Objetivo.

Realización de programas a través de programación en C y empleo del puerto serie para visualización y control.

Introducción

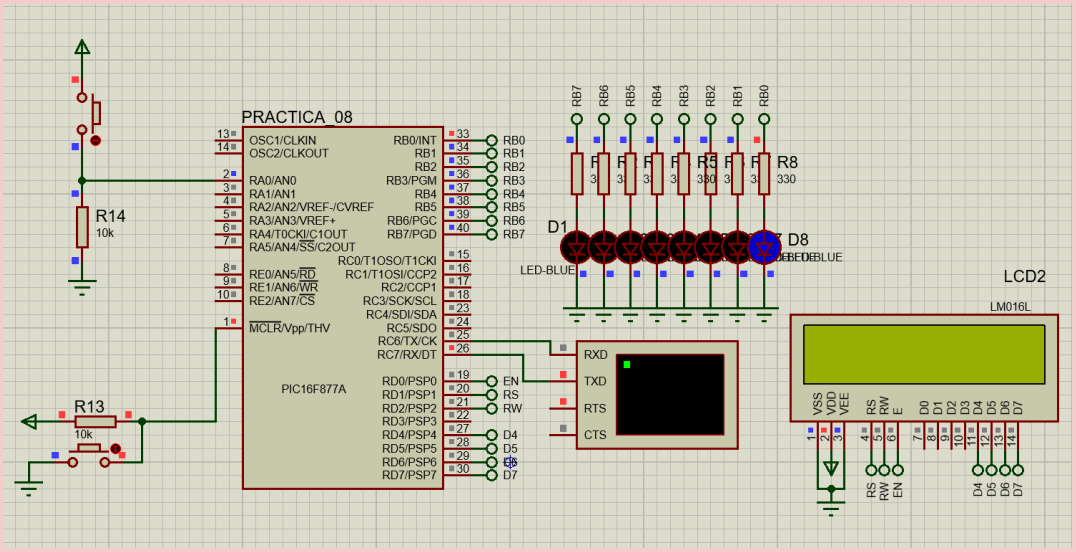
La programación de microcontroladores PIC utilizando el lenguaje C y el PIC C Compiler de CCS representa un enfoque poderoso y flexible para el desarrollo de sistemas embebidos. Este compilador, diseñado específicamente para la familia de microcontroladores PIC de Microchip, permite a los desarrolladores aprovechar las ventajas de un lenguaje de alto nivel como C para implementar funcionalidades complejas de manera eficiente y con código más legible. La capacidad de C para manejar operaciones a nivel de hardware a través de estructuras de alto nivel, combinado con las optimizaciones específicas del compilador de CCS, facilita la creación de aplicaciones robustas que pueden incluir desde la manipulación de entradas/salidas digitales hasta la comunicación avanzada por puerto serie.

Desarrollo de la práctica

Ejercicio 1

Escribir, comentar, compilar el siguiente programa usando el ambiente del PIC C Compiler y comprobar el funcionamiento.

Comentado el código	ejercicio7.c | proyectoFinal.c | E2.C | e3.c | e4.c | e5.c | ejemplo.c*
	1 #include <16f877.h>
	2 #fuses HS,NOPROTECT, //Alta velocidad, no queremos proteger el código
	3 #use delay(clock=20000000) //Reloj de 20 MHz
	4 #org 0x1F00, 0x1FFF void loader16F877(void) {}//A partir de la 1f00 y hasta la 1fff vamos a reservar una función vacía
	5 void main(){
	6 while(1){
	7 output_b(0x01);//Mandamos un 0b00000001 al portb
	8 delay_ms(1000);//retraso de 1 segundo
	9 output_b(0x00);//Mandamos un 0b00000000 al portb
	10 delay_ms(1000);//retraso de 1 segundo
	11 } //while
	12 }//main

Programa Funcionando correctamente	

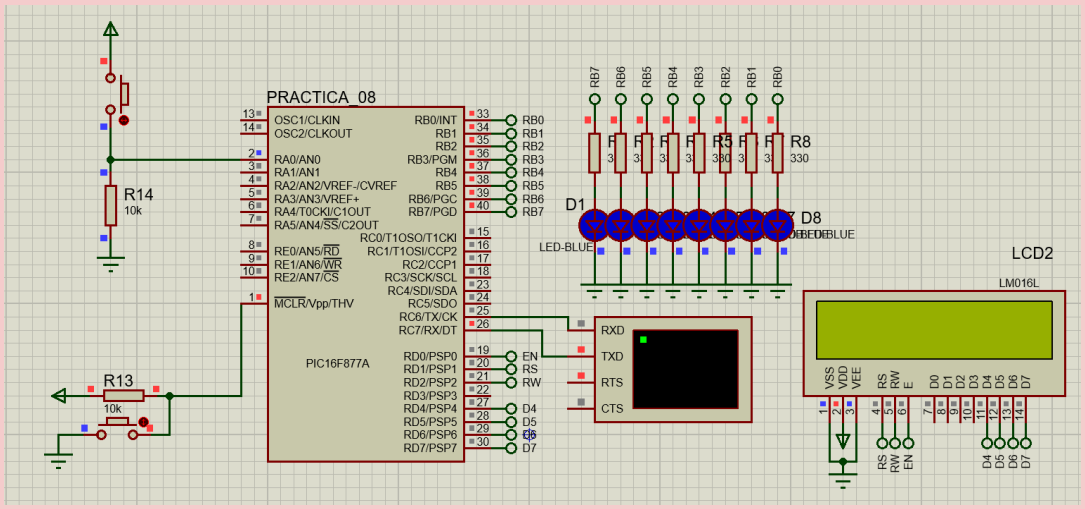
Este código es la implementación en el lenguaje C para encender y apagar un led con un retardo de 1 segundo entre cada cambio de estado.

