能が異なります。

タイマー2にフラグが立つまでの時間 $tov\ 2$ は下式で表されます。

$$tov\ 2[ms] = (256 - N2) * 0.32$$

$$N2 = D7 * 2^7 + D6 * 2^6 + D5 * 2^5 + D4 * 2^4 + D3 * 2^3 + D2 * 2^2 + D1 * 2 + D0$$

・タイマー1、2制御

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
04H				/	/	/	ST2	ST1	(REGISTER ARRAY 0 のみ)

タイマー1、2の始動・停止を制御します。ST1に'1'を立てると、タイマー1のカウンターは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、タイマー1は動作しません。

ST2はタイマー2について、ST1と同じ働きをします。

・タイマー1、2マスク

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
04H		MT1	MT2	/	/	/			(REGISTER ARRAY 0 のみ)

タイマー1、2のフラグをマスクします。MT1に'1'を立てると、タイマー1のフラグはタイマー1の動作に無関係に常に'0'となります。

MT2はタイマー2について、MT1と同じ働きをします。

・ステータスおよび/IRQリセット

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
04H	RST			/	/	/			(REGISTER ARRAY 0 のみ)

タイマー1、2から生じるフラグのリセットを行います。RSTに'1'を立てるとステータスは全て'0'となり、/IRQはHIGHレベルになります。

なお、RSTに'1'が立ったときは、D0, D1, D5, D6にすでにセットされているデータは、そのまま保持されます。また、RSTは自動的に'0'になります。

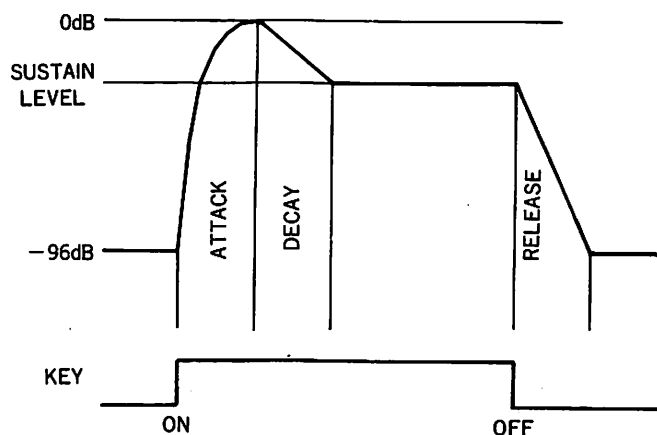
■エンベロープ

YMF262はエンベロープ・ジェネレータ(EG)を内蔵しており、ATTACK, DECAY, RELEASEの各RATE, SUSTAIN LEVEL, TOTAL LEVELをコントロールすることが可能です。

このEGのダイナミックレンジは96dB(分解能0.1875dB)であり、減衰量で表されます。このEGで与えられる波形は対数表示され、ATTACK時は指数関数的に変化し、それ以外では直線的に変化

します。ATTACKからDECAYへの切り換えは、0dBに達したときに起こり、DECAYからSUSTAINへは、LEVELがSUSTAIN LEVELに達したときに起こります。そして、RELEASEへの移行はKEYがOFFになったときに起こります。

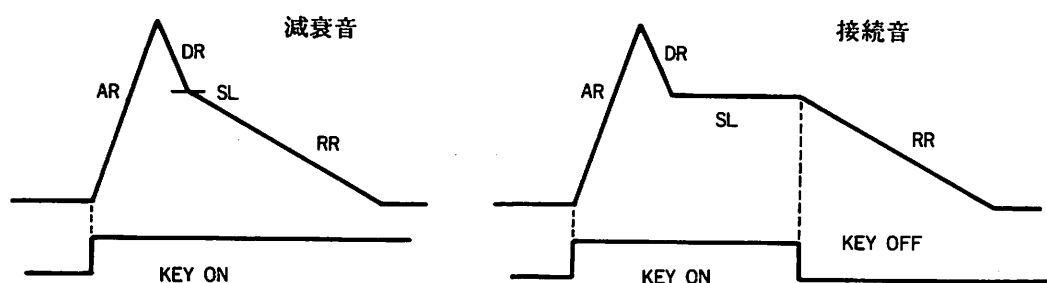
また、YMF262は低周波発振器(LFO)を内蔵しており、この発振器の出力とエンベロープを組み合わせるによりトレモロ効果を作り出します。



・持続音／減衰音の選択

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
20H~35H			EGT						(REGISTER ARRAY 0,1共通)

EGT = ' 0 ' のとき減衰音で、EGT = ' 1 ' のとき持続音となります。そのときのエンベロープの様子は下図のようになります。



・エンベロープのトータルレベルを設定

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
40H~55H									(REGISTER ARRAY 0,1共通)
									TL : TOTAL LEVEL

TOTAL LEVELは、エンベロープジェネレータの出力に対しての減衰量で設定します。これによって音量、または変調度を制御します。減衰量は以下の式で与えられます。

$$(\text{減衰量}) = 24 * D5 + 12 * D4 + 6 * D3 + 3 * D2 + 1.5 * D1 + 0.75 * D0 \text{ [dB]}$$

・各RATEの設定

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
60H~75H	AR				DR				(REGISTER ARRAY 0,1共通)
	AR: ATTACK RATE, DR: DECAY RATE								
80H~95H					RR				(REGISTER ARRAY 0,1共通)
	RR: RELEASE RATE								

ATTACK RATEはキーオン後の0 dBに達するまでの時間を、DECAY RATEは0 dB到達後SUSTAIN LEVELに達するまでの減衰時間を決定します。また、RELEASE RATEは減衰音のときSUSTAIN LEVEL到達後の減衰時間を、持続音のときキーオフ後の減衰時間を決定します。

ATTACK, DECAY, RELEASEの実際の時間は、各RATEとキースケールで決められるオフセット値により決められます。

・SUSTAIN LEVELの設定

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
80H~95H	SL								(REGISTER ARRAY 0,1共通)
	SL : SUSTAIN LEVEL								

SUSTAIN LEVELは、エンベロープが持続音のときは、DECAYがこのレベルに達すると、その後はそのレベルを保持するという変化点を示し、減衰音のときは、DECAYからRELEASE への変化点を示します。SUSTAIN LEVELは、TOTAL LEVELからの減衰量で設定します。

$$(\text{減衰量}) = 24 * D7 + 12 * D6 + 6 * D5 + 3 * D4 \text{ [dB]}$$

ただし D7=D6=D5=D4='1'のとき、(減衰量)=93[dB]

