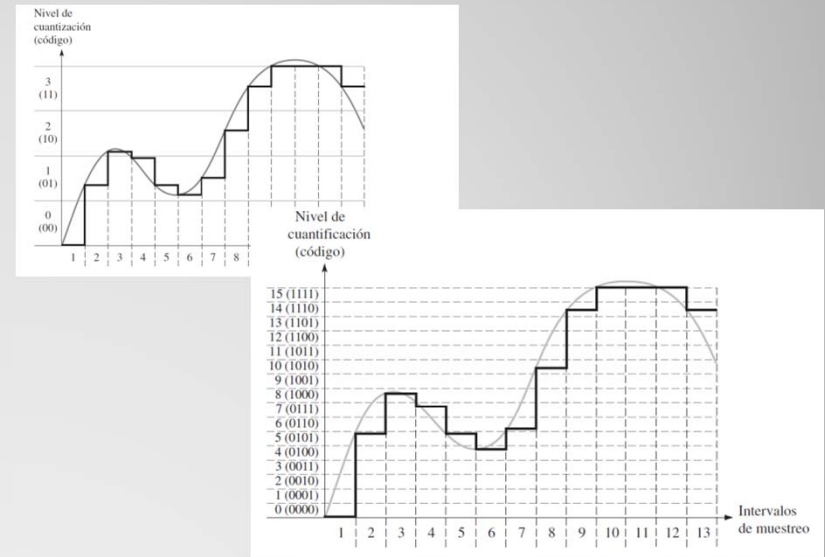
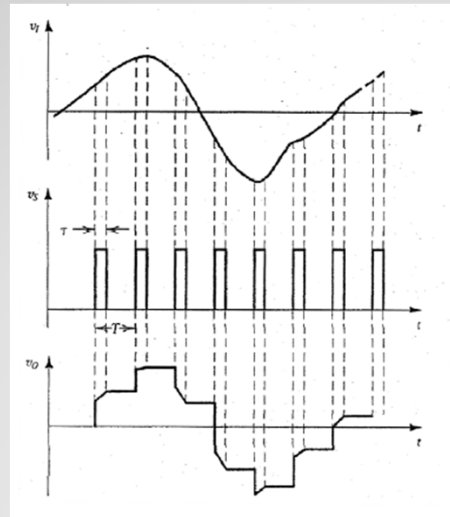
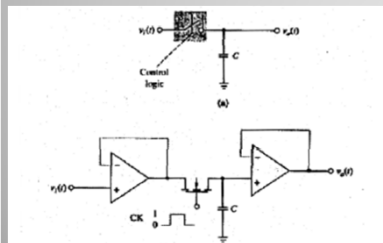
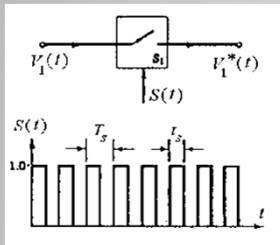
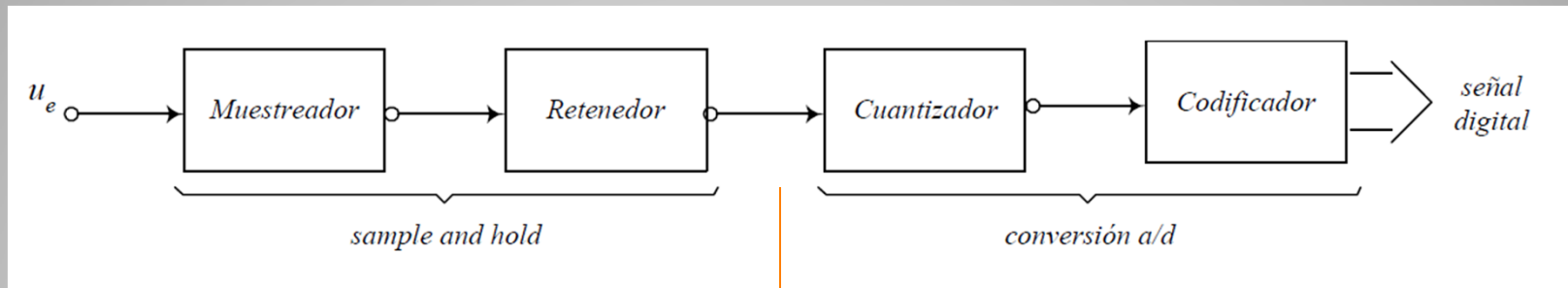




