



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)  
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

**Formato para prácticas de laboratorio**

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
IC	2003-1	5050	Microcontroladores

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Microcontroladores	DURACIÓN (HORAS)
5	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Modulo del convertidor analógico digital	4

**1 INTRODUCCIÓN**

En las tareas asignadas para realizar un proceso, es necesario conocer el estado de la planta, por lo que se recurre a medición de señales que por naturaleza son analógicas. Esto se realiza a través de transductores, los cuales convierten una magnitud física como temperatura, presión, aceleración, flujo, etc., de forma voltaje, corriente, resistencia, frecuencia, capacitancia, etc. El equipo de cómputo actual trabaja con señales discretas, por lo que se requiere un convertidor digital analógico (ADC), que permiten comunicar sistemas de tipo analógicos con digitales.

En esta práctica el alumno utilizará el set de instrucciones en C del microcontrolador para configurar el ADC y leer datos provenientes del exterior, fotoresistencia y sensor de temperatura incluidos en la tarjeta DEMO9S08LC60.

**2 OBJETIVO (COMPETENCIA)**

Configurar el ADC del microcontrolador, utilizando el set de instrucciones en C para leer datos provenientes del sensor incluido en la tarjeta DEMO9S08LC60.

**3 FUNDAMENTO**

**Introducción**

El convertidor analógico digital, como su nombre lo dice consiste en convertir una señal analógica a digital, con el propósito de poder procesar señales continuas en equipos de cómputo. Los procesos que realiza el ADC son: muestreo, cuantificación y codificación, con la cual obtenemos un valor de forma de ceros y unos. Donde este valor depende directamente del valor de referencia y la resolución para llevar a cabo el proceso de conversión.

**Ejemplo 1**

Con la ayuda de un convertidor analógico digital se requiere saber el nivel de voltaje de un sensor, tomando en cuenta que voltaje de referencia del ADC es de 5 volts y la resolución es de 8. ¿Cuál es el voltaje de

Formuló Ing. Adolfo Heriberto Ruelas Puente	Revisó M.C. Gloria Etelbina Chávez Valenzuela	Aprobó	Autorizó MC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ ROMERO
Maestro	Coordinador de la Carrera	Gestión de la Calidad	Director de la Facultad



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)  
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

## Formato para prácticas de laboratorio

entrada, si la conversión fue de 0x1A hexadecimal?

$$0x1A = 26 \text{ decimal}$$

$$\frac{5}{255} = 0.1960$$

### ADC incluido en el microcontrolador

El microcontrolador incluye un ADC basado en aproximaciones sucesivas, para realizar operaciones en el mismo chip.

### Características

- Algoritmo con aproximaciones sucesivas y 12 bits de resolución.
- Hasta 28 entradas analógicas.
- Salidas en formato de 12, 10 y 8 bits.
- Una sola conversión o continua.
- Configuración de muestreo y velocidad de muestreo
- Interrupción por conversión.
- Selección de la entrada del reloj.
- Comparación de mayor, menor o igual con un valor programado.

La distribución de los canales del ADC están asignados a los pins del puerto A como se muestra en la Tabla 1.

ADCH	Channel	Input	Pin Control
00000	AD0	PTA0/ADP0	ADPC0
00001	AD1	PTA1/ADP1	ADPC1
00010	AD2	PTA2/ADP2	ADPC2
00011	AD3	PTA3/ADP3	ADPC3
00100	AD4	PTA4/ADP4	ADPC4
00101	AD5	PTA5/ADP5	ADPC5
00110	AD6	PTA6/ADP6	ADPC6
00111	AD7	PTA7/ADP7	ADPC7

Tabla 1. Asignación de los canales del ADC.

