

## T7: Convertidores Digital-Analógico y Analógico-Digital

- **Introducción.** Definición. Aplicaciones de convertidores D/A y A/D.
- **Principio de operación.** Redes de resistencias pesadas binariamente. Redes R-2R. Alternativas.
- **Características.** Errores de cuantización. Errores estáticos. Errores dinámicos.
- **Tipo de convertidores A/D.** Realimentados. Integración. Paralelo.
- **Características.**

### BIBLIOGRAFIA:

- [PARA98] M. Parada, J. I. Escudero y P. Simón: "Apuntes de Instrumentación, Técnicas de Medida y Mantenimiento". Facultad de Informática y Estadística, Sevilla.1998.
- [SEDR91] A. S. Sedra and K. C. Smith: "Microelectronic Circuits". Saunders Collegue Publishing, Third Edition. 1991.
- [COUG98] R. F. Coughlin and F. F. Driscoll: "Operational Amplifier and Linear Integrated Circuits". Fihth Edition, Prentice-Hall. 1998.

## Introducción

Definiciones:

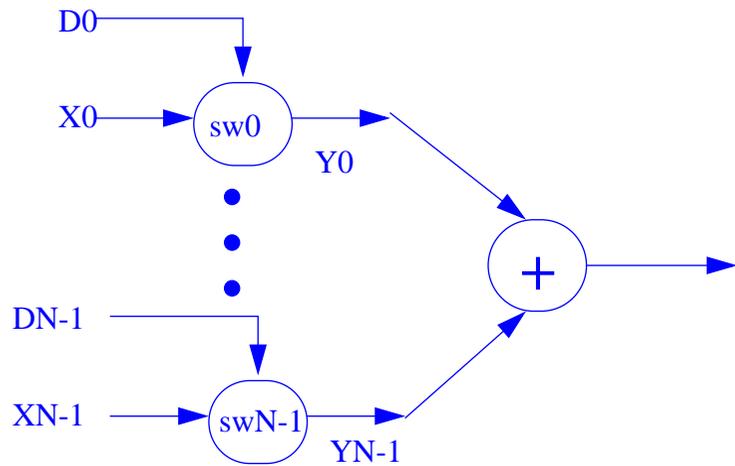
**CONVERTIDOR DIGITAL-ANALÓGICO:** Circuito tiene una entrada digital y da a la salida una tensión proporcional a la palabra digital.

**CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL:** Circuito tiene una entrada analógica y da a la salida una palabra digital proporcional a la entrada analógica.

- DSP
- Generación de señales analógicas.
- Tarjetas gráficas de PCs
- Control de procesos continuos.

