



南京邮电大学
Nanjing University of Posts and Telecommunications

电工电子实验报告

课程名称: 电工电子实验

实验项目: D/A 转换电路实验

学 院: 贝尔英才学院

班 级:

学 号:

姓 名:

学 期: 2021-2022 学年第 二 学期

D/A 转换电路实验

一、实验目的

1. 了解 D/A 转换器的基本工作原理和基本结构。
2. 掌握大规模集成 D/A 转换器的功能及其典型应用。
3. 掌握综合型电路的调测方法。

二、预习要求

1. 复习 D/A 转换器的结构和工作原理。
2. 熟悉 DAC0832 芯片各引脚的功能和使用方法。
3. 根据实验内容,画出完整的实验电路图和实验记录表格。

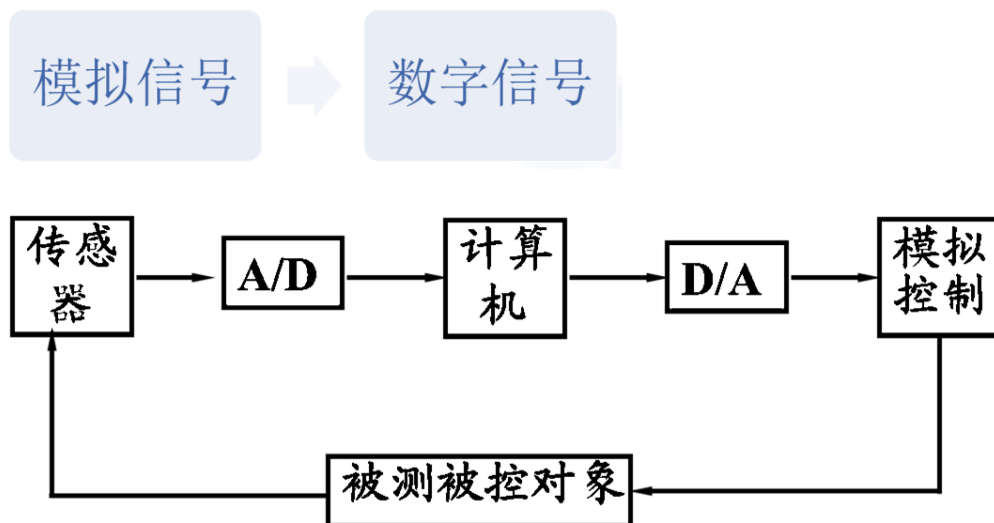
三、实验仪器

ISE14.7 仿真软件

四、实验原理

1. D/A 转换器—DAC0832

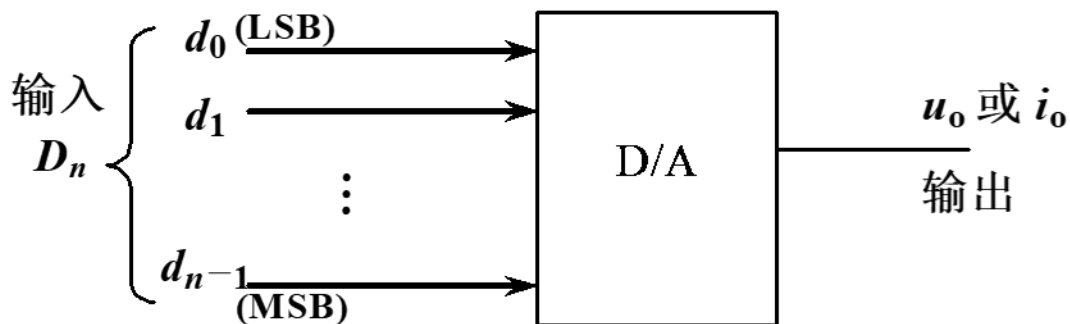
数模转换器（D/A）的作用是将数字信号转换成模拟信号并且以电压或电流的形式输出的一种 MSI 器件。



上图中能够将模拟量转换为数字量的器件称为模数转换器，简称 A/D 转换器或 ADC。能够将数字量转换为模拟量的器件称为数模转换器，简称 D/A 转换器或 DAC。

