2022 年 3 月 28 日- 2022 年 4 月 3 日

学习内容和已完成设计（论文）内容

1. 继续进行了控制算法的仿真

使用 simulink 分别搭建：“带史密斯预估器的模糊 PID”， “带史密斯预估器的传统 PID”，“不带史密斯预估器的模糊 PID”，“不带史密斯预估器的传统 PID”四个模型，对四个模型进行仿真，对结果进行对比。模型分别如图 1~图 4 所示。

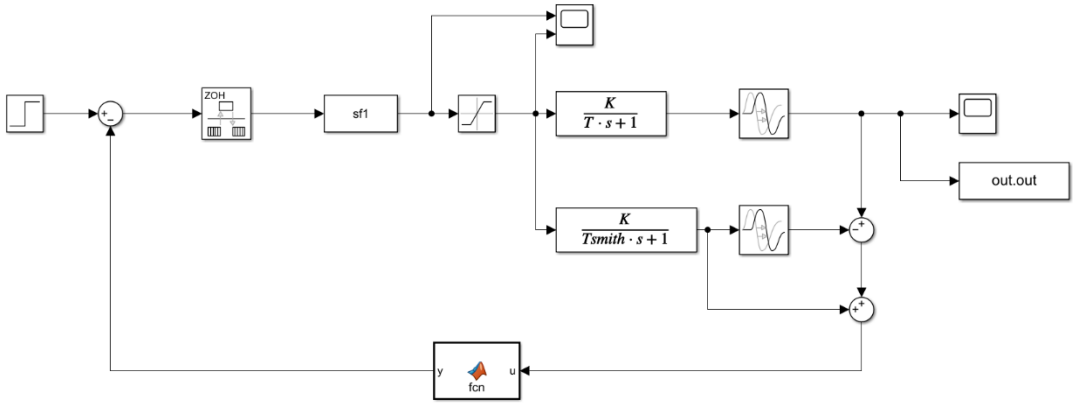


图 1：带史密斯预估器的传统 PID

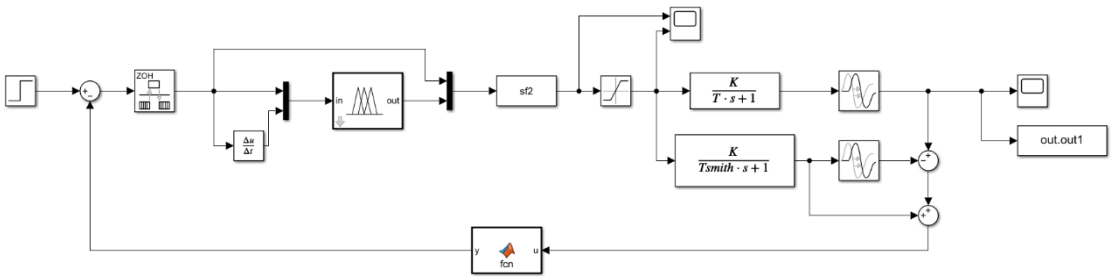


图 2：带史密斯预估器的模糊 PID

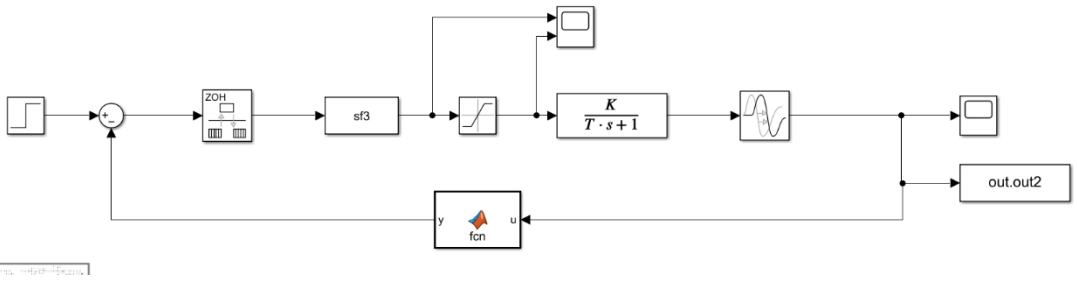


图 3：不带史密斯预估器的传统 PID

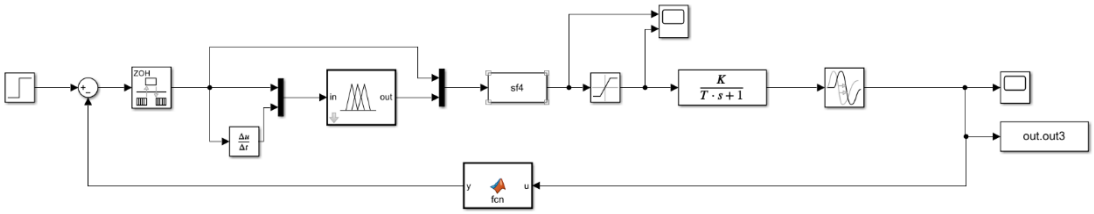


图 4：不带史密斯预估器的模糊 PID

其中，通道上的 fcn 是 Matlab Function 模块，作用是将温度反馈的精度调整为 1/16℃（DS18B20 的精度）在比较器的输出加了一个 ZOH（零阶保持器），以此模拟数字控制器的采样时间离散的特性。仿真的结果如图 5 所示

