

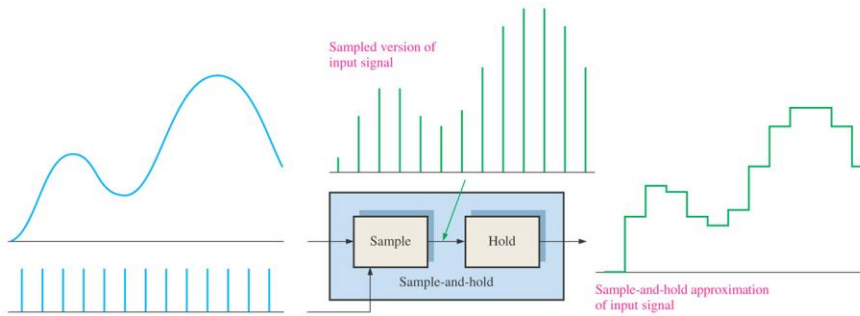
## CONVERSIÓN ANALÓGICA - DIGITAL

### Temario

- ▶ Conceptos generales
- ▶ Convertidor de rampa digital
- ▶ Convertidor de aproximación sucesiva
- ▶ Convertidor instantáneo
- ▶ Convertidor de doble pendiente
- ▶ Especificaciones de un ADC
- ▶ ADC integrados
- ▶ Aplicaciones

## Conceptos Generales

- ▶ Operación de muestreo y retención



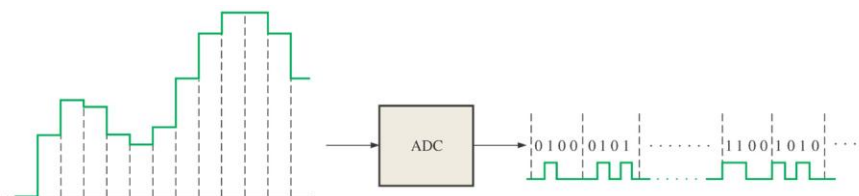
3

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Conceptos Generales

- ▶ Proceso de conversión de una señal analógica muestreada a digital



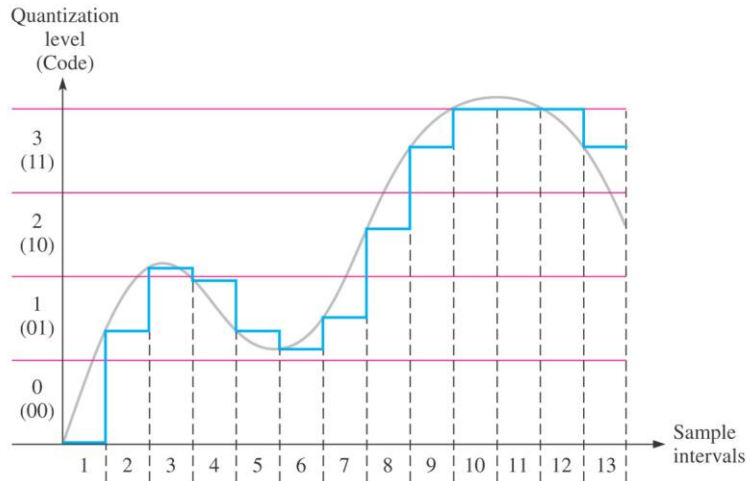
4

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Conceptos Generales

- Proceso de cuantificación de una señal analógica



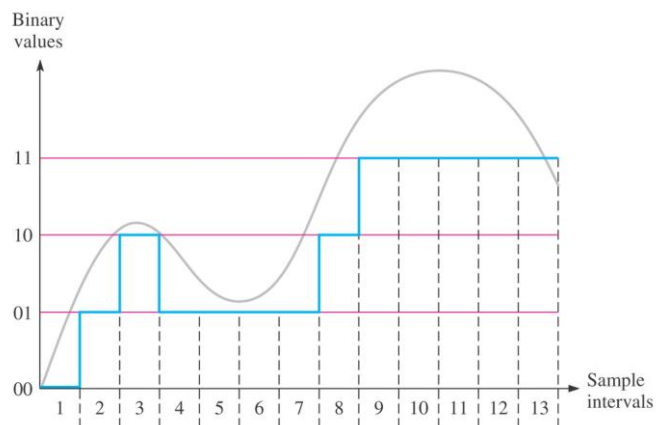
5

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Conceptos Generales

- Proceso de reconstrucción de una señal analógica usando una cuantificación de dos bits