## D/A: Principio de Operación

N-bits

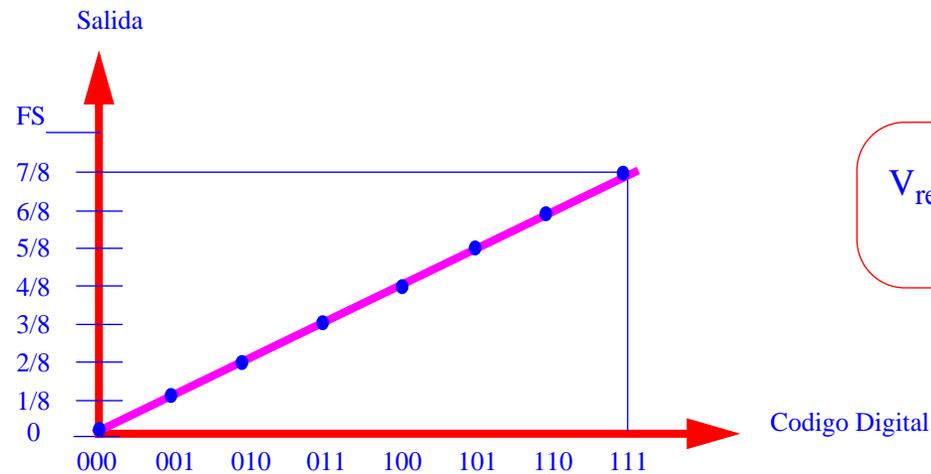


$$Salida = \sum_{i=0}^{N-1} D_i \cdot X_i$$

$Y_i = X_i$  para  $D_i=1$

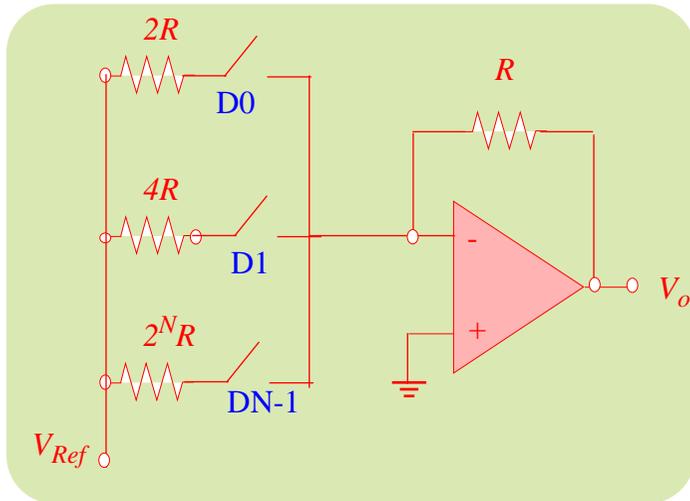
$Y_i = 0$  para  $D_i=0$

Para  $X_i = V_i$ ,  $N=3$



$V_{ref} \rightarrow$  Precisa  
Estable (t,T)

## D/A: Red de Resistencias Ponderadas



$$V_o = -V_{Ref} \left( D_0 \cdot \frac{R}{2R} + D_1 \cdot \frac{R}{4R} + D_2 \cdot \frac{R}{8R} + \dots + D_{N-1} \cdot \frac{R}{2^N R} \right)$$

Vref = 10V

**LSB: 00001 -->  $V_o(\text{LSB}) = V_{ref} / 2^N$**

**MSB: 10000 -->  $V_o(\text{MSB}) = V_{ref} / 2$**

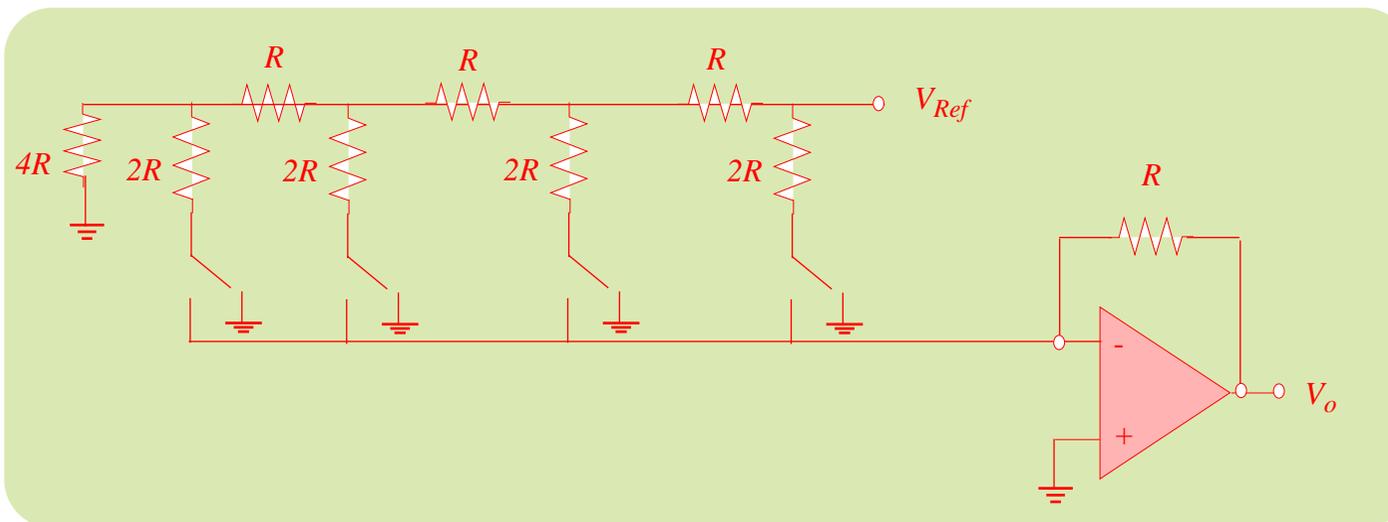
**11111 -->  $V_o(\text{MAX}) = V_{ref} (2^N - 1) / 2^N$**