其中：D/A 转换是将输入的二进制数字量转换成模拟量，它实质上是一个译码器，其输出模拟电压 U_0 和输入数字量 D 之间成正比关系。 U_{ref} 为参考电压。

$$U_0 = KDU_{ref}$$



由于构成数字代码的每一位都有一定的“位权”，因此为了将数字量转换成模拟量，就必须将每一位代码按其“权”转换成相应的模拟量，然后再将代表各位的模拟量相加即可得到与该数字量成正比的模拟量。

$$D = D_{n-1} \cdot 2^{n-1} + D_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + D_0 \cdot 2^0$$

$$= \sum_{i=0}^{n-1} D_i 2^i$$

则模拟电压 U_0 为：

$$u_o = KU_{REF} \sum_{i=0}^{n-1} D_i 2^i$$

其中， U_{ref} 为参考电压。

(1)按图 7-13 所示的原理图接线,电路接成直通方式,即 \overline{CS} 、 $\overline{WR_1}$ 、 $\overline{WR_2}$ 、 \overline{XFER} 接地; ALE 、 V_{CC} 、 V_{REF} 接+5v 电源;运放电源接 $\pm 15V$;D0~D7 接逻辑开关的输出插口,输出端 V_o 接直流数字电压表

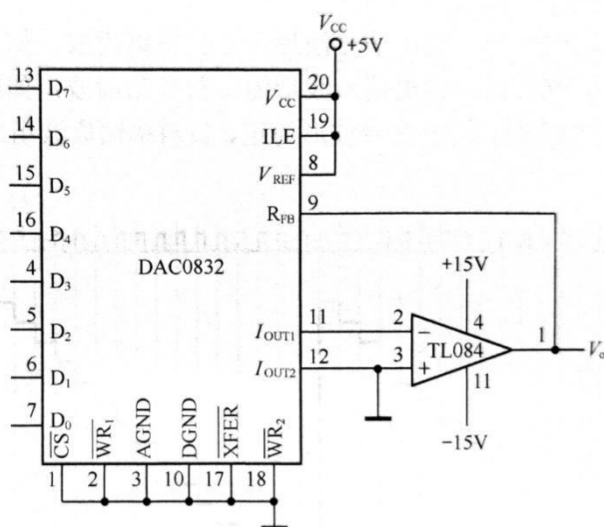


图 7-13 实验原理图

(2) 按表所列的输入数字信号,用数字电压表测量运放的输出电压 V_o ,并将测量结果填入表 7-2 中,并与理论值进行比较。

表 7-2 DAC0832 的输入数字量和输出模拟量

输入数字量								输出模拟量 $V_o(V)$
D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0	$V_{CC} = +5V$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0. 017
0	0	0	0	0	0	1	0	0. 033
0	0	0	0	0	1	0	0	0. 067
0	0	0	0	1	0	0	0	0. 13
0	0	0	1	0	0	0	0	0. 27
0	0	1	0	0	0	0	0	0. 53
0	1	0	0	0	0	0	0	1. 07
1	0	0	0	0	0	0	0	2. 13
1	1	1	1	1	1	1	1	4. 25

2.设计一个可编程波形发生器

(1)系统结构要求

可编程波形发生器的整体方框图如图 7-14 所示,其中 K1 和 K2 是用于控制输出信号波形的编程开关.

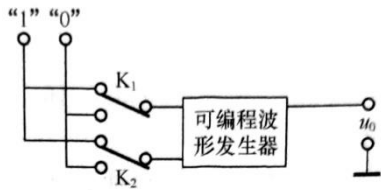


图 7-14 可编程波形发生器的整体方框图

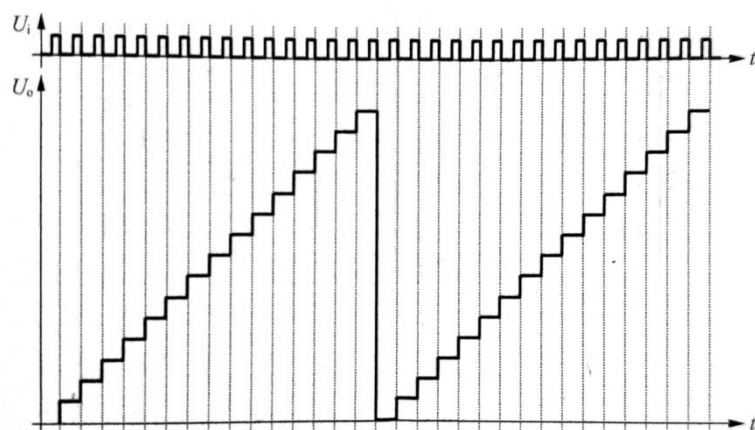
(2)电气指标要求。

①输出信号波形受 K1 和 K2 控制。

当 K1 为 “0” ,K2 为 “1” 时,输出信号波形为正斜率锯齿波,如图 7-15(a)所示;

