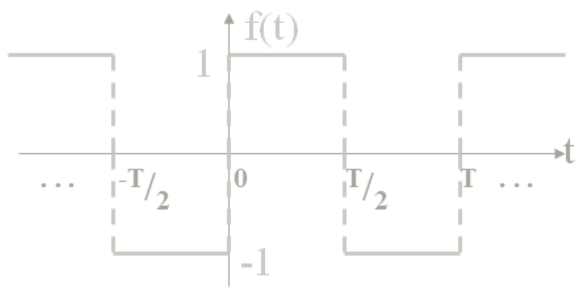
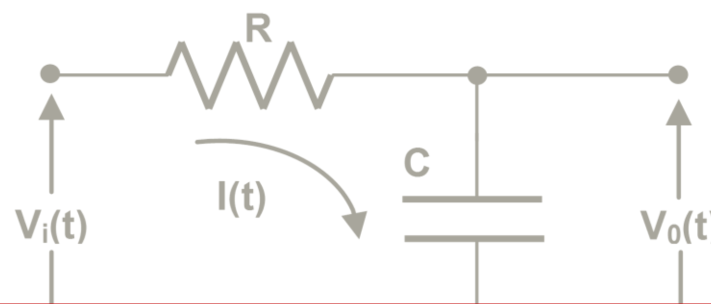
Análisis de Señales y Sistemas R2041 - R2072

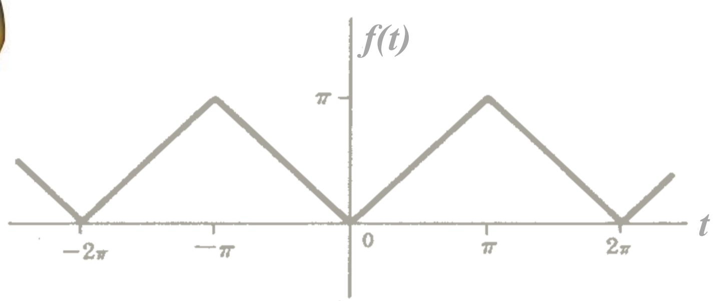
Actividad Práctica: Resolución de Consignas

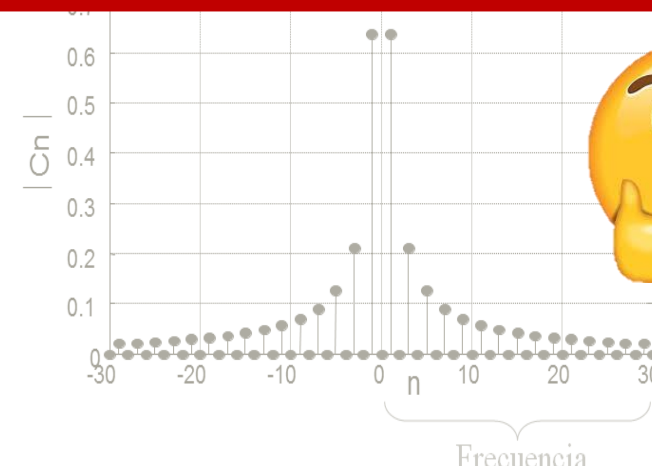


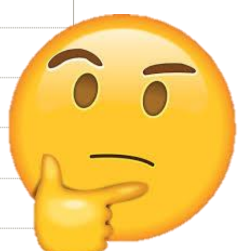


Actividad Práctica

●Sistemas LTI 2P●







Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs)

La Solución General de una E.D. Lineal se escribe como:

$$\boxed{y(t) = y_h(t) + y_p(t)}$$

Solución General = Solución Homogénea + Solución Particular

Analizamos Solución Homogénea $y_H(t)$

$$y(t) = y_H(t) + y_P(t)$$

Solución Homogénea

Tomo la Ecuación Diferencial e igualo a 0.

Reemplazo:

$$y_H(t) = C.e^{\lambda.t}$$

Despejo λ

Para sistema de 1er orden:

$$\text{Solo 1 raíz } \lambda$$

Ejemlo ODE orden1: a.y'+y=x

Para sistema de 1er orden: λ_1, λ_2

Ejemplo: y''+a.y'+y=x

Raíces reales y distintas

$y_H(t) = C_1.e^{\lambda_1.t} + C_2.e^{\lambda_2.t}$; *para* $\Delta \neq 0$

Raíces reales e iguales

$y_H(t) = C_1.e^{\lambda_1.t} + C_2.\mathbf{t}.e^{\lambda_2.t}$; *para* $\Delta = 0$; $\lambda=\lambda_1=\lambda_2$

Raíces Complejas Conjugadas

$y_H(t) = e^{a.t}.[C_1.\cos(b.t) + C_2.\text{sen}(b.t)]$; *para* $\lambda_1 = a + b.i$; $\lambda_1 = a - b.i$

Analizamos solución Homogénea

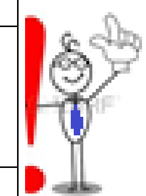
$$\boxed{y(t) = y_h(t) + y_p(t)}$$

Para un sistema de primer orden: $y_h(t) = C.e^{\lambda.t}$

Para un sistema de segundo orden: $y_h(t) = C_1.e^{\lambda_1.t} + C_2.e^{\lambda_2.t}$; para $\Delta \neq 0$

$y_h(t) = C_1.e^{\lambda.t} + C_2.t.e^{\lambda.t}$; para $\Delta = 0$

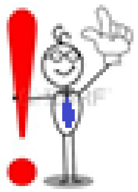
Casos Posibles Raíces del polinomio	Soluciones Lineal independiente	Solución General Homogénea
$\lambda_1 \neq \lambda_2$ raíces reales, con $\Delta \neq 0$	$y_1(t) = e^{\lambda_1.t}$ $y_2(t) = e^{\lambda_2.t}$	$y(t) = C_1.e^{\lambda_1.t} + C_2.e^{\lambda_2.t}$
$\lambda_1 = a + j.b$ $\lambda_1 = a - j.b$	$y_1(t) = e^{a.t}.\cos(b.t)$ $y_2(t) = e^{a.t}.\text{seno}(b.t)$	$y(t) = e^{a.t}.[C_1.\cos(b.t) + C_2.\text{seno}(b.t)]$
$\lambda = \lambda_1 = \lambda_2$ Con $\Delta = 0$	$y_1(t) = e^{\lambda.t}$ $y_2(t) = t.e^{\lambda.t}$	$y(t) = e^{\lambda.t}.[C_1 + C_2.t]$



Solución Particular

Se propone como una señal parecida a la entrada $x(t)$, pero en forma genérica

Entrada $x(t)$ conocida	$y_p(t)$ propuesta
Constante A	K = constante
Potencia t^n	$k_n.t^n + k_{n-1}.t^{n-1} + \cdots. + k_1.t + k_0$
Exponencial $e^{a.t}$	$k.e^{a.t}$
Armónica $\cos(a.t)$ O $\operatorname{seno}(a.t)$	$k_1.\cos(a.t) + k_2.\operatorname{seno}(a.t)$



Resolver: $\frac{dy(t)}{dt} + 2.y(t) = u(t)$; **CIN**

a) Resolución:

EDO orden 1

<u>Homogénea:</u> $\frac{dy(t)}{dt} + 2.y(t) = 0$ (entrada x(t)=0)

Planteamos $\boldsymbol{y_H(t) = k.e^{\lambda.t}}$, Reemplazamos en ecuación anterior:

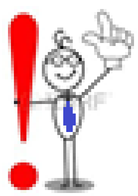
$\lambda.k.e^{\lambda.t} + 2.k.e^{\lambda.t} = 0$; $\lambda + 2 = 0$; $\lambda = -2$; $y_H(t) = k.e^{-2.t}$

<u>Particular (</u>$t > 0$):

$\frac{dy(t)}{dt} + 2.y(t) = 1$ Entrada $x(t) = 1$ para $t > 0$ Planteamos $y_p(t) = C$

Reemplazamos en ecuación Diferencial:

