

# Aula 8 - Laboratório de Controle - 2022/1

## Modelagem e controle usando microcontrolador

**Nomes: Matheus Penido Loureiro e Vinícius Breda Altoé**

### Atividade 0

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

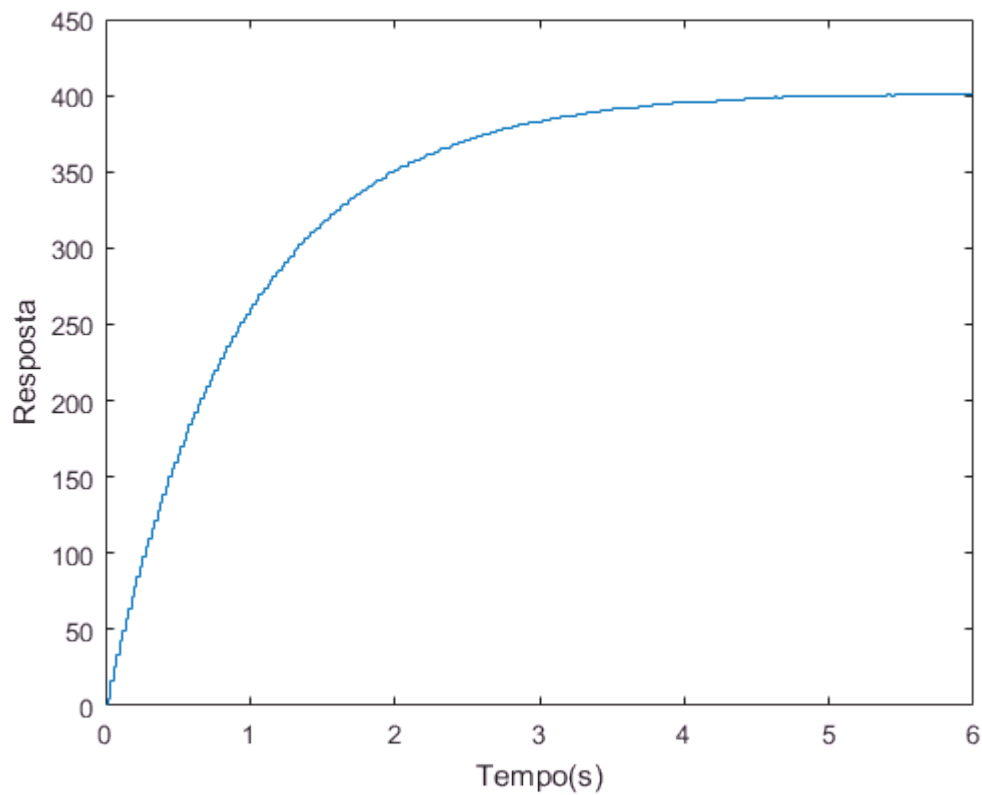
```
if ~exist('obj')
    z=seriallist;
    comPort=z{length(z)};
    obj=serial(comPort,'BaudRate',9600);
    obj.Terminator='CR';
    fopen(obj);
end
```

### Atividade 1

Dar degraus e coletar a resposta usando o Arduino escolhendo  $U_0$ , Tempo,  $T_s=20$  (ms).

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

```
zera_saida(obj);
U0=100;
Ts=20;
Tempo=6;
[y1,t1] = arduino_coleta(obj,U0,Ts,Tempo);
figure;
stairs(t1,y1);
xlabel('Tempo(s)');
ylabel('Resposta');
```