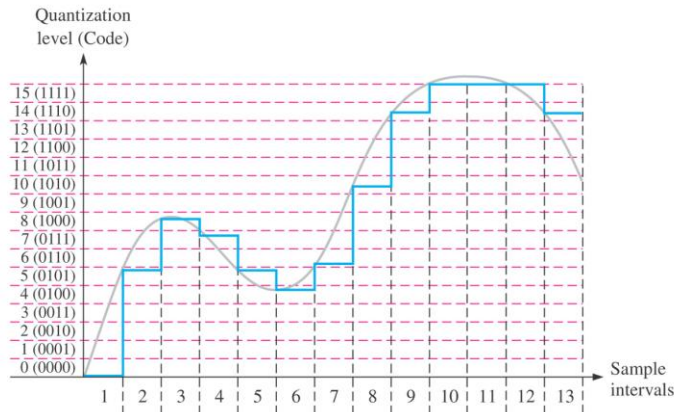
6

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Conceptos Generales

- Proceso de reconstrucción de una señal analógica usando una cuantificación de cuatro bits



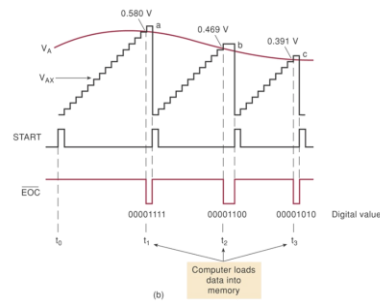
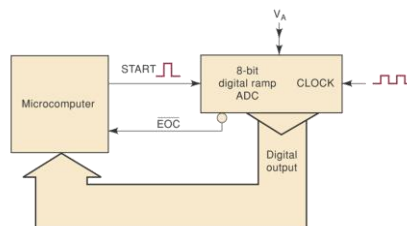
7

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de Rampa Digital

- Sistema de adquisición de datos: la computadora envía la señal de inicio de conversión, el ADC inicia el proceso de alcanzar a la señal de entrada y cuando los consigue, le envía al microprocesador la señal EOC y la cantidad binaria final, la cual será transformada en su valor equivalente en voltios



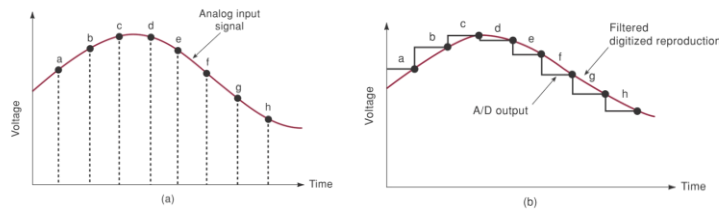
8

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de Rampa Digital

- ▶ Si la señal de entrada varía con el tiempo, las rampas digitales tendrán distintos tamaños, dependiendo de donde logren alcanzarla
- ▶ Una vez digitalizada la señal de entrada, al tratar de reproducirla se verían unos escalones o saltos que son eliminados con un filtro para rescatar la forma original



