04 PRÁCTICA FINAL
NO. 04

Contador binario con pantalla LCD

SESIÓN	DURACIÓN	UNIDADES	PLATAFORMA
4 de 4	4 horas	7 y 8	PICAXE-14M2

Introducción

En la Práctica 2 el 74LS74 contaba con flip-flops: cada pulso de reloj sumaba uno y los LEDs mostraban el número en binario. Hoy el mismo trabajo lo hace un **microcontrolador** con un programa. Cada vez que se presiona el botón **SUMAR** la cuenta sube en uno; cuatro LEDs la muestran en binario y la pantalla LCD la escribe en decimal y en binario. Un puente llamado **BORRAR** la regresa a cero, como la entrada CLR del flip-flop.

El PICAXE-14M2 es un microcontrolador de 14 terminales que se programa en BASIC. A diferencia del Arduino, no viene en una placa: se coloca en el protoboard como cualquier integrado. Para cargarle el programa se arma un pequeño **circuito de programación** con un 74LS04, la misma compuerta NOT de la Práctica 1.

El circuito se arma en tres etapas: primero el PICAXE y los LEDs, luego las entradas y al final la pantalla. Cada etapa se prueba antes de pasar a la siguiente.

NOTA

Los grupos que trabajan con el Arduino Uno tienen su propia guía. El circuito hace exactamente lo mismo; solo cambian el microcontrolador y la forma de cargar el programa.

OBJETIVOS

- Armar el circuito mínimo de un microcontrolador: alimentación y programación.
- Conectar salidas (LEDs) y entradas (botón y puente) al PICAXE.
- Leer un número de 4 bits en binario y pasarlo a decimal.
- Mostrar datos en una pantalla LCD por el bus I^2C.
- Cambiar el comportamiento del circuito modificando el programa.

MATERIALES Y EQUIPO

- PICAXE-14M2 y un 74LS04.
- Adaptador USB-serie (CH340 o FTDI) con cables *jumper*, y una computadora con el **PICAXE Editor** y el controlador del adaptador.
- MO-MB102 con ADP-5HB y el UT33B+.
- Pantalla LCD 16×2 con módulo I^2C y cuatro cables *jumper* macho-hembra.
- 4 LEDs y 4 resistencias de 330 Ω.
- 1 botón pulsador, 1 resistencia de 1 kΩ, 3 de 10 kΩ y 1 capacitor de 100 nF.
- Protoboard y cables *jumper*.

PLANIFICACIÓN DE LA SESIÓN

Parte	Actividad	Tiempo
—	Apertura: contar en binario con 4 bits	20 min
A	El PICAXE, su programación y los LEDs	65 min
B	Las entradas: SUMAR y BORRAR	35 min
C	La pantalla LCD	40 min
D	Retos: cambiar el programa	35 min
—	Evaluación en Socrative, desarmado y cierre	25 min
	Total	**220 min + 20 min**

Fundamento teórico

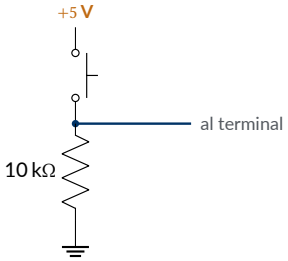
Contar con 4 bits

Cada LED es un bit. De derecha a izquierda valen 1, 2, 4 y 8: el número es la suma de los LEDs encendidos. Con 4 bits se cuenta de 0 a 15. Al sumar uno a 15 (1111) el resultado necesitaría un quinto bit, así que la cuenta **regresa a 0**, igual que un contador de flip-flops.

bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	Valor
8	4	2	1	Peso de cada LED
0	1	1	0	$4 + 2 = 6$
1	0	1	1	$8 + 2 + 1 = 11$

Una entrada nunca queda al aire

El botón une el terminal con +5 V. Cuando está suelto, la resistencia de 10 kΩ lo lleva a GND. Sin ella la entrada queda **flotando** y la cuenta avanza sola, como pasó con las entradas TTL al aire en la Práctica 1.



- **Suelto:** el terminal lee 0.
- **Presionado:** el terminal lee 1. Por la resistencia pasan apenas 5 V/10 kΩ = 0.5 mA.
- **El rebote:** al cerrarse, el contacto vibra unos milisegundos y la entrada cambia varias veces. El programa espera 20 ms y, además, no vuelve a contar hasta que se suelta el botón.