Conversión Analógica-Digital

• Conversión Analógica–Digital

Proceso de Conversión

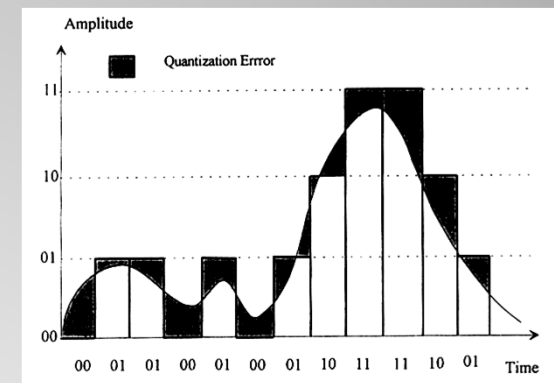
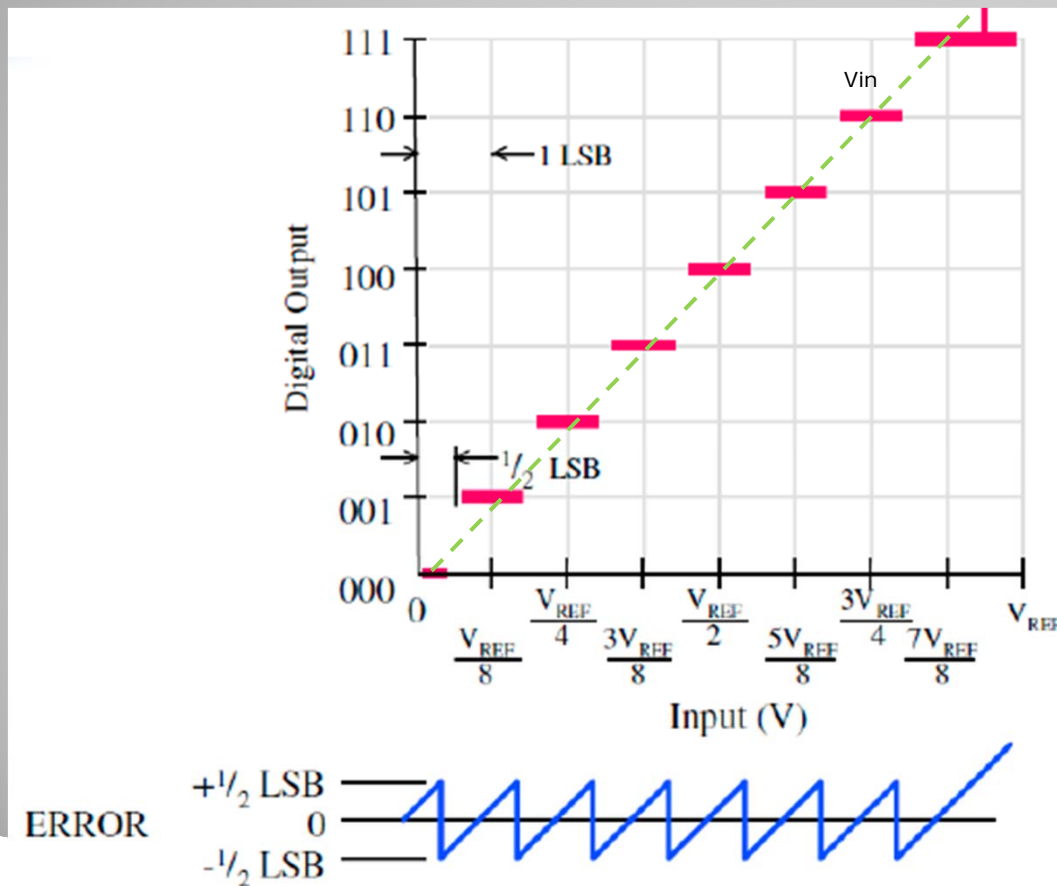


$f_{\text{muestreo}} \geq 2f_{\text{señal}}$ (Nyquist)

Resolución \rightarrow Nro. de bits de cuantización

- Conversión Analógica–Digital

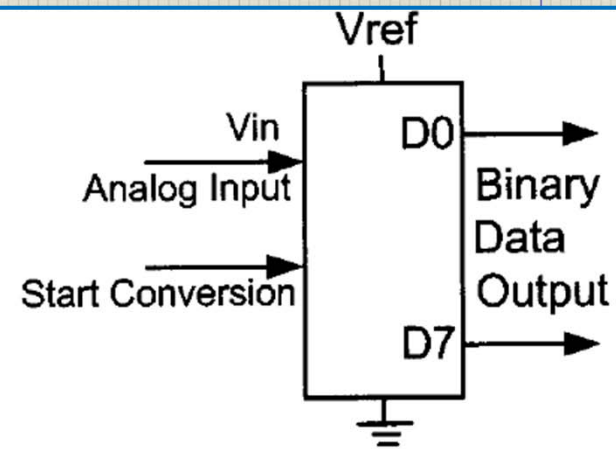
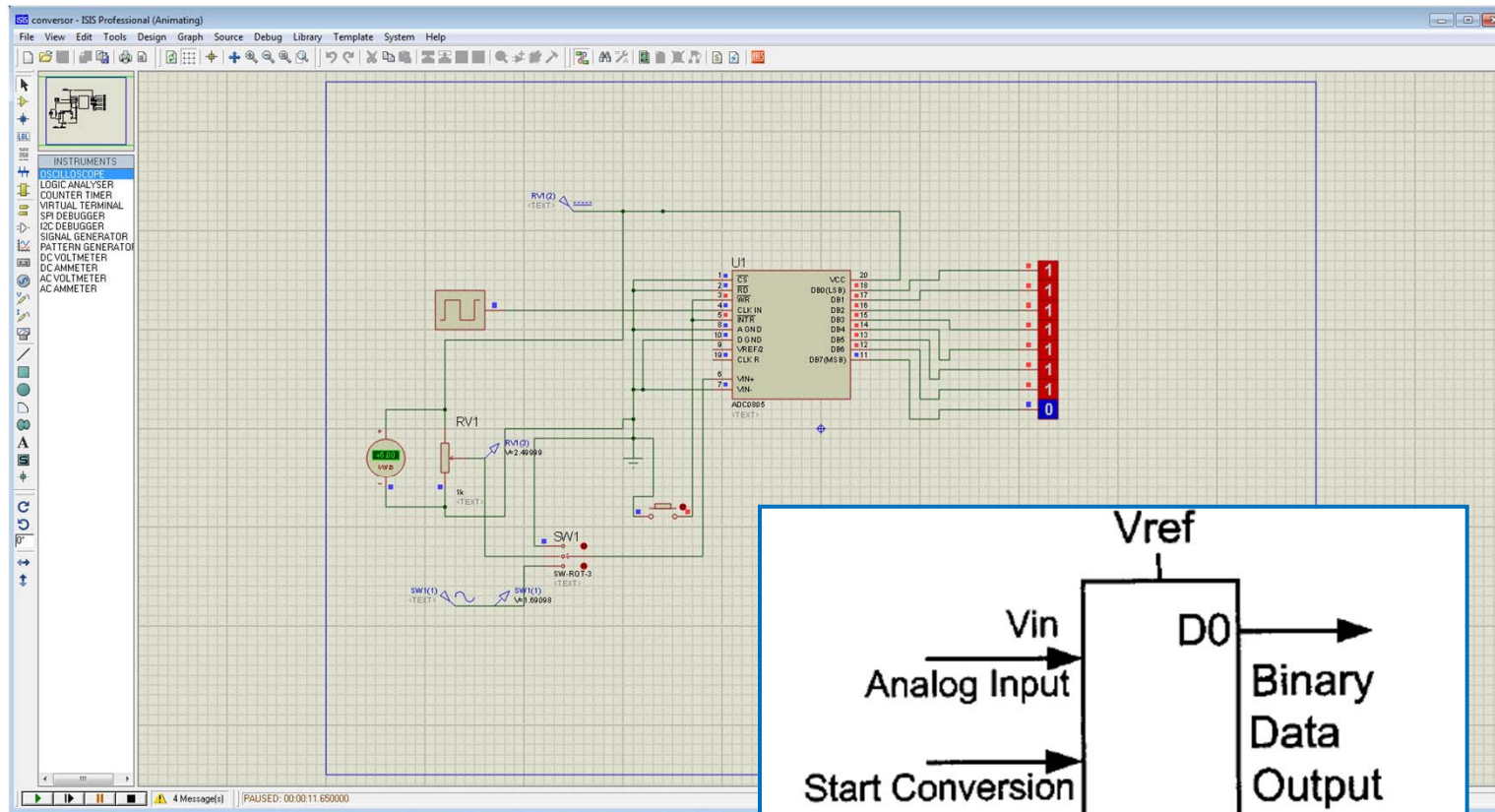
Transferencia ideal (cuantización uniforme)