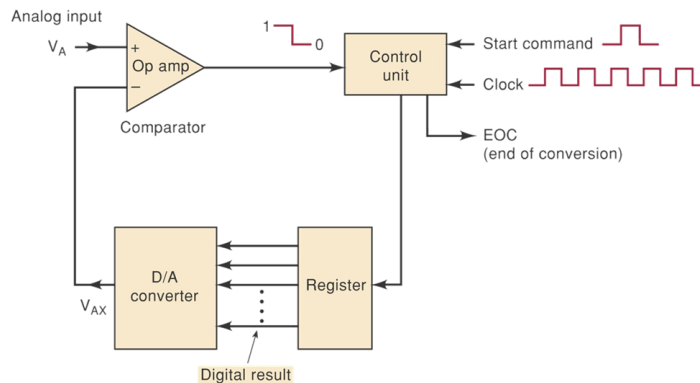
9

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de Rampa Digital

- ▶ Un ADC recibe un voltaje de entrada analógico y lo transforma a su equivalente binario



10

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de Rampa Digital

- ▶ El OPAMP compara el voltaje generado por el DAC. Mientras  $V_{AX}$  esté por debajo de  $V_A$ , la salida del OPAMP es un uno (5 voltios). Cuando  $V_{AX}$  alcanza a  $V_A$ , la salida del OPAMP se hace cero.
- ▶ Mientras la salida del OPAMP es uno, la unidad de control envía los pulsos de reloj al registro (contador)
- ▶ El registro genera un patrón binario ascendente y el DAC genera un escalera ascendente que se va acercando a  $V_A$
- ▶ Cuando la escalera alcanza a  $V_A$ , el OPAMP cambia de estado, deteniendo la cuenta y luego se transforma el número de pulsos empleados en su equivalente en voltios

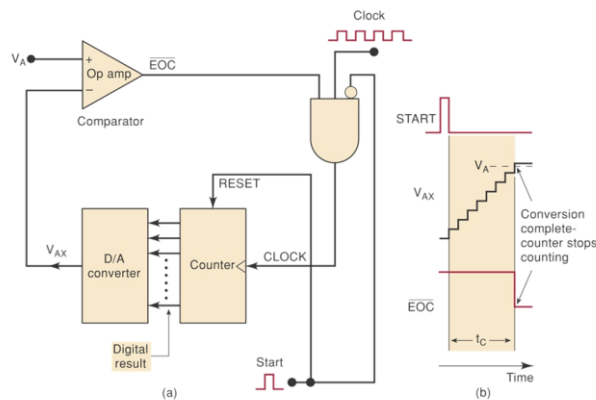
11

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de Rampa Digital

- ▶ Funciones de control dentro del ADC de rampa digital



12

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de Rampa Digital

- ▶ Se aplica un pulso de inicio para reestablecer el contador a cero, inhibiendo temporalmente la señal de reloj
- ▶ Si todos los bits de entrada están en cero, la salida del DAC es cero
- ▶ Como  $V_A$  es mayor que  $V_{AX}$ , la salida del OPAMP es uno
- ▶ Cuando la señal de inicio regresa a bajo, los pulsos de reloj pasan al contador, incrementando la salida del DAC
- ▶ Cuando  $V_{AX}$  es igual o mayor que  $V_A$ , se detiene el proceso generando la señal EOC

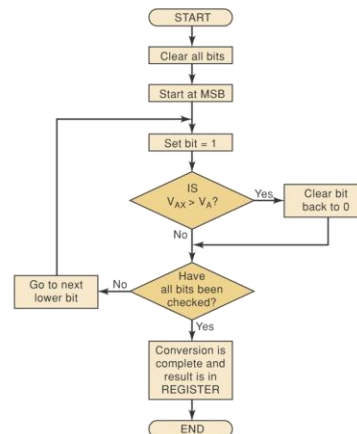
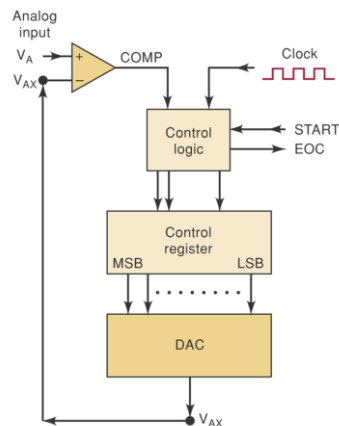
13

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de Aproximación Sucesiva

- ▶ Para acelerar el proceso de digitalización, se emplea un ADC de aproximaciones sucesivas



14

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de Aproximación Sucesiva

- ▶ El convertidor de aproximación sucesiva coloca el bit de mayor peso en el contador generando el escalón más grande. Si la señal de salida está por encima, deajo el bit y sino, lo borro.
- ▶ Pruebo con el siguiente bit más significativo y le sumo el peso del anterior (si quedó) activo. Si la señal queda por encima lo deajo y sino lo borro.
- ▶ Se procede así con los otros bits hasta que se detiene el proceso
- ▶ Es más rápido que el de rampa digital ya que no tiene que hacer la escalera completa

15

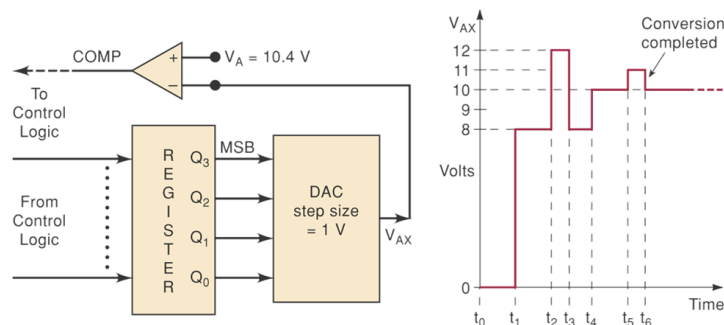
Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de Aproximación Sucesiva



