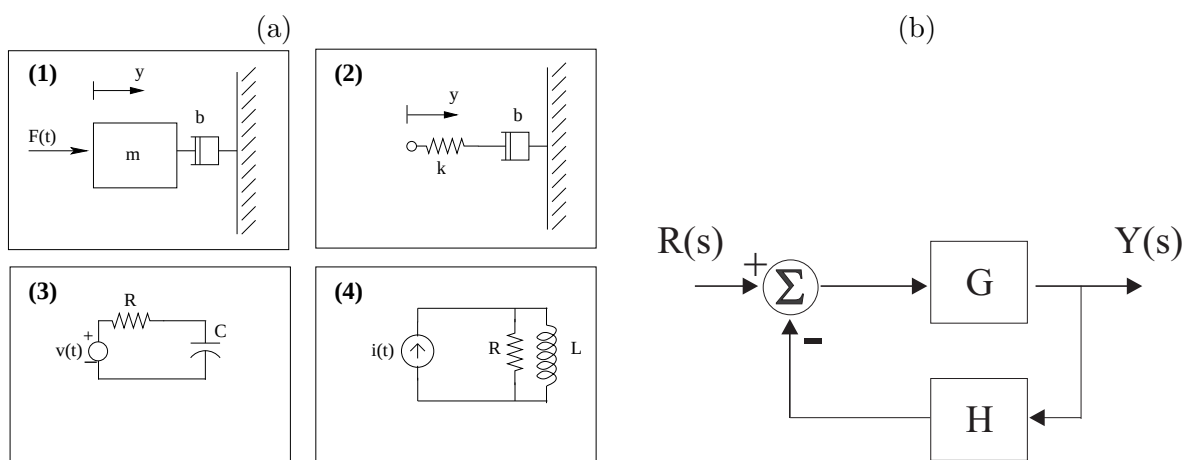


[1] Sistemas de 1^{er} orden

Un termómetro requiere 2 minutos para indicar 95 % de la respuesta a un escalón unitario. Asumiendo que el termómetro se comporta como un sistema de 1^{er} orden:

(a) Encuentre su constante de tiempo τ . (b) Si el termómetro es sumergido en un líquido cuya temperatura varía linealmente con el tiempo, a una tasa de 5°/min, cual es el error asociado a la lectura de temperatura del termómetro ?.

[2] Considere los 4 sistemas de la figura (a). Encuentre la manera de escribir una ecuación diferencial de 1^{er} orden para cada sistema e identifique la constante de tiempo τ de cada uno.



[3] Especificación temporal 2^o orden

Para el sistema de la figura (b), (i) determine los valores de la ganancia K ($K > 0$) y constante de retro-alimentación K_h , de manera que el máximo overshoot de la respuesta al escalón unitario sea $M_p = 0.2$ y el tiempo peak $t_p = 1$ segundo. (ii) Con esos valores obtenga el tiempo de subida t_r y el tiempo de establecimiento t_s (criterio 1%). Los elementos son los siguientes:

$$G(s) = \frac{K}{s(s+1)} \quad H(s) = 1 + K_0 s$$

(iii) Dibuje la respuesta temporal obtenida $y(t)$ versus t indicando cada variable.

[4] Esta parte de la clase auxiliar le servirá para familiarizarse con los circuitos electrónicos que utilizan un amplificador operacional como elemento de base. Es obligatorio entender esto para el laboratorio de Control de Sistemas.

El Amplificador Operacional

En la Fig-1 se muestra el diagrama idealizado de un Amplificador Operacional (AmOp). Posee un borne de entrada inversor (signo $-$) y un borne de entrada no inversor (signo $+$). Idealmente el AmpOp se simboliza con un triángulo. Posee una resistencia interna de entrada R_A entre los bornes de entrada. Además se indica el parámetro *ganancia* del AmpOp bajo el símbolo μ . Los valores internos del AmpOp son tales que

$$R_A \rightarrow \infty \quad R_0 \rightarrow 0 \quad \mu \rightarrow \infty$$

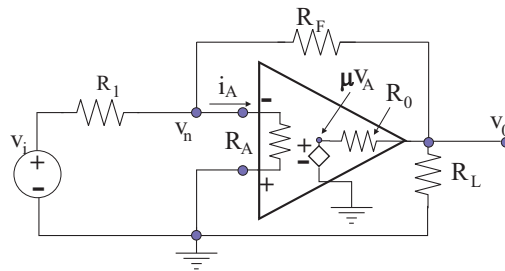


Figure 1: AmpOp Retroalimentado.

Para analizarlo, aplicamos la ley de corrientes en nodos v_n y v_0 , donde v_A es la diferencia de voltaje entre los bornes de entrada $(+)$ y $(-)$,

$$\text{nodo } v_n : \quad \frac{v_i - v_n}{R_1} + \frac{0 - v_n}{R_A} + \frac{v_0 - v_n}{R_F} = 0 \quad \text{nodo } v_0 : \quad \frac{\mu v_A - v_0}{R_0} + \frac{0 - v_0}{R_L} + \frac{v_n - v_0}{R_F} = 0$$

De ambas ecuaciones obtenemos v_A

$$v_A = v_0 \frac{(R_L R_F + R_0 R_F + R_0 R_L)}{(R_0 R_L - \mu R_L R_F)}$$

Simplificamos usando los valores internos típicos

$$\text{para } R_0 \rightarrow 0, \quad v_A = -v_0 \frac{R_L R_F}{\mu R_L R_F} = -\frac{v_0}{\mu} \quad \text{para } \mu \rightarrow \infty, R_A \rightarrow \infty, \quad i_A = \frac{v_A}{R_A}$$