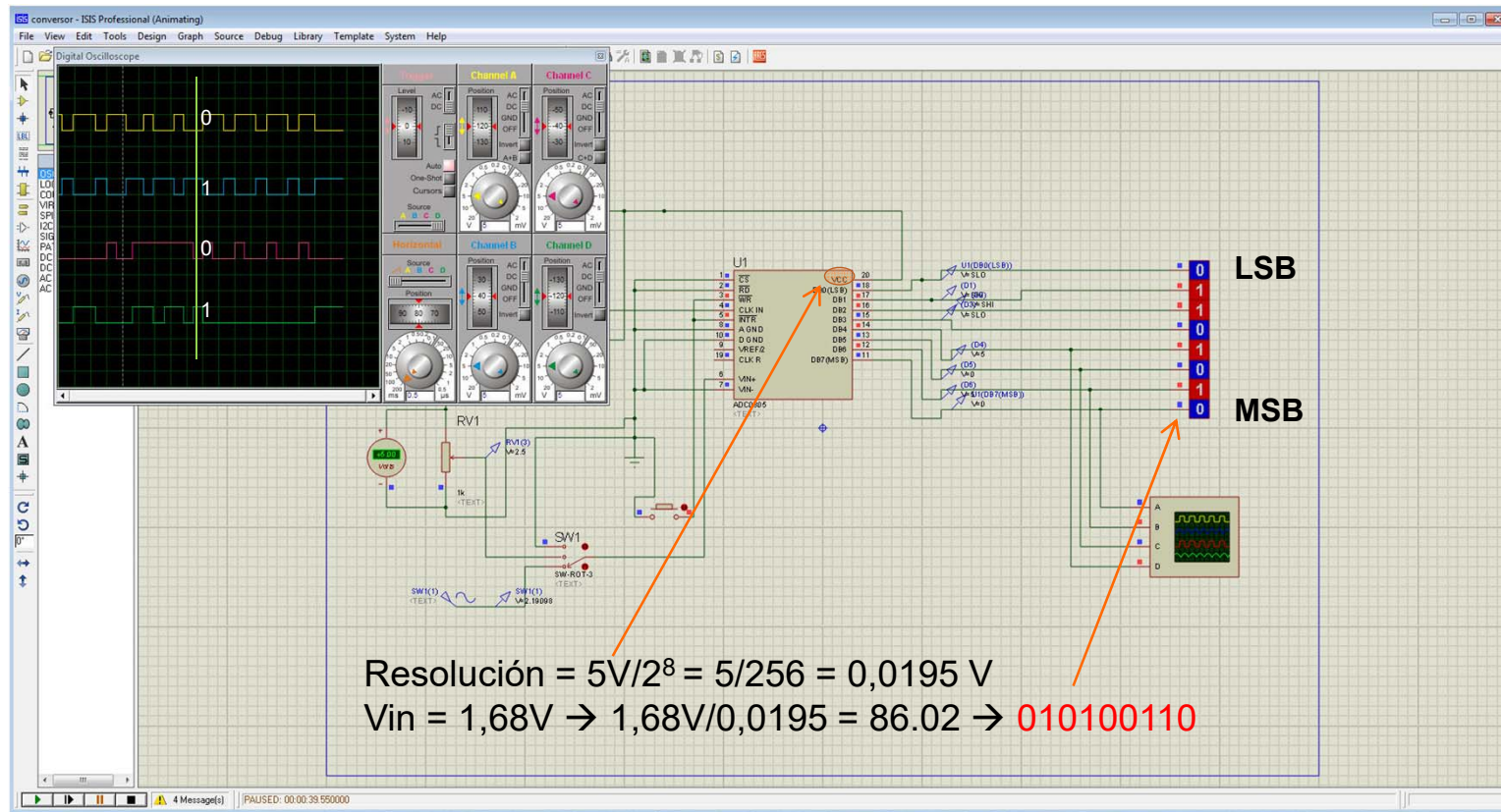
$$\text{Resolución} = V_{ref}/2^N$$

$$\text{Error} = \pm \text{LSB}$$

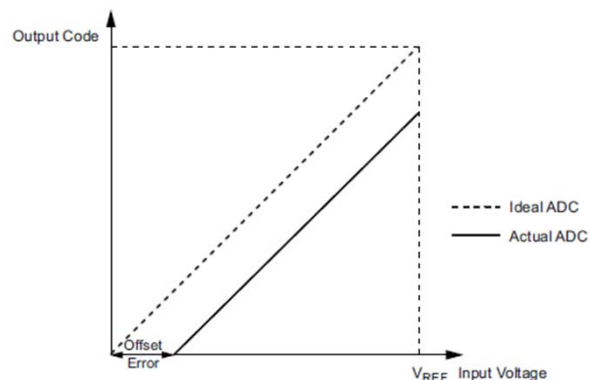
CONVERSIÓN A/D CON ADC0805



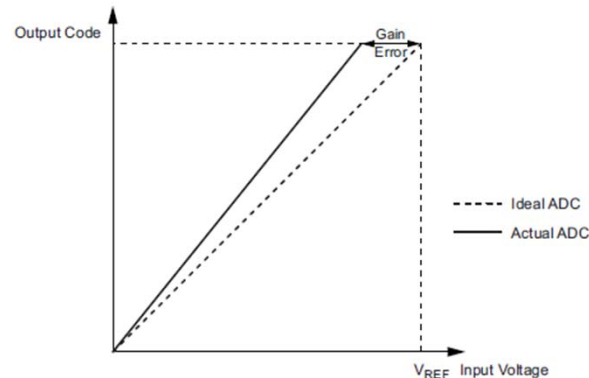
CONVERSIÓN A/D CON ADC0805



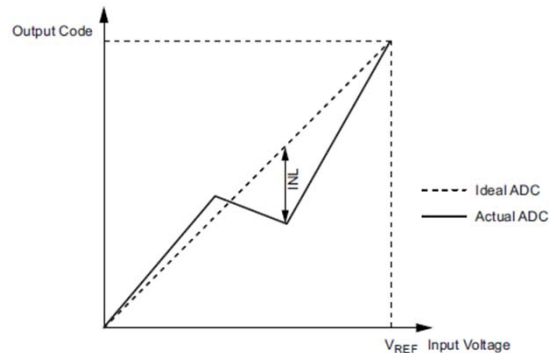
CONVERSIÓN A/D : ERRORES



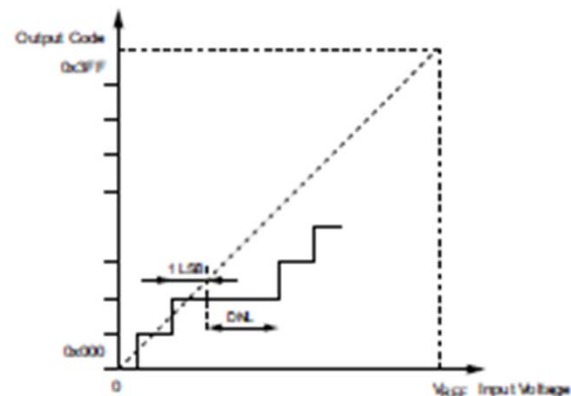
-Error de Offset:
Desviación de la primera transición
