

## ML2216-XXX

# Preliminary

基于 OKI ADPCM2 算法的语音合成 LSI

### 概述

ML2216-XXX 是内置 8Mbit P2ROM 的语音合成器件。

ML2216-XXX 集成了 ADPCM2 解码器, 12bit D/A 转换器和低通滤波器。另外还内置了单声道扬声器放大器以直接驱动扬声器。

ML2216-XXX 在单个芯片中集成了语音响应电路所需的所有功能, 因此, 可以更容易地应用于小型和袖珍设备。

ML2216-xxx 写入后出货。

### 特点

- 内置存储器容量和最大播放时间 (参见下表)

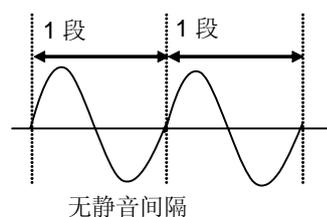
| 型号     | ROM 容量 | 最大播放时间 (秒) (4bit ADPCM2 时) |                            |                           |
|--------|--------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|        |        | F <sub>SAM</sub> = 4.0 kHz | F <sub>SAM</sub> = 8.0 kHz | F <sub>SAM</sub> = 16 kHz |
| ML2216 | 8 Mbit | 524                        | 262                        | 131                       |

- 非线性 8bit PCM, 8bit PCM, 16bit PCM 和 4bit ADPCM2 算法。
- 采样频率: 4.0 kHz, 5.3 kHz, 6.4 kHz, 8.0 kHz, 10.7 kHz, 12.8 kHz, 16.0 kHz
- 内置 12bit D/A 转换器
- 内置低通滤波器: 数字滤波器
- 内置放大器驱动扬声器: 0.3W 8Ω (VDD=5.0V 时)
- CPU 接口: 3 线式串行时钟同步
- 最大段数: 256 段
- 音量控制功能: VOLUME 指令(16 级/ OFF)
- 重复功能: LOOP 指令
- 主时钟频率: 4.096 MHz
- 电源电压: 2.7V 至 3.6V 或 4.5V 至 5.5V
- 工作温度: -20°C 至 +85°C
- 封装: 44 脚塑封 QFP (QFP44-P-910-0.80-2K)  
(ML2216-XXXGA)

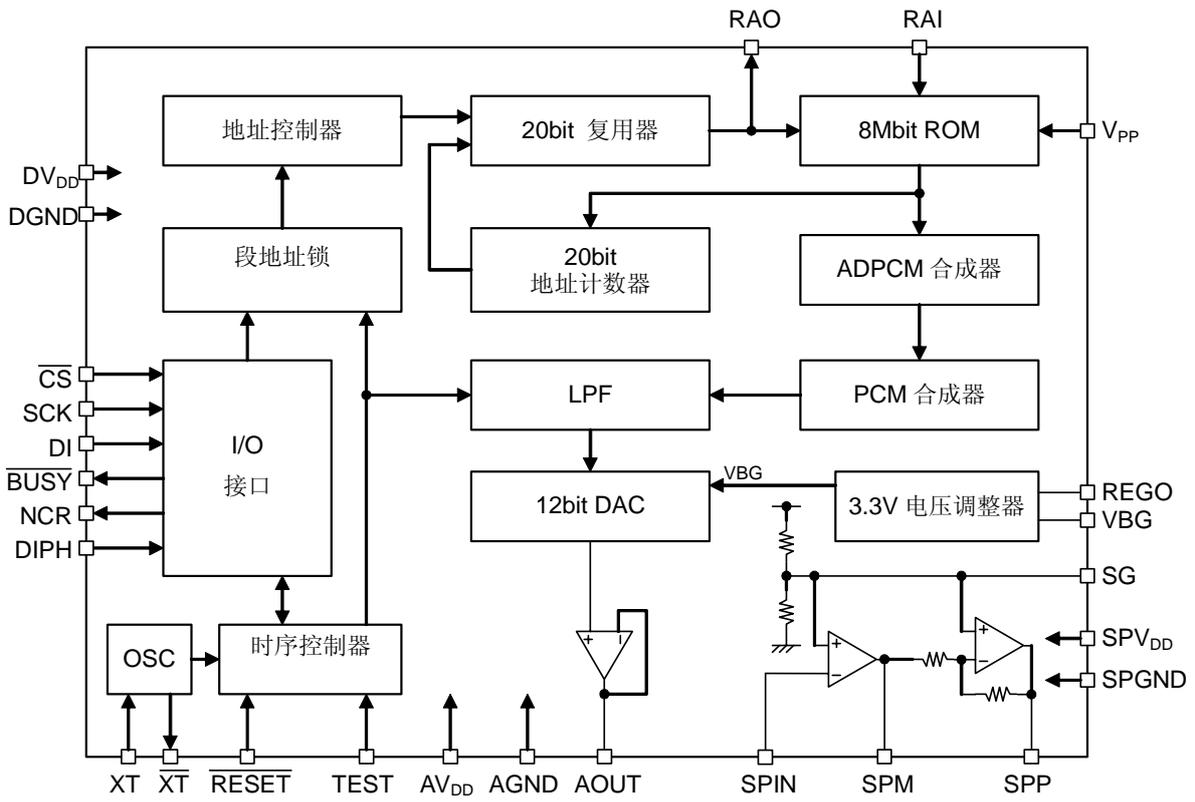
下表总结 ML2250 系列和 ML2216-XXX 之间的不同点。

|             | ML2250 系列   | ML2216-XXX   |
|-------------|---|--|
| 接口          | 并行或串行   | 串行   |
| 播放模式        | 2bit ADPCM2<br>4bit ADPCM2<br>8bit PCM<br>8bit 非线性 PCM<br>16bit PCM | 4bit ADPCM2<br>8bit PCM<br>8bit 非线性 PCM<br>16bit PCM |
| 最大段数        | 256   | 256  |
| 采样频率(kHz)   | 4.0/5.3/6.4/8.0/10.7/12.8/16.0/21.3/25.6/32.0/42.7/48.0             | 4.0/5.3/6.4/8.0/10.7/12.8/16.0                       |
| 时钟频率        | 4.096 MHz   | 4.096 MHz  |
| D/A 转换器     | 电压型: 14 bits  | 电流型: 12 bits   |
| 低通滤波器       | FIR 型插值滤波器  | 二次梳状滤波器  |
| 驱动扬声器的放大器   | 无   | 内置   |
| 通道数         | 2 通道  | 1 通道   |
| 段控制表        | 2 通道均无用户定义段限制   | 1 通道无用户定义段限制   |
| 音量调节        | 29 级<br>(-2 dB/-5 dB 级)   | 16 级   |
| 静音插入功能      | 内置 (4ms 至 1024ms)   | 内置 (20ms 至 1024ms)                                   |
| 重复功能        | 无限制   | 无限制  |
| 连续播放中段间静音间隔 | 0 (备注)  | 0 (备注)   |
| 其它          | 可以外部输入数据  | —  |
| 封装          | 44 脚塑封 QFP  | 44 脚塑封 QFP   |

备注：可以实现下图所示连续播放。

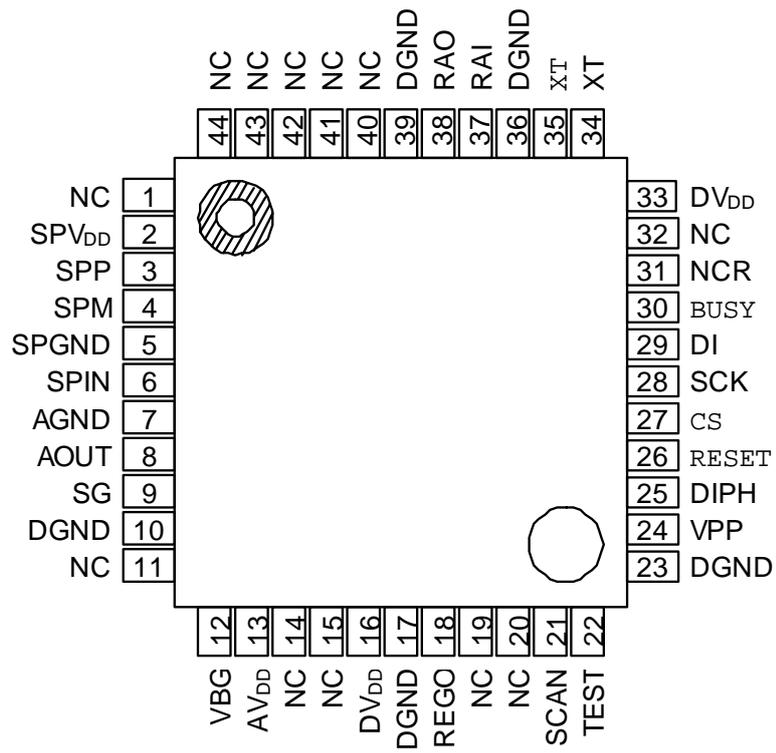


电路框图



引脚分布 (顶视图)

44 脚塑封 QFP



NC: No Connection

## 引脚说明

| 引脚 | 符号    | 类型 | 说明   |
|----|-------|----|--|
| 26 | RESET | I  | 复位输入脚。<br>当输入“L”电平时，器件进入初始状态。<br>输入复位期间，所有电路的操作停止，处于待机状态。<br>注入电源时输入“L”电平。电源电压稳定后使之成为“H”电平。                    |
| 27 | CS    | I  | CPU 接口芯片选择。<br>“L”电平时串行接口有效。   |
| 28 | SCK   | I  | 串行时钟输入。  |
| 29 | DI    | I  | 串行数据输入。  |
| 25 | DIPH  | I  | DIPH 选择 LSI 读入串行数据的时间。<br>当 DIPH 是“L”电平，DI 输入数据在 SCK 时钟的上升沿读入 LSI。<br>当 DIPH 是“H”电平，DI 输入数据在 SCK 时钟的下降沿读入 LSI。 |
| 30 | BUSY  | O  | 段回放状态信号显示输出引脚。<br>回放过程中输出“L”低电平。   |
| 31 | NCR   | O  | NCR 输出信号表示是否允许输入指令。<br>当 NCR 是“H”电平，允许输入指令。<br>当 NCR 是“L”电平，不允许输入指令。   |
| 34 | XT    | I  | 接到晶体或陶瓷振荡器。<br>在此 XT 脚和 XT 脚（35 脚）之间内置一个大约 1MΩ 的反馈电阻。<br>当使用外部时钟时，从此脚输入时钟。<br>当使用晶体或陶瓷振荡器时，请尽可能连接到最近的 LSI。     |
| 35 | XT    | O  | 接到晶体或陶瓷振荡器。<br>当使用外部时钟时，此脚悬空。<br>当使用晶体或陶瓷振荡器时，请尽可能连接到最近的 LSI。  |
| 18 | REGO  | O  | 电压调整器输出脚。<br>是内置 P2ROM 的电源电压。<br>在该脚和 DGND 脚之间接入 10 μF 或更大的电容。   |
| 12 | VBG   | O  | 3. 3V 电压调整器的标准电压输出脚。<br>在该脚和 DGND 脚之间接入 150pF 电容。  |
| 9  | SG    | O  | 内置扬声器放大器的标准电压输出。<br>在该脚和 AGND 脚之间接入 0.1 μF 或更大的电容。   |
| 8  | AOUT  | O  | 模拟输出。<br>当输入到内置扬声器放大器时，在该脚和 SPIN 脚之间接入 10 μF 电容。   |

| 引脚                    | 符号                | 类型 | 说明  |
|-----------------------|-------------------|----|---|
| 6                     | SPIN              | I  | 内置扬声器放大器的模拟输入。<br>在 AOUT 和 SPM 之间外接电阻构成反相放大器。           |
| 4                     | SPM               | O  | 内置扬声器放大器的模拟输出。<br>SPM 和 SPP 之间接扬声器。<br>SPIN 和此脚之间接外接电阻。 |
| 3                     | SPP               | O  | 内置扬声器放大器的模拟输出。<br>SPM 和 SPP 之间接扬声器。                     |
| 38                    | RAO               | O  | 内置 P2ROM 的地址输出。<br>直接和 RAI 连接。                          |
| 37                    | RAI               | I  | 内置 P2ROM 的地址输入。<br>直接和 RAO 连接。                          |
| 24                    | VPP               | I  | 向 P2ROM 写数据时的编程电源。<br>输入“L”。                            |
| 22                    | TEST              | I  | 器件测试脚。<br>输入“L”。该脚内置下拉电阻。                               |
| 21                    | SCAN              | I  | 器件测试脚。<br>输入“L”。该脚内置下拉电阻。                               |
| 16, 33                | DV <sub>DD</sub>  | —  | 数字电源。<br>在该脚和 DGND 之间接 0.1 μF 或更大的旁路电容。                 |
| 10, 17, 23,<br>36, 39 | DGND              | —  | 数字地。  |
| 13                    | AV <sub>DD</sub>  | —  | 模拟电源。<br>在该脚和 AGND 之间接 0.1 μF 或更大的旁路电容。                 |
| 7                     | AGND              | —  | 模拟地。  |
| 2                     | SPV <sub>DD</sub> | —  | 扬声器放大器电源。<br>在该脚和 SPGND 之间接 10μF 或更大的旁路电容。              |
| 5                     | SPGND             | —  | 扬声器放大器地。  |

## 绝对最大额定值

(DGND = AGND = SPGND = 0 V)

| 参数         | 符号                | 条件                   | 额定值                           | 单位 |
|------------|-------------------|----------------------|-------------------------------|----|
| 数字电源电压     | DV <sub>DD</sub>  | Ta = 25°C            | -0.3 至 +7.0                   | V  |
| 模拟电源电压     | AV <sub>DD</sub>  |                      | -0.3 至 +7.0                   | V  |
| 扬声器放大器电源电压 | SPV <sub>DD</sub> |                      | -0.3 至 +7.0                   | V  |
| 输入电压       | V <sub>IN</sub>   | Ta = 25°C            | -0.3 至 DV <sub>DD</sub> + 0.3 | V  |
| 容许损耗       | P <sub>D</sub>    |                      | 1.66                          | W  |
| 输出短路电流     | I <sub>SC</sub>   | 除 SPM, SPP 和 REGO 脚。 | 10                            | mA |
|            |                   | SPM 和 SPP 脚          | 540                           | mA |
|            |                   | REGO 脚               | 40                            | mA |
| 贮存温度       | T <sub>STG</sub>  | —                    | -55 至 +150                    | °C |