Ejercicio 2

Modificar el programa para que active y desactive todos los bits del puerto B.

Propuesta de solución	
Funcionando correctamente	

```c
#include <16f877.h>
#fuses HS,NOPROTECT, //Alta velocidad, no queremos proteger el código
#use delay(clock=20000000) //Reloj de 20 MHz
#org 0x1F00, 0x1FFF void loader16F877(void) {}//A partir de la 1f00 y hasta la 1fff vamos a reservar una función vacía
void main(){
 while(1){
 output_b(0xFF);
 delay_ms(1000);
 output_b(0x00);
 delay_ms(1000);
 } //while
}//main
```



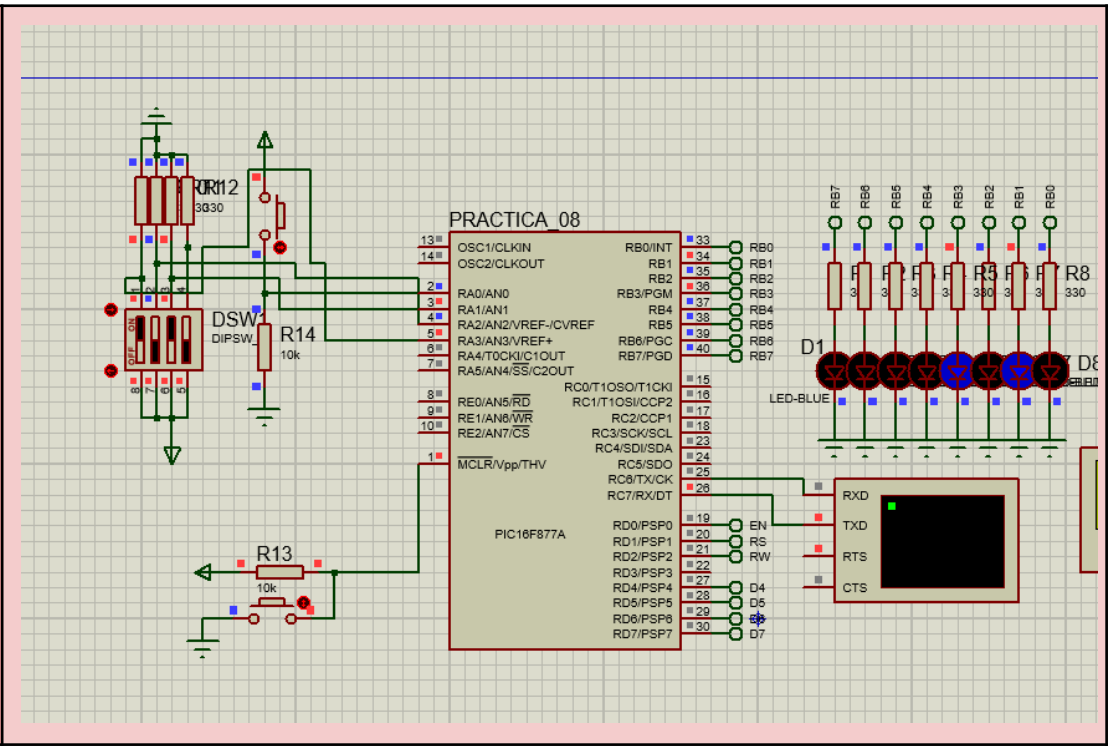
El cambio en el código es bastante sencillo, solo basta con indicar el puerto B que encienda todos los leds en lugar de solo el primero.

Ejercicio 3

Escribir, comentar, compilar el siguiente programa usando el ambiente del PIC C Compiler y comprobar el funcionamiento.

Propuesta de solución

```
#include <16f877.h>
#fuses HS,NOPROTECT,
#use delay(clock=20000000)
#org 0x1F00, 0x1FFF void loader16F877(void) {}
int var1;
void main(){
 while(1){
 var1=input_a();  //Guardamos los 8 bits del puerto portA en una variable de tipo entero
 output_b(var1);  //Mandamos el valor de la variable como salida en el puerto B
 }//while
 }//main
```

Funcionando correctamente	

Este sencillo ejercicio nos ayuda a familiarizarnos con la sintaxis para trabajar con los puertos paralelos tanto en entrada como en salida.