(0x000 a 0x001) – 0.5 LSB



-Error de Ganancia:
Desviación de la última transición
(0x3FE a 0x3FF) – 1,5 LSB



-No linealidad Integral:
Máxima desviación de
cualquier transición



-No linealidad Diferencial:
Máxima desviación de
cualquier transición – 1LSB

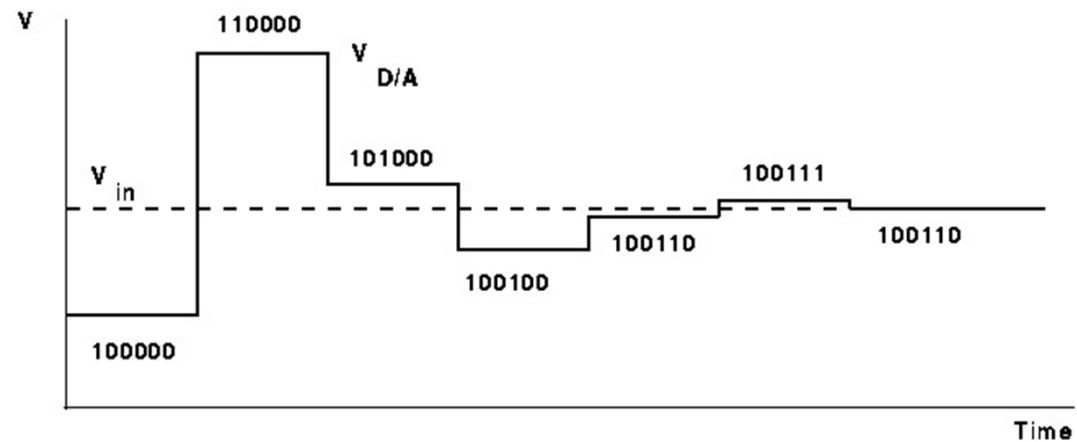
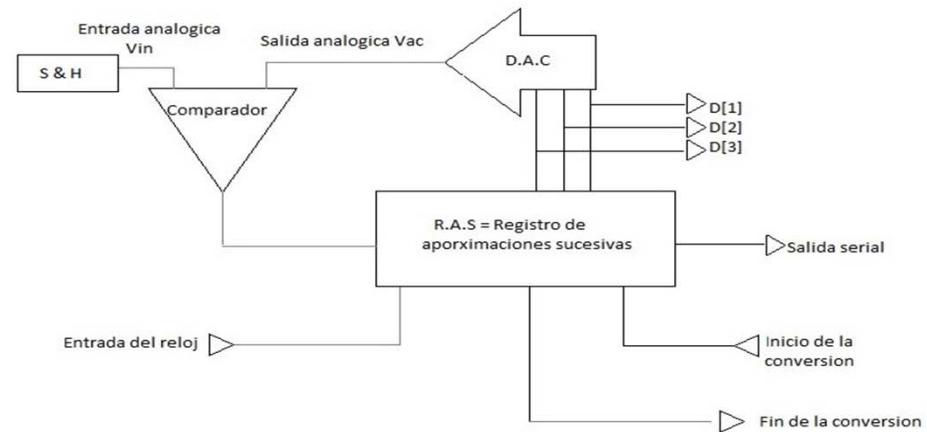
-Error de cuantización:
error entre escalones $\pm 0,5$ LSB

