

数字电子琴

该电路使用到交流蜂鸣器和时钟电路，相关电路原理参考“3.1.7 交流蜂鸣器”和“3.1.4 时钟电路(CLK)”

音乐的十二平均率规定：每两个八度音(如简谱种的中音1与高音1)之间的频率相差一倍。在两个八度音之间，又可以分为十二个半音，每两个半音的频率比为2的12次方根。另外音名A(简谱种的低音6)的频率为440Hz，音名B到C之间、E到F之间为半音，其余为全音。由此可以计算出简谱种从低音1只高音1之间的每个音名的频率，如下表：

| 音名 | 频率 | 分频系数 | 音名 | 频率 | 分频系数 |
|------|--------|------|------|---------|------|
| 低音 1 | 261.63 | 528F | 中音 5 | 783.99 | 1B8D |
| 低音 2 | 293.67 | 498D | 中音 6 | 880.00 | 188B |
| 低音 3 | 329.63 | 4187 | 中音 7 | 987.76 | 15DE |
| 低音 4 | 349.23 | 3DD9 | 高音 1 | 1046.50 | 14A3 |
| 低音 5 | 391.39 | 3730 | 高音 2 | 1174.66 | 1263 |
| 低音 6 | 440.00 | 3117 | 高音 3 | 1318.51 | 1061 |
| 低音 7 | 493.88 | 2BBC | 高音 4 | 1396.92 | F76 |
| 中音 1 | 523.25 | 2947 | 高音 5 | 1567.98 | DC6 |
| 中音 2 | 587.33 | 24C6 | 高音 6 | 1760.00 | C45 |
| 中音 3 | 659.25 | 20C3 | 高音 7 | 1975.52 | AEF |
| 中音 4 | 698.46 | 1EEC | | | |

由于音阶多为非整数，而分频系数又不能为小数，故必须将计算得到的分频系数四舍五入取整。若基准频率过低，则由于分频系数过小，四舍五入取整后的误差较大；若基准频率过高，虽然误码差变小，但分频结构将变大。设计应该综合考虑两方面的因数，在尽量减少误码差的前提下取合适的基准频率，本例中取基准频率为11.0592MHz，对

应的分频系数如上面表格 (DEC2HEX(11059200/B2/2))。

功能描述：用 CPLD 来实现电子琴的功能，拨位开关来控制低音、中音还是高音，

如果 SW3SW2SW1=001 (二进制)，那么为低音

如果 SW3SW2SW1=010 (二进制)，那么为中音

如果 SW3SW2SW1=100 (二进制)，那么为高音

其他，蜂鸣器不发音

按钮 SN(N=1、2、3、4、5、6、7)按下，那么就发对应音名 N

电子琴靠一个交流蜂鸣器来发出声音，频率不同那么发出的声音也不同，从而实现电子琴的功能 (低音只有 5、6、7 有效)

源程序：(GUIDE 光盘/samples/ORGAN/organ.v)

```
//数字电子琴，organ.v  
  
//DOWNLOAD FROM WWW.HUSOON.COM  
  
module organ(SW, S, CLK, SPEAK);  
  
    input CLK;  
  
    input [7:1] S;  
  
    input [3:1] SW;  
  
    output SPEAK;  
  
    reg SPEAK_REG;  
  
    reg [19:0] COUNTER, COUNTER_END;  
  
    reg[7:1] S_REG;
```

```

always @ (posedge CLK)

begin

    COUNTER=COUNTER+1;

    if((COUNTER==COUNTER_END)&!(COUNTER_END==20'hffff0))

        begin

            COUNTER=20'h00000;

            SPEAK_REG=! SPEAK_REG;

        end

    else if(COUNTER_END==20'hffff0) SPEAK_REG=0;

end

always @ (S)

begin

    S_REG=~S;

    if(SW==3'b001)

    case(S_REG)

        //7'b0000001: COUNTER_END=20'h528F;      //低音 1 的分频系数值

        //7'b0000010: COUNTER_END=20'h498D;    //低音 2 的分频系数值

        //7'b0000100: COUNTER_END=20'h4187;    //低音 3 的分频系数值

        //7'b0001000: COUNTER_END=20'h3DD9;    //低音 4 的分频系数值

        7'b0010000: COUNTER_END=20'h3730;      //低音 5 的分频系数值

        7'b0100000: COUNTER_END=20'h3117;      //低音 6 的分频系数值

        7'b1000000: COUNTER_END=20'h2BBC;      //低音 7 的分频系数值

        default: COUNTER_END=20'hffff0;
    endcase
end