## 推荐工作参数

(DGND = AGND = SPGND = 0 V)

| 参数         | 符号                | 条件        | 范围        |       |     | 单位  |
|------------|-------------------|-----------|-----------|-------|-----|-----|
| 数字电源电压     | DV <sub>DD</sub>  | 当不使用电压调整器 | 2.7 至 3.6 |       |     | V   |
|            |                   | 当使用电压调整器  | 4.5 至 5.5 |       |     | V   |
| 模拟电源电压     | AV <sub>DD</sub>  | 当不使用电压调整器 | 2.7 至 3.6 |       |     | V   |
|            |                   | 当使用电压调整器  | 4.5 至 5.5 |       |     | V   |
| 扬声器放大器电源电压 | SPV <sub>DD</sub> | 当不使用电压调整器 | 2.7 至 3.6 |       |     | V   |
|            |                   | 当使用电压调整器  | 4.5 至 5.5 |       |     | V   |
| 工作温度       | T <sub>OP</sub>   | —         | -20 至 +85 |       |     | °C  |
| 主时钟频率      | f <sub>OSC</sub>  | —         | 最小值       | 典型值   | 最大值 | MHz |
|            |                   |           | 3.5       | 4.096 | 4.5 |     |
| 晶替振荡器外部电容  | Cd, Cg            | —         | 15        | 30    | 45  | pF  |

## 电性能参数

## 直流电性能参数(3 V)

 $DV_{DD} = AV_{DD} = SPV_{DD} = 2.7 \text{ 至 } 3.6 \text{ V}, DGND = AGND = SPGND = 0 \text{ V}, Ta = -20 \text{ 至 } +85^{\circ}\text{C}$ 

| 参数                  | 符号        | 条件  | 最小值                  | 典型值  | 最大值                  | 单位            |
|---------------------|-----------|---|----------------------|------|----------------------|---------------|
| “H”输入电压             | $V_{IH}$  | —   | $0.86 \times V_{DD}$ | —    | —                    | V             |
| “L”输入电压             | $V_{IL}$  | —   | —                    | —    | $0.14 \times V_{DD}$ | V             |
| “H”输出电压 1           | $V_{OH1}$ | $I_{OH} = -1\text{mA}$                    | $V_{DD} - 0.4$       | —    | —                    | V             |
| “H”输出电压 2<br>(备注 1) | $V_{OH2}$ | $I_{OH} = -100\mu\text{A}$                | $V_{DD} - 0.4$       | —    | —                    | V             |
| “L”输出电压 1           | $V_{OL1}$ | $I_{OL} = 4 \text{ mA}$                   | —                    | —    | 0.4                  | V             |
| “L”输出电压 2<br>(备注 1) | $V_{OL2}$ | $I_{OL} = 100 \mu\text{A}$                | —                    | —    | 0.4                  | V             |
| “H”输入电流 1           | $I_{IH1}$ | $V_{IH} = DV_{DD}$                        | —                    | —    | 10                   | $\mu\text{A}$ |
| “H”输入电流 2<br>(备注 2) | $I_{IH2}$ | $V_{IH} = DV_{DD}$                        | 0.3                  | 2.0  | 15                   | $\mu\text{A}$ |
| “H”输入电流 3<br>(备注 3) | $I_{IH3}$ | $V_{IH} = DV_{DD}$                        | 5                    | 40   | 130                  | $\mu\text{A}$ |
| “L”输入电流 1           | $I_{IL1}$ | $V_{IL} = DGND$                           | -10                  | —    | —                    | $\mu\text{A}$ |
| “L”输入电流 2<br>(备注 2) | $I_{IL2}$ | $V_{IL} = DGND$                           | -15                  | -2.0 | -0.3                 | $\mu\text{A}$ |
| “L”输入电流 3<br>(备注 3) | $I_{IL3}$ | $V_{IL} = DGND$                           | -10                  | —    | —                    | $\mu\text{A}$ |
| 播放操作电流消耗 1          | $I_{DD}$  | $f_{osc} = 4.096 \text{ MHz}$ 当无负载<br>读操作 | —                    | —    | 10                   | mA            |
| 待机电流消耗              | $I_{DDs}$ | $Ta = 0 \text{ 至 } +70^{\circ}\text{C}$   | —                    | 1    | 20                   | $\mu\text{A}$ |

备注： 1.适用于 XT 脚。  
2.适用于 XT 脚。  
3.适用于 TEST 和 SCAN 脚。

## 直流电性能参数 (5 V)

 $DV_{DD} = AV_{DD} = SPV_{DD} = 4.5 \text{ 至 } 5.5 \text{ V}, DGND = AGND = SPGND = 0 \text{ V}, Ta = -20 \text{ 至 } +85^\circ\text{C}$ 

| 参数                   | 符号        | 条件  | 最小值                 | 典型值  | 最大值                 | 单位            |
|----------------------|-----------|---|---------------------|------|---------------------|---------------|
| “H” 输入电压             | $V_{IH}$  | —   | $0.8 \times V_{DD}$ | —    | —                   | V             |
| “L” 输入电压             | $V_{IL}$  | —   | —                   | —    | $0.2 \times V_{DD}$ | V             |
| “H” 输出电压 1           | $V_{OH1}$ | $I_{OH} = -1\text{mA}$                    | $V_{DD} - 0.4$      | —    | —                   | V             |
| “H” 输出电压 2<br>(备注 1) | $V_{OH2}$ | $I_{OH} = -100\mu\text{A}$                | $V_{DD} - 0.4$      | —    | —                   | V             |
| “L” 输出电压 1           | $V_{OL1}$ | $I_{OL} = 4 \text{ mA}$                   | —                   | —    | 0.4                 | V             |
| “L” 输出电压 2<br>(备注 1) | $V_{OL2}$ | $I_{OL} = 100 \mu\text{A}$                | —                   | —    | 0.4                 | V             |
| “H” 输入电流 1           | $I_{IH1}$ | $V_{IH} = DV_{DD}$                        | —                   | —    | 10                  | $\mu\text{A}$ |
| “H” 输入电流 2<br>(备注 2) | $I_{IH2}$ | $V_{IH} = DV_{DD}$                        | 0.8                 | 5.0  | 20                  | $\mu\text{A}$ |
| “H” 输入电流 3<br>(备注 3) | $I_{IH3}$ | $V_{IH} = DV_{DD}$                        | 30                  | 140  | 350                 | $\mu\text{A}$ |
| “L” 输入电流 1           | $I_{IL1}$ | $V_{IL} = DGND$                           | -10                 | —    | —                   | $\mu\text{A}$ |
| “L” 输入电流 2<br>(备注 2) | $I_{IL2}$ | $V_{IL} = DGND$                           | -20                 | -5.0 | -0.8                | $\mu\text{A}$ |
| “L” 输入电流 3<br>(备注 3) | $I_{IL3}$ | $V_{IL} = DGND$                           | -10                 | —    | —                   | $\mu\text{A}$ |
| 播放操作电流消耗 1           | $I_{DD}$  | $f_{osc} = 4.096 \text{ MHz}$ 当无负载<br>读操作 | —                   | —    | 10                  | mA            |
| 待机电流消耗               | $I_{DDS}$ | $Ta = 0 \text{ 至 } +70^\circ\text{C}$     | —                   | 1    | 30                  | $\mu\text{A}$ |

Notes: 1.适用于 XT 脚。  
2.适用于 XT 脚。  
3.适用于 TEST 和 SCAN 脚。

## 模拟部分电性能参数(3 V)

$$DV_{DD} = AV_{DD} = SPV_{DD} = 2.7 \text{ 至 } 3.6 \text{ V}, DGND = AGND = SPGND = 0 \text{ V}, Ta = -20 \text{ 至 } +85^{\circ}\text{C}$$

| 参数                  | 符号        | 条件   | 最小值                   | 典型值                  | 最大值                   | 单位        |
|---------------------|-----------|--|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------|
| AOUT 输出负载电阻         | $R_{LA}$  | 当 $1/2AV_{DD}$ 输出  | 5                     | —                    | —                     | $k\Omega$ |
| AOUT 输出电压范围         | $V_{AO}$  | 无输出负载  | 0.1                   | —                    | 2.0                   | V         |
| SPIN 输入电阻           | $R_{SPI}$ | —  | 1                     | —                    | —                     | $M\Omega$ |
| SPP 下拉电阻            | $R_{SPP}$ | 待机状态时  | 15                    | —                    | 65                    | $k\Omega$ |
| SPM 下拉电阻            | $R_{SPM}$ | 待机状态时  | 1                     | —                    | 20                    | $k\Omega$ |
| SPM, SPP 输出负载电阻     | $R_{LSP}$ | —  | 8                     | —                    | —                     | $\Omega$  |
| 扬声器放大器输出电功率         | $P_{SPO}$ | $SPV_{DD} = 3.3\text{V}$ , $f_{in} = 1\text{kHz}$ ,<br>$R_{SPO} = 8\Omega$ , $THD \geq 10\%$ | 80                    | 100                  | —                     | mW        |
| 无信号时 SPM-SPP 输出偏移电压 | $V_{OF}$  | SPIN – SPM profit = 0dB<br>当 $8\Omega$ 负载  | -50                   | —                    | 50                    | mV        |
| SG 输出电压             | $V_{SG}$  | —  | $0.48 \times AV_{DD}$ | $0.5 \times AV_{DD}$ | $0.52 \times AV_{DD}$ | V         |
| SG 输出电阻             | $R_{SG}$  | —  | 12                    | 20                   | 28                    | $k\Omega$ |

## 模拟部分电性能(5V)

$$DV_{DD} = AV_{DD} = SPV_{DD} = 4.5 \text{ 至 } 5.5 \text{ V, DGND} = \text{AGND} = \text{SPGND} = 0 \text{ V, Ta} = -20 \text{ 至 } +85^{\circ}\text{C}$$

| 参数                  | 符号        | 条件  | 最小值                   | 典型值                  | 最大值                   | 单位        |
|---------------------|-----------|---|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------|
| AOUT 输出负载电阻         | $R_{LA}$  | 当输出 $1/2AV_{DD}$  | 50                    | —                    | —                     | $k\Omega$ |
| AOUT 输出电压范围         | $V_{AO}$  | 无输出负载   | 0.1                   | —                    | 2.0                   | V         |
| SPIN 输入电阻           | $R_{SPI}$ | —   | 1                     | —                    | —                     | $M\Omega$ |
| SPP 下拉电阻            | $R_{SPP}$ | 待机状态时   | 15                    | —                    | 65                    | $k\Omega$ |
| SPM 下拉电阻            | $R_{SPM}$ | 待机状态时   | 1                     | —                    | 20                    | $k\Omega$ |
| SPM, SPP 输出负载电阻     | $R_{LSP}$ | —   | 8                     | —                    | —                     | $\Omega$  |
| 扬声器放大器输出电功率         | $P_{SPO}$ | $SPV_{DD} = 5.0V, f_{in} = 1kHz,$<br>$R_{SPO} = 8\Omega, THD \geq 10\%$ | 250                   | 300                  | —                     | mW        |
| 无信号时 SPM-SPP 输出偏移电压 | $V_{OF}$  | SPIN – SPM profit = 0dB<br>8 $\Omega$ 负载                                | -50                   | —                    | 50                    | mV        |
| SG 输出电压             | $V_{SG}$  | —   | $0.48 \times AV_{DD}$ | $0.5 \times AV_{DD}$ | $0.52 \times AV_{DD}$ | V         |
| SG 输出电阻             | $R_{SG}$  | —   | 12                    | 20                   | 28                    | $k\Omega$ |

## 交流电性能(3 V)

$$DV_{DD} = AV_{DD} = SPV_{DD} = 2.7 \text{ 至 } 3.6 \text{ V}, DGND = AGND = SPGND = 0 \text{ V}, Ta = -20 \text{ 至 } +85^{\circ}\text{C}$$

| 参数                                   | 符号         | 条件  | 最小值 | 典型值   | 最大值  | 单位            |
|--------------------------------------|------------|---|-----|-------|------|---------------|
| 主时钟占空比                               | $f_{duty}$ | —   | 40  | 50    | 60   | %             |
| RESET 输入脉冲宽度                         | $t_{RST}$  | —   | 1   | —     | —    | $\mu\text{s}$ |
| CS 下降沿 SCK 建立时间                      | $t_{CKS}$  | —   | 200 | —     | —    | ns            |
| CS 上升沿 SCK 保持时间                      | $t_{CKH}$  | —   | 200 | —     | —    | ns            |
| SCK 上升沿数据建立时间                        | $t_{DIS1}$ | DIPH pin = "L"  | 50  | —     | —    | ns            |
| SCK 上升沿数据保持时间                        | $t_{DIH1}$ | DIPH pin = "L"  | 50  | —     | —    | ns            |
| SCK 下降沿数据建立时间                        | $t_{DIS2}$ | DIPH pin = "H"  | 50  | —     | —    | ns            |
| SCK 下降沿数据保持时间                        | $t_{DIH2}$ | DIPH pin = "H"  | 50  | —     | —    | ns            |
| SCK "H" 电平脉冲宽度                       | $t_{SCKH}$ | —   | 200 | —     | —    | ns            |
| SCK "L" 电平脉冲宽度                       | $t_{SCKL}$ | —   | 200 | —     | —    | ns            |
| SCK 上升沿 NCR 输出延迟时间                   | $t_{DN1}$  | DIPH pin = "L"  | —   | —     | 150  | ns            |
| SCK 下降沿 NCR 输出延迟时间                   | $t_{DN2}$  | DIPH pin = "H"  | —   | —     | 150  | ns            |
| SCK 上升沿 BUSY 输出延迟时间                  | $t_{DB1}$  | DIPH pin = "L"  | —   | —     | 150  | ns            |
| SCK 下降沿 BUSY 输出延迟时间                  | $t_{DOH1}$ | DIPH pin = "L"  | —   | —     | 150  | ns            |
| 指令输入间隔时间                             | $t_{INT}$  | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$ ,<br>当输入指令<br>(STOP, SLOOP, CLOOP, VOL) | 6   | —     | —    | $\mu\text{s}$ |
| 指令输入允许时间                             | $t_{CM}$   | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$ ,<br>当连续播放<br>当输入 SLOOP 指令              | —   | —     | 10   | ms            |
| 输入 PUP1 指令时 NCR 和 BUSY 输出 "L" 电平的时间  | $t_{PUP1}$ | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$ ,<br>当输入外部时钟                            | 1.9 | 2     | 2.1  | ms            |
| 输入 PUP2 指令时 NCR 和 BUSY 输出 "L" 电平的时间  | $t_{PUP2}$ |   | 65  | 66    | 67   | ms            |
| 输入 PDWN1 指令时 NCR 和 BUSY 输出 "L" 电平的时间 | $t_{PD1}$  | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$   | —   | —     | 6    | $\mu\text{s}$ |
| 输入 PDWN2 指令时 NCR 和 BUSY 输出 "L" 电平的时间 | $t_{PD2}$  |   | 63  | 64    | 65   | ms            |
| NCR 输出 "L" 的时间 1 (备注 1)              | $t_{NCR1}$ | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$   | —   | —     | 6    | $\mu\text{s}$ |
| NCR 输出 "L" 的时间 2 (备注 2)              | $t_{NCR2}$ | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$<br>当 PLAY 指令的段数据输入后                     | —   | 4.125 | 4.38 | ms            |
| BUSY 输出 "L" 的时间 (备注 3)               | $t_{BSY}$  | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$   | —   | —     | 6    | $\mu\text{s}$ |

