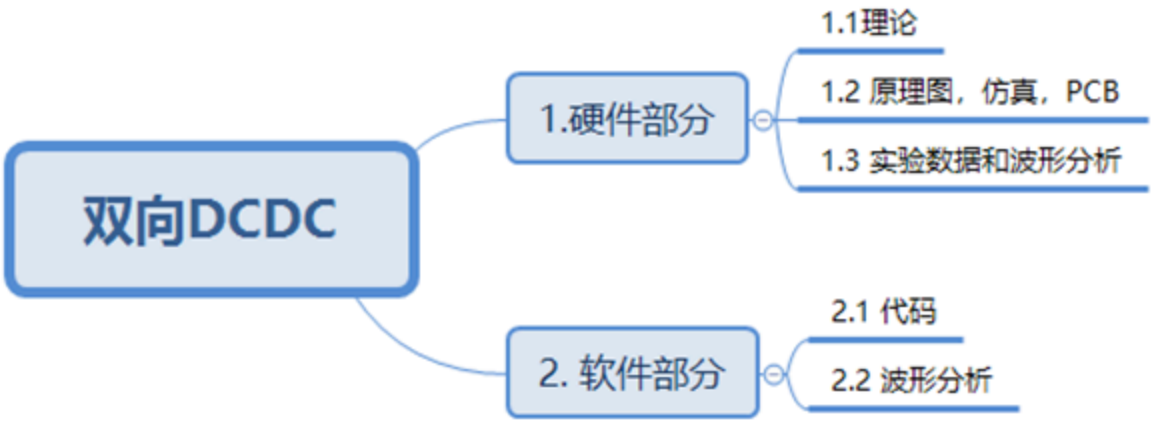
全文框架



1.硬件部分

1.1理论

题目示意图

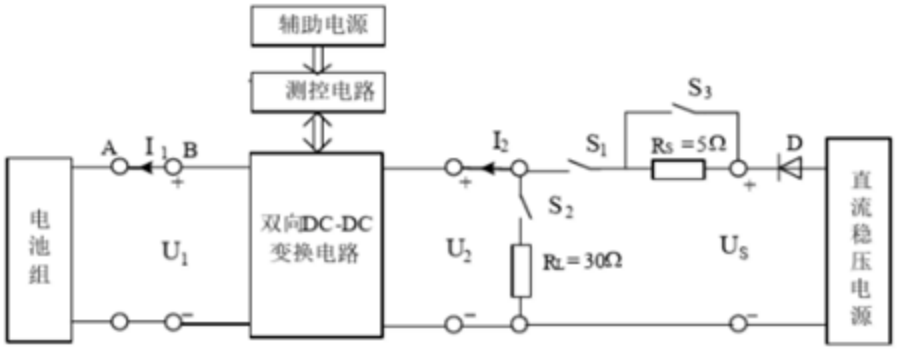


图 1　电池储能装置结构框图

Boost升压电路

boost升压电路(boost converter or step-up converter)是一种常见的开关直流升压电路，它通过开关管导通和关断来控制电感储存和释放能量，从而使输出电压比输入电压高。

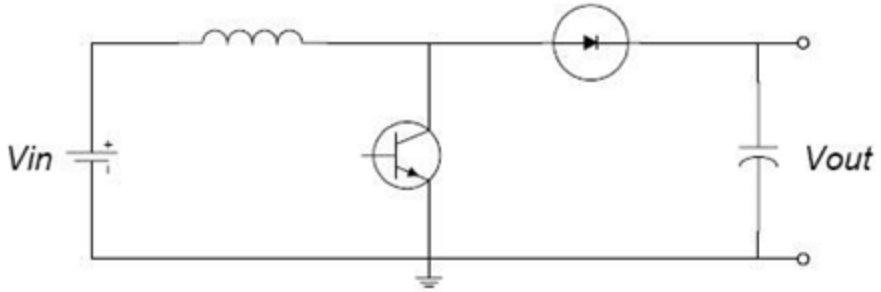


Figure 1: The Boost Converter

分析：电感和电容的值都很大，因此在充放电过程中，电感电流和电容电压变化缓慢

充电过程中三极管导通，等效电路如下：
此时输入电压流过电感，电感电流增加。二极管防止电容对地放电。由于输入是直流电，所以电感上的电流以一定的比率线性增加，这个比率跟电感大小有关。随着电感电流增加，电感能量增加。

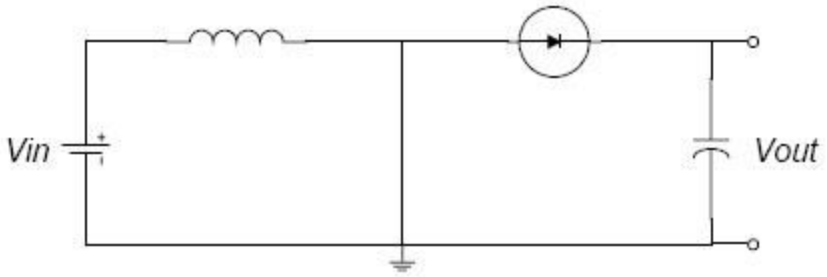


Figure 2: Boost Converter Charge Phase

放电时三极管截止，等效电路如下：
由于电感的电流保持特性，流经电感的电流不会马上变为0，而是缓慢的由充电完毕时的值变为0。而原来的电路已断开，于是电感只能通过新电路放电，即电感开始给电容充电，电容两端电压升高，此时电压已经高于输入电压了。由于开关速度很快，电容放电后又被电感充电，电压变化很小，可以近似看做直流。

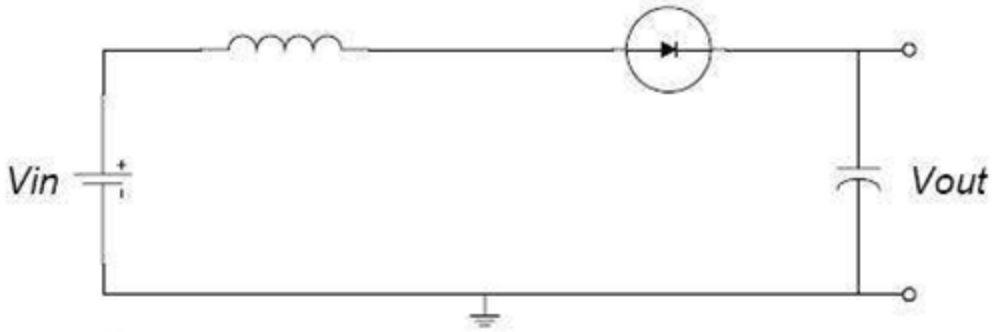
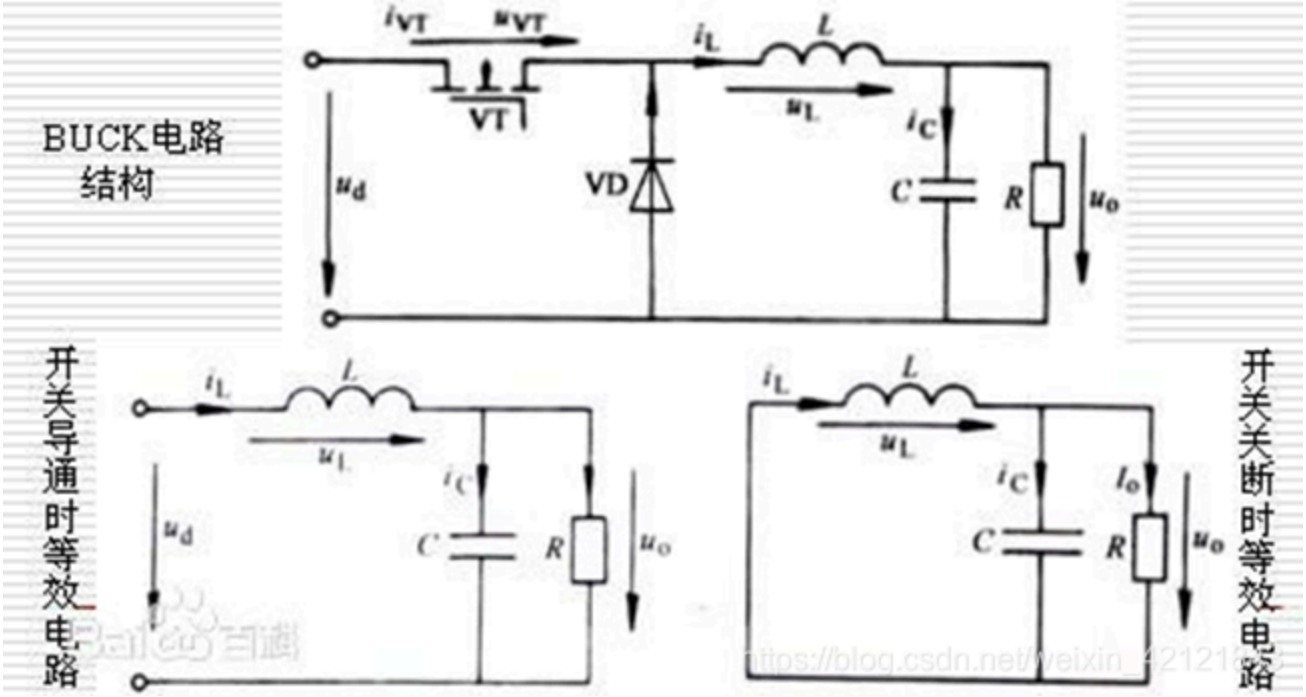


Figure 3: Boost Converter Discharge Phase

因此，电感能量与电容能量相互转换。这个开关的过程不断重复，输出端就能一直保持比输入端高的电压，大小由三极管或MOS管的输入的占空比决定；电容量足够大的话，输出端就会保持一个持续的电流。

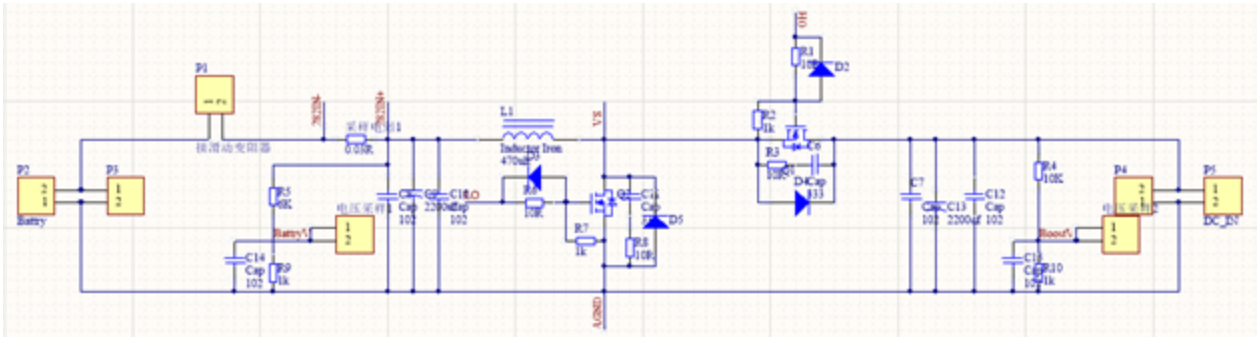
BUCK降压电路



与BOOST升压原理相似，MOS管导通时给LC充电，断开时LC给R供电，由于电感电流和电容电压不能突变，电压变化小，开关速度快的时候可以近似看做直流。由于直流经MOS管变成方波，其能量减少，于是输出的电压小于输入。

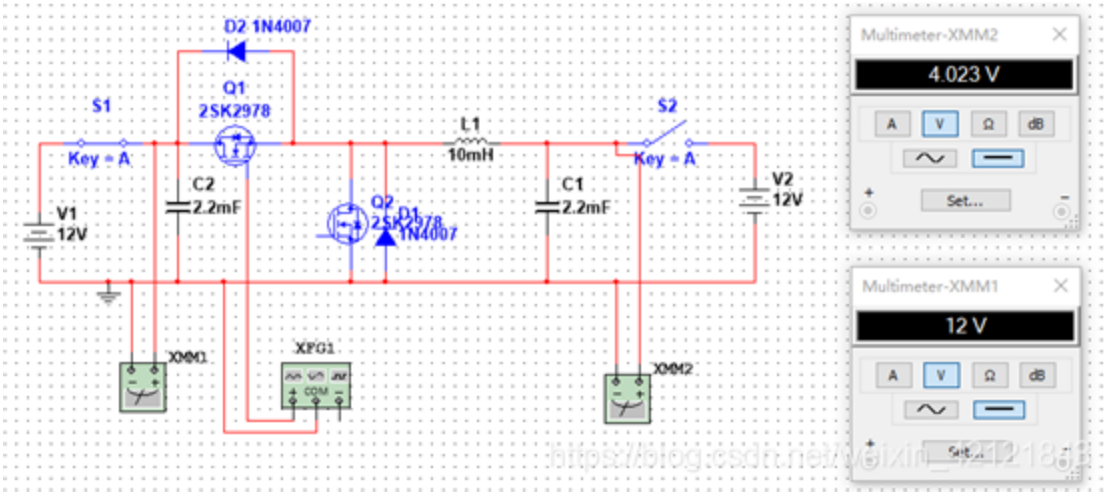
1.2原理图和PCB

主电路

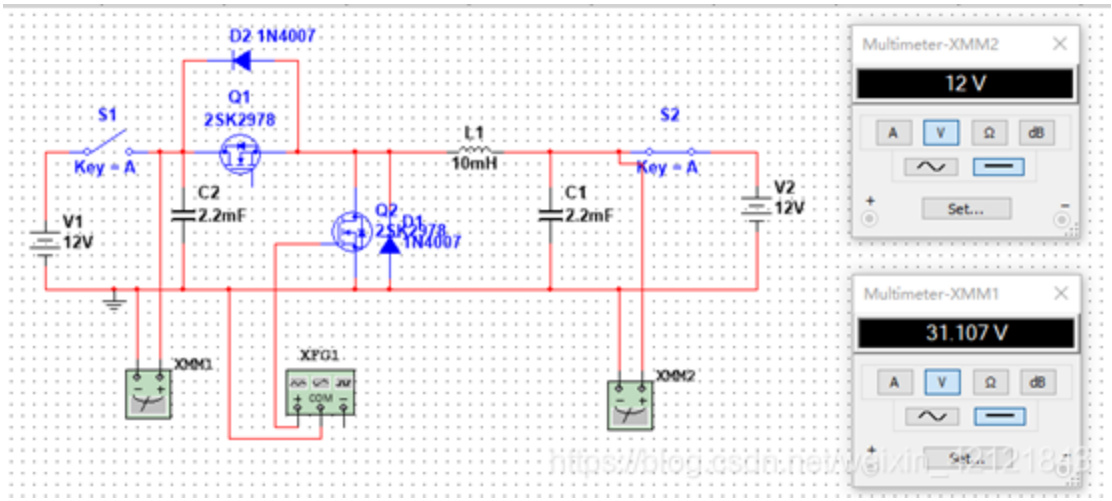


主电路仿真（升压和降压）

降压时，Q2截止，Q1工作：

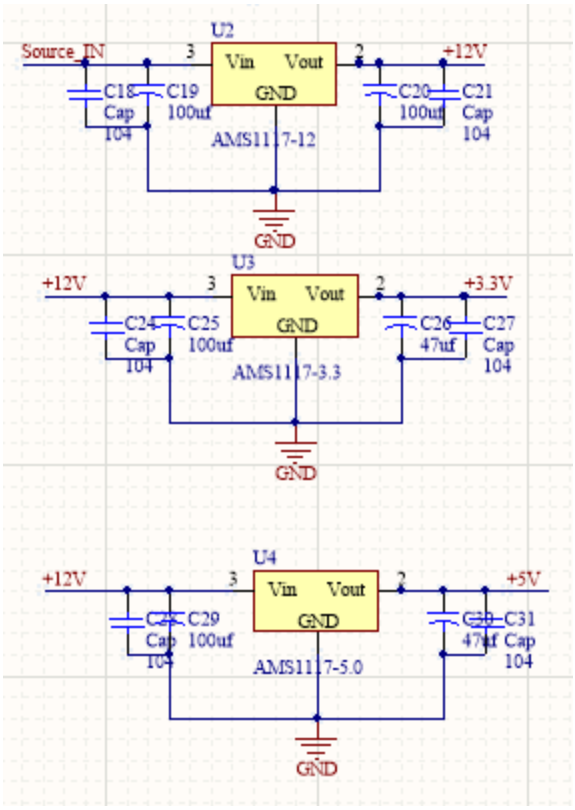


升压时，Q1截止，Q2工作

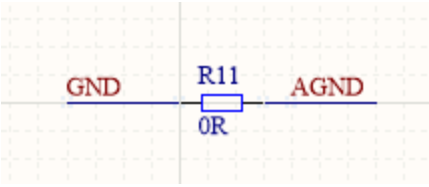


电源部分

sourceIN为数字供电端，输出12v，3.3v和5v供其他模块使用

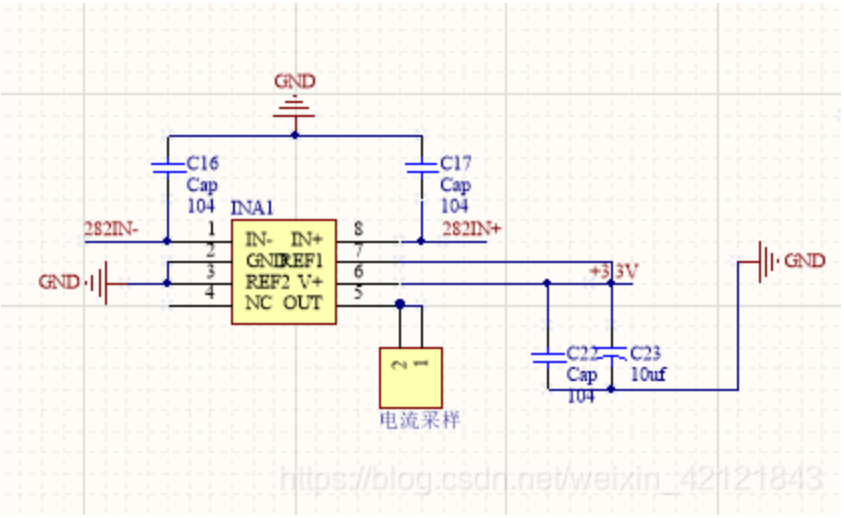


接地部分

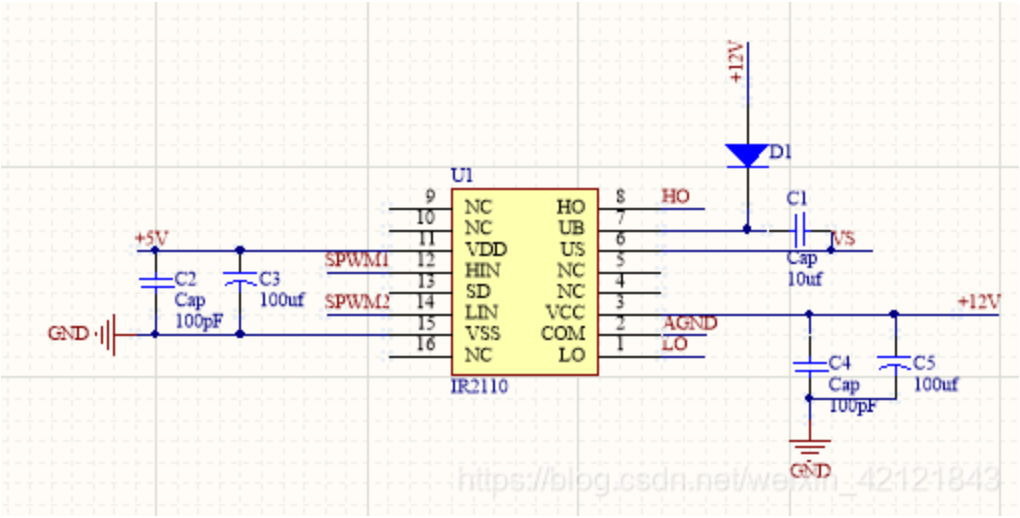


AGND为模拟地，GND为数字地，两者用0R电阻（仍有阻抗）相连。为了防止数字地干扰模拟地。注意各部分GND的区分，最后在总电源处汇聚，一点接地。

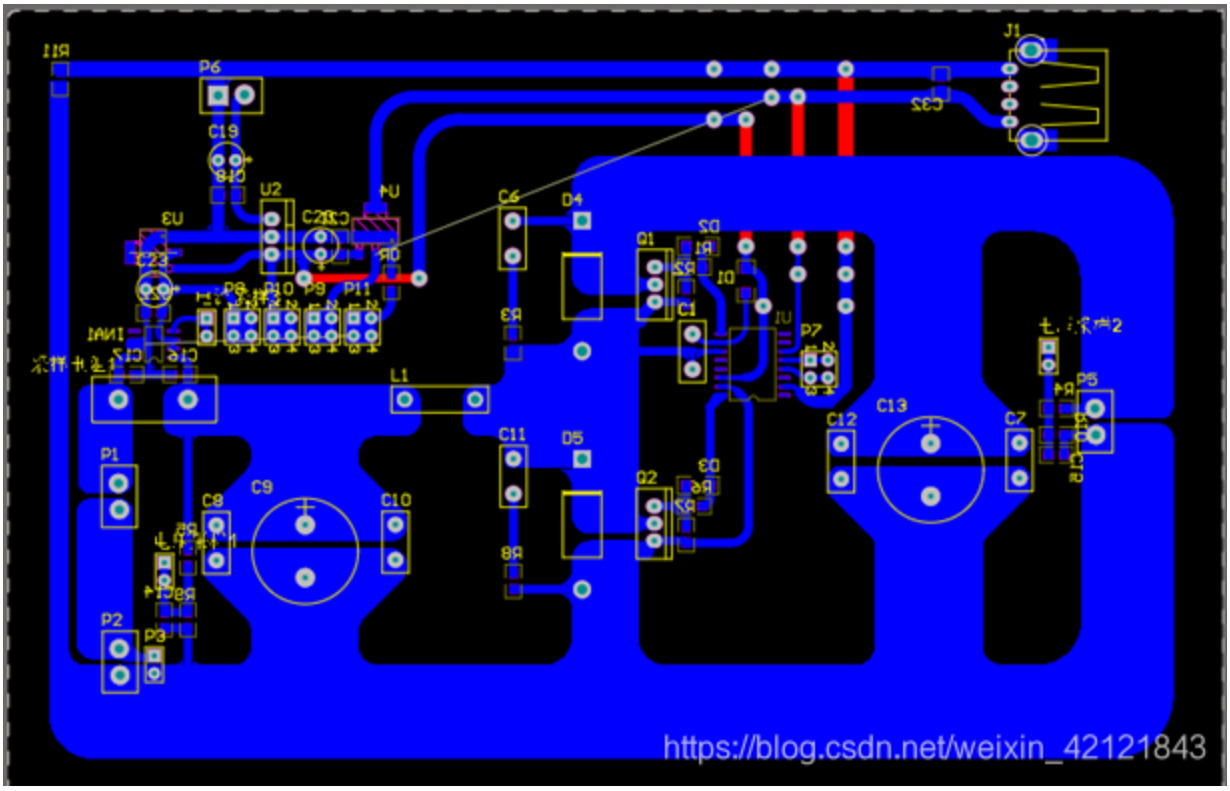
采样部分



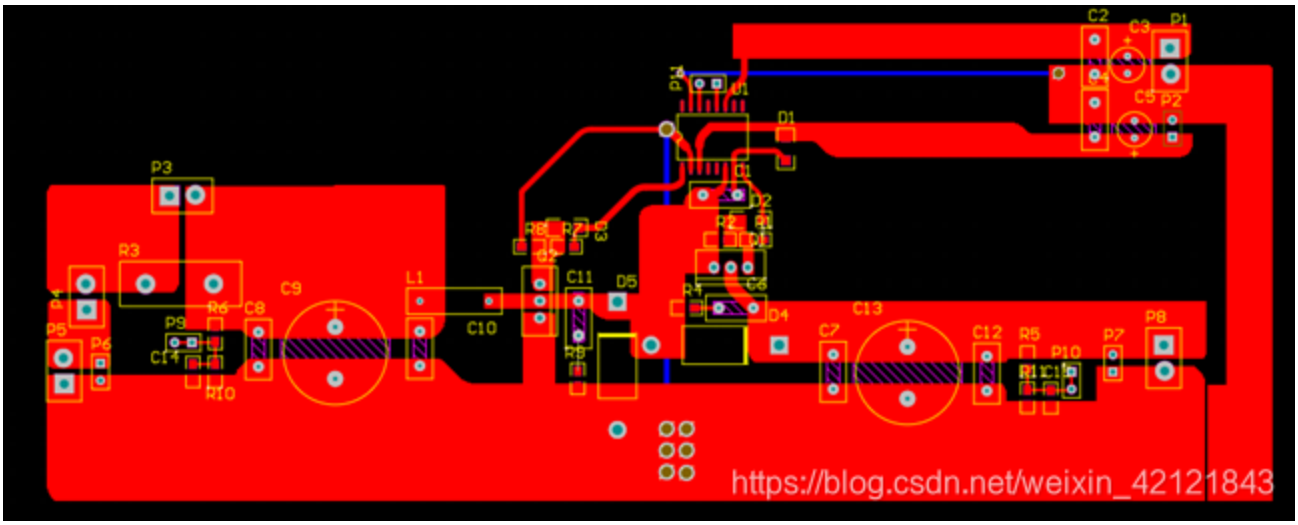
MOS管驱动部分



PCB板1



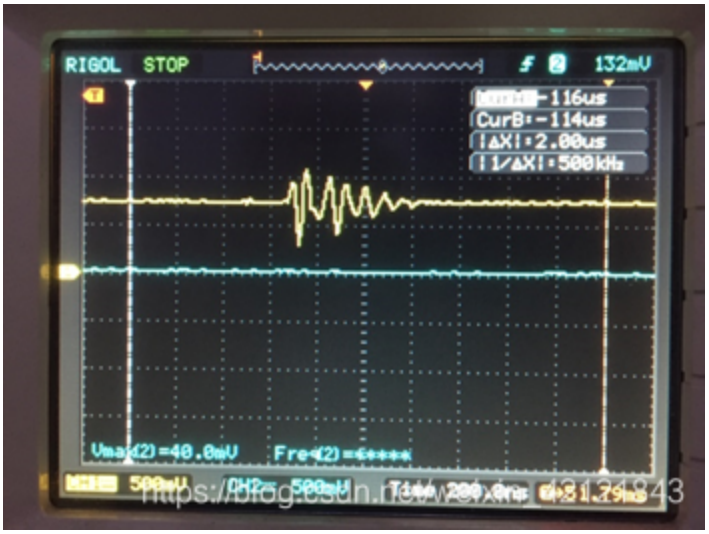
PCB板2



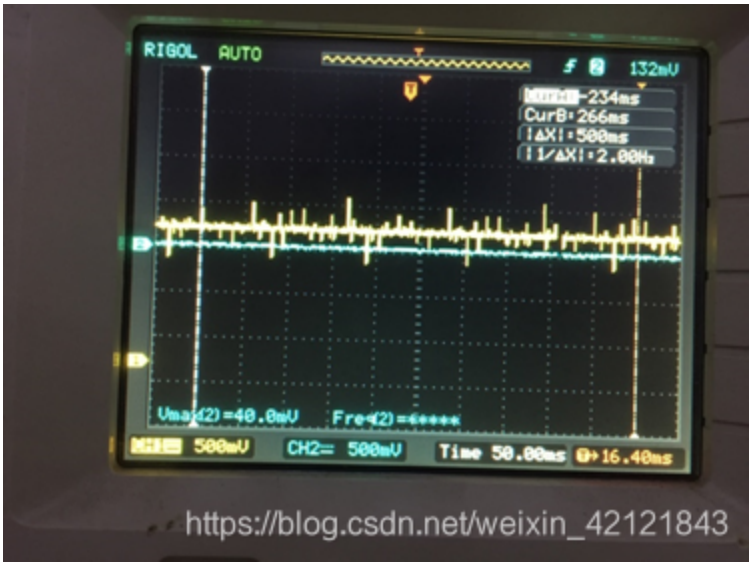
1.3 实验数据和波形

PCB板1波形及分析：

采样部分有噪声，规律出现，形状为震荡衰减，幅值约1V，原因不明：



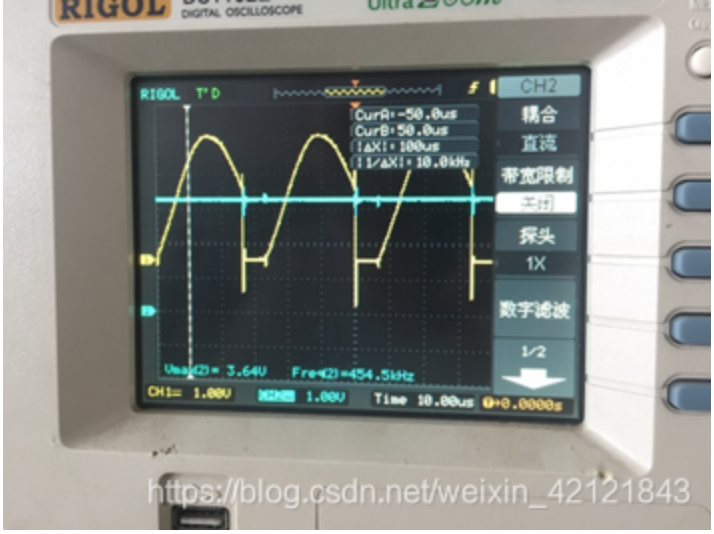
时间延长后：



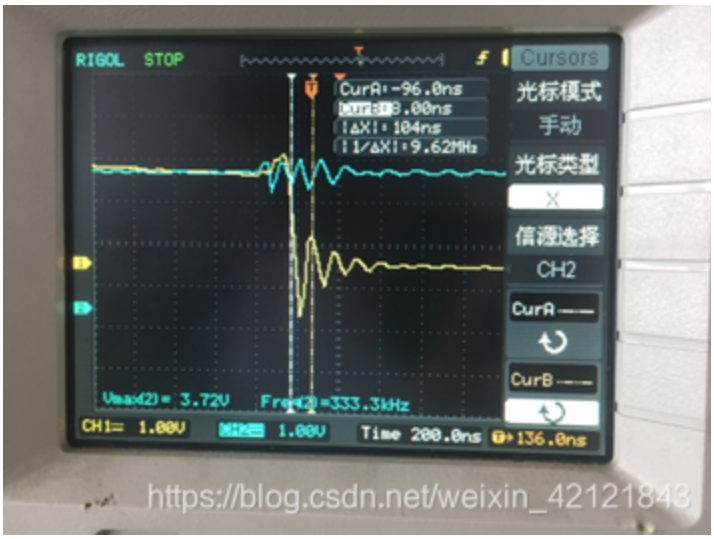
PCB板1：噪声原因分析

因为噪声的幅值在输出端显得很小，所以不明显。但是经过采样后噪声幅值没有变化，因此相对于采样电压很明显。

原因是MOS的下降沿，噪声频率约10MHZ：

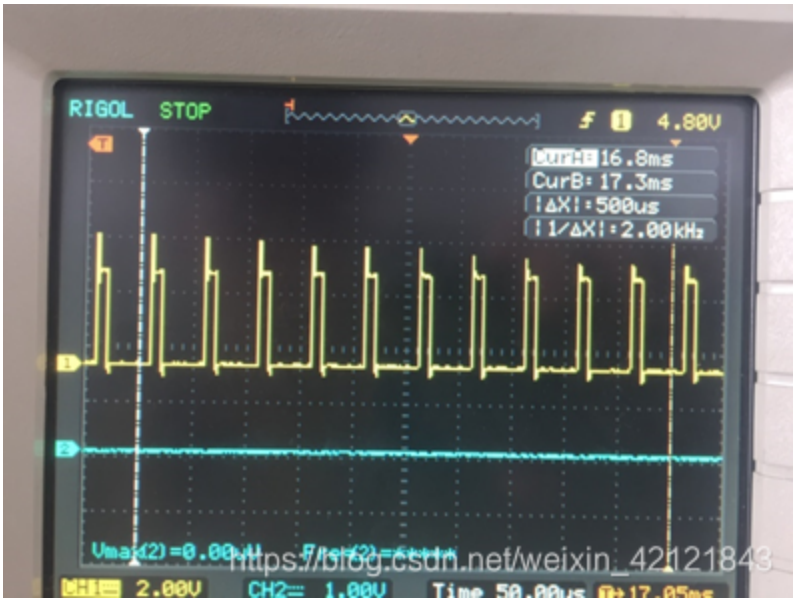


放大后：

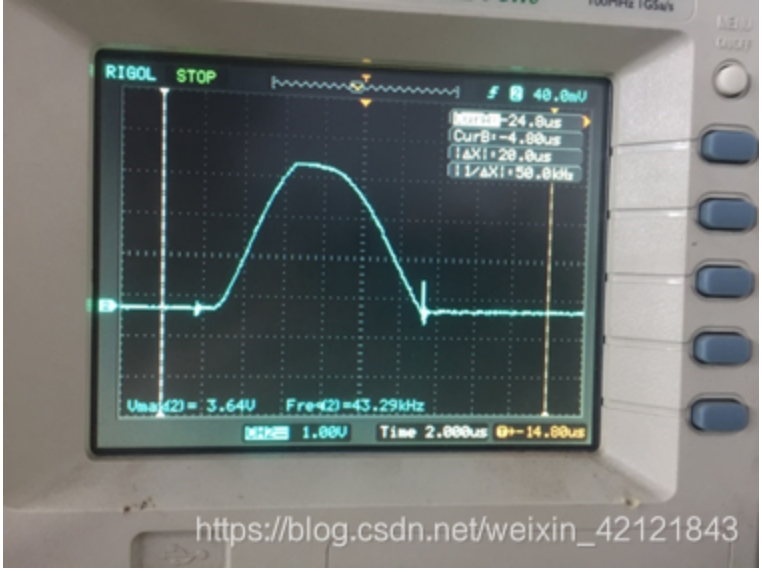


经排查，发现是单片机输出的波形有尖峰，导致mos输出震荡，更换单片机后问题得到改善：

单片机波形有尖峰，且频率越高尖峰越大：

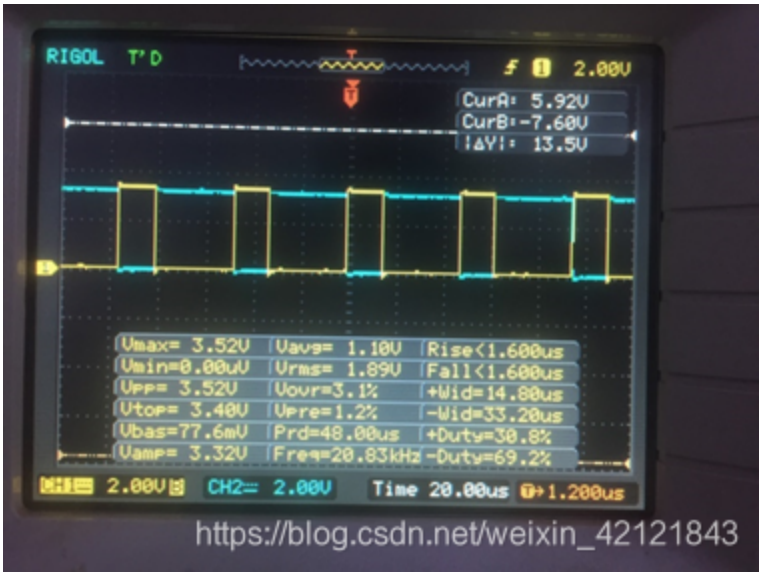


更换单片机后，波形得到改善：

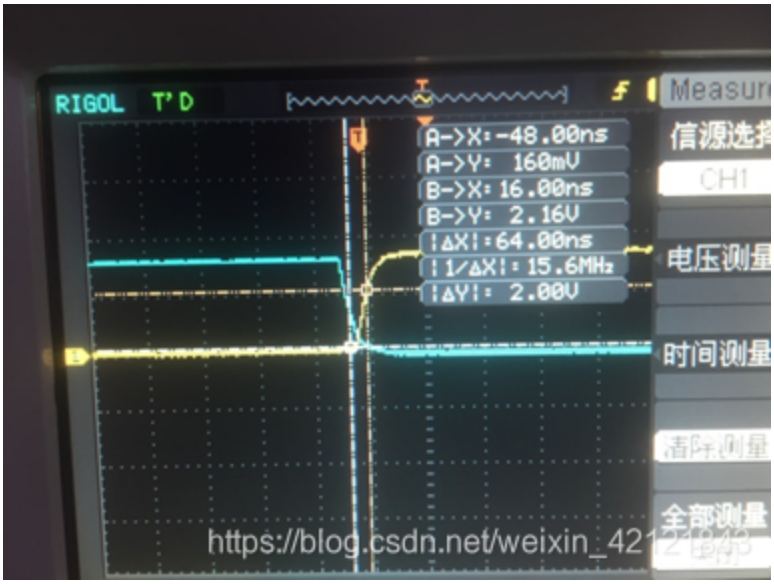


PCB板2波形及分析

输出的两路互补PWM波

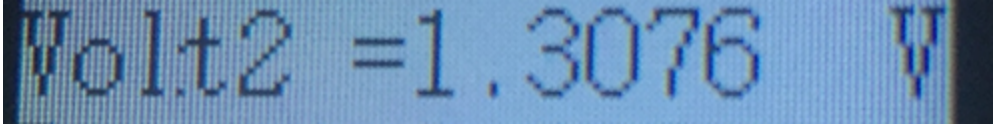


输出PWM波的死区时间约64ns，符合MOS的条件。（ir2110没有内置死区）



采样GND实验记录：

当GND选得离采样点从远及近时：



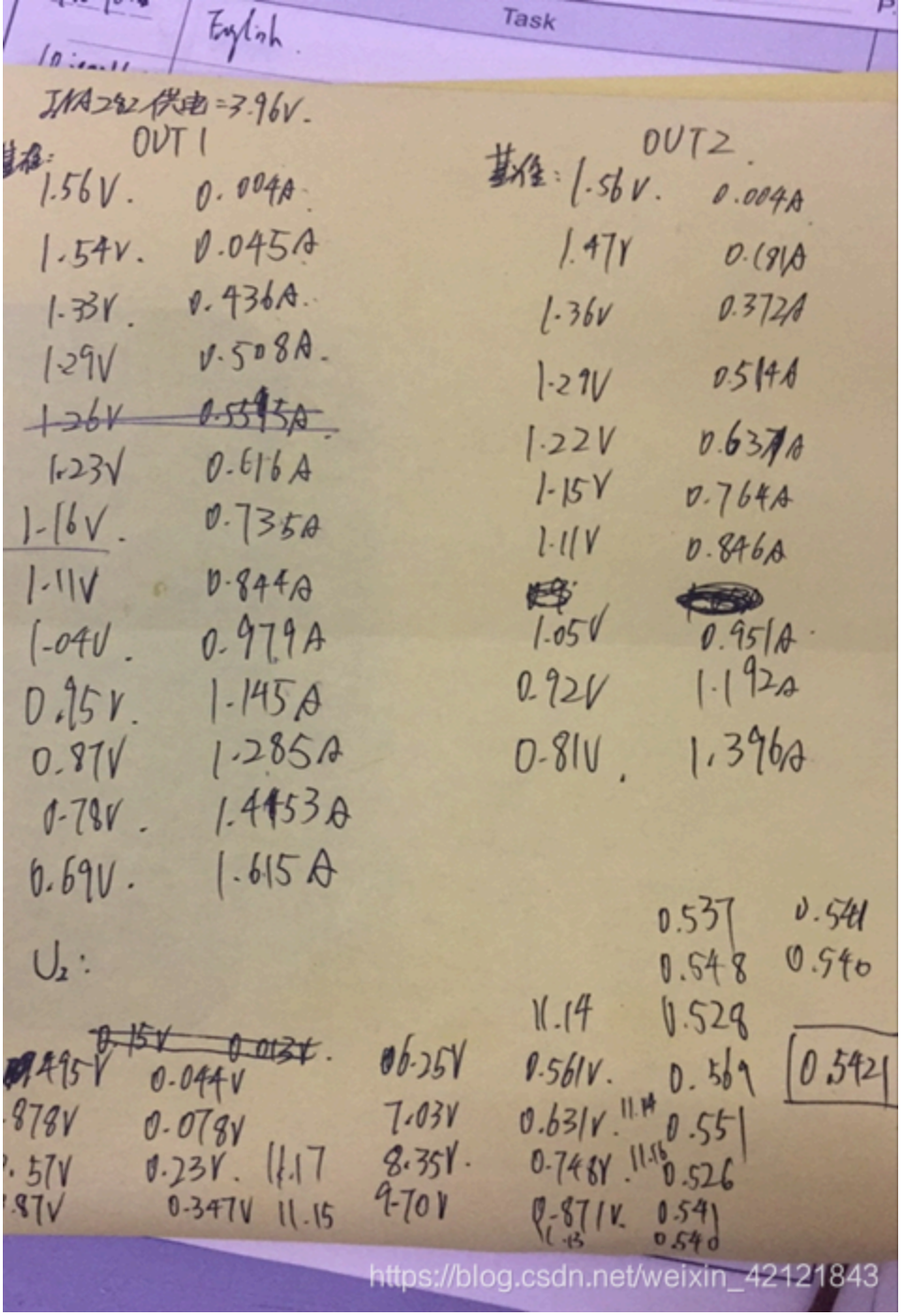
原因分析：GND也有电阻，当GND越长，电阻越大，其产生的误差越大。当乘一个比例时，误差就会被放大，因此GND务必选在采样点最近的地，然后直接连到单片机的GND上。

采样增益的测量：

电流增益根据INA282增益以及采样铜丝估计，而后实际测量多次，求平均值。

电压增益根据电阻分压大致估算，测量方法同上。

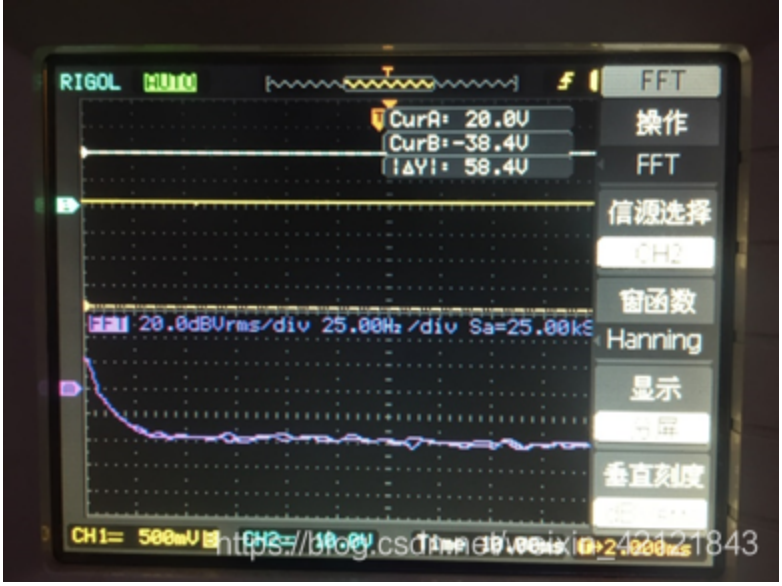
实验时测量数据：



经分析，测量值与理想值误差原因有很多，主要为电阻的误差，其次是电路布局，焊接时的状态等等。

输出波形

输入28v时输出20v，看其FFT可知，纹波非常小。



2.软件部分

2.1代码（STM32控制器）

位置PID部分：

```
/*********************************************
函数名称:Pid_modulate
功    能:PID调节实现函数
参    数:Set:预期值
         Act:实际值
         i:模式选择：0：调节电压U；1：调节电流I1
  accuracy:精度控制
返 回 值:无
*********************************************/
void Pid_modulate(float Set,float Act,int i,float accuracy)
{
  float tempI1,tempU1,tempU2,tempI2;
  float PID_con;
  float temp_p, temp;
  //ADC_get(&tempI1,&tempI2,&tempU1,&tempU2);
  temp = Act;
  if(i==1)
  {
    if((Act-Set)/Set>accuracy||(Act-Set)/Set<-accuracy)
    {
      PID_con = temp;
      while((Act-Set)/Set>accuracy||(Act-Set)/Set<-accuracy)
      {
        LED1=0;
        TFT_Show();
        PID_con = PID_realize(Set,Act,i);
        PID_val=PID_con/temp;
        ADC_get(&tempI1,&tempI2,&tempU1,&tempU2);
        if(status=='1')
        {
          printf("A %f\r\nU2 %f\r\nU1 %f\r\n",duty*PID_val,tempU2*K_Volt2,tempU1*K_Volt1)
          Act=To_Current(tempI1,Volt0,K_Current);
        }
        if(status=='1'&&tempU1*K_Volt1>24.5)
        {
          status='0';
          break;
        }
      }
```

```
    else
    {
      LED1=1;
      if(status=='1'&&tempU1*K_Volt1>24.5)
        {
          status='0';
        }
    }
  }
  else if(i==0)
  {
    if((Act-Set)/Set>accuracy||(Act-Set)/Set<-accuracy)
    {
      PID_con = temp;
      while((Act-Set)/Set>accuracy||(Act-Set)/Set<-accuracy)
      {
        LED1=0;
        TFT_Show();
        PID_con = PID_realize(Set,Act,i);
        PID_val = 1/duty - PID_con/temp;
        ADC_get(&tempI1,&tempI2,&tempU1,&tempU2);
        if(status=='2'||status=='3')
        {
          printf("A %f\r\nU2 %f\r\n",duty*PID_val,tempU2*K_Volt2);
          Act=tempU2*K_Volt2;
        }
      }
    }
    else
    {
      LED1=1;

    }
  }

}
```


不工作模式

```
/*******************************************
函数名称:MODE0_NOT_WORKING
功    能:模式封装: NOT WORKING模式
参    数:无
返 回 值:无
*******************************************/
void MODE0_NOT_WORKING(void)
{
  float tempI1,tempI2,tempU1,tempU2;
/**/  printf("Cur_set = %.1f A\t\tstatus = %s\t\tduty = %f\r\n",Cur_set,STATUSs[status-48],duty*PID_val);
  ADC_get(&tempI1,&tempI2,&tempU1,&tempU2);
/**/  printf("VOLT+: %f\t\tCURR1: %f A\r\n",tempI1,To_Current(tempI1,Volt0,K_Current));
  TFT_Show();              //显示屏数据更新
}
```

充电模式

```
/*******************************************
函数名称:MODE1_CHARGING
功    能:模式封装：CHARGING模式
参    数:无
返 回 值:无
*******************************************/
void MODE1_CHARGING(void)
{
  float tempI1,tempI2,tempU1,tempU2;
/**/  printf("Cur_set = %.1f A\t\tstatus = %s\t\tduty = %f\r\n",Cur_set,STATUSs[status-48],duty*PID_val);
  ADC_get(&tempI1,&tempI2,&tempU1,&tempU2);
/**/  printf("VOLT+: %f\t\tCURR1: %f A\r\n",tempI1,To_Current(tempI1,Volt0,K_Current));
/**/  printf("A %f\r\nI %f\r\n",duty*PID_val,To_Current(tempI1,Volt0,K_Current));
  TFT_Show();              //显示屏数据更新
  if(Cur_set==2.0)
  {
    ADC_get(&tempI1,&tempI2,&tempU1,&tempU2);
    Pid_modulate(Cur_set,To_Current(tempI1,Volt0,K_Current),1,ACCURACY/2);
/**/    printf("A %f\r\nI %f\r\n",duty*PID_val,To_Current(tempI1,Volt0,K_Current));
    if(status=='0')
    {
      Gui_DrawFont_GBK16(32,0,BLACK,WHITE,STATUSs[status-48]);
      Current_Decline(1);
    }
  }
  else
  {
    ADC_get(&tempI1,&tempI2,&tempU1,&tempU2);
    Pid_modulate(Cur_set,To_Current(tempI1,Volt0,K_Current),1,ACCURACY);
/**/    printf("A %f\r\nI %f\r\n",duty*PID_val,To_Current(tempI1,Volt0,K_Current));
    if(status=='0')
    {
      Gui_DrawFont_GBK16(32,0,BLACK,WHITE,STATUSs[status-48]);
      Current_Decline(1);
    }
  }
}
```

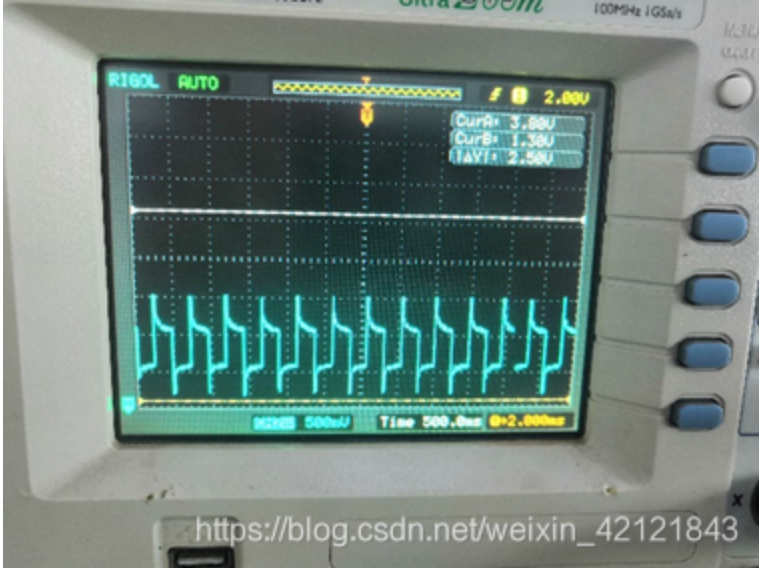

放电模式（与自动模式共有，显示时判断键值即可）

```
/*******************************************
函数名称:MODE2_DISCHARGING
功    能:模式封装：DISCHARGING模式
参    数:无
返 回 值:无
*******************************************/
void MODE2_DISCHARGING(void)
{
  float tempI1,tempI2,tempU1,tempU2;
/**/  printf("Cur_set = %.1f A\t\tstatus = %s\t\tduty = %f\r\n",Cur_set,STATUSs[status-48],duty*PID_val);
  ADC_get(&tempI1,&tempI2,&tempU1,&tempU2);
/**/  printf("VOLT+: %f\t\tCURR1: %f A\r\n",tempI1,To_Current(tempI1,Volt0,K_Current));
/**/  printf("A %f\r\nI %f\r\n",duty*PID_val,To_Current(tempI1,Volt0,K_Current));
  TFT_Show();
  Pid_modulate(29.95,tempU1*K_Volt1,0,0.005);
}
```

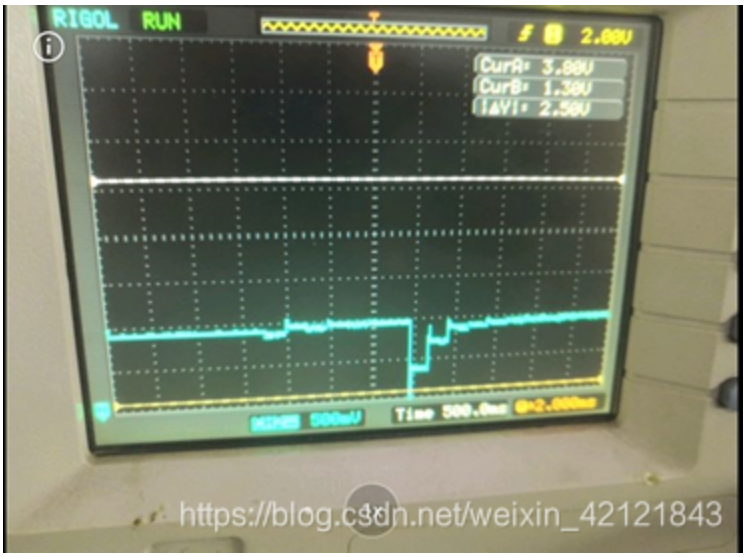

2.2数据与波形分析

充电模式波形

位置式PID调节电流I1时所产生的波形，震荡较大，采用增量式PID和自适应调节，可能效果会好一些

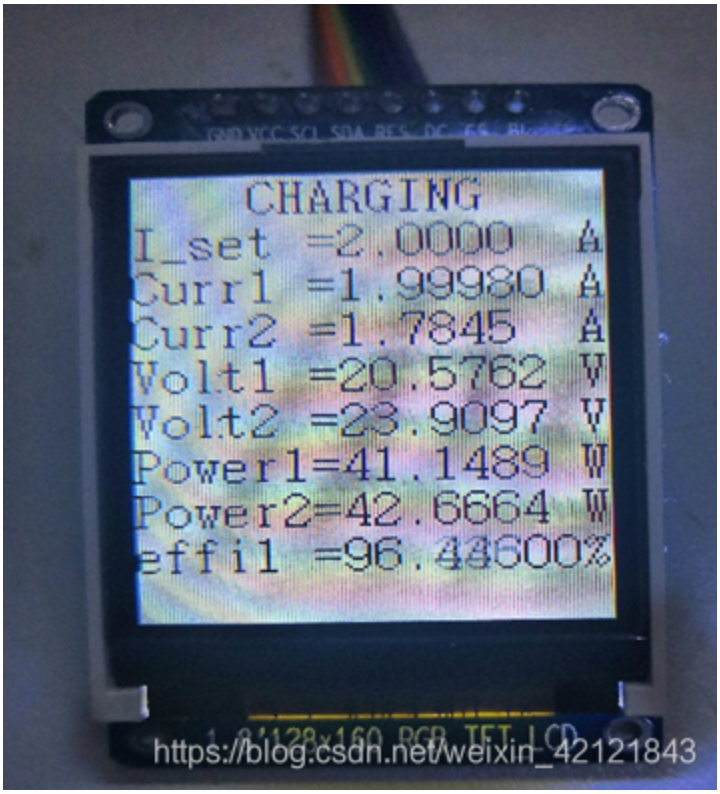


稳定时偶尔会产生震荡，此时P值为0.001，I值为0.05，。将铅蓄电池更换为锂电池之后，波形得到改善。

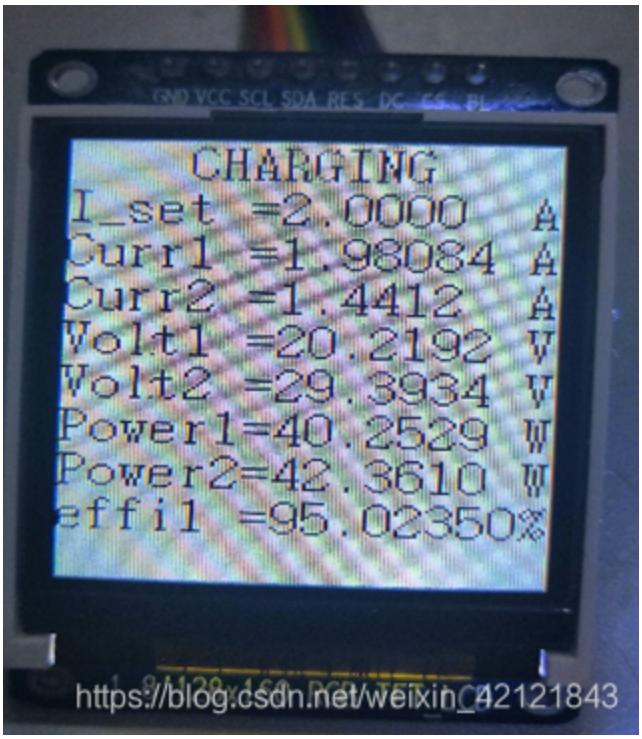


充电模式数据

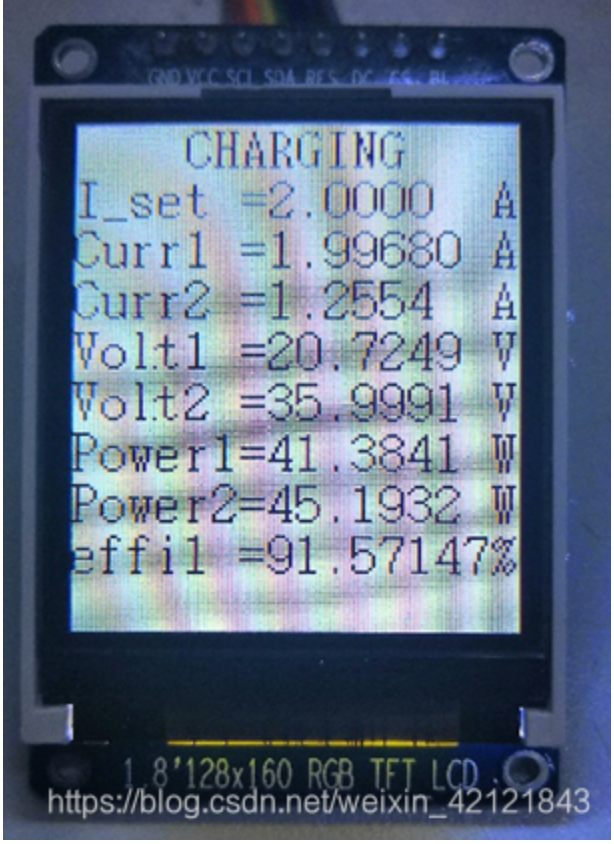
U2为24V时



U2为30V时

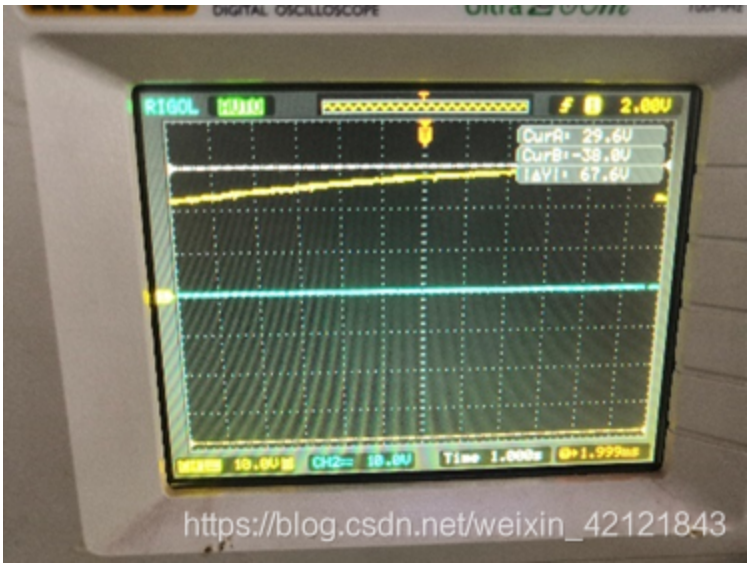


U2为36V时



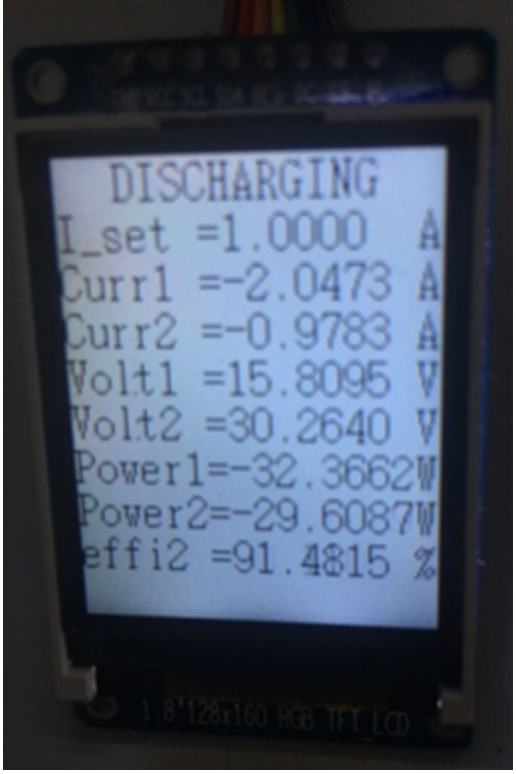
放电模式波形

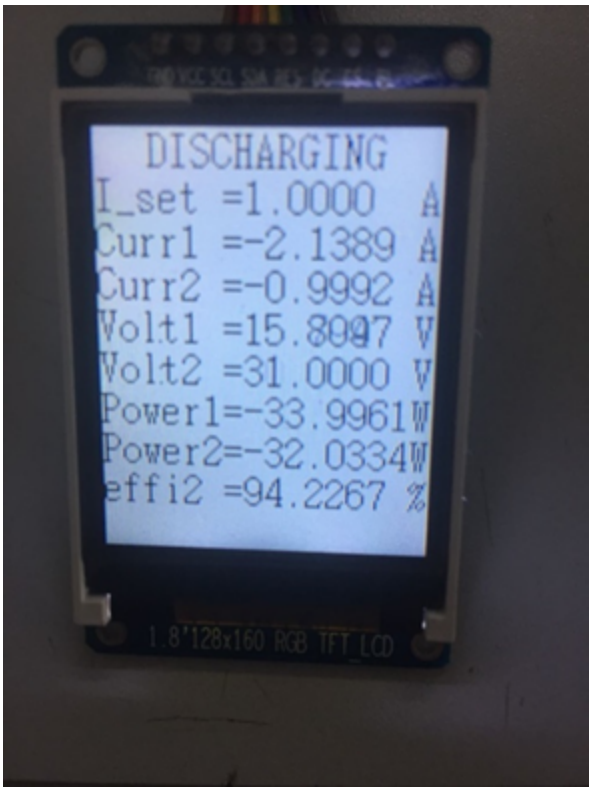
电压调节过程，基本较稳定（PID参数为Kp=0.001,Ki=0.03，故电源调节不太需要PID，平稳上升，波动小是最重要的



放电模式数据

电压在一段时间后稳定下来，满足30（±0.5）的要求，但效率在90%-92%之间波动（显示最高在94%），未达到要求。





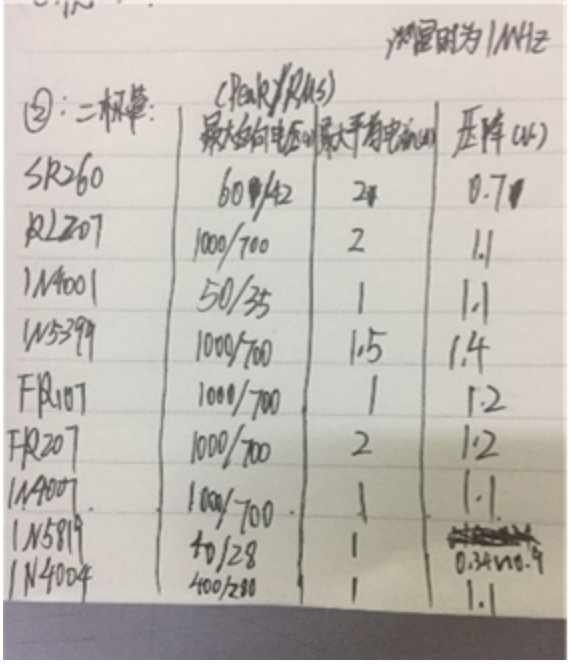
原因分析

效率问题可能出在二极管和MOS管上

第一次测的放电效率为91.3%-91.6%（取十次串口返回的效率值的平均值）。

更换MOS管之后效率为92.1%-92.5%，效率依然没有提上去多少。

二极管，选择最大反向电压为60/42的SR260二极管，压降已经是比较低

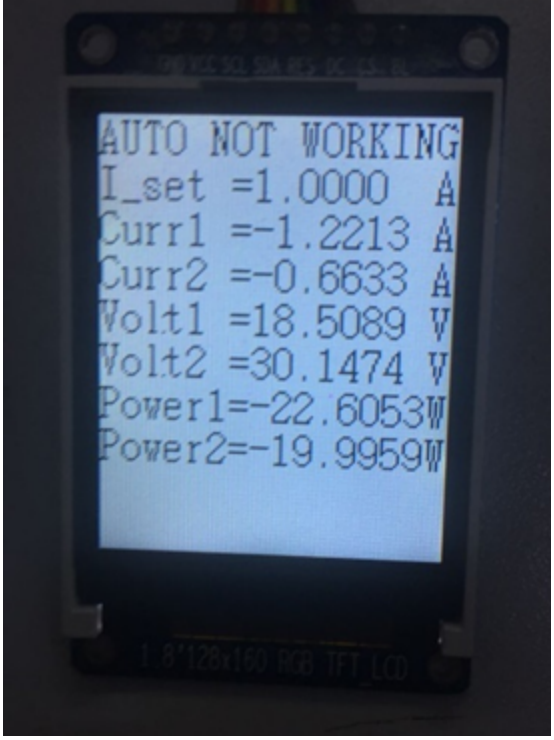


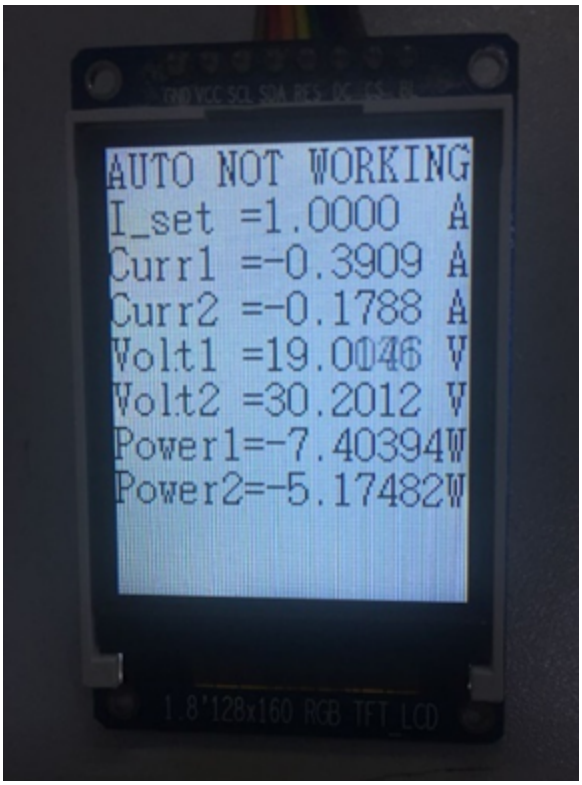
②：二极管：	(Peak/RMS) 最大的向电压	最大平均电流(A)	压降(V)
SR260	60/42	2	0.7
RL207	1000/700	2	1.1
1N4001	50/35	1	1.1
1N5399	1000/700	1.5	1.4
FR107	1000/700	1	1.2
FR207	1000/700	2	1.2
1N4007	1000/700	1	1.1
1N5819	40/28	1	0.34
1N4004	400/280	1	1.1

注： 显示效率与实际效率依然有偏差，实际效率并没有测，可能大也可能小，偏差在于ADC采样的偏差和计算时带入的之前测的比例系数。

自动充放电模式

电压U2在30V（±0.5V）稳定。





总结

2015年电源题应该是比较简单的，拓扑较基础，程序也不复杂。
比较有技巧的地方是减少直流输出的纹波，PCB布局，器件参数的计算和型号选择