・トレモロ効果

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
20H~35H	AM								(REGISTER ARRAY 0,1共通)
BDH	DAM								(REGISTER ARRAY 0のみ)

AM='1' とすると、対応するスロットにトレモロをかけることができます。トレモロはエンベロープジェネレータの出力を変調することによりなされます。その変調周波数は3.7Hzで、深さはDAMで決定されます。DAM='1' のとき4.8dB、DAM='0' のとき1 dBとなります。

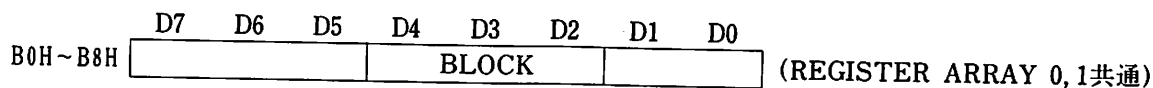
■周波数

各チャンネルの周波数は、フェイズ・ジェネレータ(PG)から得られる位相情報により決定されます。PGは、レジスタより送られてくる周波数情報から、位相の増分(位相情報)を決定する回路です。

周波数情報の数オクターブにわたる管理は、ビット数が多く大変になります。そこで、1オクターブ分のデータだけを管理し各オクターブに対してはそのデータをシフト(2倍、4倍……)することによって周波数情報を決定します。

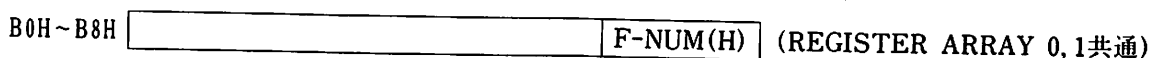
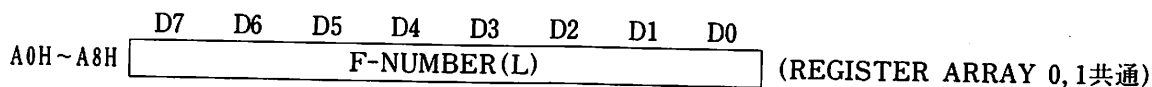
また、LFOの出力と周波数情報とを組み合わせることにより、ビブラート効果を作り出すことができます。

・オクターブ情報



BLOCKにより、オクターブの情報を与えます。これにより、0 オクターブから 7 オクターブまで設定することが出来ます。

・音階情報



F-NUMBERにより、1 オクターブ分の周波数情報を決定します。必要な周波数は、F-NUMBER と BLOCK で設定し、希望する周波数と F-NUMBER, BLOCK の関係は次式で表されます。

$$F-NUMBER = f * 2^{19} / f_s / 2^{BLOCK-1}$$

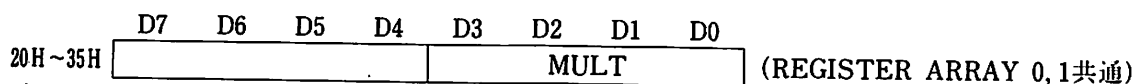
f: 希望周波数

f_s: サンプリング周波数 (f_M/288[Hz])

上式を用いて、実際に 1 オクターブ分の F-NUMBER を求めてみます。結果は表 2-3 のようになります。これは、A=440Hz を 4 オクターブの A4 の音として計算しています。

1 オクターブを表 2-3 のように設定した場合は、キーボードスプリット点は、MSB で判断し、NTS = '1' を選択するのがよいでしょう。

・周波数データ倍率



MULT は、BLOCK, F-NUMBER で指定された周波数に対する倍率を指定します。実際の各オペレータの周波数は、以下の表で表される倍率をかけたものになります。

この MULT により、オペレータ間の周波数比を決定します。

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

表 2 - 3 : F-NUMBERの設定例

BLOCK= ' 4 ' (C4 ~ C5)、A4 =440Hz、MULT= 1

音階	周波数*1	F-NUMBER	F-NUM(H)	F-NUM(L)	
C	261.6	345	0 1	0 1 0 1	1 0 0 1
C #	277.2	365	0 1	0 1 1 0	1 1 0 1
D	293.7	387	0 1	1 0 0 0	0 0 1 1
D #	311.1	410	0 1	1 0 0 1	1 0 1 0
E	329.6	435	0 1	1 0 1 1	0 0 1 1
F	349.2	460	0 1	1 1 0 0	1 1 0 0
F #	370.0	488	0 1	1 1 1 0	1 0 0 0
G	392.0	517	1 0	0 0 0 0	0 1 0 1
G #	415.3	547	1 0	0 0 1 0	0 0 1 1
A	440.0	580	1 0	0 1 0 0	0 1 0 0
A #	466.2	615	1 0	0 1 1 0	0 1 1 1
B	493.9	651	1 0	1 0 0 0	1 0 1 1
C	523.3	690	1 0	1 0 1 1	0 0 1 0

* 1) 平均律から求められる周波数です。

F-NUMBERは上記以外にも設定可能です。しかし、F-NUMBERを小さく設定するとYMF262が作り出す周波数と音階の周波数との誤差は大きくなります。

・ビブラート効果

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
20H~35H		VIB							(REGISTER ARRAY 0,1共通)
BDH		DVB							(REGISTER ARRAY 0のみ)

VIB = ' 1 ' とすると、対応するスロットにビブラートをかけることができます。ビブラートは周波数変調を行うことによりなされます。その変調周波数は6.1Hzで、深さはDVBで決定されます。DVB = ' 1 ' のとき14セント、DVB = ' 0 ' のとき7セントです。(1セントは、半音を100分割したものです。)

■キースケール

自然楽器では、音程が上がるにつれ、音の立ち上がり、立ち下がりは速くなり、音量まで小さくなります。これをシミュレートするのがキースケールです。

YMF262では、8オクターブを16分割して、それぞれのRATEおよびLEVELを設定します。

・キーボード・スプリット選択

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
08H	/	NTS	/	/	/	/	/	/	(REGISTER ARRAY 0のみ)

YMF262では、1オクターブを2分割することによって、8オクターブを計16に分割してRATEのキースケールを行います。このオクターブを分割することを、キーボードスプリットと呼んでいます。

NTSは、このキーボードスプリットの分割点を決定します。NTSに '0' が設定されたときは、F-NUMBERのMSBからみて2ndビットで分離点を決めます。NTSが '1' に設定されたときは、F-NUMBERのMSBで分離点を決めます。この様子を次に示します。

NTS = '0' の時

BLOCKデータ	0		1		2		3		4		5		6		7	
F-NUMBER MSB	*		*		*		*		*		*		*		*	
F-NUMBER 2nd	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
キースケール番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

*; don't care.

NTS = '1' の時

BLOCKデータ	0		1		2		3		4		5		6		7	
F-NUMBER MSB	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
F-NUMBER 2nd	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
キースケール番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

*; don't care.

・ RATEのキースケール設定

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
20H~35H				KSR					(REGISTER ARRAY 0,1共通)

このビットは、RATEのキースケールを設定します。自然楽器ではおおむね音程が高くなるにつれて、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のキースケールです。ATTACK, DECAY, RELEASEの実際の時間は、各RATEの設定値に対して以下のオフセットを加えたものとなります。

$$(\text{実際のRATE}) = (\text{RATEの設定値}) * 4 + \text{Rof}$$

ただし、(RATEの設定値) = 0 のとき、(実際のRATE) = 0

RofはKSRの設定により以下のようにになります。

キースケール番号		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rof	KSR=0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
	KSR=1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

注) キースケール番号についてはキーボード・スプリットを参照

このオフセット値及び先の各RATEより実際のATTACK, DECAY, RELEASEの各時間が決定され、表2-4に示されるようになります。

ここで、RATEの設定値が60を超える場合は、それぞれの時間は、一定となり変化しません。また、RATEの設定値が、4以下のときも同様です。

表 2 - 4 : 各RATEでのATTACK, DECAY, RELEASE時間

(単位 : ms)

RATE	10% - 90%		0 dB - 96dB	
	ATTACK	DECAY, RELEASE	ATTACK	DECAY, RELEASE
60	0.00	0.51	0.00	2.40
59	0.11	0.58	0.20	2.74
58	0.11	0.69	0.24	3.20
57	0.14	0.81	0.30	3.84
56	0.19	1.01	0.38	4.80
55	0.22	1.15	0.42	5.48
54	0.26	1.35	0.46	6.40
53	0.31	1.62	0.56	7.68
52	0.37	2.02	0.70	9.60
51	0.43	2.32	0.80	10.96
50	0.49	2.68	0.92	12.80
49	0.61	3.22	1.12	15.36
48	0.73	4.02	1.40	19.20
47	0.85	4.62	1.56	21.92
46	0.97	5.38	1.84	25.56
45	1.13	6.42	2.20	30.68
44	1.45	8.02	2.76	38.36
43	1.70	9.24	3.12	43.84
42	1.94	10.76	3.68	51.12
41	2.26	12.84	4.40	61.36
40	2.90	16.04	5.52	76.72
39	3.39	18.48	6.24	87.68
38	3.87	21.52	7.36	102.24
37	4.51	25.68	8.80	122.72
36	5.79	32.08	11.04	153.44
35	6.78	36.96	12.48	175.36
34	7.74	43.04	14.72	204.48
33	9.02	51.36	17.60	245.44
32	11.58	64.16	22.08	306.88
31	13.57	73.92	24.96	350.72
30	15.49	86.08	29.44	408.96
29	18.05	102.72	35.20	490.88
28	23.17	128.32	44.16	613.76
27	27.14	147.84	49.92	701.44
26	30.98	172.16	58.88	817.92
25	36.10	205.44	70.40	981.76
24	46.34	256.64	88.32	1227.52
23	54.27	295.68	99.84	1402.88
22	61.95	344.34	117.76	1635.84
21	72.19	410.88	140.80	1963.52
20	92.67	513.28	176.76	2455.04
19	108.54	591.36	199.68	2805.76
18	123.90	688.64	235.52	3271.68
17	144.38	821.76	281.60	3927.04
16	185.34	1026.56	353.28	4910.08
15	217.09	1182.72	399.36	5611.52
14	247.81	1377.28	471.04	6543.36
13	288.77	1643.52	563.20	7854.08
12	370.69	2053.12	706.56	9820.16
11	434.18	2365.44	798.72	11223.04
10	495.62	2754.56	942.08	13086.72
9	577.54	3287.04	1126.40	15708.16
8	741.38	4106.24	1413.12	19640.32
7	868.35	4730.88	1597.44	22446.08
6	991.23	5509.12	1884.16	26173.44
5	1155.07	6574.08	2252.80	31416.32
4	1482.75	8212.48	2826.24	39280.64

注) RATEはオフセット Rofを加えた実際のRATEです。

RATEが '0' の時は、エンベロープは変化しません。

・ LEVELのキースケール設定

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
40H~55H	KSL								(REGISTER ARRAY 0,1共通)

自然楽器では、おおむね音程が高くなるにつれ、音量は減衰します。この現象をシミュレートするのがLEVELのキースケールです。オクターブ毎の減衰量を設定します。

KSL	0	2	1	3
減衰率	0	1.5dB/oct	3dB/oct	6dB/oct

実際のLEVELの減衰量は、F-NUMBERの上位4bitで1オクターブを分割して設定されます。

減衰率が3dB/octのとき、実際のLEVELの減衰量は以下の表2-5のようになります。

表2-3のようにF-NUMBERを設定した場合は、■で示されるようになります。

表2-5：キースケール後のLEVELの減衰 (単位：dB)

OCT F-NUM	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	3.000	6.000	9.000
2	0	0	0	0	3.000	6.000	9.000	12.000
3	0	0	0	1.875	4.875	7.875	10.875	13.875
4	0	0	0	3.000	6.000	9.000	12.000	15.000
5	0	0	1.125	4.125	7.125	10.125	13.125	16.125
6	0	0	1.875	4.875	7.875	10.875	13.875	16.875
7	0	0	2.625	5.625	8.625	11.625	14.625	17.625
8	0	0	3.000	6.000	9.000	12.000	15.000	18.000
9	0	0.750	3.750	6.750	9.750	12.750	15.750	18.750
10	0	1.125	4.125	7.125	10.125	13.125	16.125	19.125
11	0	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500
12	0	1.875	4.875	7.875	10.875	13.875	16.875	19.875
13	0	2.250	5.250	8.250	11.250	14.250	17.250	20.250
14	0	2.625	5.625	8.625	11.625	14.625	17.625	20.625
15	0	3.000	6.000	9.000	12.000	15.000	18.000	21.000

注) 1.5dB/octは上記の1/2倍、6dB/octは上記の2倍

■アルゴリズム

・4オペレータモード設定

04H

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
/		/		CONNECTION SEL			

 (REGISTER ARRAY 1のみ)

CONNECTION SELに'1'を立てると、対応したスロットを4オペレータとして使用することが出来ます。したがって、4オペレータの数は0～6まで自由に選択できます。残りのスロットは、2オペレータか、もしくはリズム音として使用できます。