备注： 1.除了 PUP1, PUP2, PDWN1, PDWN2, SLOOP, CLOOP 输入后和 Play 指令段数据输入后，指令输入时适用

2.显示回放时采样频率为 4kHz 情况下的时间，其他采样频率的情况下，时间和采样频率成比例关系。复位后，采样频率为 4kHz

3.没有回放的情况下，除了 PUP1, PUP2, PDWN1, PDWN2, SLOOP, CLOOP 输入后和 Play 指令段数据输入后，指令输入时适用

## 交流电性能参数 (5 V)

$$DV_{DD} = AV_{DD} = SPV_{DD} = 4.5 \text{ 至 } 5.5 \text{ V}, DGND = AGND = SPGND = 0 \text{ V}, Ta = -20 \text{ 至 } +85^{\circ}\text{C}$$

| 参数                                   | 符号         | 条件  | 最小值 | 典型值   | 最大值  | 单位            |
|--------------------------------------|------------|---|-----|-------|------|---------------|
| 主时钟占空比                               | $f_{duty}$ | —   | 40  | 50    | 60   | %             |
| RESET 输入脉冲宽度                         | $t_{RST}$  | —   | 1   | —     | —    | $\mu\text{s}$ |
| CS 下降沿 SCK 建立时间                      | $t_{CKS}$  | —   | 200 | —     | —    | ns            |
| CS 上升沿 SCK 保持时间                      | $t_{CKH}$  | —   | 200 | —     | —    | ns            |
| SCK 上升沿数据建立时间                        | $t_{DIS1}$ | DIPH pin = "L"  | 50  | —     | —    | ns            |
| SCK 上升沿数据保持时间                        | $t_{DIH1}$ | DIPH pin = "L"  | 50  | —     | —    | ns            |
| SCK 下降沿数据建立时间                        | $t_{DIS2}$ | DIPH pin = "H"  | 50  | —     | —    | ns            |
| SCK 下降沿数据保持时间                        | $t_{DIH2}$ | DIPH pin = "H"  | 50  | —     | —    | ns            |
| SCK "H" 电平脉冲宽度                       | $t_{SCKH}$ | —   | 200 | —     | —    | ns            |
| SCK "L" 电平脉冲宽度                       | $t_{SCKL}$ | —   | 200 | —     | —    | ns            |
| SCK 上升沿 NCR 输出延迟时间                   | $t_{DN1}$  | DIPH pin = "L"  | —   | —     | 150  | ns            |
| SCK 下降沿 NCR 输出延迟时间                   | $t_{DN2}$  | DIPH pin = "H"  | —   | —     | 150  | ns            |
| SCK 上升沿 BUSY 输出延迟时间                  | $t_{DB1}$  | DIPH pin = "L"  | —   | —     | 150  | ns            |
| SCK 下降沿 BUSY 输出延迟时间                  | $t_{DOH1}$ | DIPH pin = "L"  | —   | —     | 150  | ns            |
| 指令输入间隔时间                             | $t_{INT}$  | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$ ,<br>当输入指令<br>(STOP, SLOOP, CLOOP, VOL) | 6   | —     | —    | $\mu\text{s}$ |
| 指令输入允许时间                             | $t_{CM}$   | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$ ,<br>当连续播放,<br>当输入 SLOOP 指令             | —   | —     | 10   | ms            |
| 输入 PUP1 指令时 NCR 和 BUSY 输出 "L" 电平的时间  | $t_{PUP1}$ | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$ ,<br>当输入外部时钟                            | 1.9 | 2     | 2.1  | ms            |
| 输入 PUP2 指令时 NCR 和 BUSY 输出 "L" 电平的时间  | $t_{PUP2}$ |   | 65  | 66    | 67   | ms            |
| 输入 PDWN1 指令时 NCR 和 BUSY 输出 "L" 电平的时间 | $t_{PD1}$  | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$   | —   | —     | 6    | $\mu\text{s}$ |
| 输入 PDWN2 指令时 NCR 和 BUSY 输出 "L" 电平的时间 | $t_{PD2}$  |   | 63  | 64    | 65   | ms            |
| NCR 输出 "L" 的时间 1 (备注 1)              | $t_{NCR1}$ | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$   | —   | —     | 6    | $\mu\text{s}$ |
| NCR 输出 "L" 的时间 2 (备注 2)              | $t_{NCR2}$ | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$<br>PLAY 指令段数据输入后                        | —   | 4.125 | 4.38 | ms            |
| BUSY 输出 "L" 的时间 (备注 3)               | $t_{BSY}$  | $f_{OSC} = 4.096 \text{ MHz}$   | —   | —     | 6    | $\mu\text{s}$ |

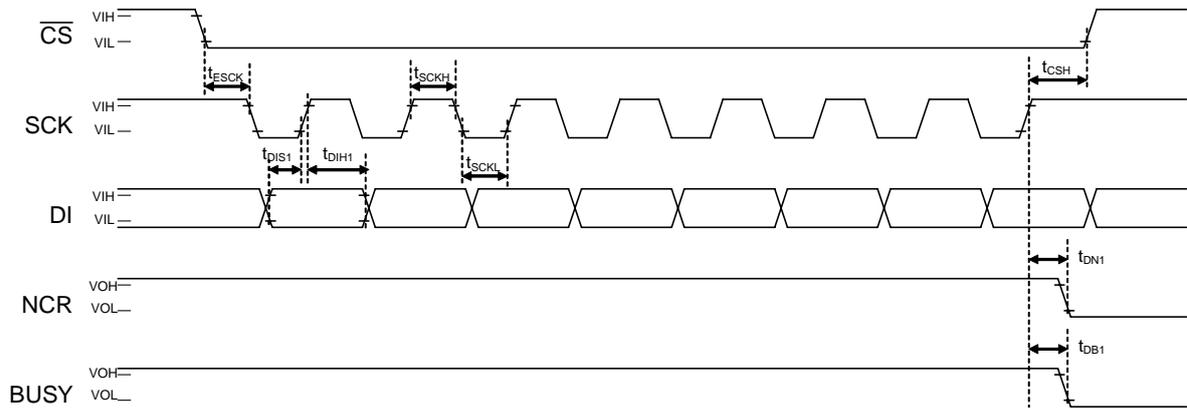
备注： 1.除了 PUP1, PUP2, PDWN1, PDWN2, SLOOP, CLOOP 输入后和 Play 指令段数据输入后, 指令输入时适用

2.显示回放时采样频率为 4kHz 情况下的时间, 其他采样频率的情况下, 时间和采样频率成比例关系。复位后, 采样频率为 4kHz

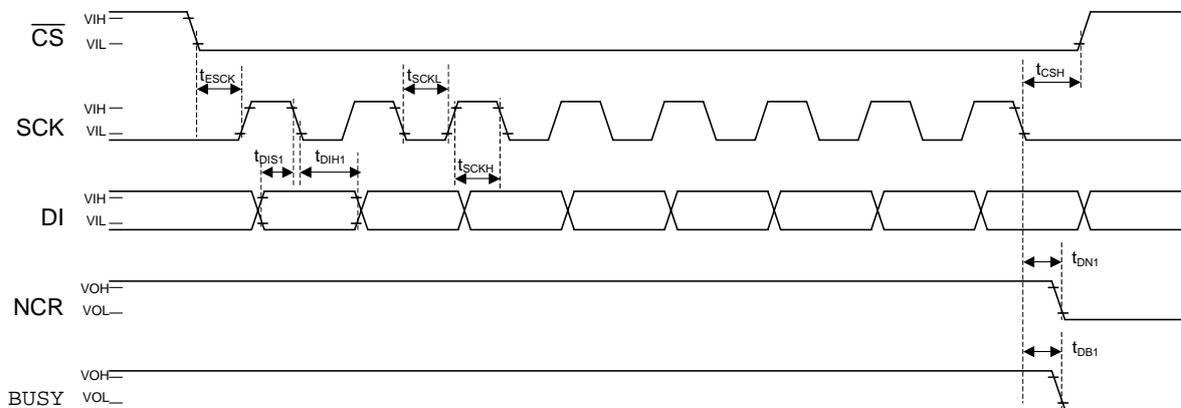
3.没有回放的情况下, 除了 PUP1, PUP2, PDWN1, PDWN2, SLOOP, CLOOP 输入后和 Play 指令段数据输入后, 指令输入时适用

时序图

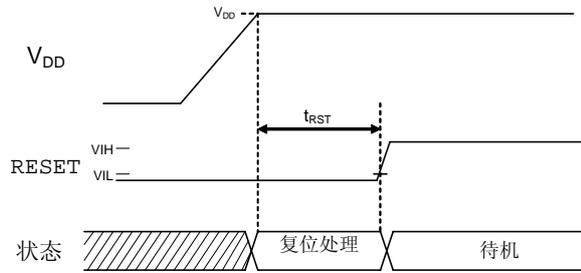
串行 CPU 接口时序(DIPH 脚="L"时)



串行 CPU 接口时序(DIPH 脚="H"时)



