Arquitectura de computadoras 1
Trabajo Práctico Nº4 - 2024
Entrada Salida. Interrupciones.

OBJETIVOS

- Comprender y diferenciar los mecanismos de entrada-salida a través de mapeo en memoria e instrucciones especiales.
- Programar interrupciones simples para detectar eventos asíncronos.
- Utilizar funciones adicionales que poseen los sistemas embebidos.
- Entender la diferencia entre un lenguaje de alto nivel y ensamblador.

Metodología

Trabajo grupal. Número de estudiantes por grupo según computadoras disponibles.
Tiempo de realización estimado: 3 clases.

Aprobación

- Mostrar en clases los programas que se solicitan en las actividades 1 y 2 funcionando.
- Subir a la plataforma Moodle los programas funcionando correctamente.
- Responder el cuestionario “Trabajo Práctico Nº4 - Cuestionario” luego de realizar la actividad 3.

Materiales y equipamientos necesarios:

- Computadoras (Notebook, PC de escritorio, etc).
- Simulador Assembler Simulator de 16-bit: https://parraman.github.io/asm-simulator/
- Simulador de placa de desarrollo Arduino UNO a través de un classroom de Tinkercad. Ver instrucciones en el Anexo 3.

Actividad 1: Entrada Salida en Simulador de 16 bits

En esta actividad utilizará el simulador Assembler Simulator de 16-bit: (https://parraman.github.io/asm-simulator/). En dicho simulador se mapea:

- Un display de 32 caracteres desde la posición 0x02E0 hasta la posición 0x02FF. Cada posición mapea un carácter en el display. Los caracteres se escriben en código ASCII.
- Una pantalla de 16x16 píxeles de 255 colores se mapea en memoria desde la posición 0x0300 hasta la posición 0x03FF. Cada posición de memoria en dicho rango mapea un píxel de la pantalla.

Por otro lado, el simulador incluye un teclado que puede accederse a través de instrucciones especiales IN y OUT.

Actividad 1.1: Uso de Teclado y Pantalla.

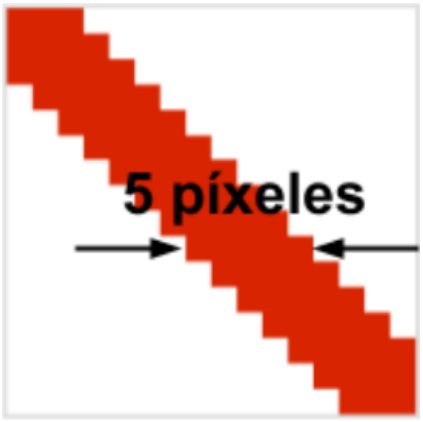
Escriba un programa que pinte píxeles de la pantalla comenzando por el píxel superior izquierdo (dirección 0x0300) y termine en el píxel inferior derecho (dirección 0x03FF). El programa deberá comenzar pintando los píxeles de color azul. Al apretar la tecla 2 del teclado del simulador, deberá cambiar el color de pintado por amarillo. Al apretar la tecla 1 del teclado, deberá cambiar el color de pintado por azul.

Actividad 1.2: Mario y Luigi

a) Abra el ejemplo “Draw Sprite” (Para ello, vaya a “File”, luego a “Samples”, luego a “Draw Sprite”).
b) Ensamble y ejecute el programa. El mismo dibuja un “Mario Bross” por pantalla.
c) Cambie el código de manera que luego de dibujar el Mario Bross, cambie el Mario Bross por Luigi cambiando el color del traje rojo por uno verde. El cambio de color debe realizarse a nivel de código, no a nivel de constantes.
Sugerencia: Quite la instrucción HLT. En su lugar, cree un bucle que lea el color de cada píxel de la pantalla, desde el primero (0x0300) al último (0x03FF). Si el color de un pixel es rojo (0xC4), cámbielo por verde (0x15). Utilize instrucciones de comparación (CMP) y saltos condicionales e incondicionales (JZ, JNZ, JMP).

1.3 Camiseta de River Plate

Escriba un programa que dibuje en la pantalla una franja roja a -45º sobre fondo blanco (similar a la camiseta del club atlético River Plate), como se muestra en la figura.



El programa deberá cumplir las siguientes condiciones:
a) La franja debe tener 5 píxeles de ancho.
b) La franja debe estar centrada

Actividad 2 - Interrupciones con Arduino

En esta actividad se utilizará un simulador de Arduino con placa de desarrollo.