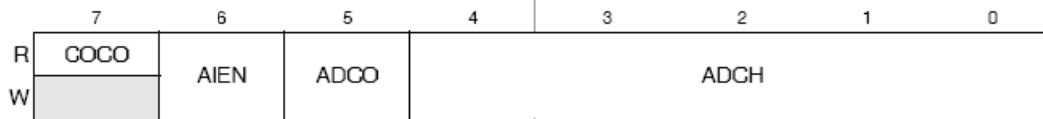
### Registro de estado y control (ADCSC1)

Formuló Ing. Adolfo Heriberto Ruelas Puente	Revisó M.C. Gloria Etelbina Chávez Valenzuela	Aprobó	Autorizó MC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ ROMERO
Maestro	Coordinador de la Carrera	Gestión de la Calidad	Director de la Facultad



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)  
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

## Formato para prácticas de laboratorio



**COCO:** es un bit de solo lectura e indica cuando se ha completado la conversión:

0 : conversión no completada

1: conversión completada

**AIEN:** Activa una interrupción cuando se completa la conversión.

0 : conversión no completada

1: conversión completada

**ADCO:** Utilizado para activar la conversión continua.

0 : conversión no completada

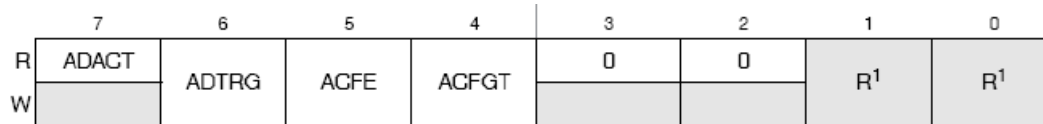
1: conversión completada

**ADCH:** 5 bits utilizados para determinar el canal de entrada, de acuerdo a la Tabla 2.

ADCH	Input Select
00000	AD0
00001	AD1
00010	AD2
00011	AD3
00100	AD4
00101	AD5
00110	AD6
00111	AD7

Tabla 2. Selección de los canales de entrada

### Registro de estado y control (ADCSC2)



**ADACT:** es un bit de solo lectura e indica si la conversión esta en progreso:

0: conversión no en progreso.

1: conversión en progreso.

**ADTRG:** Selecciona el tipo de trigger:

<b>Formuló</b> Ing. Adolfo Heriberto Ruelas Puente	<b>Revisó</b> M.C. Gloria Etelbina Chávez Valenzuela	<b>Aprobó</b>	<b>Autorizó</b> MC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ ROMERO
Maestro	Coordinador de la Carrera	Gestión de la Calidad	Director de la Facultad



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)  
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

## Formato para prácticas de laboratorio

0: trigger por software.

1: trigger por hardware.

**ADCFE:** Habilita el función de comparación:

0: función de comparación deshabilitada.

1: función de comparación habilitada.

**ADTRG:** Monitorea la función de comparación, cuando ADCFE se encuentra habilitado:

0: comparación es menor.

1: comparación mayor o igual.

### Registro de resultado de datos (ADCRH y ADCRL)

ADCRx contiene el resultado de la conversión, en modo de 8 bits el resultado se encuentra en ADCRL y ADCRH se encuentra en cero. En modo de 10 bits los 2 bits menos significativos de ADCRH contienen el resultado de los 2 bit más significativos de el resultado y ADCRH tiene los 8 bits faltantes. En modo de 12 bits los 4 bits menos significativos de ADCRH contienen el resultado de los 4 bit más significativos de el resultado y ADCRH tiene los 8 bits faltantes.

#### ADCRH

	7	6	5	4	3	2	1	0
R	0	0	0	0	ADR11	ADR10	ADR9	ADR8
W								

#### ADCRL

	7	6	5	4	3	2	1	0
R	ADR7	ADR6	ADR5	ADR4	ADR3	ADR2	ADR1	ADR0
W								

### Registro del valor comparado (ADCVH y ADCVL).

En modo de 12 bits, el registro ADCCVH mantiene los 4 bits más significativos de la comparación de 12 bits. Estos bits son comparados con los 4 bits más significativos de la conversión de modo de 12 bits cuando la comparación se encuentra habilitada.

