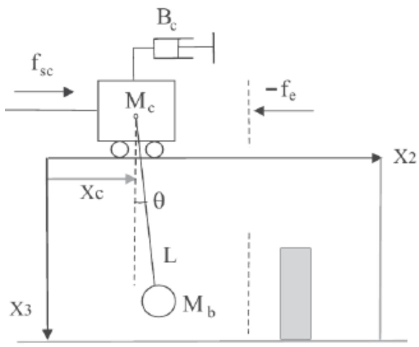
Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad de Vigo. Curso 2022-2023.
Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática

LABORATORIO de INGENIERÍA de CONTROL-2

Práctica 8

Control de grúa pórtico basado en realimentación de estados

Esta práctica se dedica al diseño de leyes de control por realimentación de estados para aplicar al control de movimientos de una grúa pórtico. El objetivo es conseguir desplazamientos rápidos del carro, pero sin excitar el balanceo de la carga. El esquema simplificado es:



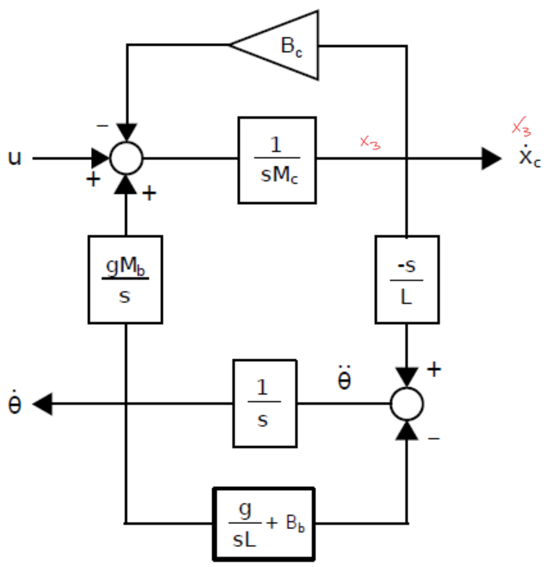
Las variables de estado son 4, x=(x1,x2,x3,x4)’, en este orden: posición de carro x_c, posición angular de la carga θ, velocidad del carro $v_c=dx_c/dt$, velocidad angular de la carga ω=dθ/dt. La dinámica de la planta se modela con el siguiente esquema:

$-\frac{g M_b}{M_c L} - g/L$

$-\left[\frac{g}{L}\cdot\left(1+\frac{M_b}{M_c}\right)\right]$

$-\frac{g}{L} - \frac{g M_b}{M_c L}$

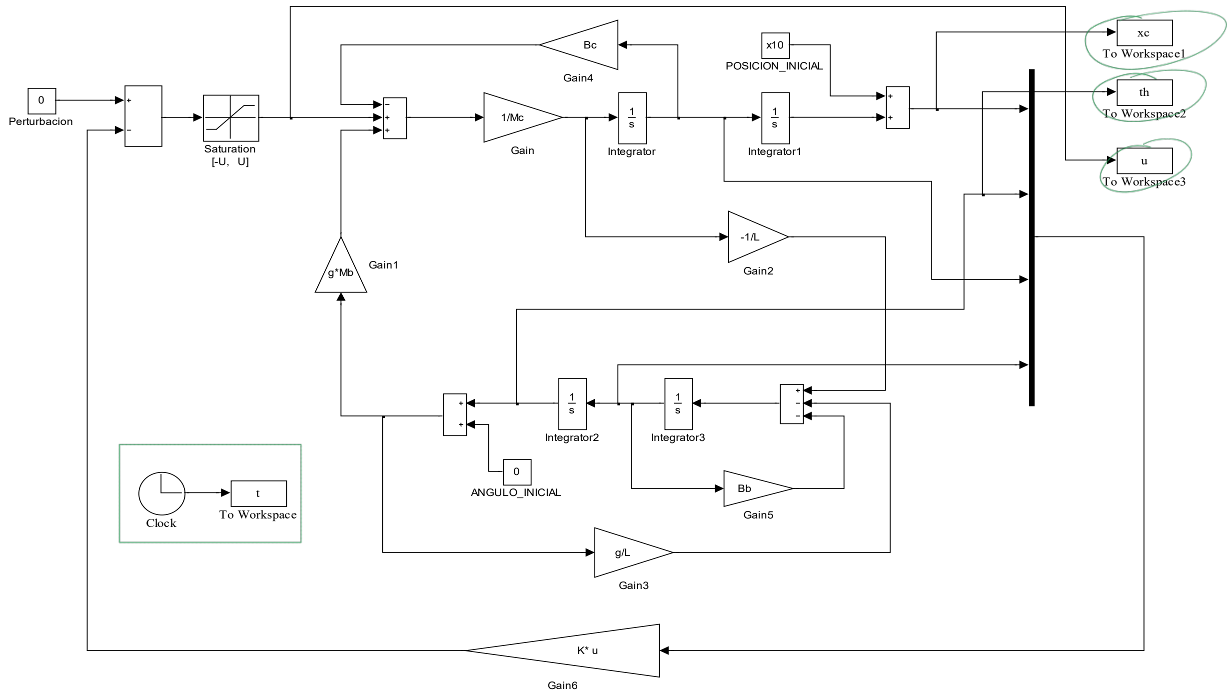
$\dot{x} \rightarrow \boxed{1/s} \rightarrow x$



Estas dependencias dinámicas se basan en las leyes de la mecánica y en la aproximación de sen(θ) por θ y de cos(θ) por 1, válida para ángulos pequeños. Al diagrama hay que añadirle un integrador que genere x_c a partir de dx_c/dt. Los datos de la planta son: (Mc,Mb) masas del carro y de la carga, (Bc,Bb) coefs. de fricción, L longitud de cable, y g=9.81 gravedad.