Exactitud absoluta: efecto combinado
de todos los errores



CONVERSOR A/D

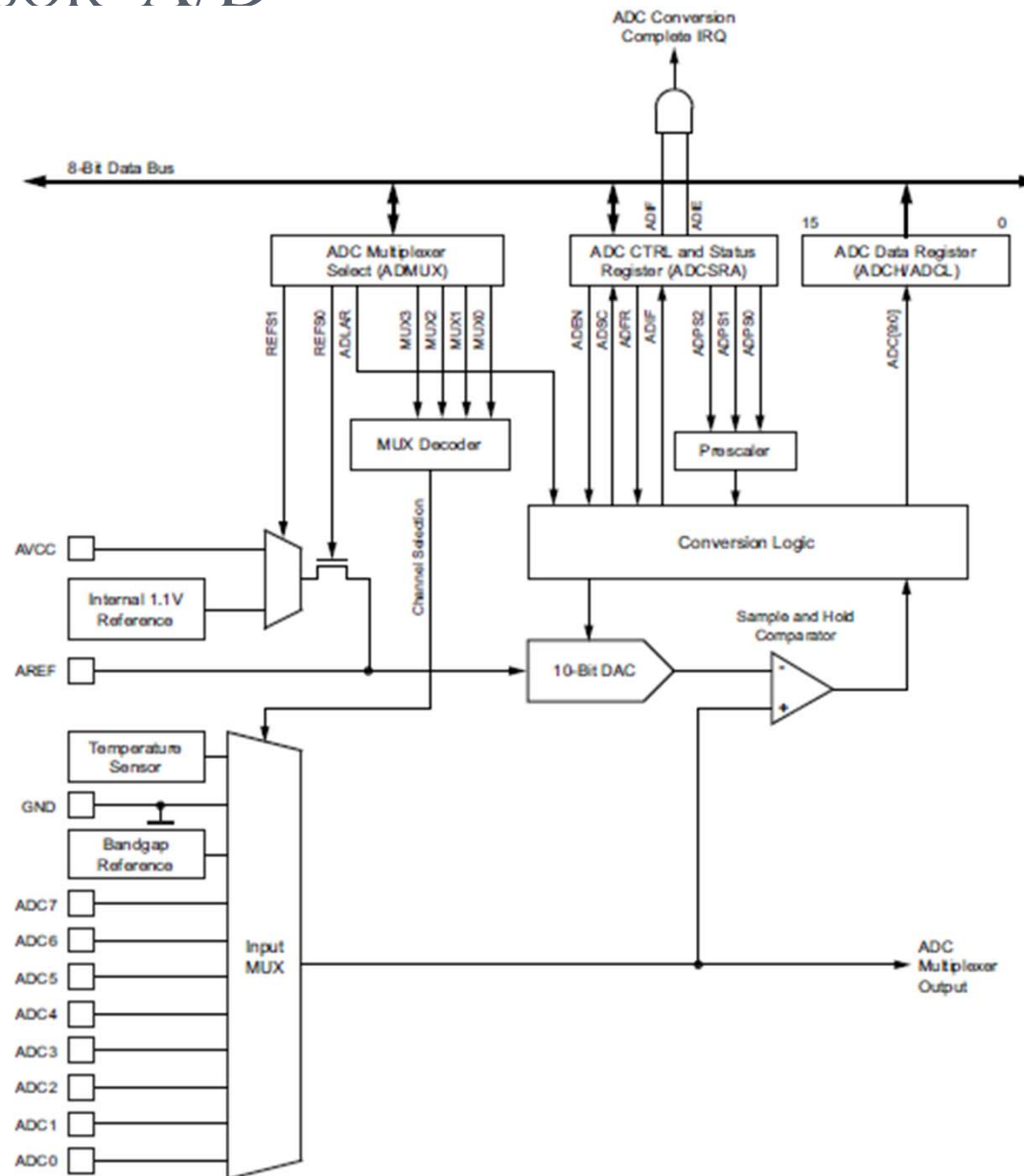
Conversor A/D de aproximaciones sucesivas
10 bits unipolar, 9 canales,
1 para medir temperatura
y otro para tensión estable