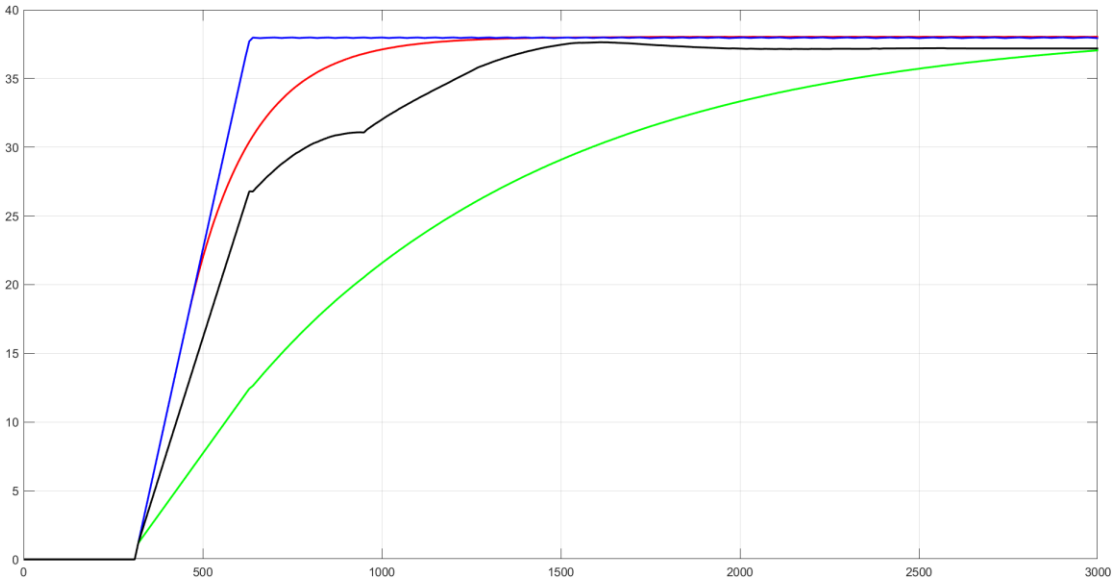


图 5：仿真结果（蓝色：smith 模糊 PID，红色：smith 传统 PID，黑色：模糊 PID，绿色：传统 PID）

蓝色的为“带史密斯预估器的模糊 PID”，红色的为“带史密斯预估器的传统 PID”，黑色的为“不带史密斯预估器的模糊 PID”，绿色的为“不带史密斯预估器的传统 PID”。

可以看到，无论带不带史密斯预估器，模糊 PID 的调节时间都是传统 PID 的一半以下，所以，模糊 PID 具有更好的动态性能。在带史密斯预估器的模糊 PID 中，系统输出前期以最大速度上升，在快要到达给定值时突然制动，没有发生超调，以几乎直角转弯的方式逼近给定值。而传统 PID 则是在接近给定值时减速，慢慢地靠近。在不带史密斯预估器时，传统 PID 为了防止超调，只能以很慢的速度调节，而模糊 PID 前期可以快速调节，在达到论域后开始减速，越到后期调节作用越弱，在响应速度提高的同时又避免了超调。在不带史密斯预估器时，为了

防止超调和不稳定，P 和 I 都很小，导致静差较大。

2. 串口通信帧的打包、解包程序

编写一个 Tar 类来处理串口通信帧的打包、解包。该程序分析从串口中接收的，放到循环队列中的数据，根据帧头判断帧的开始，根据帧长度判断帧的结束。该类使用事件驱动，当收到一个完整的帧后会触发一个事件。事件使用的是 C++模拟出来的类似 C#委托的一个类。

```
Delegate utarEvent; //串口收集到一个帧后触发该事件
```

想要使用帧中的数据，只要订阅该事件，当一个帧到达后就会回调被添加到链表中的函数。帧的格式如表 1

表 1：帧格式

分区	帧头	帧长度	数据域
字节数	2	1	任意

帧头为两个连续的 8 位无符号十进制整数 85，帧长度用一个 8 位无符号整数表示，后面跟着数据。为了防止数据域中出现两个连续的 85，打包程序对这种情况要进行处理。处理方法为转义，即在连续的 85 后面插入 0 来隔开。解包程序会忽略被插入的 0 。数据域格式如表 2 所示。

