

Analog Electronics

Unit 5

Unit 5. Functional Blocks

Table of contents

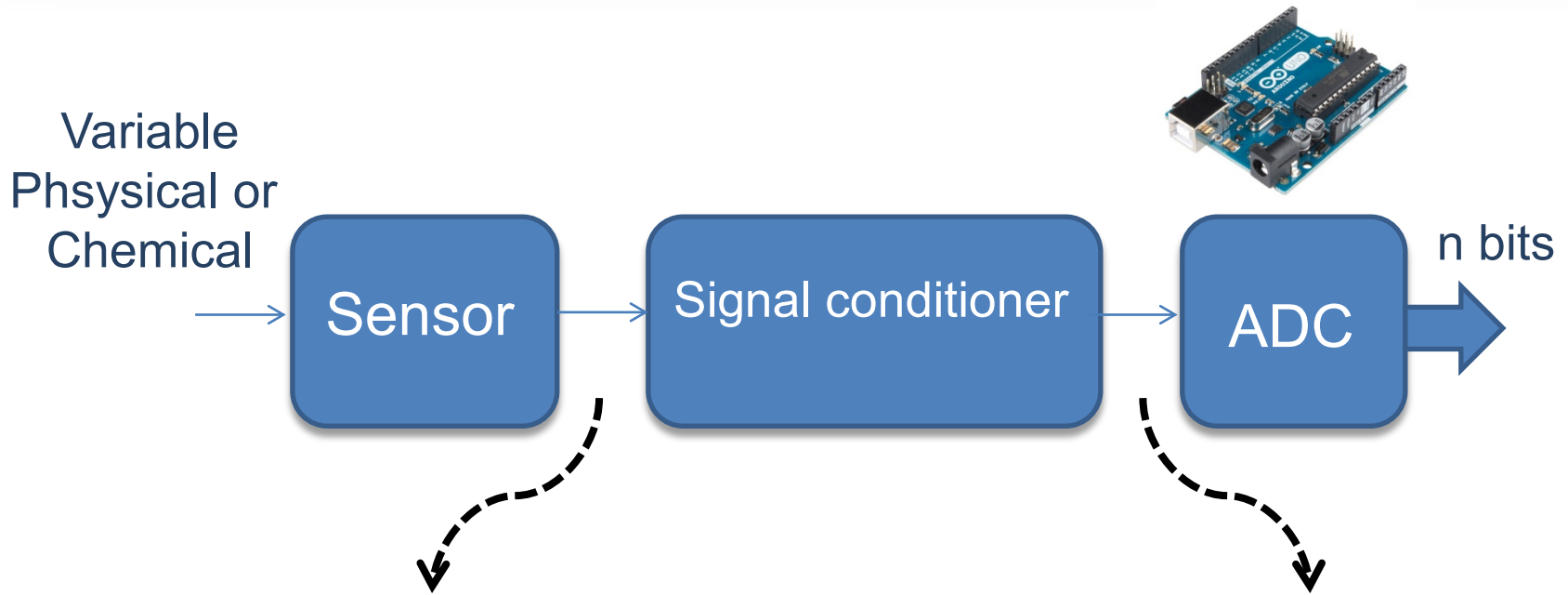
5.1 Introduction

5.2 Level and range adaptation

5.3 Load effect

5.4 Magnitude conversion

5.1 Introduction



Output signal of the sensor:

- Small range
- Level $\neq 0$
- BW signal

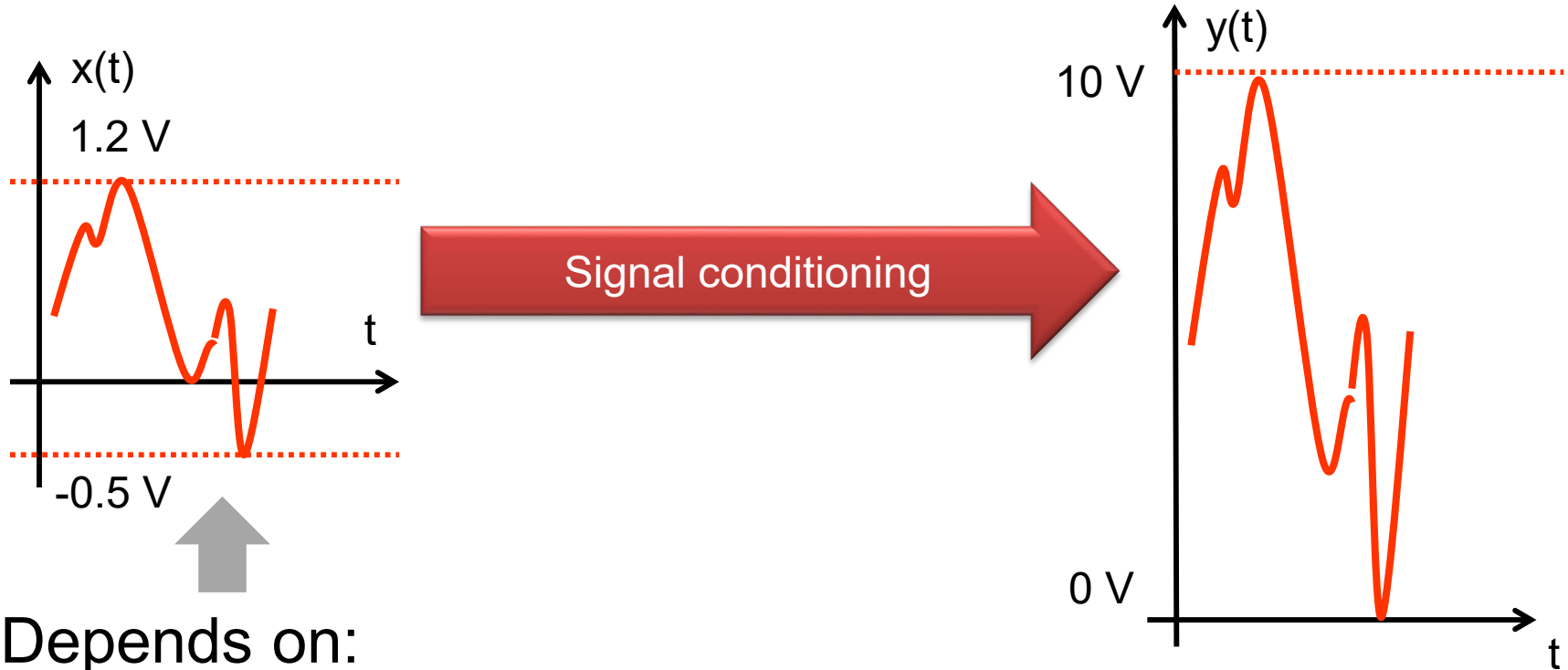
Adaptation of level and range

Filtering

Desired signal:

- Ranges: 0-1, 0-5, 0-10 V
- Level = 0 (Except for symmetric ranges)
- BW signal = BW system