```

```

endcase

else if(SW==3' b010)

case(S_REG)

7' b0000001: COUNTER_END=20' h2947; //中音 1 的分频系数值
7' b0000010: COUNTER_END=20' h24C6; //中音 2 的分频系数值
7' b0000100: COUNTER_END=20' h20C3; //中音 3 的分频系数值
7' b0001000: COUNTER_END=20' h1EEC; //中音 4 的分频系数值
7' b0010000: COUNTER_END=20' h1B8D; //中音 5 的分频系数值
7' b0100000: COUNTER_END=20' h188B; //中音 6 的分频系数值
7' b1000000: COUNTER_END=20' h15DE; //中音 7 的分频系数值

default: COUNTER_END=20' hffff0;

endcase

else if(SW==3' b100)

case(S_REG)

7' b0000001: COUNTER_END=20' h14A3; //高音 1 的分频系数值
7' b0000010: COUNTER_END=20' h1263; //高音 2 的分频系数值
7' b0000100: COUNTER_END=20' h1061; //高音 3 的分频系数值
7' b0001000: COUNTER_END=20' hF76; //高音 4 的分频系数值
7' b0010000: COUNTER_END=20' hDC6; //高音 5 的分频系数值
7' b0100000: COUNTER_END=20' hC45; //高音 6 的分频系数值
7' b1000000: COUNTER_END=20' hAEF; //高音 7 的分频系数值

default: COUNTER_END=20' hffff0;

```

```

endcase

else if((SW==0) | (SW==3) | (SW==5) | (SW==6) | (SW==7))

//else

COUNTER_END=20'hffff0;

end

assign SPEAK=SPEAK_REG;

endmodule

```

操作：将该文件在 MAXPLUS 中写出、保存、编译，连后选定芯片 EPM7128SLC84-15, 并按下表指定管脚

| | |
|-------|----|
| S7 | 75 |
| S6 | 74 |
| S5 | 70 |
| S4 | 69 |
| S3 | 68 |
| S2 | 67 |
| S1 | 64 |
| SPEAK | 22 |
| CLK | 83 |
| SW3 | 52 |
| SW2 | 55 |
| SW1 | 65 |

再编译、仿真、下载，并把排针 JP2、JP4 对应脚用跳冒插上，J2 上时钟选择 11.0592MHz, 再把 SW2 拨到高（SW1 和 SW3 为低, 高为下方，低为上方，和 HS101 不同），按动按钮你将听到中音不同音名的不同

声音；同样你把 SW3 拨到高（SW1 和 SW2 为低），按动按钮你将听到高音不同音名的不同声音；把 SW1 拨到高（SW3 和 SW2 为低），按动按钮 S5 ~ S7 你将听到低音不同音名的不同声音

注意：

1. 程序在低音段去掉了四个音名，那是因为芯片空间不够，但该电路并不复杂，所用到的宏单元应该不多，可能和设计优化有关。

2. 程序 if 语句最后没有用 else，而是用 else if，这是应为这样占用的芯片宏单元少，对于为什么这样，可能和软件 MAXPLUS 本身有关

3. `S_REG--S;` 是因为 HS102 型 FPGA/CPLD 实验板的按钮默认状态和 HS101 型 FPGA/CPLD 实验板的按钮默认状态相反，我们用这个语句就可以避免下面程序中大面积更改，这也是以后我们设计中的一个技巧。

4. 同样的程序我们在 MAXPLUS 编译下载后可以正常运行，但在 QUARTUS 中运行不了，这可能和软件有关。

上面这是我们设计中遇到的问题，我们由于水平有限只是提出并回避了问题，希望能解决的读者把解决的办法提供给我们

(www.husoon.com)，以便更多人学会解决，我们将不胜感激。