



Laboratorio 3 – Proyecto Final

Santiago Palacio Cárdenas
Sarai Restrepo Rodríguez
Dilan Salazar Ospina
Camilo Andres Cuellar Benito

Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia

Arquitectura de Computadores

Yohany Ortiz Acosta

Medellín, 2025

Contenido

Lista de tablas	4
Lista de figuras	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
CAPÍTULO I	9
Descripción del proyecto	9
Planteamiento del Problema	9
Antecedentes.....	9
Justificación.....	10
Objetivos	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos	10
CAPÍTULO II	11
Marco Teórico.....	11
1. Arquitectura de Computadores: Fundamentos.....	11
2. Aplicación Pedagógica de Arquitectura de Computadores	11
3. Protocolos de Comunicación: I2C y SPI	12
4. Simuladores Lúdicos: estudio de caso HexPong.....	12
CAPÍTULO III	14
Desarrollo de la Propuesta	14
Metodología.....	14
Fase 1: Diseño conceptual del videojuego	14
Fase 2: Montaje del hardware (prototipado electrónico)	15
Fase 3: Programación y control lógico.....	16
Cronograma	18
Presupuesto	18
CAPÍTULO IV	20
Resultados.....	20
CAPÍTULO V	21
Conclusiones y Recomendaciones.....	21
Referencias	22

Lista de tablas

Tabla 1 - Trabajo por semana	18
Tabla 2 - Presupuesto para el proyecto.....	19

Lista de figuras

Ilustración 1 - Flujo básico del juego Space Invaders y StarWars	14
Ilustración 2 - Montaje Thinkercad	15
Ilustración 3 - Montaje físico del juego.....	16
Ilustración 4 - Fragemento representativo del código en Arduino	17
Ilustración 5 - Unión de lógica interna con componentes análogos	18

Resumen

Este trabajo tiene la intención de evidenciar el proceso de aprendizaje alcanzado en el área de electrónica a lo largo del curso, mediante el desarrollo práctico de un proyecto integrador realizado en los espacios dispuestos en clase.

Con la idea de partir de la reutilización de componentes electrónicos como botones, mandos analógicos tipo joystick, una pantalla OLED, una protoboard y una placa Arduino, se diseñó un prototipo de videojuego inspirado en *Star Wars*, con mecánicas que hacen alusión a el clásico *Space Invaders*.

Este proyecto no solo permitió poner en práctica los conocimientos adquiridos, sino que también fortaleció habilidades clave como el análisis técnico, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo.

Palabras clave: electrónica, Arduino, pantalla OLED, protoboard, videojuego, aprendizaje práctico, trabajo en equipo.

Abstract

This work is intended to demonstrate the learning process achieved around electronics throughout the course, through the practical development of an integrative project carried out in the spaces provided in class.

With the idea of reusing electronic components such as buttons, analog joysticks, an OLED screen, a breadboard and an Arduino board, a prototype of a video game inspired by Star Wars was designed, with mechanics that allude to the classic Space Invaders.

This project not only allowed us to put into practice the knowledge acquired, but also strengthened key skills such as technical analysis, problem solving and collaborative work.

Keywords: electronics, Arduino, OLED display, breadboard, video game, hands-on learning, teamwork.

Introducción

Este curso en particular es un curso con un enfoque práctico del aprendizaje, la electrónica es una disciplina que puede ser estudiada, pero despierta más emociones al ser aplicada. Los estudiantes se han visto envueltos en un entorno que les permite llevar a cabo proyectos funcionales y este documento escrito será el encargado de dar cuenta de ello.

Como resultado de este proceso se desarrolló un videojuego de tipo *arcade* utilizando componentes electrónicos como botones, mandos analógicos tipo joystick, una pantalla OLED, una protoboard y una placa Arduino, con inspiración en la estética y narrativa de *Star Wars*. El objetivo principal fue aplicar conceptos teóricos en un contexto real, fomentando el diseño y montaje de circuitos, la programación de microcontroladores y la resolución de retos técnicos.

Este proyecto no solo representó una oportunidad para consolidar los conocimientos adquiridos, sino también para evidenciar el progreso individual y grupal dentro de la curva de aprendizaje, destacando la importancia de la colaboración, la creatividad y la capacidad de adaptación en el ámbito de la electrónica.