$0 + 2.C = 1$; $C = y_p(t) = \frac{1}{2}$



Continuación

<u>Homogénea + Particular:</u>

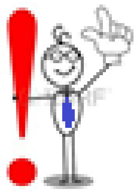
$$y(t) = k.e^{-2.t} + \frac{1}{2}$$

<u>Usamos la condición inicial</u>, CIN (condiciones iniciales nulas) $y(0) = 0$

Reemplazamos t=0 en $y(t) = k.e^{-2.t} + \frac{1}{2}$

$y(0) = 0 = k.e^{-2.0} + \frac{1}{2}$

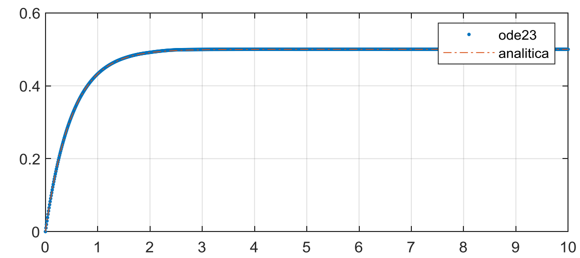
$\Longrightarrow \quad k = -1/2 \quad ; \quad y(t) = -\frac{1}{2}.e^{-2.t} + \frac{1}{2}$

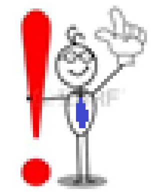


$$\boxed{y(t) = \frac{1}{2}.\left(1 - e^{-\frac{t}{0,5}}\right) \quad ; t > 0}$$

Actividad Práctica
Introducción EDOs

```
function EJ_A_Matlab_Apellido
% Este script Resuelve:   Dy+2y=u(t))
  % Solución Analítica   y=-(1/2)*e(-2t)+(1/2)
  % Condiciones Iniciales y vector t
    y0=0; % Condición Inicial de la ecuación
    dt=1/100 ;
    t=0 :  dt :  10  ;
  % Solución Analítica si existe para comparar
    ya=-(1/2)*exp(-2*t)+(1/2);
  % Solucion Aproximada por ode23
   [t1, y1]=ode23(@mi_edo1, t,  y0);
%  Grafico  t, ya     t1,y1   y errores
    figure;
    plot(t1, y1,'.' ,  t,ya,'-.');
    grid on
    legend( 'ode23', 'analitica');
end
%función mi_edo1
function dy= mi_edo1(t,y)
   dy= escalon(t)- 2*y;
end
```





$$\frac{dy(t)}{dt} + 2.y(t) = u(t)$$

Despejo

$$\frac{dy(t)}{dt} = u(t) - 2.y(t)$$

$\mathrm{dy} = \mathrm{escalon(t)} - 2*\mathrm{y};$

Ejercicio: EDOs de Segundo Orden

Resolver la siguiente ecuación diferencial $\boxed{\boldsymbol{y''(t)+\frac{3}{4}y'(t)-\frac{1}{2}y(t)=u(t)}}$

EDO de 2º Orden

Resolución: Solución Homogénea:

$y''(t)+\frac{3}{4}y'(t)-\frac{1}{2}y(t)=0$; Planteamos Homogénea

$y_H(t)=C.e^{\lambda.t}$; $y'(t)=\lambda.C.e^{\lambda.t}$; $y''(t)=\lambda^2.C.e^{\lambda.t}$

Reemplazamos en ec Diferencial:

$\lambda^2.C.e^{\lambda.t}+\frac{3}{4}.\lambda.C.e^{\lambda.t}-\frac{1}{2}.C.e^{\lambda.t}=0$; $\lambda^2+\frac{3}{4}.\lambda-\frac{1}{2}=0$

Calculo raíces conMatlab: roots([1 3/4 -1/2]) %>> ans = -1.1754 0.4254

$\lambda_{1,2}=-1{,}1754$; $\lambda_2=0{,}4254$

Utilizamos: $\boldsymbol{y(t)=C_1.e^{\lambda_1.t}+C_2.e^{\lambda_2.t}}$ **(ver Tabla)** ;

$y_H(t)=C_1.e^{-1{,}1754.t}+C_2.e^{0{,}4254\,.t}$

Cont.

EDO de 2º Orden

Particular ($t > 0$):

$y''(t) + \frac{3}{4}y'(t) - \frac{1}{2}y(t) = 1$; Como entrada es una constate ($x(t) = 1$), planteamos: $y_p(t) = K = cte$

Reemplazamos en Ec. Diferenc.: $\frac{d^2(K)}{dt^2} + \frac{3}{4}\frac{d(K)}{dt} - \frac{1}{2}.K = 1$; $0 + 0 - \frac{1}{2}.K = 1$; $K = y_p(t) = 2$

Solución General = Soluc. Homogenea + Soluc. Particular:

$y(t) = y_H(t) + y_P(t) = C_1.e^{-1{,}1754.t} + C_2.e^{0{,}4254\,.t} + 2$

Siendo $y(0) = 0 \quad \longrightarrow \quad 0 = C_1.e^0 + C_2.e^0 + 2$; $C_1 + C_2 = -2$

Siendo $y'(0) = 0 \quad \longrightarrow \quad y'(t) = -1{,}1754.C_1.e^{-1{,}1754.t} + 0{,}4254.C_2.e^{0{,}4254\,.t}$

$y'(0) = 0 = -1{,}1754.C_1 + 0{,}4254.C_2$; $C_1 - 0{,}3619.C_2 = 0$

$$\begin{cases} C_1 + C_2 = -2 \\ C_1 - 0{,}3619.C_2 = 0 \end{cases}$$

Calculamos C_1 y C_2 con Matlab: Coef= [1 1 ; 1 -0.3619]; Y= [-2 ; 0]; X= inv(Coef) * Y

X = -0.5315 ; -1.4685 ; $C_1 = -0{,}5315$ y $C_2 = -1{,}4685$

$$\boxed{y(t) = -0{,}5315.e^{-1{,}1754.t} + -1{,}4685.e^{0{,}4254\,.t} + 2}$$

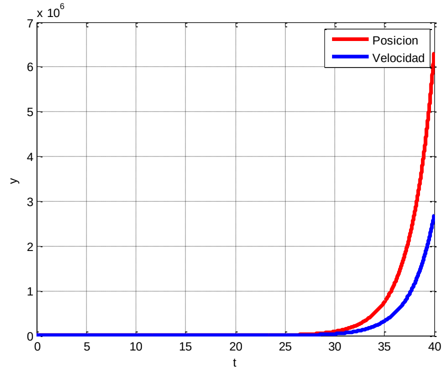
Continuac.

```
function Principal1_ODE_Orden2
 t=0:0.01:40;
 y0=0; yp0=0;  %Condiciones iniciales nulas
 %Utilizo ode45 orden 2, le paso
 % tiempo y cond. iniciales
 [T,Y]=ode45(@mi_edo2,t,[y0 yp0]);
 % Grafico
 figure;     %plot(T,Y);
 plot(T,Y(:,1) , 'r', 'LineWidth', 3 ); hold on ;
 plot(T,Y(:,2) , 'b', 'LineWidth', 3); grid on;
 legend('Posicion', 'Velocidad' )
 xlabel('t'); ylabel('y');
end

function yp = mi_edo2(t,y)
    yp=zeros(2,1);
    yp(1)=y(2);
    yp(2)=exp(-2*t)-(3/4)*y(2) +(1/2)*y(1);      %yp=[yp1;yp2];
end
```

El script Resuelve esta ecuación:

$$y''(t)+\frac{3}{4}y'(t)-\frac{1}{2}y(t)=e^{-2.t}.u(t)$$

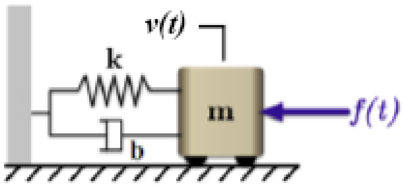


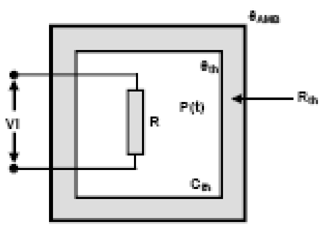
Vector y $\begin{bmatrix} y \\ y' \end{bmatrix}$

