

YM2413应用手册

此信息是参考 YM2413 数据表（日语版）、YM2413 应用手册（英语版）和 MSX-Datapack 创建的。
另外，红色的内容是Hiroyuki自己解释或分析的结果。

YM2413数据表可以从下面的官方页面获取。
[产品信息 声音发生器 LSI Semiconductor YAMAHA \(http://www.yamaha.co.jp/product/lsi/prod/sgl/\)](http://www.yamaha.co.jp/product/lsi/prod/sgl/)

有关 YM2413 应用手册，请参阅下页。
[YM2413 FM Operator Type-LL \(OPLL\) 应用手册\(http://www.smspower.org/maxim/docs/ym2413am/\)](http://www.smspower.org/maxim/docs/ym2413am/)

目录

[1. OPLL 概述](#)

- [1-1 概述](#)
- [1-2 特点 1-3](#)
- [FM 方法概述](#)

[2. 功能](#)

- [2-1 功能概述](#)
- [2-2 端子排列图](#)
- [2-3 端子功能](#)
- [2-4 端子控制](#)
- [2-5通道和插槽](#)
- [2-6 框图](#)
- [2-7 寄存器映射](#)

[3. 操作说明](#)

- [3-1 寄存器](#)
- [3-2 相位发生器 \(PG\)](#)
- [3-3 包络发生器 \(EG\)](#)
- [3-4 运算器 \(OP\) 和 DA 转换器 \(DAC\)](#)

[4. 接口](#)

- [4-1. 时钟生成](#)
- [4-2. 音频输出](#)
- [4-3. 处理器连接5. 如何](#)

[使用 OPLL 创建音乐声音](#)

- [5-1. 声音创建的概念](#)
- [5-2. 声音创建的基础知识](#)
- [5-3.声音创作示例](#)
- [5-4. 节奏声音](#)

[6. 电气特性](#)

[7. 时序图](#)

[8. 封装外形图](#)

1. OPLL 概述

1-1 概述

OPLL (FM OPERATOR TYPE-LL) 采用 YAMAHA 原装 FM 音源作为音源，并内置 DA 转换器和晶体挖掘电路，因此比传统音源效率更高通过 LSI，可以非常容易且低成本地组装音源系统。此外，为了简化软件，该LSI将音调数据存储在ROM中，从而可以通过单次音调选择操作来更改数据。它还具有用于一种音调的内置音调数据寄存器，以便您可以生成声音效果和独特的音调。内置音调数据具有与队长/图文电视广播兼容的音调。

1-2 特点

- 采用 FM 音源，让您创造逼真的声音
- 通过选择模式，您可以从两种模式中进行选择：同时播放 9 种声音、6 种旋律声音和 5 种节奏声音（任一情况）（不同音调）可
内置音调数据（15 种旋律音、5 种节奏音 - 兼容队长和文本多路广播）
内置 DA 转换器
内置晶体振荡器电路 内置
颤音振荡器/振幅调制振荡器
TTL 兼容输入

5V 单路 1电源
/ Si-Gate NMOS LSI
/ 18 引脚塑料 DIP (YM2413B) 或 24 引脚塑料 SOP (YM2413B-F)

1-3 FM 方法概述

FM 方法意味着频率调制，产生的谐波用于合成乐音。该方法使用相对简单的电路，可以产生具有高谐波分量（包括非谐波音调）的波形。而且，调制指数与谐波频谱分布之间的对应关系非常自然，非常适合自然乐器。已经证实可以创造各种各样的声音，从合成声音到电子乐器。

FM 方法由四个参数表示，如下式所示。

(等式1) $F=A\sin(\omega ct + I \sin \omega mt)$

这里，A是输出幅度，I是调制指数， ωc 和 ωm 分别是载波频率和调制器频率。该方程1也可以表示为：

(式2) $F=J_0(I)\sin \omega ct+J_1(I)\{\sin(\omega c+\omega m)t-\sin(\omega c-\omega m)t\}+J_2(I)\{\sin(\omega c+2\omega m)t+\sin(\omega c-2\omega m)t+...\}$

这里， $J_n(I)$ 是第一类n阶贝塞尔函数。从式（2）可以看出，各谐波的幅度由调制指数的贝塞尔函数表示，根据式1的FM声源可以非常有效地合成特定的乐音和音效。我明白了。然而，这种方法不适合基于弦乐的声源，因为谐波分布不均匀。因此，我们设计了一种称为反馈FM的方法，其表示为（公式3）。

(式3) $F=A\sin(\omega ct+\beta F)$

这里， β 是反馈率。通过这种反馈FM，谐波频谱变成锯齿波，从而可以创建弦乐类型的声音。
为了实现上述FM方法，需要以下三个功能块。

- 1. 产生 ωt
- 2. 的相位发生器 (PG)。包络发生器 (EG) 获得幅度 A 和调制指数 I 作为时间函数
- 3. sin 表 (sin) 如果将

上述三个部分组合起来视为一个单元，则上述 FM 方法可以表示为如图 1-1 所示。因此，如果我们使用这个单元（操作单元：OP）的思想，可以通过设置单元内的频率参数和EG参数，并为单元之间的组合创建数据来创建FM声音。