**FS:  $2 V_o(\text{MSB})$  -->  $V_{ref}$**

**Dispersión de Valores**

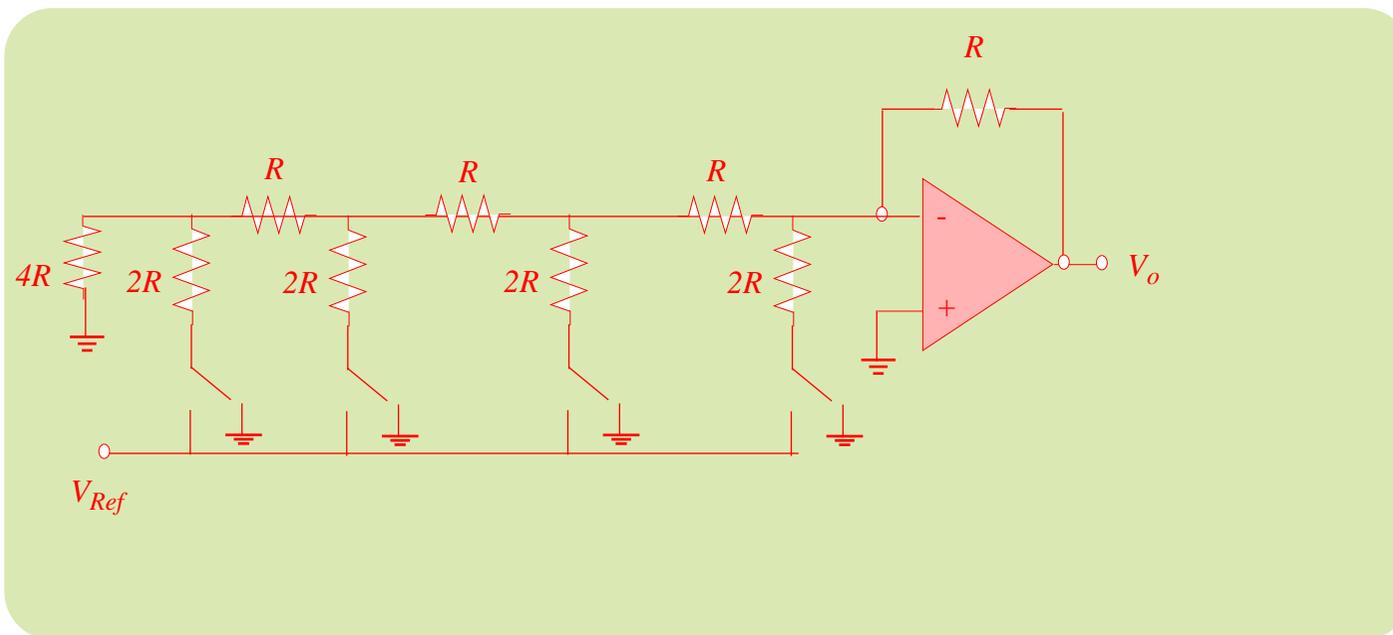
	<u>N=4</u>	<u>N=8</u>
	0.625V	0.039V
	5V	5V
	9.355V	9.961V
	10V	10V

## D/A: Red de Resistencias R-2R



Reduce la dispersion de valores de R.

## D/A: Red de Resistencias R-2R Normal



## D/A: Caracterización

Cuantización - Estáticos - Dinámicos:

**RESOLUCIÓN:** **Entrada** --> Numero de bits de la palabra digital de entrada.

**Salida** --> Incremento de la tensión en la salida motivado por dos códigos sucesivos a la entrada

**ESTÁTICOS:**

**Offset:** Se puede cancelar

**Ganancia:** Se puede cancelar

**Linealidad:** Limita las prestaciones.

**DINAMICOS:**

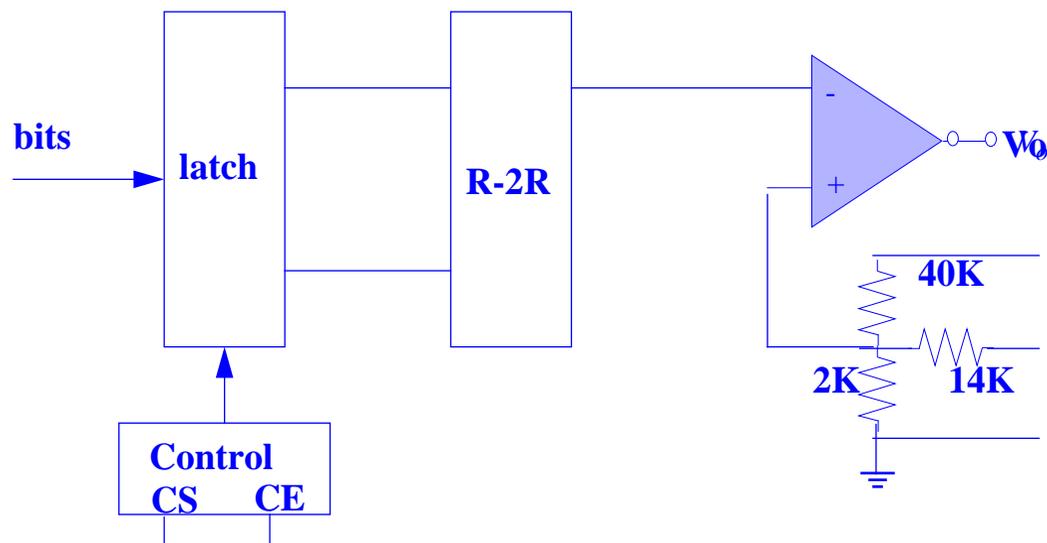
**Tiempo de establecimiento:** Tiempo de respuesta a un cambio en la entrada (1-100 $\mu$ s).