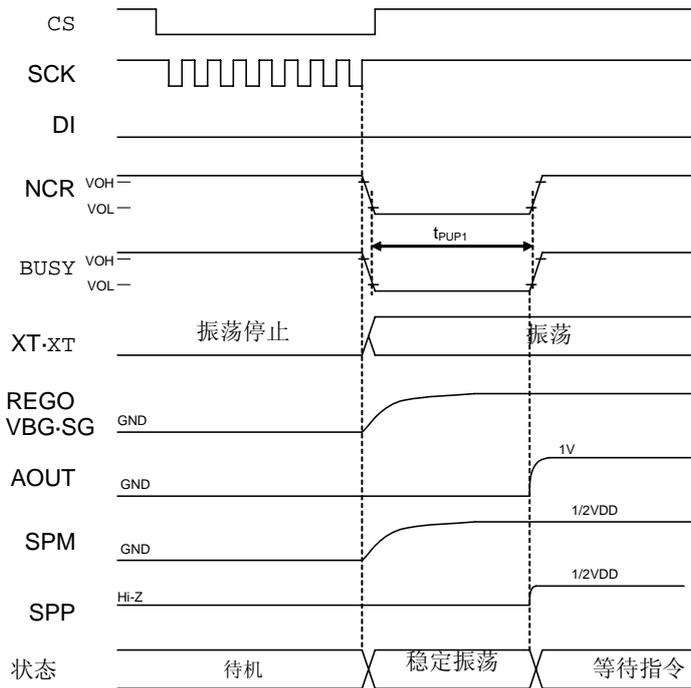
### 开电源时序



接入电源后将处于振荡停止状态。

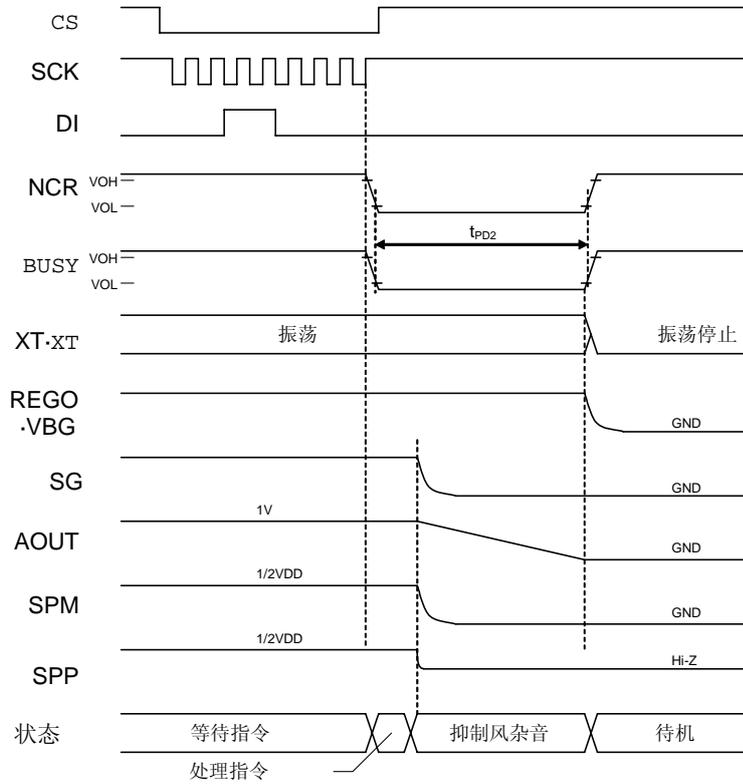
### 加电时序

- 输入 PUP1 指令

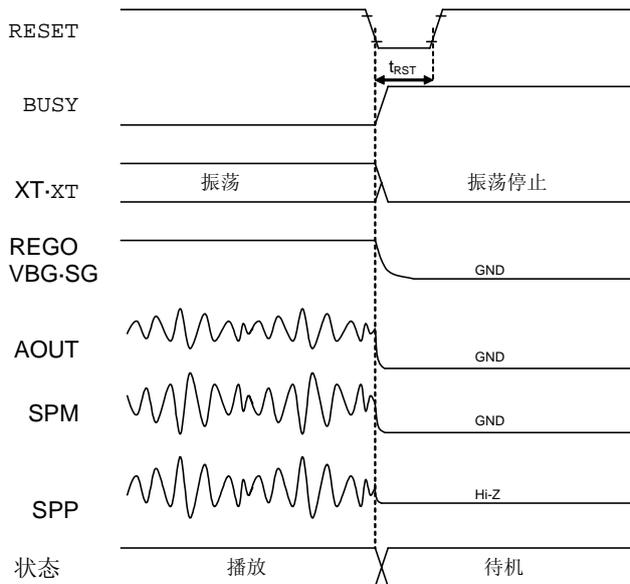




• 输入 PDWN2 指令

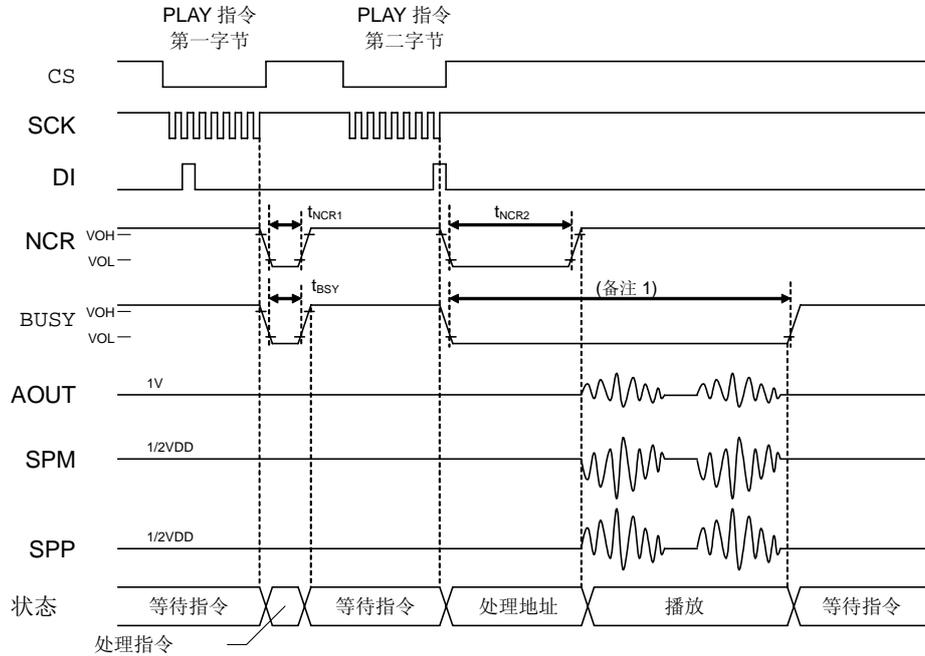


• 输入 RESET



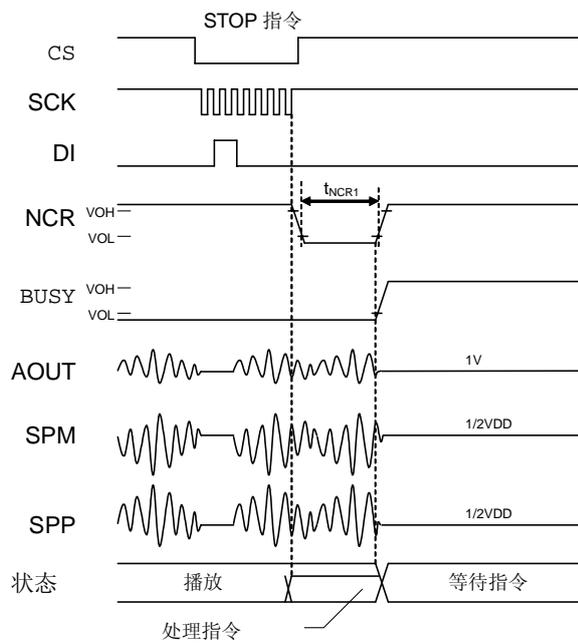
注意： 等待指令时输入 RESET 时序一样。

**PLAY 指令播放时序**

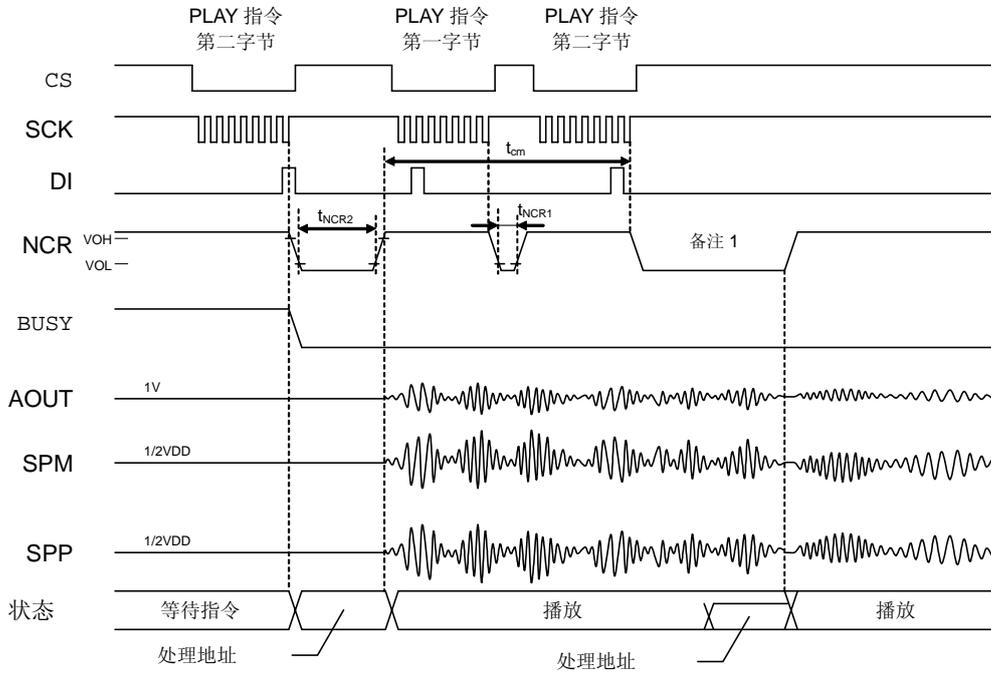


备注 1: BUSY1 的“L”时长 =  $t_{NCR2}$  + 播放时间

**播放停止时序**

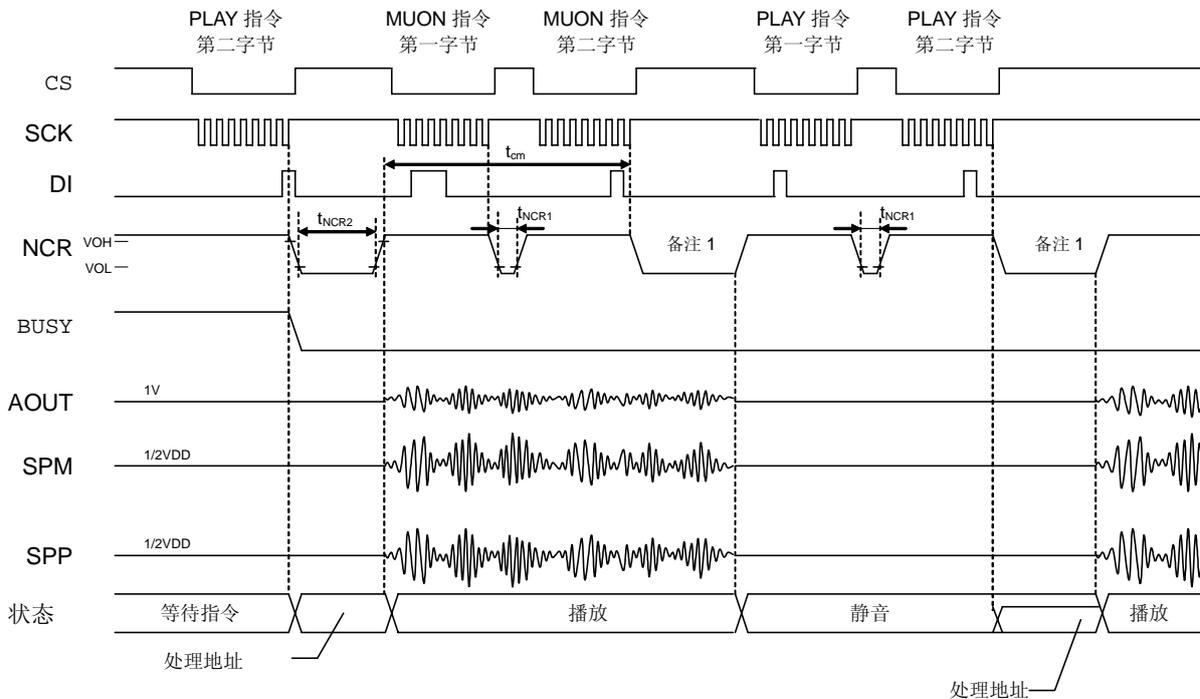


PLAY 指令连续播放时序



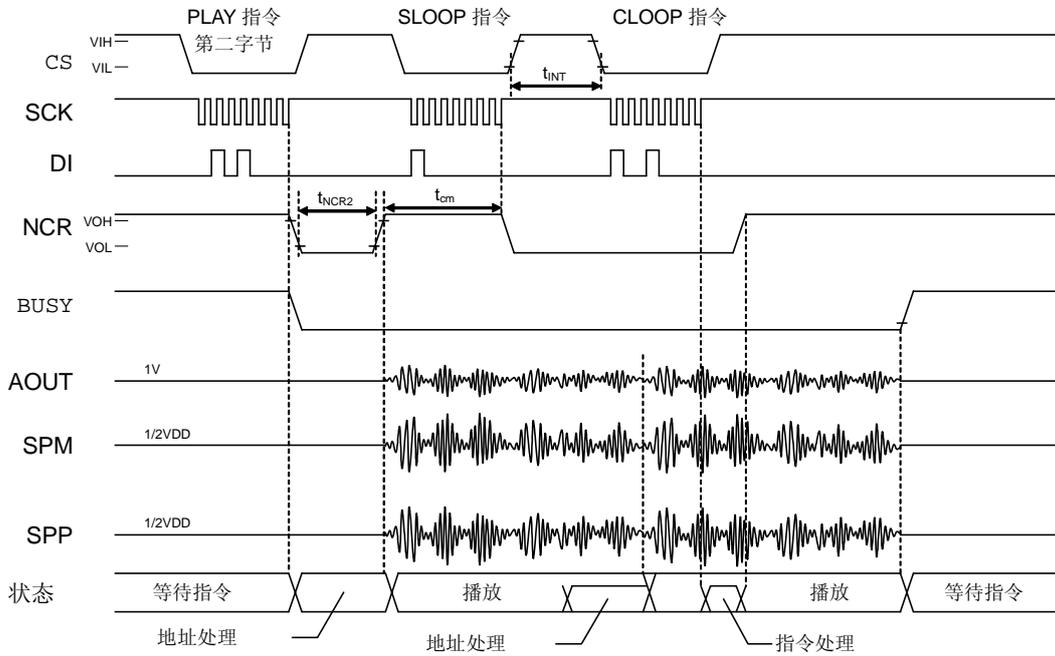
备注 1: 当进行播放时, NCR 的“L”时间随输入 PLAY 指令的时间变化。

静音插入时序 (通道 1 播放时输入 MUON 指令)

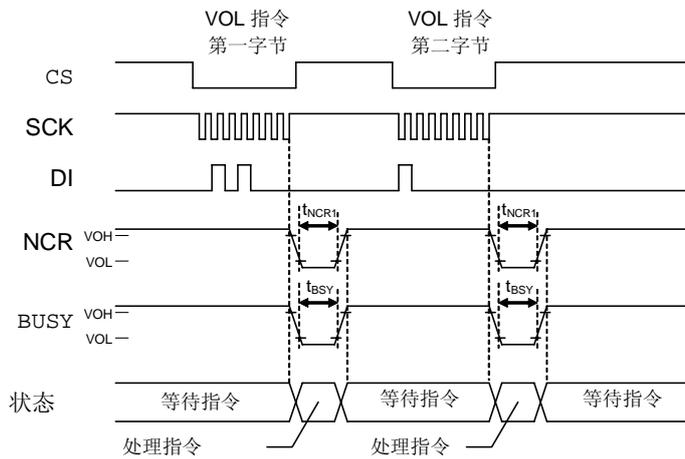


备注 1: 当处于静音状态时, NCR “L”电平时间宽度随输入 MUON 指令的时间变化。

LOOP 播放设置/恢复时序(通道 1 播放时的 LOOP 播放设置/恢复)



VOL 指令输入时序



## 功能说明

### 串行接口

串行接口从 CS，SCK 和 DI 脚输入各种指令和数据。

当 CS 设置为“L”电平时，微机接口有效。

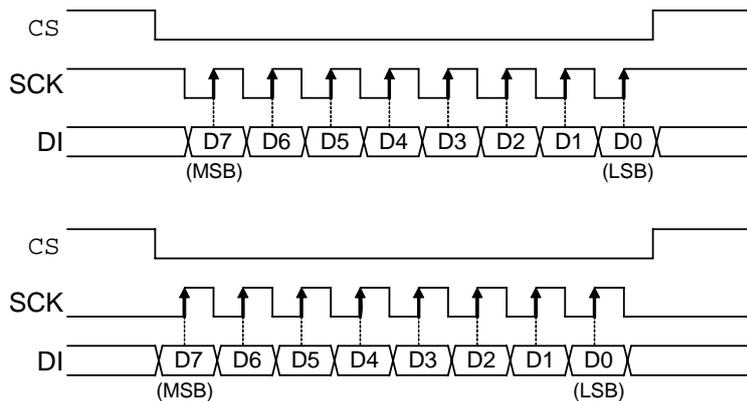
要输入指令和数据，先向 CS 脚输入“L”电平，然后从 MSB 起，与 SCK 脚的输入时钟同步向 DI 脚输入。DI 的数据在 SCK 的上升沿或下降沿读入器件。指令在 SCK 八个时钟的上升沿或下降沿执行。

由 DIPH 决定是在 SCK 时钟的上升沿还是下降沿。当 DIPH 是“L”电平，DI 数据在 SCK 的上升沿读入器件。相反，当 DIPH 是“H”电平，DI 数据在 SCK 的下降沿读入器件。

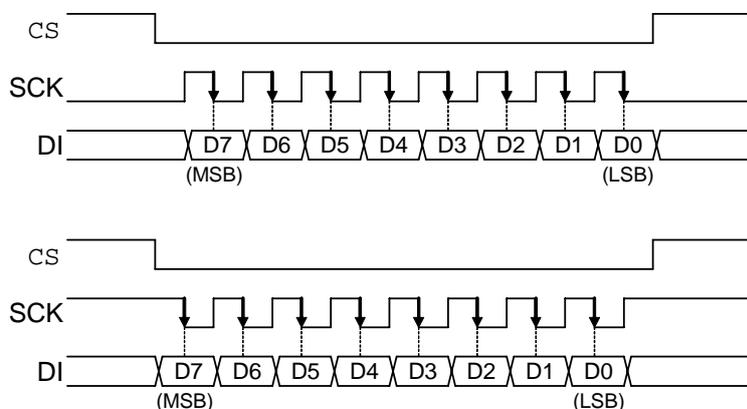
即使 CS 脚固定于“L”电平，也可以输入指令数据。不过，如果输入 SCK 的脉冲不符合规范，LSI 将不能正常工作。使 CS 脚为“H”电平，SCK 时钟记数回复初始状态。

### 输入指令和数据时序

- SCK 上升沿操作（DIPH 是“L”电平）



- SCK 下降沿操作（DIPH 是“H”电平）



## 指令表

每条指令都是1字节（8bit）输入。仅PLAY和MUON是2字节输入。

| 指令    | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | 说明                            |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------------|
| PUP1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 立即将待机器件转为等待指令状态。              |
| PUP2  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 抑制风杂音和将待机器件转为等待指令状态。          |
| PDWN1 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 立即将器件从等待指令转为待机状态。             |
| PDWN2 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 抑制风杂音和将器件从等待指令转为待机状态。         |
| PLAY  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 输入段，然后开始播放。                   |
|       | F7 | F6 | F5 | F4 | F3 | F2 | F1 | F0 |                               |
| STOP  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 停止声音。                         |
| MUON  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 插入静音时间，然后插入静音。                |
|       | M7 | M6 | M5 | M4 | M3 | M2 | M1 | M0 |                               |
| SLOOP | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 重复播放模式设置指令。仅对正在播放的通道有效。       |
| CLOOP | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 重复播放模式复位指令。输入STOP指令会自动复位重复模式。 |
| VOL   | 1  | 0  | 1  | 0  | V3 | V2 | V1 | V0 | 设置播放音量。                       |
| SPKR  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | OP | PD | 扬声器放大器待机控制指令。                 |