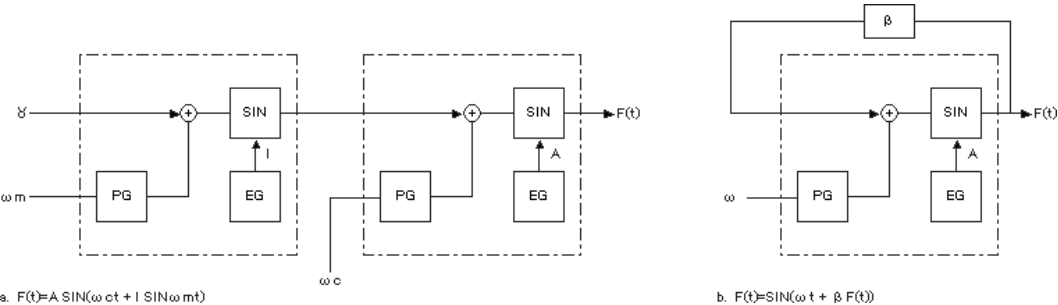


图 1-1 使用单位单元表示 FM 方法

2. 功能

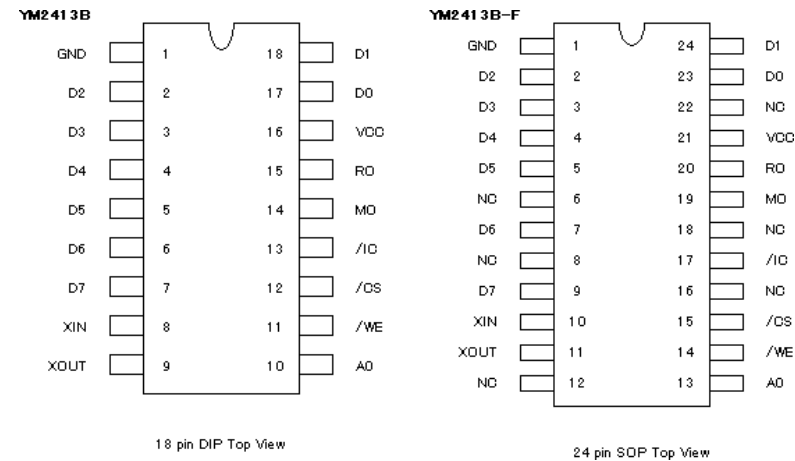
2-1 功能概述

OPLL 是内置 9 位 DA 转换器的 FM 音源 LSI，可产生 9 种旋律声音、6 种旋律声音和 5 种旋律声音。节奏声音，有两种发音模式，两种模式可以同时发出不同的音调。此外，还可以使用软件在这两种模式之间进行选择。该LSI的特征之一是内置音调ROM。该音色ROM有15个旋律音色和5个节奏音色，如附表所示。此外，正如您从表中看到的，所有用于队长/图文电视广播的音调都已合并。因此，很容易将其应用于这些设备（Captain Adapter、内置图文电视接收器的电视）。还有一个用于一种音调的音调寄存器，以便您可以创建声音效果和独特的声音。通过控制以下等式中的该音色寄存器的每个参数E、W1、I、W2，可以生成附加到基波W1的各种谐波。

$FM=E\sin(w1t+I\sin w2t)$

与传统的FM声源不同，OPLL将声音内置为ROM，这大大简化了处理器对声音产生的控制。首先，在音调选择寄存器中注册所需的音调。然后，通过以指定的音高和时序将数据写入 Key-ON、F-Number 寄存器，声音开始。这时，如果根据歌曲适当地向延音寄存器和音量寄存器写入数据，就可以轻松享受处理器的自动演奏。当您想享受内置音色以外的独特音色时，可以通过设置上述音色寄存器中的数据，然后将音色选择寄存器设置为“0”来输出原始音色。另外，当您想要生成节奏声音时，可以通过打开/关闭节奏控制寄存器中所需音源的位来添加节奏声音。在这种情况下，指定的数据必须输入到 Key-On 和 F-Number 寄存器的 8ch 和 9ch（地址 \$17、\$18）。

2-2 端子排列图



YM2413B-F

GND

D2

D3

D4

D5

NC

D6

NC

D7

XIN

XOUT

NC

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

D1

D0

NC

VCC

RO

MO

NC

/IC

NC

/CS

/WE

A0

24 pin SOP Top View

2-3 端子功能

引脚名称	输入/输出	功能
鑫旭输出	IO	在两个端子之间连接一个晶体振荡器（3.579545MHz）。
D7 - D0	输入/输出	用于 OPLL 控制的 8 位数据总线。
A ₀ CS 我们	我	D7 - 控制D0数据总线
		CS 我们。 一个0
		0 0 0 将寄存器地址写入OPLL。
		0 0 1 将寄存器内容写入 OPLL。
		0 1 0 将 OPLL 测试数据输出到 D0 和 D1 端子。通常不使用。
		0 1 1 OPLL 数据总线变为高阻抗。
我知道了	我	系统复位为低电平。OPLL 寄存器的内容将全部为“0”。
莫罗	氧	M _O 是旋律输出，R _O 是节奏输出。两者均作为源跟随器输出。后续阶段需要积分电路和放大器。
电压 _{CC}	我	+5V电源端子
接地	-	接地端

2-4 端子控制

CS / WE / A₀ 信号作为控制信号，向 OPLL 寄存器写入数据，并设置要访问的寄存器的地址。

它以四种操作模式运行：

表2-1 模式列表

	CS	我们。	一个0	
1	1	X	X	不活跃的
2	0	0	0	地址灯
3	0	0	1	数据灯
四	0	1	0	禁止设定

(1) 非活动模式当
CS为“1”时，数据总线(D7-D0) 变为高阻抗。

(2) 地址写模式
当设置地址时，将控制信号设置为地址写模式，并设置要访问数据总线的寄存器地址，就可以向指定的内部寄存器写入数据了。
写入地址后，需要等待12个时钟周期才能写入声音数据。

(3) 数据写入模式
当控制信号设置为数据写入模式时，数据总线上设置的数据被写入指定的内部寄存器。
在写入更多数据或另一个地址之前需要等待 84 个时钟。

(4) 禁止设置
在此模式下，不指定数据总线上的数据。

请注意以下有关地址/数据写入模式的信息。

OPLL 在连续向寄存器写入地址和数据时需要等待。地址写入模式和数据写入模式的等待时间不同。
在 OPLL 执行其他功能之前，处理器应插入表 2-2 中的等待。如果没有插入足够的等待，写入的数据将是不确定的。

表2-2 等待时间

--	--

模式	权重数量
地址灯	12点钟
数据灯	84点钟

2-5 个通道和插槽

。通道和插槽 OPLL 可以产生 9 个 FM 声音（9 个通道），每个声音有 2 个操作单元。然而，由于系统只有一个算子单元，因此FM9声音的计算是通过串行传递该算子单元18次来完成的。这些操作符单元通过的顺序（槽号）对应于寄存器号，每个音符的声音产生控制将控制与槽对应的寄存器。

此外，每通道数据（例如 F 编号）控制两个时隙。这两个时隙（第1和第2时隙）之间的关系是，在FM调制模式下，第1个时隙始终成为调制波，第2个时隙成为载波。第一个插槽也可以设置为 FeedbackFM 模式。有关设置此模式的信息，请参阅“KSL/总电平/失真/反馈电平”部分。

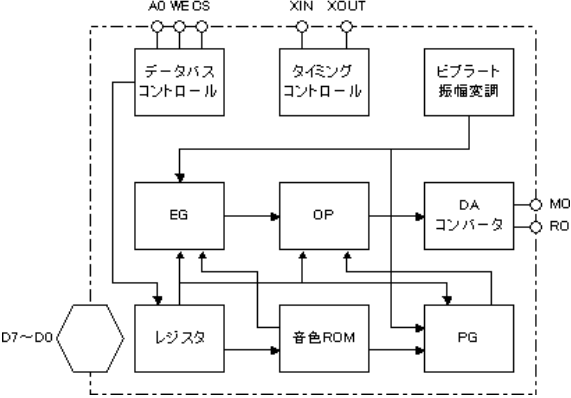
通道和时隙的关系如表2-3所示。

表2-3 通道和槽位

1	2	3	四	五	6	7	8	9		+	11	12		13	14	15	16	17号	18	槽位号
1	2	3	1	2	3	四	五	6		四	五	6		7	8	9	7	8	9	频道号
1			2			1				2				1			2			查看每个通道时的插槽号
20	21	22	20	21	22	23	24	二十五		23	24	二十五		26	27号	28	26	27号	28	每个通道的数据和寄存器之间的关系（例如：\$20 到 \$28）