#### ADCVH

	7	6	5	4	3	2	1	0
R	0	0	0	0	ADCV11	ADCV10	ADCV9	ADCV8
W								

En modo de 10 bits, el registro ADCCVH mantiene los 2 bits más significativos de la comparación de 10 bits. Estos bits son comparados con los 2 bits más significativos de la conversión de modo de 10 bits cuando la comparación se encuentra habilitada.

Formuló Ing. Adolfo Heriberto Ruelas Puente	Revisó M.C. Gloria Etelbina Chávez Valenzuela	Aprobó	Autorizó MC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ ROMERO
Maestro	Coordinador de la Carrera	Gestión de la Calidad	Director de la Facultad



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)  
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

## Formato para prácticas de laboratorio

### ADCVL

	7	6	5	4	3	2	1	0
R	ADCV7	ADCV6	ADCV5	ADCV4	ADCV3	ADCV2	ADCV1	ADCV0
W								

El registro ADCCVL mantiene los 8 bits menos significativos de la comparación de 12-bits o 8 bits, o todos los 8 bits del valor comparado.

### Registro de configuración (ADCCFG).

	7	6	5	4	3	2	1	0
R	ADLPC	ADIV		ADLSMP	MODE		ADICLK	
W								

**ADLPC:** Controla la velocidad y potencia de configuración de la conversión por aproximación sucesiva:

0: configuración alta.

1: configuración baja.

**ADIV:** indica el índice de división por el ADC para generar su reloj interno, mirar Tabla 3:

**ADLSMP:** selecciona el tiempo de muestreo entre largo y corto:

0: tiempo corto.

1: tiempo largo.

**MODE:** selecciona el modo entre 12, 10 y 8, mirar Tabla 4:

**ADICLK:** selecciona la fuente de entrada de reloj para generar el reloj del ADC, mirar Tabla 5:

ADIV	Divide Ratio	Clock Rate
00	1	Input clock
01	2	Input clock ÷ 2
10	4	Input clock ÷ 4
11	8	Input clock ÷ 8

Tabla 3. Selección del índice de división del reloj.

MODE	Mode Description
00	8-bit conversion (N=8)
01	12-bit conversion (N=12)
10	10-bit conversion (N=10)
11	Reserved

Formuló Ing. Adolfo Heriberto Ruelas Puente	Revisó M.C. Gloria Etelbina Chávez Valenzuela	Aprobó	Autorizó MC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ ROMERO
Maestro	Coordinador de la Carrera	Gestión de la Calidad	Director de la Facultad



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)  
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

## Formato para prácticas de laboratorio

Tabla 4. Selección del modo de conversión.

ADICLK	Selected Clock Source
00	Bus clock
01	Bus clock divided by 2
10	Alternate clock (ALTCLK)
11	Asynchronous clock (ADACK)

Tabla 5. Selección de la entrada de reloj.

### Registro de control de los pines (APCL1)

El registro de control de pines es usado para deshabilitar la entrada y salida del MCU, usado para entradas analógicas.

	7	6	5	4	3	2	1	0
R	ADPC7	ADPC6	ADPC5	ADPC4	ADPC3	ADPC2	ADPC1	ADPC0
W								

**ADPCx:** habilita el pin como entrada.

0: habilitado.

1: deshabilitado.

