

Ingeniería en Computación  
Laboratorio de Microprocesadores

Trabajo Práctico Nro. 3:  
“Sistema de llenado  
y vaciado de un tanque”

Grupo 2:

Amodey, Leandro - leandroamodey@gmail.com  
Monti, Matías - matiasmonti@hotmail.com  
Quinteros, Fernando - lordfers@gmail.com  
Araneda, Alejandro – eloscurodeefeso@hotmail.com

Práctica entregada:  
1er. Cuatrimestre 2020  
Jueves, 25 de Junio

Docentes:  
Ing. Jorge H. Doorn  
Ing. Matías Presso

## Resumen

En el presente trabajo ejemplificaremos mediante diversas aplicaciones la utilización de los módulos analógicos de un microcontrolador. A su vez, éstas ilustrarán la forma en que el diseño digital que en general pertenece al dominio de la corriente continua y de baja tensión, se relaciona con los componentes electrónicos propios también de la corriente alterna y de mayor tensión.

## Introducción

### Características de los Puertos Analógicos

En la Figura 1 se muestra un circuito simplificado para una entrada analógica. Como los pines analógicos están conectados a una salida digital, tienen diodos con polarización inversa a VDD y VSS. La entrada analógica, por lo tanto, debe estar entre VSS y VDD.

**Figura 1.** *Ilustración del circuito interno de un puerto analógico*

Si el voltaje de entrada se desvía de este rango en más de 0.6V en cualquier dirección, uno de los diodos está polarizado hacia adelante y puede producirse un bloqueo. Se recomienda una resistencia máxima de 10 kOhm para las fuentes analógicas. Cualquier componente externo conectado a un pin de entrada analógica, como un capacitor o un diodo Zener, debe tener muy poca pérdida de corriente.

### Módulo Comparador Analógico

El PIC12F675 tiene un comparador analógico, y las entradas al comparador se multiplexan con los pines GP0 y GP1. Además, GP2 se puede configurar como salida del comparador. El registro de control del comparador (CMCON) contiene los bits para controlarlo.

**Figura 2.** *Resultado del comparador según los niveles de señales*

En la Figura 2 se muestra el resultado de la comparación según el nivel de la señales. Cuando la entrada analógica en VIN+ es menor a la entrada analógica en VIN-, generará una salida de nivel bajo, pero si VIN+ es mayor que VIN-, generará un nivel alto. Para poder trabajar con el comparador utilizando la entrada analógica AN0 y el voltaje de referencia VREF en lugar de GP0 y GP1, hay que setear los bits en el registro CMCON en 00011101 o 1D en hexadecimal.

### Módulo Conversor Analógico/Digital

Este módulo maneja un formato de conversión de 10 bits. Para el control, hay 2 registros disponibles para controlar las funcionalidades del módulo de conversión analog-to-digital. Además, este módulo se maneja a través de los "bit-comparator" analógicos ANSEL (de 0 a 3) y los bits del TRISIO que controlan el funcionamiento de los pines del mismo (normalmente se utiliza para

configurarlo en OUTPUT), y análogamente seteamos el bit ANS correspondiente para deshabilitar el INPUT buffer.

## Dispositivos con corriente considerable o corriente alterna

La corriente alterna por su alto voltaje puede ser peligrosa y requiere un aislamiento muy superior. No se puede almacenar y puede producir pulsos electromagnéticos que afecten a equipos electrónicos sensibles como un radio o celular.

Para evitar que una corriente de alto voltaje dañe los dispositivos podemos usar transistores que dependiendo la situación pueden funcionar como amplificador de intensidad o como regulador ya que no permitira que pase mas de cierta cantidad corriente.