*1 个插槽有 4 个时钟

2-6 框图



2-7 寄存器映射

地址	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
00	是	VIB -	埃及 类型 -	钾盐 -	多				(男)	原音寄存器
01									-	
02	KSL	(男)	TL(男)							
03		(C)	-	直流	DM	FB				
04	增强现实				DR				(男)	
05									(C)	
06	S.R.				RR				(男)	
07									(C)	
0E	-		右	B.D.	标清	汤姆	TCY	赫赫		节奏控制
0F	测试									OPLL 测试数据（始终为 0）
10	F 编号 0-7									F数低8位
18										
20			S US 开 / 关	按键开/关 -	堵塞			F- 数字8 - -		E-Number MMSB，指定八度 音程开/关寄存器 延音开/关寄存器
28										
30	研究所				音量					音调选择寄存器 音量寄存器
38										
节奏模式下的寄存器映射（当Addr=\$0E,D5= “1” 时）										
36					BD-VOL					节奏音量寄存器
37	高度-音量				DS-VOL					
38	汤姆-沃尔				T-CY-VOL					

OPLL 寄存器内容

	地址	少量	
1	00:(中) 01:(中)	7	幅度调制开/关
		6	颤音开/关
		五	在持续声音 (=1) 和衰减声音 (=0) 之间切换
		四	RATE关键尺度
		3-0	载波和调制波频率的控制
2	02:(男) 03:(中)	7,6	LEVEL 键刻度
3	02	5-0	调制波的总电平。调制指数的控制。
四	03	4:(中) 3:(中)	载波和调制波失真波形（半波整流）的开/关
		2-0	反馈FM反馈系数
五	04:(男) 05:(中)	7-4	攻击期间包络变化率控制
		3-0	衰减期间包络变化率控制
6	06:(中) 07:(中)	7-4	从衰减到维持的级别指示
		3-0	发布时的包络变化率控制
7	0E	五	节奏声音模式选择（0=旋律模式）
		4-0	每个节奏乐器的开/关
8	10-18日	7-0	F 编号的低 8 位
9	20-28日	五	延音开/关
		四	按键开/关
		3-1	倍频规格
		0	F 编号第 8 位 (MSB)
十	30-38	7-4	音色编号 (INST.)
		3-0	体积数据

音调数据

研究所	语气	研究所	语气
0	原音	8	器官
1	小提琴	9	喇叭
2	吉他	A	合成器
3	钢琴	乙	大键琴
四	长笛	C	电颤琴
五	单簧管	D	合成贝斯
6	双簧管	乙	木底座
7	喇叭	F	电吉他

	语气
B.D.	低音鼓
标清	小鼓
汤姆	三担
TCY	顶钹
赫赫	嗨帽

3.操作说明

OPLL 的所有功能都是通过将数据从处理器写入寄存器阵列来控制的。该写入数据决定了乐音的包络形状、调制级别、频率和声音模式。这些数据的组合会产生钢琴或小提琴等声音。然而，由于组合如此之多且复杂，OPLL 允许您通过在音调寄存器中设置音调编号（INST）来产生声音。

3-1 寄存器

寄存器的总面积为 271 位，由 2-7 地址映射给出。这里的地址是分配给OPLL内部各个寄存器的子地址，乐音数据将通过这些子地址写入寄存器。
因此，如果要在OPLL中存储某些数据，请先发送子地址数据来存储该数据，然后再发送乐音数据。但是，如果要多次访问同一子地址，请先发送子地址数据。也就是说，您可以发送音乐数据并更新数据，而无需发送地址数据。
请注意，在初始设置期间所有寄存器均设置为“0”。

3-1-1 \$00/\$01 AM/VIB/FG-TYP/KSR/多个

该寄存器控制将 F 数给出的包络形状和频率数据转换为与乐音频率成分相匹配的载波（\$01）和调制波（\$00）频率的放大倍数。

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
是。	VIB	EG型	KSR	多线程			
				23 ⁻	22 ⁻	21 ⁻	0 ²

D3~D0 (多个)

发射波和调制波的频率由表3-1中给出的倍增系数控制。

示例：

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

F 数的频率=
 ωft 载波的倍数=1
调制波的倍数=7 表

3-1 计算载波和调制波频率的乘数

多线程	放大	多线程	放大	多线程	放大	多线程	放大
0	1/2	四	四	8	8	C	12
1	1	五	五	9	9	D	12
2	2	6	6	A	+	乙	15
3	3	7	7	乙	+	F	15

D4(KSR)

给出 RATE 的关键尺度。一般来说，对于自然乐器，随着音调变高，声音的上升和下降变得更快。RATE键刻度模拟了这种现象，并将表3-2中的值添加到每个音高作为速度偏移。因此，实际速率将是为 ADSR 设置的速率加上此偏移量。

R 是 ADSR 设置
速率=4×R+Rks Rks 是按键比例偏移值
但是，当 R=0 时，RATE=0

表3-2 关键比例偏移

0	1	2	3	四	五	6	7	八度									
0	1	2	3	四	五	6	7	堵塞									
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	F 数 MSB							
0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	D4=0	瑞克斯
0	1	2	3	四	五	6	7	8	9	12	11	12	13	14	15	D4=1	

D5(EG-TYP)

在持续声音和衰减声音之间切换。
当D5='0'时，声音衰减。当
D5='1'时，声音持续。
这些声音模式的区别在于RELEASE RATE的使用不同，如图3-1所示。

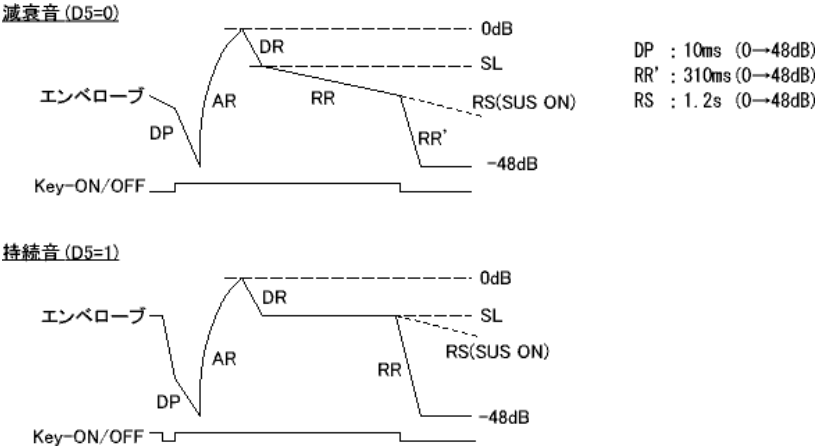


图 3-1 OPLL 衰减和维持声音包络

D6(VIB)