CONNECTION SELとチャンネルの関係は以下のようになります。

CONNECTION SEL	D5	D4	D3	D2	D1	D0
4オペレータチャンネル	6	5	4	3	2	1
使用2オペレータチャンネル	12, 15	11, 14	10, 13	3, 6	2, 5	1, 4

なお、4オペレータが使用できるのはOPL3モードのときだけです。

・アルゴリズム選択

C0H~C8H

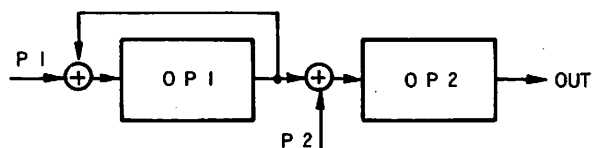
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
							CNT

 (REGISTER ARRAY 0,1共通)

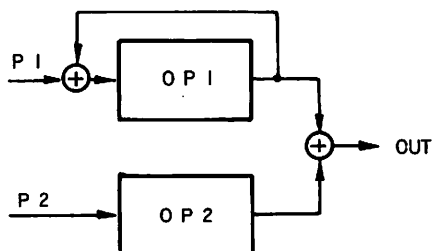
アルゴリズムとは、オペレータ(スロット)の組み合わせ(接続形態)のことをいいます。

◎2オペレータの場合のアルゴリズム

○アルゴリズム1：CNT='0'



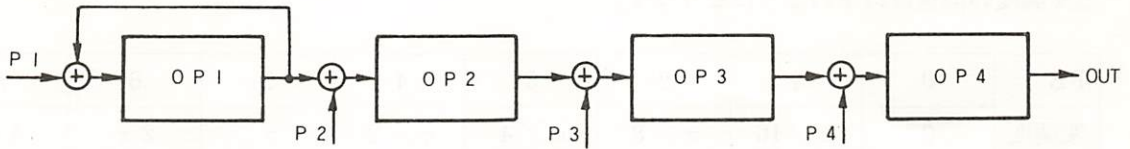
○アルゴリズム2：CNT='1'



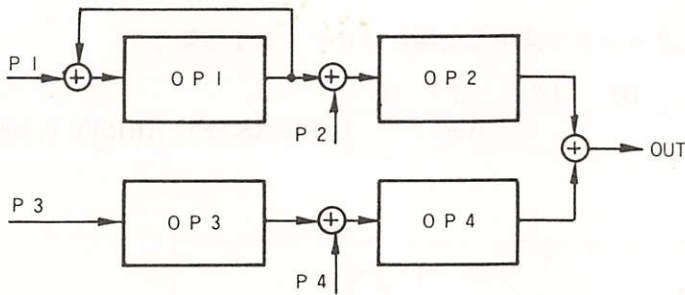
◎ 4オペレータの場合のアルゴリズム

4オペレータのときは、レジスタアドレス C_n と C_n+3 (ただし $n=0,1,2$)のCNT2ビットで設定します。(表2-2(b)参照。)

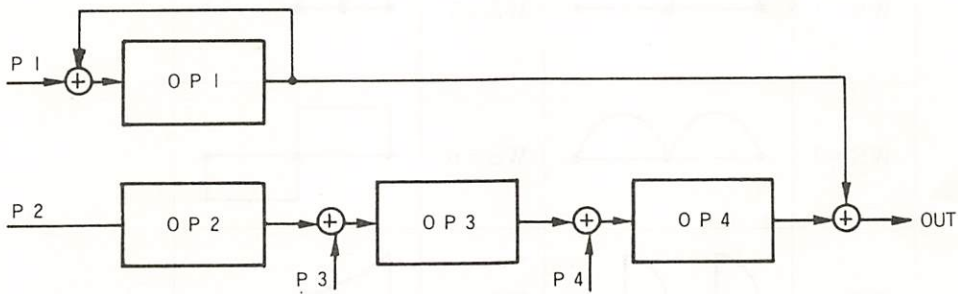
○アルゴリズム1 : $CNT(C_n) = '0'$, $CNT(C_n+3) = '0'$



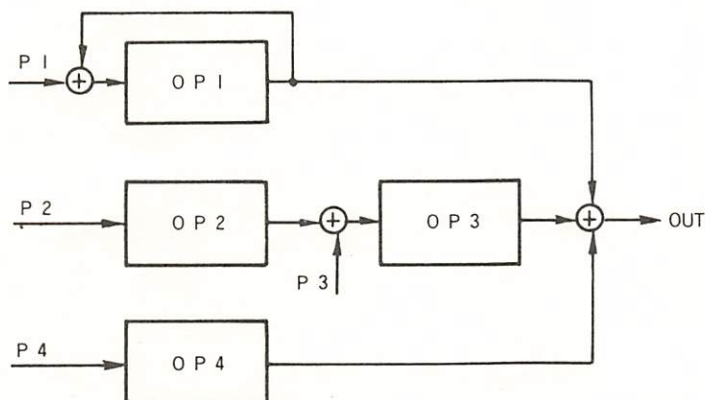
○アルゴリズム2 : $CNT(C_n) = '0'$, $CNT(C_n+3) = '1'$



○アルゴリズム3 : $CNT(C_n) = '1'$, $CNT(C_n+3) = '0'$



○アルゴリズム4 : $CNT(C_n) = '1'$, $CNT(C_n+3) = '1'$



・フィードバックFMの変調度設定

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
C0H~C8H					FB				(REGISTER ARRAY 0,1共通)

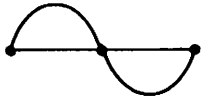
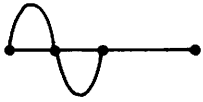
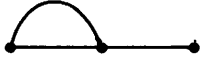
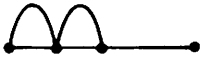
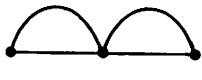
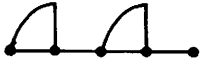
各チャンネルの第1スロット(オペレータ1)のフィードバック変調の変調度を設定します。FBと変調度の関係は以下のようになります。

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

■ウェーブセレクト

YMF262では、FM演算に用いる波形を、各スロット(オペレータ)毎に設定することができます。選択できる波形は8種類です。OPL2モードで使用した場合は0~3の4種類です。

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
E0H~F5H					WS				(REGISTER ARRAY 0,1共通)

WS=0		WS=4	
WS=1		WS=5	
WS=2		WS=6	
WS=3		WS=7	

■リズム

YMF262には、リズム音として、バスドラム、スネアドラム、タムタム、トップシンバル、ハイハットの5音が用意されています。この5音のうち、バスドラムはFM方式により作られ、残りの4音は内蔵のノイズ発振器により作られます。この発振器は、ホワイトノイズと、8チャンネルと9チャンネルの周波数を合成したノイズを出力します。このノイズにEGから出力された波形を合成してリズム楽器の音を作り出します。