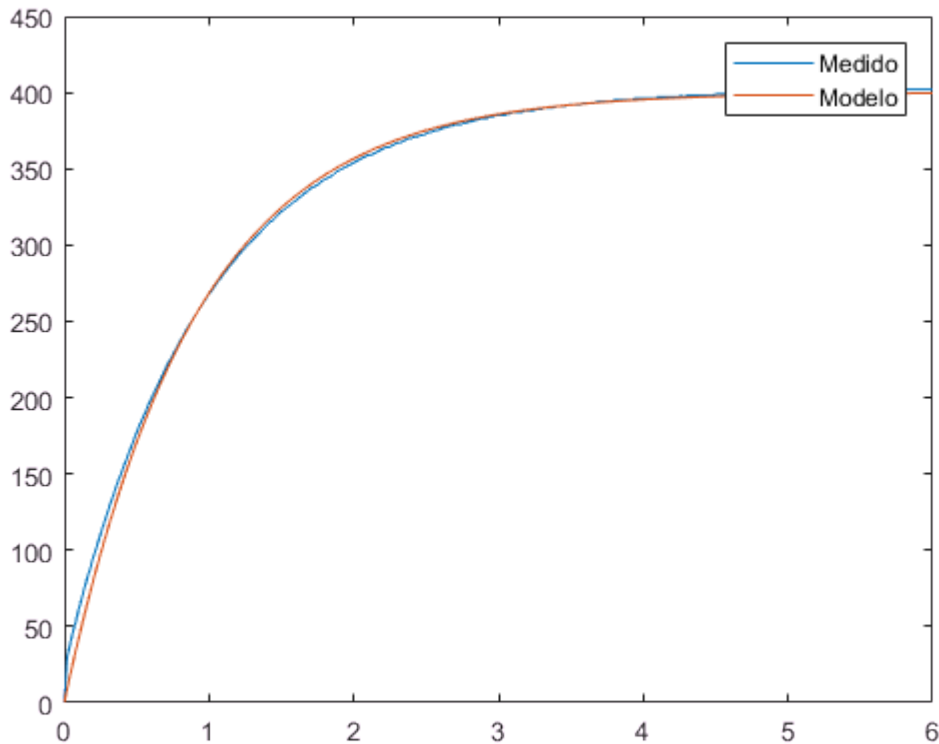
Qual a constante de tempo e ganho deste sistema?

A constante de tempo foi de 0.9 s e o ganho foi de 4. ( $400/100 = 4$ )

## 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=0.9;
g1=tf(K,[tau 1]);
zera_saida(obj);
[y2,t2] = arduino_coleta(obj,U0,Ts,Tempo);
ys=step(U0*g1,t2);
figure;
plot(t2,y2,t2,ys);legend('Medido','Modelo');
```



2.1 Comente a qualidade do modelo obtido, justificando.

O modelo obtido é semelhante ao medido com diferenças pequenas, então entende-se que o modelo é de boa qualidade.

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

Quando aumentada a escala do gráfico, é possível identificar no sinal medido pequenas oscilações triangulares. Essas ocorrem devido ao degrau de tensão mínimo do arduino de 5mV, assim, para acompanhar o carregamento do capacitor, a porta precisa dar esses saltos.

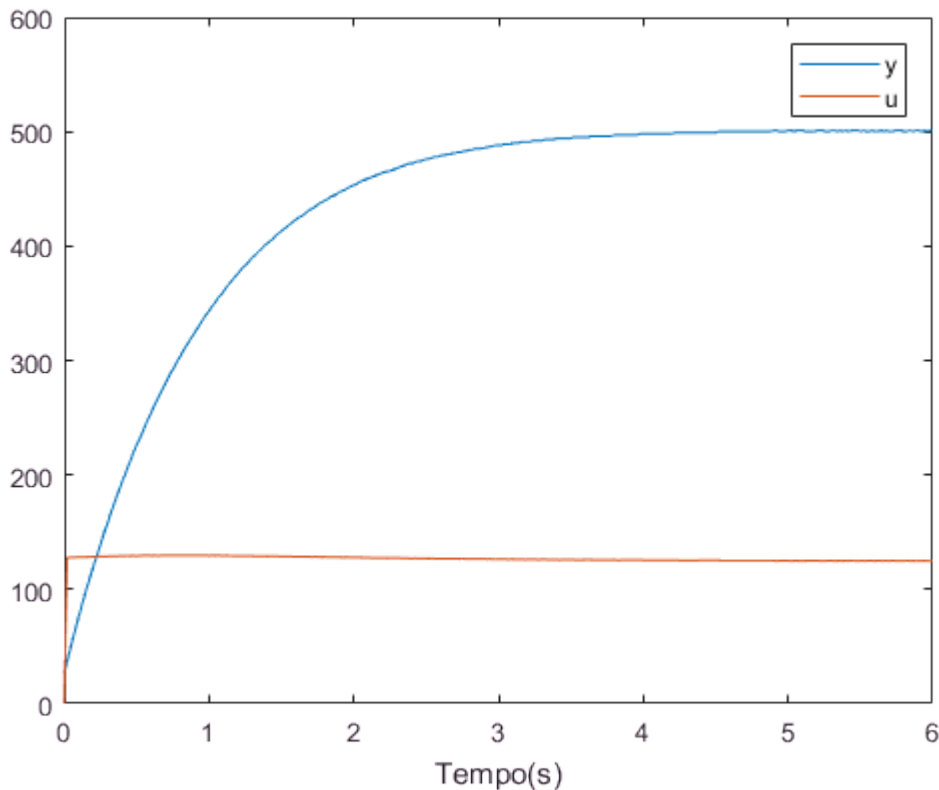
### Atividade 3

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.

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