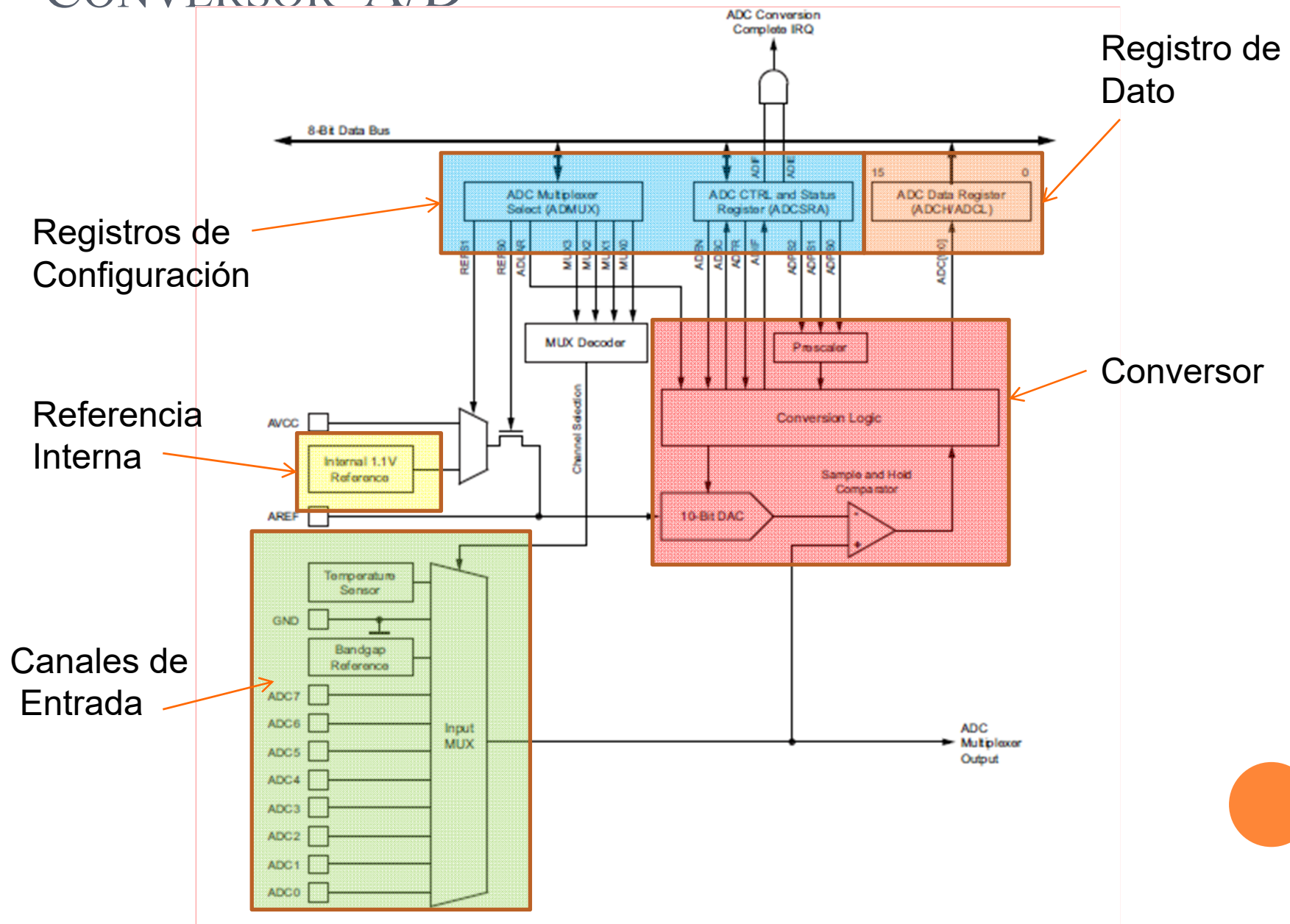
Número de Bits	Escalones	Resol. (mV) Vref = 5V
8	256	$5/256 = 19.53$
10	1024	$5/1024 = 4.88$
12	4096	$5/4096 = 1.2$
16	65536	$5/65536 = 0.076$



CONVERSOR A/D



CONVERTOR A/D



CONVERSOR A/D

Registros a utilizar:

- Multiplexer Selection Register, ADMUX
- Status and Control Register A, ADCSRA
- Status and Control Register B, ADCSRB
- Data Result Registers, ADCRH and ADCRL
- Digital Input Disable Register 0, DIDR0



CONFIGURACIÓN

Registros a utilizar:

- Registro de control y estado ADMUX

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7C)	REFS1	REFS0	ADLAR	—	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Ajuste de ADR

REFS1	REFS0	Voltage Reference Selection
0	0	AREF, internal V_{REF} turned off
0	1	AV_{CC} with external capacitor at AREF pin
1	0	Reserved
1	1	Internal 1.1V voltage reference with external capacitor at AREF pin

Selección de Voltaje de Referencia

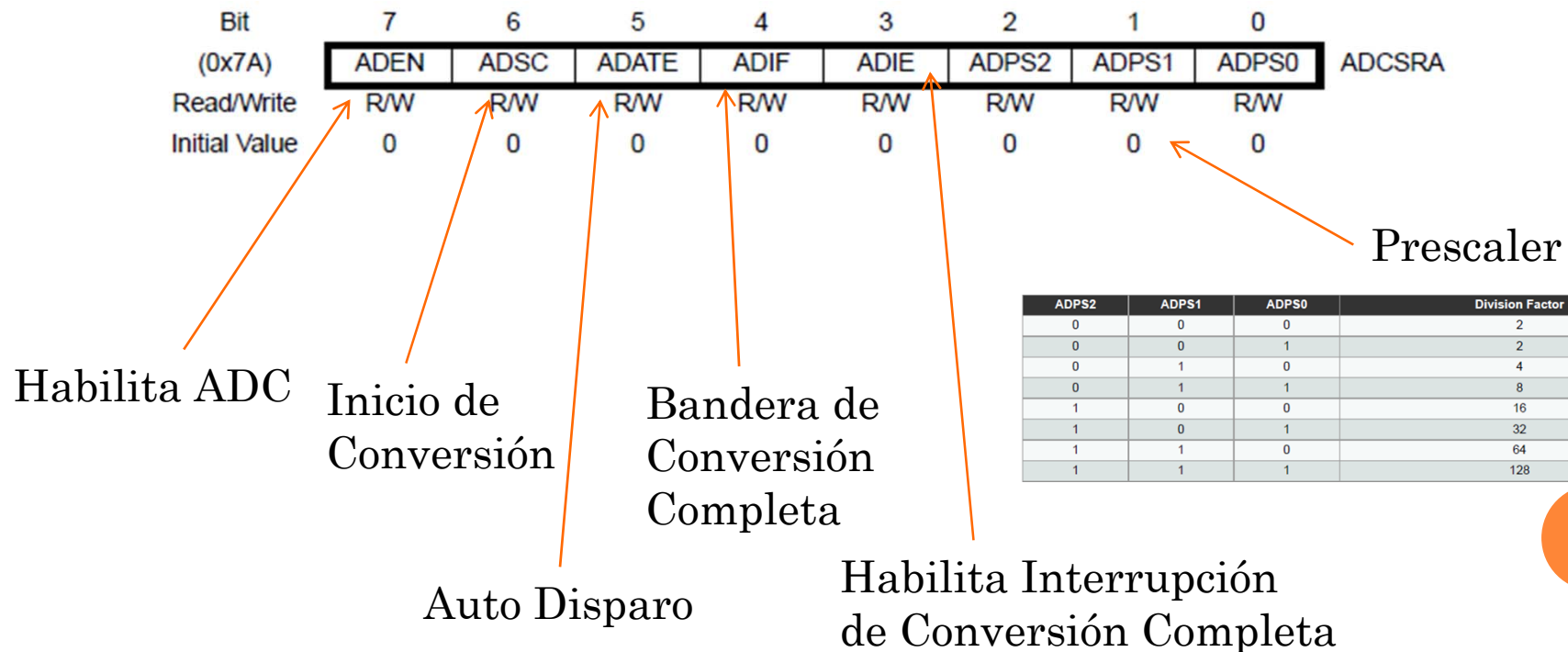
Selección de Canal

MUX3..0	Single Ended Input
0000	ADC0
0001	ADC1
0010	ADC2
0011	ADC3
0100	ADC4
0101	ADC5
0110	ADC6
0111	ADC7
1000	Sensor de Temperatura ADC8 ⁽¹⁾
1001	(reserved)
1010	(reserved)
1011	(reserved)
1100	(reserved)
1101	(reserved)
1110	Bandgap 1.1V (V_{BG})
1111	0V (GND)

CONFIGURACIÓN

Registros a utilizar:

- Registro de control y estado ADSCRA



CONFIGURACIÓN

Registros a utilizar:

- Registro de control y estado ADSCRB

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7B)	–	ACME	–	–	–	ADTS2	ADTS1	ADTS0	ADCSRB
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	



Habilita Comparador Analógico

Fuente de Auto Disparo

ADTS2	ADTS1	ADTS0	Trigger Source
0	0	0	Free running mode
0	0	1	Analog comparator
0	1	0	External interrupt request 0
0	1	1	Timer/Counter0 compare match A
1	0	0	Timer/Counter0 overflow
1	0	1	Timer/Counter1 compare match B
1	1	0	Timer/Counter1 overflow
1	1	1	Timer/Counter1 capture event

CONFIGURACIÓN

Registros a utilizar:

- Registro de datos ADCRH y ADCRL

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
(0x79)	-	-	-	-	-	-	ADC9	ADC8	ADCH
(0x78)	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0	ADCL
	7	6	5	4	3	2	1	0	

ADLAR = 0

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
(0x79)	ADC9	ADC8	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADCH
(0x78)	ADC1	ADC0	-	-	-	-	-	-	ADCL
	7	6	5	4	3	2	1	0	

ADLAR = 1



CONFIGURACIÓN

Registros a utilizar:

- Registro para Deshabilitar Entrada Digital

Bit (0x7E)	7	6	5	4	3	2	1	0	
	–	–	ADC5D	ADC4D	ADC3D	ADC2D	ADC1D	ADC0D	DIDR0
Read/Write	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

ADC 6 y 7 no tienen Buffer Digital de Entrada



CONFIGURACIÓN (EJEMPLO)

Conversor ADC: Función de inicialización

```
void ini_ADC (void)
{
    DDRC = 0;                // Puerto C como entradas
    ADSCRA = 0x87;           // 0b10000111,  Habilita ADC,
                             // Prescaler 128, no Interrupts.,
    ADMUX = 0x03;           // 0b00000011, canal ADC3,
    Justificado
                             // derecha, no Vref interna
    ADSCRB = 0;              // Free Running (conversión continua)
    DIDR0 = 0x08;            // Deshabilita buffer digital en ADC3
}
```

Luego se deberá leer el registro correspondiente para saber el valor de la conversión.



CONFIGURACIÓN (EJEMPLO)

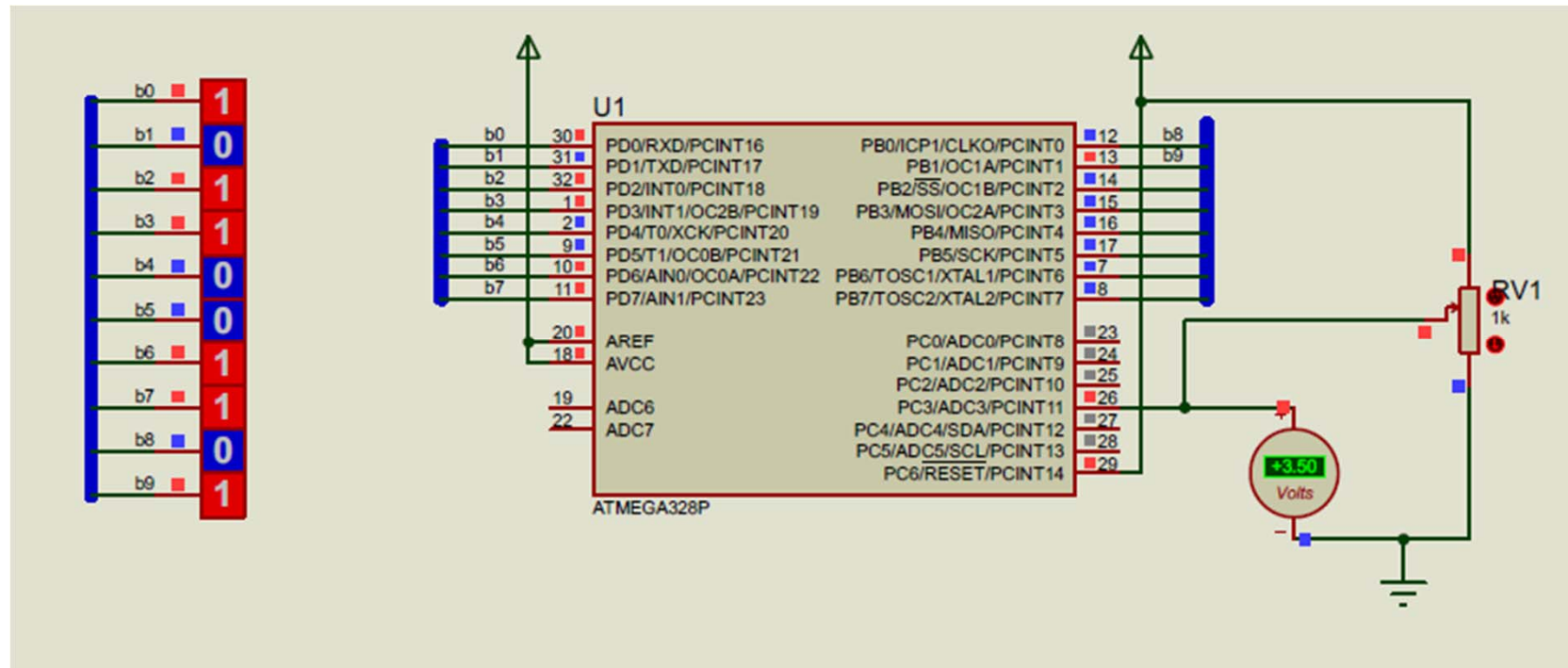
// conversión AD en modo conversión continua por encuesta

```
Int main(void)
{
    char datoL,datoH = 0;
    DDRC = 0;           // Puerto C como entradas
    ADCSRA = 0x87;      // 0b10000111,  Habilita ADC,
                        // Prescaler 128, no Interrupts.,
    ADMUX = 0x03;       // 0b00000011, canal ADC3, Justificado
                        // derecha, no Vref interna
    ADCSRB = 0;         // Free Running (conversión continua)
    DIDR0 = 0x08;       // Deshabilita buffer digital en ADC3
}

While(1){
    ADCSRA |= (1<<ADSC);           //Inicia conversión
    While ((ADCSRA&(1<<ADIF)) ==0); // espera que termine la conversión
    datoL = ADCL;                   // Lee dato convertido
    datoH = ADCH;
}
Return 0;
}
```