El transistor cuenta con 3 pines el emisor se encarga de proporcionar las cargas eléctricas, la base controla el flujo de corriente y por ultimo el colector recoge las cargas proporcionadas por el emisor. La diferencia de usos entre transistores es que los NPN se utilizan para voltajes positivos y los PNP con voltajes negativos

**Figura 3.** Representacion de un transistor

Estos dispositivos tienen 3 estados:

- Se dice que un transistor entra en estado de corte cuando el voltaje de la base es nulo o menor a 0.6v, ya que que no logra activar el paso de corriente entre el colector y el emisor, es decir se comporta como un interruptor abierto.
- El funcionamiento en el estado de saturacion es el caso contrario a la de corte, ya que cuando el voltaje que circula por la base supera al establecido por el fabricante, satura al transistor y este permite la circulación entre colector y emisor como si fuera un cable normal, es decir se comporta como un interruptor cerrado.
- El estado activo se logra cuando el voltaje de la base esta en un rango intermedio entre la región de saturación y la de corte. Cuando logramos estabilizar el transistor es capaz de amplificar las señales de entrada las veces que tenga el valor de  $\beta$  ya que este multiplica la corriente del transistor.

## Tecnologías CMOS y TTL

Por tecnología TTL (en inglés, *transistor-transistor logic*) nos referimos a aquella que utiliza transistores de unión bipolar o BJT (en inglés, *bipolar junction transistor*), para la construcción de circuitos digitales<sup>[1]</sup>.

En cambio, los CMOS (en inglés, *complementary metal-oxide-semiconductor*) son un tipo de implementación de transistores de efecto de campo de la familia de los MOSFET (en inglés, *metal-oxide-semiconductor field-effect transistor*). La denominación se ha mantenido a pesar de haberse generalizado el uso de silicio en vez de metal y otros aislantes en reemplazo del óxido.

**Figura 4.** *Integrados con tecnologías CMOS (izquierda) y TTL (derecha)*

### Principales Diferencias

En la Figura 4 mostramos ejemplos de integrados para ambas tecnologías y a continuación listaremos sus principales diferencias desde la perspectiva de nuestras aplicaciones a diseñar:

- Los integrados desarrollados con CMOS son en general más costosos que su contraparte TTL.
- Los integrados con tecnología TTL son más robustos contra las descargas de estáticas.
- La propagación es más rápida en los TTL que en los CMOS. Estas últimas características hacen que los TTL sigan siendo utilizados.
- La dimensión de los CMOS es mucho menor que la de los TTL.
- Al operar con baja corriente, los CMOS tienen menos consumo que los TTL. Estas últimas características han hecho que los CMOS se transformaran en los más utilizados en la industria.
- Además, los niveles de tensión para los integrados con TTL rondan los 5 voltios mientras los márgenes para los CMOS son mucho mayores: desde los 3 a los 18 voltios.
- La cantidad de salidas que pueden conectarse a un CMOS sin alterar el correcto funcionamiento (puesto que funcionan con baja corriente) es cinco veces superior a las que permite un TTL. Sin embargo, la cantidad de entradas posibles son levemente superiores en estos últimos.

## Descripción de la Práctica

### Enunciado

A continuación transcribimos el enunciado original de la práctica. Del mismo tomamos los puntos teóricos que son descriptos en la Introducción. Los ejercicios prácticos son desarrollados en la sección Diseño y Simulación.

Laboratorio de Microprocesadores - 2020  
Taller de Microprocesadores Trabajo Practico 2

1. Describir brevemente las características de las entradas analógicas del chip. Determine cuantos niveles se pueden detectar en una entrada analógica y cual es la mínima variación que se puede detectar.  
Haga uso de una entrada analógica en el entorno de Proteus, detecte un nivel de amplitud de una señal analógica conectada a una de las entradas del chip. Puede detectar si es superior o inferior a cierto valor.

Por ejemplo: puede encender un LED cuando el nivel de una señal analógica supere cierto valor.

Experimente el uso de instrumentos en el entorno de Proteus.