F7~F0: 段地址

M7~M0: 静音时长

V3~V0: 音量

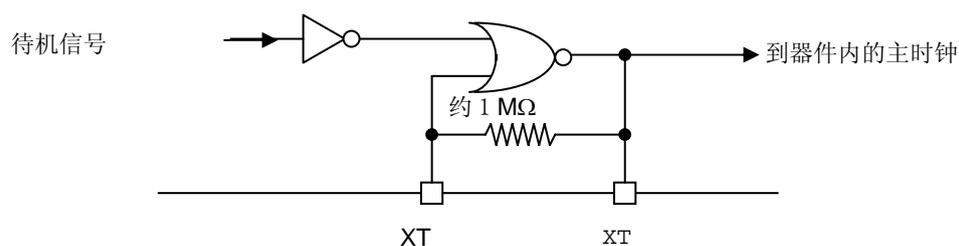
PD 扬声器放大器待机控制

OP 扬声器放大器的风杂音控制

## 待机功能

待机状态时，器件的待机功能使内部工作和振荡停止，使静态电流  $I_{dd}$  最小。当使用外部时钟时，输入“L”电平到 XT 脚，电流就不会流入振荡电路。

下图是 XT 和 XT 脚的等效电路。



## 输入复位和待机状态时的初始状态

各输出脚状态如下。

| 数字输出脚 | 状态     | 模拟输出脚 | 状态       |
|-------|--------|-------|----------|
| NCR   | “H” 电平 | REGO  | DGND 电平  |
| BUSY  | “H” 电平 | VBG   | AGND 电平  |
| RAO   | “L” 电平 | SG    | AGND 电平  |
|       |        | AOUT  | AGND 电平  |
|       |        | SPM   | SPGND 电平 |
|       |        | SPP   | SPGND 电平 |

## 语音合成算法

ML2216 系列包含 5 种算法以适应声音播放的特点：4bit ADPCM 2 算法，8bit PCM 算法，8bit 非线性 PCM 算法和 16bit PCM 算法。

各算法的关键特点如下表。

| 声音合成算法           | 应用波形        | 特点   |
|------------------|-------------|--|
| Oki 4bit ADPCM2  | 一般声音波形      | 优化 Oki 独有的 4-bit ADPCM 和波形 Follow-up 的合成算法 |
| Oki 8bit 非线性 PCM | 包含高频成分的音效等。 | 以相当于 10-bit 语音质量播放中幅度波形的算法。                |
| 8bit PCM         | 包含高频成分的音效等。 | 一般的 8bit PCM 算法                            |
| 16bit PCM        | 包含高频成分的音效等。 | 一般的 16bit PCM 算法                           |

### 存储器分配和创建声音数据

ROM 分成 4 个数据区：声音（即段）控制区，测试区，声音区和段控制表区。

声音控制区管理 ROM 中的声音数据。它控制声音数据的起始/结束地址，段控制表功能是否使用等等。

声音控制区存储 256 段的聲音控制数据。

测试区存储测试数据。

声音区存储实际的波形数据。

段控制表区存储为有效使用声音数据所需的数据。详细内容请参见“段控制表功能”。

如果不使用段控制表，则没有段控制表区。

用开发工具创建 ROM 数据。

ROM 地址(ML2216)

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| 0x00000      | 声音控制区<br>(固定为 16K 比特)  |
| 0x007FF      |                        |
| 0x00800      | 测试区                    |
| 0x00807      |                        |
| 0x00808      | 声音区                    |
| max: 0xFFFFF |                        |
| max: 0xFFFFF |                        |
| max: 0xFFFFF | 段控制表区<br>取决于 ROM 数据的创建 |

### 播放时间和存储器容量

播放时间取决于存储器容量，采样频率和播放模式。

关系式如下。

$$\text{播放时间[秒]} = \frac{1.024 \times (\text{存储器容量} - 16) \text{ (Kbit)}}{\text{采样频率 (kHz)} \times \text{bit 长}}$$

(bit 长：ADPCM, ADPCM 2 = 4bit, PCM = 8bit。)

举例：假设采样频率是 16kHz，用 4bit ADPCM 算法。如果使用 8MbitROM，那么播放时间由下式可得：

$$\text{播放时间} = \frac{1.024 \times (8192 - 16) \text{ (K 比特)}}{16 \text{ (kHz)} \times 4 \text{ (比特)}} \cong 131 \text{ (sec)}$$

上式的播放时间是未使用段控制表时的情况。

**段控制表功能**

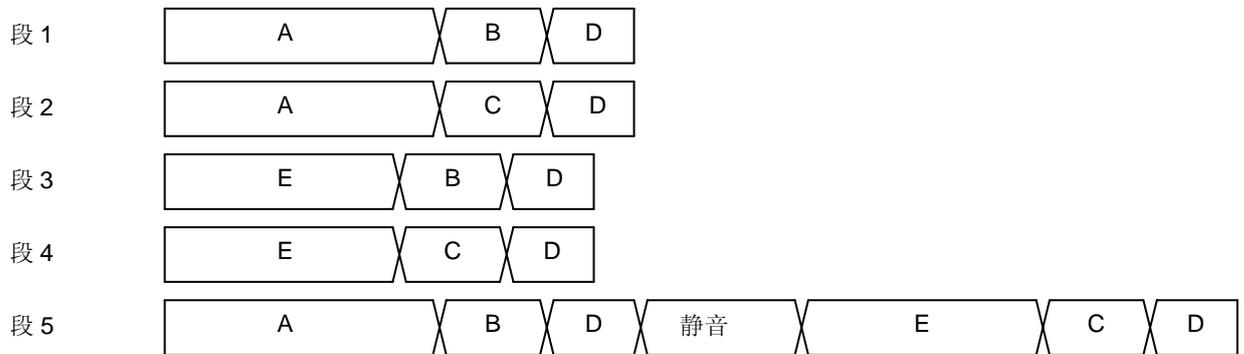
使用段控制表可以连续播放多段数据。使用段控制表则设置以下功能：

- 连续播放：对可指定的连续播放没有时间数量限制，仅取决于存储器容量。
- 静音插入功能：20 至 1024 ms

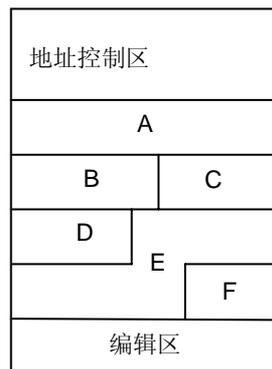
使用段控制表功能可以有效地利用声音 ROM 的存储容量。

下图是当使用段控制表时 ROM 构造的一个例子。

**例 1: 使用段控制表时的段**



**例 2: 例 1 中段转换到 ROM 中后 ROM 中的数据举例**



指令功能说明

1. PUP1 指令

• 指令 

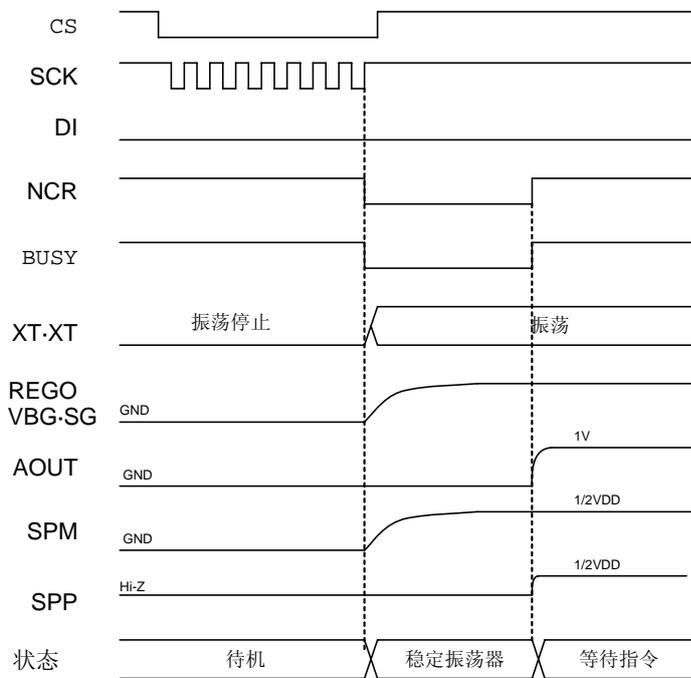
|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

PUP1 指令使 ML2216/ML22P16 从待机状态转为等待指令状态。

在待机状态，由于 ML2216/ML22P16 只能接收 PUP1 或 PUP2 指令，器件将忽略其它任何指令。

有以下三个条件中的任何一个，ML2216/ML22P16 将进入待机状态：

- 1)接入电源。
- 2)输入 RESET
- 3)输入待机指令后，当 NCR 和 BUSY 变为“H”电平。



输入 PUP1 指令后振荡器开始工作，经过大约 2ms 的振荡稳定时间，AOUT 输出从 GND 电平突然变为 1V 电平。因此，如果不做外部处理，AOUT 上的突变会导致风杂音。为了抑制风杂音，输入 PUP2 指令。输入 PUP1 指令后电压调整器和扬声器放大器开始工作。经过大约 2ms 的振荡稳定时间，SPP 从 GND 电平变为  $1/2V_{DD}$  电平。

稳定振荡器期间输入的指令将被忽略，但是，如果输入 RESET，ML2216/ML22P16 很快进入待机状态。

## 2. PUP2 指令

• 指令

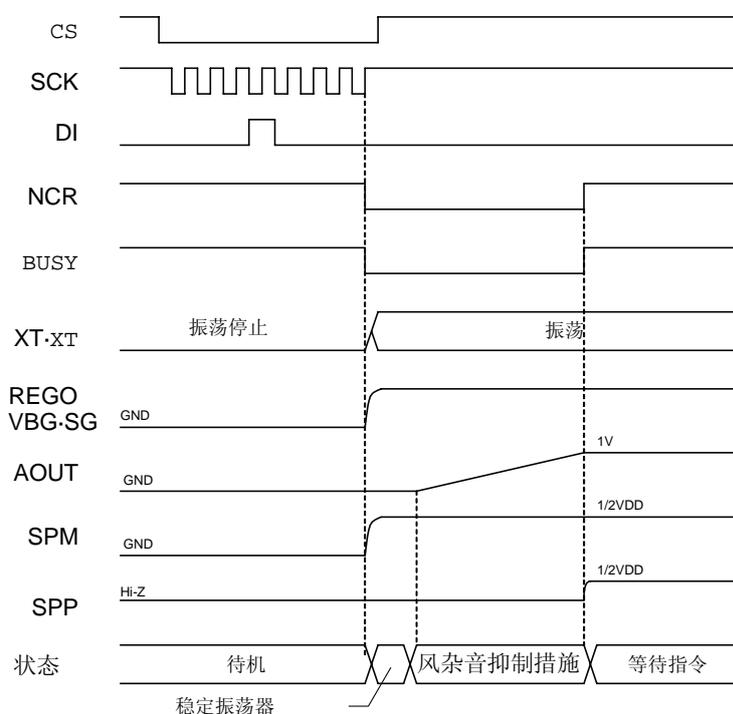
|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

PUP2 指令用来抑制待机时的风杂音并将 ML2216/ML22P16 转入等待指令状态。

因为 ML2216/ML22P16 在待机状态下只接收 PUP1 或 PUP2 指令，其它指令都会被忽略。

有以下三个条件中的任何一个，ML2216/ML22P16 将进入待机状态：

- 1) 接入电源。
- 2) 输入 RESET
- 3) 输入待机指令后，当 NCR 和 BUSY 变为“H”电平。



输入 PUP2 指令后振荡器开始工作，经过大约 2ms 的振荡稳定时间，AOUT 输出在大约 64ms 内逐渐从 GND 变为 1V 电平。

输入 PUP2 指令后，电压调整器和扬声器放大器开始工作。AOUT 输出达到约 1V 后，SPP 脚从 GND 电平变为  $1/2V_{DD}$  电平。

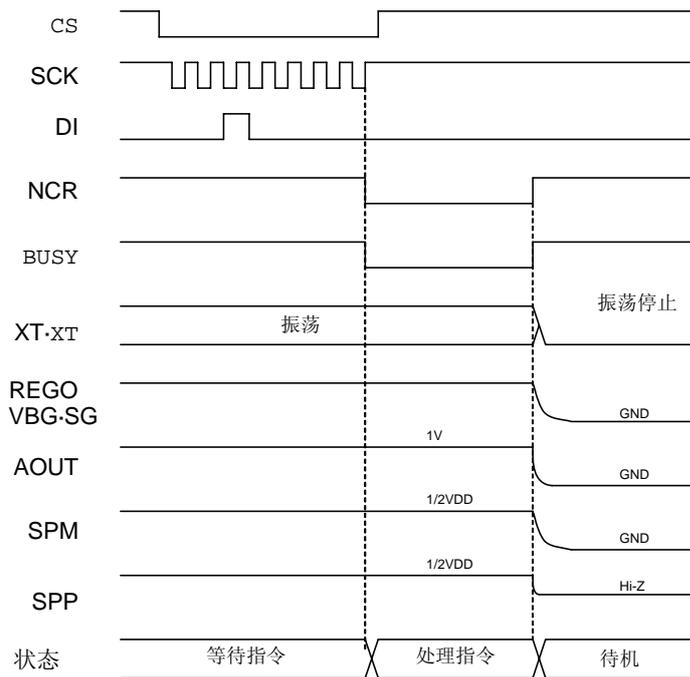
稳定振荡器和抑制风杂音期间输入的所有指令都会被忽略。但是，如果输入 RESET，ML2216/ML22P16 将很快进入待机状态。

### 3. PDWN1 指令

• 指令 

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

PDWN1 指令将 ML2216/ML22P16 从等待指令状态（NCR 和 BUSY 都为“H”）转变为待机状态。当 ML2216/ML22P16 转入待机状态后，如果要继续语音合成处理，先输入 PUP1 和 PUP2 指令，然后输入 PLAY 指令。



输入 PDWN1 指令并且经过 PDWN1 指令处理时间，振荡器停止振荡，AOUT 输出从 1V 突然变为 GND。如果 AOUT 输出没有外部处理，该突变会导致风杂音。要抑制该风杂音，输入 PDWN2 指令。输入 PDWN1 指令并且经过 PDWN1 指令处理时间，电压调整器和扬声器放大器停止工作。这时，SPP 输出为高阻态以防止风杂音。

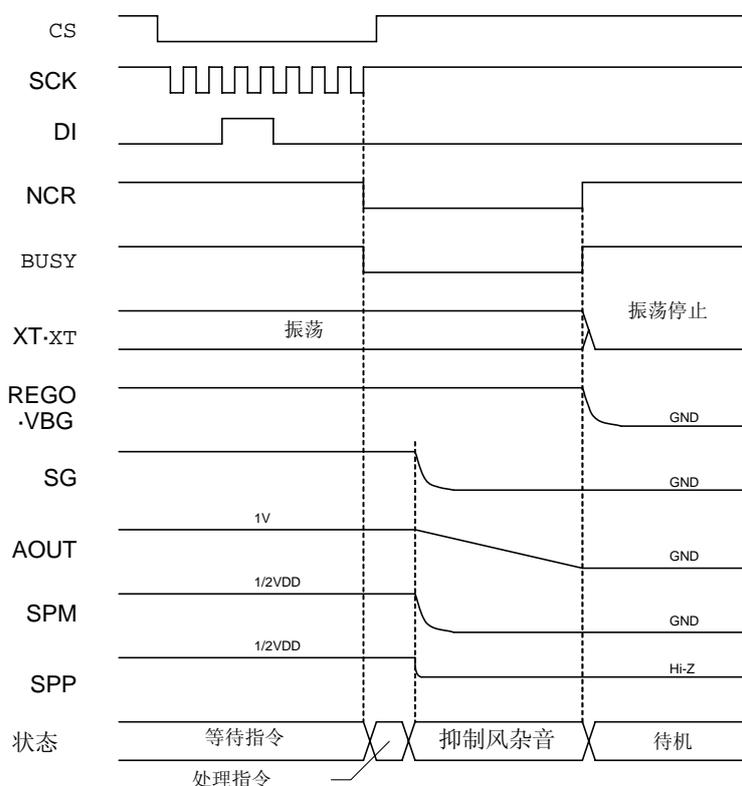
## 4. PDWN2 指令

•指令

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

PDWN2 指令用来抑制等待指令时（NCR 和 CUSY 都为“H”）的风杂音并将 ML2216/ML22P16 转入待机状态。

当 ML2216/ML22P16 转入待机状态后，如果要继续语音合成处理，先输入 PUP1 或 PUP2 指令，然后输入 PLAY 指令。



输入 PDWN2 指令并且经过 PDWN2 指令处理时间后，AOUT 输出在 64ms 内从 1V 逐渐变为 GND。

输入 PDWN2 指令并且经过 PDWN2 指令处理时间后，扬声器放大器输出停止工作。这时，SPP 输出是 high impedance 状态以防止风杂音。

抑制风杂音期间所有输入的指令将被忽略。但是，如果输入 RESET，ML2216/ML22P16 会很快进入待机状态。

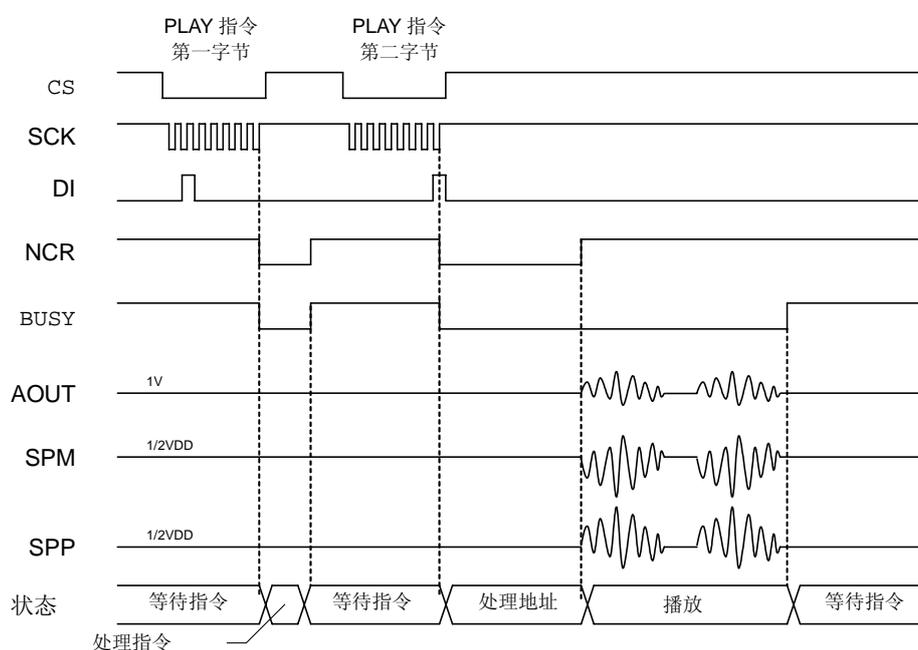
## 5. PLAY 指令

|      |    |    |    |    |    |    |    |    |      |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|------|
| • 指令 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 第一字节 |
|      | F7 | F6 | F5 | F4 | F3 | F2 | F1 | F0 | 第二字节 |

PLAY 指令是 2 字节指令。该指令首先输入播放指令，然后设置播放段。应在 NCR 信号是“H”电平时输入 PLAY 指令。

由于可以在建立存储语音数据的 ROM 时指定播放段（F7 至 F0），请在建立 ROM 时设置段。

下图所示为段（F7 至 F0=01H）播放时序。



输入 PLAY 指令的第一个字节后，经过指令处理时间，器件进入等待第二字节的状态。当输入第二个字节后，经过指令处理时间，器件从相应地址中读取段信息以播放。此后，开始播放，播放一直进行到指定的 ROM 地址，然后播放自动结束。

地址控制期间 NCR 保持“L”电平，地址控制结束并且开始播放后回到“H”电平。当 NCR 信号转为“H”电平，就可以输入下一个播放段的 PLAY 指令。

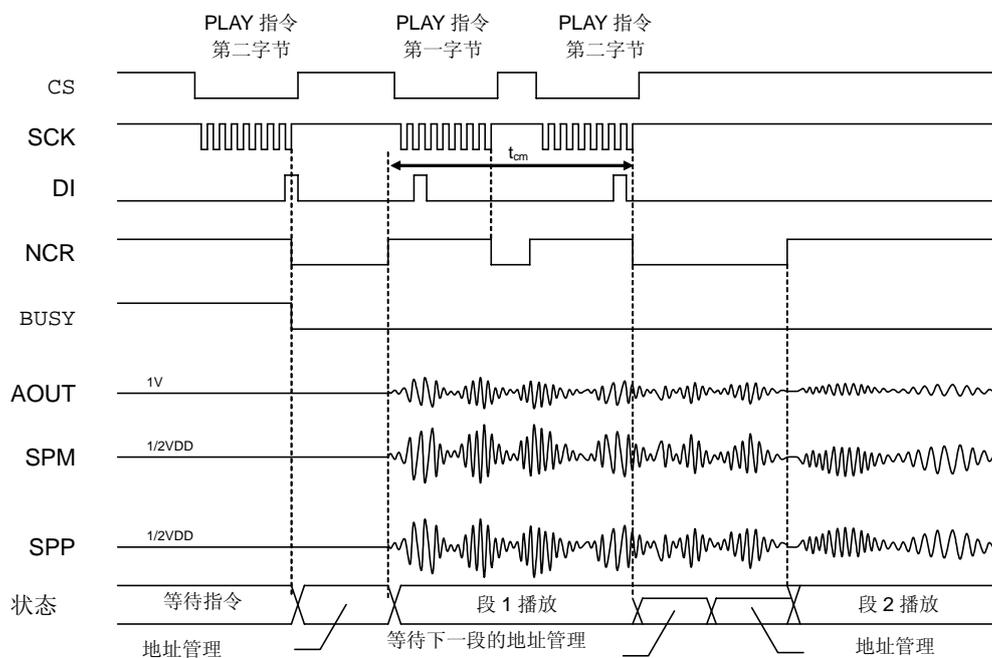
地址控制和播放期间 BUSY 信号保持“L”电平，播放结束后回到“H”电平。可以从 BUSY 信号电平得知是否在播放。

### 地址管理时间

输入 PLAY 指令后管理播放段地址的时间取决于用于播放前一段的最低采样频率。是 16 或 17 个采样周期。打开电源并输入 RESET 后，采样频率是 4 kHz。

### 为连续播放输入 PLAY 指令的时序

下图是当播放一段后紧接着播放下一段时输入 PLAY 指令的时序。



如上图所示，连续播放时，在 NCR 设为“H”电平后 10ms( $t_{cm}$ )内输入下一段的 PLAY 指令。这样，段之间就不会插入静音。

## 6. STOP 指令

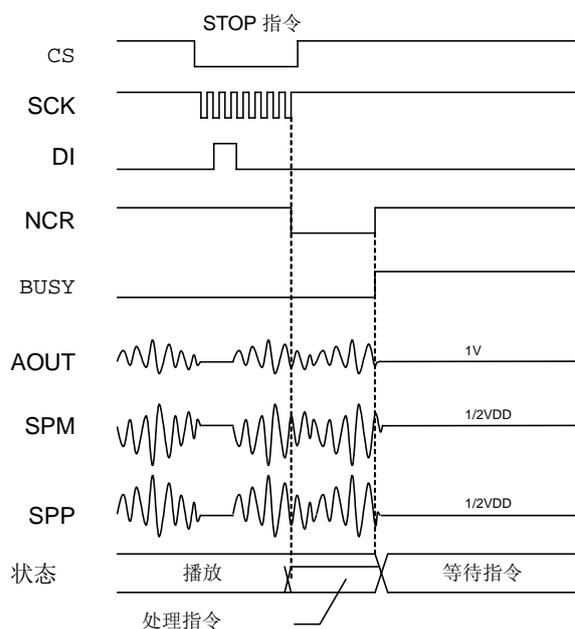
•指令

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

STOP 指令用来停止播放。当语音合成过程停止，该通道的 AOUT 输出变为  $1/4V_{DD}$ ，NCR 和 BUSY 转为“H”电平。

虽然可以不管播放 NCR 的状态而输入 STOP 指令，规定的指令间隔时间还是必要的。

注意：STOP 命令在 Power Down 时或变化为 Power Up 过程中或变化为 Power Down 的过程中视为无效。



如果执行输入的 STOP 指令，AOUT 输出将变为约 1V。因此可能会产生风杂音。用 VOL 指令把音量逐渐变小，然后输入 STOP 指令以防止风杂音。

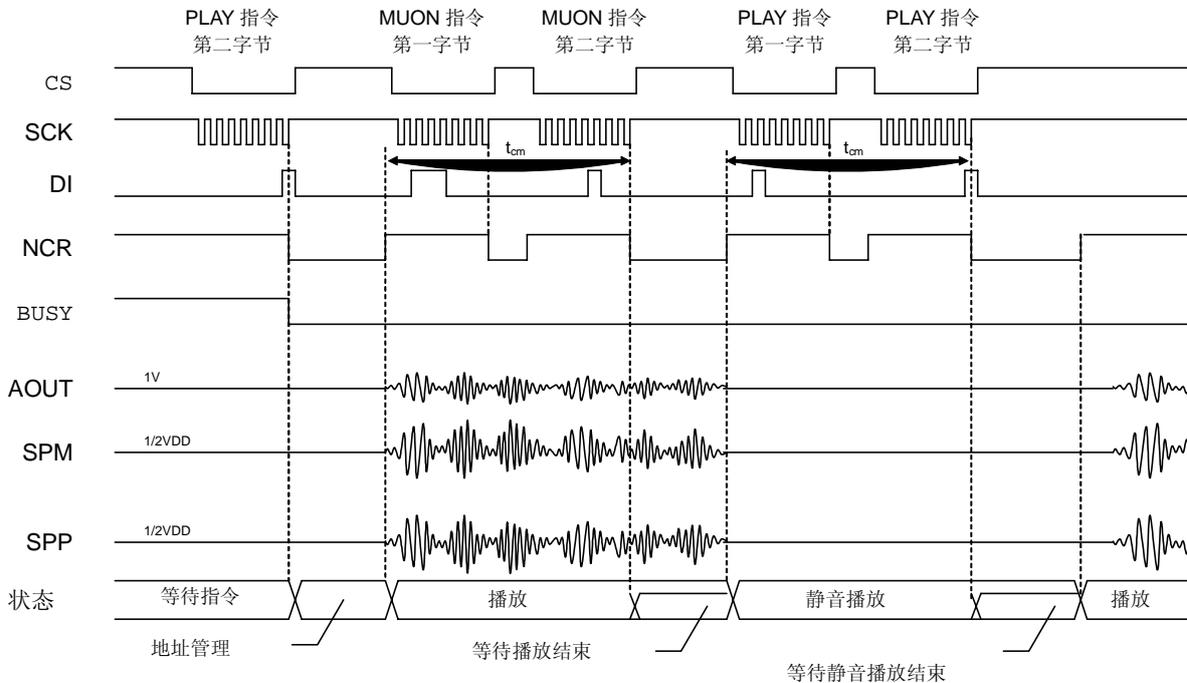
7. MUON 指令

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |      |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|
| •指令 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 第一字节 |
|     | M7 | M6 | M5 | M4 | M3 | M2 | M1 | M0 | 第二字节 |

MUON 指令是 2 字节指令。该指令在两个播放段之间插入静音。  
 该指令首先设置 MUON 指令，然后设置静音时长。应该在 NCR 是“H”电平时输入 MUON 指令。  
 静音时长 (M7 至 M0) 可以以 4ms 的间隔在 20ms 到 1024ms 之间设置 252 级。  
 设置静音时长的公式如下：  
 不过，请将静音时长 (M7 至 M0) 设置为 04h 或更大。

$$T_{mu} = (2^7 \times (M7) + 2^6 \times (M6) + 2^5 \times (M5) + 2^4 \times (M4) + 2^3 \times (M3) + 2^2 \times (M2) + 2^1 \times (M1) + 2^0 \times (M0) + 1) \times 4 \text{ ms}$$

以下时序图是在地址 (F7 至 F0=01H) 和地址 (F7 至 F0=01H) 的两个段之间插入 20ms 静音的例子。



当输入 PLAY 指令，段 1 的地址控制结束，段播放开始，NCR 信号变为“H”电平。NCR 变为“H”电平后输入 MUON 指令。输入 MUON 指令后，NCR 保持“L”电平直到段 1 播放结束，器件处于等待段 1 播放结束的状态。  
 当段 1 播放结束后，开始静音播放，NCR 变为“H”电平。NCR 变为“H”电平后，输入指定下一个播放段 1 的 PLAY 指令。  
 输入 PLAY 指令后，NCR 再次回到“L”电平，器件进入等待段 1 地址控制和静音播放结束的状态。  
 静音播放结束后，开始段 1 播放，NCR 信号变为“H”，器件进入可以输入下一个 PLAY 或 MUON 指令的状态。  
 从输入段 1 PLAY 指令一直到段播放结束，BUSY 信号保持“L”电平。