Supondremos que se dispone de medidas de los 4 estados, y consideramos leyes de control por realimentación del estado u= −k1*x1−k2*x2−k3*x3−k4*x4 que se aplica a partir del estado inicial x(0)=(x_{10}, 0,0,0) con x_{10}= −1m. (esto equivaldría, cambiando x_1 por x_1+1, a la aplicación sobre el carro de una referencia escalón de valor un metro)

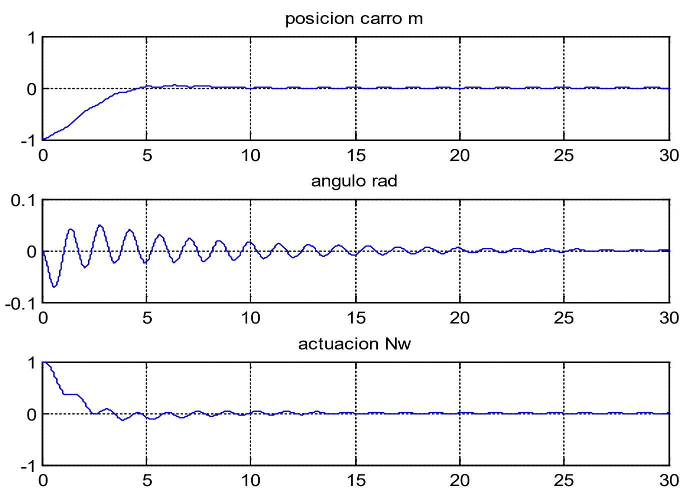
Se proporciona el modelo inicial del sistema de control (`grua2.mdl`):



Y se propone este script inicial para tantear leyes de control u=–Kx :

```
clear all; clc; format compact
Mc=1; Mb=1; Bc=1; Bb=0.25; L=1; g=9.81;  x10=-1;
%%%%%%%%%%%%%%%
K= 1*[1,1,1,1];  %K=ganancias
K', U=1000, ← Valor %U=saturacion
%%%%%%%%%%%%%%% Max   U = Valor máx
sim('grua2');           -U = valor min
subplot(311); plot(t,xc,'b');grid; title('posicion carro m');
subplot(312); plot(t,th,'b');grid; title('angulo rad');
subplot(313); plot(t,u,'b');grid;  title('actuacion Nw');
```

Si probamos con todas las ganancias iguales a 1, y con un actuador potente (**máxima fuerza** U=1000 Nw, aprox.100 Kg, realizada con un **bloque saturador**) se obtiene una respuesta estable con balanceo moderado:



Como la actuación no se ha saturado, hay cierto margen para subir las ganancias y tratar de rebajar los 5 seg. que tarda el carro en moverse. Sin embargo, al tantear ganancias K=(k1,k2,k3,k4) podríamos dar lugar a respuestas inestables. Es mejor tantear sobre las posiciones (estables) de los polos de lazo cerrado. Por ejemplo con:

```
plc_des= [-1;-2;-3;-4];      K=acker(A,B,plc_des),
```

Pero para programar lo anterior primero tenemos que obtener las matrices **A,B**. Por otra parte, los objetivos de la ley de control son:

limitar la SO

- Respecto de la posición del carro xc: Alcance de la posición final de $\boxed{\text{forma suave}}$ y rápida. Por ejemplo, podemos forzar que el tiempo τs de establecimiento (en la banda del 5%) sea lo más pequeño posible (min τs)

- Respecto del ángulo de la carga θ: Amortiguación del balanceo. Se debe limitar la amplitud de las oscilaciones, medidas por ejemplo con Θmax (la amplitud $|\theta|$ máxima).

Podríamos por tanto plantear el siguiente PROBLEMA de CONTROL:

MINIMIZAR: el tiempo de establecimiento del carro: min τs
SUJETO a: $|\theta| <= \Theta max$

Trabajo de laboratorio (Memoria).

El trabajo de laboratorio consistirá en:

- Dados unos (Mc,Mb,L), obtener (del Simulink) las matrices **A** (4x4) y **B** (4x1)

- Fijar un patrón de colocación polos deseados `plc_des=[ p1, p2, p3, p4]` con un factor de escala `fs` variable

→ 2 polos dominantes que cumplan y los otros dos muy alejados para que no afecten

- Dados Θmax, U, preparar un código de Matlab que, barriendo las colocaciones de polos, optimice el problema de control.

No debe haber zeros para que no me afecten ← No tengo que hacerlo

Los detalles de los puntos anteriores se darán en la sesión de laboratorio

$\theta_{max} = 0'25$ rad