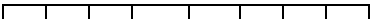
颤音开/关开关。当该位设置为 1 时，颤音将应用于该插槽。此时的频率为6.4Hz (@ΦM=3.6MHz)。

D7(上午)

用于宽度调制的 ON/OFF 开关。当该位设置为 “1” 时，幅度调制将应用于该时隙。调幅频率为3.7Hz(@ΦM=3.6MHz)。

3-1-2 \$02/\$03 KSL/总电平/失真/反馈电平

总电平用于向包络发生器的输出添加衰减并控制调制程度（音色）。此外，电平键音阶 (KSL) 与 RATE 键音阶一样，模拟自然乐器的输出电平随着音高的增加而降低的趋势。



D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
KSL		总等级(M)					
		-	直流	DM	FB		

- \$02 D5 ~ D0(总等级)

最小分辨率为0.75dB，调制深度可缩小至最大47.25dB。

表3-3 总级别

	D5	D4	D3	D2	D1	D0
衰减量	24	12	6	3	1.5	0.75

(单位: 分贝)

- \$02 D6 ~ D7(KSL)

该位控制键比例。键阶模式是电平随着音调上升而衰减，有四种衰减类型：1.5dB/OCT、3dB/OCT、6dB/OCT、无衰减。

表3-4 衰减量

D7	D6	衰减量
0	0	0
1	0	1.5分贝/华侨城
0	1	3分贝/华侨城
1	1	6分贝/华侨城

表 3-5 3db/OCT 各 F 值的衰减量

F 数 OCT	0	1	2	3	四	五	6	7	8	9	十	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
四	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
五	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

F-Number 是高 4 位的值

1.5dB/OCT 是上述

值的 1/2 6dB/OCT 是上述值的两倍

- \$03 D3(DM)

调制波的半波整流。

- \$03 D3(DC)

载波的半波整流。

- \$03 D2-D0 (反馈)

给出第 1 个时隙的反馈 FM 调制的调制深度。

表3-6 调制程度列表

	0	1	2	3	四	五	6	7
调制程度	0	$\pi/16$	$\pi/8$	$\pi/4$	$\pi/2$	π	2π	4π

3-1-3 \$04/\$05 攻击/衰减率

起音速率设置声音的上升时间。衰减率还决定了攻击后的衰减时间。每个RATE 的时间设置如表3-7 所示。

\$04: 调制波

\$05: 载波

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
增强现实				DR			
23 ⁻	22 ⁻	21 ⁻	2 ⁰	23 ⁻	22 ⁻	21 ⁻	2 ⁰

3-1-4 \$06/\$07 延音电平/释放速率

对于延音声音，延音级别是指衰减模式中的衰减达到该级别并维持该级别的点；对于衰减声音，它是指衰减模式从衰减模式变为释放模式的点。把它给你。
释放级别是定义在延音情况下关闭琴键时声音如何消失的速率。在衰减声音的情况下，衰减率是延音级别之前的衰减，衰减率是维持电平后的衰减率。衰减率用此释放率表示。

\$06：调制波
\$07：载波

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SL				RR			
-24分贝	-12分贝	-6分贝	-3分贝	23 ⁻	22 ⁻	21 ⁻	2 ⁰

*释放率衰减时间与衰减率表相同。

表3-7中的速率为密钥缩放后的速率。另外，速率值分为高4位(RM)和低2位(RL)，并表示为RM-RL。
RATE=RMx4+RL 表

3-7 每个速率下的上升和下降时间

速度		EG衰减时间[ms]		EG 起振时间[ms]	
R M。	R.L.	0分贝 - 40分贝	10% - 90%	0分贝 - 40分贝	10% - 90%
15	3	1.27	0.52	0.00	0.00
15	2	1.27	0.52	0.00	0.00
15	1	1.27	0.52	0.00	0.00
15	0	1.27	0.52	0.00	0.00
14	3	1.47	0.60	0.14	0.10
14	2	1.71	0.68	0.18	0.12
14	1	2.05	0.82	0.22	0.14
14	0	2.55	1.03	0.28	0.18
13	3	2.94	1.21	0.30	0.22
13	2	3.42	1.37	0.34	0.22
13	1	4.10	1.65	0.42	0.26
13	0	5.11	2.05	0.50	0.32
12	3	5.87	2.41	0.54	0.36
12	2	6.84	2.74	0.60	0.38
12	1	8.21	3.30	0.70	0.44
12	0	10.22	4.10	0.84	0.54
11	3	11.75	4.83	0.97	0.64
11	2	13.68	5.47	1.13	0.72
11	1	16.41	6.60	1.37	0.84
11	0	20.44	8.21	1.69	1.09
十	3	23.49	9.65	1.93	1.29
十	2	27.36	10.94	2.25	1.45
十	1	32.83	13.19	2.74	1.69
十	0	40.87	16.41	3.38	2.17
9	3	46.99	19.31	3.86	2.57
9	2	54.71	21.88	4.51	2.90
9	1	65.65	26.39	5.47	3.38
9	0	81.74	32.83	6.76	4.34
8	3	93.97	38.62	7.72	5.15
8	2	109.42	43.77	9.01	5.79
8	1	131.31	52.78	10.94	6.76
8	0	163.49	65.65	13.52	8.96
7	3	187.95	77.24	15.45	10.30
7	2	218.84	87.54	18.02	11.59
7	1	262.61	105.56	21.88	13.52
7	0	326.98	131.31	27.03	17.38
6	3	375.90	154.48	30.90	20.60
6	2	437.69	175.07	36.04	23.17
6	1	525.22	211.12	43.77	27.03
6	0	653.95	262.61	54.07	34.76
五	3	751.79	308.96	61.79	41.19
五	2	875.37	350.15	72.09	46.34
五	1	1050.45	422.24	87.54	54.07
五	0	1307.91	525.22	108.13	69.51
四	3	1503.58	617.91	123.58	82.39

四	2	1750.75	700.30	144.18	92.69
四	1	2100.89	844.48	175.07	108.13
四	0	2615.82	1050.45	216.27	139.03
3	3	3007.16	1235.82	247.16	164.78
3	2	3501.49	1400.60	288.36	185.37
3	1	4201.79	1688.95	350.15	216.27
3	0	5231.64	2100.89	432.54	278.06
2	3	6014.32	2471.64	494.33	329.55
2	2	7002.98	2801.19	576.72	370.75
2	1	8403.58	3377.91	700.30	432.54
2	0	10463.30	4201.79	865.08	556.12
1	3	12028.66	4943.28	988.66	659.11
1	2	14006.80	5602.39	1153.43	741.49
1	1	16807.20	6755.82	1400.60	865.08
1	0	20926.60	8403.58	1730.15	1112.24