表 2：数据域格式

分区	功能码	数据
字节数	1	任意

3. ESP 自动发现局域网中的服务器并连接

在现场安装设备时，为了简化操作，不在路由器中为服务器设置固定 IP 地址，也不将服务器 IP 地址放在 ESP 的代码中。希望的安装步骤如下

1. 准备一台路由器，将路由器的名称改为特定的一个名称，将密码设定为特定值
2. 将服务器软件放到一台连接到路由器的 PC 中并启动
3. 将物联网设备通上电

想要通过上面的 3 步实现安装，必须使物联网设备能够自动发现局域网中的服务器然后建立连接。物联网设备和服务器实现该功能的流程图分别如图 6、图 7 所示。

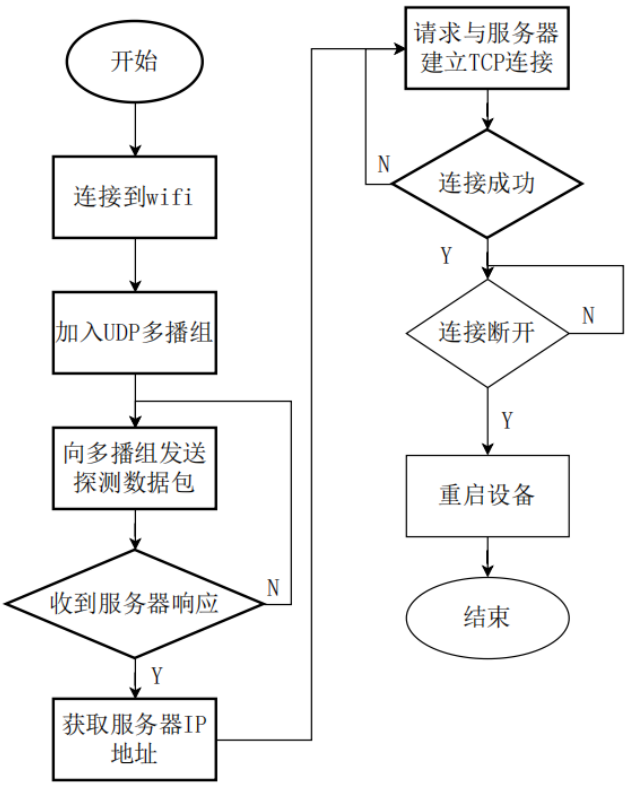


图 6：自动发现并连接服务器程序（物联网设备部分）

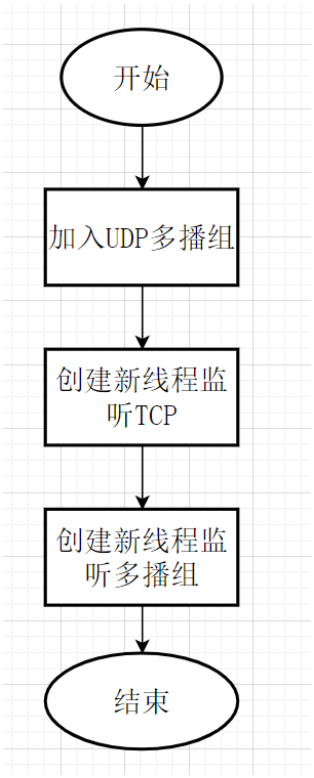


图 7：自动发现并连接服务器程序（服务器部分）

监听 UDP 多播组的程序流程图如图 8 所示。

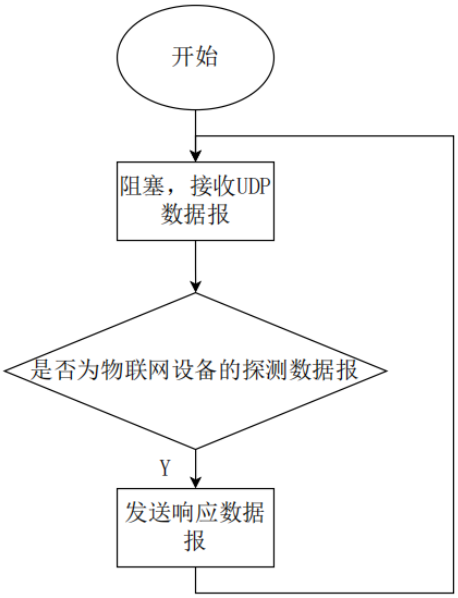


图 8：服务器监听 UDP 数据报线程

图 9 为监听 TCP 的程序

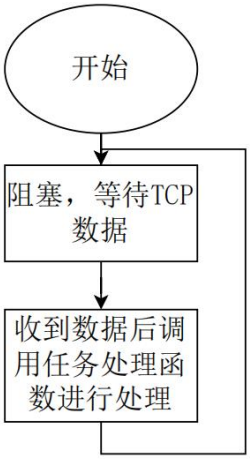


图 9：服务器监听 TCP 线程

4. 设计控制器和执行机构的原理图

控制器接口部分的原理图如图 10 所示。该部分含有 USB 接口，用于对 ESP32 进行程序下载同时通过 USB 接口对控制器进行供电。VBUS 的 5V 直流电经过 AMS1117 后变成 3.3V 给整个控制器供电。使用 CH340 转接 USB 与 UART。将 MSP430 与 ezFET 相关的引脚引出到排针，将 MSP430 的 PWM 输出引脚也引至排针，同时引出一个 GPIO 用于和 DS18B20 的通信。

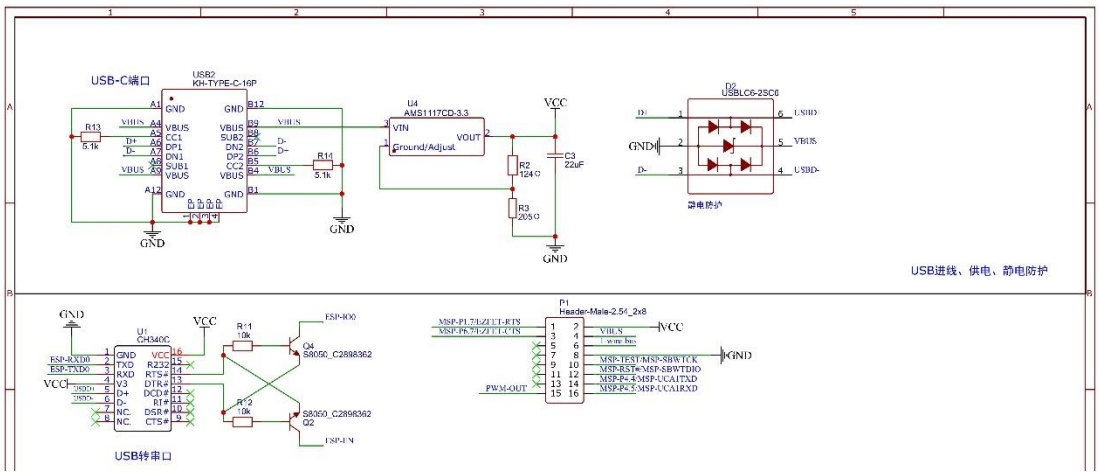


图 10：控制器接口部分

MSP430 的引脚连接如图 11 所示，ESP32 的引脚连接如图 12 所示。MSP430 使用 32768Hz 的晶振作为 XT1 的信号源，使用内部电容。ESP32 和 MSP430 通过 UART 直连进行通信。ESP32 的 UART0 用于下载程序和调试，UART1 用于和 MSP430 通信。MSP430 的 UART0 用于和 ESP32 通信，UART1 用于下载程序和调试。