CAPÍTULO I

Descripción del proyecto

Planteamiento del Problema

En el aprendizaje de arquitectura de computadores, es esencial entender la relación e interacción entre dispositivos de entrada, procesamiento y salida; esto puede llegar a generar dificultades a niveles ilustrativos si las aplicaciones utilizadas **no son cercanas al interesado o resultan excesivamente teóricas**.

En este proyecto buscamos abordar esta comprensión de una manera **lúdica e inmersiva**, utilizando como base un juego arcade estilo *Star Wars*. El sistema, construido sobre una placa Arduino, simula el funcionamiento de una unidad computacional capaz de responder a entradas de usuario, procesar información y generar salidas visuales y sonoras.

Antecedentes

En los últimos años, el uso de plataformas de hardware libre como Arduino han aumentado su popularidad en diferentes ambientes educativos debido a su accesibilidad, facilidad de programación y versatilidad y este no ha sido el único cambio, cabe destacar también que, en el campo de la electrónica digital, los dispositivos de toda índole han sido modificados a lo largo del tiempo con la idea de optimizar sus componentes, ganar potencia o incluso disminuir tamaño.

Los proyectos realizados en este tipo de herramientas libres incentivan cada vez a más personas a hacer parte de una comunidad de innovadores en temas de tecnología, por ejemplo la página de Arduino Education, es una organización que tiene como fin explorar y reproducir la información generada en estos campos con la idea de acercar a las personas sobre lo que se piensa que será el futuro de la automatización industrial, además, diversos estudios han demostrado que el uso de Arduino en contextos educativos promueve el aprendizaje activo de la electrónica (Garduño & Gómez, 2015).

Particularmente, el desarrollo de juegos tipo *Space Invaders* ha sido empleado como ejercicio práctico para integrar componentes como pantallas OLED, pulsadores, sensores y estructuras de control básicas en C/C++. Además, el uso de protoboard para el montaje de circuitos temporales permite experimentar con configuraciones sin necesidad de soldadura, promoviendo el aprendizaje mediante la prueba y error.

Este proyecto se enmarca en esta línea de experiencias educativas, buscando como proyecto final un acercamiento creativo inspirado en la narrativa de *Star Wars* dado al gusto de los involucrados hacia esta franquicia con la idea de ser una aplicación lúdica del conocimiento técnico adquirido.

Justificación

Este proyecto es relevante académicamente porque consolida conceptos claves en la arquitectura de computadores tales como:

1. Manejo de Entradas/Salidas
2. Control de Hardware a bajo nivel
3. Protocolos de comunicación como I2C y SPI

Esto llevándolo a un aspecto práctico, que no solo nos permite experimentar con las interacciones entre el hardware el software sino también integrar múltiples tecnologías en un entorno accesible y económico, lo que rompe con una posible percepción de ser un campo poco abordable.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar e implementar un sistema interactivo basado en Arduino que permita representar el flujo de datos en una arquitectura computacional básica mediante implementos de fácil accesibilidad

Objetivos Específicos

- Implementar software Open-Source para garantizar accesibilidad
- Utilizar componentes que, comparablemente en el mercado, tengan un precio reducido
- Configurar y leer entradas analógicas desde un joystick
- Mostrar información en una pantalla OLED utilizando el protocolo I2C
- Integrar todos los elementos en un circuito funcional
- Documentar el desarrollo del sistema a nivel de hardware y software, generando guías claras para montaje, programación y uso didáctico del simulador.
- Validar el sistema mediante pruebas funcionales y sesiones de uso con usuarios objetivo, como otros estudiantes

CAPÍTULO II

Marco Teórico

Este marco teórico tiene como propósito contextualizar los fundamentos esenciales de la arquitectura de computadores, explorar la aplicación pedagógica de estos conceptos y detallar protocolos de comunicación clave en sistemas electrónicos, así como examinar antecedentes de proyectos lúdicos relacionados.

1. Arquitectura de Computadores: Fundamentos

La arquitectura de computadores se refiere a la organización y diseño operativo de los componentes principales de un sistema informático. Un computador moderno está compuesto por diversos elementos que colaboran para procesar información de manera eficiente.