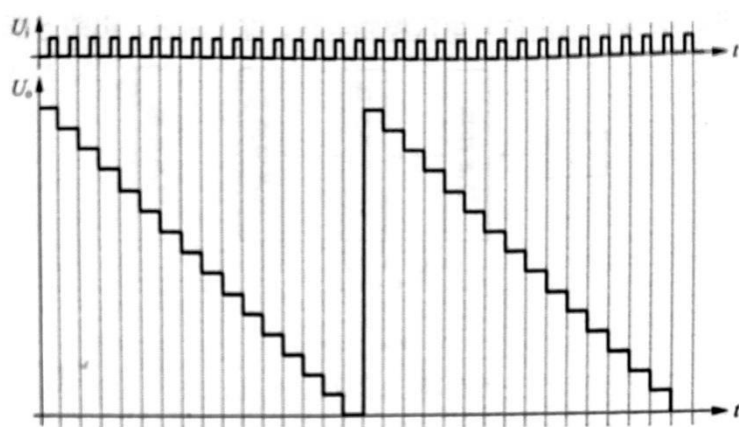
当 K1 为 “1” ,K2 为 “0” 时;输出信号波形为负斜率锯齿波,如图 7-15(b)所示;

当 K1 为 “1” ,K2 为 “1” 时输出信号波形为正、负斜率锯齿波组成的三角波,如图 7-15(c)所示。

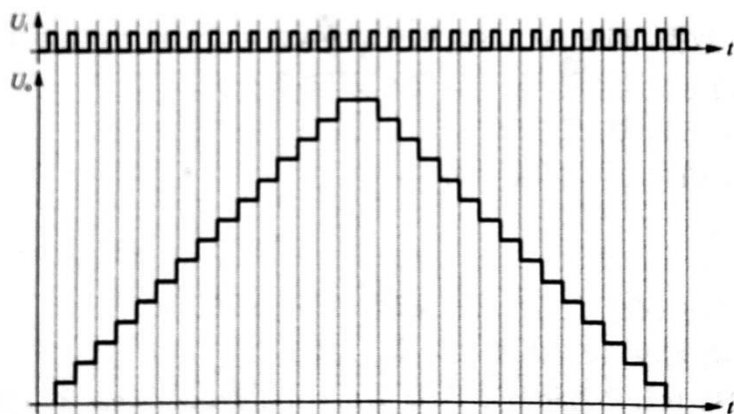


(a) K_2K_1 为 “01”

图 7-15 (接下页)



(b) K_2K_1 为 “10”



(c) K_2K_1 为 “11”

图 7-15 可编程波形发生器的输出波形

②输出信号的频率。锯齿波为 $f_1=1\text{kHz}$,三角波为 $f_2=0.5\text{kHz}$ 。

③锯齿波和三角波正、负斜率部分的阶梯数,均等于或大于 16 个。

④输出幅度 V_o 在 $0\text{V}\sim 2\text{V}$ 间可调。

(3)设计条件。

①电源电压为 $\pm 5\text{V}$ 。

②系统时钟信号可以自行设计,也可以采用实验箱所提供的脉冲信号源。

在可编程波形发生器实验中,由于产生的波形都是周期波形,因此,必须有一个时钟脉冲来控制波形的频率。正、负斜率波形的阶梯数为 16 个,则需要设计模 16 的计数器实现,当产生正斜率波时,电路做加法计数;负斜率波时,电路做减法计数。三角波的频率为正、负斜率锯齿波的 1/2。显然可由模 32 计数器来实现。计数 0~15 为加法计数产生前半正斜率锯齿波,计数 16~31 为减法计数产生后半负斜率锯齿波。模 32 计数器可由模 16 计数器 \times 模 2 计数器来实现。

最后输出在示波器上显示波形为模拟信号,故还需要数/模转换电路。由于设计要求输出信号电压可调,电路必须有输出信号电压控制电路。综上所述,电路方框图如图 7-16 所示。