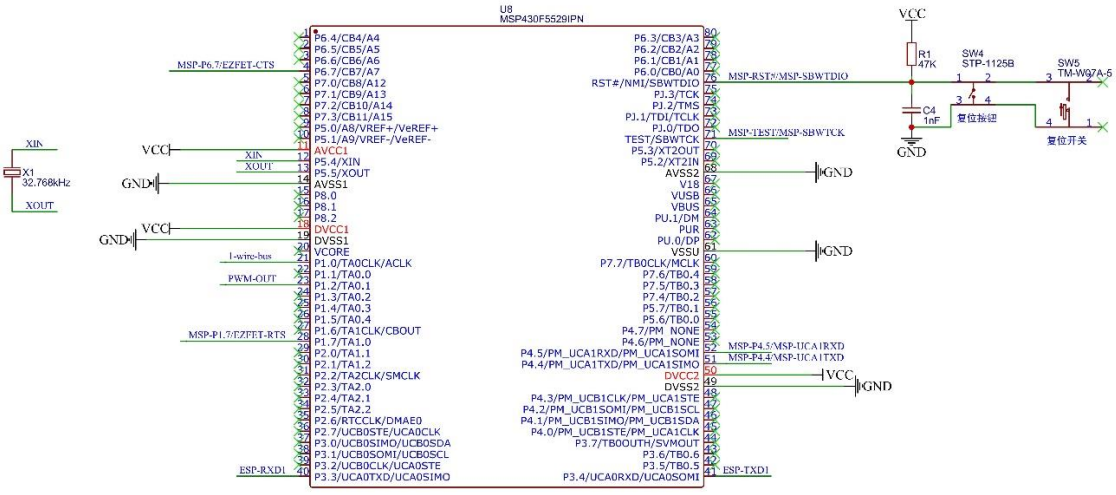


图 11：MSP430 引脚连接

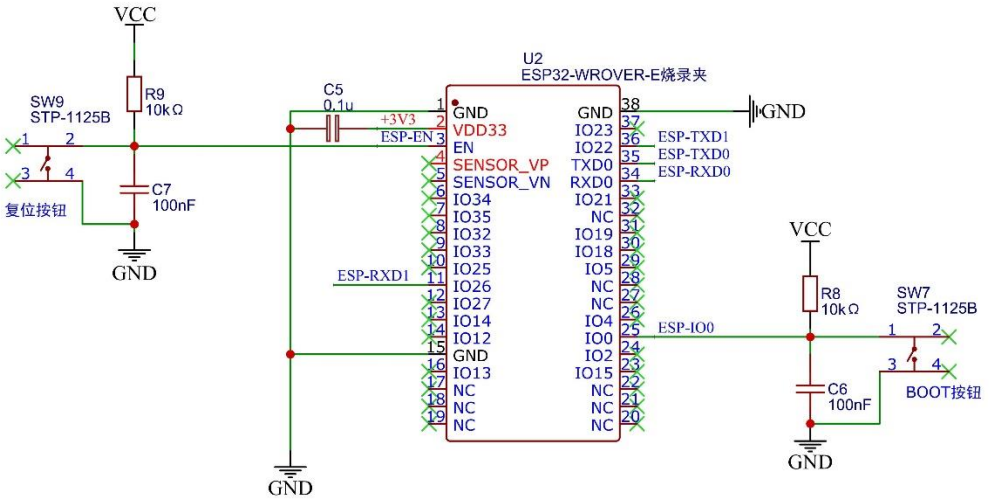


图 12：ESP32 引脚连接

执行机构如图 13 所示。市电经端子引入后使用整流桥进行不控整流，整流输出端连接着 IGBT 和电热管端子。电热管的两条线接入后，IGBT 和电热管串联。当 IGBT 全开时，电热管以额定功率工作。IGBT 使用光耦进行驱动。光耦使用金升阳 12V 的 AC/DC 裸板电源供电。

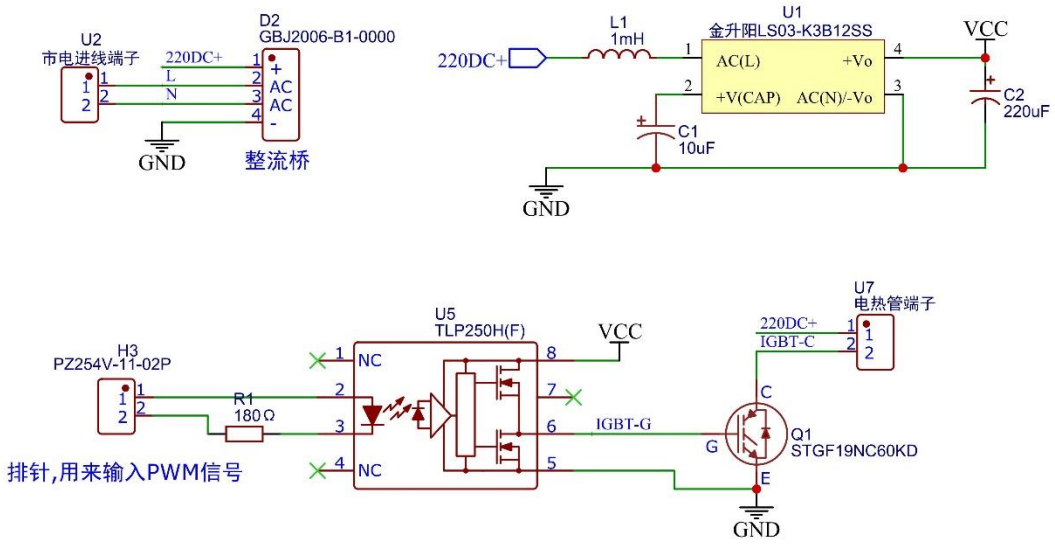


图 13：执行机构

本次工作中的收获

1. 熟悉了 ESP32 和 MSP430F5529 的引脚。掌握了 ESP32 自动下载的原理。

与上周工作和原定进度安排相比，未完成的工作和原因

1. 未完成对 MSP430 和 ESP 之间串口通信的帧格式、ESP 和服务器 TCP/UDP 通信的帧格式、服务器和 web 通信的帧格式的定义。
2. 未学习 echarts

原因：本科教学安排的实验占用了 5 天时间。

设计困难和解决方案，下周工作进度安排

1. 完成上周未完成的任务
2. 对 S8050_C2898362 三极管的参数进行计算，掌握该三极管能够当成理想开关的原因
3. 硬件设计有不合理的地方，进行修改

2022 年 4 月 4 日- 2022 年 4 月 10 日

学习内容和已完成设计（论文）内容

1. 帧格式的定义

UDP 数据报格式：UDP 有消息边界保护，所以无需区分每一帧，每次接收都是一个完整的帧。但是，发送的数据过短时，会被填充 0 以达到最小长度，所以需要判断帧的结尾在哪，所以定义 UDP 数据报中的数据以字符的方式传送，结尾为换行符。接收到一个 UDP 数据报后读取到换行符结束。

TCP 帧格式：TCP 没有消息边界保护，需要区分每一个帧的机制。利用 TCP 传输的每个帧头部的两个字节为内容长度。一个 TCP 帧可以被分成多个 TCP 数据包发送，一个 TCP 数据包也可以携带多个 TCP 帧。

表 3：TCP 帧格式

分区	内容长度	内容
字节数	2	任意

英特尔和 ESP32 使用的都是小端模式，无需翻转接收缓冲区。内容分为一个字节的功能码和任意长度的数据，如表 4 所示。

表 4：内容格式

分区	功能码	数据
字节数	1	任意

WebSocket 帧格式：WebSocket 每次传输的字节数是固定的，不管有用数据有多少，这会造成接收方收到大量无用数据。同时，js 处理字符串较强，处理字节流极其困难，所以 WebSocket 帧的形式为字符串。每个帧以中文的句号结尾。

2. 三极管参数计算

三极管 S8050 可以当做理想开关。该系列三极管的增益如图 14 所示。

■ Classification of $h_{fe(1)}$

Type	S8050	S8050-L	S8050-H	S8050-J
Range	200-350	120-200	144-202	300-400
Marking	J3Y			