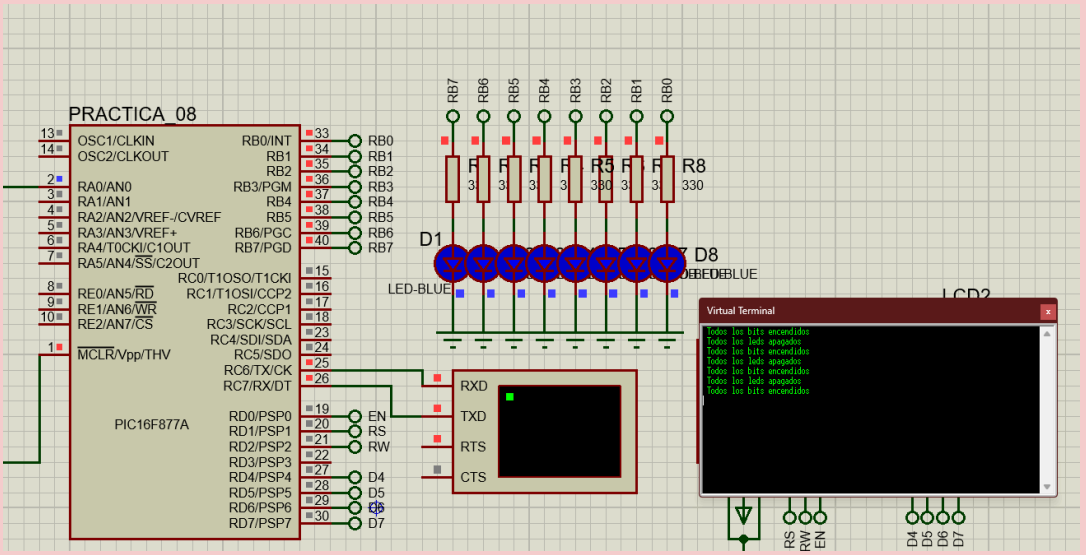
Ejercicio 4

Escribir, comentar, compilar, el siguiente programa usando el ambiente del PIC C Compiler y comprobar el funcionamiento.

Propuesta de solución

```
#include <16f877.h>
#fuses HS,NOPROTECT,
#use delay(clock=20000000)
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)
#org 0x1F00, 0x1FFF void loader16F877(void) {}
void main(){
 while(1){
 output_b(0xff); //
 printf(" Todos los bits encendidos \n\r");
 delay_ms(1000);
 output_b(0x00);
 printf(" Todos los leds apagados \n\r");
 delay_ms(1000);
 }//while
 }//main
```

Funcionando correctamente



Trabajar con dispositivos de E/S en ensamblador resultó ser muy difícil y representó diversas dificultades, fueron ejercicios que nos ayudaron a entender mejor la estructura y funcionamiento de nuestro microcontrolador. La inclusión de librerías en C nos permite configurar y controlar los dispositivos de manera sencilla y eficaz sin necesidad de escribir demasiado código.

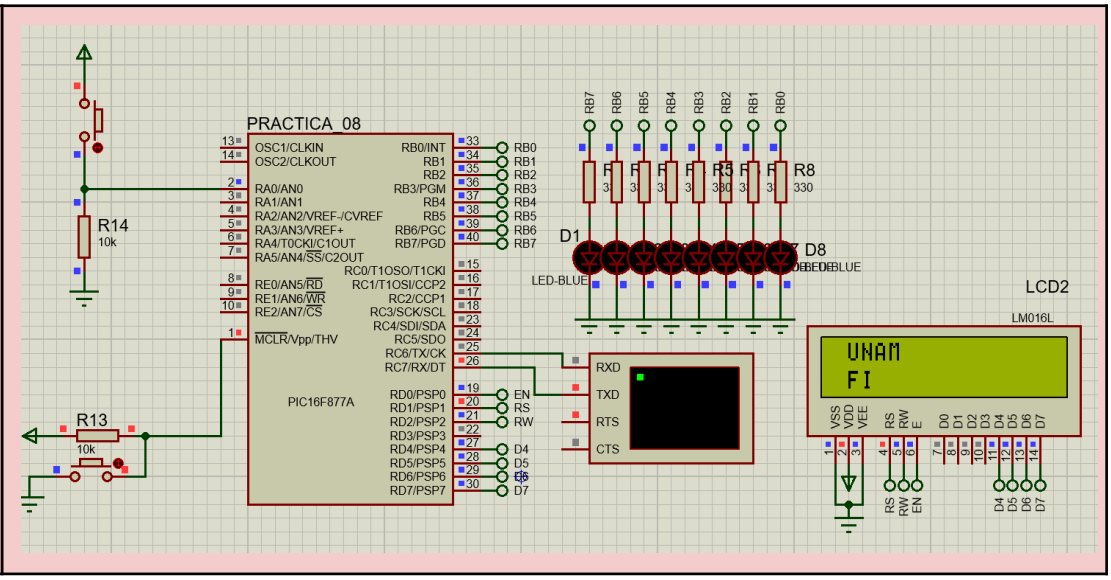
Ejercicio 5

Escribir, comentar, compilar, el siguiente programa usando el ambiente del PIC C Compiler y comprobar el funcionamiento.

Nota: La biblioteca lcd.c asigna las terminales para uso del LCD, en la plataforma usada se ha conectado al puerto D; también permite usar el puerto B para las señales de control; en este caso agregar previo a incluir la librería #define use_portb_lcd true.