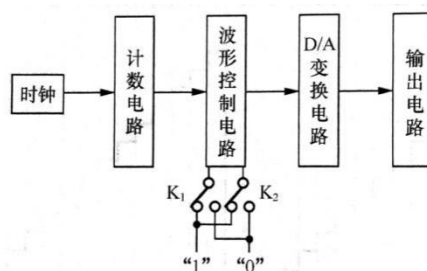


图 7-16 电路设计方框图

五、实验内容

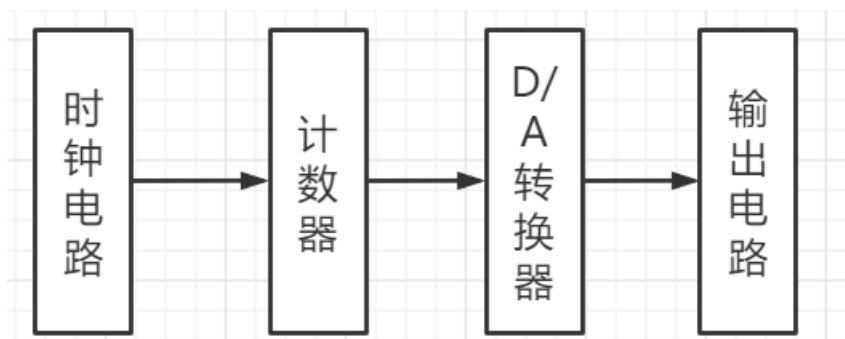
(1) 已知电源电压为 5V, 设计一个波形发生器, 可以产生 16 个台阶的正斜率锯齿波, 也可以产生 16 个台阶的负斜率锯齿波, 以及由正负斜率锯齿波组成的三角波, 用两个开关 K1,K2 控制三种波形的变换。要求波形的输出幅度可以在 0-2V 之间可调, 三角波的频率为 500Hz, 正负斜率锯齿波的频率都为 1kHz。请写出设计过程, 画出电路图。图上标注所用时钟的频率。

(2) ISE 仿真所设计电路 (不包含 0832) 部分, 记录计数器 5 个输出端的波形 (截图)

(3) 拓展要求: 设计一个波形发生器, 可以产生 9 个台阶的正斜率锯齿波, 频率为 2kHz, 输出波形的上峰值为 1.39V, 下峰值为 0V, 请写出设计过程, 画出电路图。图上标注所用时钟的频率。提交时间下周一晚 9 点。

六、设计过程

设计框图:



在可编程波形发生器实验中，由于产生的波形都是周期波形，因此，必须有一个时钟脉冲来控制波形的频率。这里可以使用模 16 的计数器来实现，波形产生正斜率锯齿形波时候，电路将作加法计算。

计算后得出的数字信号需要进过一个 D/A 转换器转换成模拟信号，然后再进过一个输出电路（包含一个运算放大器的电压控制电路）进行输出信号的处理，得到最终示波器所示波形。

单元电路设计——D/A 转换：

由 DAC0832 完成。根据实验课题的要求输出正负斜率锯齿波上升或下降的台阶数大于或等于 16 个台阶，可用 4 位二进制数，根据输出电压选定数字输入端。

输出电压的计算公式为：（ $n=8$ ）

$$U_0 = -\frac{U_{REF}}{256} D_n$$

其中： U_{REF} 参考电压， D_n 是二进制数转换为等值的十进制数。

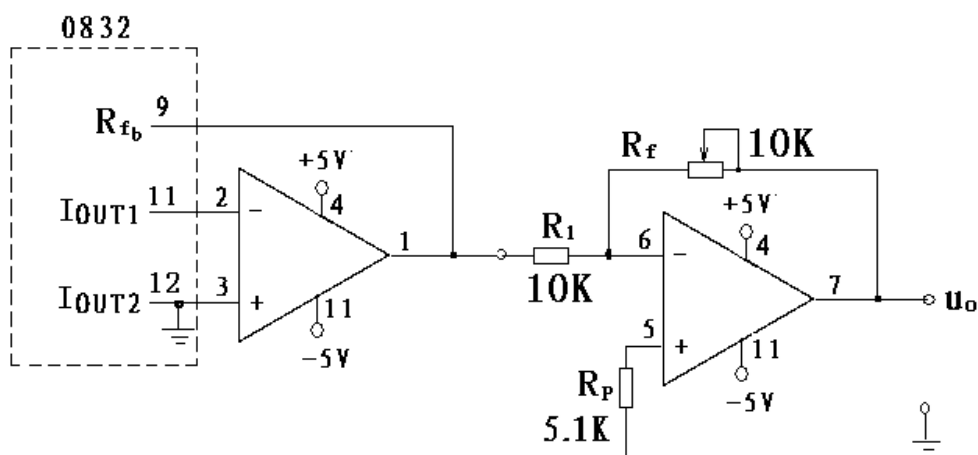
由输出电压的计算公式可知，4 位二进制数接在不同的数字输入端，转换的 D_n 值不同，所获得的输出电压也就不同。输出电压 U_0 也不能太大，这里还需要考虑运放的饱和失真。又因为输出幅度受到运放动态范围的限制。 U_0 的输出不能超出 $+3.5V \sim -3.5V$ 的范围。根据以上的分析， D_n 只能接到 $D_3 \sim D_6$ 端。