## D/A: Circuitos comerciales: Ejemplos

### CLASIFICACION:

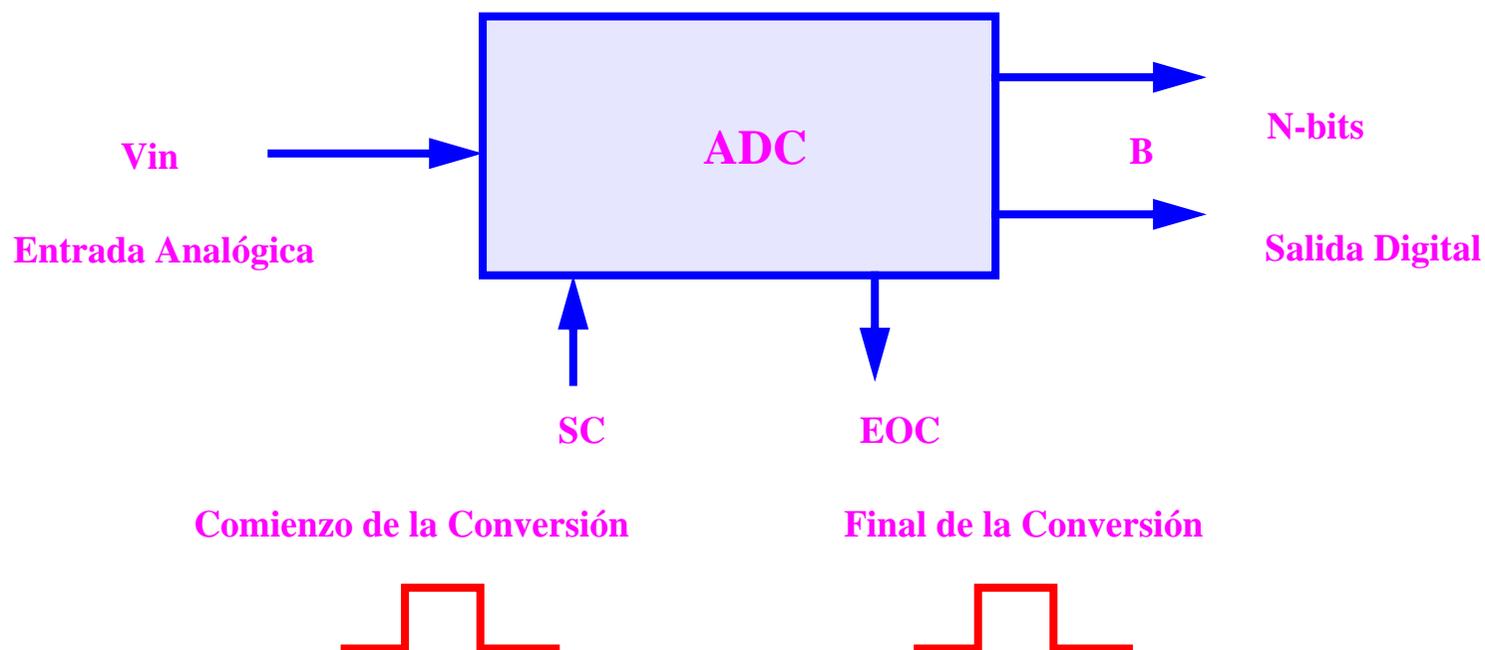
- a) Propósito general (8-12b)
- b) Alta resolución (12-24b)
- c) Alta velocidad (5ns)