Cómo se programa el PICAXE

El PICAXE trae de fábrica un pequeño programa que escucha el terminal 2 (**Serial In**). Cuando la computadora envía un programa nuevo, lo guarda y lo ejecuta; el chip lo conserva aunque se apague. Las respuestas salen por el terminal 13 (**Serial Out**).

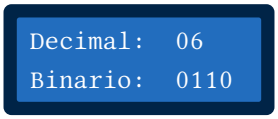
El PICAXE usa la señal serie **invertida**: en reposo la línea está en 0. Un adaptador USB-serie común la entrega al revés, en reposo en 1. La solución es una compuerta 74LS04 en cada sentido:

Elemento	Para qué está
NOT de los terminales 5 y 6	Invierte lo que manda la computadora (TXD) antes de llegar al terminal 2
NOT de los terminales 9 y 8	Invierte lo que responde el PICAXE (terminal 13) antes de llegar a RXD
1 kΩ en serie	Protege el terminal 2
10 kΩ a GND	Mantiene el terminal 2 en 0 aunque no haya nada conectado. **Nunca** se quita: con el terminal 2 al aire el programa no corre

> **NOTA**
>
> En el manual del PICAXE la resistencia en serie es de 22 kΩ, porque allí la señal viene del cable oficial. Aquí la entrega una salida TTL, cuyo nivel alto es de unos 3.4 V: con 22 kΩ el terminal 2 recibiría apenas 1 V, y con 1 kΩ recibe 3.1 V.

La pantalla por I^2C

El módulo soldado detrás de la LCD recibe los datos por solo dos cables: SDA (datos) al terminal 9 y SCL (reloj) al terminal 10. Su dirección suele ser `0x27`; algunos módulos usan `0x3F`. El PICAXE escribe la dirección multiplicada por dos: `$4E` o `$7E`. Lo que se verá al final es esto:



Terminales

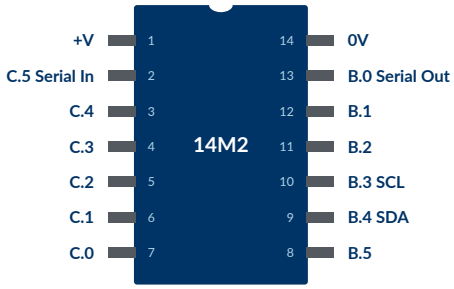


Figura 04.1. PICAXE-14M2. Los terminales 11 y 12 no se usan.

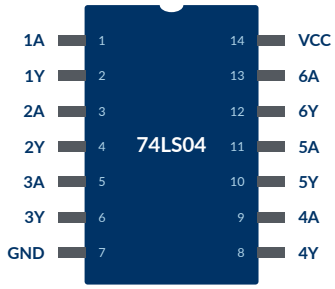


Figura 04.2. 74LS04. Se usan dos de sus seis compuertas.

ADVERTENCIA

En el PICAXE la alimentación está en las esquinas de la *izquierda*: +V es el terminal 1 y 0V el 14. Es al revés que en el 74LS04, donde VCC es el 14 y GND el 7. Invertir la alimentación destruye el chip.

El circuito

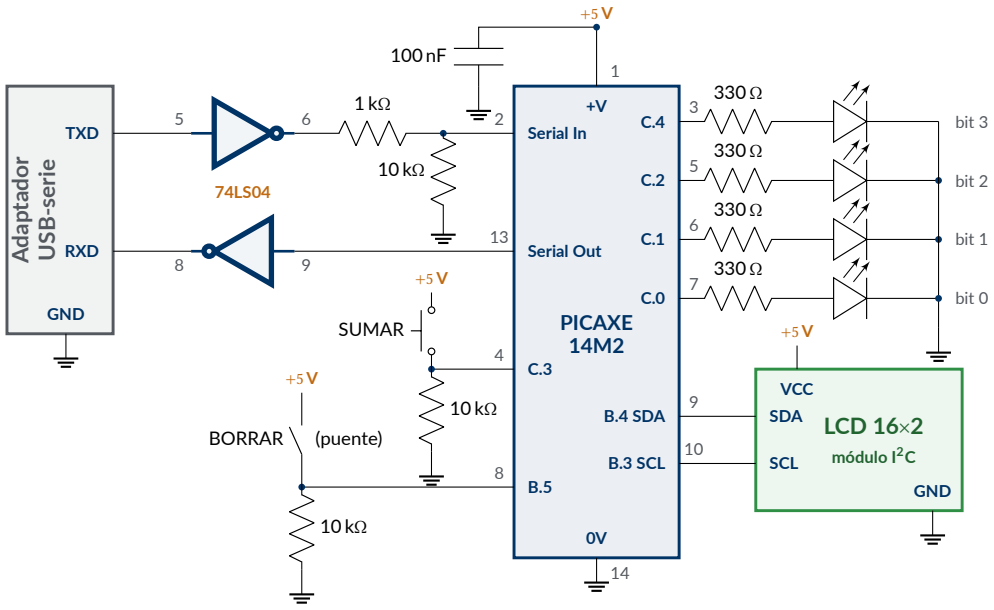


Figura 04.3. Esquema completo. A la izquierda, el circuito de programación; a la derecha, los LEDs y la LCD. Los números pequeños son los terminales. El puente BORRAR es un cable que se pone y se quita.

Tabla 04.1. Conexiones, terminal por terminal

Terminal	Se conecta a	Parte
PICAXE-14M2		
1 (+V)	Riel +	A
14 (0V)	Riel −	A
2 (Serial In)	1 kΩ desde 04-6, y 10 kΩ a GND	A
13 (Serial Out)	04-9	A
3, 5, 6, 7	Cada uno a una resistencia de 330 Ω y su LED: el 3 (C.4) es el bit 3 y el 7 (C.0) el bit 0	A
4 (C.3)	Botón SUMAR (el otro lado a +5 V) y 10 kΩ a GND	B
8 (B.5)	Puente BORRAR (el otro lado a +5 V) y 10 kΩ a GND	B
9 (SDA) / 10 (SCL)	SDA / SCL de la LCD	C
11, 12	Libres	—
74LS04		
14 / 7	Riel + / riel −	A
5 / 6	TXD del adaptador / 1 kΩ al terminal 2 del PICAXE	A
9 / 8	Terminal 13 del PICAXE / RXD del adaptador	A
Adaptador USB-serie		
GND	Riel −	A
5V o VCC	**No se conecta**: el circuito se alimenta con el MO-MB102	—

> **NOTA**
>
> En esta guía 04-6 quiere decir “terminal 6 del 74LS04”.

El circuito armado

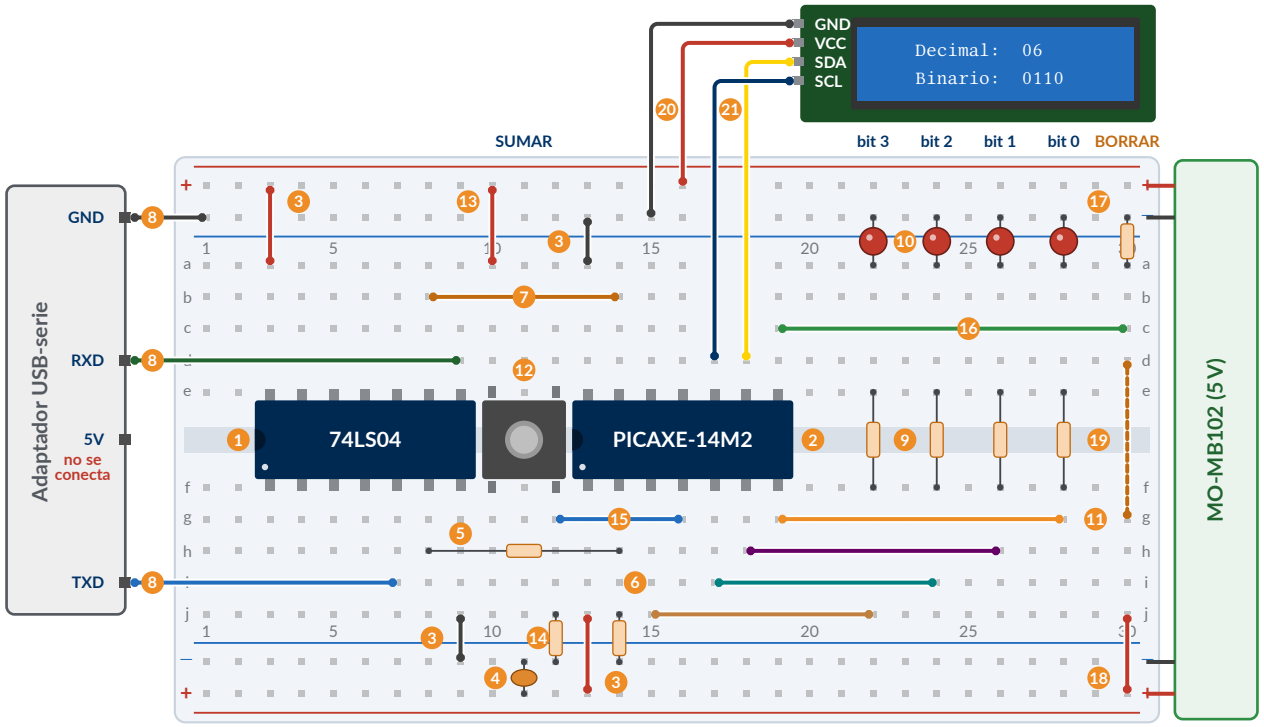


Figura 04.4. El circuito armado. Los números naranjas remiten a la lista de armado. Las letras (a a j) son las filas y los números, las columnas. Los dos integrados tienen la muesca a la izquierda.

Tabla 04.2. Lista de armado

N.º	Qué se coloca y dónde	Parte
1	74LS04 en las columnas 3 a 9, muesca a la izquierda	A
2	PICAXE-14M2 en las columnas 13 a 19, muesca a la izquierda	A
3	Alimentación, cuatro cables: rojo de a3 al riel + (04-14); negro de j9 al riel − (04-7); negro de a13 al riel − (0V del PICAXE); rojo de j13 al riel + (+V del PICAXE)	A
4	Capacitor de 100 nF entre los dos rieles de abajo, en la columna 11	A
5	Resistencia de 1 kΩ: de h8 a h14 (04-6 al terminal 2 del PICAXE)	A
6	Resistencia de 10 kΩ: de j14 al riel −	A
7	Cable: de b14 a b8 (terminal 13 del PICAXE a 04-9)	A
8	Adaptador: GND al riel −, RXD a d9 (04-8) y TXD a i7 (04-5). Su pin de 5 V no se conecta	A
9	Cuatro resistencias de 330 Ω cruzando la ranura: f22–e22, f24–e24, f26–e26 y f28–e28	A
10	Cuatro LEDs: pata larga en a22, a24, a26 y a28; pata corta en el riel − de arriba	A
11	Cables: j15 a j22 (bit 3), i17 a i24 (bit 2), h18 a h26 (bit 1) y g19 a g28 (bit 0)	A

N.º	Qué se coloca y dónde	Parte
12	Botón SUMAR cruzando la ranura, con las patas en e10, e12, f10 y f12	B
13	Cable rojo: de a10 al riel + de arriba	B
14	Resistencia de 10 kΩ: de j12 al riel − de abajo	B
15	Cable: de g12 a g16 (al terminal 4 del PICAXE)	B
16	Cable: de c19 a c30 (terminal 8 del PICAXE)	B
17	Resistencia de 10 kΩ: de a30 al riel − de arriba	B
18	Cable rojo: de j30 al riel + de abajo	B
19	Puente BORRAR: un cable de d30 a g30. Se pone para borrar y se quita	B
20	LCD: GND al riel − de arriba y VCC al riel + de arriba	C
21	LCD: SDA a d18 (terminal 9) y SCL a d17 (terminal 10)	C

RECOMENDACIÓN

El circuito de programación une los dos integrados dos veces, ambas entre las columnas 8 y 14: *abajo* con la resistencia de 1 kΩ (lo que entra al PICAXE por el terminal 2) y *arriba* con el cable naranja (lo que sale por el terminal 13). El botón usa dos patas **en diagonal**: e10 y f12; así funciona aunque se coloque girado.

ADVERTENCIA

Apague el MO-MB102 antes de mover cualquier cable. Coloque el módulo con sus dos puentes en 5 V y verifique con el multímetro cuál riel es el +. Si su protoboard tiene los rieles partidos a la mitad, una las dos mitades con un cable.

Procedimiento

Parte A. El PICAXE, su programación y los LEDs — 65 min

1. Con la alimentación apagada, coloque los elementos 1 a 7 de la lista de armado. Todavía *no* conecte el adaptador.
2. Encienda el MO-MB102 y mida con el UT33B+ entre los terminales 1 y 14 del PICAXE, y entre el 14 y el 7 del 74LS04. Apague.
3. Coloque los LEDs (elementos 9 a 11) y conecte el adaptador (elemento 8). Conecte el adaptador a la computadora.
4. Encienda el MO-MB102. En el PICAXE Editor abra `PF_Contador_LCD.bas` (su código completo está al final de esta guía). La línea `#picaxe 14M2` ya elige el chip; en `Settings` elija el puerto COM del adaptador y pulse **Program**.
5. Al terminar la descarga, la luz debe caminar una vez del bit 0 al bit 3. Después los LEDs se apagan: la cuenta está en 0. Apague y encienda el MO-MB102 para repetir la prueba.

Tabla 04.3. Primera prueba

Comprobación	Resultado
Tensión entre los terminales 1 y 14 del PICAXE	
Tensión entre los terminales 14 y 7 del 74LS04	
El programa se descargó sin errores (sí / no)	
Orden en que encienden los LEDs al arrancar	
Al terminar la prueba, ¿cuántos LEDs quedan encendidos?	

ADVERTENCIA

Mientras el adaptador esté conectado a la computadora, todo funciona. Si lo desconecta del USB, retire también su cable TXD del protoboard: el adaptador apagado deja 04-5 en 0, la NOT entrega un 1 al terminal 2 y el PICAXE se queda esperando un programa. Con 04-5 al aire, la entrada TTL se lee como 1 y el PICAXE corre normalmente.

Parte B. Las entradas: SUMAR y BORRAR — 35 min

1. Apague y coloque los elementos 12 a 19. El puente BORRAR *no* se deja puesto.
2. Encienda. Presione SUMAR una vez por renglón de la tabla y anote los LEDs en el orden bit 3, bit 2, bit 1, bit 0 (encendido = 1).
3. Al final, ponga y quite el puente BORRAR.

Tabla 04.4. El contador en los LEDs

Pulsaciones desde 0	LEDs (bit 3 a bit 0)	En decimal
1		
2		
3		
4		
7		
8		
10		
15		
16		
Después de poner el puente BORRAR		

NOTA

Si la cuenta avanza sola o salta de dos en dos, revise la resistencia de 10 kΩ del elemento 14: sin ella el terminal 4 queda al aire.

Parte C. La pantalla LCD

40 min

1. Apague y conecte la LCD (elementos 20 y 21).
2. Encienda. La pantalla muestra el saludo mientras la luz camina y después las dos líneas `Decimal:` y `Binario:`.
3. Si la luz de fondo enciende pero no se ven letras, gire con un desarmador el potenciómetro azul del módulo (contraste).
4. Lleve la cuenta a cada número de la tabla y anote lo que dice la LCD.

Tabla 04.5. La LCD y los LEDs

Lleve la cuenta a	LCD: Decimal	LCD: Binario	¿Coincide con los LEDs?
5			
9			
12			
14			

Tabla 04.6. El rebote

Prueba	La LCD marca
Ponga el puente BORRAR, quítelo y presione SUMAR 10 veces, lo más rápido que pueda	

Parte D. Retos: cambiar el programa

35 min

Cada reto cambia una o dos líneas. Guarde el programa con otro nombre antes de empezar.

1. **Contador de década.** Haga que la cuenta vaya de 0 a 9 y después regrese a 0, como el 74LS90. Pista: busque el número 15 en `principal`.
2. **Contar hacia abajo.** Haga que BORRAR *reste* uno en lugar de ir a 0, y que debajo de 0 siga el 15, como el 74LS193.

Si algo no funciona

Síntoma	Revise
El editor no muestra el puerto COM	El controlador del adaptador (**CH340** o **FTDI**); otro cable USB
Hardware not found al descargar	**MO-MB102** encendido; **TXD** a **04-5** y **RXD** a **04-8** (no al revés); **GND** del adaptador al riel −; alimentación del **74LS04**
El programa no corre	La de 10 kΩ del terminal 2 (elemento 6); el cable **TXD** con el adaptador desconectado del USB
El PICAXE se calienta	Alimentación invertida: +V es el terminal 1. Apague de inmediato
Un LED nunca enciende	Su polaridad y que la resistencia cruce la ranura en la misma columna
La cuenta avanza sola	La resistencia de 10 kΩ de j12 al riel −
SUMAR no hace nada	El cable rojo de a10; el cable de g12 a g16
Los LEDs muestran otro número	Cables de los terminales 3, 5, 6 y 7 cruzados: el 3 es el bit 3
LCD encendida, sin letras	El contraste: potenciómetro azul del módulo
LCD con cuadros en la primera línea	La dirección: cambie `$4E` por `$7E` y vuelva a descargar
LCD apagada	**VCC** y **GND** del módulo; **SDA** (terminal 9) y **SCL** (terminal 10) cruzados

Preguntas de cierre

1. ¿Por qué después de 15 la cuenta regresa a 0?

2. ¿Para qué sirve el **74LS04** en el circuito de programación?

3. ¿Qué pasaría si se quita la resistencia de 10 kΩ del botón SUMAR?

4. ¿Cuántos cables necesita la LCD y qué lleva cada uno?

El programa completo

</> PF_CONTADOR_LCD.BAS

```
' Universidad Rural de Guatemala - Electronica Digital FE731
' Practica final, version PICAXE-14M2: contador binario con pantalla LCD
' SUMAR suma 1 y BORRAR regresa a 0. La cuenta, de 0 a 15, se ve en
' cuatro LEDs y en la LCD (I2C), en decimal y en binario.

#picaxe 14M2

symbol SUMAR  = pinC.3      ' terminal 4, boton
symbol BORRAR = pinB.5      ' terminal 8, puente a +5 V
symbol LED0 = C.0           ' terminal 7, bit 0 (derecha)
symbol LED1 = C.1           ' terminal 6, bit 1
symbol LED2 = C.2           ' terminal 5, bit 2
symbol LED3 = C.4           ' terminal 3, bit 3 (izquierda)

' El PICAXE usa la direccion de 8 bits: 0x27 por 2 = $4E.
' Si la LCD solo muestra cuadros, use $7E (0x3F por 2).
symbol DIR_LCD = $4E

symbol cuenta = b0          ' sus bits se llaman bit0, bit1, bit2 y bit3
symbol dato   = b1          ' byte que se envia a la LCD
symbol modo   = b2          ' 0 = orden para la LCD, 1 = letra
symbol mitad  = b3
symbol conEN  = b4
symbol sinEN  = b5
symbol k      = b6

' Textos de la pantalla, guardados en la EEPROM
eeprom 0,  ("Decimal:")             ' posiciones 0 a 7
eeprom 8,  ("Binario:")             ' posiciones 8 a 15
eeprom 16, ("URURAL  FE731")        ' posiciones 16 a 28
eeprom 29, ("Contador binario")     ' posiciones 29 a 44

inicio:
  hi2csetup i2cmaster, DIR_LCD, i2cslow, i2cbyte
  gosub iniciarLCD

  modo = 0 : dato = $80 : gosub enviarByte        ' linea 1
  modo = 1
  for k = 16 to 28 : read k, dato : gosub enviarByte : next k
  modo = 0 : dato = $C0 : gosub enviarByte        ' linea 2
  modo = 1
  for k = 29 to 44 : read k, dato : gosub enviarByte : next k

  ' Prueba de los LEDs: la luz camina del bit 0 al bit 3
  for k = 0 to 3
    lookup k, (1, 2, 4, 8), cuenta
    gosub ponerLEDs
    pause 400
  next k
```

```
50
51    cuenta = 0
52    modo = 0 : dato = $01 : gosub enviarByte        ' borrar la pantalla
53    pause 2
54    dato = $80 : gosub enviarByte
55    modo = 1
56    for k = 0 to 7 : read k, dato : gosub enviarByte : next k
57    modo = 0 : dato = $C0 : gosub enviarByte
58    modo = 1
59    for k = 8 to 15 : read k, dato : gosub enviarByte : next k
60    gosub mostrar
61
62  principal:
63    if SUMAR = 1 then
64      cuenta = cuenta + 1
65      if cuenta > 15 then
66        cuenta = 0
67      endif
68      gosub mostrar
69      pause 20                          ' deja pasar el rebote
70      do while SUMAR = 1 : loop         ' espera a que se suelte
71      pause 20
72    endif
73
74    if BORRAR = 1 then
75      cuenta = 0
76      gosub mostrar
77      pause 20
78      do while BORRAR = 1 : loop
79      pause 20
80    endif
81    goto principal
82
83  ponerLEDs:
84    if bit0 = 1 then : high LED0 : else : low LED0 : endif
85    if bit1 = 1 then : high LED1 : else : low LED1 : endif
86    if bit2 = 1 then : high LED2 : else : low LED2 : endif
87    if bit3 = 1 then : high LED3 : else : low LED3 : endif
88    return
89
90  mostrar:
91    gosub ponerLEDs
92    modo = 0 : dato = $89 : gosub enviarByte        ' linea 1, columna 9
93    modo = 1
94    dato = cuenta / 10 + "0" : gosub enviarByte     ' decenas
95    dato = cuenta // 10 + "0" : gosub enviarByte    ' unidades
96    modo = 0 : dato = $C9 : gosub enviarByte        ' linea 2, columna 9
97    modo = 1
98    dato = bit3 + "0" : gosub enviarByte
99    dato = bit2 + "0" : gosub enviarByte
100   dato = bit1 + "0" : gosub enviarByte
101   dato = bit0 + "0" : gosub enviarByte
102   return
103
```

```
' ---- Manejo de la LCD por I2C (modulo PCF8574) ----
' Cada byte del PCF8574 lleva: D7 D6 D5 D4 | luz | EN | RW | RS.
' La LCD recibe cada byte en dos mitades de 4 bits; toma cada mitad
' cuando EN pasa de 1 a 0.

enviarByte:
  mitad = dato & $F0
  gosub enviarMitad
  mitad = dato * 16
  gosub enviarMitad
  return

enviarMitad:
  conEN = mitad | %00001100 | modo
  sinEN = mitad | %00001000 | modo
  hi2cout (conEN, sinEN)
  return

iniciarLCD:
  pause 50
  modo = 0
  mitad = $30
  gosub enviarMitad : pause 5
  gosub enviarMitad : pause 1
  gosub enviarMitad : pause 1
  mitad = $20
  gosub enviarMitad : pause 1                    ' modo de 4 bits
  dato = $28 : gosub enviarByte                  ' 2 lineas
  dato = $0C : gosub enviarByte                  ' pantalla encendida, sin cursor
  dato = $06 : gosub enviarByte                  ' el cursor avanza a la derecha
  dato = $01 : gosub enviarByte                  ' borrar
  pause 2
  return
```

Parte del programa	Qué hace
`symbol`	Da nombre a los terminales y a las variables. `cuenta` es `b0`, y sus bits se leen como `bit0` a `bit3`
`eeprom`	Guarda los textos de la pantalla en la memoria del chip
`inicio`	Prepara la LCD, saluda y hace caminar la luz
`principal`	Revisa SUMAR y BORRAR una y otra vez; espera el rebote y que se suelte el botón
`ponerLEDs` y `mostrar`	Encienden los LEDs con los bits de la cuenta y la escriben en la LCD
`enviarByte` y siguientes	Mandan cada letra a la LCD en dos mitades de 4 bits por el bus I^2C. No hace falta modificarlas

EVALUACIÓN EN LÍNEA (SOCRATIVE)

Al terminar la práctica se aplicará una evaluación breve en **Socrative**. Las preguntas combinan la teoría de la clase magistral en línea con lo que se acaba de hacer en el laboratorio.
El instructor indicará el código de la sala. Anótelo aquí, junto con cualquier indicación del día.

Código de sala / enlace

Espacio para la evaluación

Reservado para Socrative: el instructor colocará aquí el acceso o las indicaciones