

The image shows the cover of a spiral-bound notebook. The cover has a light beige, textured fabric-like appearance. A silver metal spiral binding is visible along the left edge. The text is centered on the cover.

PARTE I

SISTEMAS ANALÓGICOS

Sistemas Electrónicos y Automáticos
4º Ingeniero Industrial



Índice

Introducción

Leyes fundamentales

Amplificador operacional

Convertidores A/D y D/A

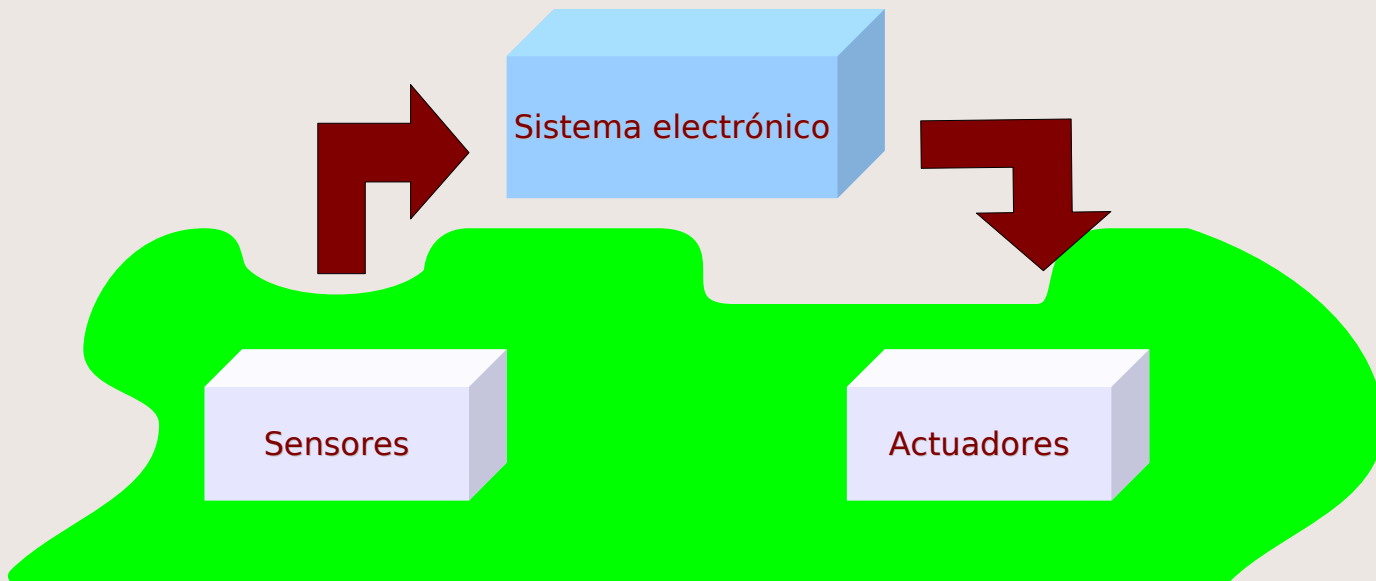
Sistemas de adquisición de datos

Convertidores de potencia

Introducción: Definición

Un sistema electrónico es un conjunto de dispositivos y componentes electrónicos con un número de entradas y salidas.

La principal misión de un sistema electrónico es el procesado de las señales de entradas, a través del cual puede actuar sobre el exterior.



Introducción: Clasificación

Electrónica Analógica:

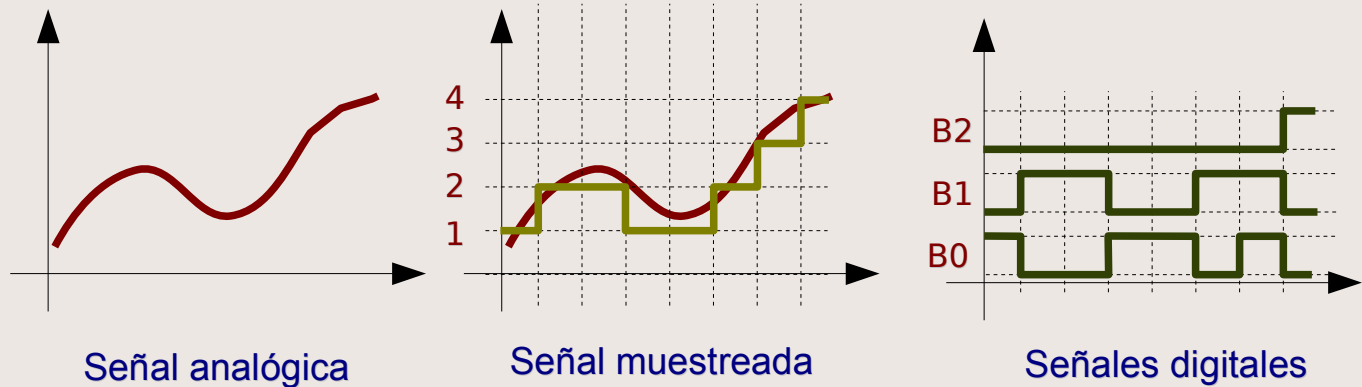
Transportar y procesar la información contenida en la señal analógica.

Uso de los transistores en su rango de amplificación.

Electrónica Digital:

Transportar y procesar la información contenida en la señal digital.

Uso de los transistores en su rango de corte y saturación.



Electrónica de Potencia:

Aumentar la calidad de la potencia eléctrica.