Los instrumentos en la simulación serán de mucha utilidad para verificar el funcionamiento del diseño y del programa. Encontrará, entre otros, voltímetro, amperímetro, generador de ondas analógicas, osciloscopio, etc.

2. Describa brevemente qué es la tecnología CMOS, qué es la tecnología TTL y qué las diferencia.
3. Qué dispositivo/s emplearía para controlar con el microcontrolador el encendido y apagado de un dispositivo que funciona a una corriente considerable o que funciona con corriente alterna. Implemente un circuito en Proteus. (Puede modificar el circuito realizado para el ítem 3 del TP1, para encender una lámpara o un motor).
4. Diseñe el circuito de alimentación del chip PIC12F675 considerando que tendrá una fuente de alimentación externa de 9V. La fuente externa es una fuente 220 Vac / 9 Vdc.

## Plataforma de Desarrollo

Utilizamos el lenguaje C para programar las aplicaciones. Presentamos una copia de los mismos como anexos.

Para nuestro desarrollo utilizamos el compilador MPLAB XC8<sup>[2]</sup> de la empresa Microchips. El mismo es diseñado específicamente para la línea de microcontroladores de 8 bits a la que pertenece el PIC12F675.

El diseño y simulación del esquemático correspondiente a cada aplicación se realiza con el software Proteus<sup>[3]</sup> de la compañía Labcenter Electronics.

## Instrucciones de Compilación y Ejecución

Para la compilación del firmware utilizamos la línea de comandos en una terminal. Como parámetro a la ejecución del compilador agregamos el modelo del microcontrolador donde se instala el software. Éste es el método recomendado por el desarrollador por sobre el de incluir en el código mismo los archivos de encabezado para el preprocesador con las configuraciones específicas del modelo. Por ejemplo, para el primer ejercicio utilizamos:

```
xc8 --chip=12f675 ejercicio1.c
```

El compilador genera un archivo `.hex` que es el que agregamos a las propiedades del microcontrolador solicitadas por el software Proteus para la simulación del circuito. Allí también indicamos tanto la frecuencia del reloj y la palabra que representa los bits de configuración que debieran ser impresos en la memoria del integrado junto con el código ejecutable.

## Diseño y Simulación

### Ejercicio 1 Monitoreo de una señal analógica

Para este ejercicio utilizamos el circuito que se ilustra en la Figura 5. Consta de un LED conectado a masa y al pin 5 ó GP2 del microcontrolador más una señal sinusoidal de un hertzio con valores de 0 a 5 voltios de pico a pico conectada al pin 0 ó AN0. Para facilitar la simulación con el *software* Proteus, agregamos una punta de prueba sobre la línea que conduce la señal analógica.

Nuestro microcontrolador ya posee los módulos necesarios para realizar toda la aplicación: un módulo comparador de señales analógicas con la capacidad de entregar el resultado como señal digital en el pin GP2 y un módulo generador de un voltaje de referencia.

**Figura 5.** *Esquemático del circuito utilizado en el Ejercicio 1*

El código fuente para este ejercicio es el que se lista en el Anexo A. Vemos que consecuentemente, el mismo sólo consiste en la configuración de los módulos que ya posee el microcontrolador (líneas 15 a 19) más un ciclo infinito (línea 21).

Los registros del microcontrolador se configuran de acuerdo a lo que se indica en su *datasheet*<sup>[4]</sup>. Brevemente: se enciende el módulo comparador y se le asigna la señal proveniente del pin AN0 y la del módulo interno de voltaje de referencia, dirigiendo el resultado al pin GP2 (línea 15); el voltaje de referencia se ajusta a 3.59 voltios para el caso de un voltaje de operación de 5 voltios (línea 19); y finalmente se configuran los puertos estableciendo sólo al GP0 ó AN0 como analógico (línea 16) y única entrada (línea 17), siendo los demás puertos de salida inicializados en cero (línea 18).

### Ejercicio 2 Corriente alterna o considerable

Para este ejercicio modificamos el circuito correspondiente al ejercicio 3 del anterior Trabajo Práctico 1, como indicaba el enunciado. Como se aprecia en la Figura 6, reemplazamos un LED por un motor DC y una batería, los que entran en funcionamiento cuando un transistor es puesto en estado activo mediante la señal del puerto GP0 del microcontrolador, señal que a su vez se activa mediante un switch cuyo estado recibe el puerto GP1.

**Figura 6.** *Simulación del circuito utilizado en el Ejercicio 2*

El código fuente no ha sido modificado y se lista en el Anexo B. La simulación permite ejemplificar como con apenas 4 miliamperios tomados del microcontrolador, es posible movilizar 400 miliamperios para el funcionamiento del motor, lo que significa para nuestro transistor un factor  $\beta$  de 100 unidades.

### Ejercicio 3 Diseño de fuente reguladora

En este ejercicio se realizó la etapa de regulación de una fuente con el regulador 7805 para estabilizar la tensión de entrada a los 5V necesarios para el funcionamiento del microcontrolador. El mismo se muestra en la Figura 7.

**Figura 7.** Esquemático del circuito diseñado para la fuente

El objetivo de la etapa de regulación es mantener estable la tensión de entrada para evitar inestabilidad en el PIC completo y protegerlo de sobretensiones. Además permite que la tensión de entrada suministrada por una fuente externa pueda variar, siendo el rango entre 5 y 32 v.

En el diseño se incluyeron 2 capacitores cerámicos de valor bajo, los cuales garantizan que la carga y tensión de entrada al regulador sea más precisa según los dispositivos a los que irá conectado.

Por otro lado, en el esquemático de Proteus, el PIC no muestra las conexiones de tensión ya que por defecto las mapea a una tensión de  $VSS = 5v$  y  $VDD = 0v$ . Para poder conectar la etapa reguladora al PIC se debió generar un terminal nuevo (VCC5), y luego en las propiedades del PIC mapear VSS al terminal VCC5.

## Conclusiones

En general, los microcontroladores están destinados a aplicaciones específicas que siempre involucran un intercambio con un medio que no es digital. El manejo tanto de señales analógica como de alimentación de corriente alterna resulta indispensable.

Los transistores son los componentes indispensables para esta interconexión, lo mismo que diversas construcciones como las escaleras de resistencias para la conversión analógica/digital o las técnicas de administración de energía como la modulación por pulso (o PWM, por sus siglas en inglés).

Esta práctica brinda un panorama rápido acerca de los componentes electrónicos involucrados, así como la configuración necesaria de los registros y módulos del microcontrolador que han sido destinados específicamente para estas aplicaciones.

---

## Referencias

- [1] Boylestad, R. & Nashelsky, L. (2002). *“Electronic devices and circuit theory”*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- [2] *“Microchip MPLAB XC8 C Compiler”* (Versión 2.10; Microchip Technology Inc.: 2019). Recuperado de <https://www.microchip.com/mplab/compilers>
- [3] *“Proteus 8 Professional”* (Versión 8.5 Service Pack 0; Labcenter Electronics: 2016). Recuperado de <https://www.labcenter.com/>
- [4] Microchip (2010). *“PIC12F629/675 Data Sheet. 8-Pin FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers”*. EE.UU. Recuperado de <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41190G.pdf>
- [5] “¿Qué es un transistor y como funciona?” (2020). Recuperado de <https://www.ingmecafenix.com/electronica/el-transistor/>

## **Anexo A**

A continuación listamos en extenso el código fuente en lenguaje C correspondiente al Ejercicio 1. La descripción de su funcionamiento puede encontrarse en la sección de Diseño y Simulación.



## **Anexo B**

A continuación podran ver el código fuente en lenguaje C correspondiente al Ejercicio 2. La descripción de su funcionamiento puede encontrarse en la sección de Diseño y Simulación.