```
Ref=500;
Tempo_mf=Tempo;
lambda=0.9*tau;
Kp=tau/(K*lambda);
Ki=1/tau;
zera_saida(obj);
[y3,u3,t3] = arduino_controle(obj,Ref,Ts,Tempo_mf, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));
figure;
plot(t3,y3,t3,u3);legend('y', 'u');
```

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



3.1 Justifique a escolha de  $\lambda$  e compare a constante de tempo de malha aberta e malha fechada

O  $\lambda$  escolhido foi de  $0.9 \cdot \tau = 0.81$ , pois assim foi possível obter uma constante de tempo aproximadamente igual a 0.85 para malha fechada, equivalendo a constante de malha aberta de 0.9s.

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

O sinal de controle se comporta de forma parecida com um sinal degrau com amplitude de 125. Este satura antes da resposta ao degrau do sistema atingir seu valor em regime.

#### 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.

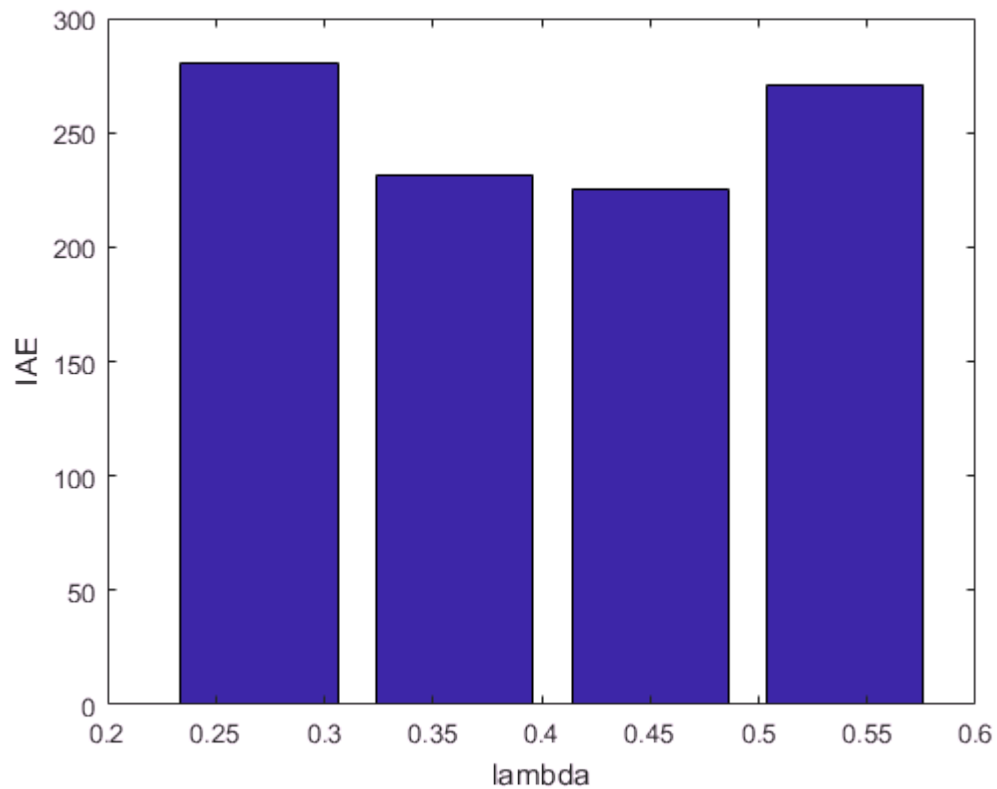
Comparar o sinal de controle desta atividade com o da atividade 3.