5.2 Level and range adaptation



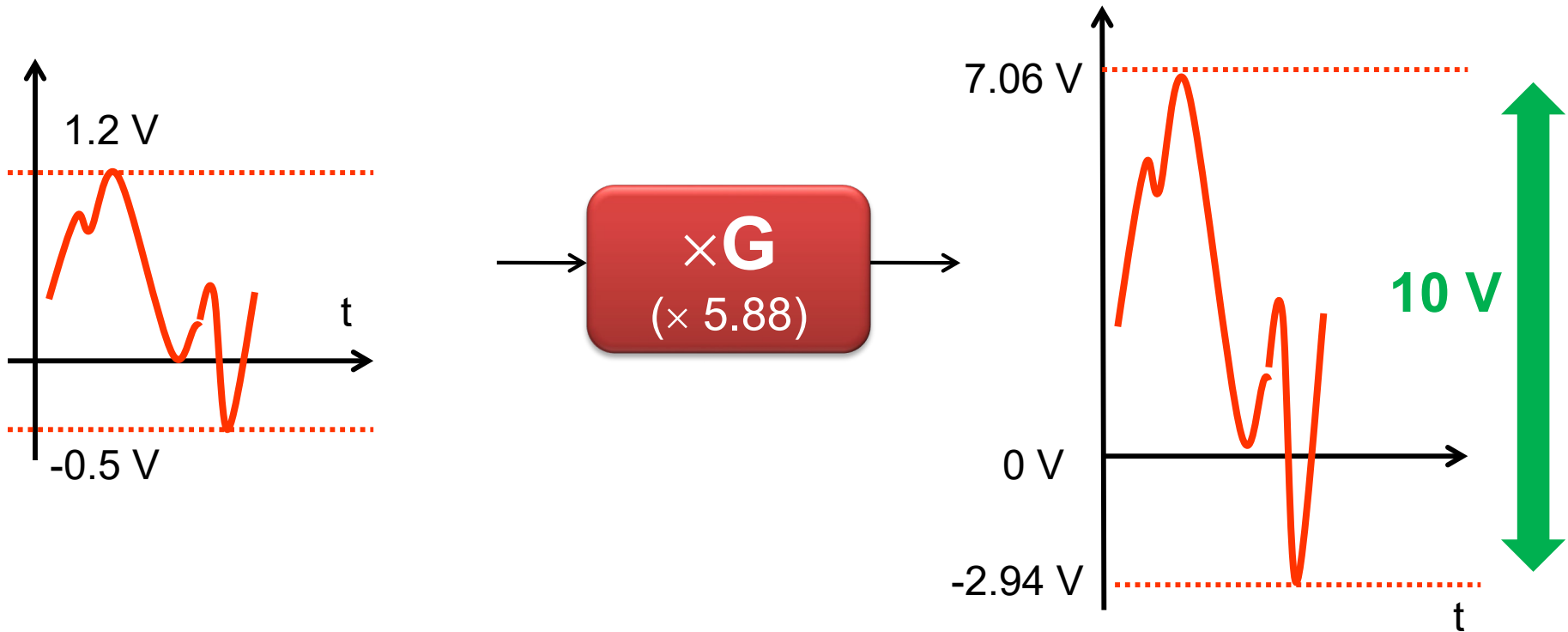
Depends on:

- 1) Measurement range (Ex: $-5^{\circ}\text{C} \dots +12^{\circ}\text{C}$)
- 2) Sensitivity of the sensor (Ex: $+100 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, 0 V for 0°C)

$$\text{Range} = 1.2 - (-0.5) = 1.7 \text{ V}$$

$$\text{Level} = -0.5 \text{ V}$$

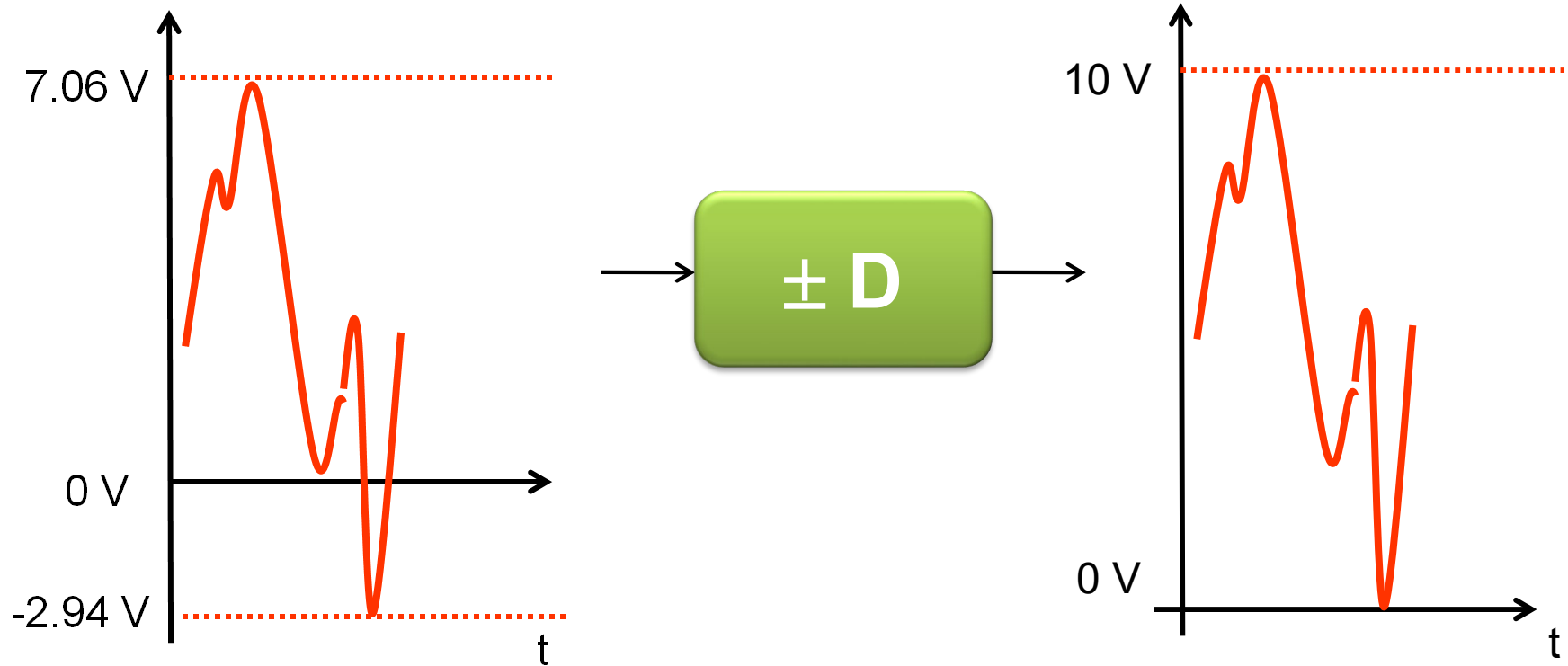
5.2 Level and range adaptation. Gain



Total required gain

$$G = \frac{\text{Output range}}{\text{Input range}} = \frac{10 - 0}{1.2 - (-0.5)} = 5.88 \text{ V/V}$$

5.2 Level and range adaptation



Add/subtract a certain level = +2.94 V

5.2 Level and range adaptation

2 possibilities:

1) *First add 0.5 V and then amplify by 5.88 V/V*



2) *Amplify first by 5.88 V/V, and then add 2.94 V*

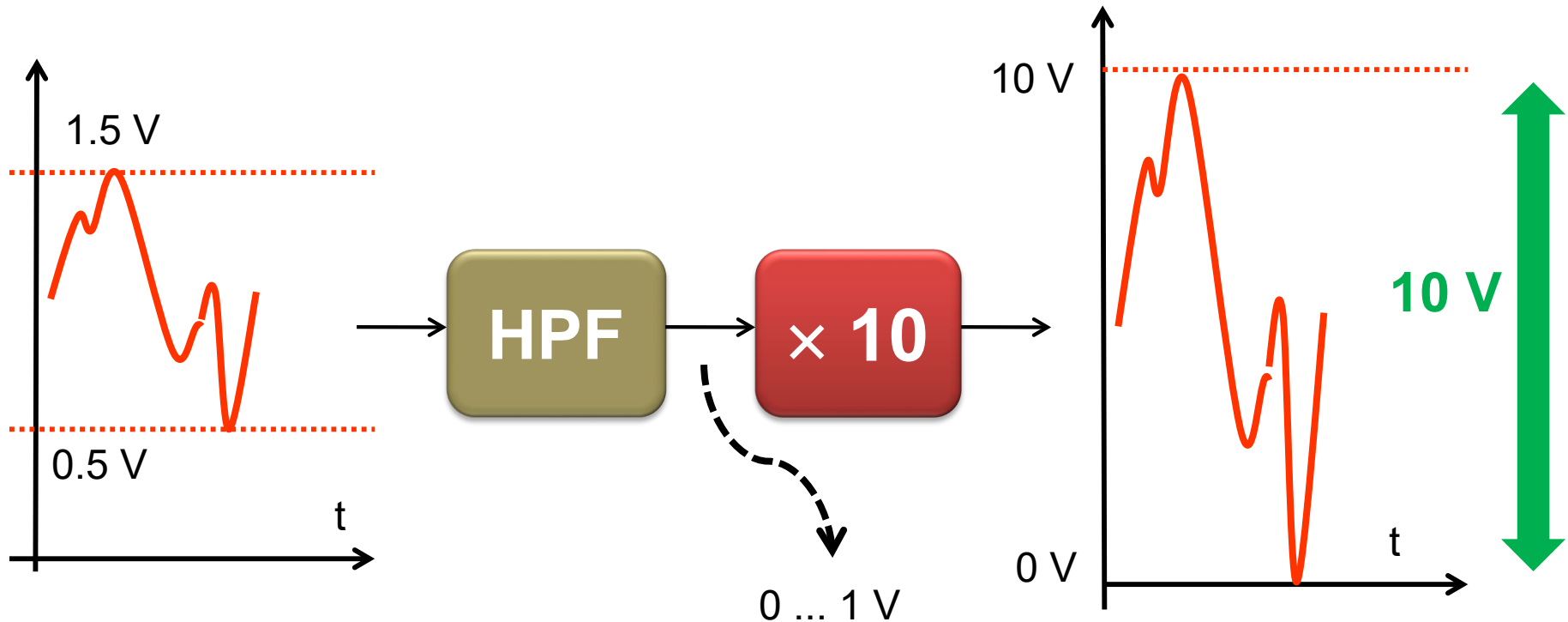


Not always possible because OAs can saturate

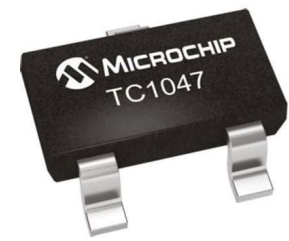
5.2 Level and range adaptation

Offset elimination:

Can we eliminate an offset of 0.5 V (DC component DC) with a high pass filter (HPF)? Why?



Exercise. El circuito integrado TC1046 proporciona una tensión de salida V_{OUT} proporcional a la temperatura



TC1046 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Electrical Characteristics: These specifications apply for the entire supply voltage range and for $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
V_{DD}	Supply Voltage	2.7	—	4.4	V	
I_Q	Supply Current, Operating	—	35	60	μA	
A_V	Average Slope of Output Voltage	—	6.25	—	$\text{mV}/^\circ\text{C}$	
TMP_{ACY}	Temperature Accuracy at 25°C	-2	± 0.5	+2	$^\circ\text{C}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$
		-3	± 0.5	+3	$^\circ\text{C}$	$T_A = +125^\circ\text{C}$
		—	1.0	—	$^\circ\text{C}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$
V_{OUT}	Output Voltage	—	174	193	mV	$T_A = -40^\circ\text{C}$
		568	580	592	mV	$T_A = 25^\circ\text{C}$
		1187	1205	1224	mV	$T_A = +125^\circ\text{C}$
I_{OUT}	Output Source and Sink Current	100	—	—	μA	

Se usa para digitalizar la evolución de la temperatura de un proceso (rango entre -10 y $+80^\circ\text{C}$). La señal a digitalizar debe ser $0-5$ V.

1) Obtén la expresión de la tensión V_{OUT} en función de la temperatura T (en $^\circ\text{C}$).

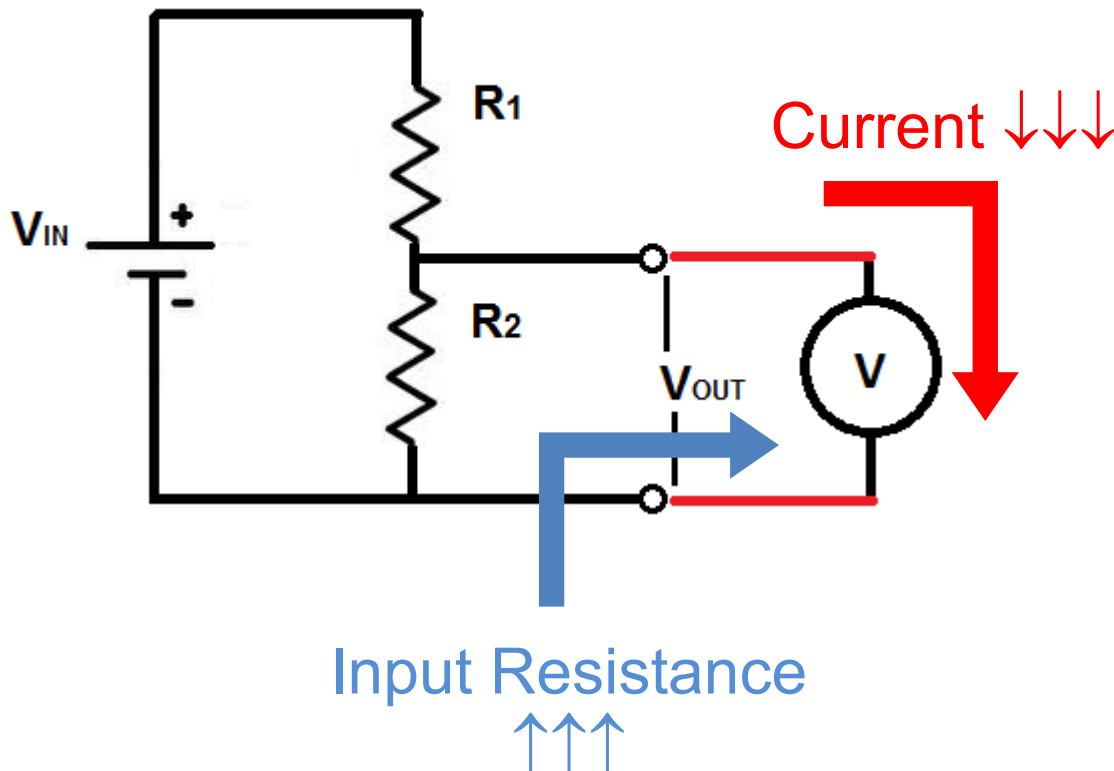
2) Determina las funciones que deben realizarse sobre la señal V_{OUT}

3) Propón bloques funcionales y su posición relativa

4) Dibuja la función de transferencia del sistema completo

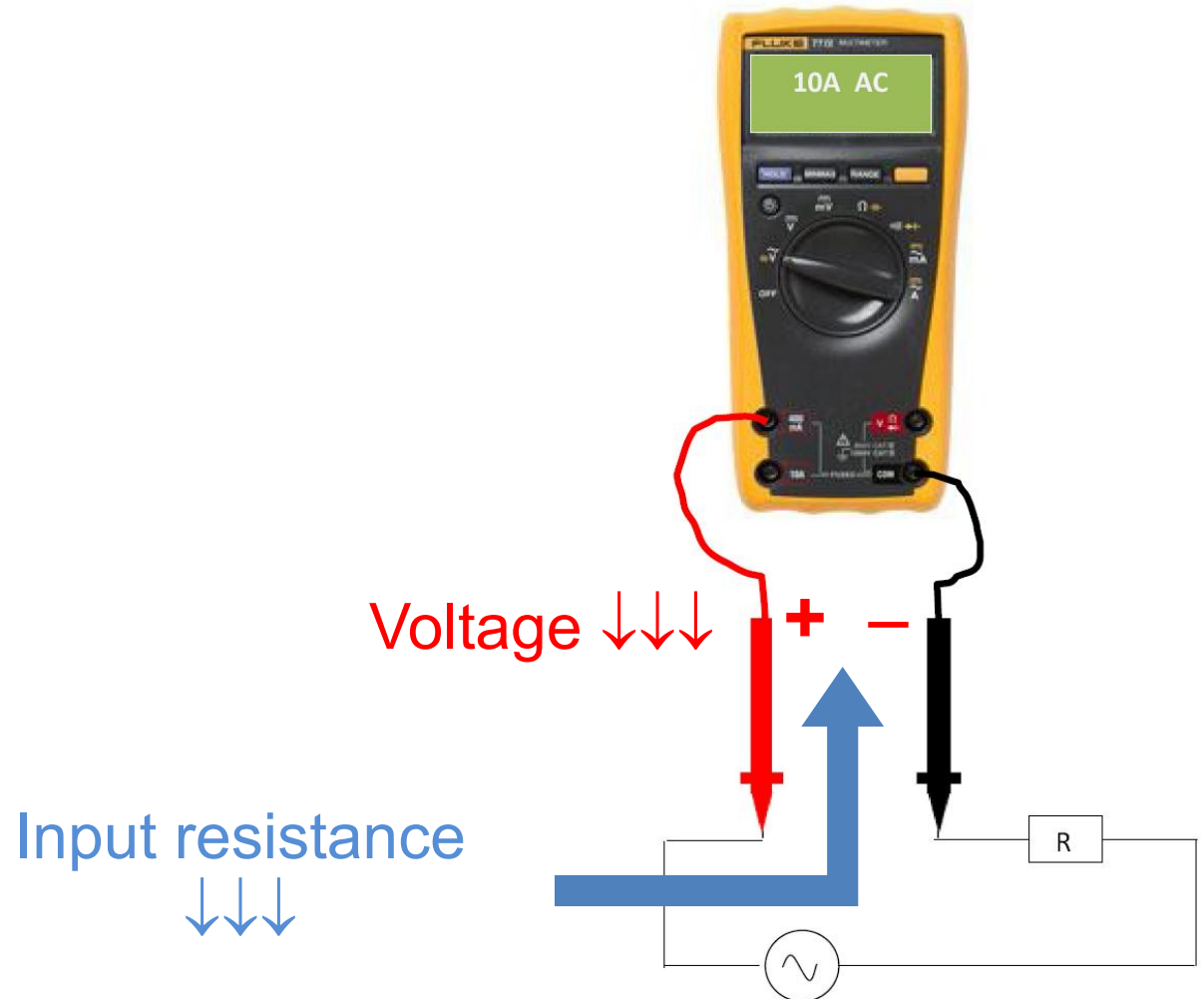
5.3 Load effect

Voltage measurement with the multimeter



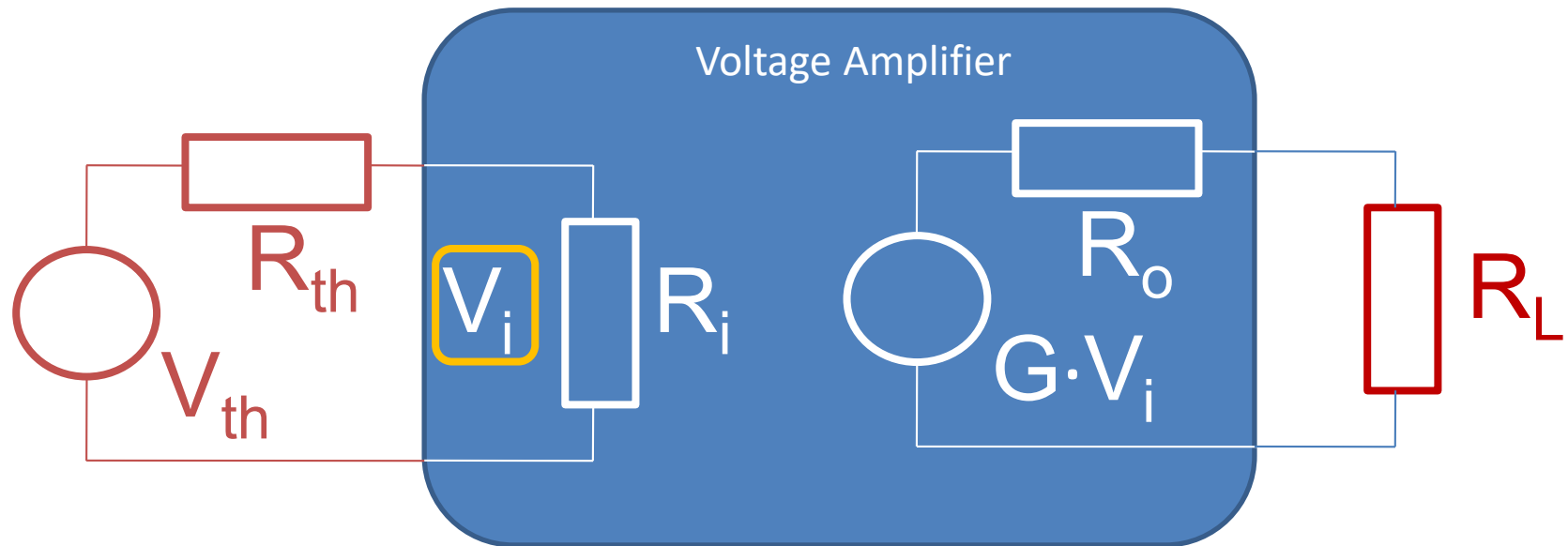
5.3 Load effect

Current measurement with the multimeter



5.3 Load effect

Voltage amplifier: error in the input



Ideal voltage to process $\rightarrow V_{th}$
 Real voltage to process $\rightarrow V_i$

$V_i \neq V_{th} \rightarrow \text{ERROR}$

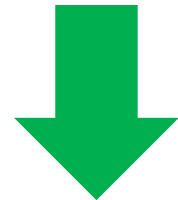
$$V_i = V_{th} \frac{R_i}{R_i + R_{th}}$$

Null Error if $R_i = \infty$ and/or $R_{th} = 0$

5.3 Load effect

$V_i \neq V_{th} \rightarrow$ **ERROR**
(Load effect)

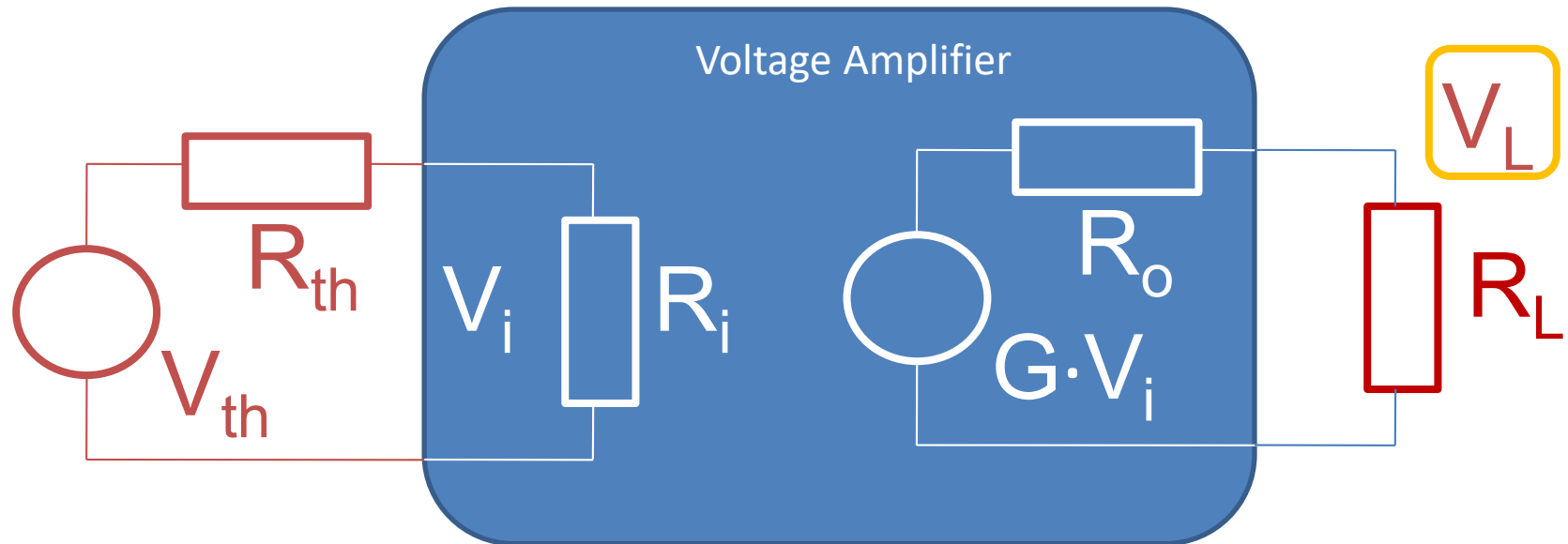
$$E(\%) = \left| \frac{V_{real} - V_{ideal}}{V_{ideal}} \right| \cdot 100 = \left| \frac{V_{Th} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_{Th}} - V_{Th}}{V_{Th}} \right| \cdot 100 = \left(1 - \frac{R_i}{R_i + R_{Th}} \right) \cdot 100$$



Null if
 $R_i = \infty$ and/or $R_{th} = 0$

5.3 Load effect

Voltage amplifier: error in the output



Ideal voltage to process $\rightarrow G \cdot V_i$
 Real voltage to process $\rightarrow V_L$

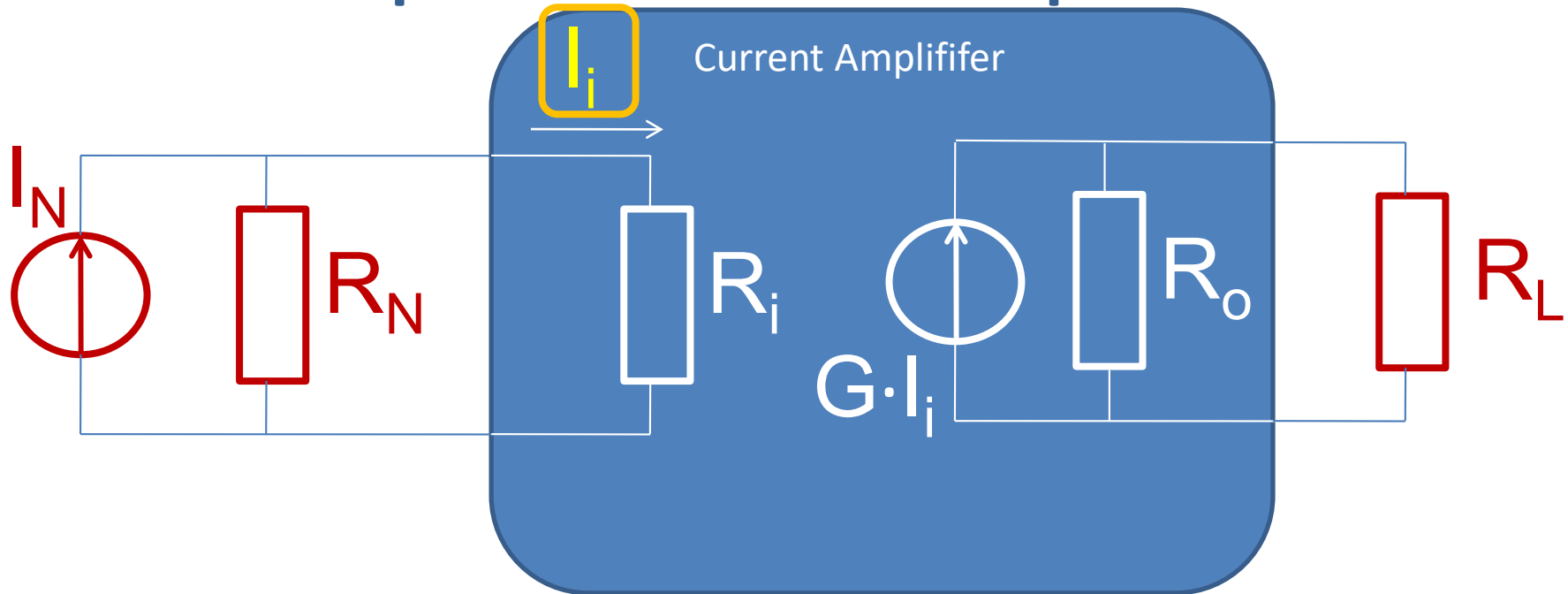
$G \cdot V_i \neq V_L \rightarrow \text{ERROR}$

$$V_L = G \cdot V_i \frac{R_L}{R_L + R_s}$$

Null Error if $R_o = 0$ and/or $R_L = \infty$

5.3 Load effect

Current amplifier: error in the input



Ideal signal to be processed $\rightarrow I_N$

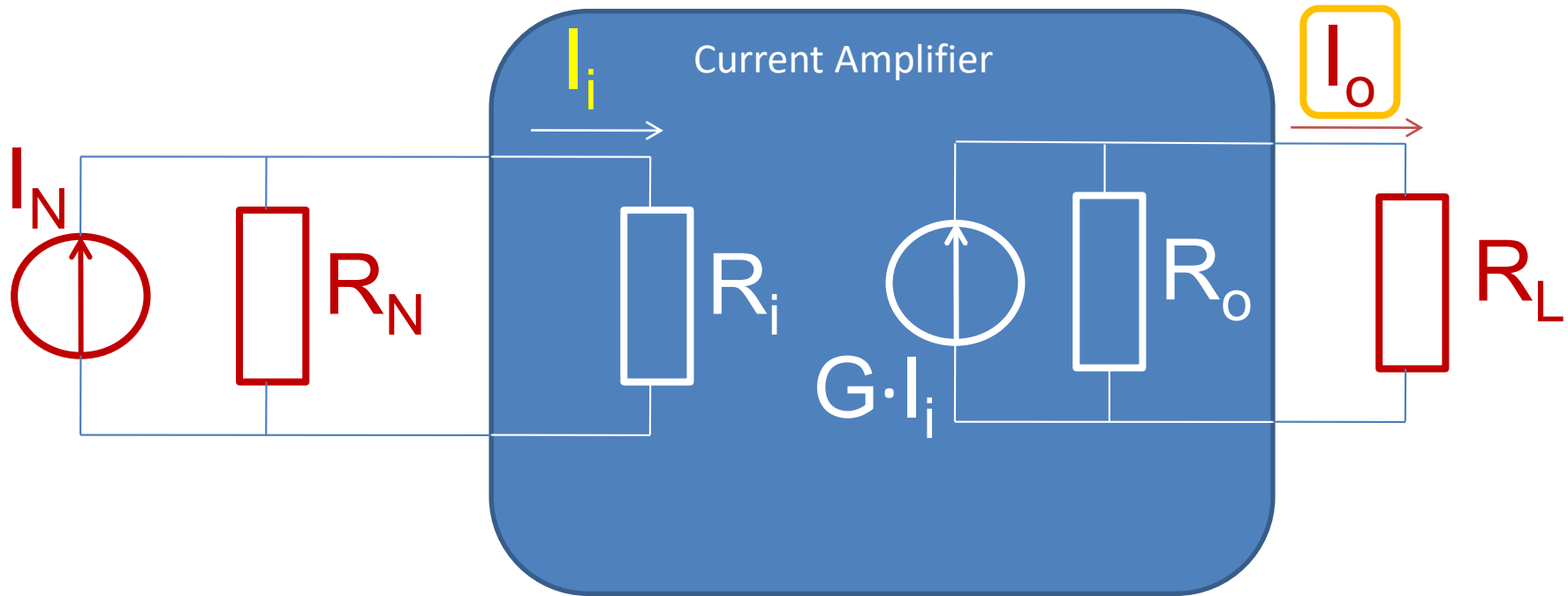
Real processed signal $\rightarrow I_i$

$$I_i = I_N \frac{R_N}{R_i + R_N}$$

$$I_N = I_i \leftrightarrow R_i = 0 \text{ (or very small)}$$

5.3 Load effect

Current amplifier: error in the output



Ideal signal to be processed $\rightarrow G \cdot I_i$

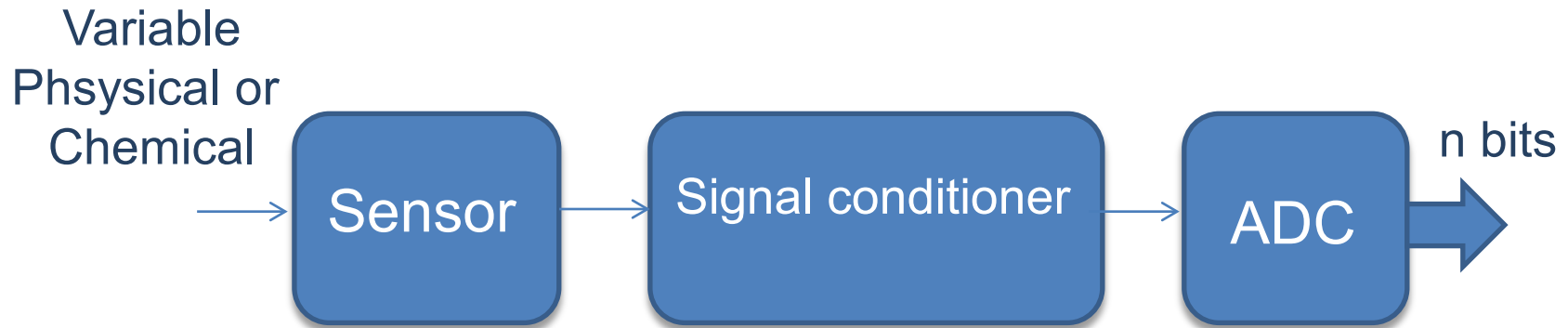
Real processed signal $\rightarrow I_o$

$$I_o = G \cdot I_i \frac{R_o}{R_o + R_L}$$

$$I_o = G \cdot I_i \leftrightarrow R_o = \infty \text{ (or very big)}$$

5.3 Load effect

- ✓ Generates an error easy to predict
- ✓ The design should assure a **negligible effect** (error < resolution)



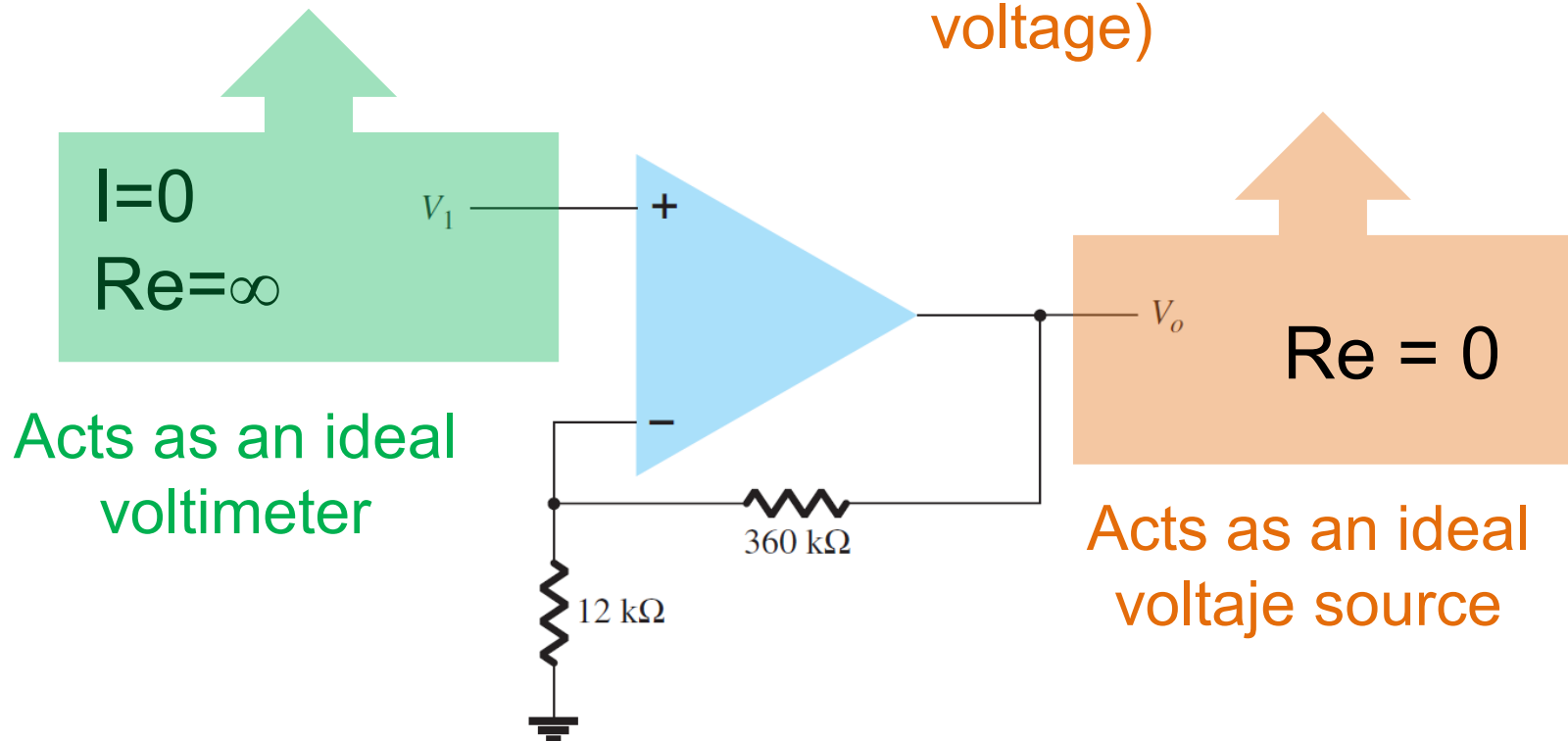
Resolution: minimal change detected

- Noise of the analog processing system
- Resolution of the ADC ($\text{Range}/2^n$)

5.3 Load effect

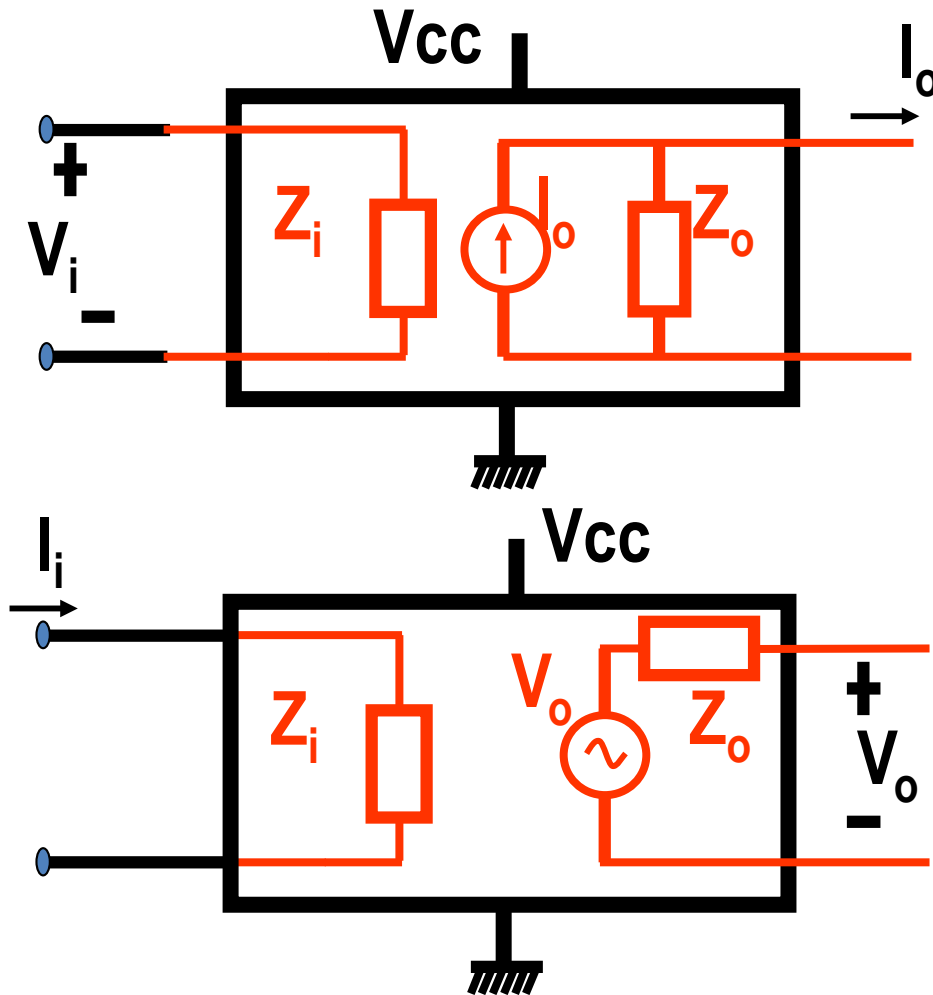
The input terminal of the OA minimizes the load effect (to process voltage)

The output terminal of the OA with negative feedback minimizes the load effect at the output (to provide voltage)



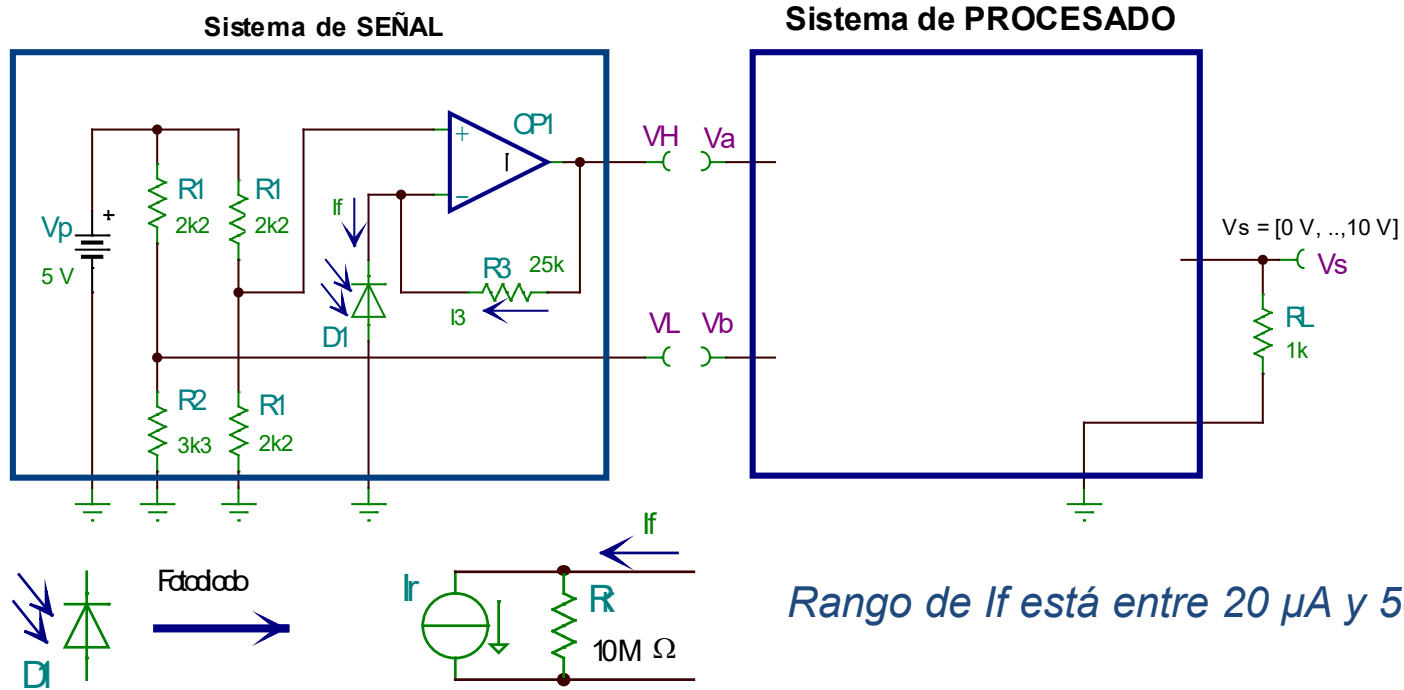
5.4 Magnitude conversion

Magnitude conversion



$V \rightarrow I$ $Z_i \rightarrow \infty$ $Z_o \rightarrow \infty$
$I \rightarrow V$ $Z_i \rightarrow 0$ $Z_o \rightarrow 0$

P8. El esquema adjunto permite detectar el nivel de iluminación de una sala mediante el empleo de un fotodiodo (D1).

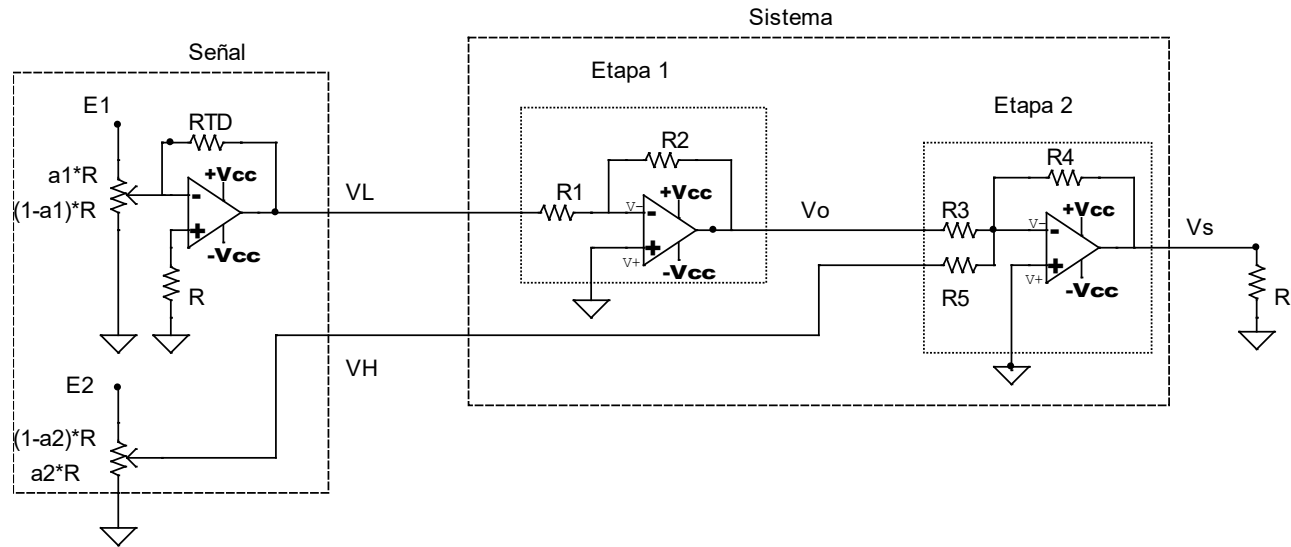


Rango de I_f está entre $20\ \mu\text{A}$ y $50\ \mu\text{A}$.

4. Suponiendo nulo el error por adaptación de impedancias, calcular el valor ideal de la ganancia del sistema de procesado (G) para que se cumpla el rango de tensiones de salida especificado en la figura.

5. Calcula el valor de la impedancia de entrada diferencial para que el error relativo cometido por la desadaptación de las impedancias, al conectar el sistema de señal al sistema de procesado, sea inferior al 0,01 % en cada caso.

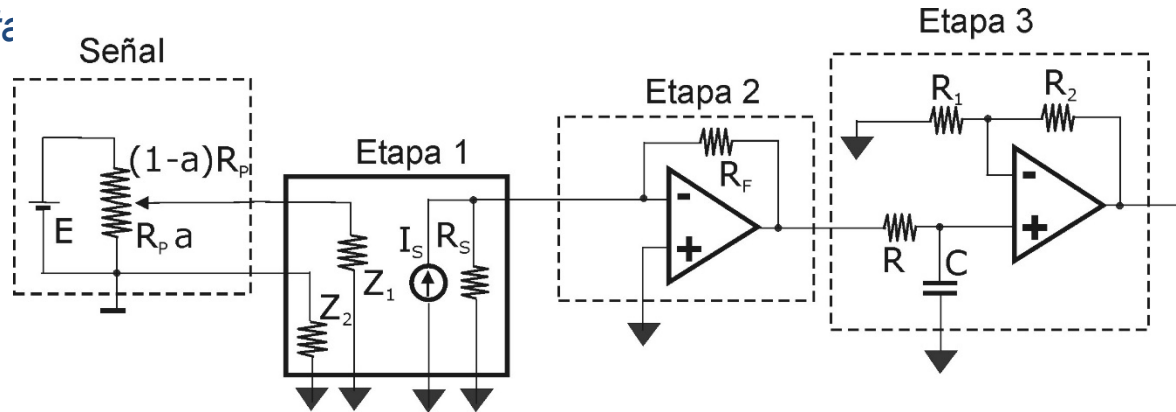
Ex March 2012. P1. El circuito de la figura representa un circuito de señal que proporciona un voltaje variable con la temperatura, debido a la presencia de la resistencia RTD, sensor de temperatura. El sistema de procesado consta de dos etapas amplificadoras. La salida del sistema es nula para 20°C y máxima para 25°C.



1. Calcular y representar el circuito equivalente de Thevenin del sistema de señal. Nota: para obtener el equivalente de Thevenin visto desde L hacer primero el equivalente de Thevenin de la rama del potenciómetro R.
2. Calcular $V_d = V_{thH} - V_{thL}$ para 20°C y 25°C, antes de conectar la señal al sistema de procesado. (0.5 puntos)
3. Indicar y justificar la topología de la señal.
4. Indicar y justificar la topología del sistema.
5. Representar y calcular el circuito equivalente en cuádrupolo del sistema de procesado completo (Z_{e1} , Z_{e2} , G y Z_s).
6. Calcular el error debido a la desadaptación de impedancias en el terminal H del sistema.
7. Calcular el valor mínimo de R_L para un funcionamiento correcto del sistema.

Datos:
 $E1 = 15V$; $E2 = -2V$; $V_{cc} = 15V$; $R = 20K$; $R_e = 1K$; $R1 = 1K$; $R2 = 100K$; $R3 = 10K$; $R4 = 100K$; $R5 = 100\Omega$
 $a1 = 0.6$; $a2 = 0.067$; $RTD = 100(1 + 0.0039T)$, donde T es la temperatura en °C.
 AOs: $SR = 2V/\mu s$; $I_{out(max)} = 40mA$.

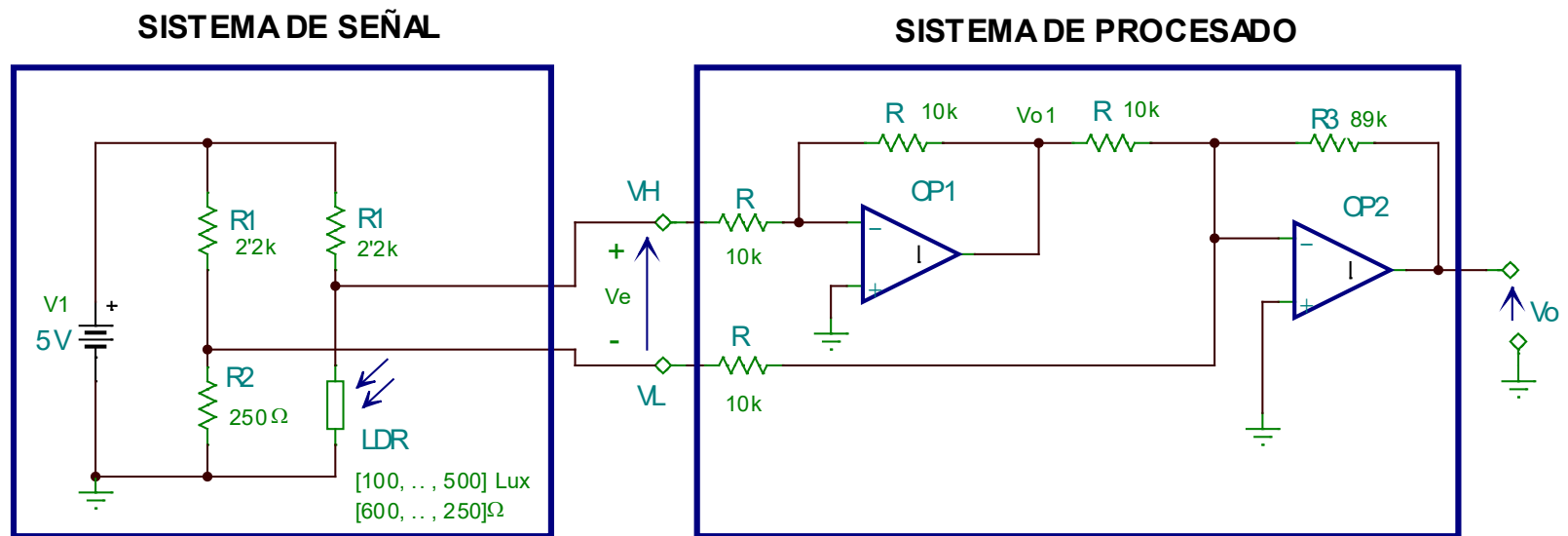
Ex June 2005. P1. La figura 1 representa un sistema acondicionador de señal para un sensor potenciométrico de posición. El sistema está compuesto por tres etapas en cascada (etapa 1, etapa 2 y etc



- 1) Dibujar el circuito equivalente (Thévenin) del bloque “señal”. Representar el circuito por cada rama, indicando el valor de las resistencias de salida y de la(s) fuente(s) en función de la posición “a”. Calcular el valor de “a” para el cual la resistencia de salida de la señal es máxima.
- 2) ¿De qué tipo de señal se trata teniendo en cuenta la etapa 1 a la cual va conectado?
- 3) ¿Cómo deberían ser idealmente las impedancias de entrada por cada rama (Z_1 y Z_2) de la etapa 1? Justifica tu respuesta.
- 4) Si la etapa 1 tuviera una impedancia de entrada diferencial de valor $1\text{ M}\Omega$, impedancia de salida $10\text{ M}\Omega$, y ganancia de 2 mA/V , calcula los errores máximos por adaptación de impedancia tanto a la entrada como a la salida de la etapa 1.
- 5) Calcular el valor de la impedancia de entrada y de salida de la etapa 2.
- 6) Diseñar el valor de R_f para tener a la entrada de la etapa 3 una tensión máxima de 1 V considerando las impedancias de entrada y salida de todas las etapas ideales.
- 7) Calcular la expresión en función de $j\omega$ de la función de transferencia de la etapa 3.
- 8) Dibujar el diagrama de Bode (módulo y fase) de la función de transferencia del apartado anterior.

DATOS: $R_p=10\text{ k}\Omega$, $E=10\text{ V}$, $0 \leq a \leq 1$, $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 99\text{ k}\Omega$, $R = 10\text{ k}\Omega$, $C = 1\text{ nF}$

P9. La figura representa un sistema de señal y un sistema de procesamiento, basado en amplificadores operacionales. Los rangos de luminosidad y resistencia del sensor (LDR) están especificados en la figura. Calcular



Para el sistema de señal:

- 1) Circuito equivalente de Thevenin, del sistema de señal, visto desde los terminales V_H y V_L.
- 2) Razona la topología del sistema de señal.

Para el sistema de procesamiento:

- 1) Expresión de la tensión de salida, V_o, en función de V_H y V_L y valor que toma dicha tensión para los límites del rango de iluminación de la LDR: V_o (100 Lux) y V_o (500 Lux).
- 2) Dibuja el cuadripolo equivalente al sistema de procesamiento y calcula sus parámetros: G, Z_{eH}, Z_{eL} y Z_s.
- 3) A partir del circuito equivalente de Thevenin, para el sistema de señal, y del cuadripolo equivalente al sistema de procesamiento, calcula el error por desadaptación de impedancias, respecto a cada terminal V_H y V_L por separado, que se comete al unir ambos sistemas. ¿Cómo se podría mejorar dicho error? Dibuja el sistema de procesamiento con los bloques necesarios según tu solución.