Así obtenemos (tomando los límites) dos ecuaciones características del AmpOp.

$$v_A = 0 \quad (v_+ = v_-) \quad i_A = 0$$

Si ahora no hay retroalimentación $R_F = 0$, el voltaje de salida v_0 no puede influenciar los voltajes de entrada al AmpOp, con lo cual v_A no puede ser nulo. Se obtiene la ecuación característica del AmpOp sin retroalimentación, un amplificador de la diferencia de voltaje en su entrada (ganancia μ),

$$v_0 = \mu v_A$$

Esto se aprecia en la Fig-2 (izquierda). Allí v_s es el voltaje de saturación del AmpOp y corresponde al voltaje de alimentación de éste (Pin 4 y 7).

Como generalmente la ganancia es grande, $\mu \sim 10^6$, la región lineal es estrecha y el AmpOp funciona como un switch entre $\pm v_s$ cuando aplicamos una diferencia de voltaje v_A pequeña entre sus bornes de entrada.

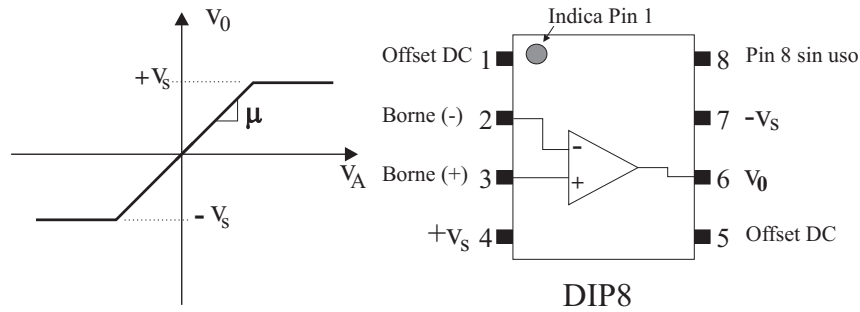
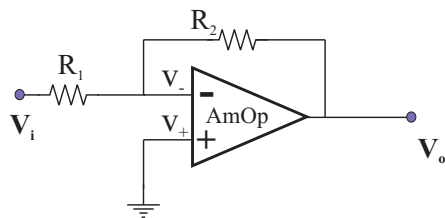


Figure 2: Salida del AmpOp sin retroalimentación $R_F = 0$. Montaje electrónico típico del AmpOp en un chip tipo DIP-8

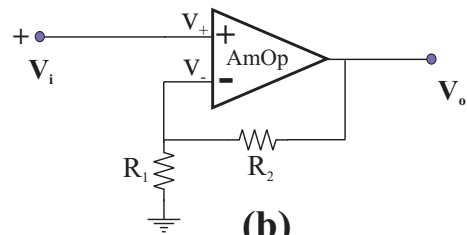
[4] Circuitos

Los circuitos de la figura utilizan el amplificador operacional (AmOp) ideal. Quiere decir que (i) la corriente en cada uno de los bornes de entrada (v_- , v_+) hacia el AmOp es cero, (b) el AmOp opera de manera tal que el voltaje en los bornes es el mismo ($v_- = v_+$).

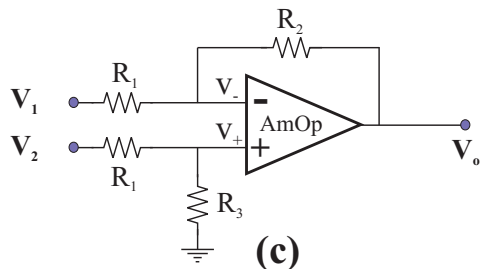
1. Encuentre la expresión del voltaje de salida V_0 en cada uno de los circuitos de la figura.
2. Encuentre el diagrama de bloque de cada uno de los circuitos, así como la función de transferencia (TL).
3. Identifique la función característica que desempeña cada circuito.
4. Estudie la respuesta en amplitud y en fase para los circuitos (a, b, e, f) imponiendo $V_i = Ae^{j\omega t}$. Utilice el método armónico visto en el curso.



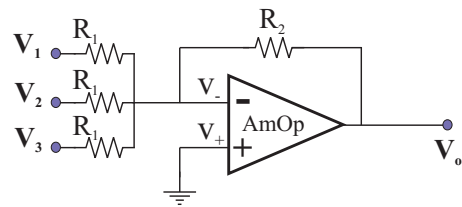
(a)



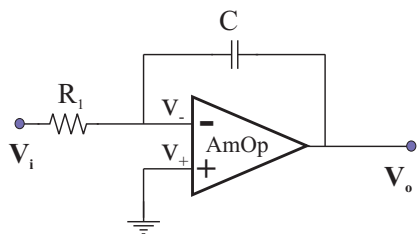
(b)



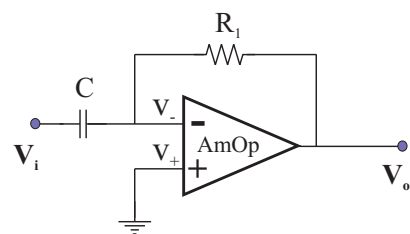
(c)



(d)



(e)



(f)