### AD588



## A/D: Introducción

### ADC - N-bits



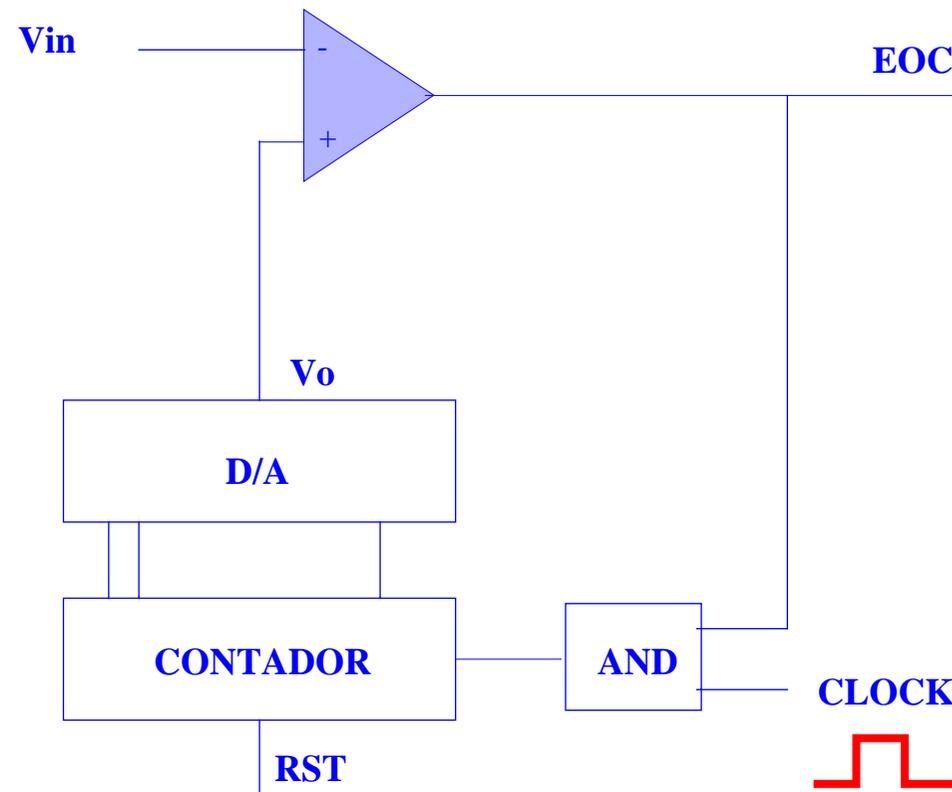
- Incluyen lógica de control para dirigir la evolución del algoritmo de conversión.

## Tipos de Convertidores A/D

<b>REALIMENTADOS:</b>	<b>Escalera</b>
	<b>Seguimiento</b>
	<b>Aproximaciones Sucesivas</b>
<b>INTEGRADORES:</b>	<b>Una Rampa</b>
	<b>Doble Rampa</b>
	<b>Tensión-Frecuencia</b>
<b>PARALELO</b>	<b>Flash</b>

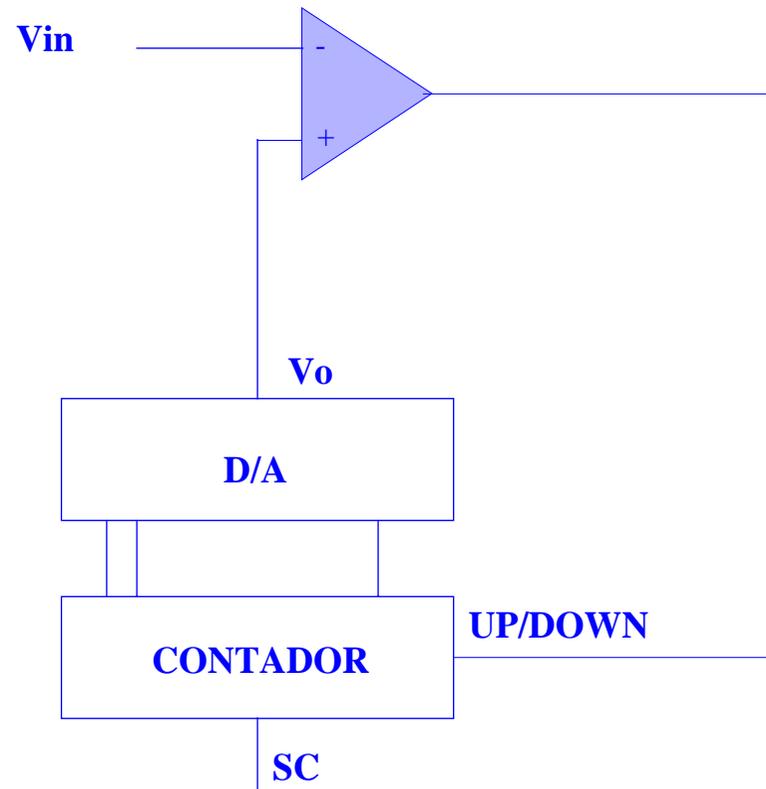
## A/D: Convertidores Escalera

- Modifican la salida de un D/A hasta que detectan la señal  $V_{in}$ .