Propuesta de solución

```
#include <16F877.h>
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock=20000000)
#include <lcd.c>
void main() {

 lcd_init();

 while( TRUE ) {
 lcd_gotoxy(1,1);
 printf(lcd_putc," UNAM \n ");
 lcd_gotoxy(1,2);
 printf(lcd_putc," FI \n ");
 delay_ms(300);
 }
 }
```

Ensamblado correctamente	

Esté código nos permite utilizar las dos filas de la pantalla LCD y nos muestra la forma tan sencilla que tenemos para mandar caracteres sin la necesidad de considerar los ascii.

Ejercicio 6

Realizar un programa empleando el compilador de C, para ejecutar las acciones mostradas en la siguiente tabla, estas son controladas a través del puerto serie; usar retardos de ½ segundos.

DATO	**ACCION** Puerto B	*Ejecución*
0	Todos los bits apagados	*00000000*
1	Todos los bits encendidos	*11111111*
2	Corrimiento del bit más significativo hacia la derecha	*10000000* …….. *00000001*
3	Corrimiento del bit menos significativo hacia la izquierda	*00000001* …….. *10000000*
4	Corrimiento del bit más significativo hacia la derecha y a la izquierda	*10000000* …….. *00000001* …….. *10000000*
5	Apagar y encender todos los bits.	*00000000* *11111111*

Propuesta de solución

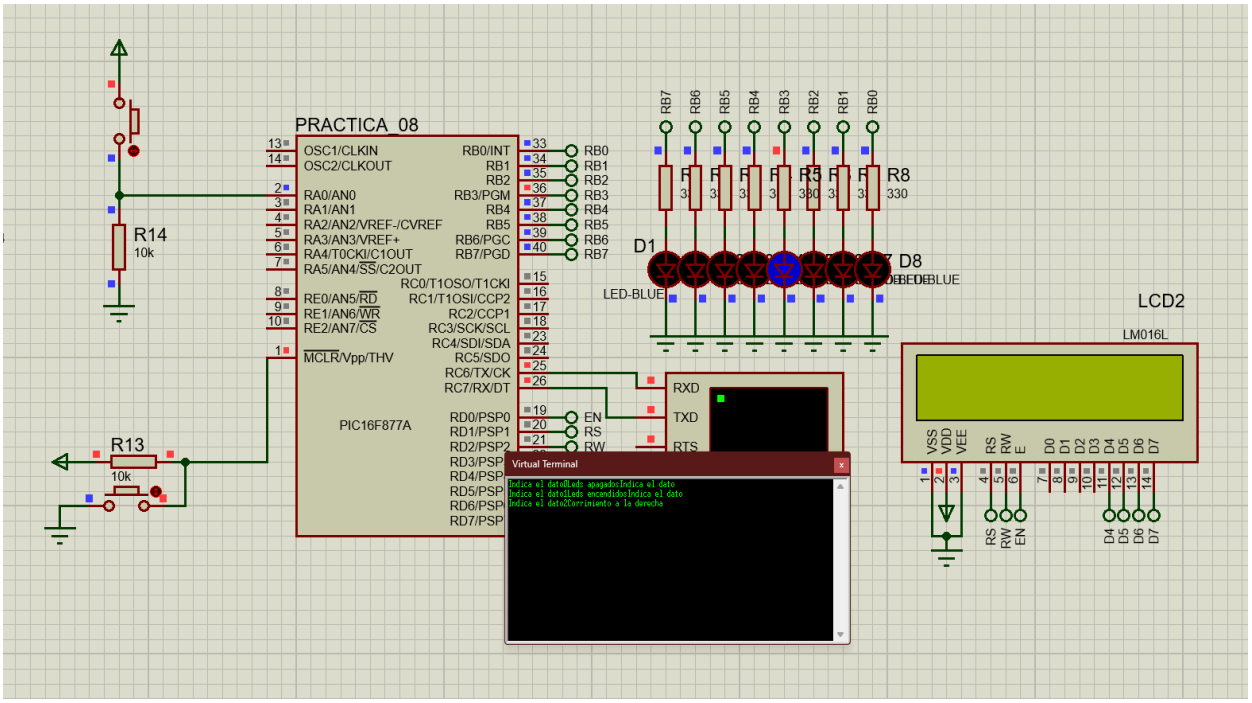
```c
#include <16f877.h> //Librería del controlador PIC16f877
#fuses HS,NOPROTECT, //Directivas de ADCON1
#use delay(clock=20000000) //Velocidad del reloj de la tarjeta
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7) //Directivas para poder trabajar con el puerto serie, baud rate de 38,400, PIN 6 para la transmisión de datos y PIN 7 para la recepción de datos
#org 0x1F00, 0x1FFF void loader16F877(void) {} //for the 8k 16F876/7


void main() {
   char c; //variable para leer el caractér de antrada
   int dato,i; //variable con el dato de salida y para el contador de los ciclos para los retardos
   //delay_ms(500); // Retardo inicial de 500 ms

   while(1) {
   printf("Indica el dato\n"); //Pedimos el dato al usuario para que este seleccione la acción a realizar
   c=getch(); //Se obtiene el caractér del teclado con la función getchar()
   putc(c); //Se envía el caractér al flujo de datos
     switch(c) { //switch case con el valor de c
       case '0': //c = 0
          printf("\n\tLeds apagados"); //Se apagan los LEDs del puerto de salida
          output_b(0x00); // Todos los bits apagados
          delay_ms(500); //retardo de medio segundo
          break;
       case '1': //c = 1
          printf("\n\tLeds encendidos"); //Se prenden los LEDs del puerto de salida
          output_b(0xff); //// Todos los bits encendidos
          delay_ms(500); //retardo de medio segundo
          break;
       case '2': //c = 2
           printf("\n\tCorrimiento a la derecha"); //Se indica en pantalla que se hace un corrimiento a la derecha
           dato=0x80; //dato=80h
          for(int i=0;i<=7;i++)
             {
                output_b(dato); //se manda a la salida dato
                delay_ms(500); //retardo de medio segundo
                dato=dato>>1; //corrimiento a la derecha de un bit
             }
           break;
       case '3': //c = 3
          printf("\n\tCorrimiento a la izquierda"); //Se indica en pantalla que se hace un corrimiento a la izquierda
          dato=0x01; //dato=01h
          for(i=0;i<=7;i++)
             {
                output_b(dato); //se manda a la salida dato
                delay_ms(500); //retardo de medio segundo
                dato=dato<<1; //corrimiento a la izquierda de un bit
             }
          break;
       case '4': //c = 4
          printf("\n\tCorrimiento a la derecha"); //Se indica en pantalla que se hace un corrimiento a la derecha
          dato=0x80;
          for(i=0;i<=7;i++)
             {
                output_b(dato); //se manda a la salida dato
                delay_ms(500); //retardo de medio segundo
                dato=dato>>1; //corrimiento a la derecha de un bit
             }
             printf("\n\tCorrimiento a la izquierda"); //Se indica en pantalla que se hace un corrimiento a la izquierda
          dato=0x01;
          for(i=0;i<=7;i++)
             {
                output_b(dato); //se manda a la salida dato
                delay_ms(500); //retardo de medio segundo
                dato=dato<<1; //corrimiento a la izquierda de un bit
             }
          break;
       case '5': //c = 5
          output_b(0x00); // Apagar todos los bits
          delay_ms(500); // Retardo de 500 ms
          output_b(0xff); // Encender todos los bits
          delay_ms(500); // Retardo de 500 ms
          output_b(0x00);
          break;
       default:
          // Accion por defecto en caso de comando no reconocido
          break;
       }

   }
```