Actividad 2.1: Introducción a interrupciones

1) Utilizando la interfaz de desarrollo de las plataformas Arduino, escriba un programa que encienda los led del 6 al 13 consecutivamente, uno a la vez, durante 0,8 segundos cada led. Al terminar, deberá comenzar nuevamente, encendiendo desde el led 6.
Importante!: primero configure los pines respectivos como salidas.
Sugerencia 1: Cree primero un programa que encienda y apague un solo led, luego de verificar que funciona correctamente, extienda el código a todos los leds.
Sugerencia 2: Utilice la función delay(tiempo) para implementar una pausa de 0.8 segundos, donde el argumento tiempo es el tiempo en milisegundos que dura la pausa.
2) Implemente una rutina de servicio para la interrupción del pin 2 (Necesitará utilizar la primitiva “attachInterrupt”. En el anexo 1 encontrará instrucciones de uso). La rutina de servicio deberá hacer que el led 7 parpadee durante 4 segundos, siendo el periodo de parpadeo de 0.1 segundos (0.05 segundos encendido, 0.05 segundos apagado), luego de los 4 segundos, el led 7 debe permanecer encendido durante un segundo completo, para luego salir de la rutina de servicio. Los demás leds deben permanecer apagados.
Importante!: primero configure el pin 2 como entrada.
Nota: La función delay(tiempo) puede no funcionar, o funcionar de manera diferente si la utiliza dentro de una rutina de servicio. Deberá utilizar la función delayMicroseconds(tiempo) donde tiempo se expresa en microsegundos. Deberá considerar que el valor máximo que puede tomar el argumento tiempo de la función delayMicroseconds(tiempo) es 16383 (0.016 seg).
3) Implemente una rutina de servicio para la interrupción del pin 3. La rutina de servicio deberá hacer que el led 12 parpadee durante 4 segundos, siendo el periodo de parpadeo de 0.1 segundos (0.05 segun dos encendido, 0.05 segundos apagado), luego de los 4 segundos, el led 12 debe permanecer encendido durante un segundo completo, para luego salir de la rutina de servicio. Los demás leds deben permanecer apagados.
Importante!: primero configure el pin 3 como entrada.
4) Analice experimentalmente: Pulse los pulsadores en secuencias rápidas tales como:

- 3, 3, 2
- 2, 3, 2
- 3, 2, 3, 2

- 3, 2, 2, 2, 2 ,2

y analice el comportamiento del programa. En base a lo observado, conteste las siguientes preguntas (a través del cuestionario “Cuestionario Trabajo Práctico N°4 - 2024” que encontrará en la plataforma Moodle):

a - ¿Permite el microprocesador anidamiento de interrupciones?

b - ¿Cuál interrupción tiene mayor prioridad?

c - ¿Por qué la función delay(time) funciona adecuadamente dentro del código principal, pero funciona de manera diferente, o directamente no funciona, dentro de una rutina de servicio?

d - ¿Qué ocurriría con las situaciones descriptas en el puntos c si el microprocesador permitiera interrupciones anidadas?

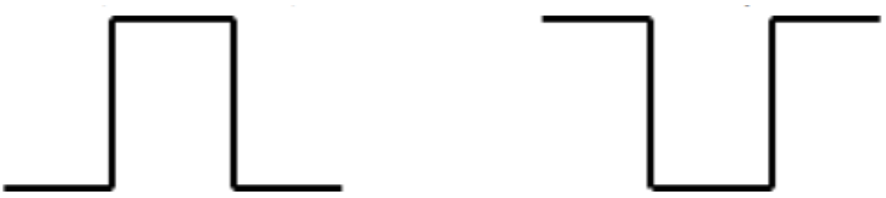
e - Si presiona los pulsadores siguiendo la secuencia 3, 2, 2, 2, 2 ,2 rápidamente, ¿Se ejecutará primero la rutina de servicio del pulsador 3, y luego se ejecutará 5 veces la rutina de servicio del pulsador 2?

Actividad 2.2 - Funciones adicionales en sistemas embebidos

Los pines, además de las funciones digitalRead() y digitalWrite(), tienen muchas otras funciones asociadas. Veremos una de ellas, medición del ancho de un pulso con “unsigned long pulseIn(pin,nivel,timeout)”, y utilizaremos esta función para medir distancia utilizando el sensor de distancia HC-SR04.

La función “pulseIn(pin,nivel,timeout)” mide el ancho de un pulso aplicado a un pin, donde:

- pin: pin en el cual queremos medir el ancho de un pulso.
- nivel: puede valer:
  - HIGH si el pulso es un pulso con nivel de tensión alto.
  - LOW si el pulso es un pulso con nivel de tensión bajo.



Pulso alto o HIGH Pulso bajo o LOW

- Timeout: tiempo máximo en microsegundos que el procesador espera el pulso. Si después de este tiempo no se aplicó ningún pulso, el procesador interrumpe la ejecución de la función pulseIn(pin,nivel,timeout).

El sensor de distancia HC-SR04 funciona de la siguiente manera:

a. Se aplica un pulso HIGH de al menos 10 microsegundos en el pin “Trig”.

b. Se espera un pulso HIGH en el pin “Echo”. El ancho de dicho pulso en microsegundos es proporcional a la distancia. Para conocer la distancia en centímetros, se debe dividir por 58 (las señal de ultrasonido recorre un centímetro en 58 microsegundos).

Actividad a realizar:
Esta actividad puede realizarse en conjunto con la actividad 2.1 (Agregando nuevo código al ya implementado).

1. Conecte los pines de alimentación del sensor a +5V y GND, y los pines “Trig” y “Echo” a pines de entrada/salida del Arduino, por ejemplo el pin 5 para “Trig” y el pin 4 para “Echo”.
2. Configure estos pines como corresponde, el pin donde esté conectado “Trig” debe ser salida, y el pin donde está conectado “Echo” debe ser entrada.
3. Escriba un programa que genere un pulso en el pin “Trig” como el requerido.
4. Utilice la función “unsigned long pulseIn(pin,nivel,timeout)” para leer el ancho del pulso. Imprima la información de la distancia por pantalla (recuerde dividir el valor leído por 58).
5. Escriba un programa que implemente una alarma de distancia que realice las siguientes tareas:
    a. Mida la distancia cada 0.8 segundos.
    b. Al presionar el pulsador 2 la alarma debe activarse.
    c. Al presionar el pulsador 3 la alarma debe desactivarse.
    d. Se debe mostrar por pantalla la frase “Alarma Activada” o “Alarma Desactivada”, según el caso.
    e. Por cada lectura de distancia, debe mostrarse el valor de la distancia y la leyenda “alarma activada” o “alarma desactivada” según corresponda.
    f. Si la alarma está activada y se detecta que la distancia del intruso es menor a 1 metro, todos los leds deben parpadear rápidamente, y se debe mostrar por pantalla un mensaje de alerta de intruso.
    g. Si la alarma está desactivada y se detecta que la distancia del intruso es menor a 1 metro, no debe mostrarse nada ni realizar ninguna acción, ya que la alarma está desactivada.

Anexo 1: Escribiendo programas en Arduino

Arduino IDE es un IDE (Entorno de desarrollo integrado) que permite escribir programas para Arduino utilizando lenguaje C y funciones predefinidas (que no son propias del lenguaje C).
Estructura básica de un programa en el IDE de Arduino: Un programa en Arduino IDE requiere obligatoriamente definir dos funciones, la función setup y la función loop, como se muestra abajo. Además, usted puede definir todas las funciones que necesite.

```
/*Aclaraciones: pueden incluirse aclaraciones o comentarios en los programas utilizando los símbolos /* y */ escribiendo los comentarios dentro de dichos símbolos. También pueden incluirse comentarios de una sola línea con e dos barras inclinadas // */
/*Variables globales. Se definen fuera de las funciones. Son válidas para todas las funciones. Se declaran indicando el tipo de variable y el nombre. Puede inicializarse o no*/
int variable_1; //Variable global de tipo número entero. No se asigna valor inicial.
int variable_2=8; //Variable global de tipo número entero. Se asigna valor inicial 8.
float variable_3; //Variable global de tipo número en punto flotante.

void setup() {
 /*
La función setup solo se ejecuta una vez al iniciar la plataforma.
Dentro de la función setup se implementa el código que configura la plataforma. Acá deben configurarse pines como entrada/salida, periféricos a utilizar, habilitar interrupciones y declarar el nombre de las respectivas rutinas de servicio.*/
}
void loop() {
/*La función loop se ejecuta repetidamente sin fin. Acá debe colocar el código que se ejecutará repetidamente mientras la plataforma esté encendida*/
}

void mi_funcion_1(){
/*Acá puede declarar todas las funciones que necesite.*/
}
void mi_funcion_2(){
/*código de la función mi_funcion_2…*/
}
```

```
void rutina_de_servicio(){
/*Una rutina de servicio se implementa como una función que será llamada automáticamente cuando ocurra la interrupción. Deberá primero habilitar la interrupción dentro de la función setup() */
}
```

Declaración de una rutina de servicio de una interrupción:
Para habilitar una interrupción, dentro de la función setup debe ejecutar la siguiente función:
attachInterrupt(número de la fuente de interrupción, nombre de la rutina de servicio, evento que dispara la interrupción);
Pin 2: Interrupción número 0
Pin 3: Interrupción número 1
Eventos que disparan las interrupciones:
LOW: para activar la interrupción cuando el pin es bajo.
CHANGE: para activar la interrupción cuando el pin cambia de valor.
RISING: dispara la interrupción cuando se detecta un flanco de subida (por ejemplo, se pulsa un pulsador).
FALLING: dispara la interrupción cuando se detecta un flanco de bajada (por ejemplo, se suelta un pulsador que está previamente pulsado).

Ejemplo (para habilitar la interrupción del pin 2, con un flanco de bajada, siendo el nombre de la rutina de servicio “rutina_de_servicio_pin_2”):
attachInterrupt(0,rutina_de_servicio_pin_2,FALLING);

Funciones útiles en C para Arduino:
pinMode(13, OUTPUT); //declara en pin 13 como salida. No retorna nada.
pinMode(3, INPUT); //declara el pin 3 como entrada. No retorna nada.
digitalRead(pin); // Lee el valor del pin. Retorna un entero que puede ser 1 o 0.
digitalWrite(pin, value); //Escribe value en el pin indicado, value puede valer HIGH o LOW.
Serial.begin(9600);//Inicializa el puerto serie.
Serial.println(datos a imprimir);//imprime datos en el puerto serial. Agrega un salto de línea al final.
Serial.print(datos a imprimir);//imprime datos en el puerto serial.

Podrá encontrar todas las funciones definidas para Arduino IDE en:
https://www.arduino.cc/reference/en/#functions

Algunos bucles y condicionales de C:

Bucle for (repetir):

```
for (condicion inicial; condición; incremento) {
  //Código a ejecutar repetidas veces
}
```

La condición inicial se ejecuta una sola vez. Puede requerir definir variables.
La condición se verifica en cada iteración del bucle.
El incremento se realiza en cada iteración del bucle.

Ejemplo (encenderá los pines del 8 al 12):

```
for (int i=8; i<=12; i=i+1) {
  digitalWrite(i, HIGH);
}
```

Otra forma:

```
int i;
for (i=8; i<=12; i=i+1) {
  digitalWrite(i, HIGH);
}
```

Bucle While (mientras):

```
while (condition) {
  //Código a ejecutar mientras se cumpla la condición
}
```

Se ejecuta mientras se cumpla la condición.

Ejemplo (el led 8 parpadeará mientras no se presione el pulsador conectado al pin 2):

```
while (digitalRead(2)==0) {
  digitalWrite(8, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(8, LOW);
  delay(1000);
}
```

Condicional if else

```
if (condition1) {
  //Instrucciones a ejecutar si se cumple la condición 1. Se ejecutan una sola vez.
} else if (condition2) {
```

```
   //Instrucciones a ejecutar si no se cumple la condición 1, pero se cumple la condición 2. Se ejecutan una sola vez. No es obligatorio.
} else {
  //Bloque a ejecutar si no se cumplen ninguna de las condiciones. No es obligatorio.
}
```

Con el condicional if, solo el bloque “if” es obligatorio. Los bloques “else if” y “else” son opcionales.

Ejemplo 1:

```
if (digitalRead(2)==1) {
  //Instrucciones a ejecutar si el pin 2 está en alto.
}
```

Ejemplo 2:

```
if (digitalRead(2)==1 and digitalRead(3)==1) {
  /*Instrucciones a ejecutar si los pulsadores de los pines 2 y 3 están presionados simultáneamente.*/
} else if (digitalRead(2)==1) {
    //Instrucciones a ejecutar si solo el pulsador del pin 2 está presionado.
} else if (digitalRead(3)==1) {
    //Instrucciones a ejecutar si solo el pulsador del pin 3 está presionado.
}
 else  {
  //Instrucciones a ejecutar si ningún pulsador está ejecutado.
}
```

Podrá encontrar más información sobre el lenguaje de programación C en https://www.w3schools.com/c/index.php

---

Anexo 2: Obteniendo información sobre una computadora

Puede obtener información sobre una computadora siguiendo alguno de los siguientes procedimientos:

- En Linux:
  - Ejecute los programas lshw, lspci y lsusb en su computadora (si no los tiene instalados, puede descargarlos desde los repositorios de Linux).
  - Puede generar una salida fácilmente legible con “sudo lshw -html > nombre_archivo.html”. Este comando mostrará los resultados en un archivo html que será creado en su carpeta principal.