・リズムモードの選択

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
BDH			RYT						(REGISTER ARRAY 0のみ)

RYT= '1' とすると、7～9チャンネルはリズムモードになります。

・リズム(ON/OFF)

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
BDH				BD	SD	TOM	TC	HH	(REGISTER ARRAY 0のみ)

各リズムの発音を制御します。'1'を設定すると、対応したリズムが発音されます。エンベロープ波形が各リズム音の特徴を表すようにRATE等の設定を行って下さい。リズム音の設定に必要なパラメータは、F-NUMBER, BLOCK, EGT, MULT, TL, AR, DR, SL, RR, WSです。

リズム音		使用スロット
バスドラム	(BD)	13, 16
スネアドラム	(SD)	17
タムタム	(TOM)	15
トップシンバル	(TC)	18
ハイハット	(HH)	14

※注意

リズムモードを選択した場合は、7, 8, 9チャンネルのキーオン(KON)は'0'に設定して下さい。

■出力

・発音(ON/OFF)

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
B0H~B8H	/	/	KON						(REGISTER ARRAY 0,1共通)

チャンネル毎の発音を制御します。KON= '1' とすると、対応したチャンネルがONとなり発音します。KON= '0' とするとそのチャンネルはOFFとなります。

・出力選択

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
C0H~C8H	CHD	CHC	CHB	CHA					(REGISTER ARRAY 0,1共通)

YMF262はデータの出力チャンネルをA, B, C, Dの4チャンネルのうちから選択することができます。出力チャンネルA, Bのデータは端子DOABより、出力チャンネルC, Dのデータは端子DOCDより出力されます。

レジスタCHA, CHB, CHC, CHDがそれぞれ出力チャンネルA, B, C, Dに対応し"1"が設定されるとデータが出力されます。

OPL 2モードで使用した場合は、モノラル出力となり出力チャンネルA, Bから同じデータが出力されます。このときレジスタCHA, CHB, CHC, CHDの設定は無効になります。

■ステータス情報

YMF262に内蔵された2つのタイマーは、セットされた周期にしたがってフラグをたてます。CPUはこのフラグをステータス情報あるいは、インタラプト信号として読みとることができます。したがって、タイマーをテンポカウンターやキーボードのスキニング信号などに利用することにより、CPUの負担を軽くすることができます。

このステータス情報は、以下のようになります。

ビットアサイン	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ステータス	IRQ	FT1	FT2	/	/	/	/	/

・FT 1 (FLAG TIMER 1) ; タイマー 1 オーバーフローフラグ

タイマー 1 にオーバーフローが生じると '1' となります。RSTに '1' を設定するとリセットされ、FT1は '0' になります。

・FT 2 (FLAG TIMER 2) ; タイマー 2 オーバーフローフラグ

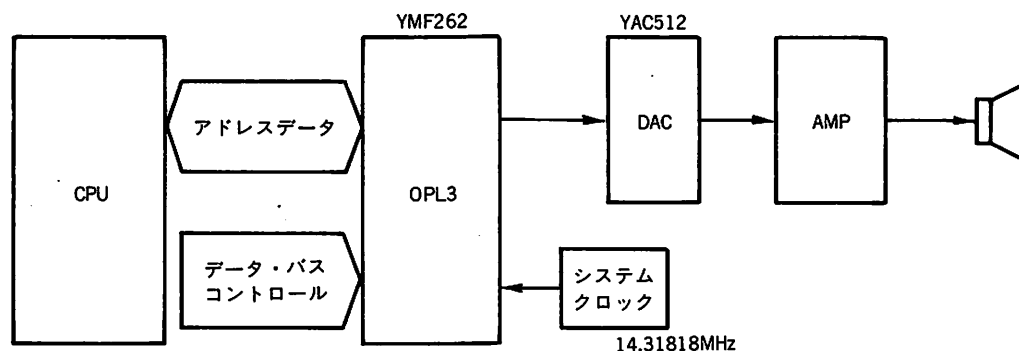
タイマー 2 にオーバーフローが生じると '1' となります。RSTに '1' を設定するとリセットされ、FT2は '0' になります。

・IRQ (INTERRUPT REQUEST) ; 割り込み要求

FT1ないしFT2に '1' が立つと '1' となります。RSTに '1' を設定するとリセットされ、IRQは '0' になります。

3. インターフェース

YMF262の動作制御は、CPUにより行います。また、オーディオ出力信号はD/Aコンバータを介してアナログ信号に変換して出力します。したがって、YMF262を使用して、楽音を取り出すには、これらの機器とのインターフェースが必要となってきます。以下、このインターフェース方法について説明します。



3-1 クロックの発生

YMF262を動作させるために、 ϕM 端子に14.31818MHzのクロックを供給して下さい。ATTACKやDECAYなどの時間や、F-NUMBERなどの周波数情報は、このクロック周波数を基準に設計されています。

図3-1にクロック発振回路の参考例を示します。

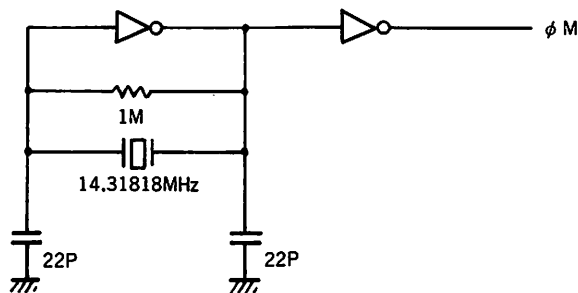


図3-1：クロック発振回路例

3-2 オーディオ出力インターフェース

YMF262の出力は16ビットオフセット・バイナリーのデジタルデータとして、DOAB, DOCD端子よりLSBファーストシリアルに出力されます。そのため、アナログ信号に変換するために、D/Aコンバータ(以下DAC)が必要になります。YAMAHAでは、YMF262専用DACとしてYAC512を用意しています。なお、YMF262のサンプリング周波数は49.7kHzです。

また、YMF262はDACとインターフェースをとるためにタイミング信号(ϕSY , SMPAC, SMPBD)が出力されています。このタイミングは図3-2に示すとおりです。