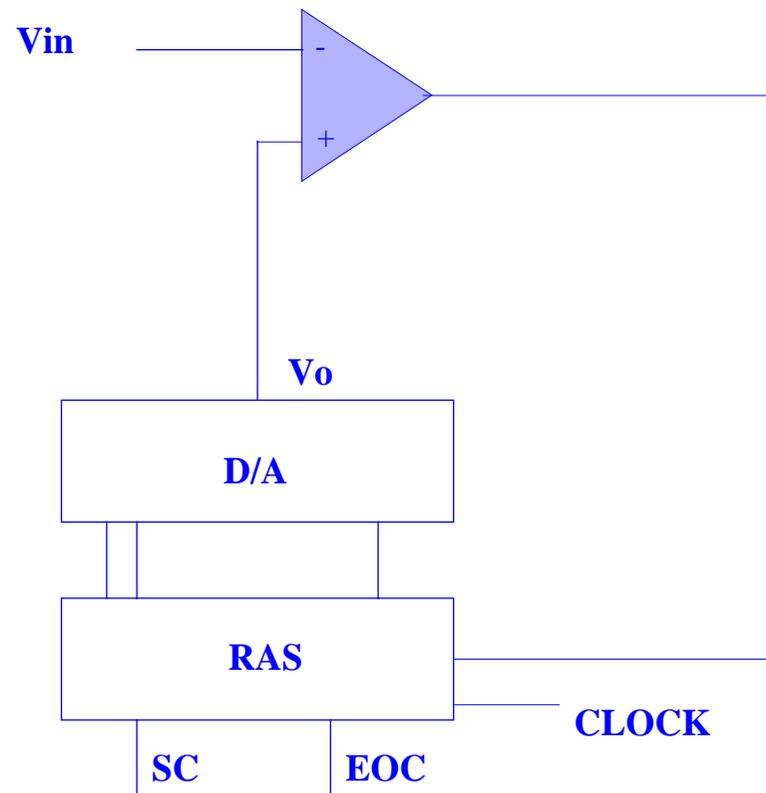
- El tiempo necesario para realizar una conversión es muy elevado:  $2^N \cdot T_{CLK}$

## A/D: Convertidores de Seguimiento



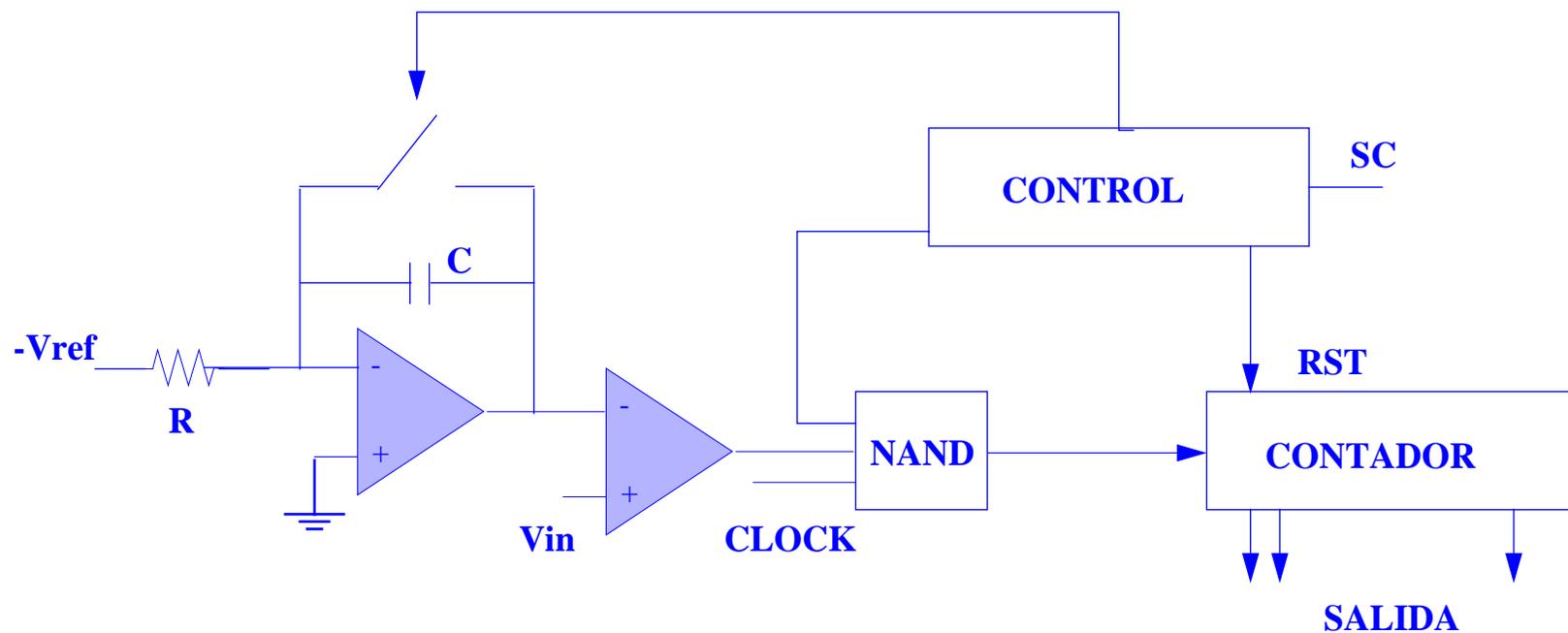
- Puede dar una señal digital para cada ciclo de reloj. (bajas frecuencias de conversión)