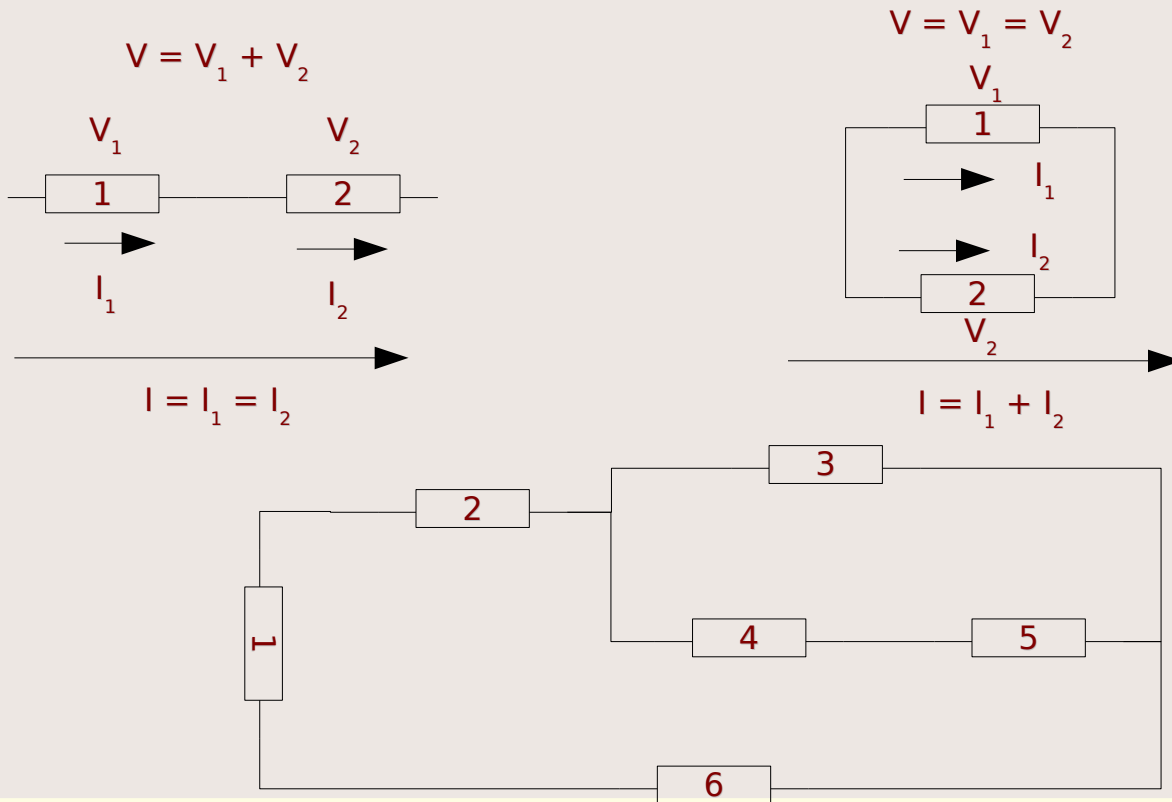
Los circuitos analógicos y/o digitales se utilizan para controlar los circuitos de potencia.

Leyes fundamentales I

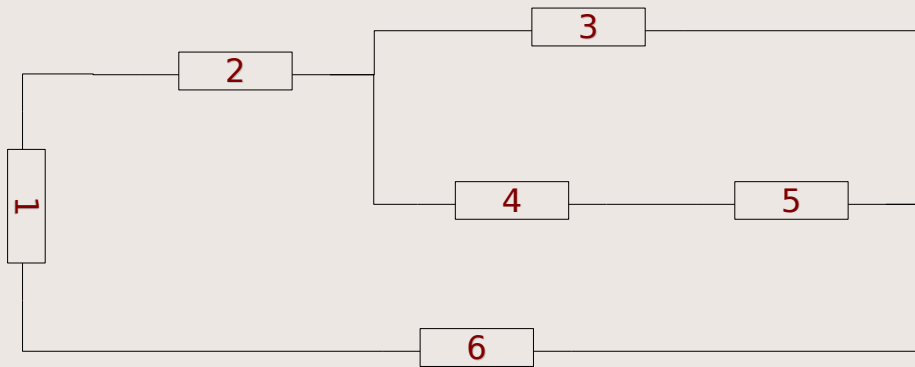
Las magnitudes que se utilizan en Electrónica son:

Intensidad: cantidad de electrones que pasa a través de una sección del conductor en la unidad de tiempo.

Tensión: trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico, sobre una partícula cargada, para moverla de un lugar a otro.



Leyes fundamentales: Componentes



$$I_1 = I_2 = I_6 = I_3 + I_4$$

$$I_4 = I_5$$

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_6 = 0$$

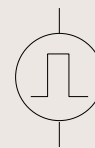
$$V_3 = V_4 + V_5$$

Fuentes de tensión y de intensidad



V_{ref}

Fuentes constantes:
 $V = V_{ref}$



Fuentes variables:
Pulso
Sinusoide: $V = V_{amp} \cdot \sin(\omega t + a)$
Lineal a tramos

Componentes pasivos



R

Resistencia (Resistor):
 $V = R \cdot I$

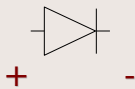


C

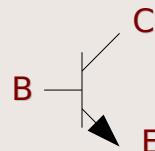
Condensador (Capacitor):
 $I = C \cdot dV/dt$

Leyes fundamentales: Componentes II

Componentes activos

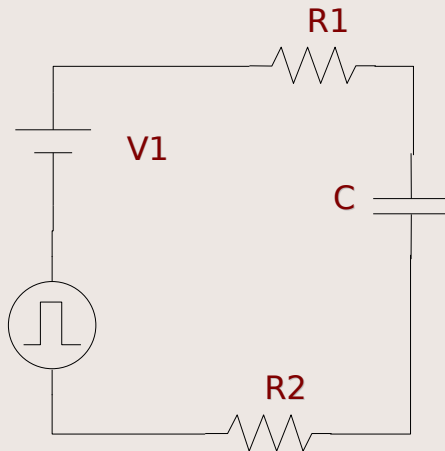


Diodo:
 $V_D > 0 \rightarrow V_D = 0.7$
 $V_D < 0.7 \rightarrow I_D = 0$



Transistor bipolar npn:
 $V_{BE} < 0.7 \rightarrow I_B = I_C = I_E = 0$
 $V_{BE} = 0.7$ y $V_{BC} < 0.7 \rightarrow I_C = \beta \cdot I_B$
 $V_{BE} = 0.7$ y $V_{BC} = 0.7 \rightarrow V_{CE} = 0.2$