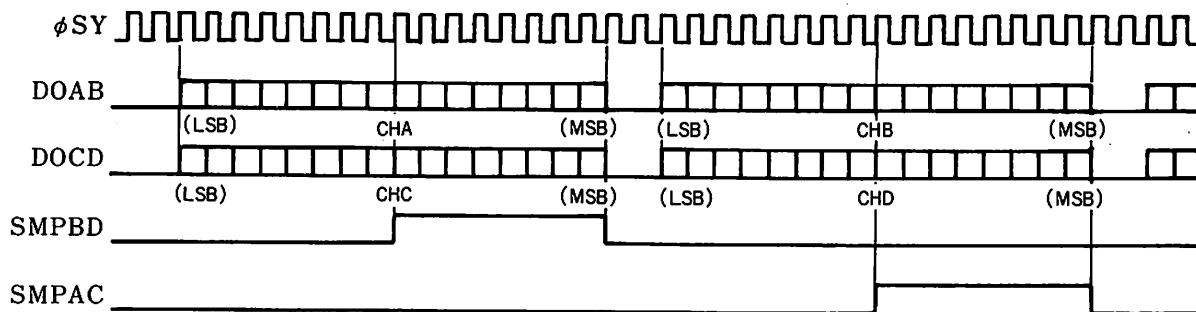
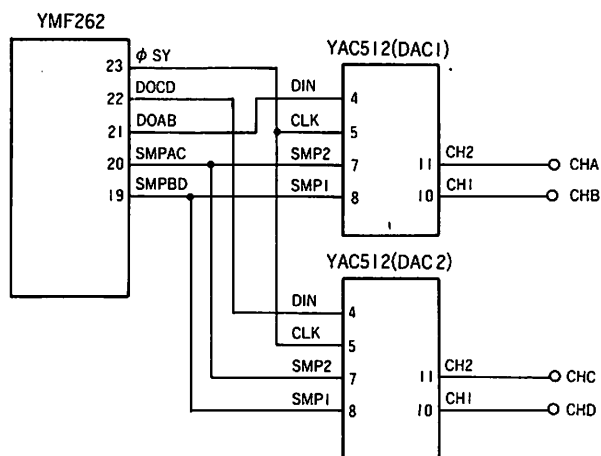


図 3 - 2 : DACタイミング図

YAC512は2チャンネルのDACなので、YMF262において4チャンネルすべて使用するにはDACが2つ必要になります。このときDACのCH1, CH2にYMF262のどのチャンネルを割り当てるかはサンプル信号の接続により決定することができます。以下にその回路例とレジスタとDAC出力チャンネルとの対応表を示します(図3-3: DACインターフェース例)。YMF262において2チャンネルのみ使用するときにはDAC 1 (チャンネルA, B) の接続でお使い下さい。

回路例：1



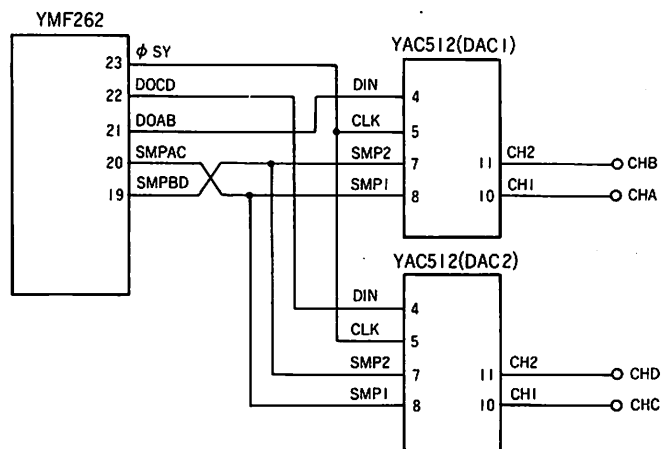
このとき、CHA, CHB, CHC, CHDの各レジスタとDACとの出力チャンネルとの対応は次のようになります。

YMF262のレジスタとYAC512
出力チャンネルの対応表

	DOAB(DAC1)		DOCD(DAC2)	
	CH1	CH2	CH1	CH2
CHA		○		
CHB	○			
CHC				○
CHD			○	

○のついているところがそれぞれ対応します。

回路例：2



このとき、CHA, CHB, CHC, CHDの各レジスタとDACとの出力チャンネルとの対応は次のようになります。

YMF262のレジスタとYAC512
出力チャンネルの対応表

	DOAB(DAC1)		DOCD(DAC2)	
	CH1	CH2	CH1	CH2
CHA	○			
CHB		○		
CHC			○	
CHD				○

○のついているところがそれぞれ対応します。

DACからの出力をオーディオアンプに直接接続すれば、楽音として出力することができますが、折り返しノイズ除去のためにDACとアンプの間にはLOWPASSフィルター(LPF)を入れて下さい。LPFのカットオフ周波数は15～20kHz程度として下さい。図3-4にオーディオインターフェースの回路例を示します。

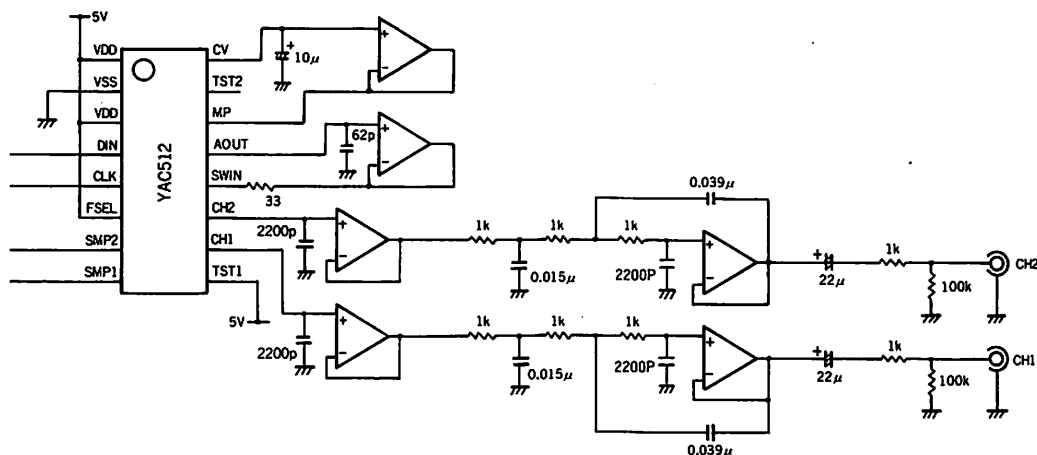


図3-4：オーディオインターフェース回路例

3-3 CPUインターフェース

YMF262のD0からD7は、CPUとインターフェースをとる双方向のバスです。このバスによりYMF262とCPU間でアドレス、データ及びステータス情報のやりとりを行います。これを制御するのが/CS、/RD、/WR、A0、A1のバスコントロール信号です。CPU側のアドレスをデコードして、これとCPU側からのコントロール信号とを組み合わせることによりYMF262を制御するのがよいでしょう。

