

Aula 8 - Laboratório de Controle - 2022/1

Modelagem e controle usando microcontrolador

Nomes: Eric Rodrigues de Carvalho e Gabriel de Souza Boasquives

Atividade 0

Identificar porta serial do Arduino e testar resposta ao degrau com função `arduino_coleta()`.

```
z=seriallist;  
comPort=z{2};  
obj=serial(comPort,'BaudRate',9600);  
obj.Terminator='CR';  
fopen(obj);
```

Atividade 1

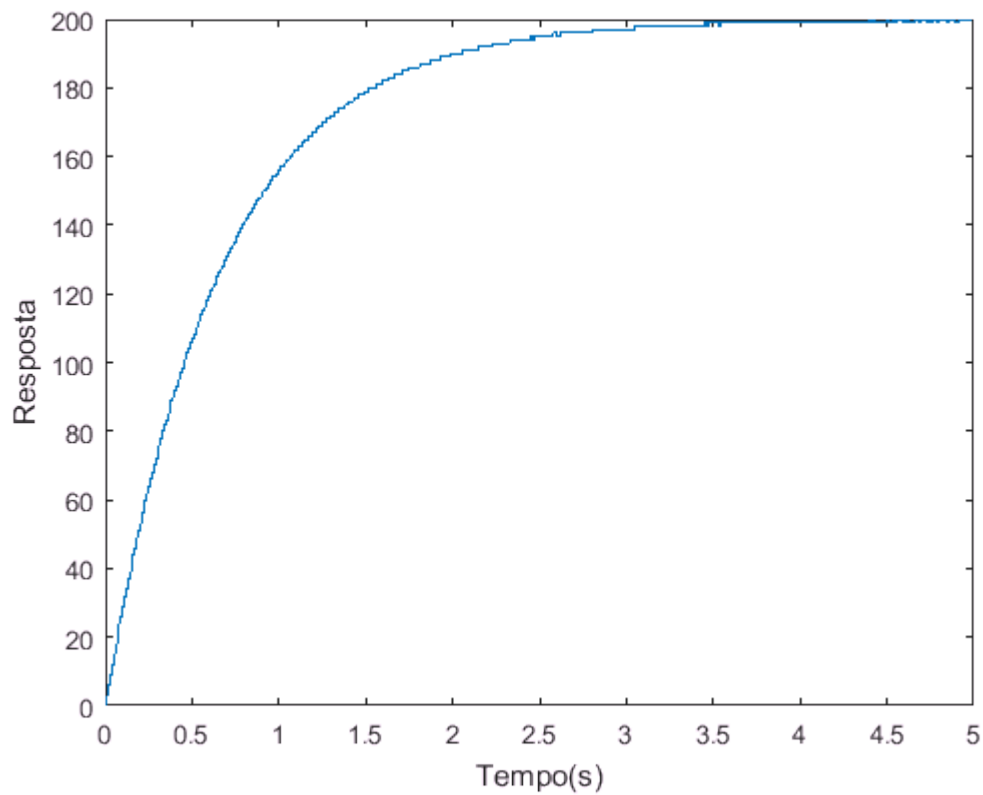
Dar degraus e coletar a resposta usando o Arduino escolhendo Ref, Tempo, $T_s=20$ (ms).

Dar degrau e obter ganho e constante de tempo, informando aqui.

```
zera_saida(obj);  
Ref=50;  
Ts=10;  
Tempo=5;  
[y,t] = arduino_coleta(obj,Ref,Ts,Tempo);  
stairs(t,y);
```

Warning: MATLAB has disabled some advanced graphics rendering features by switching to software OpenGL. For more information, [click here](#).

```
xlabel('Tempo(s)');  
ylabel('Resposta');
```



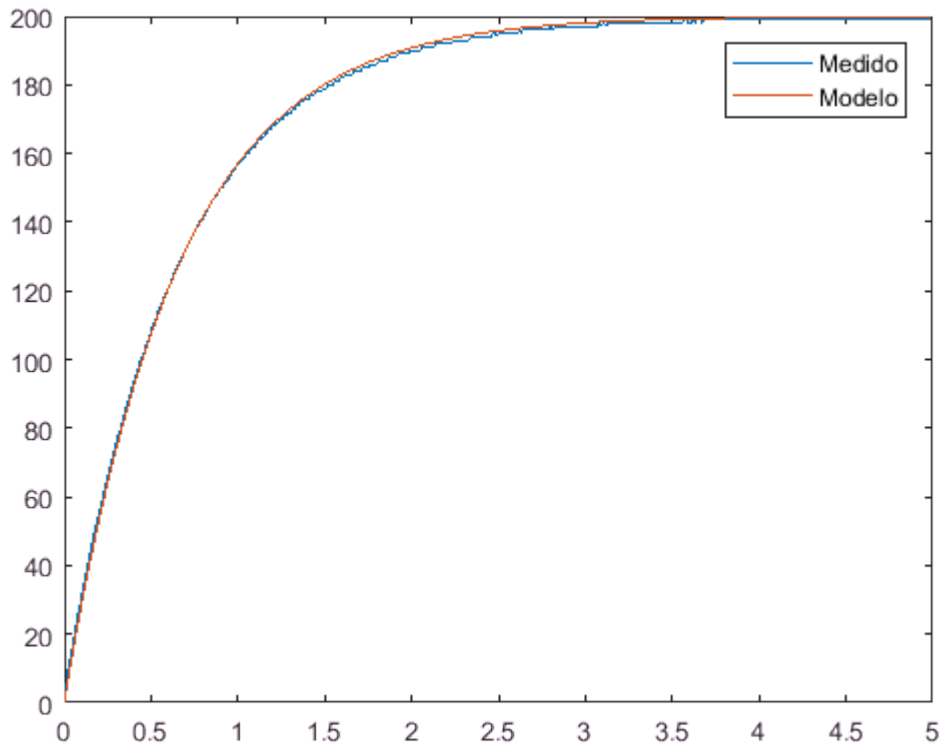
Qual a constante de tempo e ganho deste sistema?

A constante de tempo é de 0.65 e o ganho é de 4.

Atividade 2

Usar este ambiente para validar o modelo $G(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$ com pelo menos 3 novos degraus

```
K=4;
tau=0.65;
g1=tf(K,[tau 1]);
zera_saida(obj);
[y,t] = arduino_coleta(obj,Ref,Ts,Tempo);
ys=step(Ref*g1,t);
plot(t,y,t,ys);legend('Medido','Modelo');
```



2.1 Comente a qualidade do modelo obtido, justificando.

Através da simulação acima, foi possível perceber que o modelo medido na atividade 1 é muito semelhante ao da atividade 2, comprovado o comportamento linear do modelo obtido. [Só?](#)

2.2 Compare e justifique a diferença do sinal de saída medido e simulada em regime, justificando.

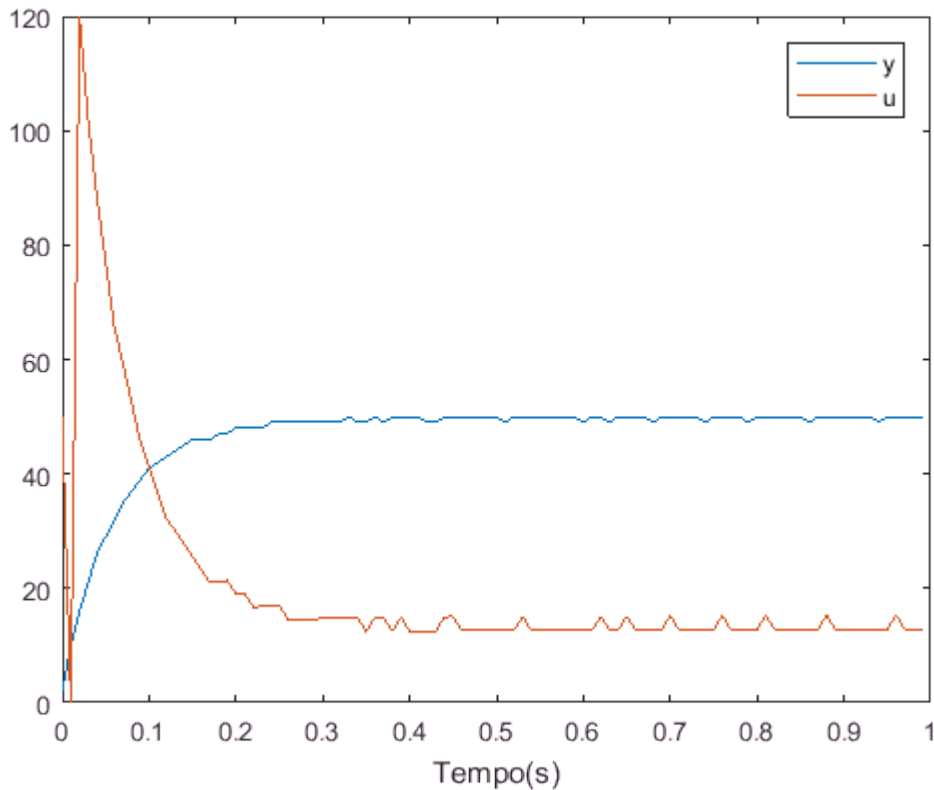
A principal diferença dos sinais, é que o sinal da atividade 1 foi digitalizado através do comando "stairs" enquanto o segundo sinal tem por característica o comportamento contínuo, como foi possível ver através do zoom do gráfico acima. [E o conversor A/D?](#)

Atividade 3

Projetar um controlador PI via método lambda de modo a ter constante de tempo de malha fechada igual à de malha aberta. Analisar a saída e o sinal de controle.

$$G_p = \frac{K}{\tau s + 1} K_p = \frac{\tau}{K\lambda} T_i = \frac{1}{K_i} = \tau C(s) = K_p + \frac{K_p K_i}{s}$$

```
lambda=0.1*tau;
Kp=tau/(K*lambda);
Ki=1/tau;
zera_saida(obj);
[y,u,t] = arduino_controle(obj,Ref,Ts,1, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));
plot(t,y,t,u);legend('y','u');
xlabel('Tempo(s)');
```



3.1 Justificar a escolha de lambda e compare a constante de tempo de malha aberta e malha fechada

Ao escolhermos o valor para lambda, fora levado em consideração os seguintes fatores: um valor menor que tau; um valor que tivesse sua própria referência em tal e, por fim, um valor que não mudasse bruscamente as características do sistema. Tal valor, que cumpre os requisitos supracitados foi de 0.1, ou seja, um valor que transforma a velocidade do tau em 10%. Ao compararmos ambas as saídas, é perceptível que, a partir da ação do controle (aqui denominado por "u"), temos a elevação da resposta em saída, sendo o comportamento dos dois se comportando como inversamente proporcionais. Por fim, em torno do tempo 0.8, temos a estabilização de ambos os sinais, com o controle admitindo um valor menor que o anterior e a saída admitindo um valor maior.

3.2 Descreva o comportamento do sinal de controle e sua proximidade aos limites de sua saturação.

O sinal de controle trabalhará numa escala de amplitude que varia de 0 a 255. Com isso, analisando o gráfico correspondente acima, temos que o nosso sinal não trabalhará perto da saturação, tendo seu pico de valor em aproximadamente metade do valor possível. Ao compararmos, com um sinal que chegue perto do limite de saturação, temos uma saída mais lenta no nosso exemplo.

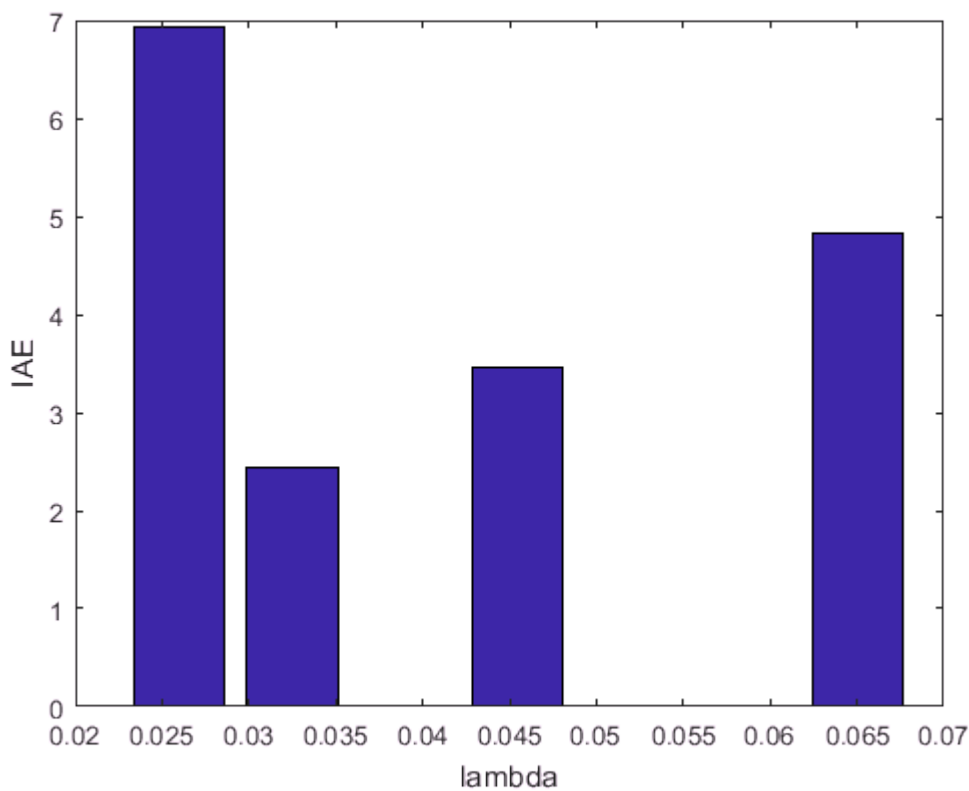
Atividade 4

Reduzir lambda para obter o IAE mínimo. Fazer um gráfico mostrando a relação de lambda com IAE mínimo.

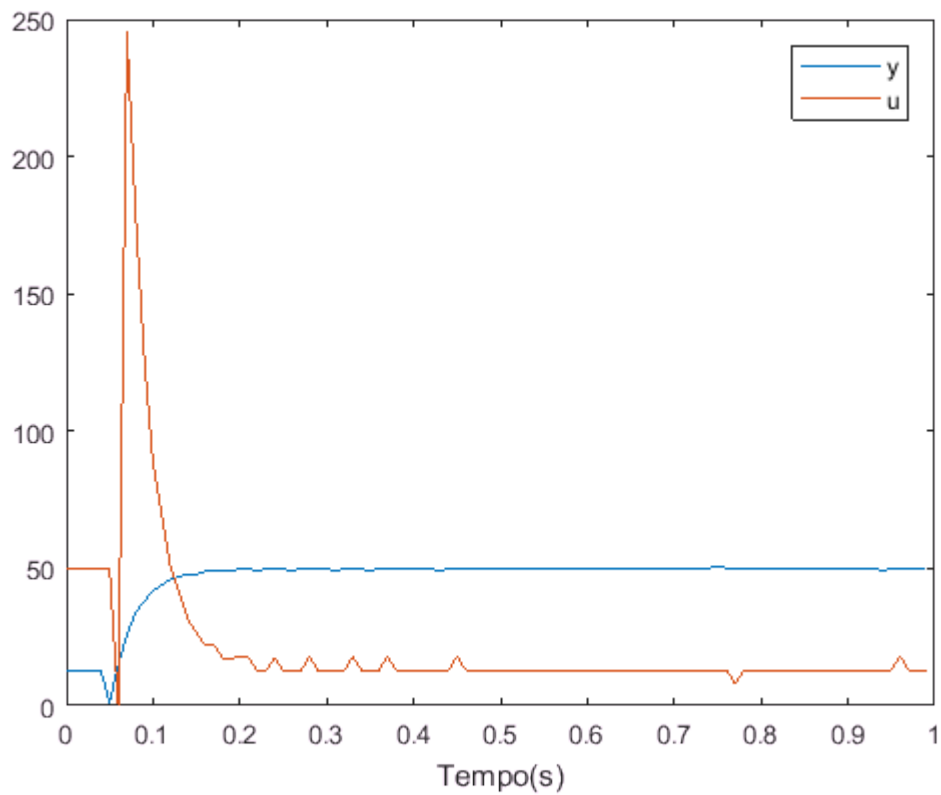
Mostrar a resposta para o IAE mínimo.

Comparar o sinal de controle desta atividade com o da atividade 3.

```
lambda=[0.04 .05 .07 .1]*tau;  
for i=1:4  
    Kp=tau/(K*lambda(i));  
    Ki=1/tau;  
    zera_saida(obj);  
    [y,u,t] = arduino_controle(obj,Ref,Ts,Tempo, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));  
    erro=Ref-y;  
    iae(i,1)=trapz(t,abs(erro));  
end  
bar(lambda,iae);  
xlabel('lambda');ylabel('IAE');
```



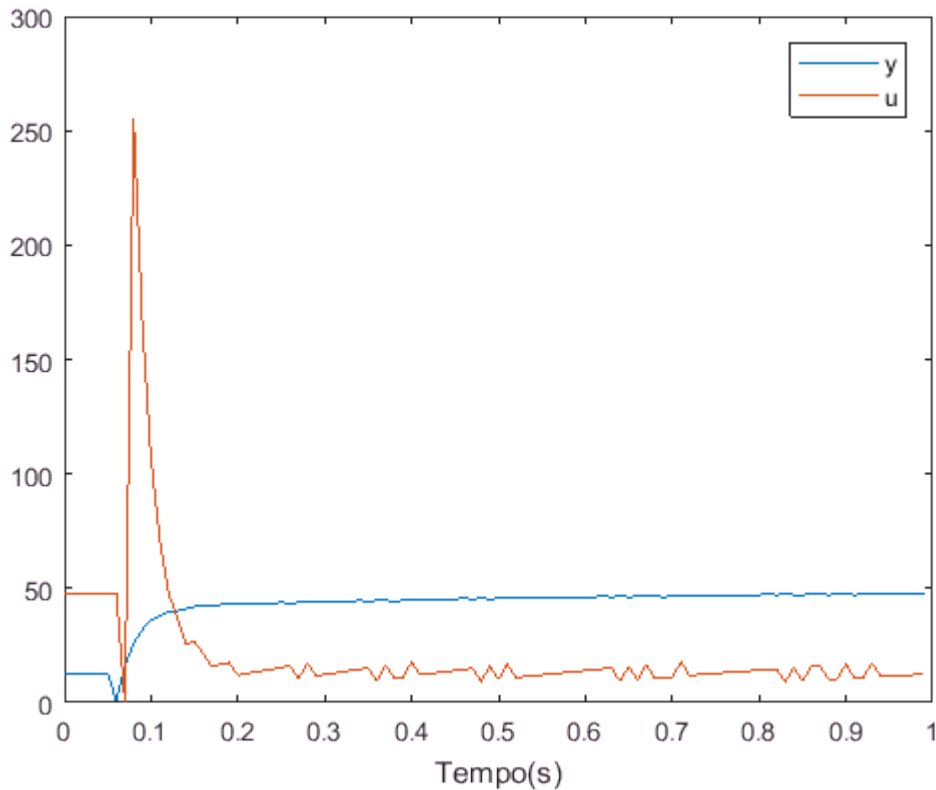
```
lambda=0.05*tau;  
Kp=tau/(K*lambda);  
Ki=1/tau;  
zera_saida(obj);  
[y,u,t] = arduino_controle(obj,Ref,Ts,1, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));  
plot(t,y,t,u);legend('y', 'u');  
xlabel('Tempo(s)');
```



```

lambda=0.04*tau;
Kp=tau/(K*lambda);
Ki=1/tau;
zera_saida(obj);
[y,u,t] = arduino_controle(obj,Ref,Ts,1, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));
plot(t,y,t,u);legend('y','u');
xlabel('Tempo(s)');

```



4.1 Qual foi o valor mínimo de lambda? Por que não ficou menor?

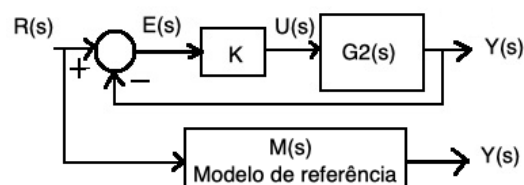
Para o exemplo acima, o valor mínimo possível para lambda foi 0.05. Abaixo desse valor, não foi possível obter menores valores de IAE, isso foi possível perceber pelo fato que o controlador não consegue gerar uma saída estável, impossibilitando um valor baixo de IAE e aumentando o erro.

4.2 Compare o sinal de controle para lambda mínimo e máximo

Para lambda máximo temos um controle mais lento, com menor valor de saturação e um valor maior de IAE. Enquanto isso, ao usarmos lambda de 0.05, temos um sinal de controle mais rápido, que vai até o limite do valor de saturação e o menor valor possível de IAE

Atividade 5:

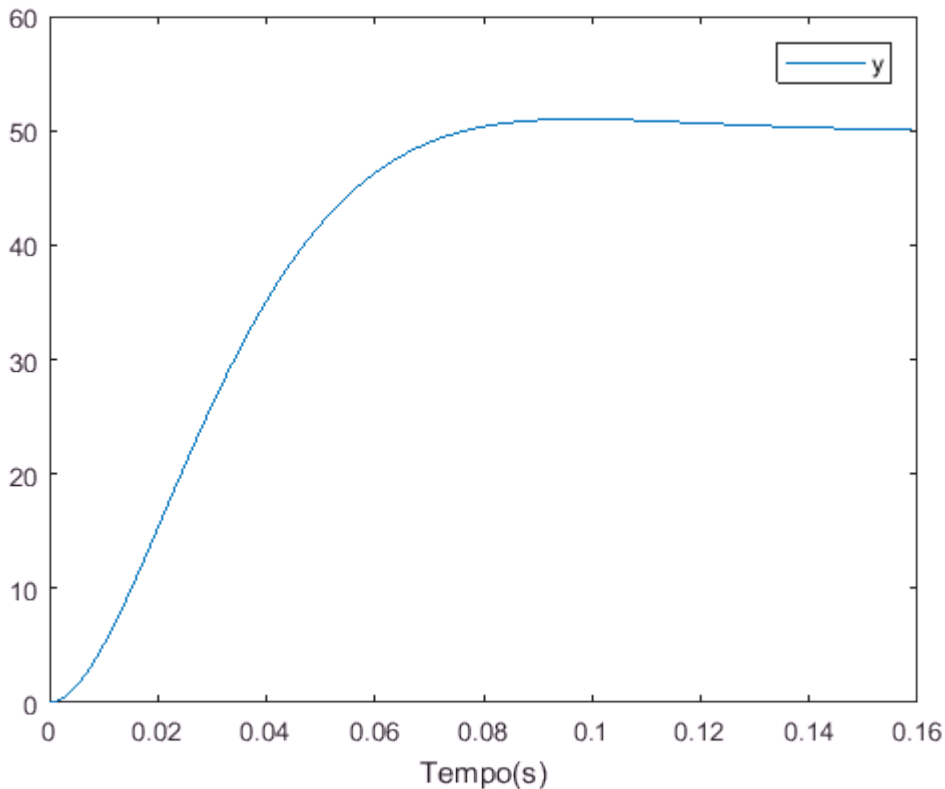
A partir da melhor resposta da atividade 4, proponha um modelo de referência de segunda ordem $M(s)$ tal que sua resposta seja semelhante à obtida na atividade 4. Para isto, meça a sobrelevação UP e o tempo de estabelecimento t_s .



```

UP=2;
ts=0.10;
a=log(UP/100);
zeta=sqrt(a^2/(pi^2+a^2));
wn=4/(ts*zeta);
m=tf(wn^2,[1 2*zeta*wn wn^2]);
[ys,ts]=step(Ref*m);
plot(ts,ys);legend('y');
xlabel('Tempo(s)');

```



5.1 Compare a resposta de $M(s)$ com a obtida na atividade 4 que gerou UP e ts utilizados.

A partir da comparação com o gráfico para lambda mínimo da atividade 4, foi possível perceber resultados satisfatórios para comparação entre sinais. Isso pode ser comprovado pelo valor de ambas as saídas estarem próximas a 50, o tempo de estabelecimento ser 10 com UP imperceptível para ambos os casos. Logo, o simulado da atividade 4 é plenamente contemplado pelo modelo teórico da atividade 5.