### Ejemplo 2

En este primer ejemplo se mostrara el uso del convertidor analógico digital, el siguiente código convierte el voltaje proporcionado por el potenciómetro incluido en el tablero, y muestra en sistema numérico decimal el valor del voltaje, en la pantalla de cristal liquido.

```
#include "derivative.h"
#include "lcd.h"

void main(void) {
    int TempC=0;
    LCDInit();
    LCDOnOffState();

    for(;;) {
        __RESET_WATCHDOG(); /*
        DispInt(LeerADC(0),1); // Imprime la conversión de la lectura del PTA0
    }
}
```

Formuló Ing. Adolfo Heriberto Ruelas Puente	Revisó M.C. Gloria Etelbina Chávez Valenzuela	Aprobó	Autorizó MC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ ROMERO
Maestro	Coordinador de la Carrera	Gestión de la Calidad	Director de la Facultad



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)  
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

**Formato para prácticas de laboratorio**

```

/* Conversión analógica a digital de 8 bits, reloj del bus como fuente de reloj
del ADC con divisor de 1. */
int leerADC(int canal){
    ADCSC1 = 0x20+canal;//Los demás registros automáticamente se encuentran en 0

    // Leer canal hasta que el COCO, sea un 1.
    while(!(ADCSC1 & 0x80));
    return ADCRL;
}

```

**4 PROCEDIMIENTO (DESCRIPCIÓN)**

A	EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO	
1 1 1	PC con puerto USB y unidad de CD. Tarjeta de demostración DEMO9S08LC60. Cable USB.		Manual de prácticas de laboratorio.

Formuló Ing. Adolfo Heriberto Ruelas Puente	Revisó M.C. Gloria Etelbina Chávez Valenzuela	Aprobó	Autorizó MC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ ROMERO
Maestro	Coordinador de la Carrera	Gestión de la Calidad	Director de la Facultad



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)  
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

**Formato para prácticas de laboratorio**

**B DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

1. Realizar el programa de ejemplo, posteriormente cargarlo en el microcontrolador y verificar su funcionamiento.
2. Realizar un biblioteca en C, para hacer uso del convertidor analógico a digital del microcontrolador. Y deberá contener las siguientes funciones:
  - a. Void Setup(char ADCSC1, char ADCSC2, char, char ADCCFG). La función inicializara los registros del ADC.
  - b. Void convert(). La función empezara la conversión del ADC con la configuración actual.
  - c. Int Read(). La función regresara el valor de la conversión.
  - d. Void SetChannel(char channel). La función realizara un cambio de canal del ADC.
  - e. Boolean Busy(). Esta función indicara si el convertidor está ocupado realizando una conversión.
3. Realizar un programa en C, que detecte cuando exista luz e indique en el display según la intensidad por ejemplo nada, poca, mediana, luz y mucha luz.
4. Realizar un programa en C que lea dos voltajes analógicos, y mostrar en tiempo real la suma del voltaje en el LCD. Con PTC7 permitirá cambiar den el LCD las siguientes leyendas:
  - a. "V1: valor".
  - b. "V2: valor"
  - c. "Suma: valor".
5. Realizar un programa en C, que obtenga la temperatura ambiente, mediante el sensor de temperatura NTC incluido en el tablero.

**CÁLCULOS Y REPORTE**

**5 RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

El alumno presentará sus conclusiones de la práctica considerando los resultados de la misma.

**6 ANEXOS**

- HCS08 Family Reference Manual  
Freescale Semiconductor  
Rev. 02. 2007
- MC9S08LC60/MC9S08LC32 Datasheet: Technical Data

Formuló Ing. Adolfo Heriberto Ruelas Puente	Revisó M.C. Gloria Etelbina Chávez Valenzuela	Aprobó	Autorizó MC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ ROMERO
Maestro	Coordinador de la Carrera	Gestión de la Calidad	Director de la Facultad



Fecha de efectividad: \_\_\_\_\_



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)  
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

**Formato para prácticas de laboratorio**

Freescape Semiconductor  
Rev. 04. 2007

<b>Formuló</b> Ing. Adolfo Heriberto Ruelas Puente	<b>Revisó</b> M.C. Gloria Etelbina Chávez Valenzuela	<b>Aprobó</b>	<b>Autorizó</b> <b>MC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ ROMERO</b>
<b>Maestro</b>	<b>Coordinador de la Carrera</b>	<b>Gestión de la Calidad</b>	<b>Director de la Facultad</b>