## A/D: Convertidores de Aproximaciones Sucesivas



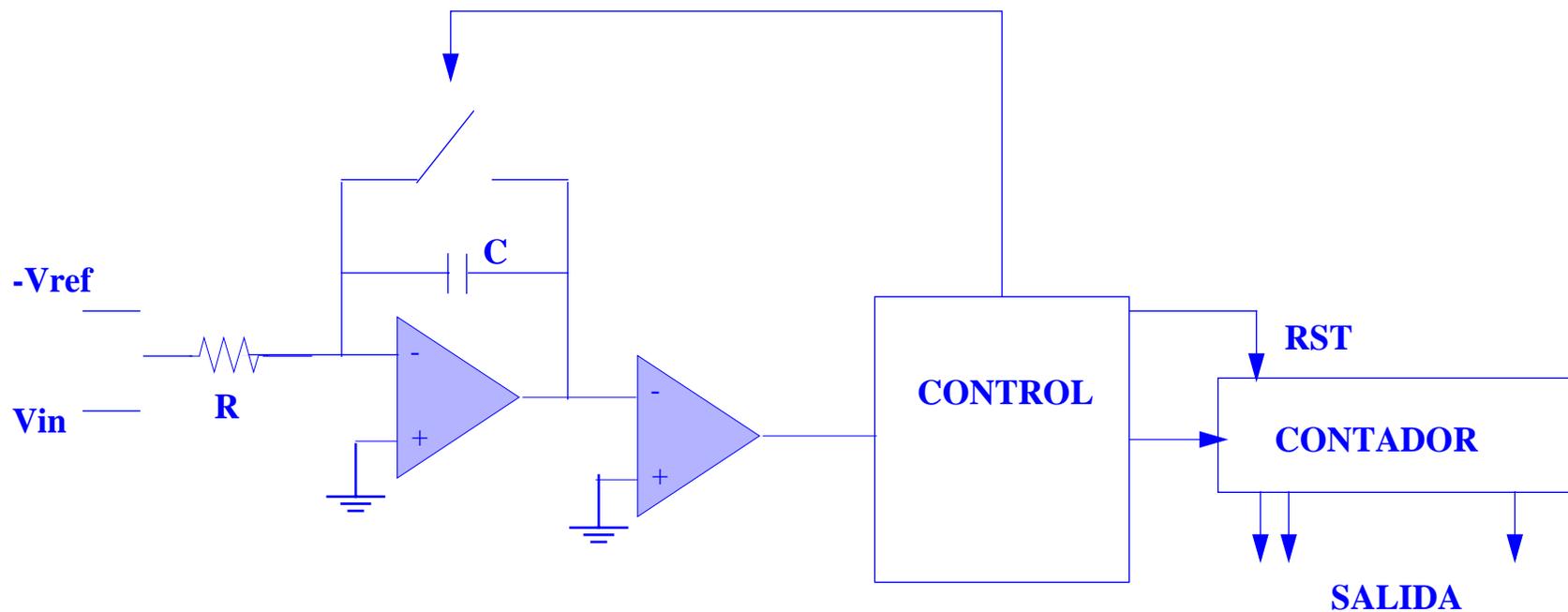
- Utiliza una lógica de control basada en un Registro de Aproximaciones Sucesivas.

## A/D: Convertidores de Rampa Simple



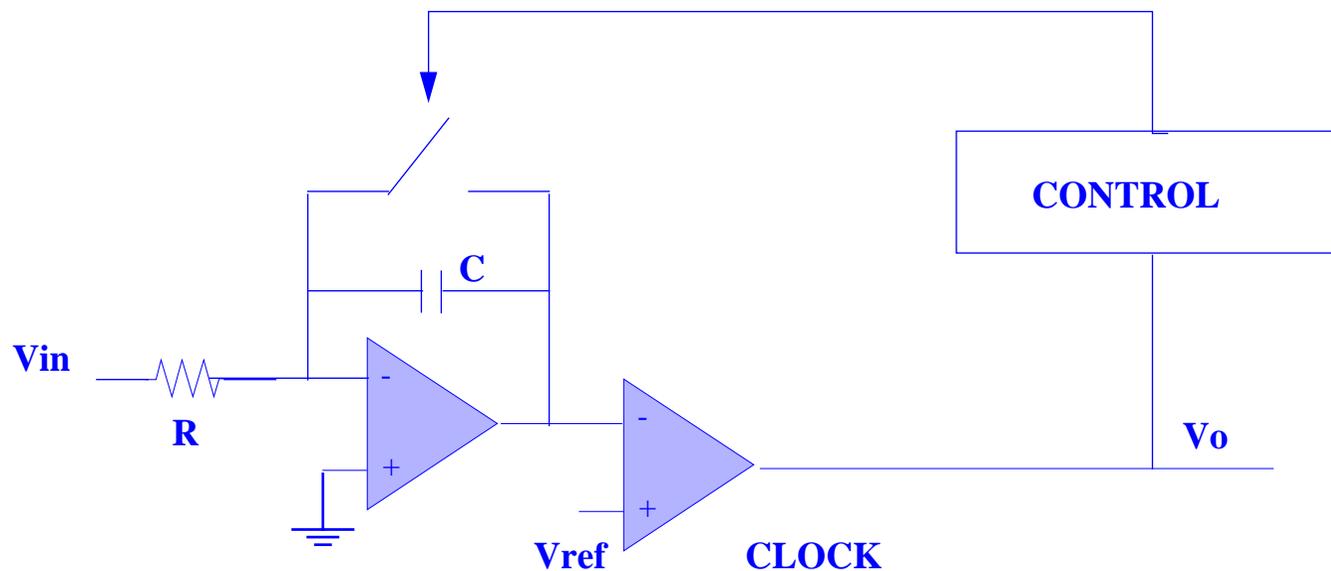
$$\text{numero de pulsos} = \frac{RC}{V_{Ref} \cdot T} \cdot V_{in}$$