```
lambda=[0.6 0.5 0.4 0.3]*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_mf, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));
erro=Ref-y;
iae(i,1)=trapz(t,abs(erro));
Y(i).y=y;
Y(i).u=u;
Y(i).t=t;
end
figure;
bar(lambda,iae);
xlabel('lambda');ylabel('IAE');

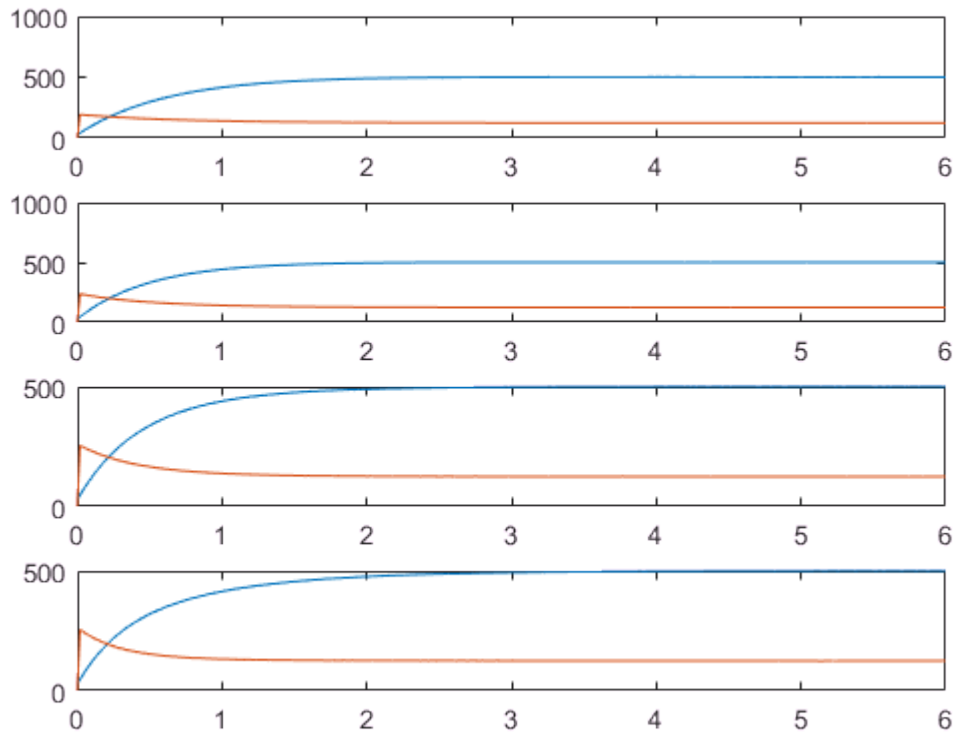
```



```

figure;
for i=1:4
    subplot(4,1,i);
    plot(Y(i).t,Y(i).y,Y(i).t,Y(i).u);
end

```



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

O valor mínimo de lambda encontrado, como pode ser observado no gráfico de barras acima, foi de 0.45. Este não ficou menor pois, a medida que é feita a redução do lambda, é produzido um tempo de estabelecimento maior, o que proporciona um aumento de IAE.

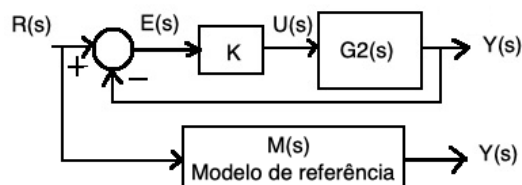
4.2 Compare o sinal de controle para lambda mínimo e máximo