- EN Windows:
    - Programa “dxdiag”: Use la barra de búsqueda de programas y archivos para buscar y ejecutar la aplicación dxdiag (o presione Windows+R para abrir la herramienta “ejecutar”). Si se le pregunta si desea comprobar firmas digitales, seleccione no.
    - Herramienta “Administrador de dispositivos”. Podrá encontrarla en el Panel de Control (Menú Inicio de Windows -> Panel de Control).
    - Herramienta Información del Sistema. Use la barra de búsqueda de programas y archivos para buscar y ejecutar la aplicación Información del Sistema (o presione Windows+R para abrir la herramienta “ejecutar” y ejecute “msinfo32”. También puede encontrarla en Accesorios->Herramientas del sistema).

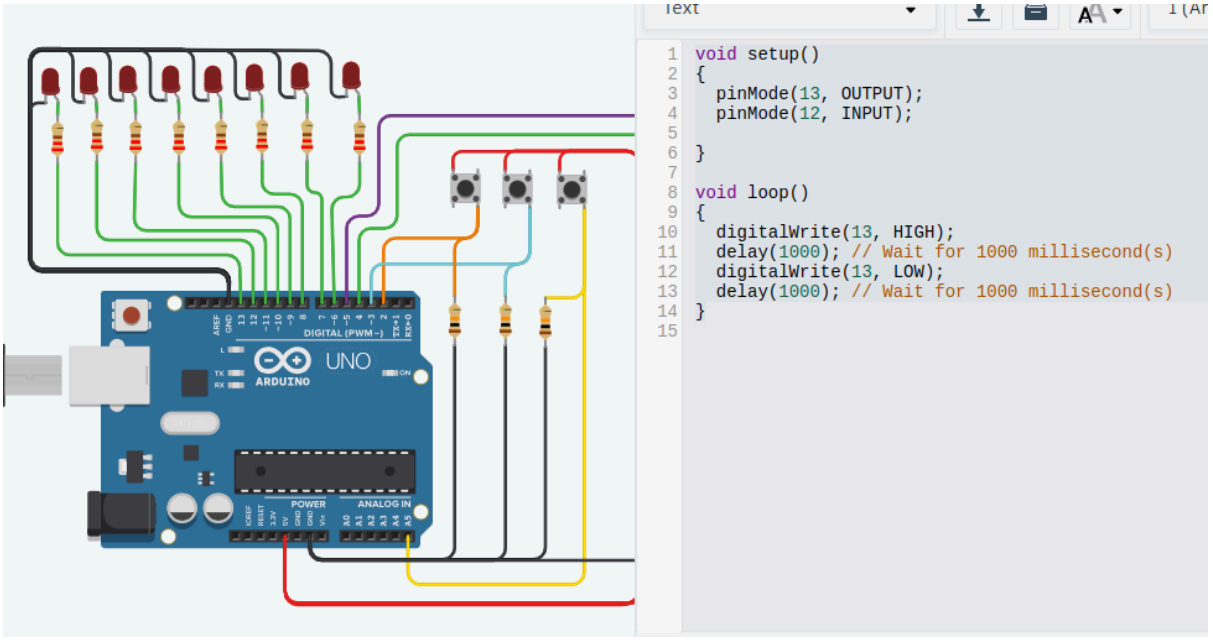
Anexo 3: Simulador de Arduino en Tinkercad

1. Registrarse en la clase “Arquitectura de computadoras 2024. Tp: Entrada salida”
    a. Ingresar al siguiente link: https://www.tinkercad.com/joinclass/SNAKMKZCJ
    b. Registrase en la plataforma mediante alguno de los métodos de autenticación permitidos. Se puede crear un usuario de la plataforma mediante un correo electrónico o realizar el login con cuentas de Google, Microsoft, Facebook, etc.
2. Acceder a la simulación:
    a. Posteriormente y en una pestaña nueva, ingresar al siguiente link: https://www.tinkercad.com/things/1SwgX1ewGBS
    b. Copie y modifique el proyecto para adaptarlo a cada uno de los puntos del práctico. Repetir este paso para cada uno de los ejercicios. Renombrar cada uno de los proyectos con el número de ejercicio para

que los docentes puedan controlar el avance de cada uno en este trabajo práctico.

Pantalla inicial:

Pantalla donde puede ver y escribir el código de su programa. Notar que no podrá escribir código si la simulación está en ejecución.



```
void setup()
{
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(12, INPUT);

}

void loop()
{
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
}
```

Simulador alternativo: https://wokwi.com/projects/391281841803809793
En caso de no funcionar el simulador Tinkercad, puede trabajar con el simulador alternativo. Sin embargo, deberá cargar el código al simulador Tinkercad para ser evaluado por los docentes.