注意：如果费率为“0”，则信封不会改变。

3-1-5 \$0E 节奏

控制节奏模式选择和每个节奏乐器的开/关。

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
-	-	韵律	B.D.	标清	汤姆	TOP-CY	赫赫

- D5 ~ D0 (节奏)

当D5=“1”时，OPLL处于节奏声模式，通道7至9（参见“[2-5通道和槽位](#)”）为节奏声通道。因此，乐音（旋律部分）被限制为6个音符。
D4至D1控制每个节奏乐器的ON/OFF。因此，\$26、\$27和\$28的KEY ON位必须始终设置为“0”。另外，从13到18的每个槽对应于表7.38中所示的节奏声音，并且F编号数据必须输入与每个节奏声音相匹配的值。

表 3-8 节奏槽和频率数据

乐器	投币口	地址	数据
D B。	13, 16	16 美元	20 美元
标清	17 号	17 美元	50 美元
汤姆	15	18 美元	\$C0
TOP-CY	18	26 美元	\$05
赫赫	14	27 美元	\$05
		28 美元	\$01

3-1-6 \$0F 测试

该地址用于测试LSI的内部操作，如果为“0”以外的值，则不能正常操作。

3-1-7 \$10~\$28 BLOCK/F-Number/SUS/KEY

这是决定音阶和音高的数据。F编号涵盖寄存器\$10-\$18和寄存器\$20-\$28。

\$10 ~ \$18

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
F 值							
7 2	6 2	十五 二	24 ⁻	23 ⁻	22 ⁻	21 ⁻	0 2

\$20 ~ \$28

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
-	-	SUS	按键	堵塞			F- 编号
		开 / 关	开 / 关				- - - -
				22 ⁻	21 ⁻	0 2	8 2

- D7 ~ D0[\$1x], D0[\$2x] (F 编号)

F-Number总共由9位表示：8位从\$10到\$18，低1位从\$20到\$28。该F-Number是给出音阶的数据，并且可以使用以下方法找到其值。

D3 ~ D1 (区块)

提供八度信息。
在MSX-MUSIC中，写入MML中指定的octave-1值。因此，当MULTIPLE=1时，实际发出的频率会比MML中指定的八度低一个八度 (O5A=440Hz)

D4 (按键开/关)

该位对应键盘的ON/OFF。将此位设置为“1”会打开该通道并产生声音。“0”表示按键关闭。

D5 (SUS 开/关)

当该位设置为“1”时，KEY 为 OFF 时的 RR 变为 5。

■F 数/块

在OPLL 中，可以通过根据该频率给出相位增量来获得所需的频率。而这个增量是由F-Number以及BLOCK和MULTIPLE信息决定的。因此，首先找到所需的频率增量 (ΔP)。这是使用以下公式计算的。

$$\Delta P = f_{mus} \times 2^{19} \div f_{sam} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

f_{mus} 期望频率
f_{sam} 采样频率 (fM ÷ 72 = 50KHz)
fM 输入时钟频率 (3.6MHz) 2

数据中的 ¹⁸但是，¹⁹2 似乎是一个拼写错误。
另外，F 数列表等是用输入时钟频率 3.6MHz 计算的，但在 MSX 中为 3.579545MHz，因此会发生错误。

可以用此计算相位增量，但管理该值是因为位数大且困难，增量仅为一个八度的数据，并且对于每个八度，增量都会移位（加倍、四倍等）。这允许增量表示为：

$$\Delta P = 2^{B \times F' \times MUL} \dots\dots\dots \text{值) 移位}$$

B 倍频程信息② MUL MULTIPLE 数据 由于公式① ②和增量(F')用9位表示，F-Number和BLOCK用下式表示。 公
式 7.7 F-Number 和 BLOCK F = (f_{mus} × 2¹⁹ ÷ f_{sam}) ÷ 2^b F F-Number 数据 b BLOCK 数据 表 3-9-1 F-
Number (第 1 部分)值仅限于 C 至 B

音阶	频率 (10月4日)	F 值	20-28 美元	\$10 ~ \$18							
			D0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
C	262.7	172	0	1	0	1	0	1	1	0	0
C #	277.2	181	0	1	0	1	1	0	1	0	1
D	293.7	192	0	1	1	0	0	0	0	0	0
D #	311.1	204	0	1	1	0	0	1	1	0	0
乙	329.6	216	0	1	1	0	1	1	0	0	0
F	349.2	229	0	1	1	1	0	0	1	0	1
F #	370.0	第242章	0	1	1	1	1	0	0	1	0
G	392.0	第257章	1	0	0	0	0	0	0	0	1
G #	415.3	第272章	1	0	0	0	1	0	0	0	0
A	440.0	288	1	0	0	1	0	0	0	0	0
A #	466.2	305	1	0	0	1	1	0	0	0	1
乙	493.9	323	1	0	1	0	0	0	0	1	1
C (O5)	523.3	第343章	1	0	1	0	1	0	1	1	1

表 3-9-2 F 编号 (第 2 部分) 使用可设置的最大值的值

音阶	频率 (10月4日)	F 值	20-28 美元	\$10 ~ \$18							
			D0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
G	392.0	第257章	1	0	0	0	0	0	0	0	1
G #	415.3	第272章	1	0	0	0	1	0	0	0	0
A	440.0	288	1	0	0	1	0	0	0	0	0
A #	466.2	305	1	0	0	1	1	0	0	0	1
乙	493.9	323	1	0	1	0	0	0	0	1	1
C (O5)	523.3	第343章	1	0	1	0	1	0	1	1	1
C# (O5)	554.4	第363章	1	0	1	1	0	1	0	1	1
D (O5)	587.3	第385章	1	1	0	0	0	0	0	0	1
D# (O5)	622.2	第408章	1	1	0	0	1	1	0	0	0
乙 (O5)	659.3	第432章	1	1	0	1	1	0	0	0	0
F (O5)	698.5	第458章	1	1	1	0	0	1	0	1	0
F# (O5)	740.0	第485章	1	1	1	1	0	0	1	0	1

3-1-8 \$30 ~ \$38 乐器/卷

设置决定音调（ROM15音调、原始音调）和音量的数据。

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
研究所				音量			

- D7 ~ D4 (INST)
这 4 位确定以下音调。

研究所	语气	研究所	语气
0	原音	8	器官
1	小提琴	9	喇叭
2	吉他	A	合成器
3	钢琴	乙	大键琴
四	长笛	C	电颤琴
五	单簧管	D	合成贝斯
6	双簧管	乙	木底座
7	喇叭	F	电吉他