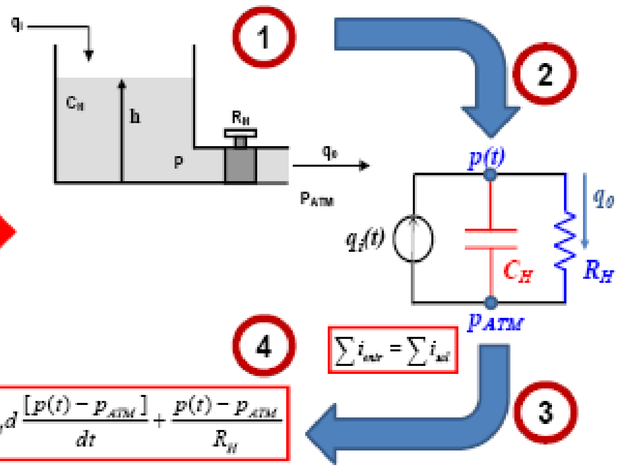
Vector derivado yp $\begin{bmatrix} y' \\ y'' \end{bmatrix}$

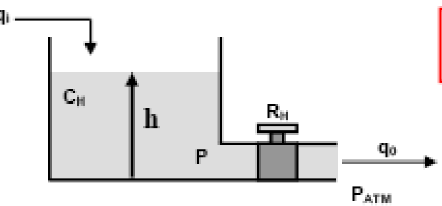
$$y''(t)=e^{-2.t}.u(t)-\frac{3}{4}y'(t)+\frac{1}{2}y(t)$$

MODELIZACIÓN DE SISTEMAS FÍSICOS

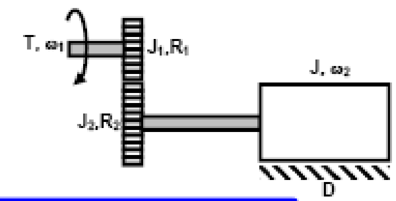


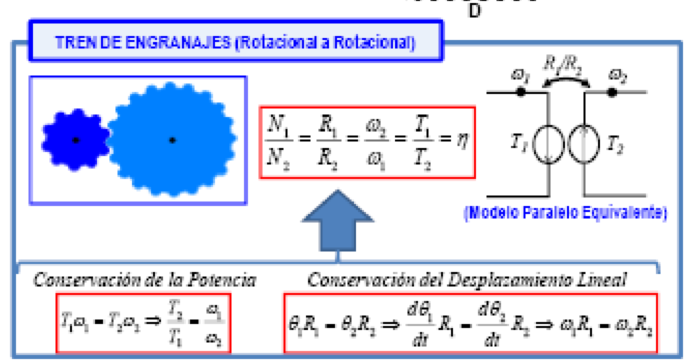


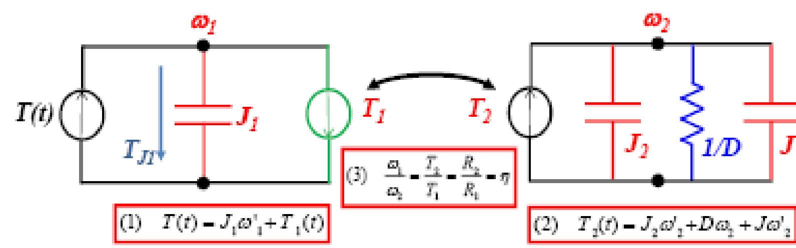




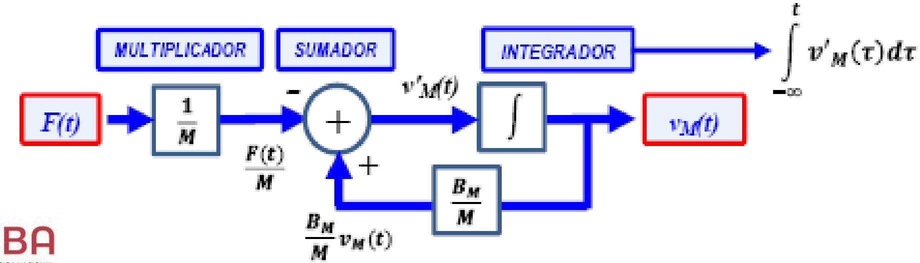
INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS



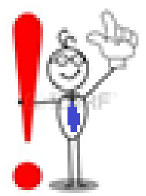




DIAGRAMAS EN BLOQUES DE EDOs



Eléctrico Tensión: $V(t)$ Corriente: $i(t)$	$V(t) = L\frac{di(t)}{dt} + R.i(t) + \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} i(t).dt$ $\boxed{i(t) = C.\frac{dv(t)}{dt} + \frac{1}{R}.v(t) + \frac{1}{L}\int_{-\infty}^{t} v(t).dt}$
Mecánica Traslacional Fuerza: $f(t)$	$f(t) = M\frac{dv(t)}{dt} + B.v(t) + k\int_{-\infty}^{t} v(t).dt$ Eq. Paralelo: $M \equiv C \;\; ; \;\; \frac{1}{B} \equiv R \;\; ; \;\; \frac{1}{k} \equiv L$
Mecánica Rotacional Momento: $T(t)$	$T(t) = J.\frac{d\omega(t)}{dt} + B_R.\omega(t) + k_R\int_{-\infty}^{t} \omega(t).dt$ Eq. Paralelo: $J \equiv C \;\; ; \;\; \frac{1}{B_R} \equiv R \;\; ; \;\; \frac{1}{k_R} \equiv L$
Fluidos Presión: $P(t)$	$q_i(t) = C_H.p'(t) + \frac{p(t) - p_{AT}}{R_H}$
Calórico Temperatura: $\theta(t)$	$P(t) = C_T.\theta'(t) + \frac{\theta(t) - \theta_A(t)}{R_T}$



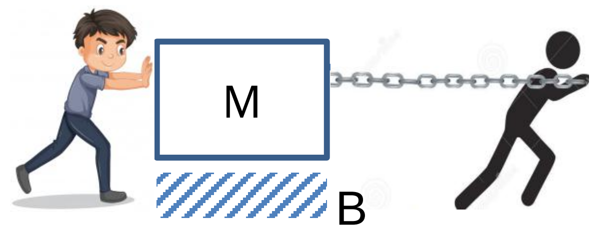
Equivalentes en Sistemas Mecánicos:

Configuración paralelo
$f \equiv i \;,\;\; v \equiv V \;,$
$T \equiv i \;,\;\; w \equiv V$