Entre los componentes esenciales se encuentran:

- La unidad central de procesamiento (CPU), considerada el "cerebro" del sistema, que contiene la unidad de control, la unidad aritmética (ALU) y los registros.
- La memoria, que almacena datos e instrucciones. Esta se organiza jerárquicamente en registros, memorias caché, memoria principal y memoria secundaria, variando en velocidad a medida que la memoria se 'aleja' de la CPU.
- Los buses representan el medio de interconexión entre los distintos componentes y permiten el traslado de datos, direcciones e instrucciones.
- Las unidades de entrada y salida permiten la interacción entre el computador y el entorno, mediante periféricos como pantallas, sensores, teclados o actuadores. Estas unidades pueden incluir microprocesadores auxiliares encargados de tareas específicas, como la conversión analógica a digital.

El funcionamiento del sistema se basa en la ejecución secuencial de instrucciones almacenadas en memoria. Cada instrucción contiene información sobre la operación a realizar, los operandos implicados y la dirección del resultado. Para optimizar el rendimiento, muchas CPUs modernas emplean técnicas como el procesamiento en flujo (pipelining), que permite ejecutar partes de varias instrucciones al mismo tiempo. (Domingo, 2020)

2. Aplicación Pedagógica de Arquitectura de Computadores

En cursos que involucren arquitectura de computadores, el uso de plataformas de prototipado como Arduino facilita un aprendizaje más activo y significativo. En lugar de limitarse a estudiar cómo funciona un procesador a nivel teórico, el estudiante puede observar y controlar directamente cómo fluye la información desde una entrada (por ejemplo, un joystick) hasta una salida (como una pantalla OLED).

Este enfoque práctico permite experimentar conceptos como direccionamiento de memoria, configuración de puertos, tiempos de respuesta, e interacción entre componentes. En cada montaje, se hace evidente el rol del software embebido y cómo este gestiona las tareas del hardware en tiempo real.

Además, se fomenta una lógica de diseño iterativo: probar, ajustar, volver a probar. Esta dinámica, aunque sencilla en apariencia, fortalece habilidades esenciales como la resolución de problemas, la planificación de circuitos y la interpretación de resultados en un entorno físico. (Bukovac et al., 2023)

3. Protocolos de Comunicación: I2C y SPI

Cuando se requiere que múltiples dispositivos compartan información en un sistema embebido, entran en juego los protocolos de comunicación, siendo dos de los más comunes I2C y SPI.

SPI (Serial Peripheral Interface) es un protocolo síncrono que permite una comunicación rápida entre un maestro y varios esclavos. Utiliza cuatro líneas: reloj (SCLK), selección de esclavo (CS), datos del maestro al esclavo (MOSI), y datos del esclavo al maestro (MISO). Su mayor ventaja es la velocidad de transferencia, aunque a costa de requerir más conexiones físicas.

I2C (Inter-Integrated Circuit) es también un protocolo síncrono, pero más simple en términos de cableado, ya que utiliza solo dos líneas: una para datos (SDA) y otra para el reloj (SCL). Su principal beneficio es la posibilidad de conectar múltiples dispositivos con diferentes direcciones en el mismo bus, lo que resulta ideal en entornos con espacio físico limitado o donde se busca minimizar el número de cables.

Ambos protocolos son ampliamente utilizados en aplicaciones educativas con Arduino. Por ejemplo, la pantalla OLED implementadas para sistemas lúdicos generalmente se comunican mediante I2C, permitiendo representar visualmente la información procesada sin complicaciones técnicas mayores en el cableado. (Sahay & Gajjar, 2024)

4. Simuladores Lúdicos: estudio de caso HexPong

Una de las líneas más interesantes en el cruce entre tecnología, diseño y educación es la de los juegos experimentales. Diseñar un videojuego no solo implica programar reglas y mover objetos en pantalla. También puede ser una oportunidad para repensar cómo interactuamos con lo digital, especialmente cuando se introducen controladores físicos no convencionales.

El proyecto HexPong se enmarca precisamente en esa línea. Inspirado en el clásico Pong,

este estudio buscó transformar la experiencia de juego a través de dos intervenciones clave: la pantalla y los controles. La tradicional interfaz rectangular fue reemplazada por una matriz de LEDs dispuesta en forma hexagonal, y los mandos típicos —teclado o joystick— fueron sustituidos por sliders físicos contruidos manualmente, conectados a una placa Arduino Teensy.

Las pruebas realizadas con usuarios revelaron algo interesante: los participantes describieron la experiencia como agradable, inmersiva y estimulante, destacando el nivel de involucramiento emocional que generaba el nuevo formato.

Cabe destacar que, aunque el propósito principal de HexPong no fue educativo, su diseño evidencia el potencial que tienen los juegos interactivos como plataforma de exploración técnica. No se trató de un entorno para enseñar programación directamente, pero sí de un escenario donde conceptos como lectura de entradas analógicas, respuesta a eventos en tiempo real, y sincronización de hardware cobraron vida de forma concreta y funcional.

Este tipo de experiencias refuerza la idea de que los juegos no solo entretienen, sino que pueden ampliar el campo de acción de la electrónica aplicada y la arquitectura computacional, permitiendo explorar nuevas formas de interacción y diseño técnico en un entorno lúdico. (Luz, Fernandes & Cabral, 2023)

CAPÍTULO III

Desarrollo de la Propuesta

Metodología

Se adoptó una **metodología basada en el aprendizaje activo**, en la que se promovió la exploración técnica y la resolución de problemas mediante la creación de un videojuego funcional con Arduino. La propuesta se desarrolló en cuatro fases principales:

Fase 1: Diseño conceptual del videojuego

En esta fase, el objetivo principal se centraba en el diseño o prototipado de idea de lo que se esperaba conseguir con el juego, se buscaba entonces definir una temática específica e ir consolidando poco a poco los materiales necesarios para la tarea.

Surge de una lluvia de ideas, el concepto de replicar el juego de *Space Invaders* mezclado con la estética característica de *Star Wars* y se proceden a realizar la selección de elementos digitales funcionales como los enemigos, disparos, jugador, movimiento vertical y además los elementos análogos de entrada y salida como Joysticks, botones, pantalla OLED y componente reutilizable de bocina para las señales sonoras.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo básico (bocetado) de la lógica del juego:

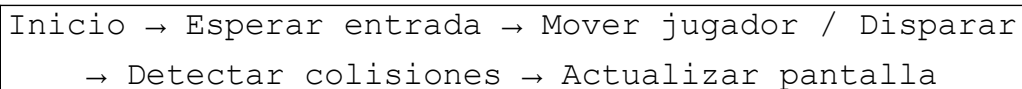


Ilustración 1 - Flujo básico del juego Space Invaders y Star Wars

Esta el desarrollo de esta primera fase fue crucial para conectar la narrativa lúdica con los conceptos de arquitectura de computadores: flujo de datos, entradas, salidas y procesamiento.

Adicionalmente, se definieron **las condiciones de funcionamiento del juego**, como:

- Posición inicial del jugador en pantalla.
- Frecuencia de aparición de enemigos.
- Trayectoria de los disparos (en eje horizontal).
- Reglas de colisión entre proyectiles y enemigos como cantidad de vidas y puntuación en juego.
- Condiciones de victoria o reinicio.

Este enfoque permitió no solo establecer un marco claro de funcionamiento del sistema, sino también traducir cada componente narrativo o visual en una **función computacional concreta**, lo cual facilitó posteriormente el diseño del código y el esquema de conexiones físicas.

Finalmente, el hecho de trabajar con una narrativa conocida y apreciada por los participantes (como *Star Wars*) incrementó la motivación y el compromiso con el proyecto, aportando también una dimensión estética que no es habitual en ejercicios técnicos, pero que potencia el interés por aprender.

Como parte de este proceso, se elaboró una representación visual del circuito en la plataforma Tinkercad, con el objetivo de planificar de forma clara la disposición de los componentes y facilitar su posterior ensamblaje en protoboard. Esta simulación digital no solo sirvió como guía para el montaje real, sino también como material de apoyo para explicar el diseño ante otros estudiantes y docentes.

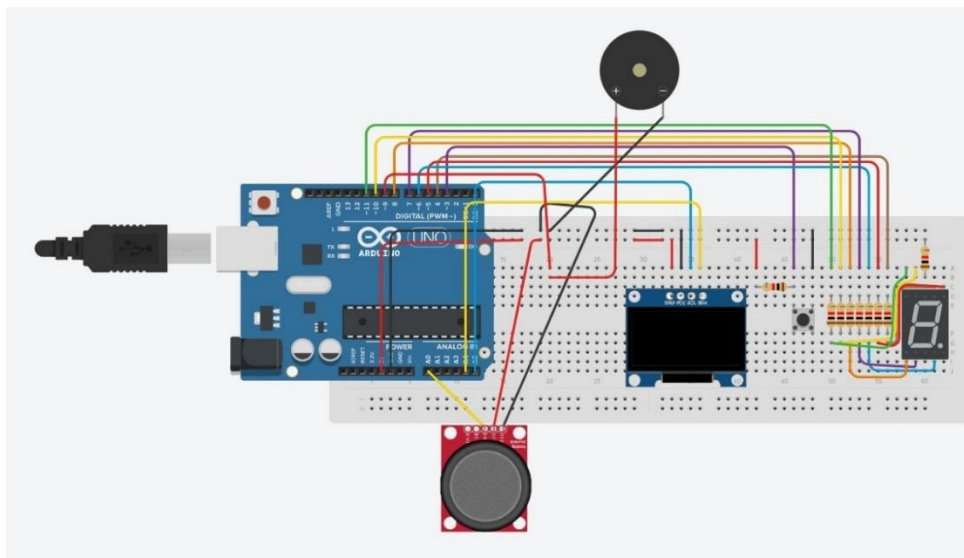


Ilustración 2 - Montaje Thinkercad

Fase 2: Montaje del hardware (prototipado electrónico)

El objetivo de esta segunda fase se centra en la construcción de un circuito funcional que integre los conocimientos obtenidos a lo largo del curso y además, teniendo en cuenta la problemática de gran cantidad de desperdicios tecnológicos, que también tenga un componente reutilizable; todo esto se monta en una protoboard que cumple la función de soporte para todos los componentes seleccionados.

Componentes utilizados:

- Arduino UNO (placa base del sistema).
- Pantalla OLED con interfaz I2C.
- Joystick analógico con dos ejes (X/Y).
- Dos pulsadores para disparo y reinicio.
- Protoboard y cables Dupont.

Actividades realizadas:

- Prueba individual de cada componente (pantalla, botones, joystick).
- Integración progresiva de elementos en la protoboard.
- Uso de resistencias pull-down en los botones.
- Verificación de alimentación eléctrica (5V/3.3V y tierra).

Recursos técnicos:

- Librerías utilizadas: Adafruit_GFX, Adafruit_SSD1306, Wire.h.
- Referencia al protocolo I2C: Se configuraron los pines SDA/SCL por defecto (A4/A5 en Arduino UNO).

Dificultades:

- Interferencias en la pantalla OLED al conectar varios elementos simultáneamente (resuelto con mejor gestión de masa y alimentación).
- Ruido en las lecturas del joystick (solucionado aplicando promedios móviles simples en el código).

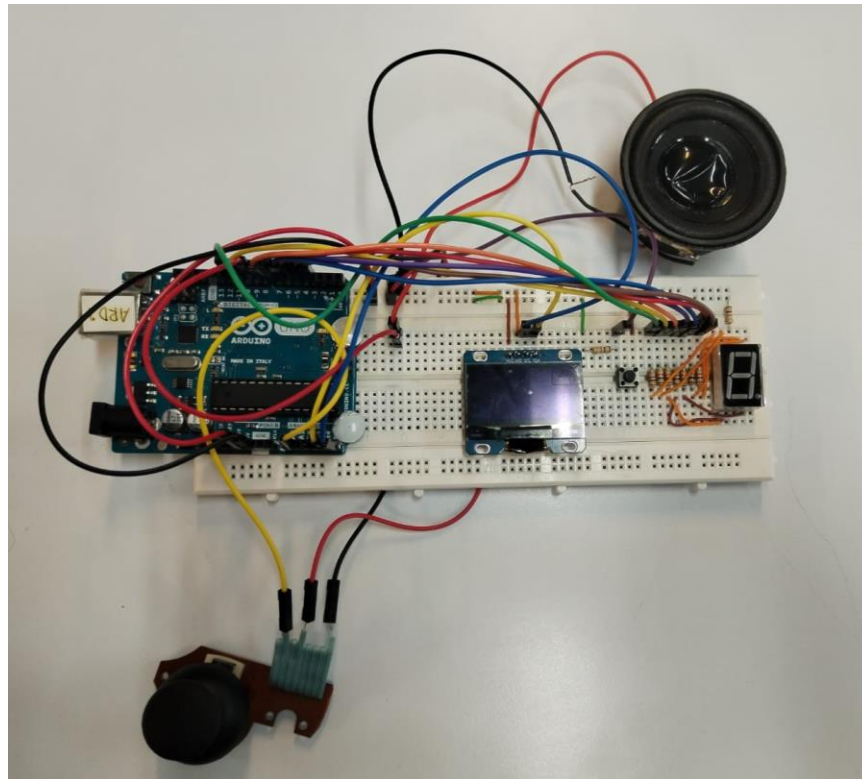


Ilustración 3 - Montaje físico del juego

Fase 3: Programación y control lógico

Llegados a esta fase, el objetivo siguiente es entonces programar todo el flujo de datos

entre la entrada, el procesamiento lógico y la salida visual que es el valor final para el usuario. Se utilizó el **Arduino IDE**, un entorno de desarrollo especializado y gratuito para la creación de sistemas embebidos. El lenguaje empleado es una adaptación de **C/C++**, ideal para microcontroladores.

De los primeros componentes en ser programados fue la lectura del joystick, los primeros problemas surgen en esta parte por fallas en la sincronización de los componentes análogos con los digitales, sin embargo, una vez superada esta curva de aprendizaje, los pasos siguientes como los controles del disparo y el procesamiento tanto de la lógica del juego como de la salida visual en la pantalla OLED se hace mucho más sencilla.

Un ejemplo representativo de esta fase es el bloque de código que mapea el valor analógico del joystick a la posición horizontal del jugador en pantalla, dibujando su ubicación en tiempo real.

```
int x = analogRead(A0); // Entrada: joystick
int pos = map(x, 0, 1023, 0, 128); // Procesamiento: mapear a pantalla
display.clearDisplay();
display.fillRect(pos, 60, 10, 4, WHITE); // Salida: dibujar jugador
display.display();
```

Ilustración 4 - Fragmento representativo del código en Arduino

La relación de esta fase con la arquitectura computacional simplificada recae en:

- **Entrada** (joystick/botón): actúa como teclado o mouse de un computador.
- **Procesador** (Arduino UNO): ejecuta instrucciones secuenciales según eventos.
- **Memoria** (variables, estructuras): mantiene estados del juego.
- **Salida** (pantalla OLED): representa el resultado de los procesos lógicos.

Este enfoque permitió visualizar cómo el flujo de información se transforma en una respuesta del sistema, reforzando los conceptos de **entrada-proceso-salida (IPO)**.

Con todo lo anterior, se evalúa el rendimiento, la estabilidad y el nivel del sistema construido, se permite visualizar la abstracción de arquitectura de computadores en un sistema tangible, se estimula la experimentación y el análisis en tiempo real y se refuerza vínculo entre teoría y práctica, promoviendo un aprendizaje significativo.