- D3-D0 (音量)
确定每个音调的音量。最小分辨率为3dB，音量可缩小至最大45dB。

D3	D2	D1	D0
-24分贝	-12分贝	-6分贝	-3分贝

当处于节奏模式（Addr=\$0E，D5= “1” ）时，每个节奏的音量可设置为 \$36 至 \$38，如下所示。

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
36 美元	-				B.D.			
36 美元	赫赫				标清			
36 美元	汤姆				TCY			

3-2 相位发生器 (PG)

相位发生器是每单位时间根据所需频率累加增量以获得相位值的电路。该增量是根据寄存器发送的频率信息（F 编号、BLOCK、MULTIPLE）创建的。此外，由于它具有内置颤音振荡器，因此该振荡器的输出和频率信息相结合以产生颤音效果。

3-3 包络发生器 (EG)

包络发生器 (EG) 由 ATTACK、DECAY、RELEASE RATE、Sustain Level、Total Level 等控制，并随时间变化提供音调和音量的变化。其动态范围为48dB（分辨率0.375dB）。EG 是对数的，也表示为衰减。其典型波形如图3-2所示。该波形的独特之处在于它在攻击期间呈指数变化，而在其他时间呈线性变化。此外，当达到 0dB 时，会发生从起音到衰减的切换，而当达到维持电平时，会发生从衰减到维持的切换。当按键关闭时，就会发生向释放的转变。总电平、电平键阶和幅度调制等效果通过将其设置添加到 EG 来改变包络波形。

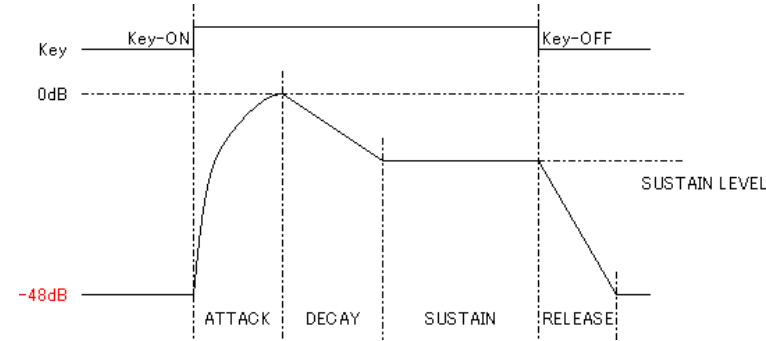


图3-2 OPLL 包络波形

3-4 运算器(OP) 和DA 转换器(DAC)

运算器执行FM 计算。运算符使用相位发生器的输出来计算 SIN 值，并将其乘以包络发生器的输出。然后，当反馈调制时，它们会返回到操作员的输入。所有输出也被发送到 DAC。这是由反馈数据控制的。
DAC 对所有声音进行 DA 转换，如图 3-3(a) 所示。因此，为了对声音进行求和，需要在 M_O 和 R_O 上添加积分电路[图3-3(b)]。此外， R_O 的输出电平低于 M_O 的输出电平，因此相同的声​​音会输出两次[图3-3(c)]。
也许翻译是错误的。

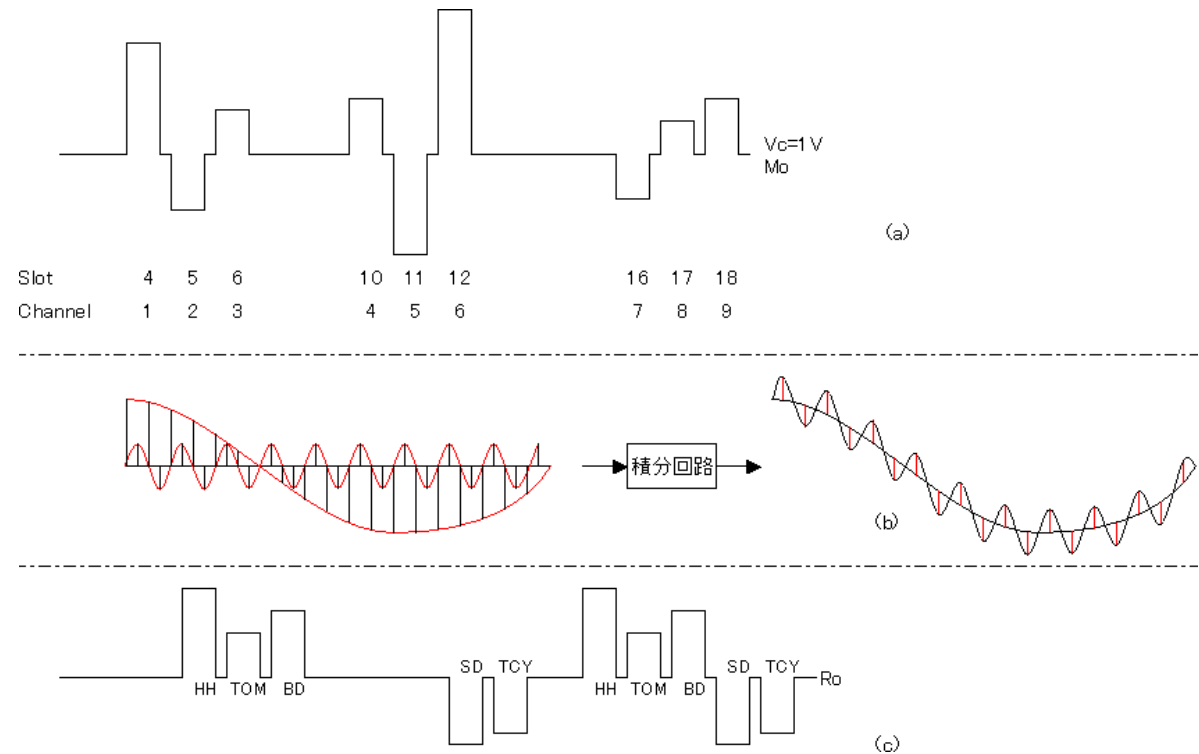


图3-3

4. 接口

OPLL 由外部CPU 等控制，输出经D/A 转换器转换后的模拟音频信号。要从 OPLL 获取声音，需要将其连接到其他设备。本章介绍其接口。

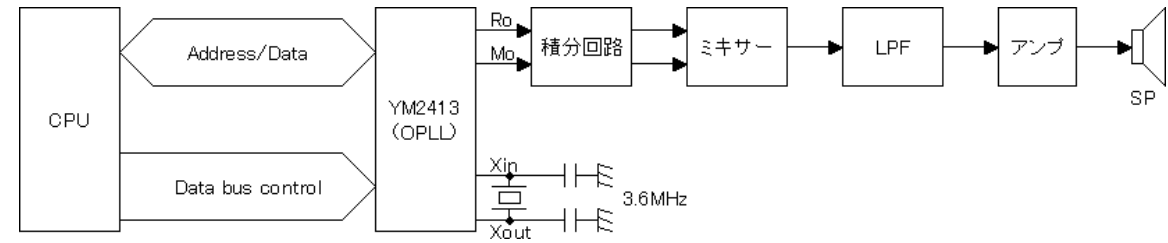


图 4-1 系统框图

4-1. 时钟生成

OPLL 时钟频率工作在 2 至 4 MHz。标准幅度调制、颤音周期和起音/衰减速度为 3.6MHz (3.579545MHz)。因此，使用该LSI时，通过在 X_{in}/X_{out} 中使用晶体振荡器（色同步信号用），可以降低成本。