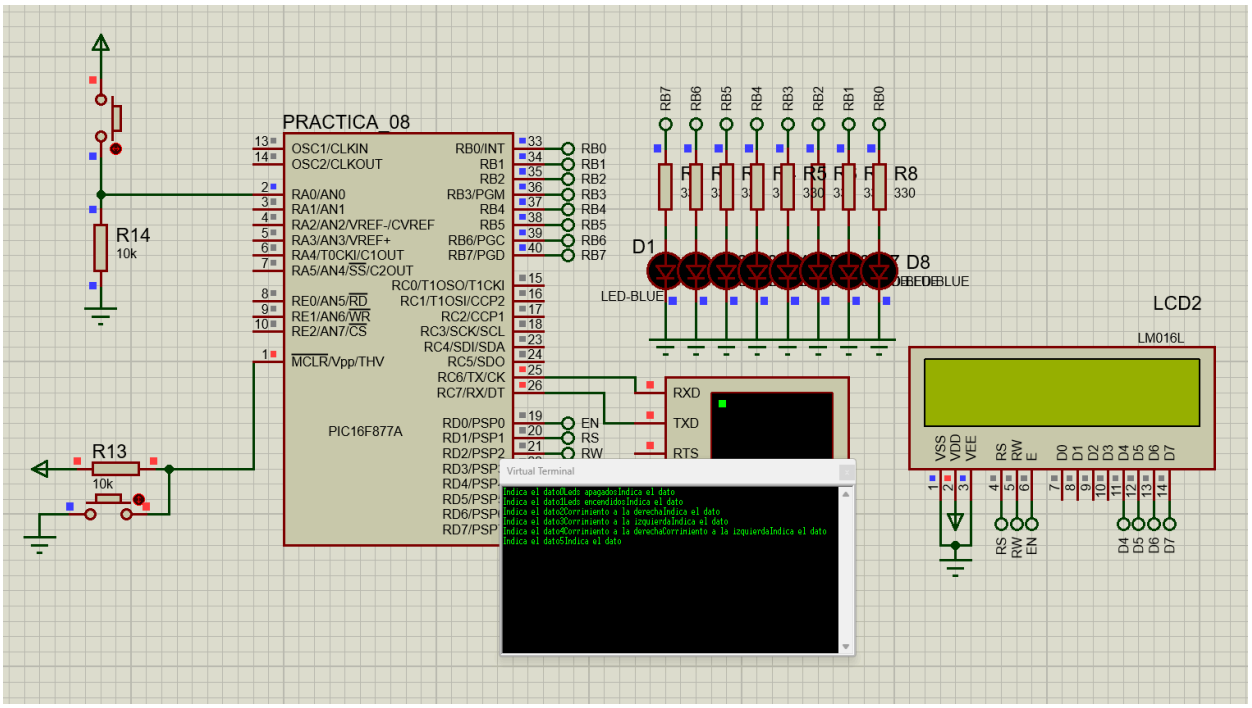
Pseudocódigo

```
Iniciar:
    Configurar microcontrolador con:
        - Oscilador HS
        - Sin protección de escritura
        - Sin protección contra bajos voltajes
        - Velocidad del reloj de 20 MHz
        - Comunicación serial a 9600 baudios
        - PIN C6 para transmisión de datos
        - PIN C7 para recepción de datos

    Inicializar LCD
```

```
    Esperar 500 ms (Retardo inicial)

    Mientras verdadero:
        Mostrar en pantalla "Indica el dato"
        Leer un carácter 'c' de la entrada serial
        Enviar el carácter 'c' de vuelta al flujo de datos

        Evaluar 'c':
            Si 'c' es '0':
                Mostrar "Leds apagados"
                Apagar todos los LEDs
                Esperar 500 ms

            Si 'c' es '1':
                Mostrar "Leds encendidos"
                Encender todos los LEDs
                Esperar 500 ms

            Si 'c' es '2':
                Mostrar "Corrimiento a la derecha"
                Iniciar con el bit más alto encendido
                Repetir 8 veces:
                    Mostrar el estado actual de los LEDs
                    Desplazar los LEDs a la derecha
                    Esperar 500 ms

            Si 'c' es '3':
                Mostrar "Corrimiento a la izquierda"
                Iniciar con el bit más bajo encendido
                Repetir 8 veces:
                    Mostrar el estado actual de los LEDs
                    Desplazar los LEDs a la izquierda
                    Esperar 500 ms

            Si 'c' es '4':
                Realizar un ciclo de desplazamiento:
                    Corrimiento a la derecha desde el bit más alto
                    Corrimiento a la izquierda desde el bit más bajo
                    Mostrar cada estado intermedio y esperar 500 ms entre cambios

            Si 'c' es '5':
                Mostrar "Apagado y encendido de LEDs"
                Apagar todos los LEDs
                Esperar 500 ms
                Encender todos los LEDs
                Esperar 500 ms
                Apagar todos los LEDs

            Si 'c' es otro carácter:
                Ignorar y esperar la próxima entrada

    Fin Mientras
Fin
```