图 14：三极管参数

这个增益是在 BJT 三极管的放大区的增益，集电极电流与集电极-射极电压的关系如图 15 所示。

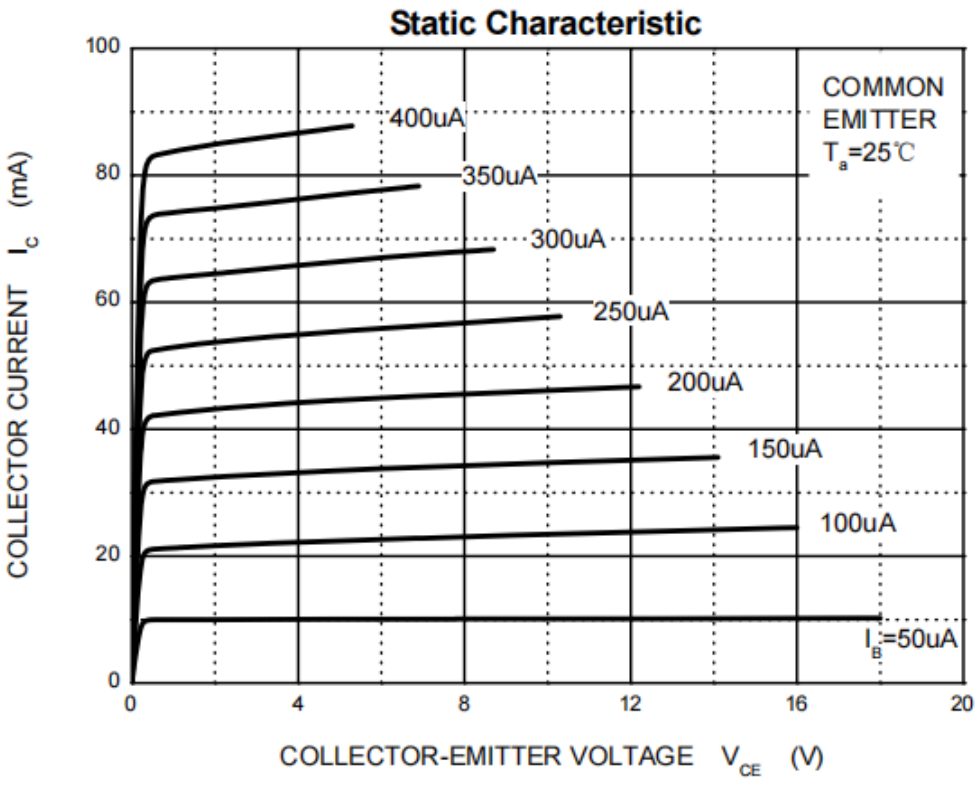


图 15：集电极电流与集电极-射极电压的关系

当 V_{CE} 足够大， I_C 的大小由 I_B 决定，这时候三极管进入放大区。在这个区域， V_{CE} 再增大， I_C 几乎保持不变。从图 15 中可以看出使三极管进入放大

区所需的 V_{CE} 小于 1V。在 I_B 不变时，增大 V_{CE} ， I_C 会轻微地增大。图 15 最上面的那条曲线，饱和区和放大区的临界点处的电流是 80mA ，此时的 I_B=400uA ，则此时的直流增益为 200 倍。这个值与说明书中的 S8050 的最小增益一致。V_{BE} 与 I_C 的关系如图 16 所示

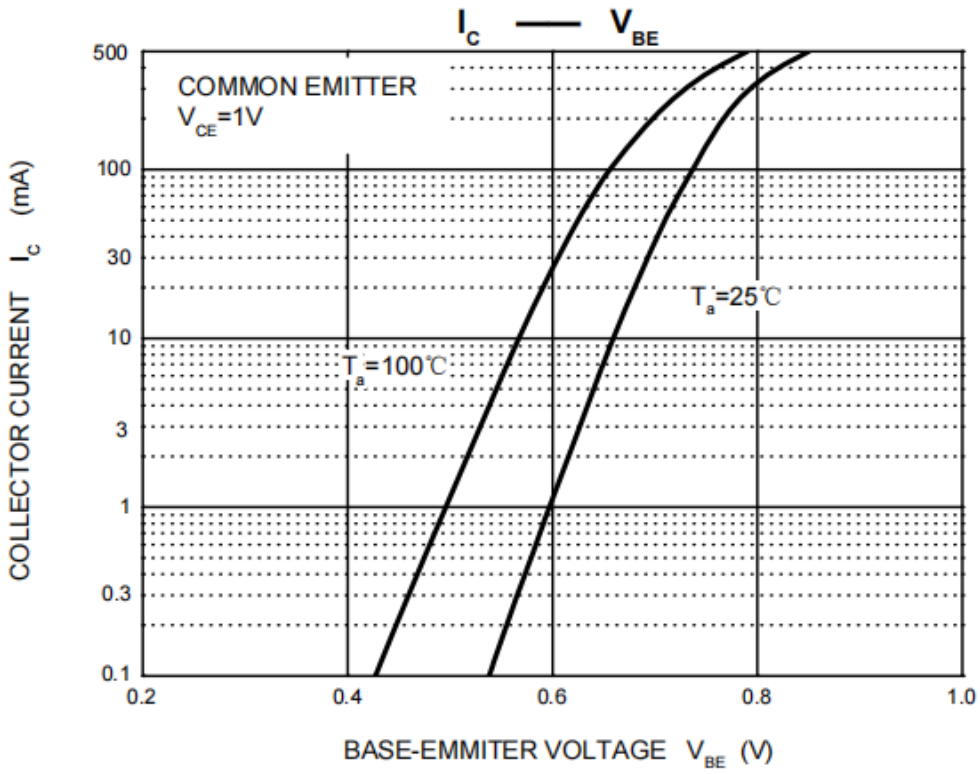


图 16：V_{BE} 与 I_C 的关系

在温度为 25℃ 时，使 I_C 为 100mA 时的 V_{BE}=0.7V ，根据增益为 200 计算出此时的 I_B=0.5mA ，由此计算出基极到射极的电阻 R_{BE}=1.4kΩ。该三极管用于自动下载时复位 ESP32，连接图如图 17 所示