4-2. 音频输出

如前所述，OPLL 的音频输出是脉冲信号，因此需要外部积分电路。该积分器电路（也是缓冲器）的输出将直接连接到音频放大器。另外，通过在积分电路和放大器之间插入低通滤波器（截止频率：约20kHz），可以消除阶跃噪声，从而获得更高的音质。电源打开和关闭时会产生噪音，因此需要保护音频设备（放大器和扬声器）的电路。

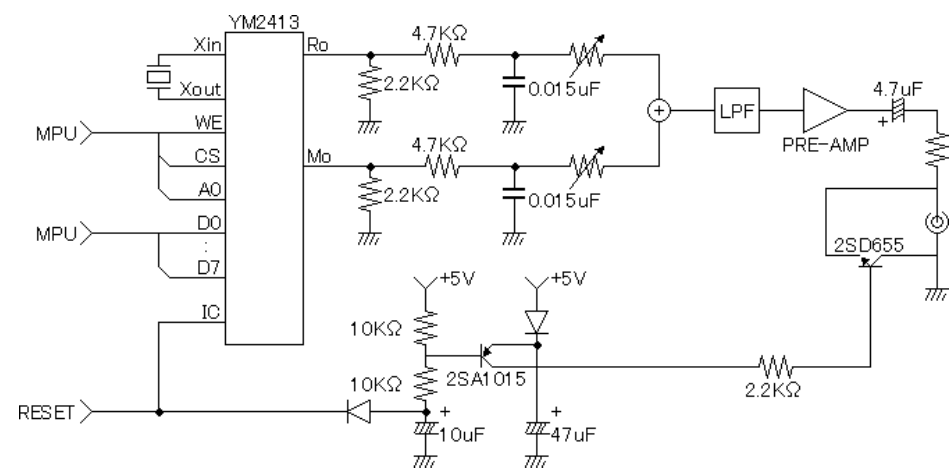


图4-2 音频接口

4-3. 处理器连接

OPLL 的D0 至D7 是连接到处理器的双向总线。OPLL 从处理器接收地址并传输数据。总线控制信号CS、WE和A0_{控制} 数据传输。只需最少的OPLL、内存和处理器配置即可构建FM音源系统。

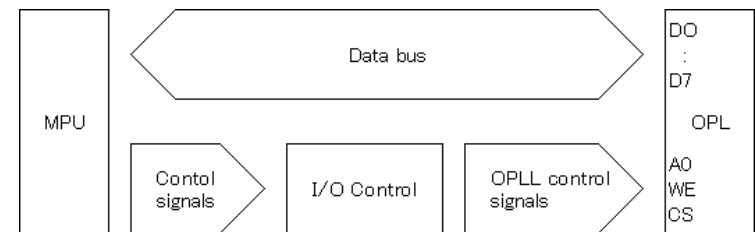


图 4-3 处理器接口

5. 如何使用 OPLL 创建乐音

本章介绍如何通过向 OPLL 的原始音调寄存器中输入值来创建钢琴、铜管等乐音。

5-1. 如何创建声音

使用 FM 方法创建声音的基础是首先彻底了解要创建的乐器的特性。例如，钢琴有一个包络，当您按下琴键时，声音会急剧上升，然后如果继续按下琴键，声音会逐渐消失。另外，泛音成分在开始时较大，随着时间的推移，泛音的数量减少并接近固定的泛音成分。掌握了以上特点后，我们会思考如何利用FM公式来实现它们。输出幅度可以从包络特性确定，并且调制指数可以从谐波结构确定。另外，由于泛音成分也受到算子频率的影响，因此频率比也可以在一定程度上确定。这样，您就可以根据每个乐音的特点粗略地确定每个FM参数，然后在听声音的同时对细节进行微调，以获得想要的音色。

5-2. 声音创作的基础

FM 声源利用通过调制器调制载波而产生的效果。因此，通过熟练地处理基本的FM参数（载波输出电平、调制器输出电平、调制器反馈电平、载波频率、调制器频率），确定每个乐音的音调、音色和音量就可以做到。FM各参数与OPLL参数的关系如表5-1所示。

表 5-1 OPLL 声音创建的基础知识

物品	涉及参数	MIN←(声音变化)→MAX
载波输出电平	总电平	成交量低 ↔ 成交量高
调制器输出电平	(A/D/S/R 数据、KeyScale 数据)	圆色调 ↔ 亮色调
调制器反馈电平	FB	正常音调 ↔ 尖锐音调（噪音）
载频	多个	低音调 ↔ 高音调
调制器频率	(块/F 数)	近泛音 ↔ 远泛音

5-3. 声音创作示例

(A). 电钢琴

(i). 确定操作器的频率

为了输出所有整数倍的谐波，请对两个操作器使用“1”的 MULTIPLE。
(增量为整数倍。)

(ii). 操作器输出电平

现在通过更改调制器输出来调整音色。此时，在确定操作器 1 的电平时，首先设置低音以获得钢琴典型的丰富谐波，然后使用操作器 1 的电平缩放来调整高音的变化。在低音中，必须进行电平缩放，直到它几乎变成正弦波。

(iii) EG 设置

您可以在此处决定音量和音调包络。首先，操作员 2 为攻击提供了一个尖锐但有些拉长的包络线（程度可能有所不同）。算子1是调制器，一开

始有很多泛音，其余保持不变，不改变音色。键缩放也适用于操作员 2 来调节音量。另外，为了使高音范围内的声音更清晰，最好调整 RATE。

(iv).重新调整数据

声音创作已基本完成，但根据EG等的设置，音色会略有不同。在这种情况下，重新调整操作员输出水平和进料包水平以获得最终声音。例如，如果您认为金属声太强，请降低操作员 1 的级别。

(v) 添加效果

最后，为了充分利用电钢琴的声音，我们将使用 LFO 添加颤音效果。您可以使用内置示波器调制功能，也可以使用软件以 2 至 6 Hz 的频率更新 TOTAL LEVEL 值（可以是三角波）。