Resultados:


PRACTICA_08
PIC16F877A
R14
10k
R13
10k
D1
D8
LED-BLUE
LCD2
LM016L
Virtual Terminal
Indica el dato0Leds apagadosIndica el dato
Indica el dato1Leds encendidosIndica el dato
Indica el dato2Corrimiento a la derecha


PRACTICA_08
PIC16F877A
R14
10k
R13
10k
D1
D8
LED-BLUE
LCD2
LM016L
Virtual Terminal
Indica el dato0Leds apagadosIndica el dato
Indica el dato1Leds encendidosIndica el dato
Indica el dato2Corrimiento a la derechaIndica el dato
Indica el dato3Corrimiento a la izquierdaIndica el dato
Indica el dato4Corrimiento a la derechaCorrimiento a la izquierdaIndica el dato
Indica el dato5Indica el dato

Ejercicio 7

Realizar un programa que muestre en un Display de Cristal Líquido, la cantidad de veces que se ha presionado un interruptor, el cual está conectado a la terminal A0. El despliegue a mostrar es:
a. Primer línea y 5 columna; la cuenta en decimal
b. Segunda línea y 5 columna; la cuenta en hexadecimal

Pseudocódigo

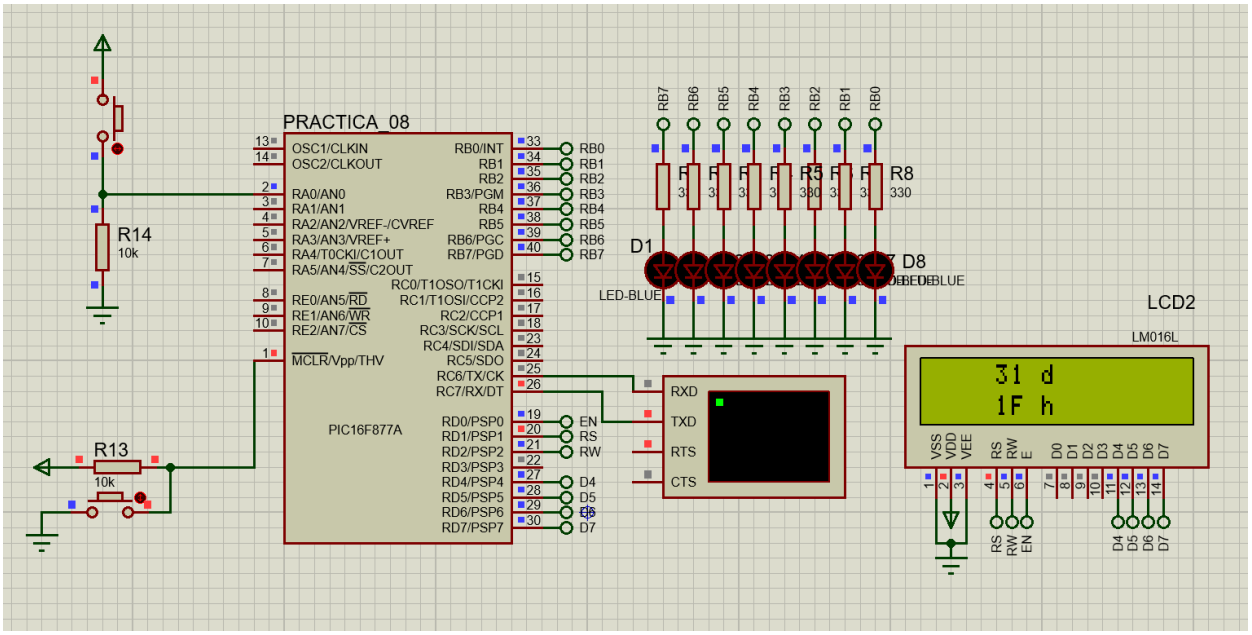
```
Iniciar:
    Inicializar el LCD

    Mientras Verdadero:
        Leer estado del puerto A en la variable 'var'

        Si 'var' es diferente de 0:
            Incrementar 'counter'
            Mientras 'var' sea diferente de 0:
                Leer nuevamente el estado del puerto A en 'var'
                Esperar 10 ms para evitar rebotes del botón o ruido

        Posicionar cursor en LCD en columna 5, fila 1
        Mostrar 'counter' en formato decimal en el LCD

        Posicionar cursor en LCD en columna 5, fila 2
        Mostrar 'counter' en formato hexadecimal en el LCD

        Esperar 200 ms antes de la siguiente lectura

    Fin Mientras
Fin
```