单元电路设计——计数器：

正斜率锯齿波可以考虑直接采用四位二进制加法计数器（0000-1111），计数器的输出状态每次递增 1，交给 DAC，转换为模拟信号，就形成持续递增的电压台阶。为数模转换器提供 4 位二进制数，即： $M=16$ 。由 74161 完成。该芯片是上升沿触发。

输出电路设计：

由 LM324 完成。考虑输出电压可从 $0V \sim 2V$ 。



运算放大器 TL074 管脚图如下：

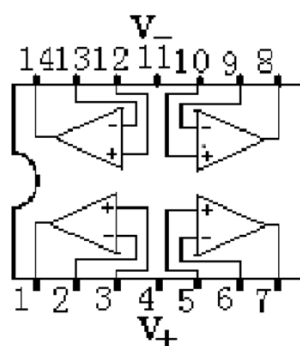


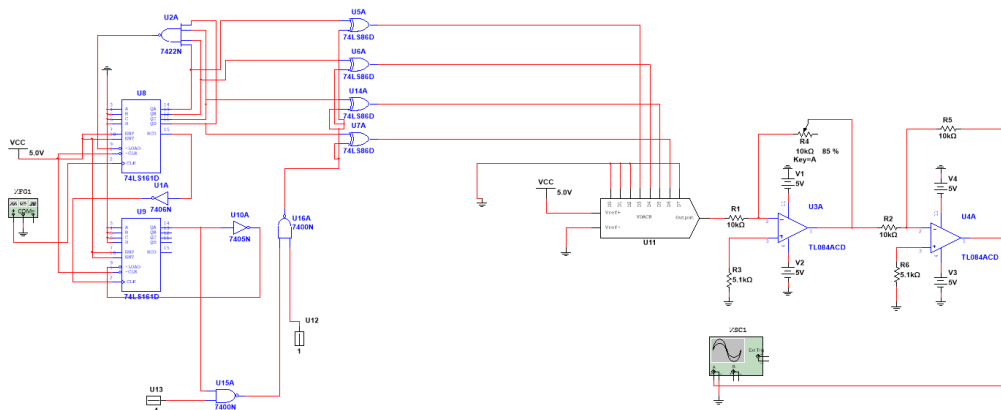
图1 LM324四运算放大器

输入时钟：

由实验箱提供。为满足输出信号频率正负斜率锯齿波为 1kHz，三角波为 0.5kHz，时钟频率应为 16kHz。LED12→U22=16KHz。

七、实验步骤

电路图：



设计代码:

```
module DAC(key,clk,cnt,rst);
    input [1:0] key ;
    input rst;
    input clk;
    output reg [3:0]cnt;
    reg [4:0] n;
    always@(posedge clk )
    begin

        case(key)
            2'b10:
                begin
                    if(!rst)
                        cnt<=4'b0000;
                    else if(cnt==4'b1111)
                        begin cnt<=4'b0000; end
                    else
                        begin cnt<=cnt+1; end
                end
            2'b01:
                begin
                    if(!rst)
                        cnt<=4'b1111;
                    else if(cnt==4'b0000)
                        begin cnt<=4'b1111; end
                    else
                        begin cnt<=cnt-1; end
                end
            2'b11:
                begin
                    if(!rst)
                    begin
                        cnt<=4'b0000;
                        n<=5'b00000;
                    end
                    else if(n==5'b11111)
                        begin n<=5'b00000;cnt<=4'b0000; end
                    else if(n==5'b01111)
                        begin n<=n+1; cnt<=cnt;end
                    else if(n>5'b01111)
                        begin n<=n+1; cnt<=cnt-1;end
                    else
                        begin n<=n+1; cnt<=cnt+1;end
                end
            default:begin cnt<=4'b0000; n<=5'b00000; end
        endcase
    end
endmodule
```

测试代码:

```

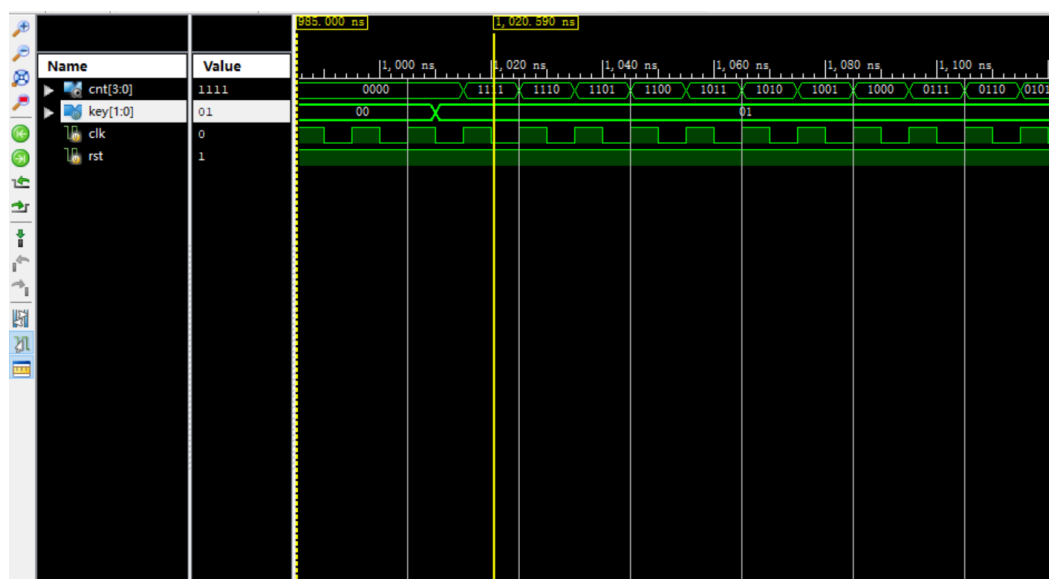
initial begin
    // Initialize Inputs
    key = 0;
    clk = 0;
    rst = 0;
    #10 begin rst=1; end
    while(1)
        begin
            #1000 key=2'b01;
            #500 key=2'b10;
            #500 key=2'b11;
        end
    end
    always #5 clk=~clk;
endmodule

```

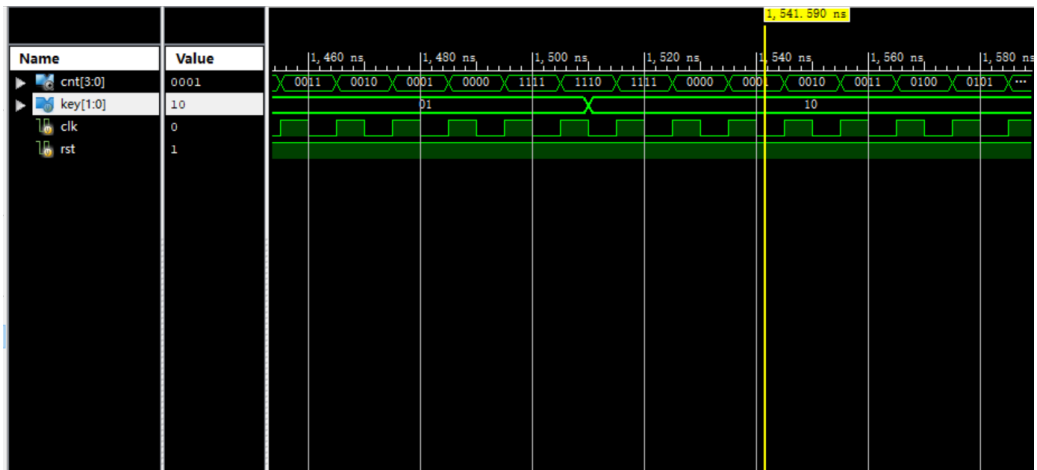
仿真截图：



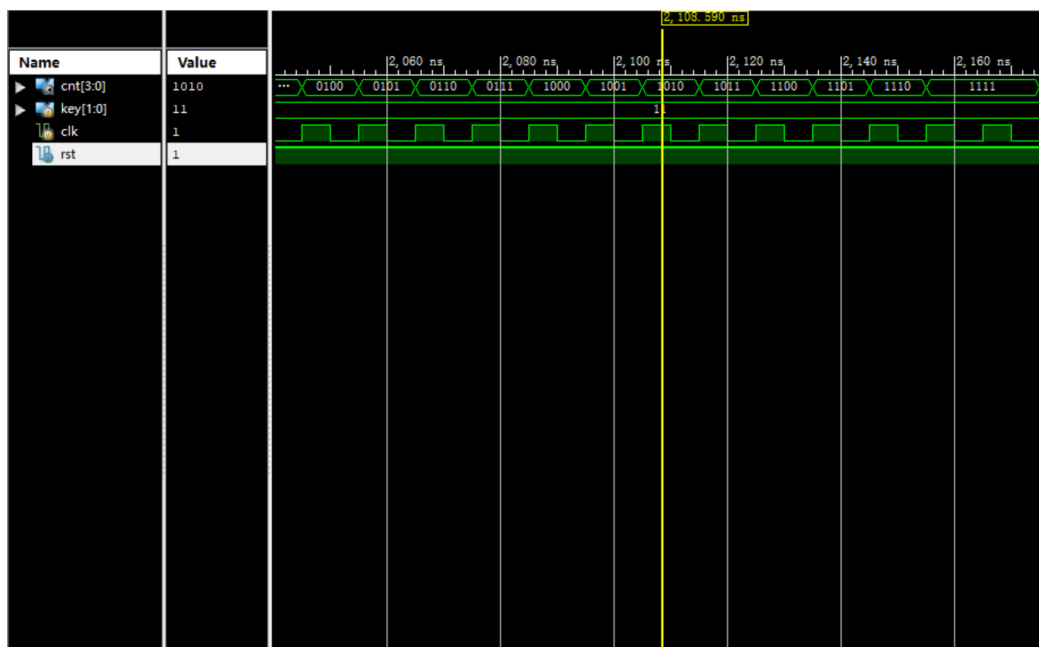
Key1,key2 都为 0



Key=1,key2=0

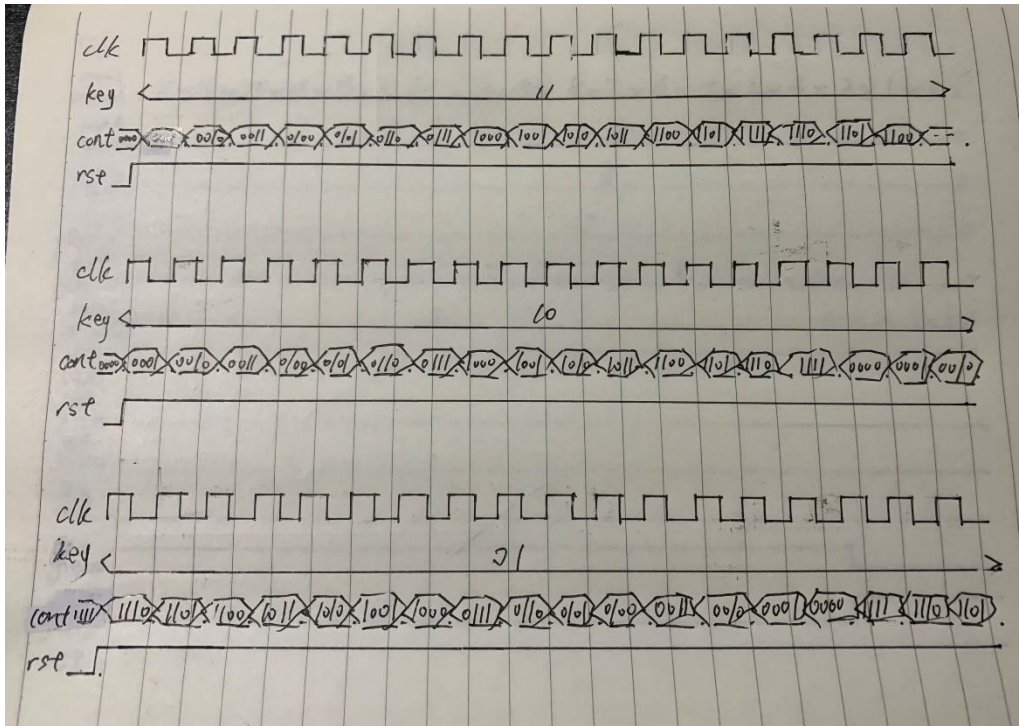


Key1=0,key2=1

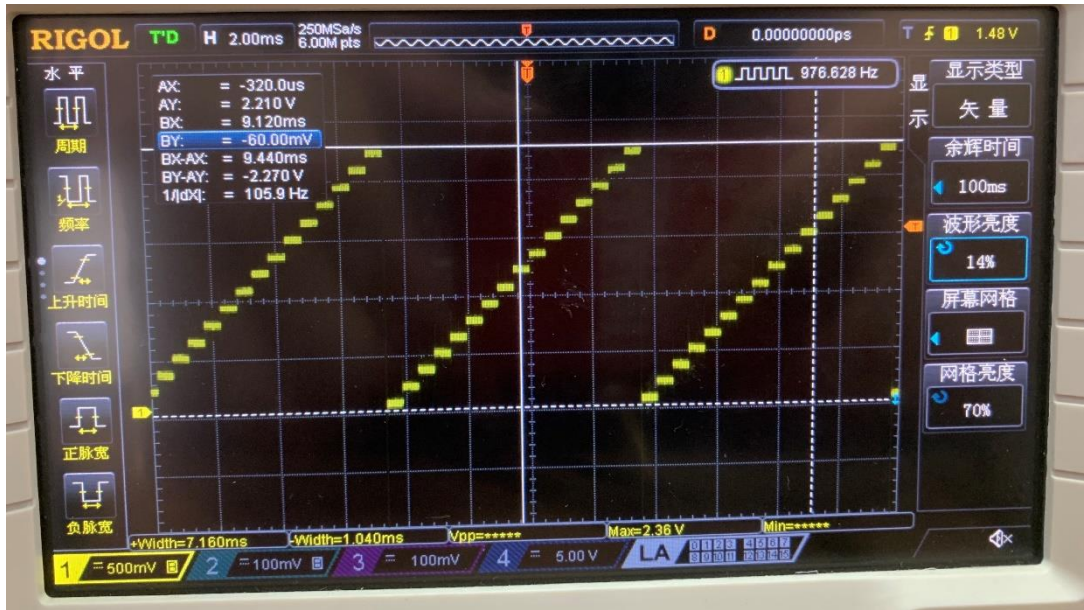


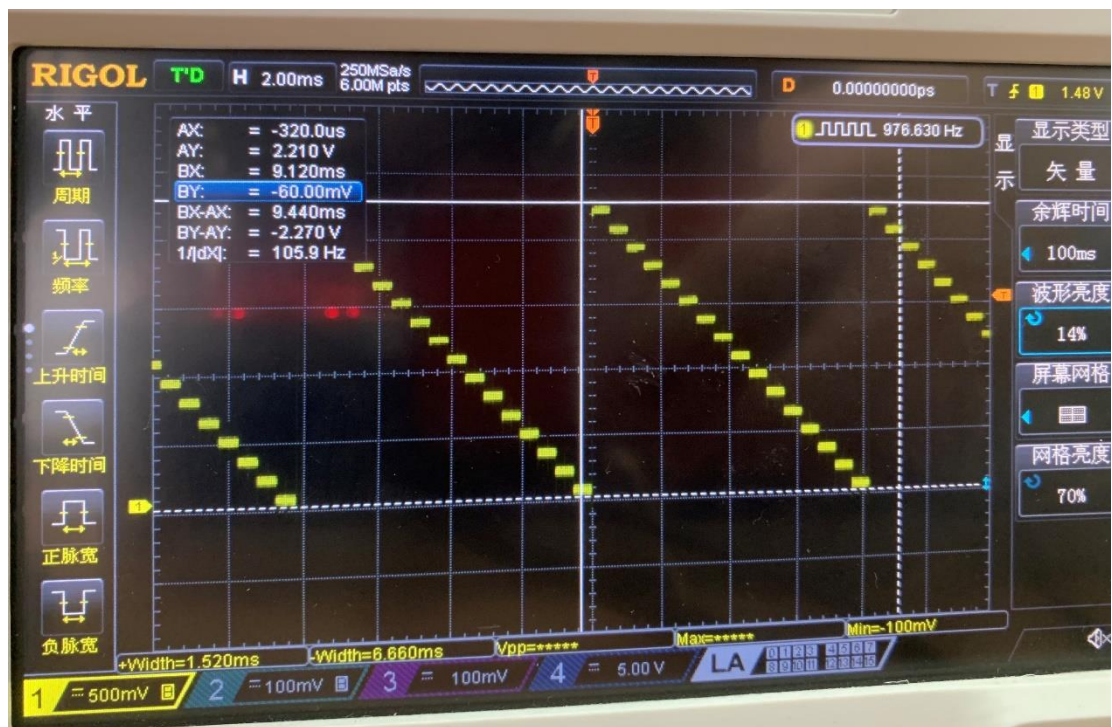
Key=1,key=1

手绘图:



示波器显示波形图:







八、实验小结

本次实验我了解了 D/A 转换器的基本工作原理和基本结构。掌握了大规模集成 D/A 转换器的功能及其典型应用。同时也学会了合型电路的调测方法。对数模结合有了更深刻的认识。