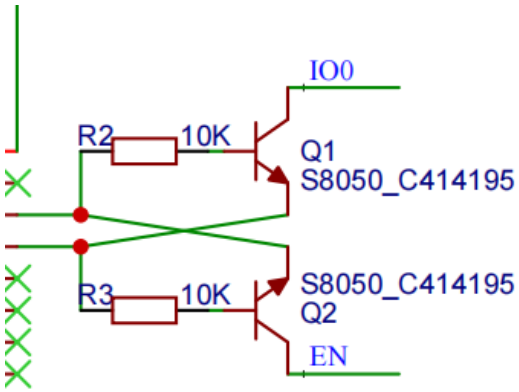


图 17：三极管连接图

三极管基极连接着一个 10kΩ 的电阻，集电极处通过 10kΩ 的电阻上拉。DTR 和 RTS 会对三极管的基极和射极之间施加 3.3V 的电压，则

$$I_B = \frac{3.3V}{(10 + 1.4)k\Omega} = 0.29mA$$

三极管的放大倍数是 200 倍，则工作在放大区时集电极电流为 58mA 。因为集电极串联了 10kΩ 电阻，所以三极管可能工作在饱和区，通过计算验证猜想。忽略集电极到射极之间的电阻，则电流为

$$I_C = \frac{3.3V}{10k\Omega} = 0.33mA$$

这个电流远远小于 58mA ，所以三极管确实工作在饱和区。

接下来通过 V_{CEsat} 与 I_c 的关系曲线（图 18）得出三极管处于饱和区时集电极到射极之间的电阻

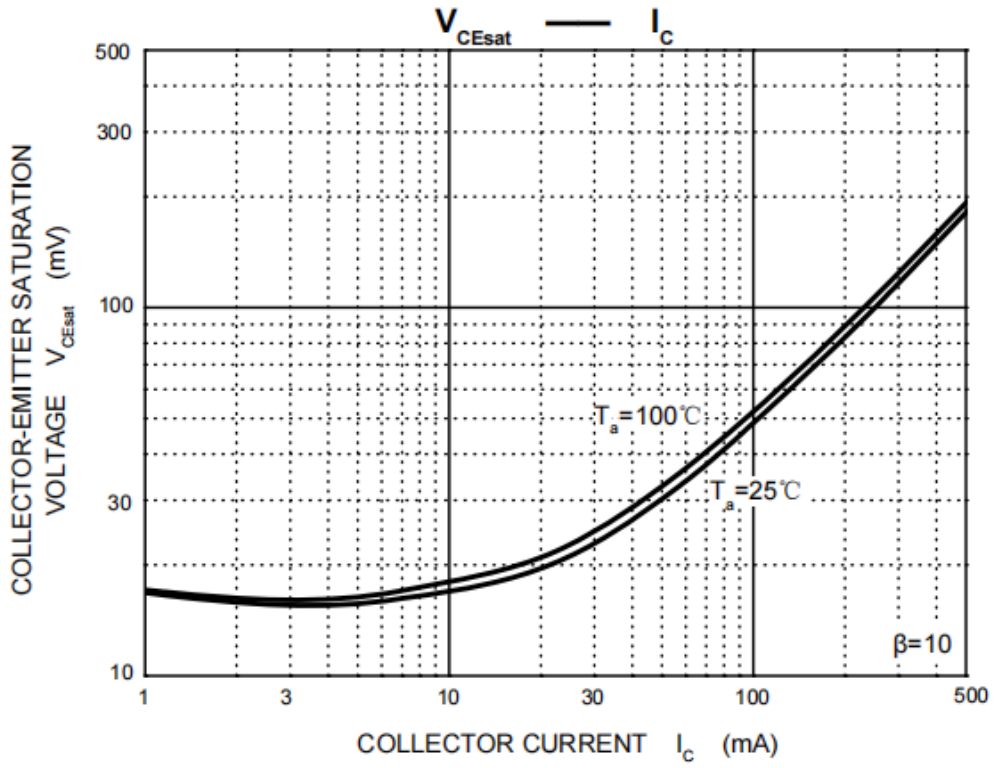


图 18：V_{CEsat} 与 I_c 的关系曲线

在开始时，I_C 增大， V_{CE} 几乎保持不变，也就是说 V_{CE} 增大一点点， I_C 就增大很多，这个区域是饱和区。在临界点处， I_C=10mA ， V_{CE}=15mV ，则饱和区集电极到射极的电阻为 1.5Ω 。三极管集电极到射极的电阻比起集电极的 10kΩ 的上拉电阻微不足道，可以忽略。所以，三极管一旦导通，则 EN 和 IO0 网络都会被下拉成低电平。而且这个低电平的拉电流能力为 58mA ，这个电流

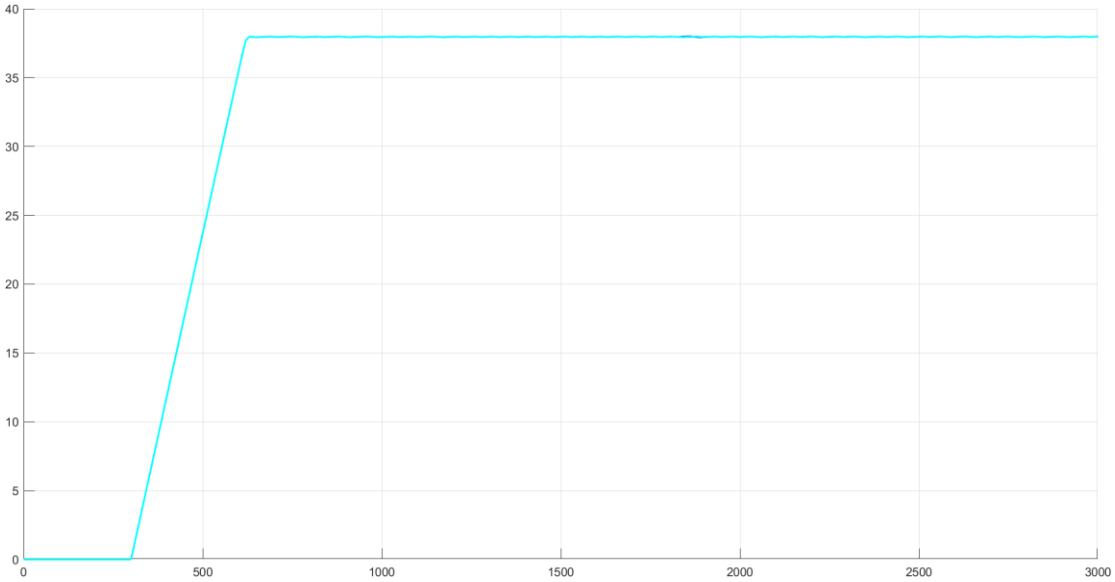
对于 GPIO 来说是很大的，足够保证 GPIO 处于低电平。综上所述，这两个三极管在这里可以被当成理想的开关。

3. 改进硬件设计

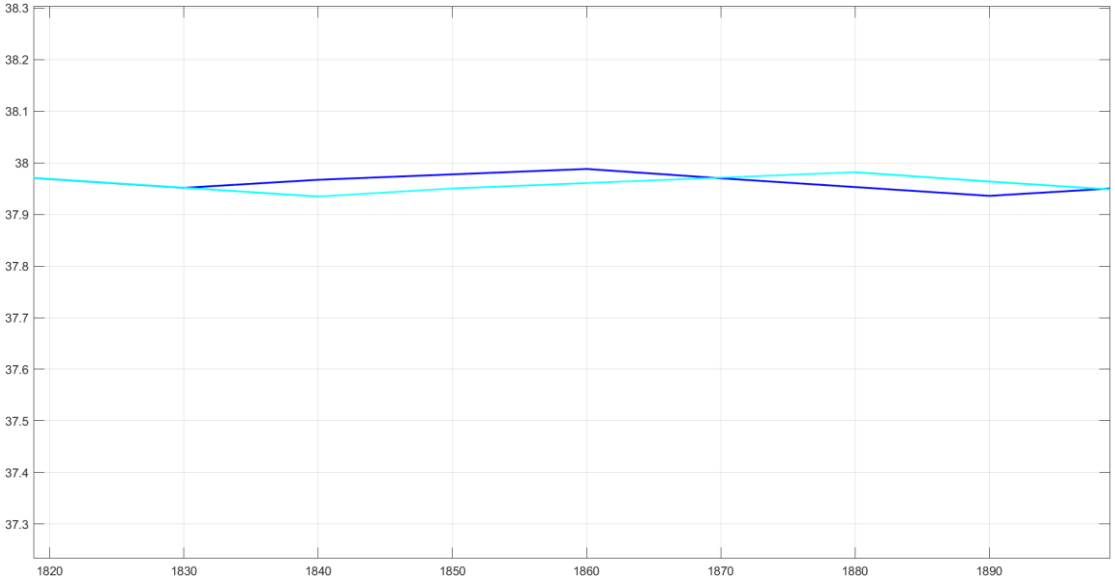
上周的硬件设计中，MSP430 引脚浪费严重，现更换为一个引脚数量少的。将执行机构和控制器置于一块电路板中。完整原理图见附录。

4. 单相全波整流输出用于加热与无纹波的理想直流电用于加热的差距

仿真的系统结构图见附录。仿真的结果如下图



青色的为用 PWM 调制正弦波的仿真结果，它覆盖住了一条蓝色的曲线，放大后可以发现青色的和蓝色的曲线不完全重合但是相差无几



青色的和蓝色的都是使用模糊 PID 加史密斯预估器。因为仿真一次进行了 7 小时，所以不对其他控制方式进行 PWM 调制正弦波的仿真。

5. 学习 vue

vue 是一个优秀的前端框架，在使用了 MVVM 的机制，使数据和界面尽可能解耦，同时还用了组件化的思想，使设计时条理更清晰。

使用 vue 构建了如下图所示的网页

该网页通过访问 https://ifconfig.me/ip 来获取公网 IP 地址，通过访问心知天气的云 API 来获取包含天气数据的 JSON，解析后显示出来。天气上方是一个万年历，显示了日期和时间。绿色的框内显示的是 MSP430 通过 DS18B20 获取的温度数据。