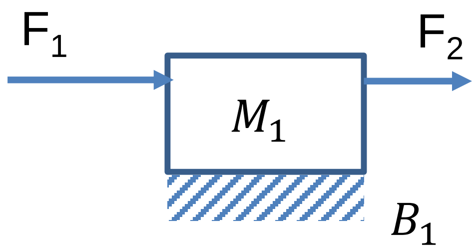
La Masa y el resorte acumulan energía

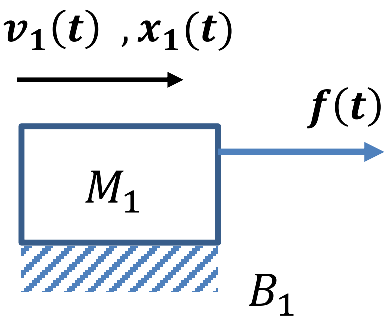
Hallar Diagrama de Bloques del sistema

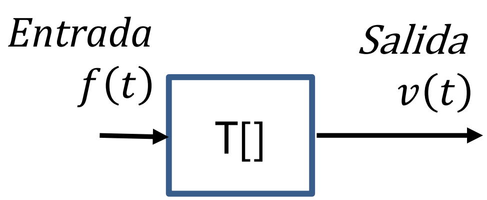
Mecánica Traslacional

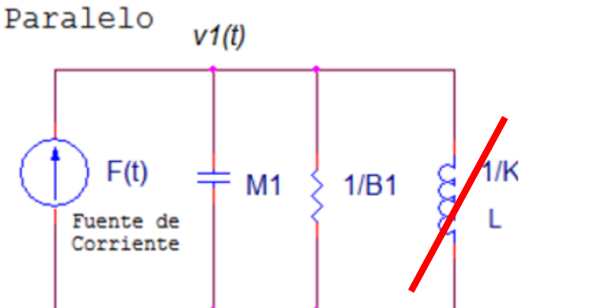


$$f(t) = F_1 + F_2$$



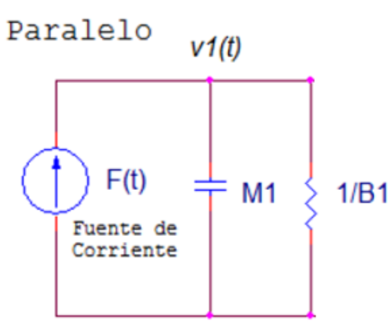






$$f(t) = M_1.v_1'(t) + B_1.v_1(t) + \cancel{k_1\int_{-\infty}^{t} v_1(t).dt}$$

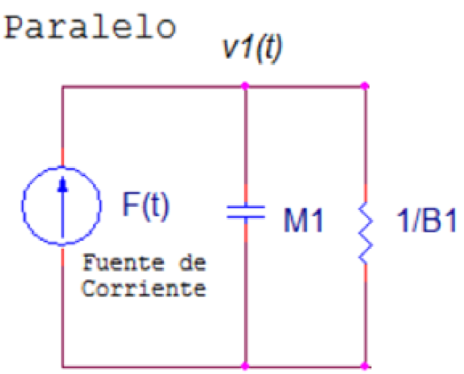
Mecánica Traslacional



$$\boxed{f(t) = M_1 v_1'(t) + B_1.v_1(t)}$$

Hallar Diagrama de Bloques del sistema

Mecánica Traslacional



$$f(t) = M_1 v_1'(t) + B_1 . v_1(t)$$

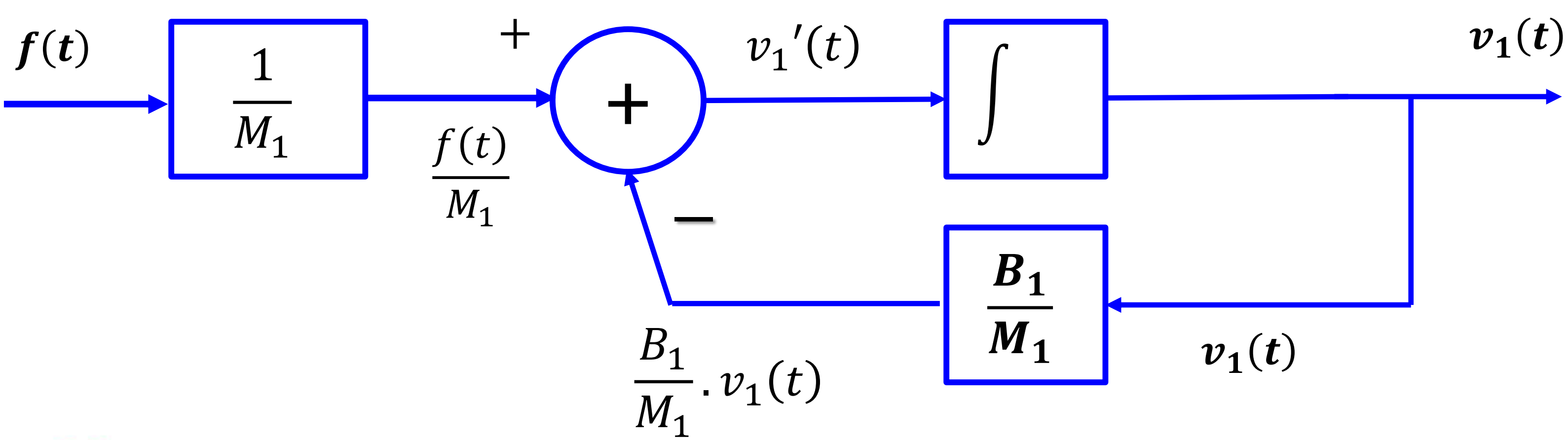
$$\frac{f(t)}{M_1} = v_1'(t) + \frac{B_1}{M_1} . v_1(t)$$

$$v_1'(t) = \frac{f(t)}{M_1} - \frac{B_1}{M_1} . v_1(t)$$

La derivada más alta debe quedar multiplicada por 1:

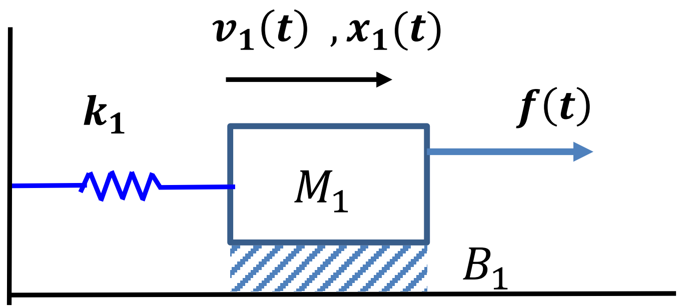
$v_1'(t)$

$\Rightarrow$ ***dividimos*** M_1

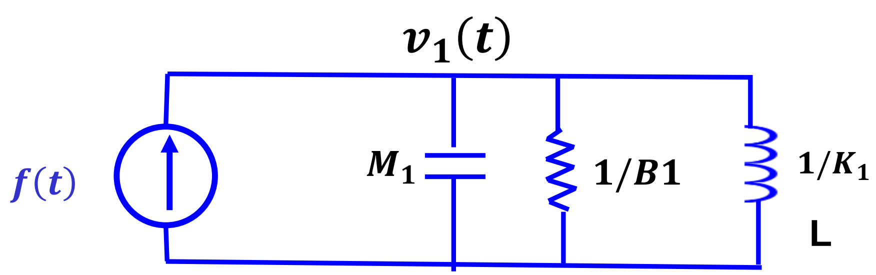


Hallar Ecuaciones y circuito equivalente

Mecánica Traslacional

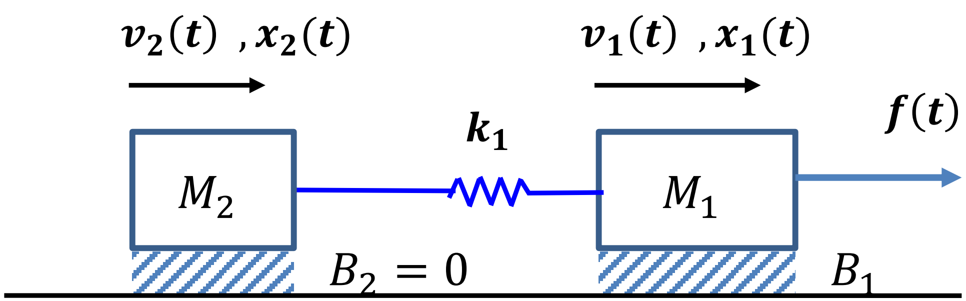


$$f(t) = M_1 . v_1'(t) + B_1 . v_1(t) + k_1 \int_{-\infty}^{t} v_1(t) . dt$$



Mecánica Traslacional

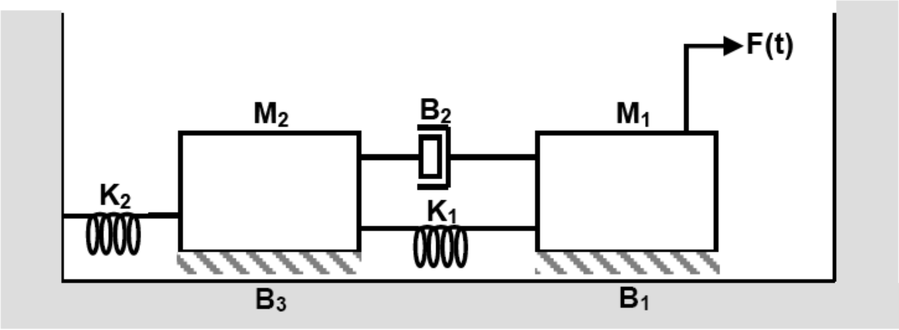
Hallar Ecuaciones y circuito equivalente