(B) 小号

(i) 操作器输出 将

作为调制器的操作器 1 的总电平设置为约 \$10 至 \$28 的适中值，并将反馈电平设置为最大 “7” 以产生明亮的声音。

(ii). 运算符频率

基本上，您可以将两个运算符都设置为 1x。

(iii).EG

双方操作员均发出缓慢的攻击声。对于铜管乐器的声音，调制器的起音都比载波慢。这是为了表达黄铜所特有的“puan”的攻击力所必需的。

(iv).音调缩放

由于包络设置为缓慢上升，因此高音部分的嘎吱声会很差。因此，我们应用了一些后期缩放以避免在播放快速段落时出现不自然的结果。

(v)

无论演奏者在演奏 LFO 铜管乐器时多么出色，在演奏长音时音高都会略有波动。添加颤音效果来表达这一点。

5-4. 关于节奏声音

节奏声音是使用通道 7、8 和 9 创建的。这 3 个通道和 6 个插槽总共创建了 5 种节奏声音，但只有低音鼓 (BD) 使用 2 个插槽来创建 FM 声音。在这里，我们将解释其余四种声音（踩镲、顶钹、镗鼓和军鼓）。

OPLL 具有白噪声发生器和噪声振荡器，可为节奏乐器合成多个频率。该噪声振荡器由 8 通道和 9 通道频率信息（BLOCK、F-Number、MULTIPLE）组成，通过将其与白噪声相结合，生成适合每种节奏乐器的相位输出并将其传递给操作员。换句话说，我们正在根据两个频率信息创建四种乐器的相位。

此外，根据经验，3:1（F8CH=3×F9CH）是两者的最佳设置频率。现在我们已经获得了每个仪器的相位数据，我们将将此输出乘以包络信息。由于包络被设置为每个插槽一种节奏乐器，因此音调 ROM 被设置为捕捉每种节奏乐器的特征的值，就像旋律乐器一样。

6. 电气特性

1. 绝对最大额定值

物品	额定值	单元
端电压	-0.3 ~ 7.0	V
工作环境温度	0-70	℃
储存温度	-50 ~ 125	℃

2. 推荐使用条件

物品	象征	最低限度	标准	最大限度	单元
电源电压	电压 _{CC}	4.75	五	5.25	V
	接地	0	0	0	V

3.直流特性

物品		象征	状况	最低限度	标准	最大限度	单元
输入高电平电压	所有输入	电压		2.0		电压 _{CC}	V
输入低电平电压	所有输入	电压		-0.3		0.8	V
输入漏电流	一个 ₀ ，我们	伊力	V _I = 0 ~ 5V	-+		+	微安
输出漏电流	D0至D7	我 _{L.O.}	V _I = 0 ~ 5V	-+		+	微安
模拟输出电压幅度	莫	电压 _{MOA}	负载电阻 = 2.2K			1.6	V
	RO	投资 _{回报率}	负载电阻 = 2.2K			1.6	V
上拉电阻	集成电路_	R.U.		100			千欧姆
输入容量	所有输入	I				+	PF
输出能力	充满电	二氧化碳				+	PF
电源电流		我 _{CC}			五	+	嘛

4.交流特性

物品		象征	状况	最低限度	标准	最大限度	单元
地址建立时间	一个 ₀	塔斯	图A-1	+			纳秒
地址保持时间	一个 ₀	塔赫	图A-1	+			纳秒

片选光宽	$\overline{\text{CS}}$	tCSW	图A-1	80			纳秒
光脉冲光宽	我们。	tWW	图A-1	110			纳秒
光脉冲建立时间	我们。	tWS	图A-1	30			纳秒
光数据建立时间	D0至D7	波分复用系统	图A-1	十			纳秒
写数据保持时间	D0至D7	WDH	图A-1	二十五			纳秒
复位脉冲宽度	我知道了	tICW	图A-2		80		钟

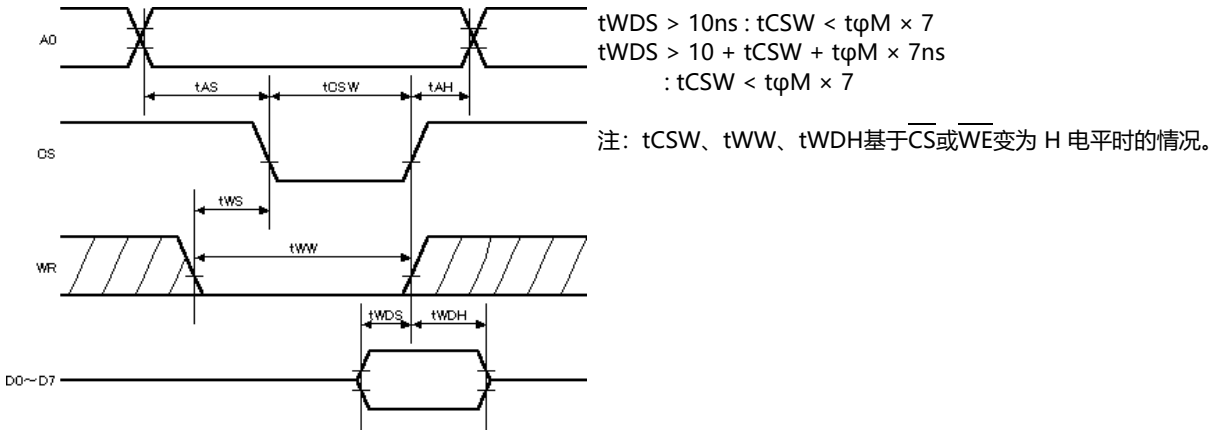
5.DAC特性

物品	象征	状况	最低限度	标准	最大限度	单元
最大输出幅度	罗,莫	输出电压	图4-2	2/5V恒流		V
解决	罗,莫		图4-2	9		少量
噪音	罗,莫		图4-2	-65		D b

注：噪声级别对应于音量级别

7. 时序图

注：时序设置基于V_{IH} =2.0V, V_{IL} =0.8V。



图A-1 写时序

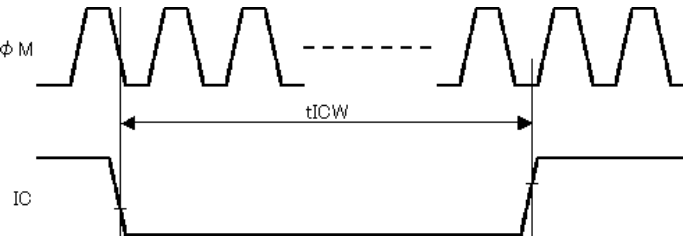


图 A-2 复位脉冲

8. 请参阅封装外形

数据表第 8 页。

如果您有任何意见、请求、错误报告或其他任何内容，请通过电子邮件或留言板与我们联系。

弘之 hirohome@d2.dion.ne.jp

[返回家中](#)