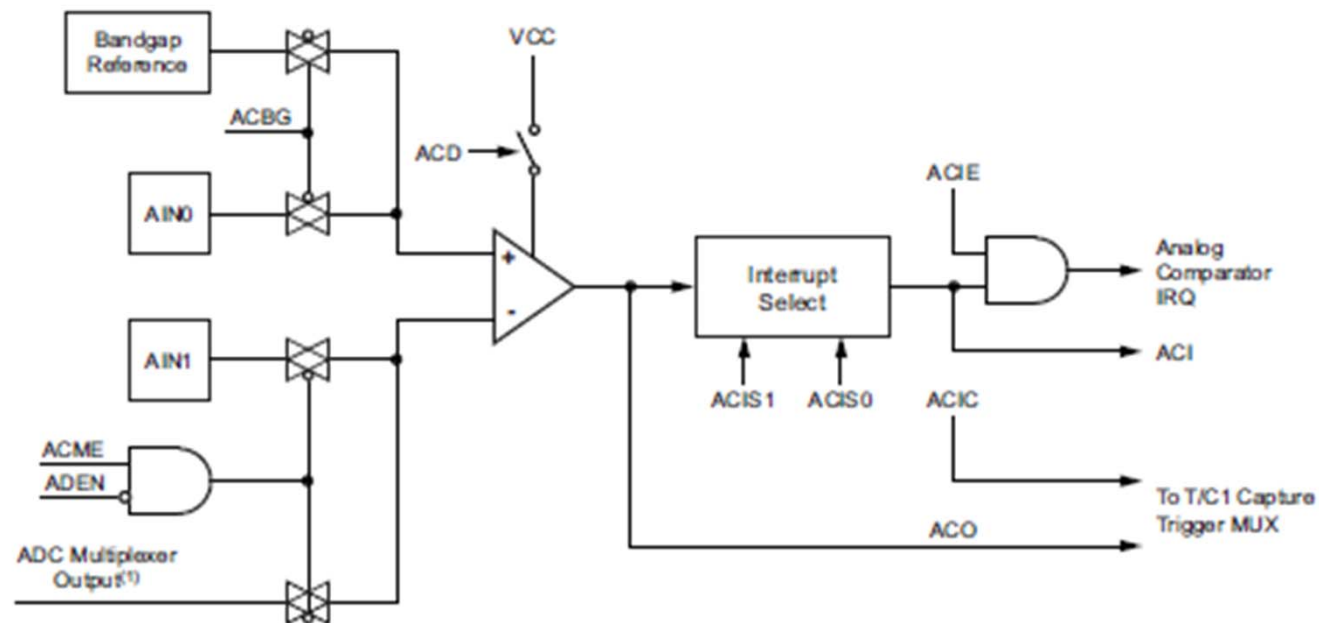
CONFIGURACIÓN (EJEMPLO)



$$\text{ADC} = (\text{Vin} \times 1024) / \text{Vref}$$

COMPARADOR ANALÓGICO

Permite comparar dos entradas analógica de tensión o una entrada de tensión contra una tensión interna de referencia (Bandgap)



ACO se pone en 1 cuando la tensión de AIN0 es mayor que AIN1



COMPARADOR ANALÓGICO

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7B)	—	ACME	—	—	—	ADTS2	ADTS1	ADTS0	ADCSRB
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Selector del modo de interrupción

ACIS1	ACIS0	Interrupt Mode
0	0	Comparator interrupt on output toggle.
0	1	Reserved
1	0	Comparator interrupt on falling output edge.
1	1	Comparator interrupt on rising output edge.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x30 (0x50)	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	ACSR
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	N/A	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7F)	—	—	—	—	—	—	AIN1D	AIN0D	DIDR1
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Habilita Input Capture en Timer1

Deshabilita Comparador Analógico

Selección de Bandgap

Banderas de salida de Comparación e Interrupción

Habilitación de Interrupción del comparador

ACME	ADEN	MUX2..0	Analog Comparator Negative Input
0	x	xxx	AIN1
1	1	xxx	AIN1
1	0	000	ADC0
1	0	001	ADC1
1	0	010	ADC2
1	0	011	ADC3
1	0	100	ADC4
1	0	101	ADC5
1	0	110	ADC6
1	0	111	ADC7

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7F)	—	—	—	—	—	—	AIN1D	AIN0D	DIDR1
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Deshabilita buffer de entrada digital



- Conversión Digital-Analógica

PWM
(Modulación por ancho de pulso)

01101011