Implementación:

```
#include <16F877.h>
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock=20000000)
#include <lcd.c>
int counter;

void main() {

    lcd_init();       //Inicializamos el LCD

    while( TRUE ) {
    int var = input_a();
    if(var != 0){
      counter++;
      while(var != 0){
         var = input_a();
         delay_ms(10);
```

```
        }
    }
    lcd_gotoxy(5,1);
    printf(lcd_putc,"%d d    ", counter); //Mostramos el contador en decimal
    lcd_gotoxy(5,2);
    printf(lcd_putc,"%X h    ", counter); //Mostramos el contador en hexadecimal
    delay_ms(200);
    }
}
```

Resultados:



Análisis técnico

1. **¿Se puede comprobar que la solución producida funciona?**

   Gracias a la implementación de circuitos físicos y las simulaciones pudimos observar el correcto funcionamiento de las actividades realizadas durante la clase.

2. **¿Se alcanzó el objetivo?**

   Sí, logramos implementar una solución efectiva para cada actividad. Además, pudimos verificar el correcto desempeño de nuestros códigos gracias a los circuitos físicos como simulados .

Ejercicio 6

¿Cuál es el flujo interno de los datos?

1. Inicialización y Configuración Inicial:
   - Configuraciones de fusibles, reloj del sistema y comunicación serial se establecen al inicio.
   - Se espera un retardo inicial de 500 ms, aunque esta línea está comentada en el código.

2. Entrada de Datos:
   - Se solicita al usuario que ingrese un dato a través de la interfaz serial utilizando `printf("Indica el dato\n");`.
   - El carácter ingresado se captura mediante `c = getch();`, que lee un carácter desde el puerto serial.

3. Proceso y Respuesta:
   - El carácter capturado se reenvía de vuelta al puerto serial para confirmación usando `putc(c);`.
   - Dependiendo del carácter ingresado (`c`), se ejecutan diferentes acciones controladas por una estructura `switch`:
   - '0': Apaga todos los LEDs conectados al puerto B.
   - '1': Enciende todos los LEDs.
   - '2' y '4': Realizan corrimientos de bits a la derecha de un dato inicial.
   - '3' y '4': Realizan corrimientos de bits a la izquierda del mismo dato tras corrimiento a la derecha.
   - '5': Apaga y enciende todos los LEDs en secuencia.
   - Cada comando que afecta a los LEDs espera 500 ms tras su ejecución para proporcionar un retardo visual.

4. Repetición Continua:
   - Este proceso se repite indefinidamente en un bucle `while(1)`, permitiendo entradas continuas y acciones repetitivas basadas en las entradas.

¿Cuáles fueron los modos de direccionamiento utilizados?

1. Inmediato:
   - Uso de constantes literales como `0x00`, `0xff`, `0x80`, `0x01` para manipular directamente los datos en instrucciones de operación y asignación. Estos valores son utilizados directamente en las funciones, como en `output_b(0xff);`.

2. Directo:
   - Acceso directo a puertos de hardware específicos, como en `output_b(dato);`, donde `dato` es manipulado y luego enviado directamente al puerto B del microcontrolador para controlar los LEDs.

3. Registro:
   - Manipulación de variables locales como `dato` y `c` dentro de funciones y estructuras de control. Aunque técnicamente en C estas son consideradas accesos a memoria directos o a

variables, en el contexto de un microcontrolador, cada variable requiere una dirección de memoria que es gestionada por el compilador.

Ejercicio 7

¿Cuál es el flujo interno de los datos?

1. Inicialización:
   - El LCD se inicializa mediante `lcd_init()`. Esto prepara el display para mostrar datos.

2. Entrada de Datos:
   - Se lee el estado de un puerto de entrada usando `input_a()`. Esta función verifica si hay una señal (presumiblemente de un botón o sensor) en el puerto A del microcontrolador.