Ejemplo de conversión utilizando el ADC de aproximaciones sucesivas



16

Conversión Analógica - Digital

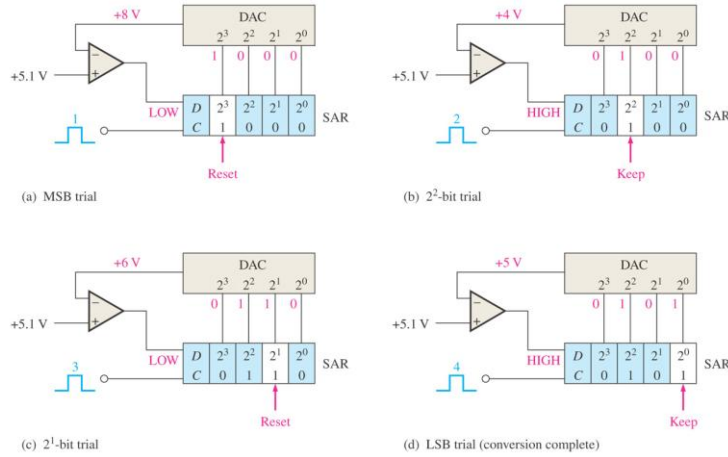
EC2112



# Convertidor de Aproximación Sucesiva

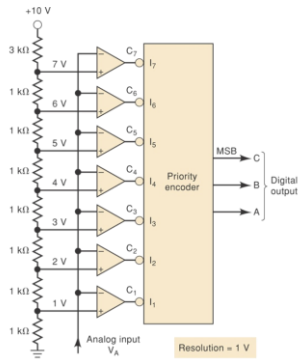


Ejemplo de conversión utilizando el ADC de aproximaciones sucesivas



# Convertidor Instantáneo

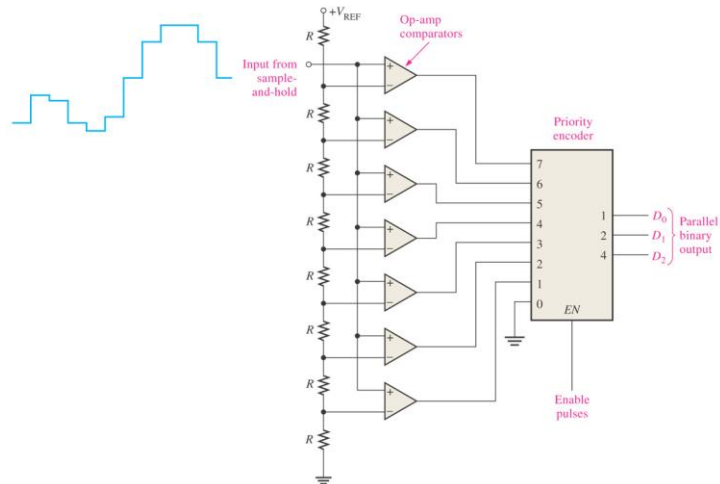
- Convertidor ADC instantáneo: la señal de entrada llega simultáneamente a todos los comparadores y dependiendo si es mayor o menor que la referencia, se producen un cero o un uno instantáneamente



Analog in	Comparator outputs							Digital outputs			
	$V_A$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	C	B	A
0-1 V	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1-2 V	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
2-3 V	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
3-4 V	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
4-5 V	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
5-6 V	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
6-7 V	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
> 7 V	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

## Convertidor Instantáneo

- ▶ Convertidor instantáneo de 3 bit



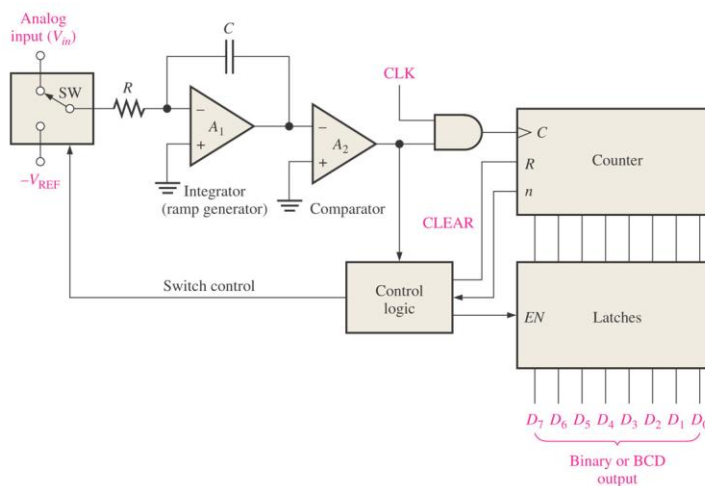
19

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de doble pendiente

- ▶ Diagrama general del convertidor



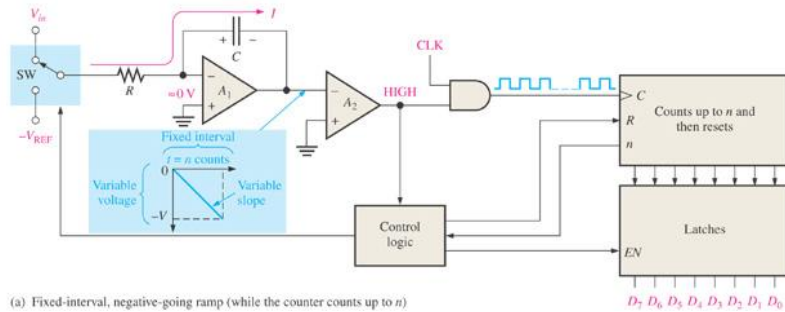
20

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de doble pendiente

- ▶ Cuando el interruptor está conectado a  $V_{in}$ , se genera una rampa de pendiente negativa, la cual es aplicada a un comparador de voltaje respecto a  $0V$
- ▶ El comparador abre una ventana de tiempo que permite el conteo de los pulsos del reloj



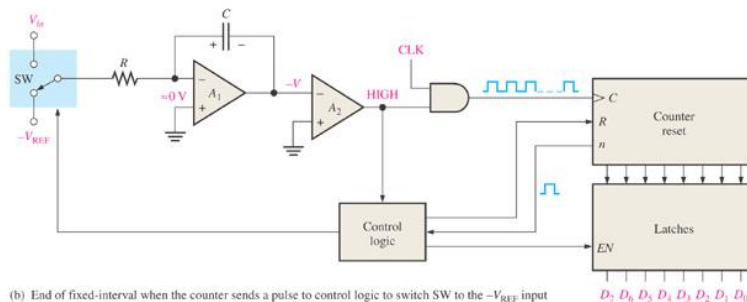
21

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de doble pendiente

- ▶ Cuando el intervalo de tiempo finaliza, la lógica de control cambia de posición al interruptor y lo lleva a  $-V_{ref}$  (cambiando la pendiente de la rampa). Para este momento el contador se reinicia y comienza su secuencia de conteo nuevamente



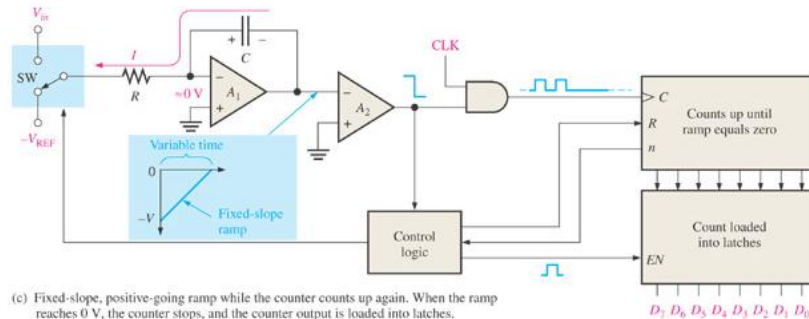
22

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Convertidor de doble pendiente

- ▶ Cuando la rampa alcanza el valor de 0V, el comparador de voltaje lo detecta y detiene el reloj
- ▶ La lógica de control detecta esto y ordena cargar el resultado en los registros para luego ser utilizado



23

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Especificaciones de los ADC

- ▶ Resolución: representa el mínimo valor que puede ser entregado por el ADC (mínimo tamaño del escalón), lo cual depende del número de bits del contador y del voltaje a escala completa
- ▶ Precisión: representa el máximo error que se puede cometer al realizar la conversión y generalmente está referida al LSB. Como el resultado de la conversión es un número binario, el resultado puede estar un bit por arriba o por debajo del valor real
- ▶ Tiempo de conversión: representa el tiempo que le lleva al ADC alcanzar a la entrada analógica. En la práctica es lo que se tarda en aparecer la señal EOC luego que ocurre la señal de INICIO

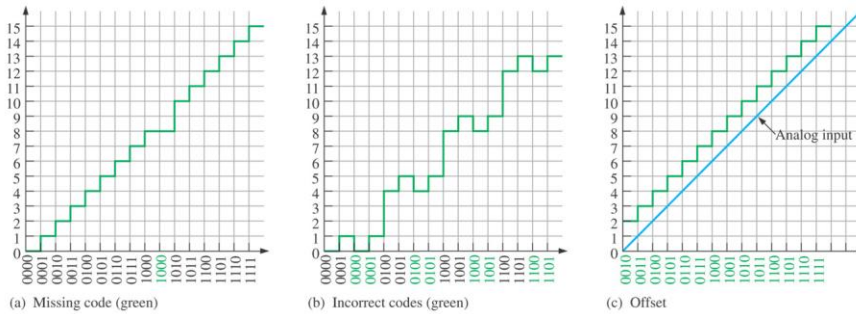
24

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Especificaciones de los ADC

### ► Errores típicos de conversión



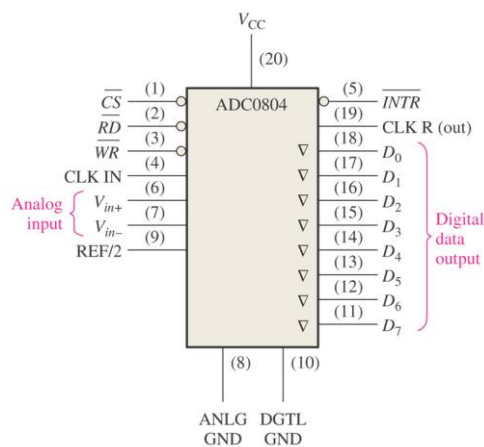
25

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## ADC integrados

### ► Convertidor integrado ADC0804



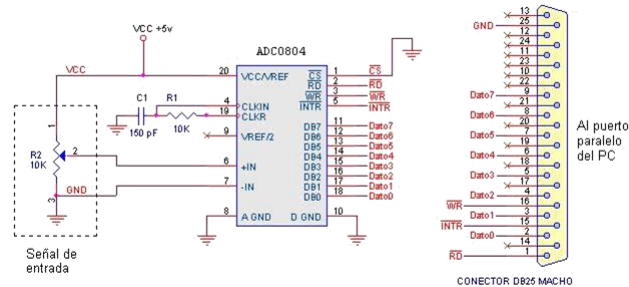
26

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## ADC integrados

- ▶ Convertidor integrado ADC0804:
  - Resolution 8 Bits
  - Total Unadjusted Error  $\pm 1/2$  LSB
  - Single Supply 5 VDC
  - Low Power 15 mW
  - Conversion Time 100  $\mu$ s



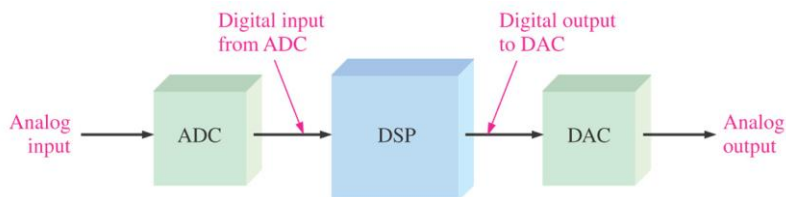
27

Conversión Analógica - Digital

EC2112

## Aplicaciones

- ▶ Diagrama en bloques simplificado de procesamiento de señales analógicas y digitales
- ▶ El DSP es un procesador digital de señales de alta velocidad que permite trabajar con señales analógicas en tiempo real



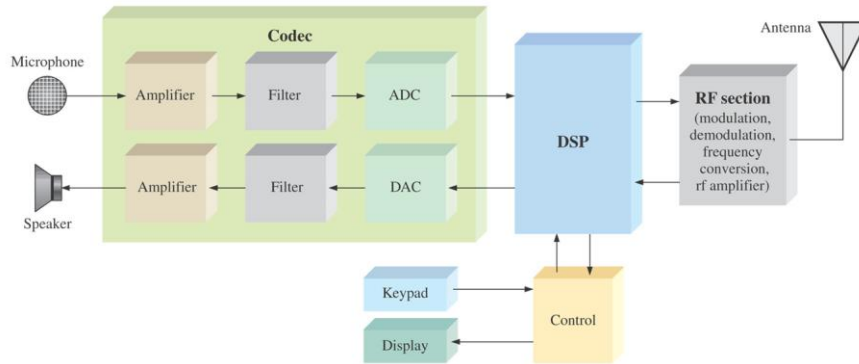
28

Conversión Analógica - Digital

EC2112

# Aplicaciones

## ▶ Telefonía celular



29

Conversión Analógica - Digital

EC2112

# Bibliografía

- ▶ Electrónica Digital: Principios y Dispositivos. Roger Tokheim. Capítulo 14. Editorial McGraw Hill

30

Conversión Analógica - Digital

EC2112