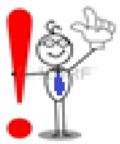


$$f(t)=M_1.v_1{}'(t)+B_1.v_1(t)+k_1\int_{-\infty}^{t}(v_1(t)-v_2(t)).dt$$

$$0=k_1\int_{-\infty}^{t}(v_2(t)-v_1(t)).dt+M_2.v_2{}'(t)$$

Ejercicio: Hallar las ecuaciones de movimiento y circuito eléctrico equivalente:

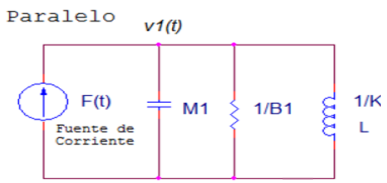




Repaso

Mecánica Traslacional

Ecuación Genérica

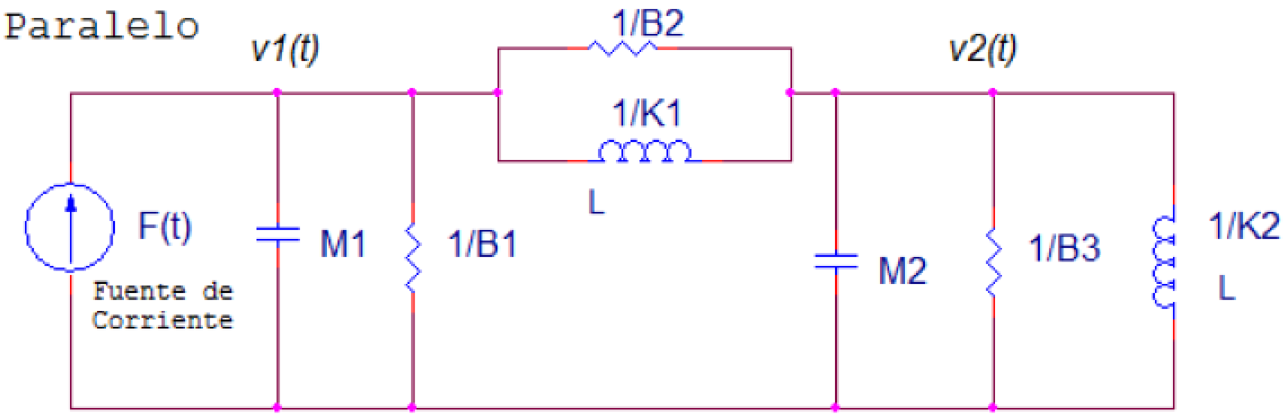


$$f(t) = M_1.v_1'(t) + B_1.v_1(t) + k_1 \int_{-\infty}^{t} v_1(t).dt$$

Resolución

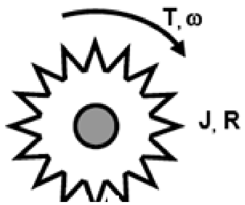
$$\boldsymbol{f(t) = M_1 \frac{dv_1(t)}{dt} + B_1.v_1(t) + B_2.(v_1(t) - v_2(t)) + k_1 \int_{-\infty}^{t}(v_1(t) - v_2(t)).dt}$$

$$\boldsymbol{0 = M_2 \frac{dv_2(t)}{dt} + B_2.(v_2(t) - v_1(t)) + k_1 \int_{-\infty}^{t}(v_2(t) - v_1(t)).dt + B_3.v_2(t) + k_2 \int_{-\infty}^{t} v_2(t).dt}$$

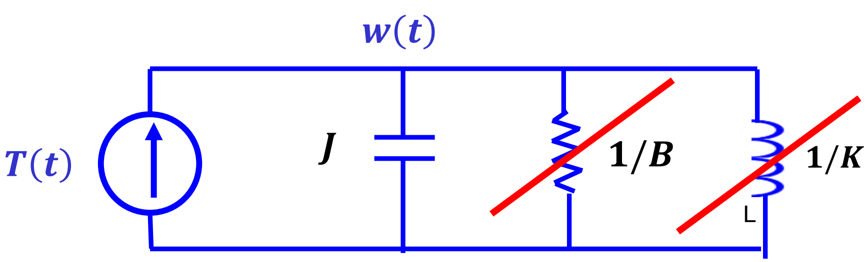


Mecánica Traslacional

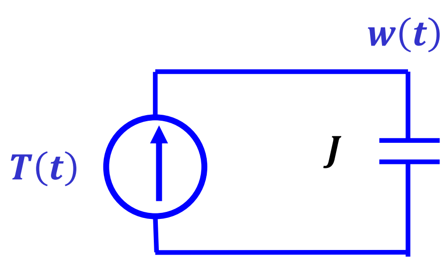
Ejercicio: Ecuaciones de movimiento y circuito eléctrico equivalente



Resolución

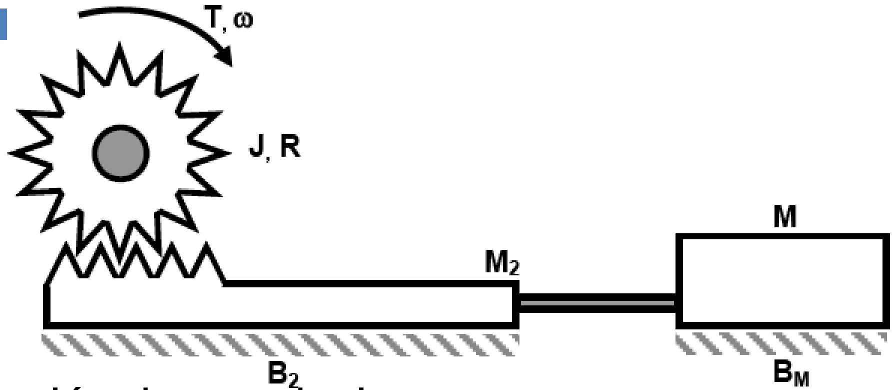


$$T(t) = J.\frac{d\omega(t)}{dt} + \cancel{B_R.\omega(t)} + \cancel{k_R \int_{-\infty}^{t} \omega(t).dt}$$



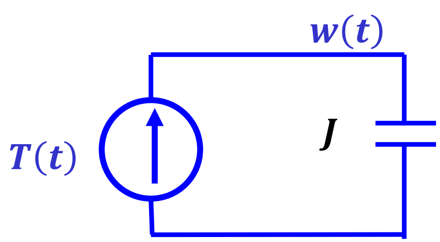
$$T(t) = J.\frac{d\omega(t)}{dt}$$

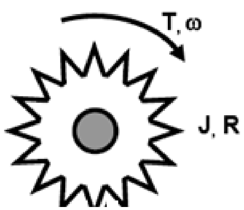
Ejercicio: Para el siguiente sistema rotacional, al que se le aplica un torque de entrada, calcular:



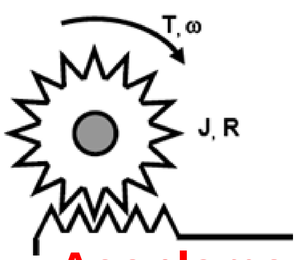
6.1) Ecuaciones de movimiento y circuito eléctrico equivalente

Primero Analizamos este sistema simple, luego agregamos parte de abajo



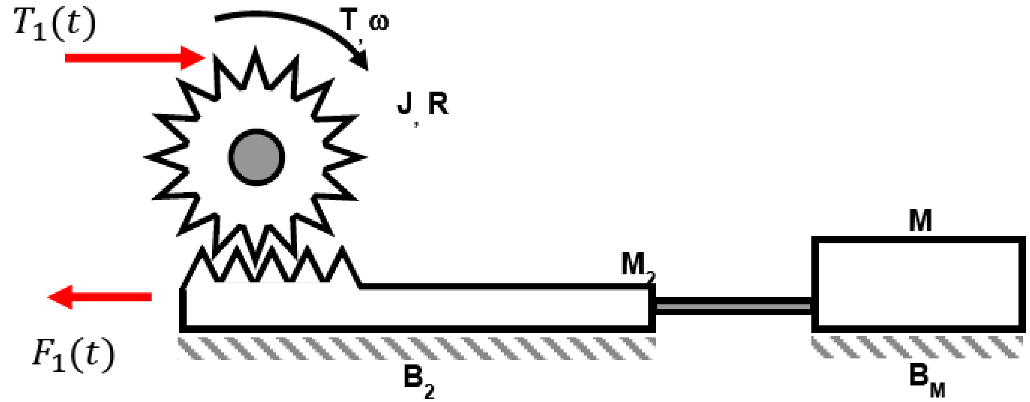


$$T(t) \;=\; J.\frac{d\omega(t)}{dt}$$



$$T(t) - T_1(t) = J.\frac{d\omega(t)}{dt}$$

Acoplamos Carga !!!

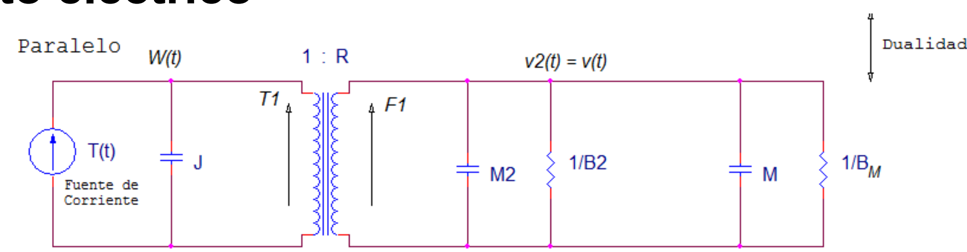


Resolución

Agregamos

$F_1(t)$, $T_1(t)$ y $v(t)$

6.1) Ecuaciones de movimiento y circuito eléctrico equivalente



Resolución:

$$T(t) - T_1(t) = J.\frac{dw(t)}{dt}$$ **Ecuación 1**

$$F_1(t) = M_2.\frac{dv(t)}{dt} + B_2.v(t) + M.\frac{dv(t)}{dt} + B_M.v(t)$$

$$F_1(t) = (M_2 + M).\frac{dv(t)}{dt} + (B_2 + B_M).v(t)$$ **Ecuación 2**

$$w(t).R = v(t) \quad ; \quad \frac{w(t)}{v(t)} = \frac{1}{R} = \eta \quad ;$$

$$T_1(t) = F_1(t).R \quad \Rightarrow \quad \frac{F_1(t)}{T_1(t)} = \frac{w(t)}{v(t)} = \frac{1}{R} = \eta$$ **Ecuación 3**

6.3) **Ecuaciones diferencial única que relacione $T(t)$ con la salida $v(t)$**

Resolución:

De ec. 3: $w(t) = \eta . v(t)$, reemplazamos en resultado anterior:

$$T(t) = \left[J + \frac{M_2+M}{\eta^2}\right].\frac{dw(t)}{dt} + \frac{B_2+B_M}{\eta^2}.w(t)$$

$$T(t) = \left[\eta . J + \frac{M_2+M}{\eta}\right].\frac{dv(t)}{dt} + \frac{B_2+B_M}{\eta}.v(t)$$

6.1) Ecuaciones de movimiento y circuito eléctrico equivalente

Rta: a) $T(t) - T_1(t) = J.\frac{dw(t)}{dt}$

b) $F_1(t) = (M_2 + M).\frac{dv(t)}{dt} + (B_2 + B_M).v(t)$

c) $\frac{F_1(t)}{T_1(t)} = \frac{w(t)}{v(t)} = \frac{1}{R} = \eta$

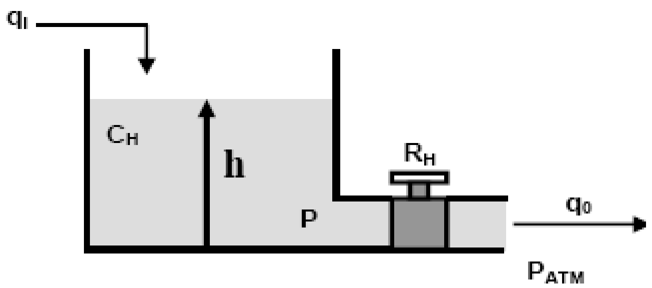
6.2) Ecuación diferencial única que relacione la entrada $T(t)$ con la salida $w(t)$

Rta: $T(t) = \left[J + \frac{M_2+M}{\eta^2}\right].\frac{dw(t)}{dt} + \frac{B_2+B_M}{\eta^2}.w(t)$

6.3) Ecuación diferencial única que relacione la entrada $T(t)$ con la salida $v(t)$

Rta: $T(t) = \left[\eta . J + \frac{M_2+M}{\eta}\right].\frac{dv(t)}{dt} + \frac{B_2+B_M}{\eta}.v(t)$

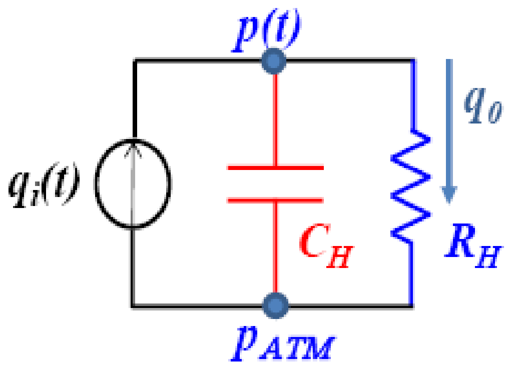
Ejercicio



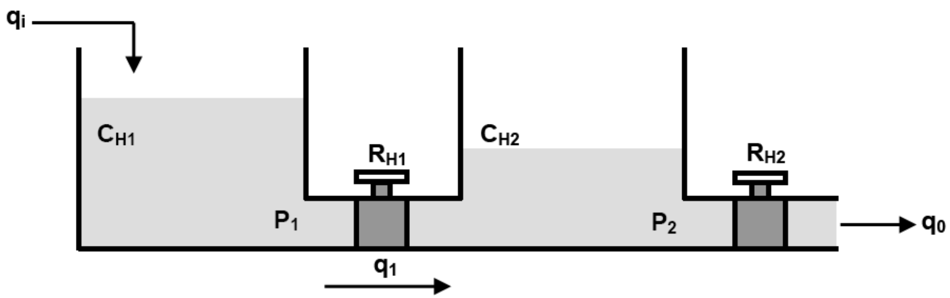
Resolución

Presión: $P(t)$, Flujo: $q(t)$

$$\boldsymbol{q_i(t) = C_H . p'(t) + \frac{p(t) - P_{atmosf}}{R_H}}$$



Ejercicio - Determinar las ecuaciones que modelizan el siguiente sistema hidráulico. Graficar el circuito eléctrico equivalente.



Resolución

Presión: $P(t)$, Flujo: $q(t)$

Planteamos ecuación a la entrada: $\boldsymbol{q_i(t) = C_{H1}.\frac{d[P_1 - P_{atmosf}]}{dt} + q_1(t)}$ ($referencia = P_{atmosféria}$)

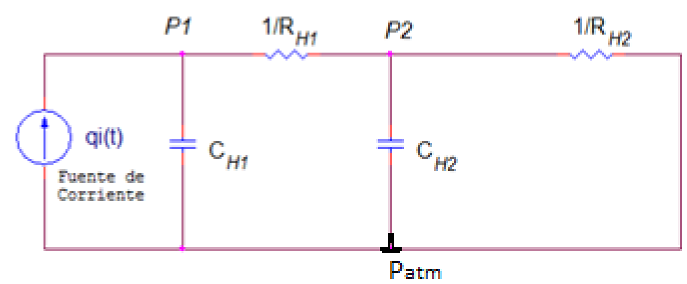
Ecuación en R_{H1}: $\longrightarrow$ $\boldsymbol{q_1(t) = \frac{P_1 - P_2}{R_{H1}}}$;

$\frac{d[-P_{atmosf}]}{dt} = 0$ y juntamos las ecuaciones $\longrightarrow$ $\boldsymbol{q_i(t) = C_{H1}.\frac{dP_1}{dt} + \frac{P_1 - P_2}{R_{H1}}}$

El flujo $q_1(t)$ resulta como la suma de 2 flujos:

$\boldsymbol{q_1(t) = C_{H2}.\frac{d[P_2 - P_{atmosf}]}{dt} + \frac{P_2 - P_{atmosf}}{R_{H2}}}$; Además: $\boldsymbol{q_1(t) = \frac{P_1 - P_2}{R_{H1}}}$

$$\begin{cases} q_i(t) = C_{H1}.\frac{dP_1}{dt} + \frac{P_1 - P_2}{R_{H1}} \\ q_1(t) = \frac{P_1 - P_2}{R_{H1}} = C_{H2}.\frac{dP_2}{dt} + \frac{P_2 - P_{atmosf}}{R_{H2}} \end{cases}$$

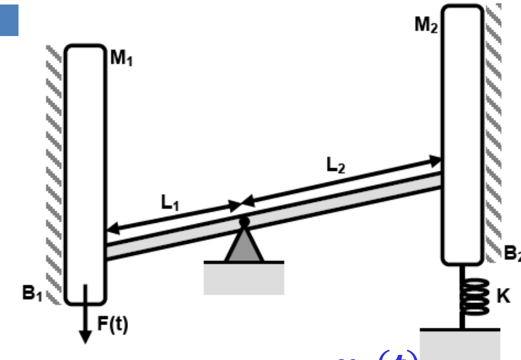


$q(t) = C_H.\frac{dP(t)}{dt}$; comparamos con capacitor eléctrico:

$i(t) = C.\frac{dv(t)}{dt}$ $\longrightarrow$ $q(t) \equiv i(t)$; $p(t) \equiv v(t)$; $C_H = C$

Tomo flujo $q(t)$ como corriente y presión como tensión eléctrica, (se podría tomar distinto)

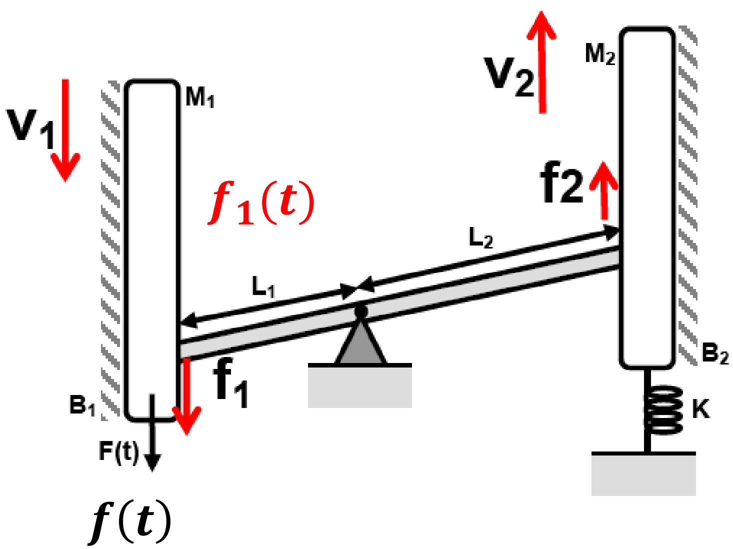
Ejercicio: Hallar ecuaciones de movimiento (considerar al mismo en equilibrio) y el circuito eléctrico equivalente:

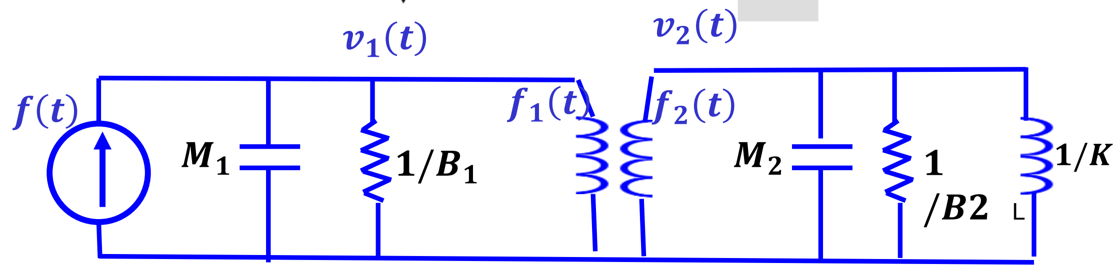


Opcional
Repasar para final

Resolución

Agrego al gráfico v1, f1, f2 y v2



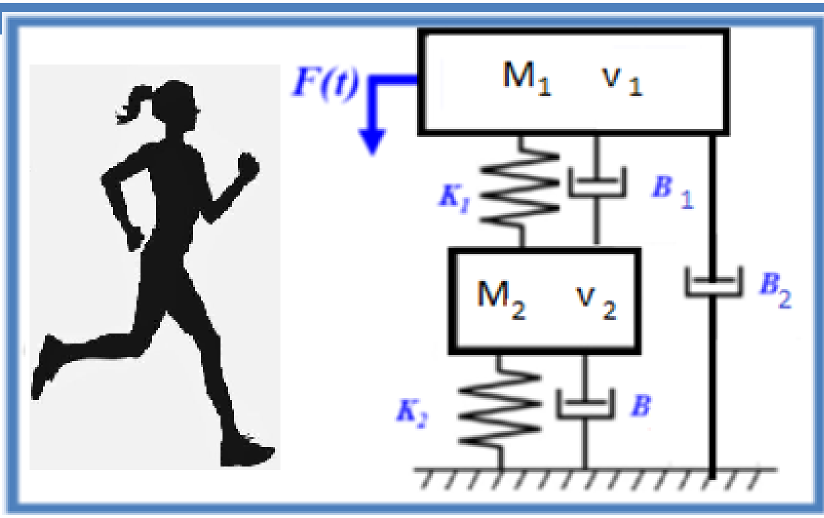


$$\boxed{f(t) = M_1 \frac{dv_1(t)}{dt} + B_1 . v_1(t) + f_1(t)}$$

$$\boxed{f_2(t) = M_2 \frac{dv_2(t)}{dt} + B_2 . v_2(t) + k \int_{-\infty}^{t} v_2(t) . dt}$$

Palanca: $f_2(t) . L_2 = f_1(t) . L_1$;

$v_1(t) . L_2 = v_2(t) . L_1$; $\boxed{\eta = \frac{v_1(t)}{v_2(t)} = \frac{f_2(t)}{f_1(t)} = \frac{L_1}{L_2}}$

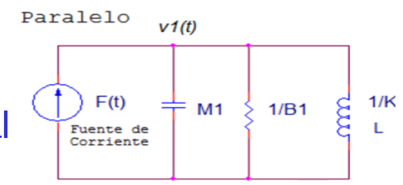


Ejercicio similar a la consigna

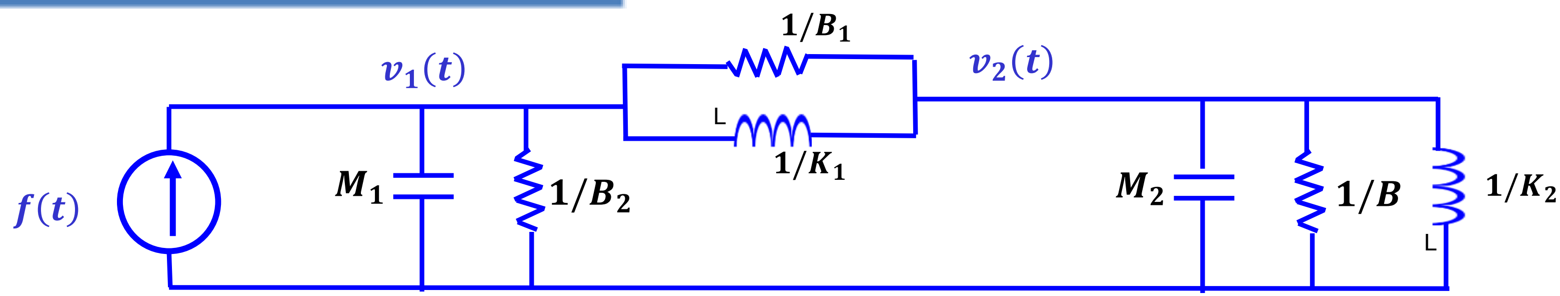
Repaso

Mecánica Traslacional

Ecuación Genérica



$$f(t) = M_1.v_1'(t) + B_1.v_1(t) + k_1 \int_{-\infty}^{t} v_1(t).dt$$

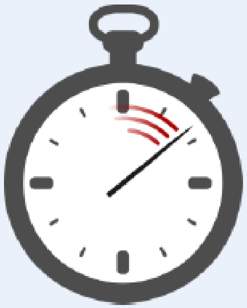


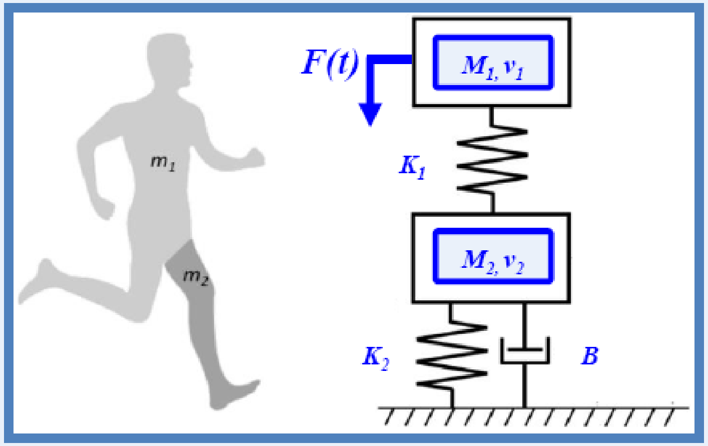
$$f(t) = M_1.v_1'(t) + B_1.(v_1(t) - v_2(t)) + B_2.v_1(t) + k_1 \int_{-\infty}^{t}.(v_1(t) - v_2(t)).dt$$

$$0 = B_1.(v_2(t) - v_1(t)) + k_1 \int_{-\infty}^{t}.(v_2(t) - v_1(t)).dt + M_2.v_2'(t) + B.v_2(t) + k_2 \int_{-\infty}^{t} v_2(t).dt$$

Consigna de la clase #A (30 minutos)

1. Obtener las ecuaciones que modelan ***el soporte de la pierna del cuerpo humano,*** en términos de la ***fuerza*** $F(t)$ ejercida por el individuo:





2. ¿Se obtienen las ***mismas ecuaciones*** si se colocan el resorte k_2 y el amortiguador B uno a continuación del otro?

3. Eliminar M_1 y K_1 y expresar ***la ecuación del sistema resultante*** en términos del desplazamiento de M_2. Graficar su ***diagrama en bloques. ¿El sistema obtenido es LIT?*** Verificarlo en ***MatLab***

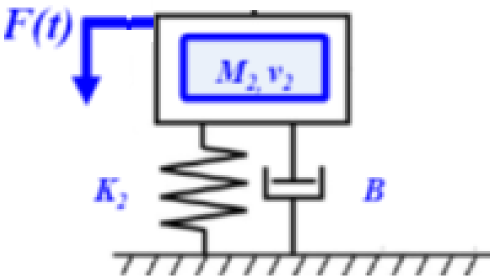
Consigna
Completar Puntos 1 y 2

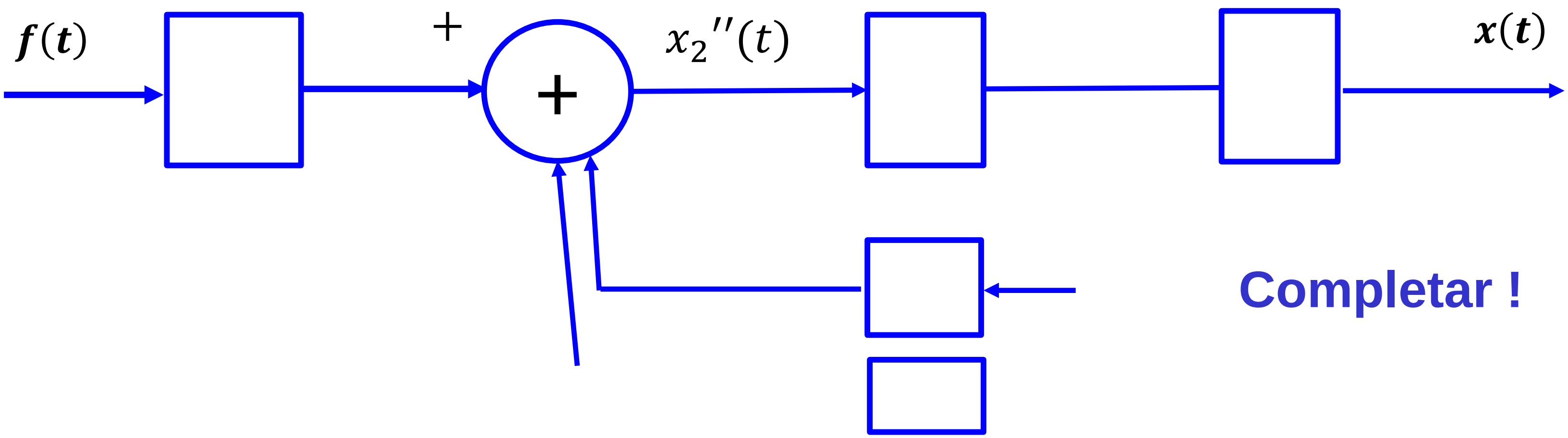
Punto 3: eliminar M_1 y K_1

Plantear ecuación del sistema

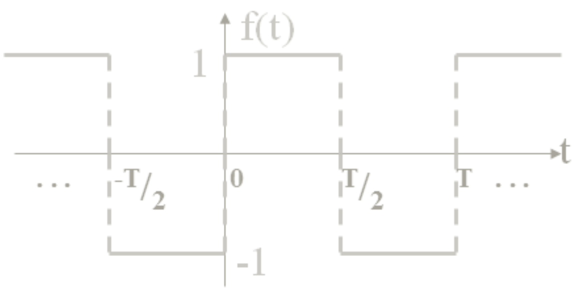
Reemplazar: $v_2(t) = x_2'(t) = \frac{dx_2(t)}{dt}$

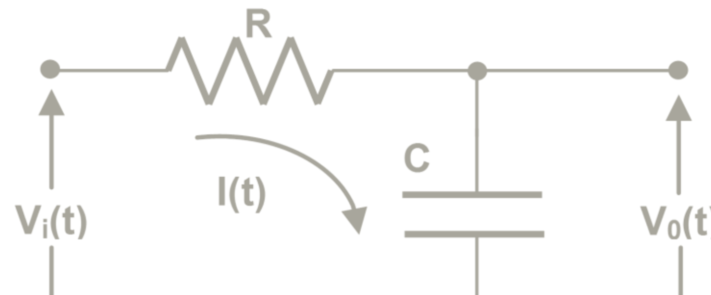
Despejar: $x_2''(t)$





Actividad Práctica: Resolución de Consignas





Actividad Práctica

¿CONSULTAS?

Foro Campus Virtual