## A/D: Convertidores de Doble Rampa



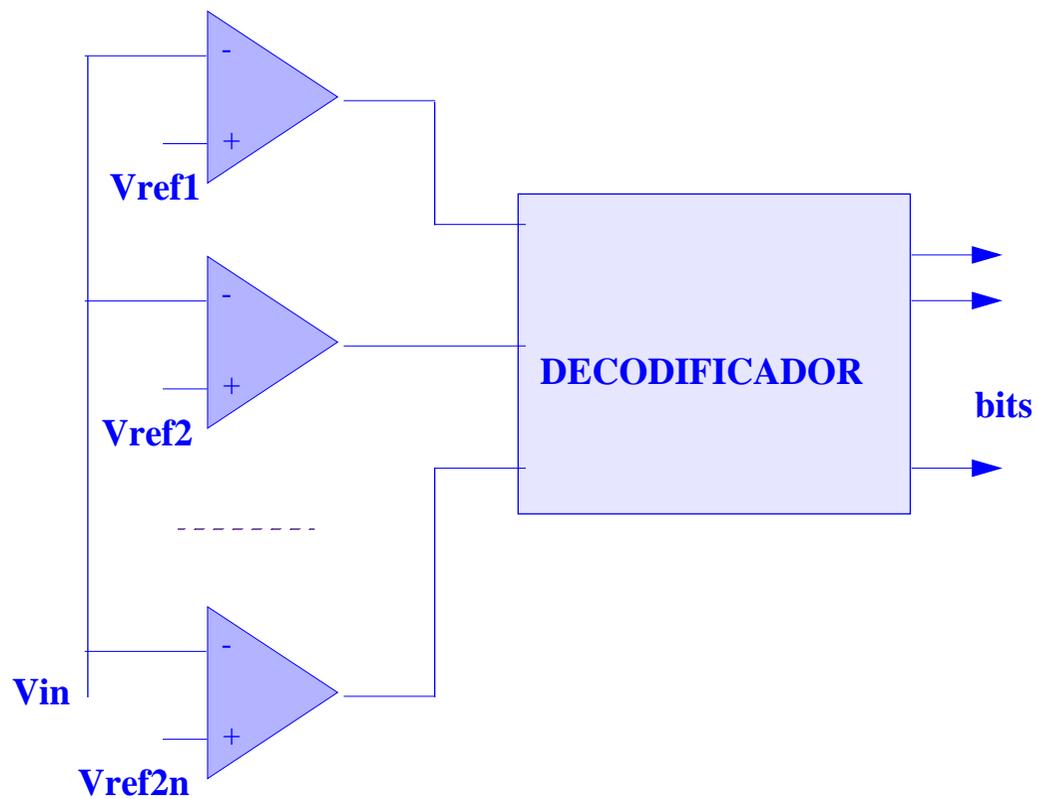
$$n_x = \frac{V_{in}}{V_{Ref}} \cdot n_F$$

## A/D: Convertidores Tensión-Frecuencia



$$F = \frac{V_{in}}{RCV_{Ref}}$$

## A/D: Convertidores Paralelo



## A/D: Caracterización

Cuantización - Estáticos - Dinámicos:

**RESOLUCIÓN:** Entrada --> LSB/2

Salida --> Número de bits que posee la salida digital

**ESTÁTICOS:**

**Offset:** Se puede cancelar

**Ganancia:** Se puede cancelar

**Linealidad:** Limita las prestaciones.

**DINAMICOS:**

**Tiempo de conversión:** Tiempo de requerido para realizar una conversión A/D --> Frecuencia de muestreo