### 8. SLOOP 指令

•指令

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

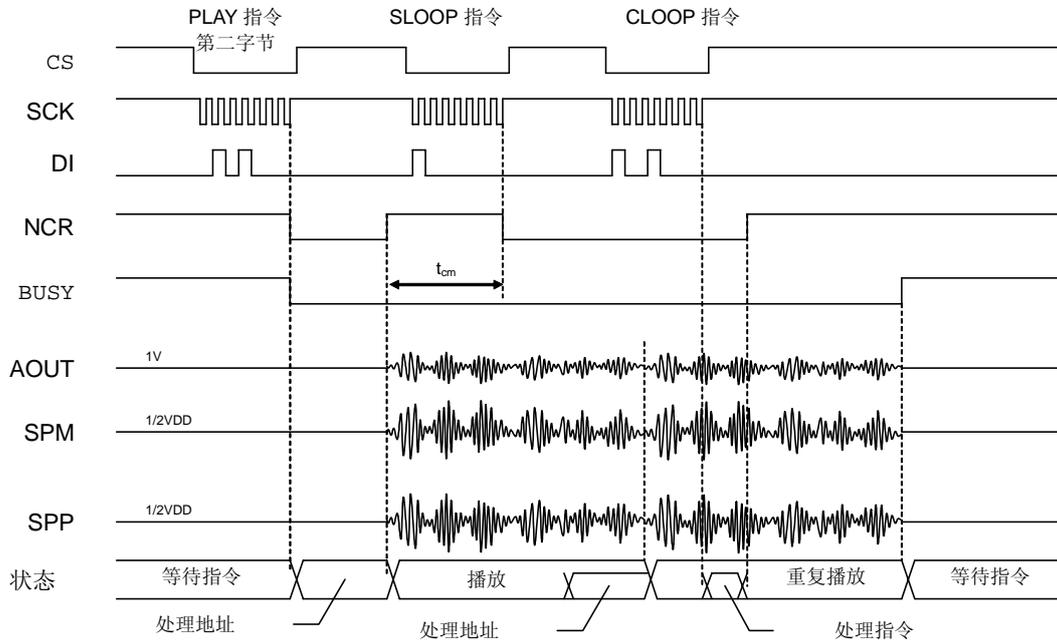
SLOOP 指令用来重复播放。CLOOP 指令用来复位重复播放。

因为 SLOOP 指令仅在播放期间有效，所以要确保输入 PLAY 指令之后输入 SLOOP 指令。当 NCRn=“H”时输入 SLOOP 指令。当设置了 LOOP 播放时，NCRn 是“L”电平。

一旦设置了 LOOP 播放，就会一直重复播放直到用 CLOOP 指令取消重复播放设置，或者到用 STOP 指令停止播放。对于使用编辑功能的段，编辑过的段会重复播放。

因为输入 STOP 指令会使重复播放复位，所以如果要重复播放，再输入 SLOOP 指令。

下图所示为重复播放时序图。



#### SLOOP 指令输入范围

在 NCR 设置为“H”之后 10ms( $t_{cm}$ )内输入下一段的 SLOOP 指令。如果 SLOOP 指令是在这一时间内输入的则有效，执行重复播放。

## 9. CLOOP 指令

•指令 

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

CLOOP 指令使重复播放复位。

当重复播放复位后，NCR 变为“H”电平。

可以不管 NCR 的状态输入 CLOOP 指令，但规定的指令时间间隔是必需的。

### CLOOP 指令输入时序

根据重复播放时输入 CLOOP 指令的时间，重复播放可能在当前播放段的末尾结束，或者在再重复播放该段一次之后结束。

此差别是由于重复播放和普通连续播放所需的共同过程所引起的。如果 CLOOP 指令输入时，段中剩余的语音数据少于地址管理所需的采样周期数，待播放段（此时是同一段）的地址管理已经开始。地址管理的结果是自动播放下一段，CLOOP 指令直到重复结束才生效。

没有最后一次重复播放而复位重复播放所必须输入 CLOOP 指令的时间，和连续播放时段之间不插入静音输入 PLAY 指令的时间一样，如下表所示：

| 播放模式              | CLOOP 输入时间<br>播放段中剩余的语音数据 |
|-------------------|---------------------------|
| 4bit Oki ADPCM2   | 第 35 个采样样本或之前             |
| 8bit 非线性/ 8bitPCM | 第 18 个采样样本或之前             |
| 16bit PCM         | 第 18 个采样样本或之前             |

如果第二段的 CLOOP 指令在上表中的采样样本数之前输入，在当前播放段的末尾结束重复播放。

## 10. VOL 指令

•指令

|   |   |   |   |    |    |    |    |
|---|---|---|---|----|----|----|----|
| 1 | 0 | 1 | 0 | V3 | V2 | V1 | V0 |
|---|---|---|---|----|----|----|----|

VOL 指令用来调整音量。可以不管播放的 NCR 状态而输入 VOL 指令，但规定的指令间隔时间是必需的。  
注意：VOL 指令在 Power Down 时或变化为 Power Up 过程中或变化为 Power Down 的过程中视为无效。

音量可以分 16 级设置。复位后初始的音量是 0dB。待机和输入 STOP 指令时的音量设置被保持。

音量设置如下 (V3 至 V0):

| V3 | V2 | V1 | V0 | 音量        |
|----|----|----|----|-----------|
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0 dB      |
| 0  | 0  | 0  | 1  | -0.63 dB  |
| 0  | 0  | 1  | 0  | -1.31 dB  |
| 0  | 0  | 1  | 1  | -2.05 dB  |
| 0  | 1  | 0  | 0  | -2.85 dB  |
| 0  | 1  | 0  | 1  | -3.74 dB  |
| 0  | 1  | 1  | 0  | -4.73 dB  |
| 0  | 1  | 1  | 1  | -5.85 dB  |
| 1  | 0  | 0  | 0  | -7.13 dB  |
| 1  | 0  | 0  | 1  | -8.64 dB  |
| 1  | 0  | 1  | 0  | -10.45 dB |
| 1  | 0  | 1  | 1  | -12.76 dB |
| 1  | 1  | 0  | 0  | -15.92 dB |
| 1  | 1  | 0  | 1  | -20.90 dB |
| 1  | 1  | 1  | 0  | -33.98 dB |
| 1  | 1  | 1  | 1  | OFF       |

11. SPKR 指令

•指令

|   |   |   |   |   |   |    |    |
|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | OP | PD |
|---|---|---|---|---|---|----|----|

SPKR 指令用来控制扬声器放大器的待机。

当 PD 位是“L”电平，扬声器放大器是加电状态。

当 OP 位是“L”电平，经过大约 2ms 的稳定时间，扬声器放大器是加电状态。

当 OP 位是“H”电平，经过大约 66ms 的稳定时间，扬声器放大器是加电状态。

不过，当 PDWN1 和 PDWN2 指令使 ML2216/ML22P16 变为待机状态时，扬声器放大器也处于待机状态。

当 PD 位是“H”电平时，扬声器放大器是待机状态。即使使用 PUP1 和 PUP2 指令，扬声器放大器也会保持待机状态，直到再用 SPKR 指令设置 PD 位为“L”。

复位后，PD 位和 OP 位设置为“L”电平。

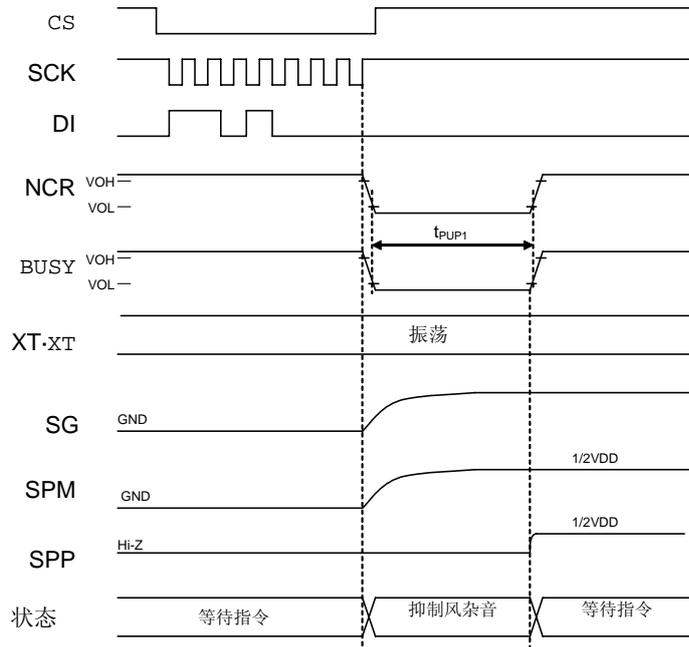
不管 OP 为是什么状态，当 PD 位是“H”电平时，经过指令处理时间，进入待机状态。

仅当 NCR=“H”和 BUSY=“H”时可以输入 SPKR 指令。

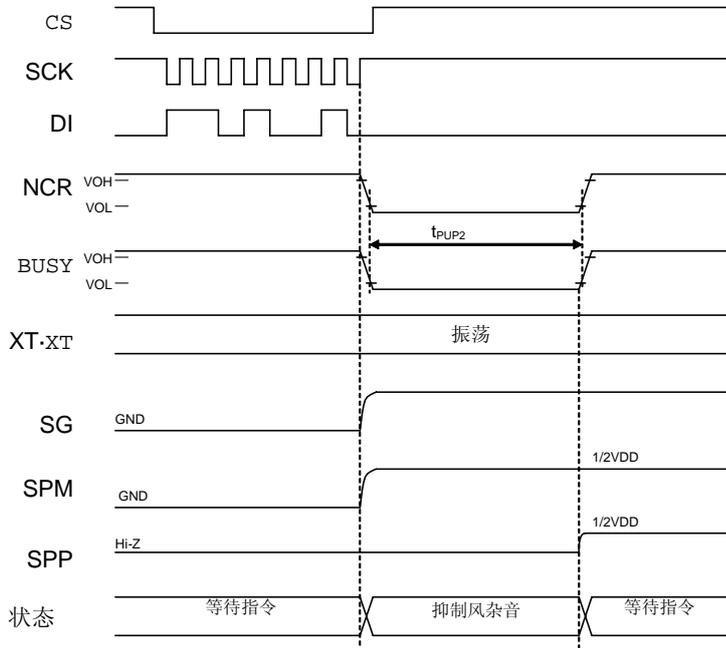
注意：SPKR 指令在 Power Down 时或变化为 Power Up 过程中或变化为 Power Down 的过程中视为无效。

扬声器放大器加电时序（当 PD=“0”）

当 OP=“0”

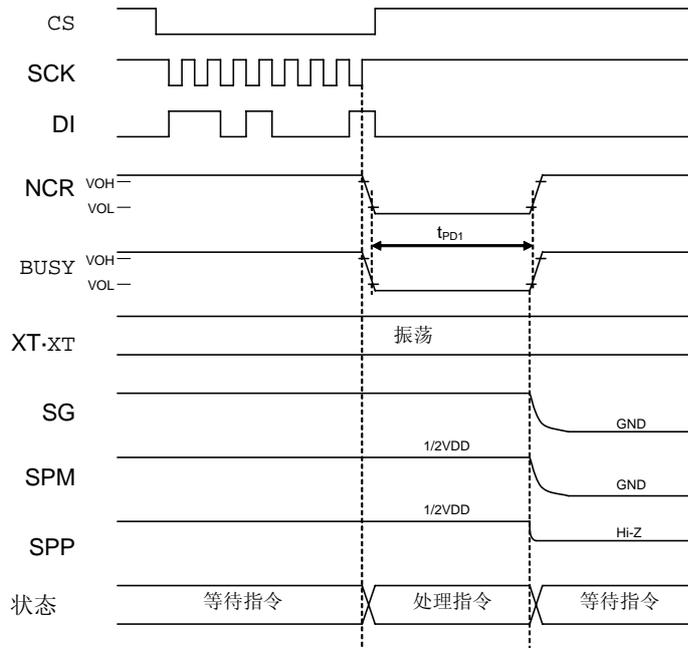


当 OP= “1”



扬声器放大器加电时序（当 PD 位= “1”）

当 OP 位= “0” 或 OP 位= “1”



•扬声器放大器状态

| PD 位 | 输入 PDWN1,2 指令 | 输入 PUP1,2 指令 | SPKR 指令 |
|------|---------------|--------------|---------|
| 0    | 待机            | 加电           | 加电      |
| 1    | 待机            | 待机           | 待机      |

等待指令时可以输入 SPKR 指令。

### VBG 和 SG 处理

VBG 是内置电压调整器和 D/A 转换器的标准电压。SG 是内置扬声器放大器的信号地。在这些引脚和 AGND 之间连接一个电容，以免噪声影响。

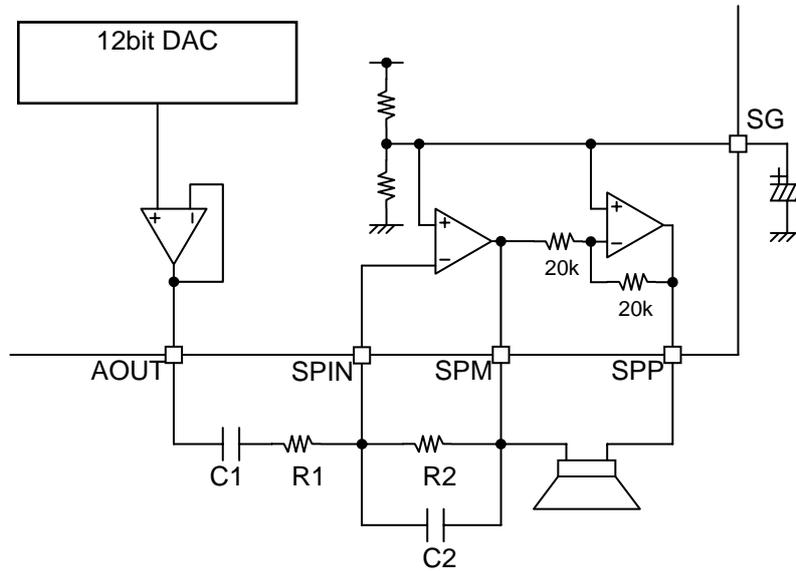
推荐的电容容量如下。不过，应根据实际系统情况决定容量。

此外，在各输出电压稳定后，开始播放。

| 引脚  | 推荐电容值                 | 注意   |
|-----|-----------------------|--|
| VBG | 150pF $\pm$ 10%       | 连接容量越大的话，调整器输出 REGO 端电压，AOUT 端输出电压的稳定时间越长。 |
| SG  | 4.7 $\mu$ F $\pm$ 20% | 连接容量越大的话，扬声器放大器输出 SPM, SPP 端电压的稳定时间越长。     |