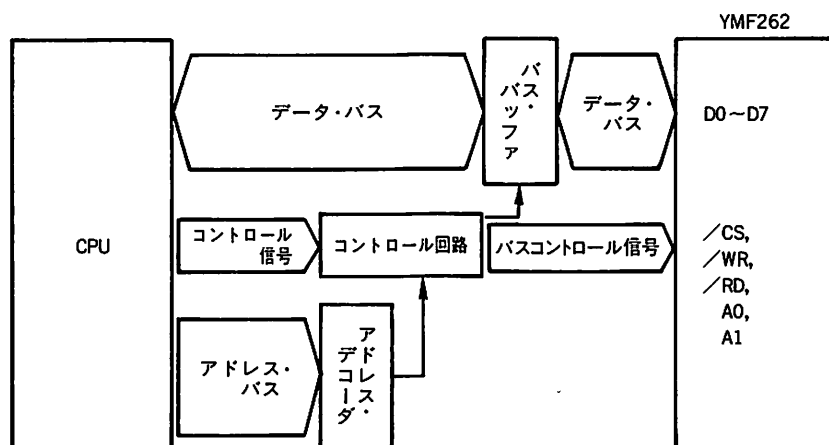


図3-5：CPUとのインターフェース例

4. 電気的特性

1. 絶対最大定格

項 目	記 号	定 格 値	単位
電源電圧	V _{DD}	-0.3~7.0	V
入力電圧	V _I	-0.3~V _{DD} +0.5	V
動作温度	T _{op}	0~70	℃
保存温度	T _{stg}	-50~125	℃

2. 推奨動作条件

項 目	記 号	最 小	標 準	最 大	単位
電源電圧	V _{DD}	4.75	5.00	5.25	V
動作温度	T _{op}	0	25	70	℃

3. 直流特性(条件; Ta=0~70℃, V_{DD}=5.0±0.25 V)

項 目	記 号	条 件	最 小	標 準	最 大	単位
消費電力	P _D	V _{DD} =5.0V f _M =14.32MHz			50	mW
入力電圧Hレベル(1)	V _{IH1}	* 1	2.2			V
入力電圧Lレベル(1)	V _{IL1}	* 1			0.8	V
入力電圧Hレベル(2)	V _{IH2}	* 2	3.5			V
入力電圧Lレベル(2)	V _{IL2}	* 2			1.0	V
入力リーク電流	I _{LI}	V _I =0~5V, * 3	-10		10	μA
入力容量	C _I				10	pF
出力電圧Hレベル	V _{OH}	I _{OH} =-80μA	V _{DD} -1.0			V
出力電圧Lレベル	V _{OL}	I _{OL} =2.0mA			0.4	V
出力容量	C _O				10	pF
出力リーク電流	I _{LO}	V _I =0~5V, * 4	-10		10	μA
プルアップ抵抗	R _U		80		400	kΩ

注) * 1 : /WR, /RD, /CS, A0, A1, D0~D7に適用(ただしD0~D7は入力状態の時に適用)

* 2 : φM, /ICに適用

* 3 : φM, /WR, /RD, A0, A1, D0~D7に適用(ただしD0~D7は入力状態の時に適用)

* 4 : D0~D7において、ハイ・インピーダンス状態時

4. 交流特性(条件 ; Ta=0~70℃, VDD = 5.0±0.25 V)

項 目	記 号	図	最 小	標 準	最 大	単位
マスタークロック周波数	f _M	図A-1	10	14.32	16	MHz
デューティ	D		40	50	60	%
リセットパルス幅	N _{ICW}	図A-2	400/f _M			s
アドレスセットアップ時間	t _{AS}	図A-3, 4	10			ns
アドレスホールド時間	t _{AH}	図A-3, 4	10			ns
チップセレクトライト幅	t _{CSW}	図A-3	100			ns
チップセレクトリード幅	t _{CSR}	図A-4	150			ns
ライトパルス幅	t _{WW}	図A-3	100			ns
ライトデータセットアップ時間	t _{WDS}	図A-3	10			ns
ライトデータホールド時間	t _{WDH}	図A-3	20			ns
リードパルス幅	t _{RW}	図A-4	150			ns
リードデータアクセス時間	t _{ACC}	図A-4			150	ns
リードデータホールド時間	t _{RDH}	図A-4	10			ns

5. タイミング図

(1)入力クロックタイミング

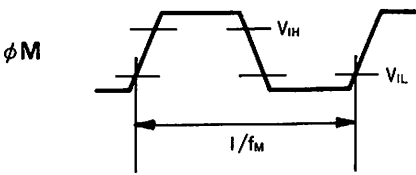


図 4 - 1

(2)リセットパルス

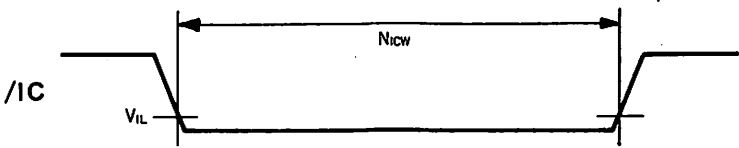


図 4 - 2

(3) アドレス、及びデータ・ライトタイミング

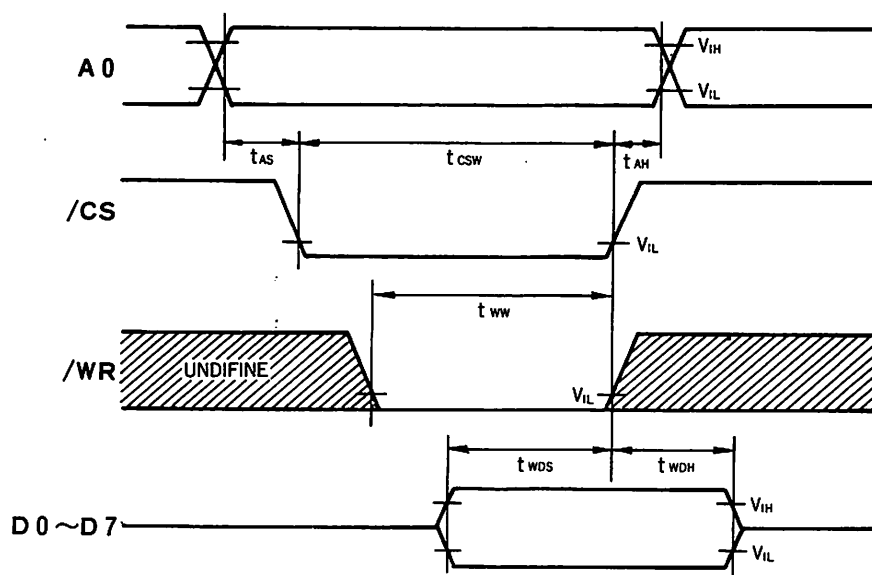


図 4 - 3

(注)
 t_{CSW} , t_{WW} , t_{WDH} は $\overline{CS}$, $\overline{WR}$
 のいずれかがHighレベルに
 なった時を基準とする。