A medida que é feita a redução do lambda, é possível observar um aumento do valor de pico do sinal de controle.



### 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 ts.



```

UP=0.2;
ts=2.3;
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);

```

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

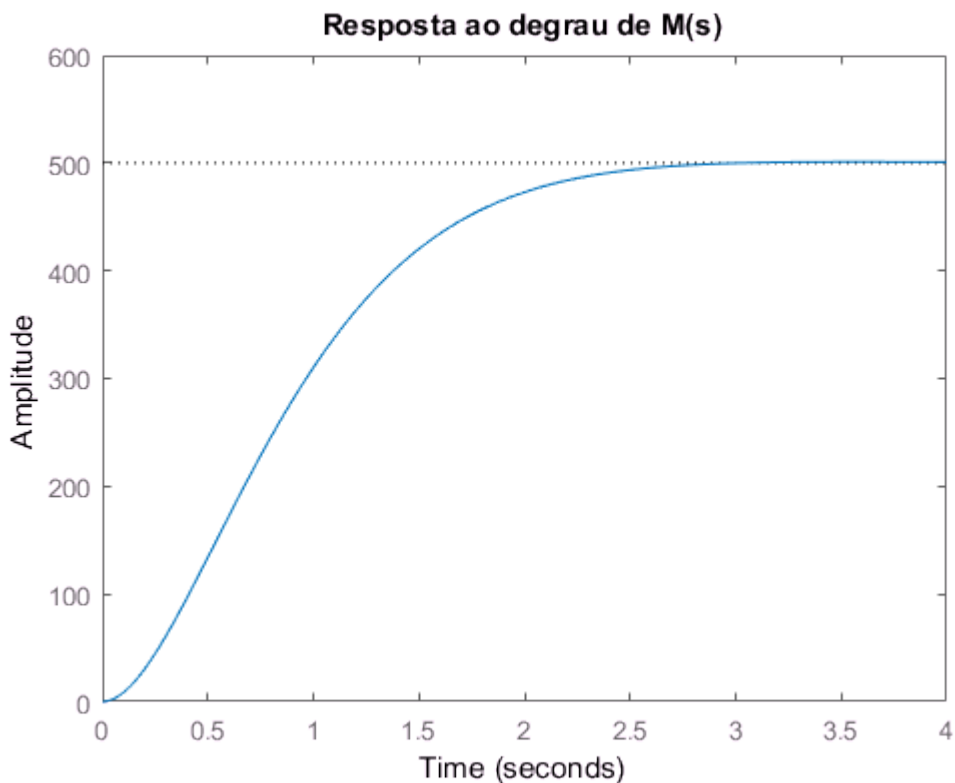
O Up e ts obtido na atividade 4 foram de 0.2 e 2.3 segundos, respectivamente. Já a resposta do modelo referência projetado ( $M(s)$ ) foi de 0.2 e 2.37 s, respectivamente. Assim o modelo projetado é válido para representação do sistema real.



```

figure;
step(Ref*m); title('Resposta ao degrau de M(s)');

```



```
stepinfo(Ref*m)
```

```

ans = struct with fields:
    RiseTime: 1.4623
    SettlingTime: 2.3701
    SettlingMin: 451.8661
    SettlingMax: 501.0000
    Overshoot: 0.2000
    Undershoot: 0
    Peak: 501.0000
    PeakTime: 3.5748

```