### 扬声器放大器的外部电路组成方法

如下图所示，连接了外部电阻和一个扬声器。



电压增益 AV1 可由以下公式计算。

$$AV1 = \frac{R2}{R1} \quad [V/V]$$

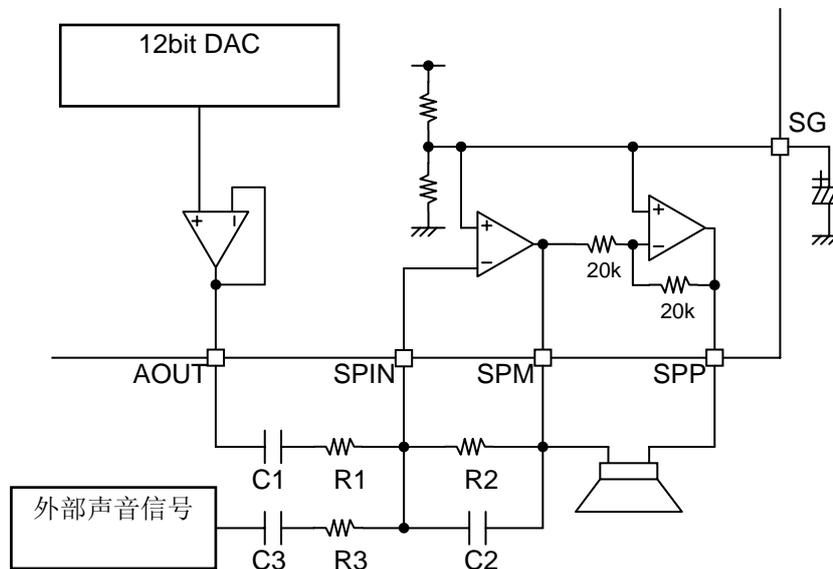
低端截止频率 fc1 可由以下公式计算。

$$fc1 = \frac{1}{2 \times \pi \times C1 \times R1} \quad [Hz]$$

高端截止频率 fc2 可由以下公式计算。

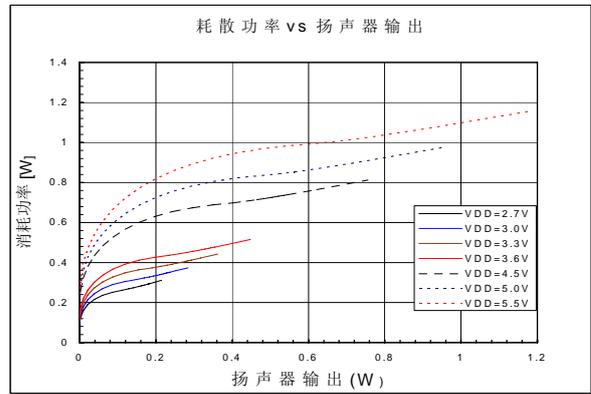
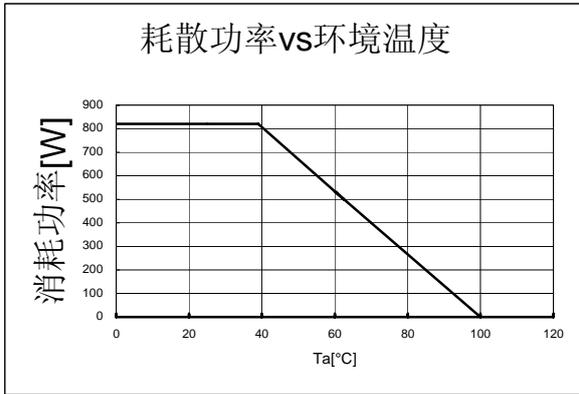
$$fc2 = \frac{1}{2 \times \pi \times C2 \times R2} \quad [Hz]$$

当和外部声音信号混合时，外部电路构造如下图。

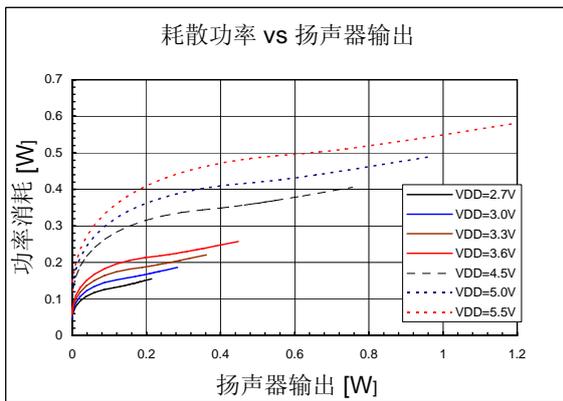


推荐耗散功率

推荐耗散功率如下。



当工作负载是 100%时, 耗散功率=消耗功率  
 当工作负载是 50%时, 参见下图。



使用举例。

当设扬声器输出是 0.6 W 并且工作负载是 50%，在 62.5°C 或更低的环境温度下使用 ML2216。

## 电源处理

ML2216/ML22P16 的电源分为以下三种。

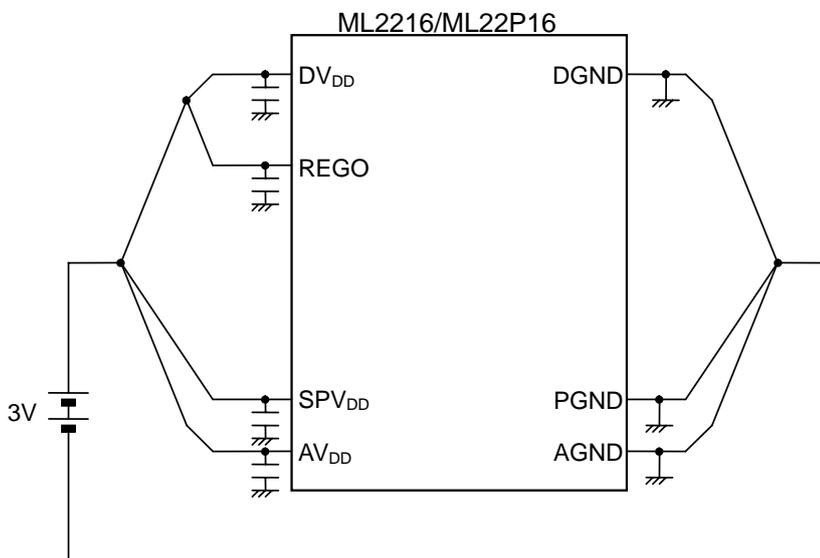
数字电源 (DV<sub>DD</sub>)

模拟电源 (AV<sub>DD</sub>)

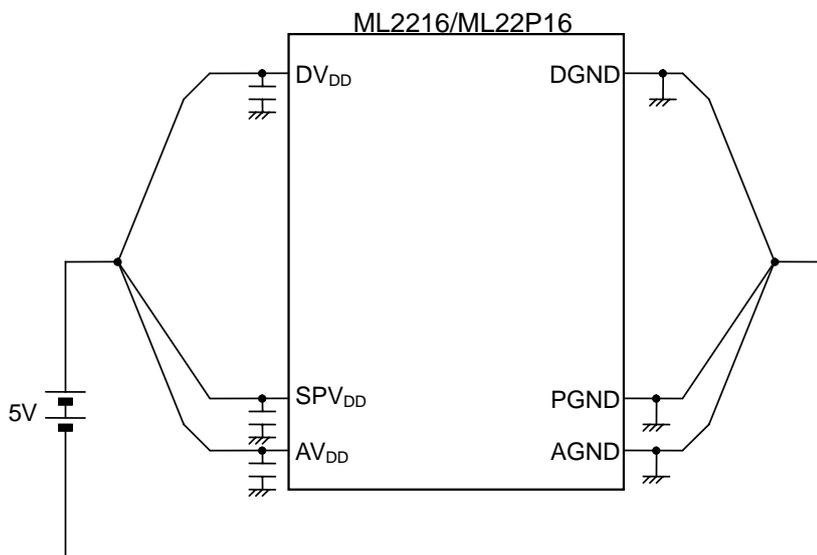
扬声器放大器电源 (SPV<sub>DD</sub>)

如下图所示，用同一电源供电给 DV<sub>DD</sub>、SPV<sub>DD</sub> 和 AV<sub>DD</sub>，从同一线路引出并分成模拟系统电源和数字系统电源。

当 DV<sub>DD</sub> = AV<sub>DD</sub> = SPV<sub>DD</sub> = 3.0V

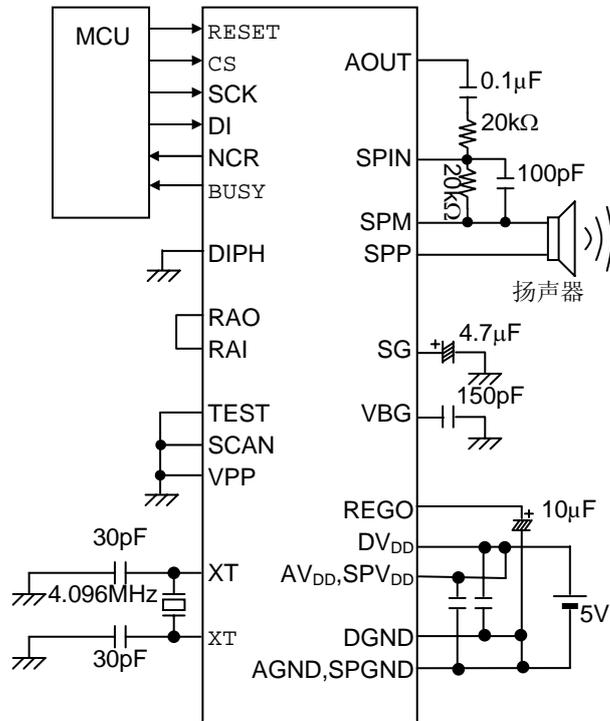


当 DV<sub>DD</sub> = AV<sub>DD</sub> = SPV<sub>DD</sub> = 5.0V

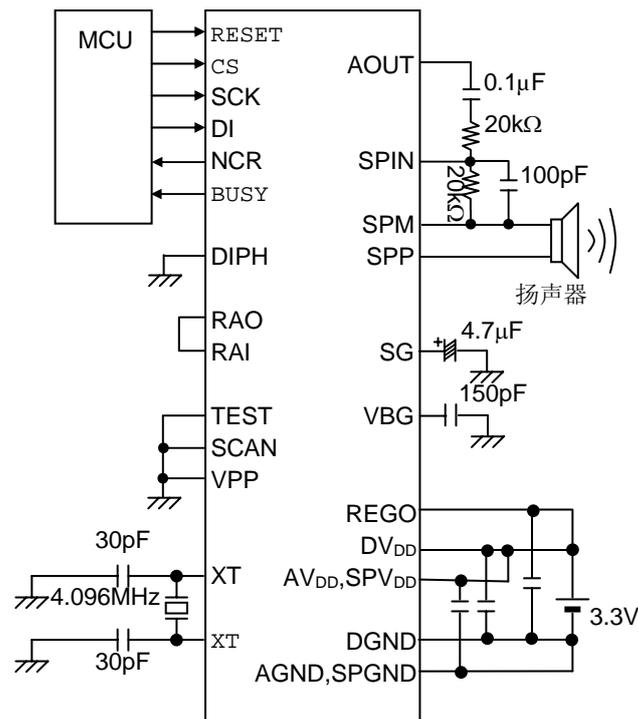


应用电路举例(ML2216)

当  $DV_{DD} = AV_{DD} = SPV_{DD} = 5.0V$

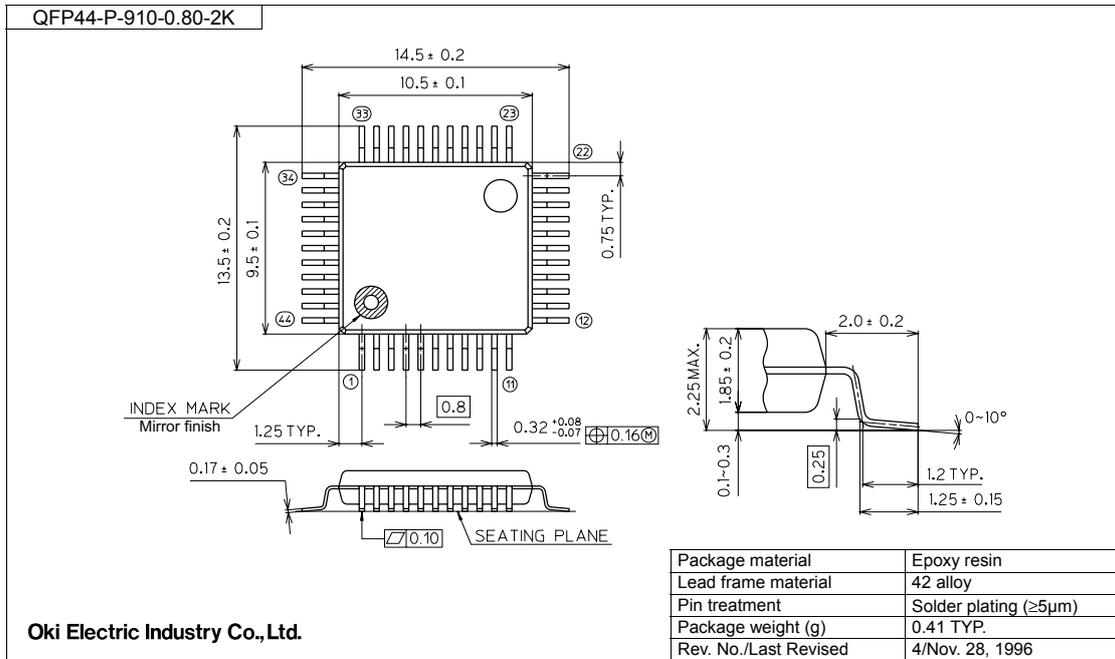


当  $DV_{DD} = AV_{DD} = SPV_{DD} = 3.0V$



封装尺寸

(Unit: mm)



安装 SMD (Surface Mount Device) 类型封装的注意点

SMD 类型封装对再流焊的热度和贮存时的湿度十分敏感。因此，请在再流焊安装之前与冲电气的相关销售人员联系，确认产品名，封装名，引脚数，封装代码和要求的安装条件（再流焊方法，温度和时间）。

## 版本修订

| 文件编号            | 日期            | 页   |     | 说明                    |
|-----------------|---------------|-----|-----|-----------------------|
|                 |               | 前一版 | 当前版 |                       |
| PEDL2216FULL-01 | Jun. 30, 2005 | -   | -   | Preliminary edition 1 |
| FEDL2216FULL-02 | Nov. 22, 2005 |     |     | Preliminary edition 2 |