(4) ステータス・リードタイミング

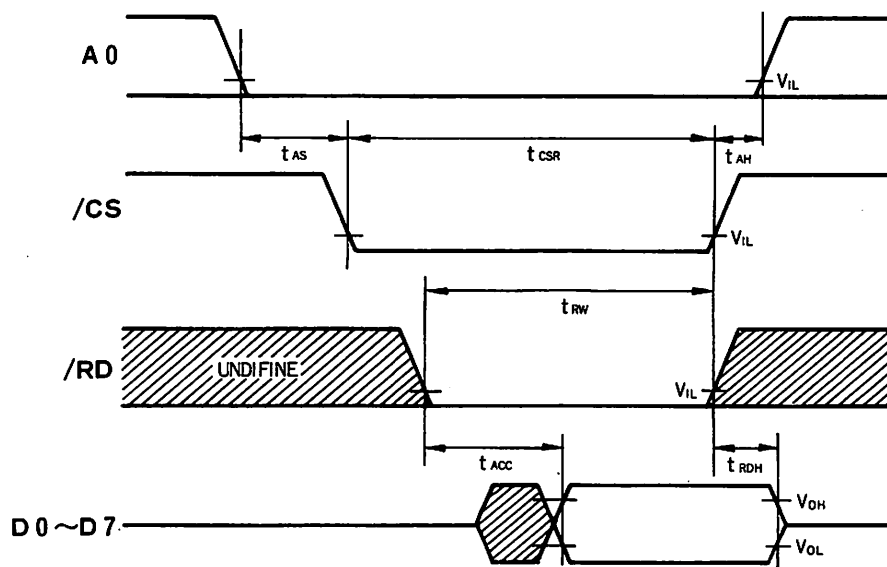
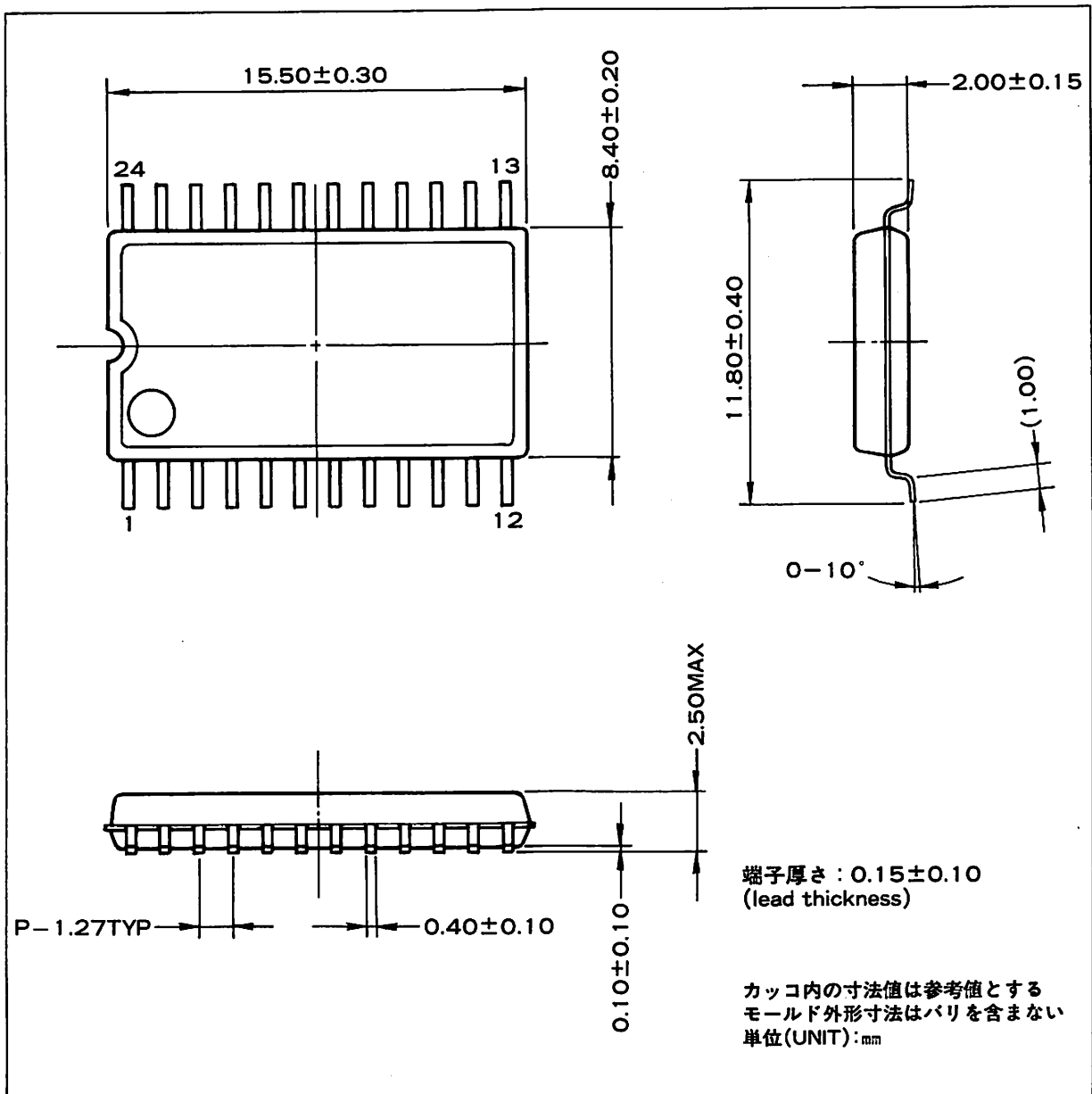


図 4 - 4

(注)
 t_{ACC} は、 $\overline{CS}$, $\overline{RD}$ の遅く
 Lowレベルになるのが基準
 です。
 t_{CSR} , t_{RW} , t_{RDH} は $\overline{CS}$,
 $\overline{RD}$ のいずれかがHighレベ
 ルになった時を基準とする。

5. パッケージ外形図

YMF262-M



● YMF262-S