3. Procesamiento de Datos:
   - Si el puerto de entrada devuelve un valor no nulo (`var != 0`), indica que hay una entrada activa. En respuesta, se incrementa el valor de `counter`.
   - Se entra en un bucle interno mientras `var` sea diferente de cero, leyendo repetidamente el estado del puerto para asegurarse de que la entrada se ha desactivado. Durante este bucle, se introduce un pequeño retardo (`delay_ms(10)`) para manejar el rebote del botón o para evitar leer continuamente el puerto de entrada.

4. Salida de Datos:
   - El valor de `counter` se muestra en el LCD. Se presenta en dos formatos:
   - Decimal: utilizando `printf(lcd_putc, "%d d  ", counter)`.
   - Hexadecimal: utilizando `printf(lcd_putc, "%X h  ", counter)`.
   - Estos datos se posicionan en diferentes lugares del LCD a través de `lcd_gotoxy()`, que configura la posición del cursor en el LCD antes de imprimir el valor.

5. Repetición:
   - Después de mostrar los datos, el programa espera 200 milisegundos antes de comenzar la próxima iteración del bucle `while`, permitiendo una actualización periódica de la pantalla y la lectura de nuevos datos de entrada.

¿Cuáles fueron los modos de direccionamiento utilizados?

1. Directo:
   - Cuando se usa input_a(), se está accediendo directamente al valor del puerto A del microcontrolador. Este es un ejemplo de direccionamiento directo, donde se accede directamente a un registro de hardware específico.

2. Inmediato:
   - Los valores literales como los utilizados en `delay_ms(10)` y `delay_ms(200)` son ejemplos de direccionamiento inmediato, donde se pasa un valor constante directamente a la función.

3. (Indirectamente) Registro Directo:
   - El uso de `counter` en `printf(lcd_putc, "%d d  ", counter)` y en incrementos (`counter++`) implica el acceso a una variable almacenada en una ubicación de memoria específica. Aunque el modo de acceso es directo a la variable, en un nivel más bajo, podría considerarse un acceso indirecto dado que se manipula una dirección de memoria donde se almacena `counter`

Conclusiones

Alcantar Correa Vianey:
Aprender a programar en C después de haber utilizado ensamblador durante el semestre ha sido tremendamente beneficioso para mí. Con C, he logrado reducir significativamente el número de líneas de código y he encontrado que su sintaxis es más clara. Además, al ser un lenguaje de un nivel más alto, facilita enormemente la declaración de variables y la configuración de puertos de entrada y salida. Aunque el ensamblador sigue siendo crucial para entender cómo funcionan los programas en C, ahora me resulta más sencillo convertir programas de C a ensamblador utilizando diversas directivas e instrucciones. También he descubierto funciones útiles en la biblioteca .h y directivas para la comunicación serie-asíncrona. A través de esta experiencia, he aprendido a utilizar el PIC C Compiler, una herramienta eficaz que traduce programas de C a ensamblador, lo que ha sido una adición valiosa a mi conjunto de herramientas de programación.

Sanchez Rosas Alexis Alejandro:
El cambio en el lenguaje de programación fue sin lugar a dudas un aprendizaje refrescante y al cual conseguimos adaptarnos con facilidad gracias al conocimiento adquirido previamente en el lenguaje ensamblador. Este conocimiento nos ayudó a entender cómo funcionaba el microcontrolador y todos los conceptos y herramientas necesarias para poder trabajar con él con cualquier tipo de herramienta. La programación en C se encuentra varios niveles por encima de la programación en ensamblador y es interesante ver como todo el código puede ser convertido en un archivo HEX e interpretado por el microcontrolador, gracias al lenguaje somos capaces de desarrollar soluciones más óptimas y eficientes en varios sentidos; el uso de bibliotecas y la posibilidad de poder realizar operaciones más complejas que la suma y la resta sin lugar a dudas nos facilitó bastante el trabajo al momento de diseñar e implementar los códigos de las actividades de la práctica.

Velazquez Martinez Karla Andrea:

En esta práctica, hemos explorado y profundizado en la programación en C para microcontroladores, específicamente el PIC16F877, enfocándonos en la utilización efectiva del puerto serie para la visualización y el control de dispositivos externos como LEDs. A través del desarrollo de varios programas, se ha demostrado cómo el uso del puerto serie no solo facilita la interacción con el usuario, sino que también permite un control preciso y visualización en tiempo real del estado del hardware. La capacidad de programar en C, un lenguaje de alto nivel, y aplicarlo en un contexto de microcontrolador ha simplificado significativamente la gestión de la entrada/salida, mostrando su eficacia en la reducción de la complejidad y en la mejora de la claridad del código, lo que es crucial para aplicaciones de control en tiempo real.

Bibliografía

1. Microside Technology. (n.d.). LCD con PIC16F887 o PIC16F877A - PIC C Compiler CCS. Recuperado de https://docs.microside.com/practicas/pic-c-compiler-ccs/pic16f887-or-pic16f877a/10-lcd
2. Microside Technology. (n.d.). PIC C Compiler CCS - Manuales de usuario. Recuperado de https://docs.microside.com/manuales-de-usuario/ides/pic-c-compiler-ccs
3. Control Automático Educación. (n.d.). PIC C Compiler. Recuperado de https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/pic-c-compiler/
4. Microchip Technology Inc. 2003. PIC16F87XA Data Sheet Recuperado de https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf