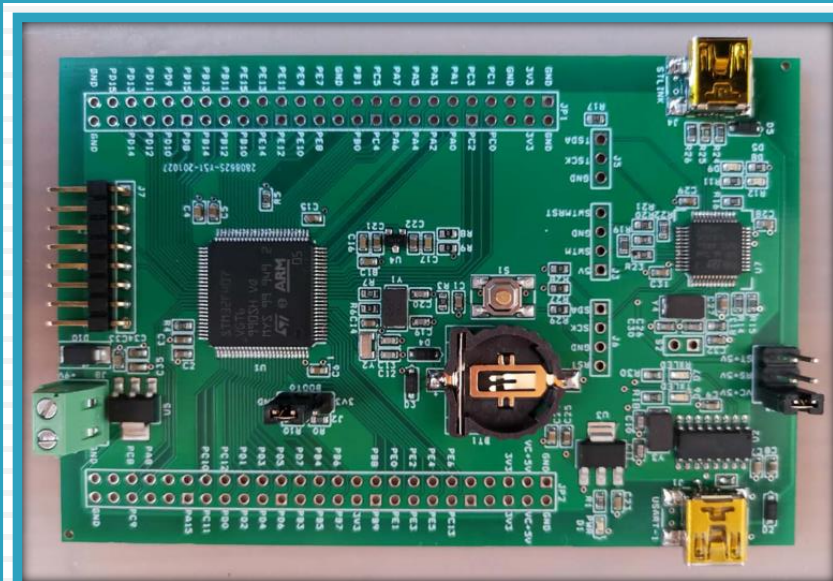


电路综合设计实验

林华杰、唐成凯
电子实验教学中心
西北工业大学



西北工业大学



实验课要求与课程安排:

2

- 不允许缺课、迟到!
- 禁止更换实验位!
- 禁止更换仪器设备!
- 禁止抄袭!

周数	实验内容	考核内容
9	电子设计与电子实验 放大器非线性失真研究 (25分)	
10		预习报告1 (15分) 实验一验收 (10分)
11	基于PT100的温度测量 (25分)	预习报告2 (15分)
12		实验二验收 (10分)
13	程控直流稳压电源 (25分)	预习报告3 (15分)
14		实验三验收 (10分)
15	火焰检测电路 (25分)	预习报告4 (15分)
16		实验四验收 (10分)

- 实验考核: 设计报告+实物验收



FTP地址

3

□ **FTP://10.70.179.33**

□ 登录名：**dlzhsj**

□ 密码：**dlzhsj**

□ 实验报告只允许上传**pdf**文件

□ 报告命名：**2(实验)_15(组号)姓名1学号1姓名2学号2.pdf**

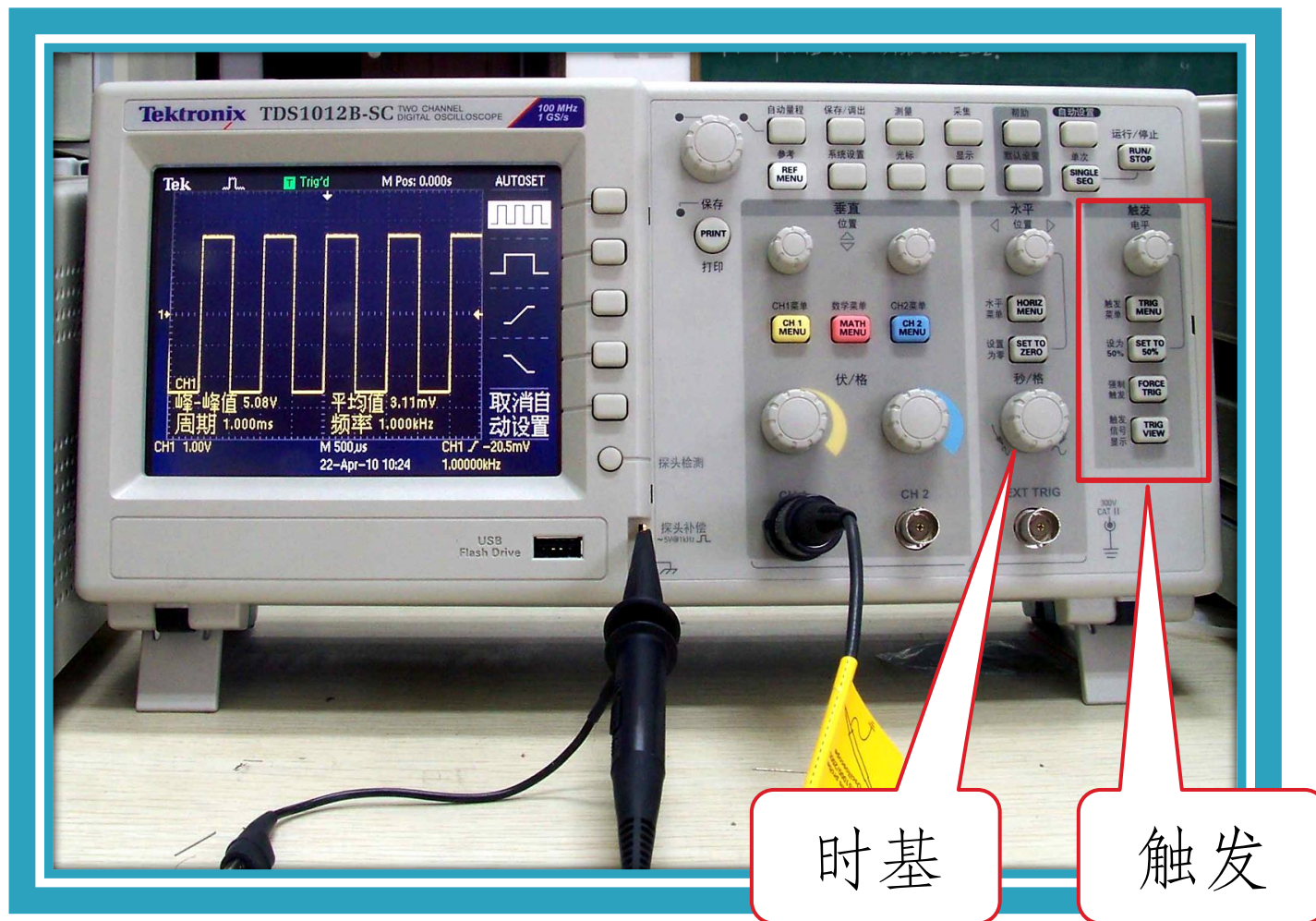
仪器的使用

4

□ 双通道跟踪示波器

- ▣ 时基
- ▣ 触发
- ▣ 探头

- 用信号源DG4202产生调幅波：载波频率：30MHz；幅度：500mVp-p；调制频率：1kHz；调制深度：50%。
用示波器观察波形，测量幅值。



仪器的使用

- 双路直流稳压电源
 - ▣ 工作电流
 - ▣ 限流调节
 - ▣ 过流指示灯
 - ▣ 串并联
 - ▣ 接地柱
- 电路工作前必须限流
- 问题：输出+12V/-12V



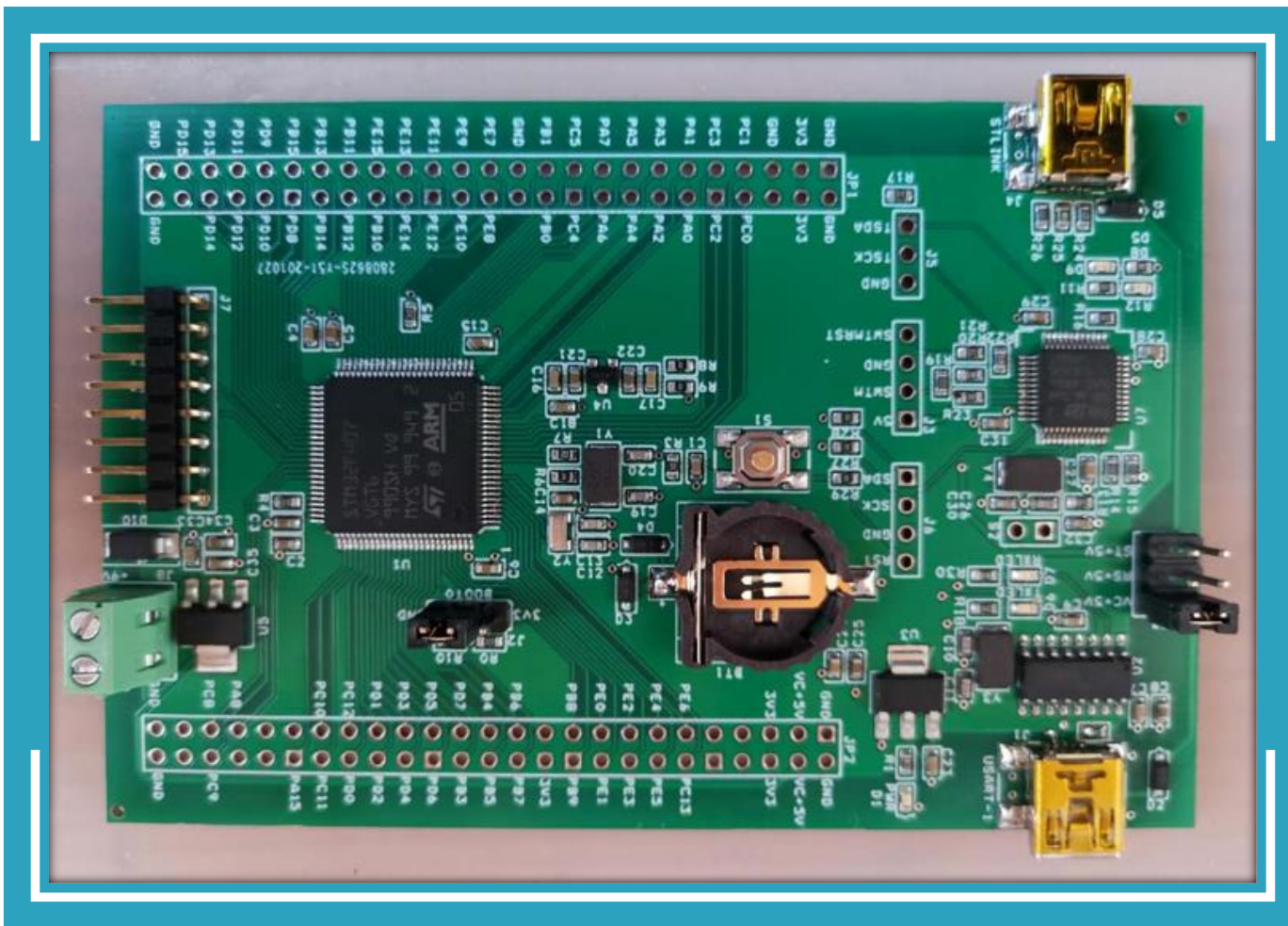
仪器的使用

6

□ 万用表

▣ AC: 50Hz, 正弦波

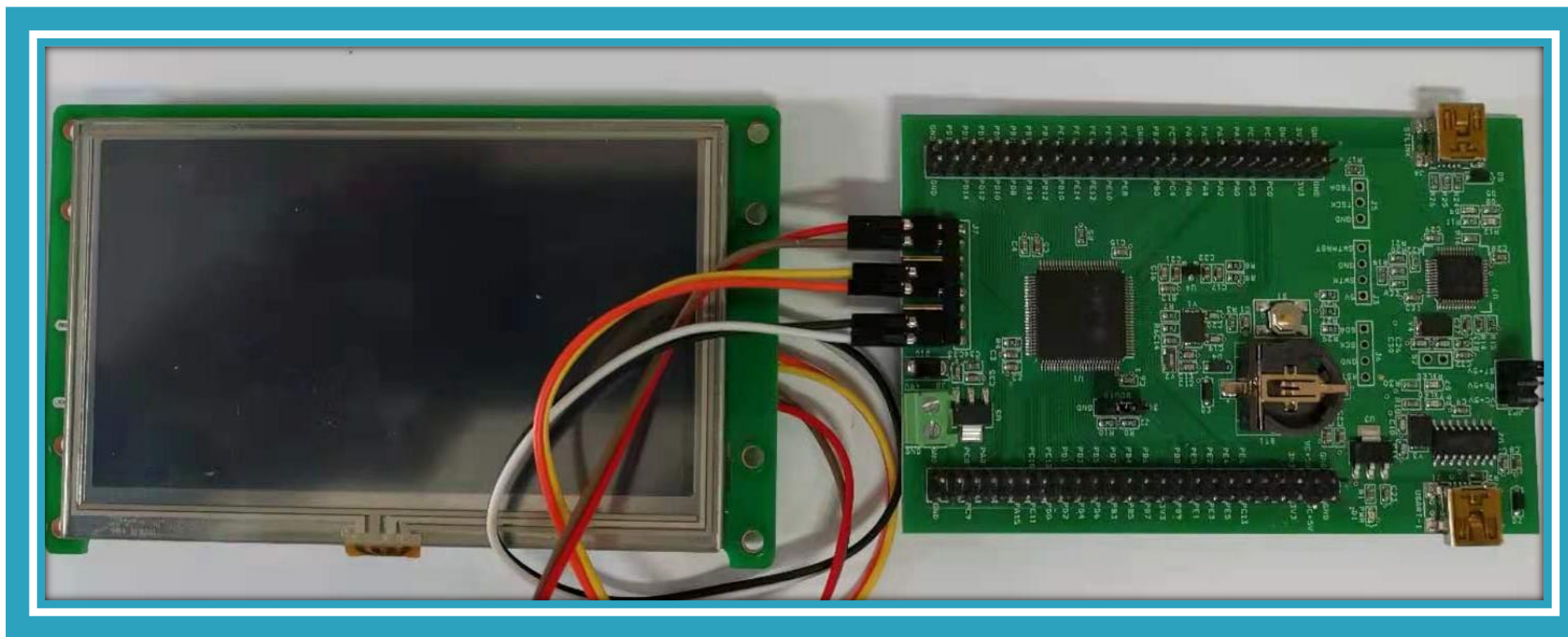
□ STM32F407开发板



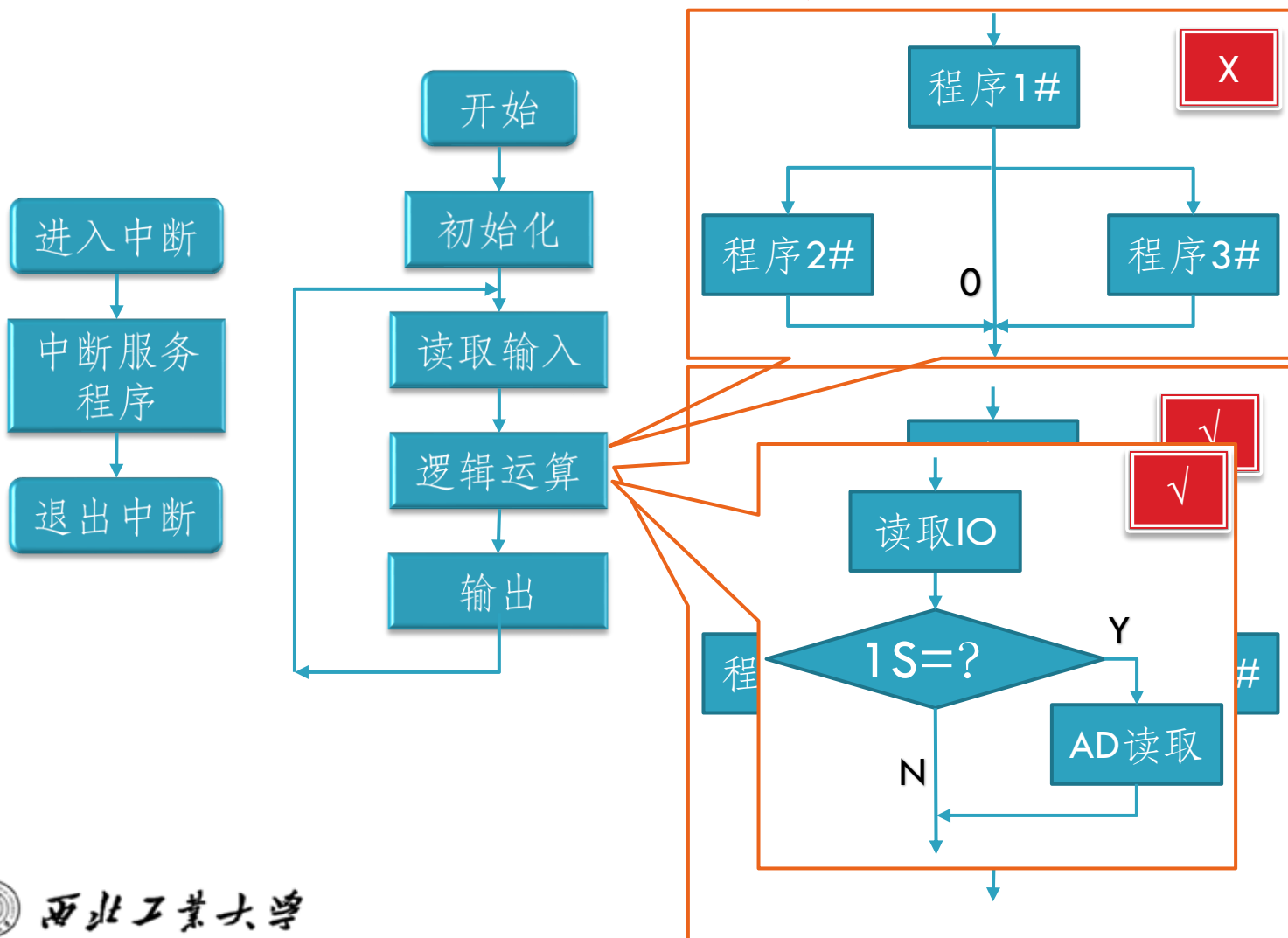
仪器的使用

7

□ STM32F407开发板+串口屏（实验2、3、4）



□ Stm32F407流程与实时性



```

void      x_cpu_init(void);
void      x_get_input(void);
void      x_logic_scan(void);
void      x_set_output(void);

```

```

int main(void)
{
    x_cpu_init();

    while (1){
        x_get_input();
        x_logic_scan();
        x_set_output();
    }
}

```

Stm32f4xx_it.c

```

void x_cpu_init(void){
    .....
}
void x_get_input(void){
    .....
}
void x_logic_scan(){
    .....
}
void x_set_output(void){
    .....
}

```


□ Stm32F407的SAR ADC特性

➤ 采样率：

- $PLL_VCO = (HSE_VALUE \text{ or } HSI_VALUE / PLL_M) * PLL_NPLL_VCO=8/8*336=336/$
- $SYSCLK = PLL_VCO / PLL_P=336/2=168M$ (系统时钟不能超过168M)
- $HCLK = SYSCLK / 1$ (AHB1Periph) 则 $HCLK=168M$
- $PCLK1 = HCLK / 4$ (APB1Periph)则 $PCLK1 = 168/4$ (函数中定义分频值)
- $PCLK2 = HCLK / 2$ (APB2Periph) 则 $PCLK2=168/2=84M$ (函数中定义分频值) (
- $ADC_CommonInitStructure.ADC_Prescaler = ADC_Prescaler_Div4;$
- $ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_1, 1, ADC_SampleTime_3Cycles);$
- 采样率： $84M/4/ (3+12) = 1.4MHz$

```

/*****system_stm32f4xx.c *****/
#define PLL_M      8
#define PLL_N      336
/* SYSCLK = PLL_VCO / PLL_P    //
#define PLL_P      2
#define PLL_Q      7
*****/
    
```

Table 65. ADC characteristics⁽¹⁾

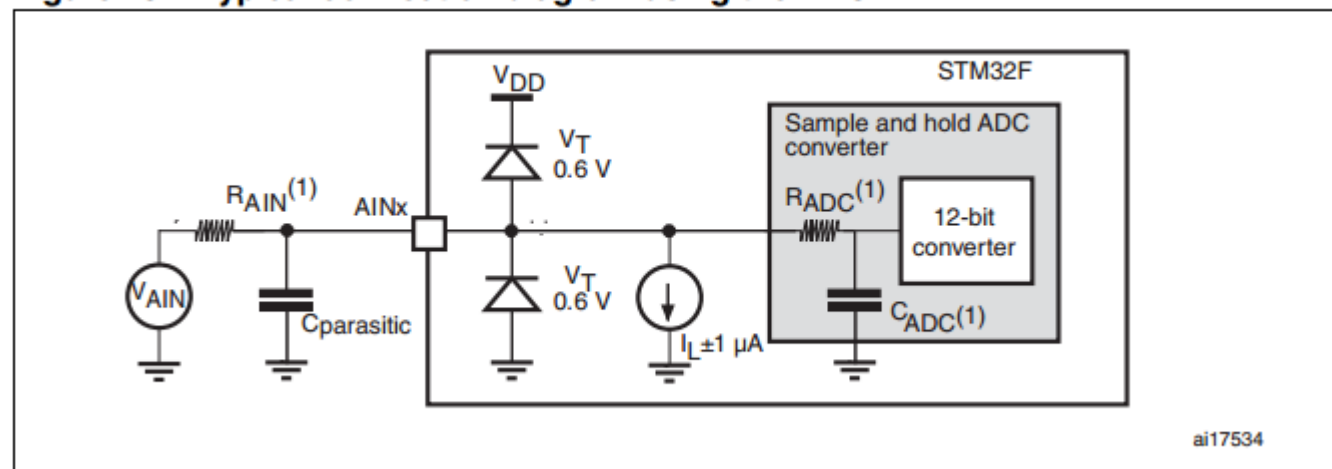
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V _{DDA}	Power supply		1.8 ⁽²⁾	-	3.6	V
V _{REF+}	Positive reference voltage		1.8 ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾	-	V _{DDA}	V
f _{ADC}	ADC clock frequency	V _{DDA} = 1.8 ⁽²⁾⁽⁴⁾ to 2.4 V	0.6	15	18	MHz
		V _{DDA} = 2.4 to 3.6 V ⁽⁴⁾	0.6	30	36	MHz

□ Stm32F407 的SAR ADC特性

- 采样率：1.4MHz (SYSCLK=168MHz)
2.4MHz (SYSCLK=144MHz)
- 采样值 $V_{AIN} < V_{REF+}$, $V_{REF+} = 2.5V$
- 分辨率：12、10、8、6
- 输入特性：
 - 建立时间： $t_c = (R_{ADC} + R_{AIN}) \times C_{ADC}$
 - ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_1, 1, ADC_SampleTime_3Cycles);
 - $3/f_{ADC} > t_c$ (不满足，则测量值小于实际值)
 - R_{AIN} 最大值计算公式：

$$R_{AIN} = \frac{(k - 0.5)}{f_{ADC} \times C_{ADC} \times \ln(2^{N+2})} - R_{ADC}$$

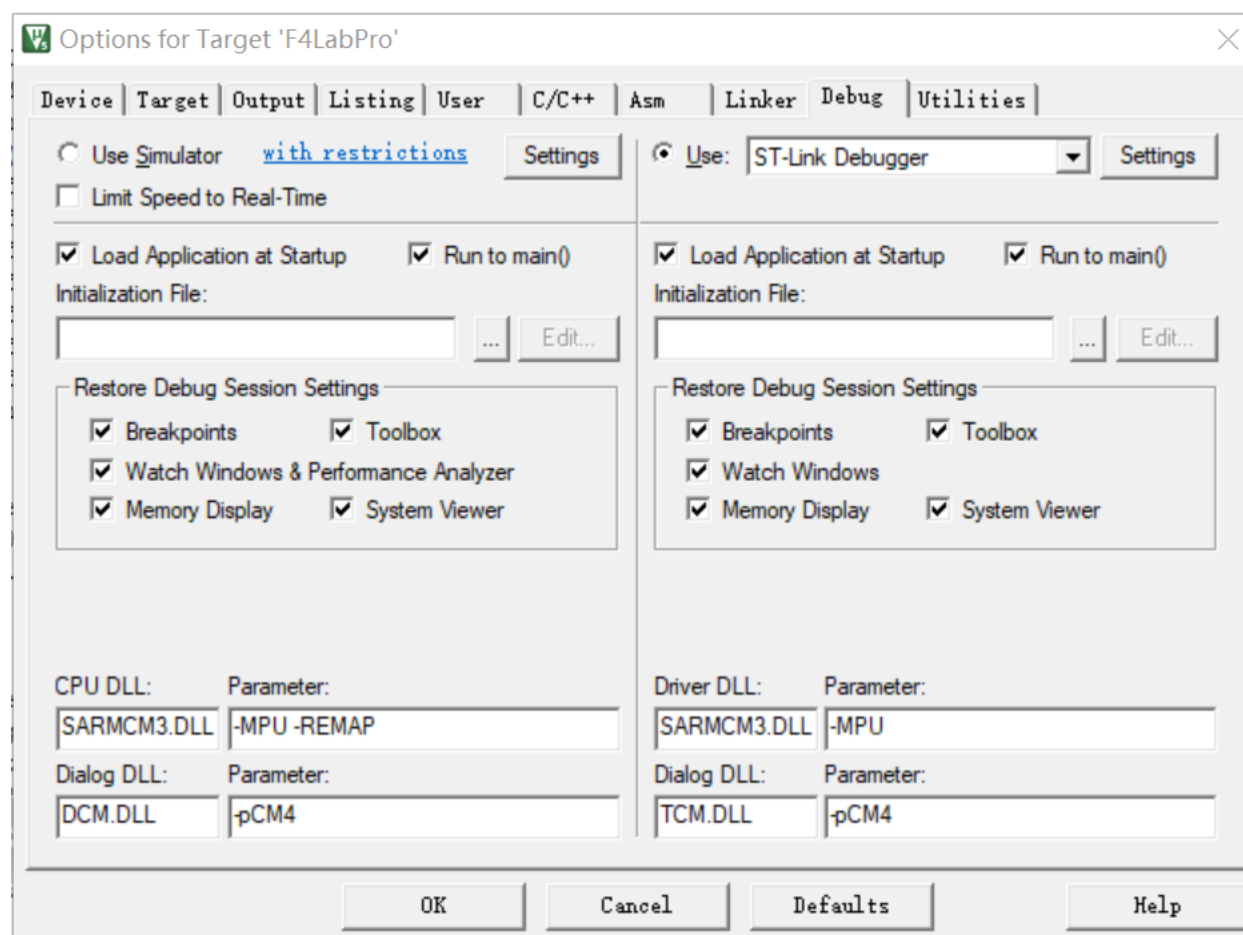
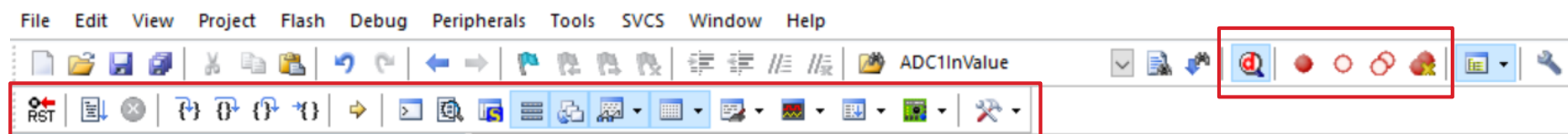
Figure 48. Typical connection diagram using the ADC



V_{AIN}	Conversion voltage range ⁽⁶⁾		0 (V_{SSA} or V_{REF-} tied to ground)	-	V_{REF+}	V
$R_{AIN}^{(5)}$	External input impedance	See Equation 1 for details	-	-	50	kΩ
$R_{ADC}^{(5)(7)}$	Sampling switch resistance		-	-	6	kΩ
$C_{ADC}^{(5)}$	Internal sample and hold capacitor		-	4	-	pF

Stm32F407

□ 调试——“Debug”



Stm32F407

□ 调试—“Debug”

4_Pro2021\User\xYun\xYun.uvprojx - µVision

View Project Flash Debug Peripherals Tools SVCS Window Help

ADC1InValue

wIConfig.h wUsart.c wNVIC.c stm32f4xx_it.c main.c includes.h globals.h stm32f4xx_rcc.h wUsart.h

```
55 wIConfig(xGPIOC, PIN6, xOut, xOut_PP, x2M, xNone);
56 wIConfig(xGPIOC, PIN7, xOut, xOut_PP, x2M, xNone);
57 wIConfig(xGPIOC, PIN8, xOut, xOut_PP, x2M, xNone);
58 wIConfig(xGPIOC, PIN9, xOut, xOut_PP, x2M, xNone);
59
60 wUart2Init();
61 wADC1DMAInit();
62 wNVICInit();
63 wDelay(1000);
64 Tx2Buffer[0]=0xA5;
65 Tx2Buffer[1]=0x20;
66 Tx2Buffer[2]=0x21;
67 Tx2Buffer[3]=0x04;
68 Tx2Buffer[4]=0x10;
69 Tx2Buffer[5]=0x04;
70 Tx2Buffer[6]=0x5A;
    Counter=7;
```

Watch 1

Name	Value	Type
Rx2Buffer	0x20000054...	unsigne...
Rx2DMAData	0x20000094...	unsigne...
xInput0	0xF0'?	unsigne...
<Enter expression>		

USART2

Property	Value
SR	0x000000C0
DR	0
BRR	0x00000271
CR1	0x0000201C
CR2	0
CR3	0x000000C0
GTPR	0

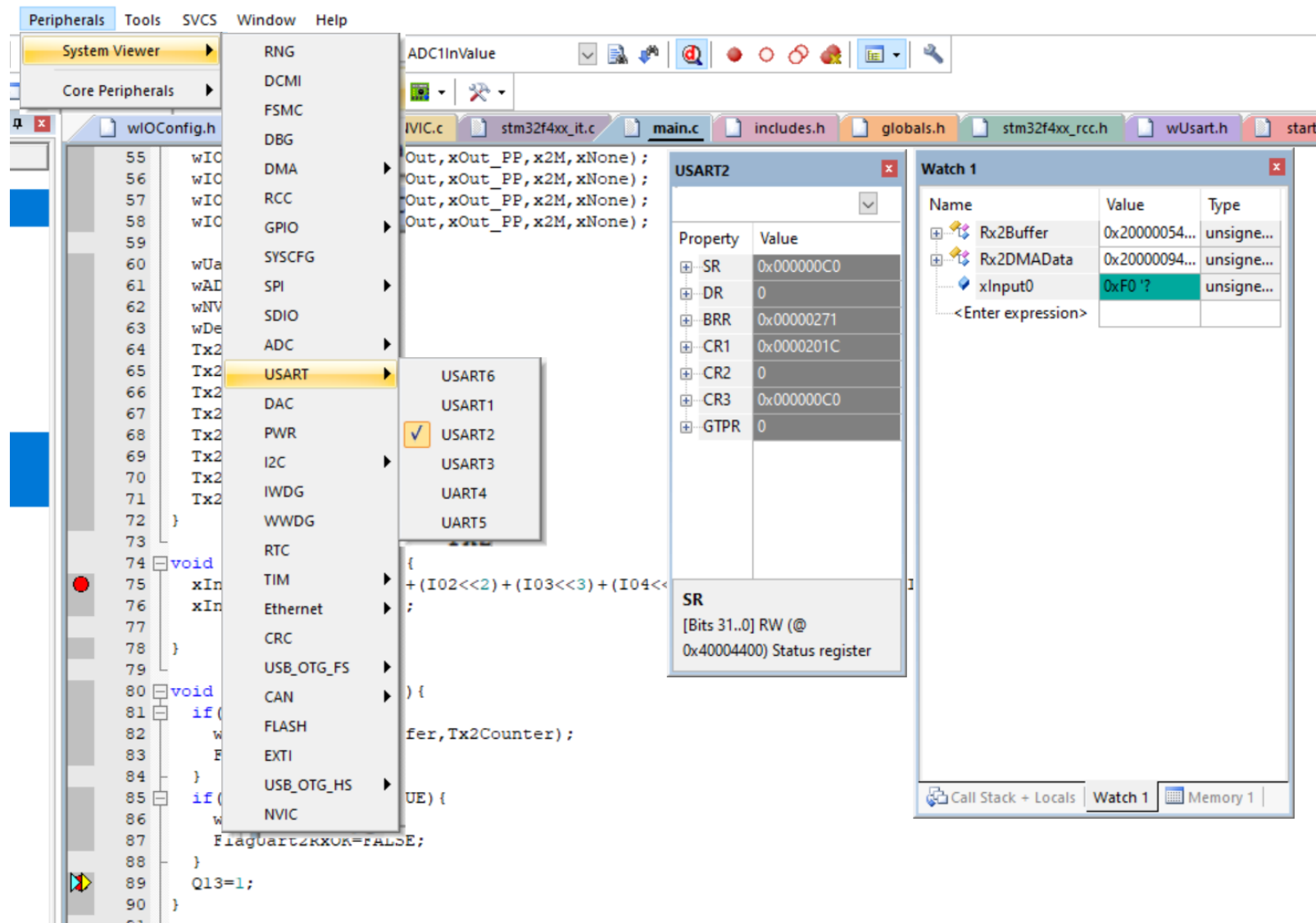
SR
[Bits 31..0] RW (@
0x40004400) Status register

```
75 void x_get_input(void) {
76     xInput0=I00+(I01<<1)+(I02<<2)+(I03<<3)+(I04<<4);
77     xInput1=I10+(I11<<1);
78 }
79
80 void x_set_output(void) {
81     if(Flag2s==TRUE) {
82         wUart2DMATx(Tx2Buffer, Tx2Counter);
83         Flag2s=FALSE;
84     }
85     if(FlagUart2RxOK==TRUE) {
86         wUart2RxProcess();
87         FlagUart2RxOK=FALSE;
88     }
89     Q13=1;
90 }
```



Stm32F407

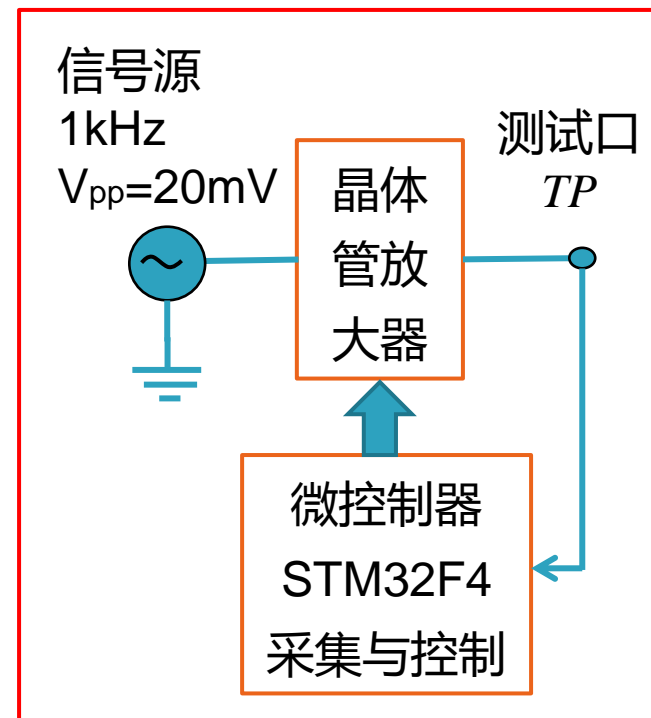
□ 调试——“Debug”



实验一、放大器非线性失真研究

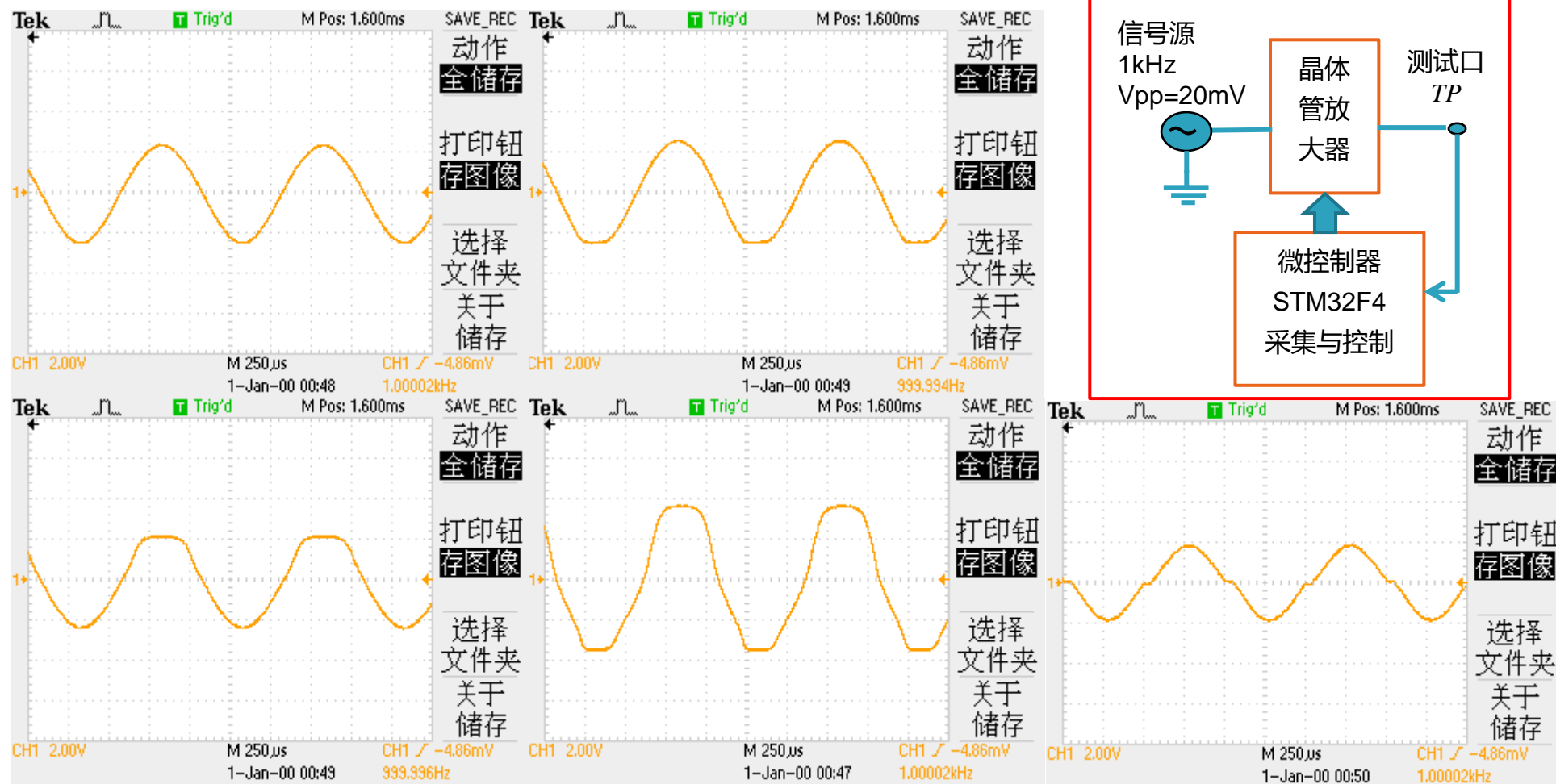
任务：设计并制作一个放大器非线性失真研究装置。信号源输出频率 **1kHz**、峰峰值 **20mV** 的正弦波作为晶体管放大器输入电压 u_i ，测试口 **TP** 输出无明显失真波形及四种失真波形 u_o ，且峰峰值不低于 **2V**。

- ▣ 放大器能够输出无明显失真的正弦电压 u_{o1} 。
- ▣ 放大器能够输出有“顶部失真”的波形 u_{o2} 。
- ▣ 放大器能够输出有“底部失真”的波形 u_{o3} 。
- ▣ 放大器能够输出有“双向失真”的波形 u_{o4} 。
- ▣ 放大器能够输出有“交越失真”的波形 u_{o5} （无需程控）。
- ▣ 长按按键 **SW1**，输出波形在“自动”和“手动”模式切换。
- ▣ “自动”模式下，间隔 **5S** 依次循环输出 u_{o1} （ u_{o5} ）、 u_{o2} 、 u_{o3} 、 u_{o4} 。
- ▣ “手动”模式下，短按按键 **SW1** 依次循环输出 u_{o1} （ u_{o5} ）、 u_{o2} 、 u_{o3} 、 u_{o4} ，短按按键 **SW2** 依次循环输出 u_{o4} 、 u_{o3} 、 u_{o2} 、 u_{o1} （ u_{o5} ）。



实验一、放大器非线性失真研究

15

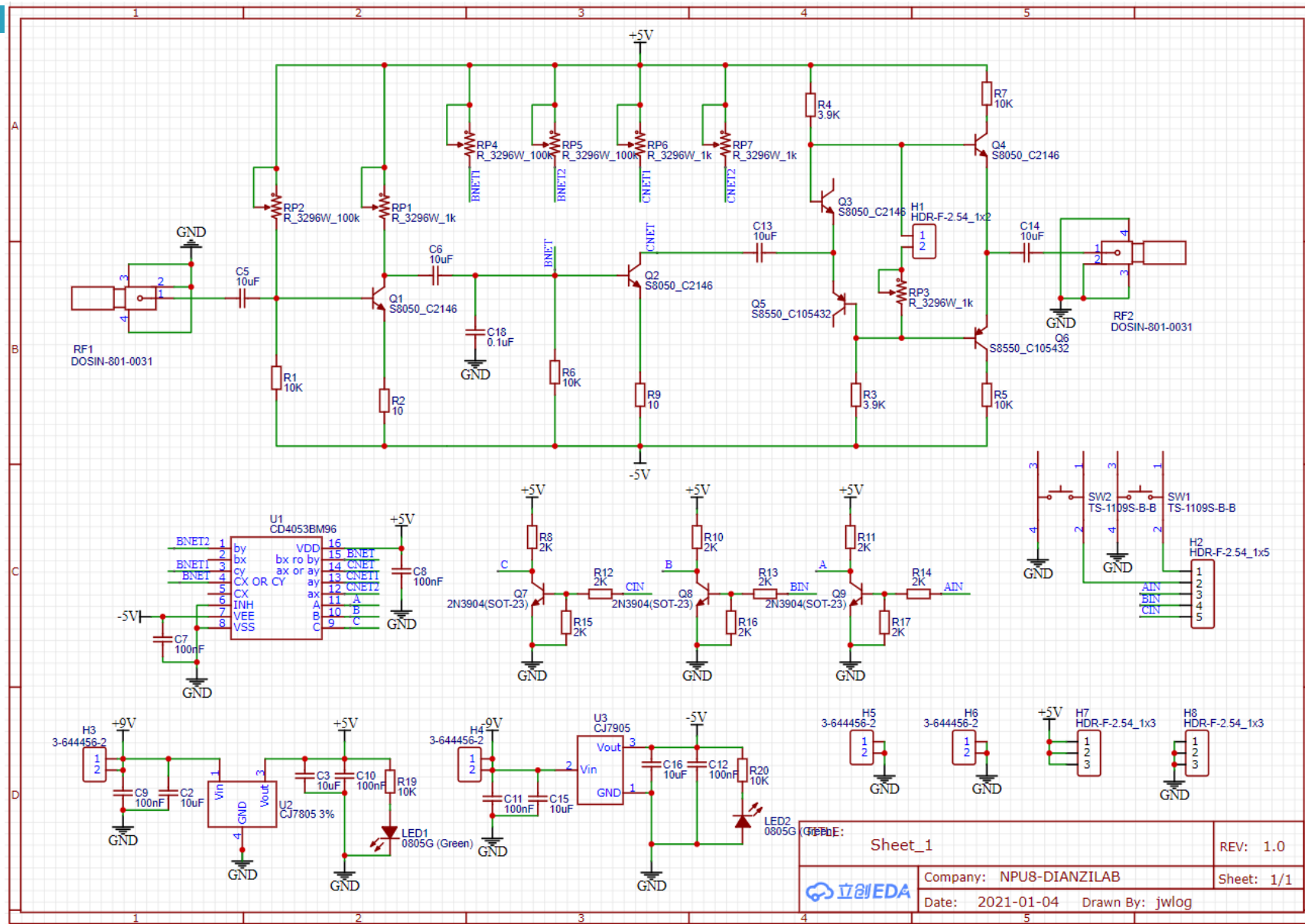


实验一、放大器非线性失真研究

16

预习内容:

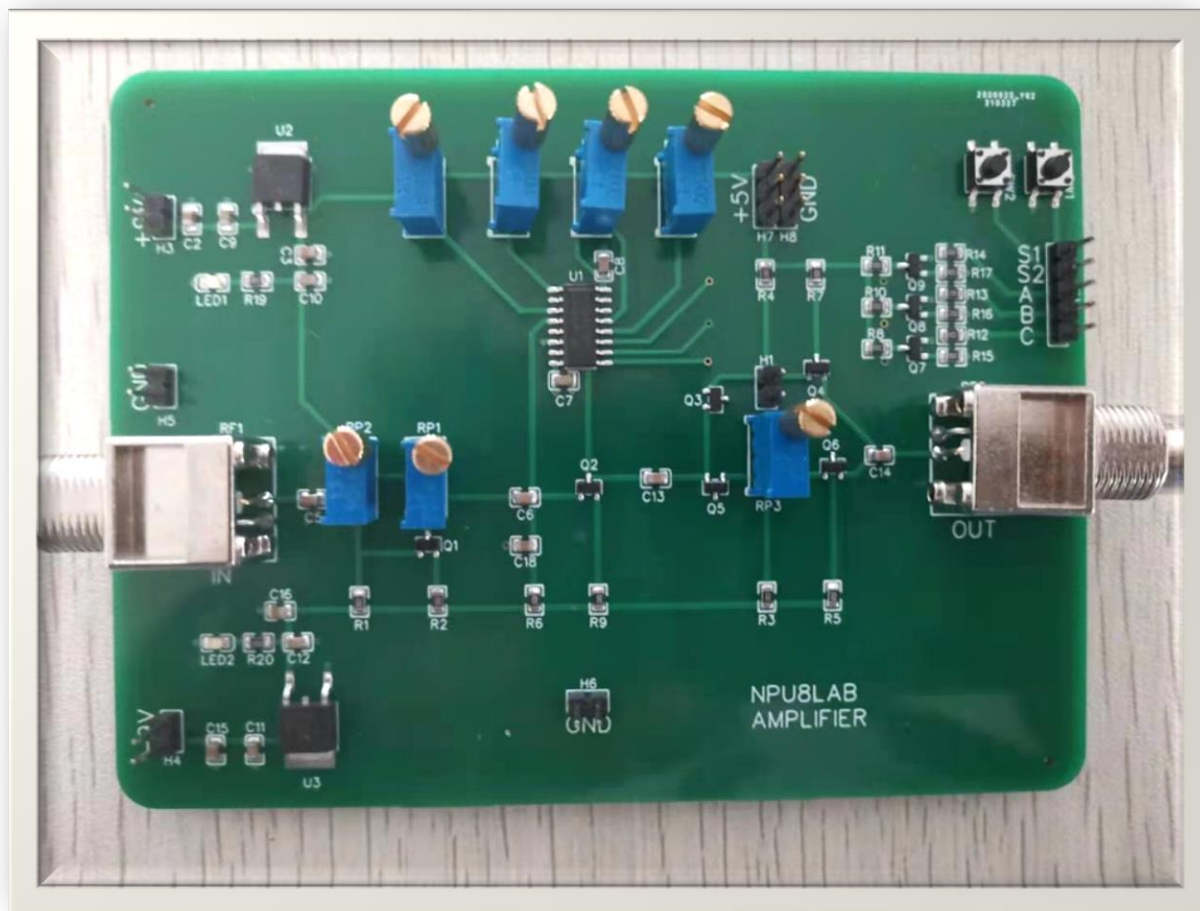
- 详细阅读S8050、S8550、CD4053、LM7805、LM7905手册，熟悉原理图
- 利用Multisim仿真放大器电路（利用2N3904、2N3906替代S8050、S8550）
 - 确定电位器值
- 设计合理调试流程。
- 设计单片机流程图。



实验一、放大器非线性失真研究

17

- 正确使用实验电子仪器，合理调试电路。



不准带出实验室！

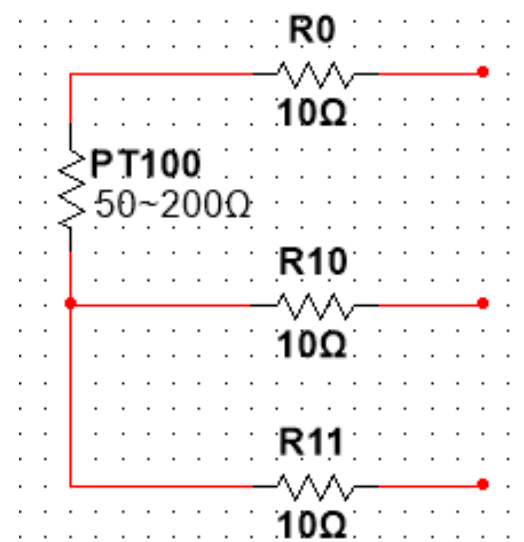
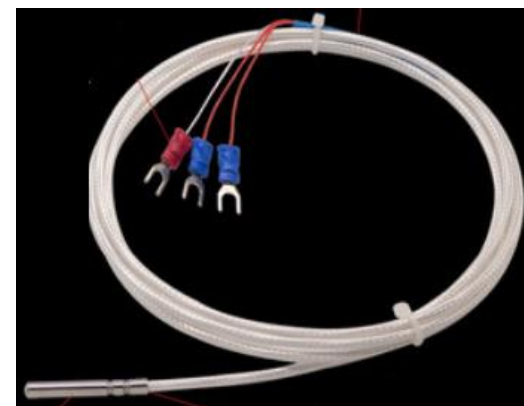
不准带离实验位！



实验二、基于PT100的温度测量

任务：在工业控制中经常采用PT100测量温度。实现基于PT100的温度测量。

- 阐述三线制恒压分压式电阻测量方法和消除线阻原理。并利用Multisim给出PT100测量的前端电路（AD采样前），通过仿真验证电路设计的合理性。（温度测量范围 $-100^{\circ}\text{C}\sim+200^{\circ}\text{C}$ ）。
- 利用STM32F407和MAX31865测量温度（ $-100^{\circ}\text{C}\sim+200^{\circ}\text{C}$ ），并通过串口屏显示当前温度。
- 通过串口屏可显示当前时间和温度、可设置报警温度。当前温度大于报警温度屏幕显示报警。具有历史记录，记录报警时间。以及其它显示和设置功能。
- 利用三极管S8050，3V有源蜂鸣器设计声音报警电路，当前温度大于报警温度声音报警持续5s。

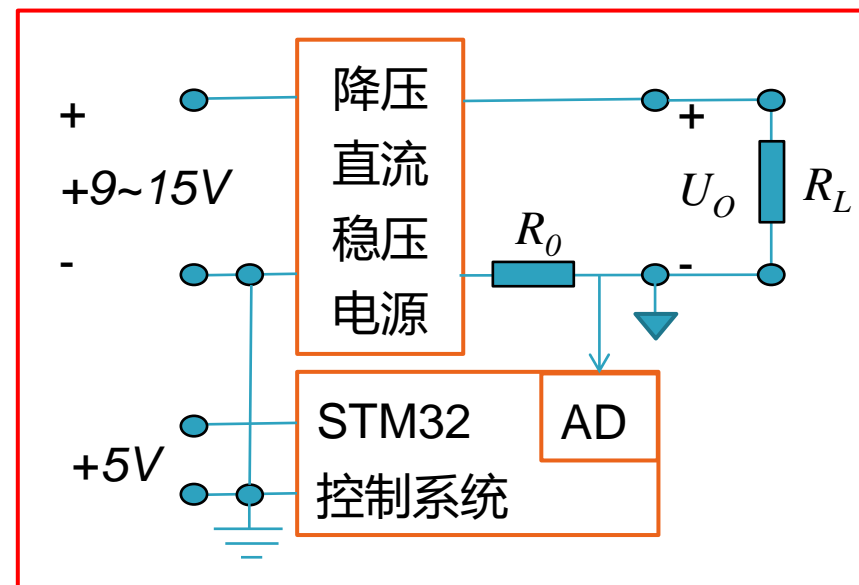


实验三、精密直流稳压电源

19

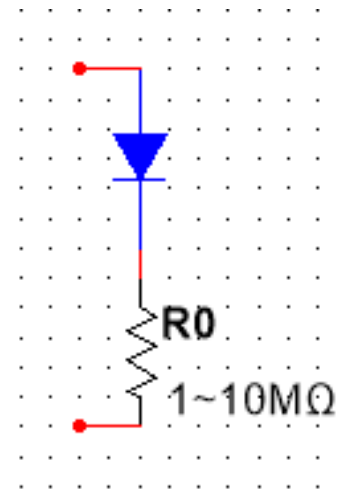
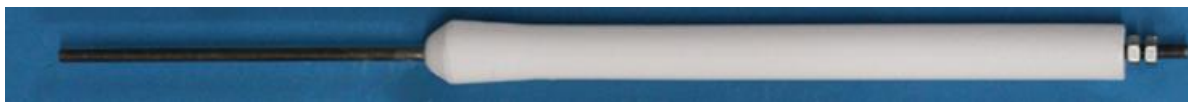
任务：以降压芯片**XL1509-ADJ**为核心器件，设计并制作一个降压型精密直流开关稳压电源。

- ▣ 额定输入直流电压为**DC+9~15V**时，额定输出直流电压为**+5 ± 0.05V**（测试负载 $R_L=100\Omega$ 、 3Ω ）。并测试输出电源纹波。
- ▣ 每格**1s**通过单片机串口发送电源输出电流（输出电流的通信协议可自定义）。
- ▣ 可通过串口屏关闭、打开电源，并显示输出电流。
- ▣ 可通过串口屏控制电源输出电压，输出电压范围：**DC+2~7.5V**，步进：**0.1V**，测试负载 $R_L=100\Omega$ 。



实验四、火焰检测电路

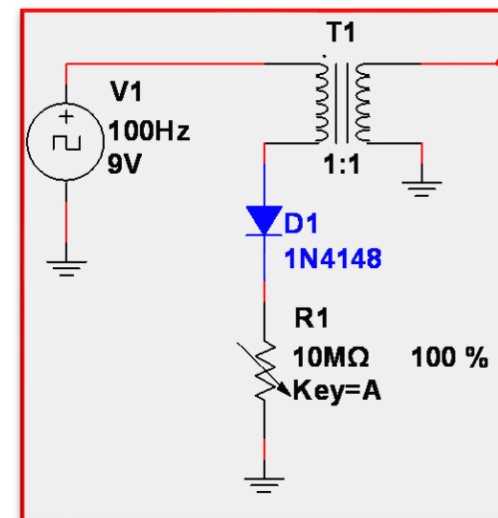
任务：离子火焰检测传感器可检测是否起火。离子火焰检测传感器具有单向导电性，其电路模型如图所示。设计火焰检测电路。系统供电**DC±9V**。



- 利用Multisim设计并仿真火焰检测前端电路（AD采样前），验证电路设计的合理性。

利用LM324/OP07、变压器（1:1）、若干电阻、电容、二极管（1N4148）、三极管实现火焰检测前端电路。

- 理想变压器
- UU9.8-50mH
- 利用STM32F407进行采集，并通过串口屏显示火焰的大小，显示图中R0（1~10MΩ）的阻值。



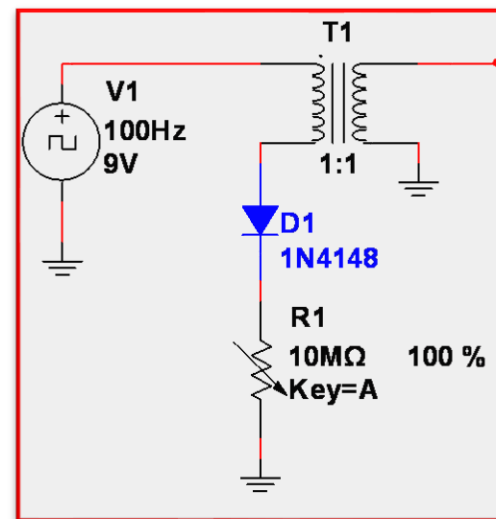
实验四、火焰检测电路

▣ 利用Multisim设计

- 运放的选择：LM324/OP07
- 变压器
 - ✓ 利用理想变压器进行仿真
 - ✓ 利用UU9.8-50mH模型进行仿真
 - ◆ 与理想变压器的区别，如何改进电路

▣ 合理调试

- 仿真与实测的区别？



实验四、火焰检测电路

22

➤ UU9.8-50mH

1P1S

Label Display Value Fault Pins Variant

Turns Core Leakage inductance Resistance

Coil	Number of turns
Primary coil 1	1
Secondary coil 1	1

Replace... OK Cancel Help

1P1S

Label Display Value Fault Pins Variant

Turns Core Leakage inductance Resistance

☐ Ideal core

☒ Non-ideal core

Model type: Constant inductance

Inductance: 25m H

50mH

Replace... OK Cancel Help

1P1S

Label Display Value Fault Pins Variant

Turns Core Leakage inductance Resistance

☒ No leakage inductance (ideal coupling)

☐ Symmetric leakage inductances

Primary coil 1 leakage inductance: 20m H

☐ Custom leakage inductances

Coil	Inductance	Units
Primary coil 1	5m	H
Secondary coil 1	5m	H

Replace... OK Cancel Help

1P1S

Label Display Value Fault Pins Variant

Turns Core Leakage inductance Resistance

☐ No resistance

☒ Symmetric resistances

Primary coil 1 resistance: 2 Ω

☐ Custom resistance

Coil	Resistance	Units
Primary coil 1	10m	Ω
Secondary coil 1	10m	Ω

Replace... OK Cancel Help



END

电子实验教学中心