本次工作中的收获

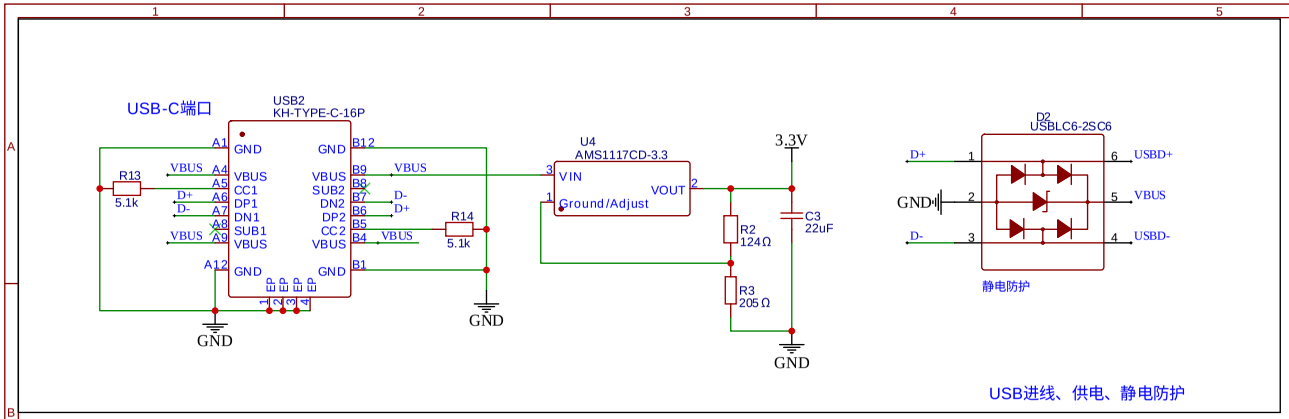
1. 感受到 MVVM 的先进，比起事件驱动和 JS 操作 DOM 进步很大。

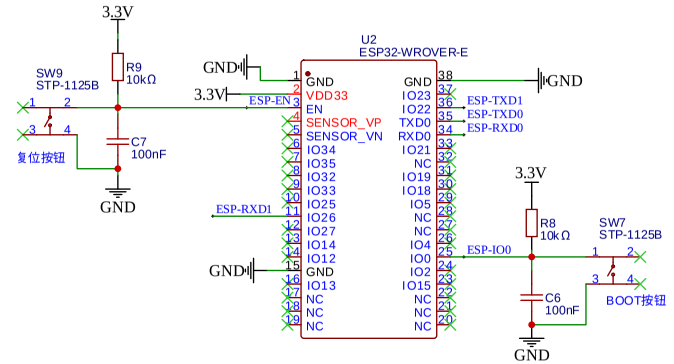
与上周工作和原定进度安排相比，未完成的工作和原因

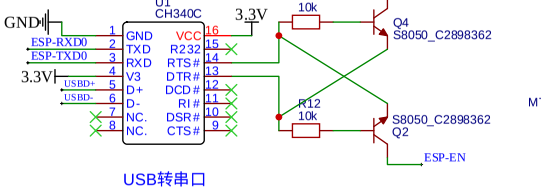
上周安排顺利完成

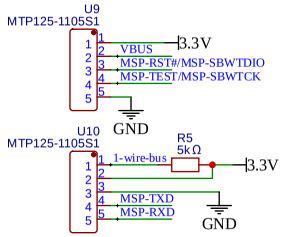
设计困难和解决方案，下周工作进度安排

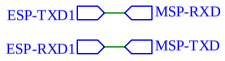
1. 继续学习 vue，设计出前端的软件结构

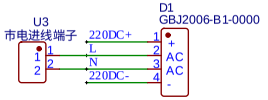


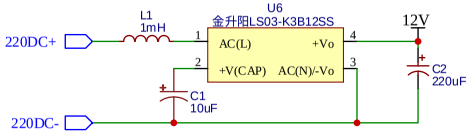


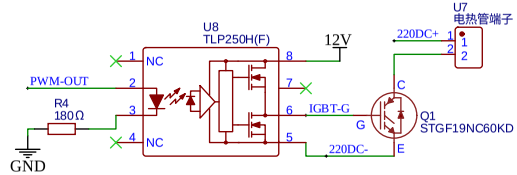


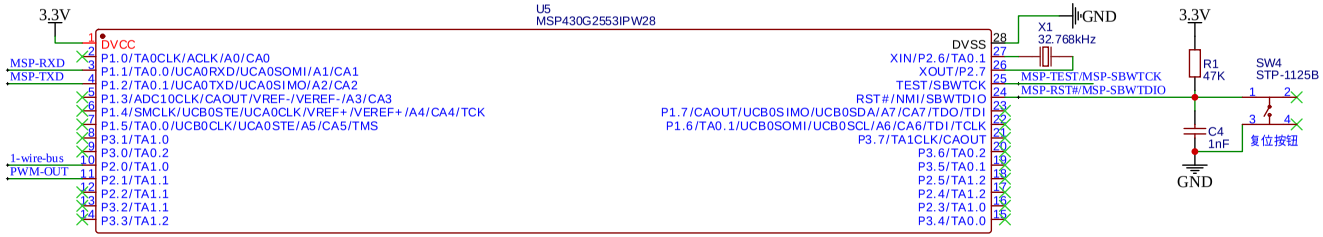




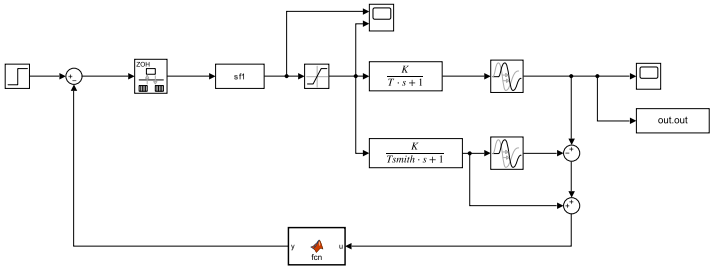


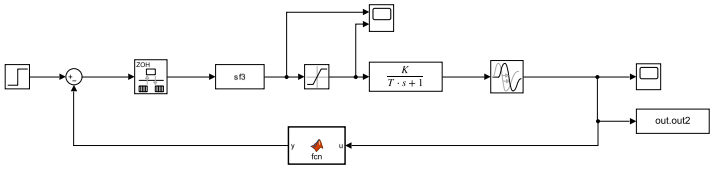


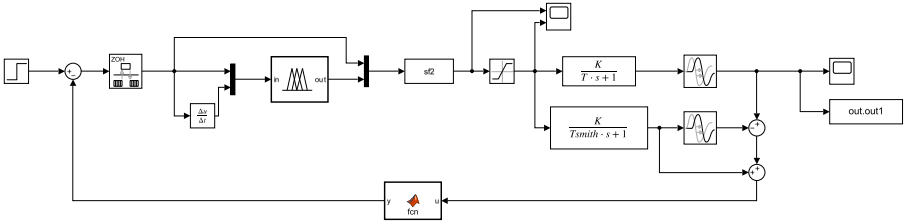


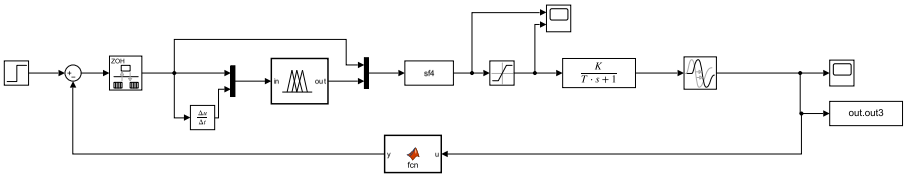


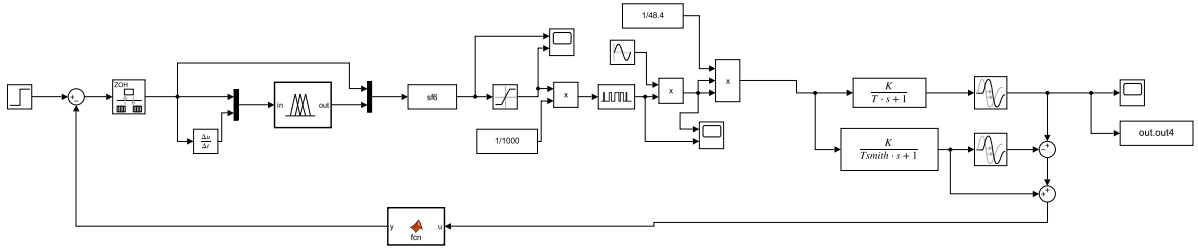
TITLE: Sheet_1		REV: 1.0
立创EDA	Company: Your Company	Sheet: 1/1
	Date: 2022-01-21 Drawn By: huangjincan	


ZOH
sf1
$\frac{K}{T \cdot s + 1}$
$\frac{K}{Tsmith \cdot s + 1}$
out.out
y
fcn
u


ZOH
sf3
$\frac{K}{T \cdot s + 1}$
out.out2
y
fcn
u


ZOH
$\frac{\Delta u}{\Delta t}$
in
out
sf2
$\frac{K}{T \cdot s + 1}$
$\frac{K}{Tsmith \cdot s + 1}$
out.out1
y
fcn
u


ZOH
$\frac{\Delta u}{\Delta t}$
in
out
sf4
$\frac{K}{T \cdot s + 1}$
out.out3
y
fcn
u


1/48.4
ZOH
$\frac{\Delta u}{\Delta t}$
in
out
sf6
1/1000
x
$\frac{K}{T \cdot s + 1}$
$\frac{K}{Tsmith \cdot s + 1}$
out.out4
y
fcn
u