Ejemplos de circuitos: filtro



$$V_1 + V = V_{R1} + V_C + V_{R2} = I \cdot R1 + V_C + I \cdot R2$$

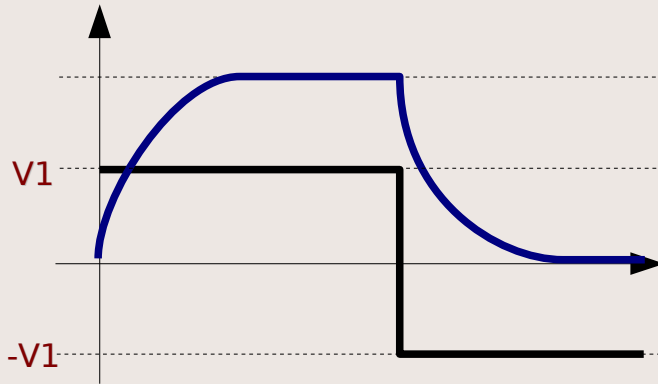
$$I = C \cdot dV_C / dt$$

$$V_1 + V = C \cdot (R1 + R2) \cdot dV_C / dt + V_C$$

$$V_1 + V - V_C = C \cdot (R1 + R2) \cdot dV_C / dt$$

$$dt / C \cdot (R1 + R2) = dV_C / (V_1 + V - V_C)$$

Leyes fundamentales: filtro



$$V = V_1 \Rightarrow t / C \cdot (R_1 + R_2) = -\ln(2 \cdot V_1 - V_C) + \ln(2 \cdot V_1)$$

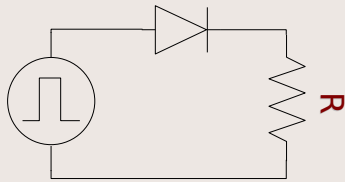
$$V_C = 2 \cdot V_1 \cdot (1 - e^{-t / C \cdot (R_1 + R_2)})$$

$$V = -V_1$$

$$t / C \cdot (R_1 + R_2) = -\ln(V_C) + \ln(V_{\max})$$

$$V_C = V_{\max} \cdot e^{-t / C \cdot (R_1 + R_2)}$$

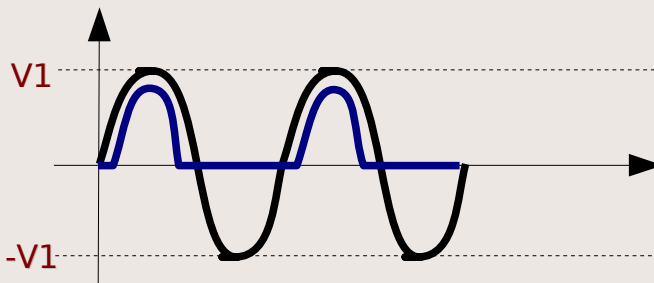
Ejemplos de circuitos: rectificador de media onda



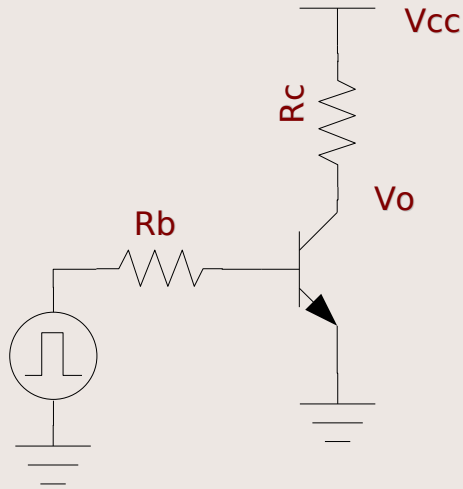
$$V = V_D + V_O = V_D + I \cdot R$$

$$V < 0.7 \rightarrow I = 0 \rightarrow V_O = 0$$

$$V > 0.7 \rightarrow V_D = 0.7 \rightarrow V_O = V - V_D$$



Leyes fundamentales: amplificador



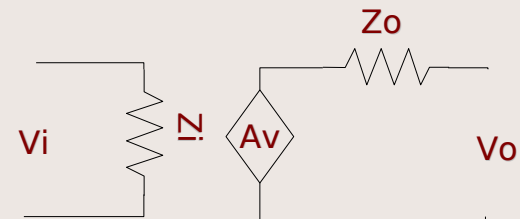
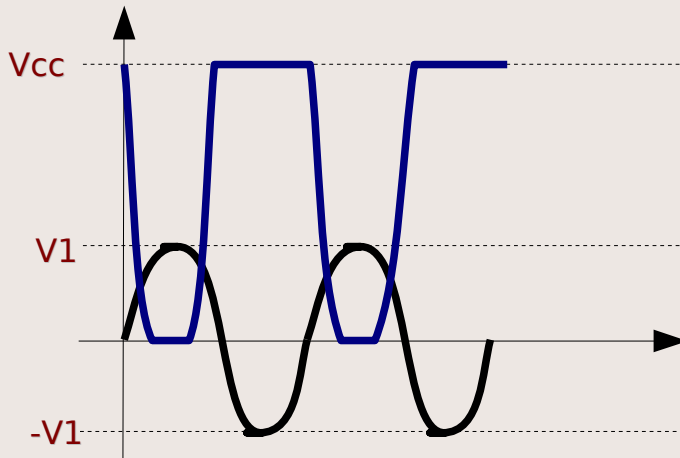
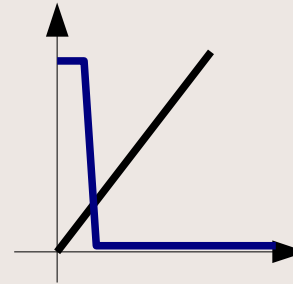
$$V_{cc} = R_c \cdot I_c + V_o \rightarrow V_o = V_{cc} - R_c \cdot I_c$$

$$V_i < 0.7 \rightarrow I = 0 \rightarrow V_o = V_{cc}$$

$$V_i > 0.7 \rightarrow I_b = (V_i - 0.7) / R_b$$

$$V_o = V_{cc} - (\beta \cdot R_c / R_b) (V_i - 0.7)$$

$$V_i - V_o > 0.7 \rightarrow V_o = 0.2$$



Amplificador operacional I

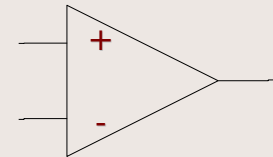
Un amplificador operacional es un dispositivo con las siguientes características:

Señal de entrada diferencial y una señal de salida

Impedancia de entrada infinita

Impedancia de salida nula

Ganancia infinita



Modelo de tierra virtual

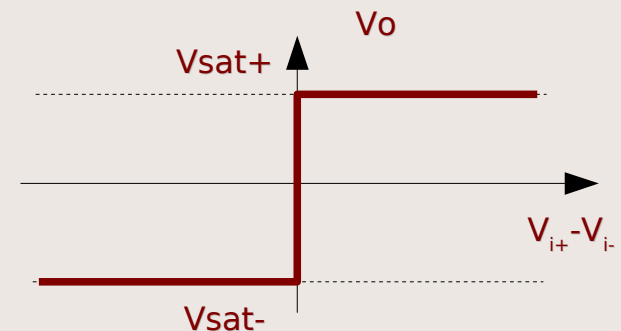
El modelo de tierra virtual divide el comportamiento del amplificador en tres regiones:

Saturación positiva: $V_+ > V_- \rightarrow V_o = V_{sat+}$

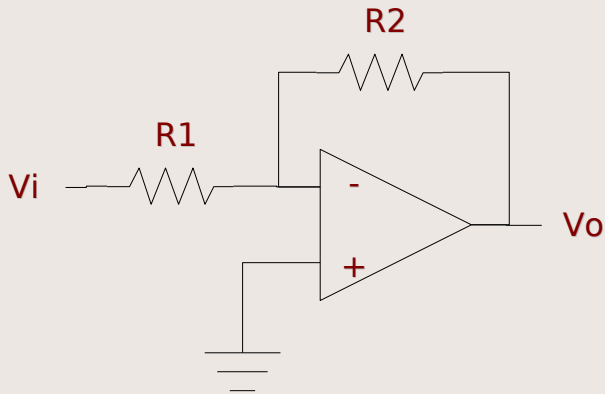
Saturación negativa: $V_+ < V_- \rightarrow V_o = V_{sat-}$

Amplificación: $V_+ = V_- \rightarrow$ Ganancia infinita

La realimentación positiva saca al AO de la zona de amplificación



Amplificador operacional: Ejemplos de operación



Amplificador inversor

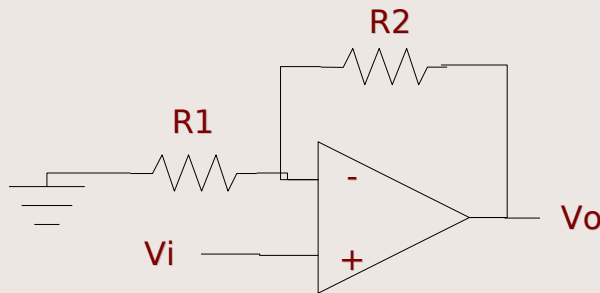
$$V_i - V_o = (R_1 + R_2) \cdot I$$

$$V_+ = 0 = V_-$$

$$V_i - V_- = R_1 \cdot I \rightarrow I = V_i / R_1$$

$$V_o = V_i - (R_1 + R_2) \cdot I = V_i - (R_1 + R_2) \cdot V_i / R_1$$

$$V_o = -(R_2 / R_1) \cdot V_i$$

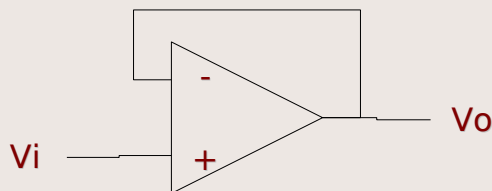


Amplificador no inversor

$$V_i = V_+$$

$$V_- = V_i = R_1 \cdot I \rightarrow I = V_i / R_1$$

$$V_o = (R_1 + R_2) \cdot I = (1 + R_2 / R_1) \cdot V_i$$



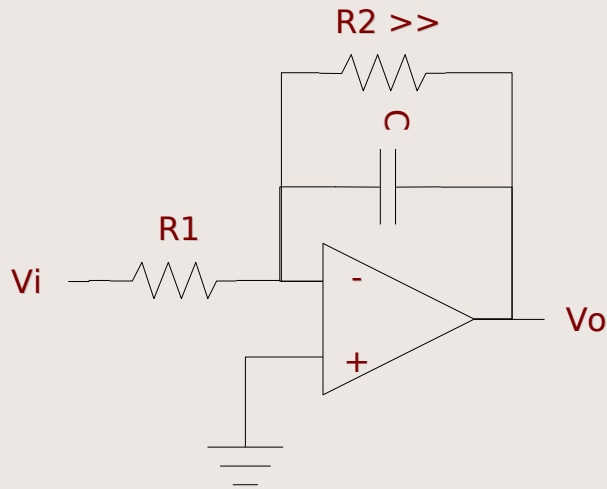
Seguidor de tensión

$$V_i = V_+$$

$$V_o = V_-$$

$$V_o = V_i$$

Amplificador operacional: Ejemplos de operaciones aritméticas I



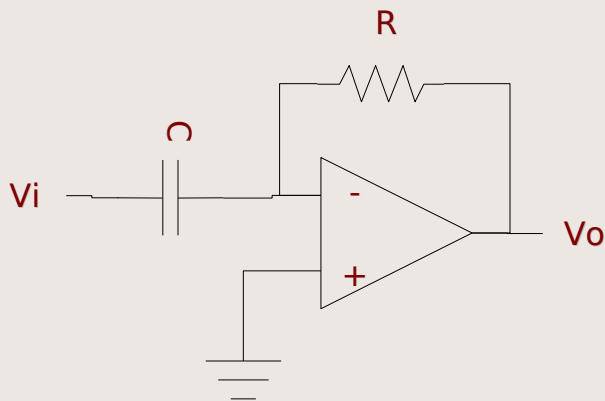
Integrador

$$V_+ = 0$$

$$V_o = V_c$$

$$V_i = -R_1 \cdot I = R_1 C \, dV_o/dt$$

$$V_o = -(1/R_1 C) \int V_i \, dt$$



Derivador

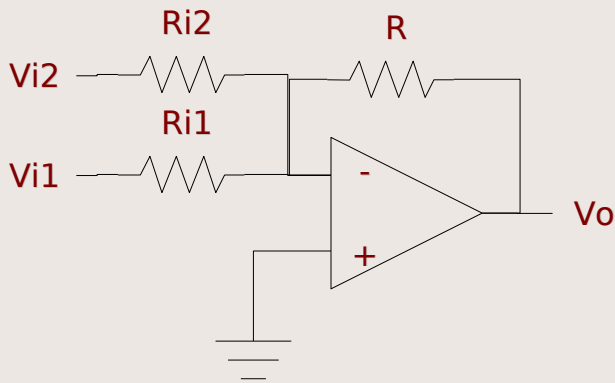
$$V_+ = 0$$

$$V_i = V_c$$

$$V_o = -R \cdot I = -RC \, dV_i/dt$$

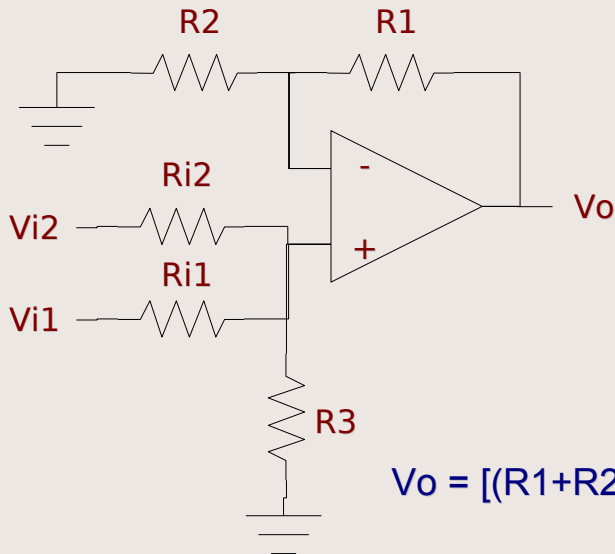
Amplificador operacional: Ejemplos de operaciones aritméticas II

Sumadores inversores



$$\begin{aligned}
 V_+ &= 0 \\
 V_o &= R \cdot I \\
 V_{i1} &= -R_{i1} \cdot I_1 \\
 V_{i2} &= -R_{i2} \cdot I_2 \\
 I &= I_1 + I_2 \rightarrow V_o = -R(V_{i1}/R_{i1} + V_{i2}/R_{i2})
 \end{aligned}$$

Sumadores no inversores

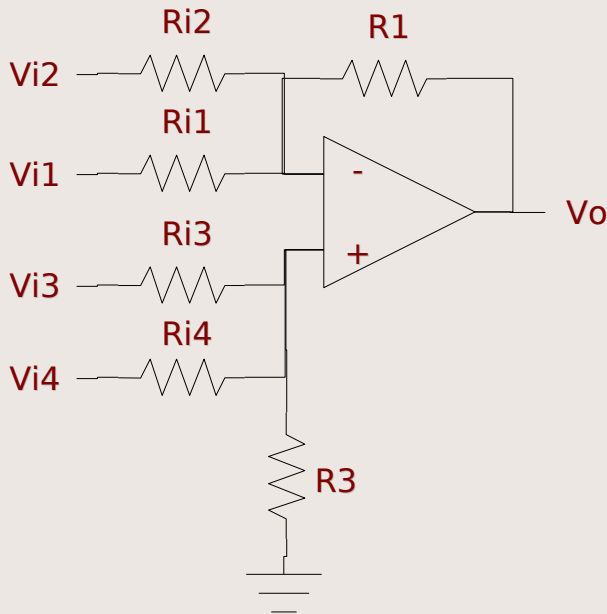


$$\begin{aligned}
 V_{i1} &= R_{i1} \cdot I_{i1} + R_3 \cdot (I_{i1} + I_{i2}) \\
 V_{i2} &= R_{i2} \cdot I_{i2} + R_3 \cdot (I_{i1} + I_{i2}) \\
 I_{i1} &= (V_{i1} - V_{i2} + R_{i2} \cdot I_{i2}) / R_{i1} \\
 I_{i2} &= [(R_{i1} + R_3) \cdot V_{i2} - R_3 \cdot V_{i1}] / [R_{i1} \cdot R_{i2} + R_3 \cdot (R_{i1} + R_{i2})] \\
 I_{i1} + I_{i2} &= (V_{i1}/R_{i1} + V_{i2}/R_{i2}) / (1 + R_3/R_{i1} + R_3/R_{i2}) \\
 V_+ &= R_3 \cdot (I_{i1} + I_{i2}) = \\
 &= R_3 \cdot (V_{i1}/R_{i1} + V_{i2}/R_{i2}) / (1 + R_3/R_{i1} + R_3/R_{i2}) \\
 V_- &= R_2 \cdot I = R_2 \cdot V_o / (R_1 + R_2)
 \end{aligned}$$

$$V_o = [(R_1 + R_2) \cdot R_3 / (R_2 \cdot (1 + R_3/R_{i1} + R_3/R_{i2}))] \cdot (V_{i1}/R_{i1} + V_{i2}/R_{i2})$$

Amplificador operacional: Ejemplos de operaciones aritméticas III

Sumadores/restadores



$$V_+ = R_3 \cdot (i_{i3} + i_{i4}) = R_3 \cdot (V_{i3}/R_{i3} + V_{i4}/R_{i4}) / (1 + R_3/R_{i3} + R_3/R_{i4})$$

$$V_o \quad i_{i1} = (V_{i1} - V_-) / R_{i1}$$

$$i_{i2} = (V_{i2} - V_-) / R_{i2}$$

$$i_{i1} + i_{i2} = -(V_o - V_-) / R_1$$

$$(V_{i1} - V_-) / R_{i1} + (V_{i2} - V_-) / R_{i2} = -(V_o - V_-) / R_1$$

$$V_- (1 + R_1/R_{i1} + R_1/R_{i2}) = V_o + V_{i1}/R_{i1} + V_{i2}/R_{i2}$$

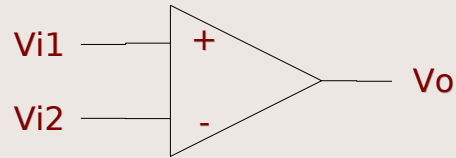
$$V_- = (V_o + V_{i1} \cdot R_1/R_{i1} + V_{i2} \cdot R_1/R_{i2}) / (1 + R_1/R_{i1} + R_1/R_{i2})$$

$$V_+ = V_-$$

$$V_o = [(1 + R_1/R_{i1} + R_1/R_{i2}) / (1 + R_3/R_{i3} + R_3/R_{i4})] \cdot (V_{i3} \cdot R_3/R_{i3} + V_{i4} \cdot R_3/R_{i4}) - [V_{i1} \cdot R_1/R_{i1} + V_{i2} \cdot R_1/R_{i2}]$$

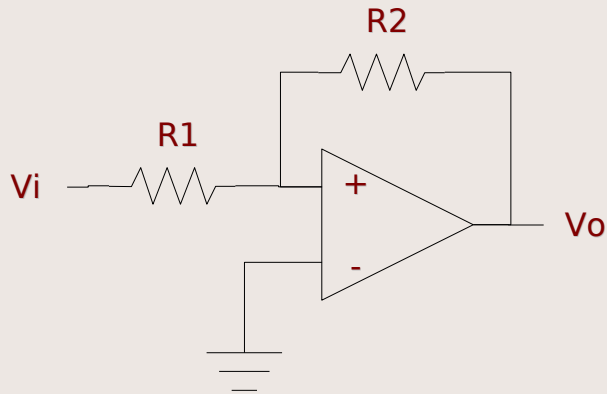
Amplificador operacional: Ejemplos de operaciones aritméticas IV

Comparadores

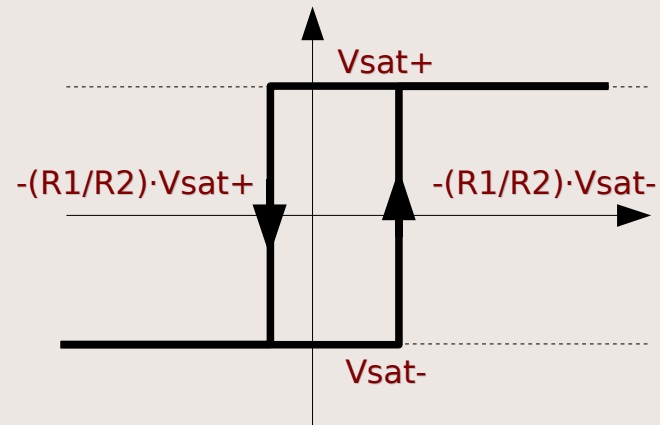


$$\begin{aligned} Vi1 > Vi2 &\rightarrow Vo = V_{sat+} \\ Vi1 < Vi2 &\rightarrow Vo = V_{sat-} \\ Vi1 = Vi2 &\rightarrow Vo = 0 \end{aligned}$$

Comparadores con histeresis



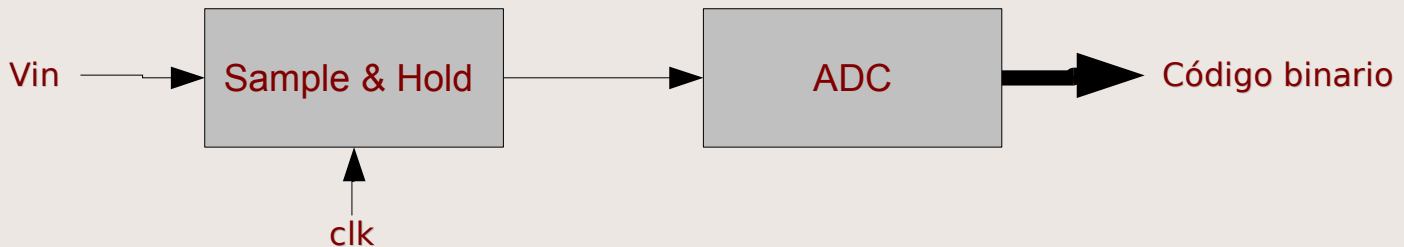
$$\begin{aligned} Vo &= V_{sat+} \text{ ó } V_{sat-} \\ V_+ &= Vi - R1 \cdot I = Vi + (R1/R2) \cdot Vo = 0 \\ Vi (Vo=V_{sat+}) &= -(R1/R2) \cdot V_{sat+} \\ Vi (Vo=V_{sat-}) &= -(R1/R2) \cdot V_{sat-} \end{aligned}$$



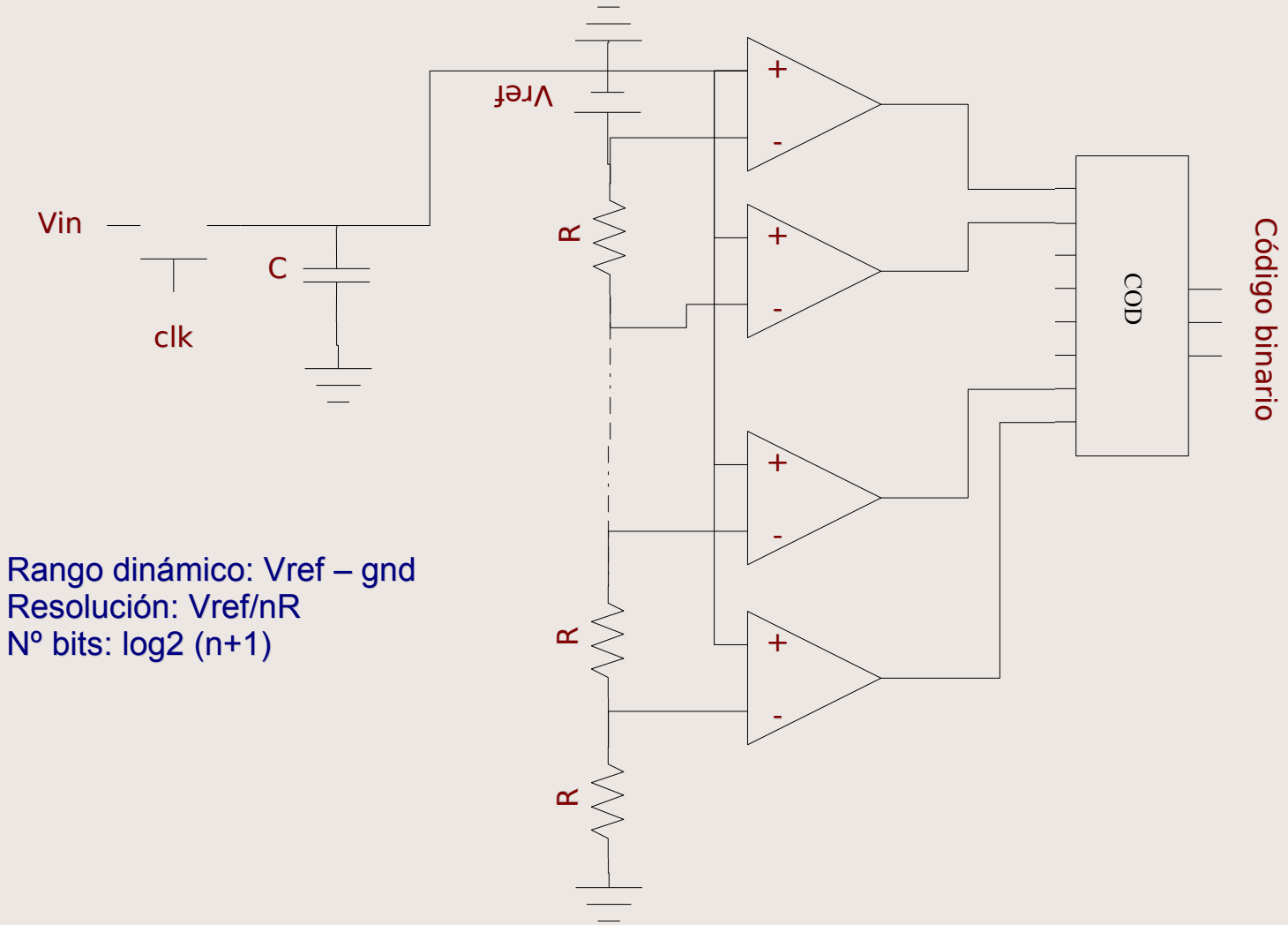
Convertidores analógico/digital

Un convertidor analógico/digital es un circuito que obtiene la codificación binaria de una señal analógica.

Para evitar problemas transitorios, la señal analógica debe ser muestreada.



Convertidores analógico/digital

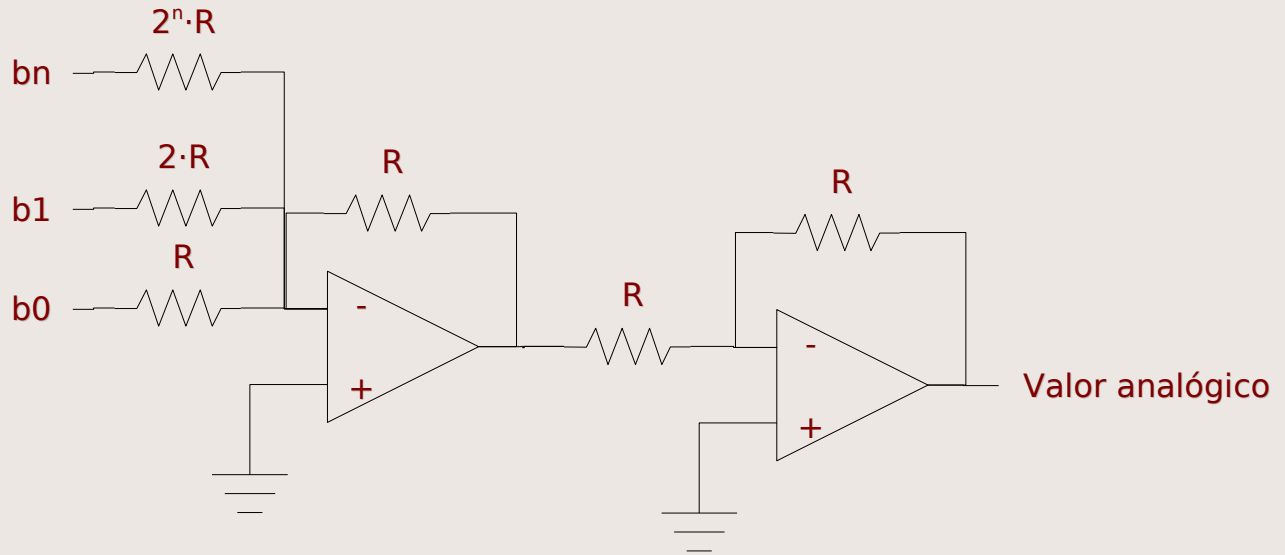


Rango dinámico: $V_{ref} - gnd$
Resolución: V_{ref}/nR
Nº bits: $\log_2(n+1)$

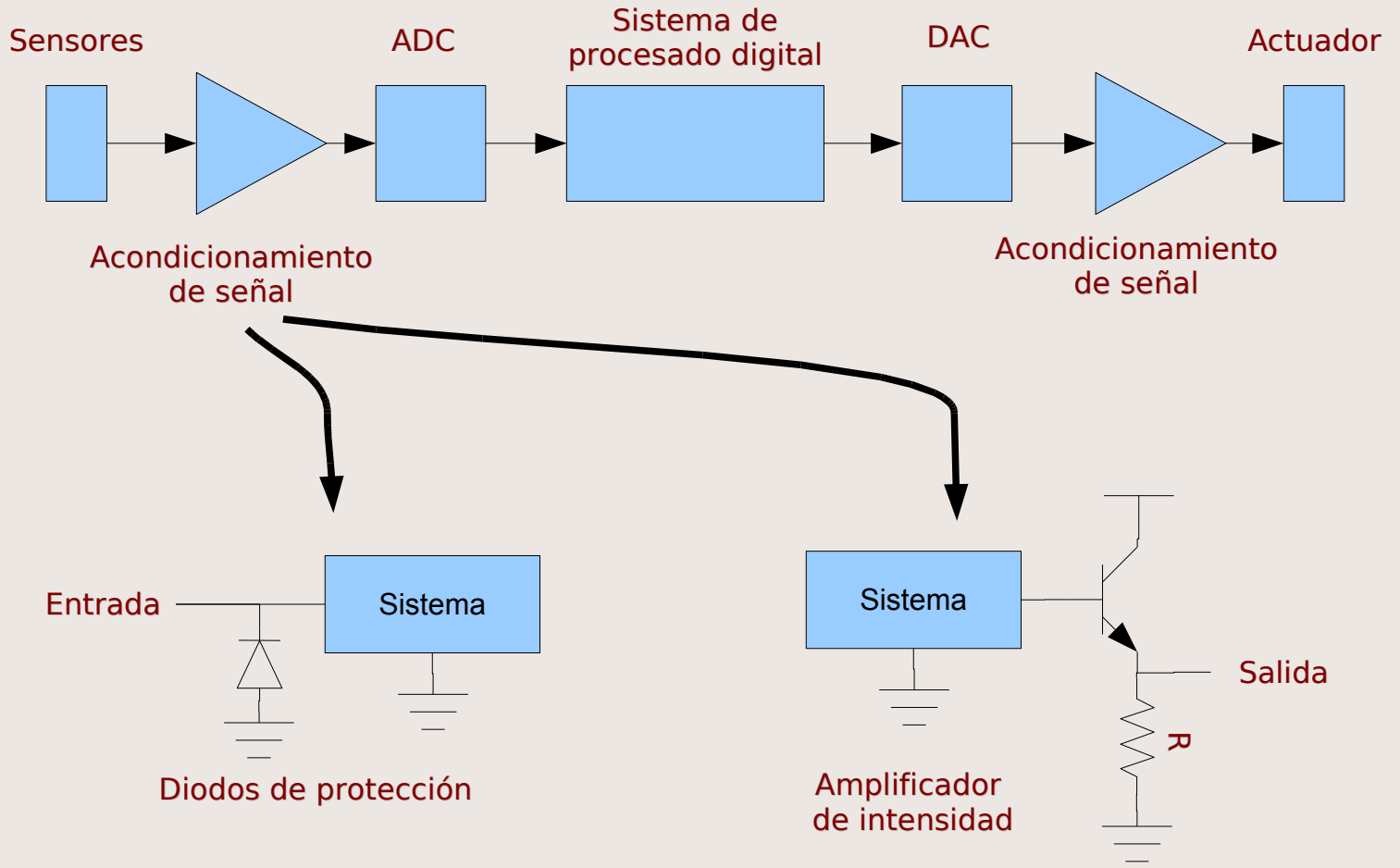
Convertidores digital/analógico

Un convertidor digital/analógico es un circuito que obtiene el valor analógico a partir de un código binario natural.

$$\text{Valor} = \sum 2^n \cdot b_i$$



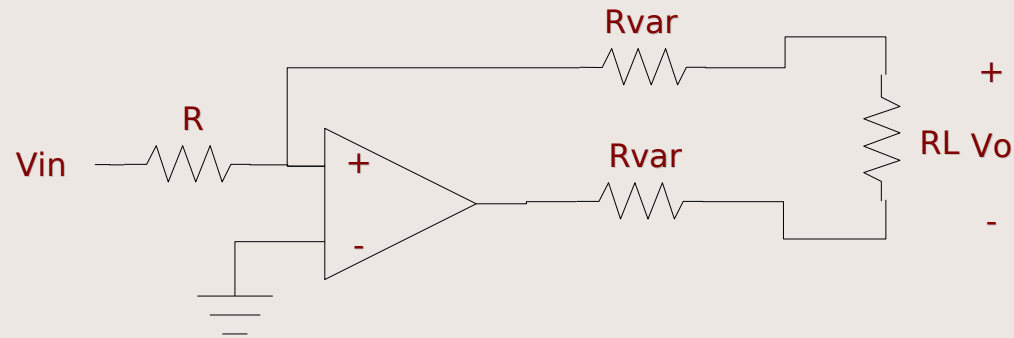
Sistemas de adquisición de datos



Convertidores de potencia

Los convertidores de potencia son aquellos circuitos que tratan de evitar la pérdida de calidad de la potencia eléctrica.

A veces es necesario convertir la señal de tensión en intensidad para evitar pérdidas por la resistencia de la línea.



$$V_o = R_L \cdot I$$

$$I = V_{in}/R$$

$$V_o = -(R_L/R) \cdot V_{in} \text{ sin depender de la resistencia del cable } R_{var}$$