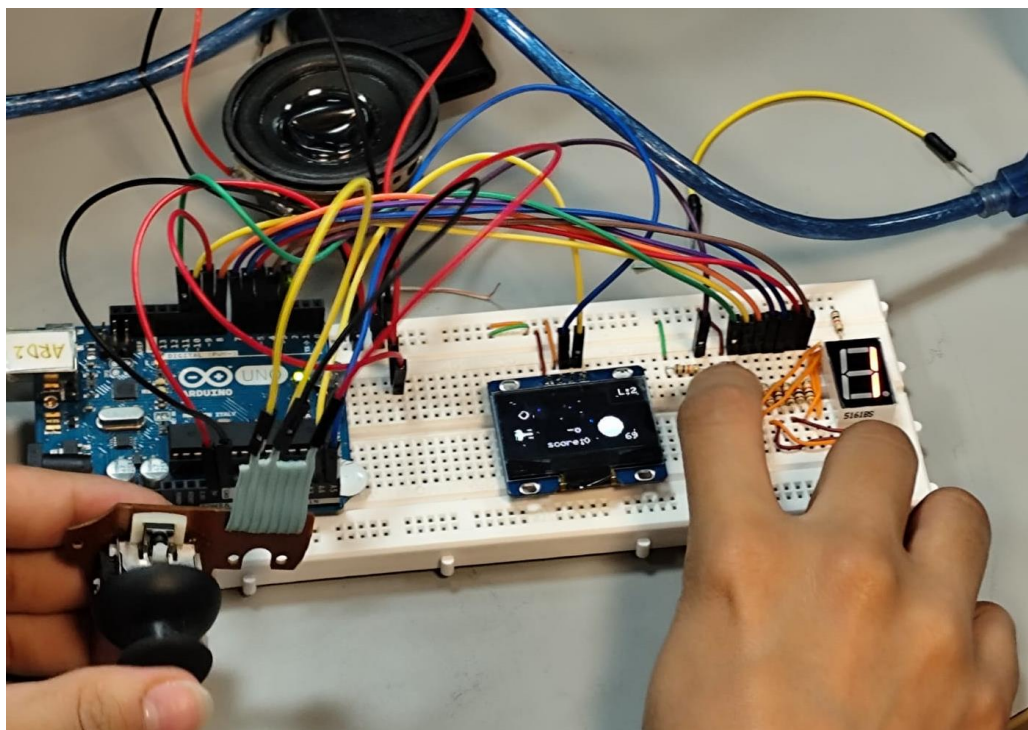


Ilustración 5 - Unión de lógica interna con componentes análogos

Cronograma

El desarrollo del proyecto se realizó durante cuatro semanas, en sesiones prácticas del curso. Las tareas se distribuyeron de la siguiente forma:

Tabla 1

Progreso del trabajo por semana

Fase	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Diseño conceptual	x			
Prototipado		x		
Programación y control lógico		x	x	x
Ajustes finales y documentación				x

Tabla 1 - Trabajo por semana

Nota: El cronograma en su mayoría se cumplió según lo previsto, la mayoría de los espacios tuvieron una retroalimentación activa para ir dando seguimiento a el progreso del proyecto y con miras a afinar tanto el hardware como la lógica del sistema.

Presupuesto

El proyecto tuvo un costo muy bajo, ya que la mayoría de los componentes fueron prestados del Laboratorio Integrado de Sistemas (LIS). Solo se realizó una compra mínima de algunos elementos complementarios. En la siguiente tabla se detallan estos componentes:

Tabla 2

Costos totales por componente utilizado

Componente	Fuente	Cantidad	Costo total (COP)
Protoboard	Comprado	1	\$ 15,000
Joystick analógico	Componente reutilizado	1	—
Cables Jumpers	Comprado	20	\$ 5,000
Botones tipo push	Comprado	1	\$ 300
Arduino UNO	Prestado del LIS	1	—
Pantalla OLED 128x64 (I2C)	Comprado	1	\$ 18,000
Bocina	Componente reutilizado	1	—
Resistencias	Recursos del docente	9	—
Total	—	—	\$ 38,300

Tabla 2 - Presupuesto para el proyecto

Observación: El uso de materiales prestados contribuyó significativamente a la viabilidad del proyecto dado al ajustado presupuesto, esto esta alineado con el objetivo de emplear herramientas de bajo costo y fácil acceso.

CAPÍTULO IV

Resultados

El desarrollo del proyecto culminó exitosamente con la implementación de un sistema funcional que integra componentes electrónicos básicos y una lógica de videojuego inspirada en *Space Invaders* con estética de *Star Wars*. Las sesiones de prueba, seguimiento y retroalimentación, con ajustes iterativos y validación del trabajo en clase, permitieron lograr resultados satisfactorios tanto en el aspecto técnico como en el pedagógico.

El desarrollo del proyecto permitió observar avances significativos en la comprensión del flujo entre entrada, procesamiento y salida en un sistema computacional simplificado; sin embargo, el proceso no estuvo exento de dificultades técnicas.

Uno de los mayores retos surgió durante la integración de los componentes reutilizables, especialmente el joystick y la bocina. Debido al desgaste natural por el uso previo en laboratorio, el joystick presentaba ruido eléctrico constante en la señal, lo que generaba movimientos erráticos en pantalla. Este inconveniente obligó a dedicar una parte considerable del tiempo de pruebas a estabilizar la lectura analógica mediante diferentes técnicas para la reducción de sensibilidad en el mapeo.

La bocina, por su parte, debido a su antigüedad, los cables no tenían una conexión fija, por lo cual hubo que soldar de nuevo las conexiones. Este proceso se hizo en las etapas más tardías del proyecto dado que se buscaba priorizar la funcionalidad visual del juego.

A pesar de estas fallas, el proyecto logró cumplir su objetivo principal: ofrecer una representación tangible del flujo de datos en una arquitectura de computador. Más aún, el hecho de tener que enfrentar problemas reales de hardware fortaleció las competencias del equipo en depuración, toma de decisiones bajo limitaciones, y adaptación del diseño. Se llegó al resultado funcional a inicios de la cuarta semana del cronograma previsto y el tiempo restante fue clave para consolidar la experiencia del usuario, simplificar elementos visuales y dejar el sistema en condiciones de ser replicado.

El resultado final no fue un juego perfecto, pero sí un sistema plenamente funcional que logró traducir los principios teóricos del curso en una experiencia interactiva, visible y educativa.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

El desarrollo de este proyecto permitió consolidar de manera práctica y significativa los conceptos fundamentales de la arquitectura de computadores, específicamente el flujo de información entre dispositivos de entrada, procesamiento lógico y dispositivos de salida. A través de la construcción de un videojuego inspirado en *Space Invaders* y *Star Wars*, los participantes no solo replicaron un modelo funcional de interacción electrónica, sino que también vivieron el proceso técnico de convertir una idea conceptual en un sistema embebido ejecutable.

Una de las principales conclusiones es que la práctica con componentes físicos, incluso reutilizados o en condiciones imperfectas, representa una oportunidad valiosa para el aprendizaje profundo. A pesar de los desafíos presentados por el desgaste del joystick o el mal funcionamiento de la bocina, el equipo logró adaptar la lógica del juego y replantear prioridades de implementación, fortaleciendo su capacidad para resolver problemas reales. En este sentido, el error no fue un obstáculo, sino una fuente de aprendizaje.

Además, el proyecto demostró que la gamificación y la narrativa lúdica no solo mejoran la motivación, sino que también facilitan la comprensión de conceptos técnicos tradicionalmente abstractos. Al involucrar elementos familiares y visualmente dinámicos, se estableció una conexión entre el interés personal de los estudiantes y los principios técnicos del curso, generando un puente entre teoría y práctica.

En futuras versiones del proyecto, se recomienda incorporar una **fase específica de diagnóstico del estado de los componentes reutilizados** antes del montaje definitivo. Esto permitiría anticipar problemas y ajustar el diseño sin afectar el cronograma, también se recomienda considerar la integración de **módulos de sonido digitales alternativos**, como buzzers activos con librerías de tonos, para ampliar las salidas sensoriales del sistema y realizar una versión más modular del código, separando funciones lógicas (disparo, colisión, visualización) en archivos o funciones independientes, lo que facilitaría la escalabilidad del proyecto.

Finalmente, se comprobó que un sistema sencillo, bien planificado y documentado puede tener un alto valor pedagógico. Aun con recursos limitados, es posible construir experiencias significativas, replicables y motivadoras dentro del aula, especialmente cuando se fomenta la autonomía técnica y el trabajo colaborativo.

Referencias

1. **Garduño, V., & Gómez, J. (2015).** *El uso de Arduino en la enseñanza de la electrónica básica*. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. Disponible en: [Arduino como instrumento que incentive estudios básicos de electrónica en estudiantes de Sistemas Computacionales | Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa](#)
2. George Domingo, "Microprocessors and Modern Electronics," in *Semiconductor Basics: A Qualitative, Non-mathematical Explanation of How Semiconductors Work and How They are Used*, Wiley, 2020, pp.243-256, doi: 10.1002/9781119597124.ch14.
3. A. Bukovac, E. Pleše, U. Maravić, P. Petrović and T. Jaguš, "Teaching Programming and Microcontrollers with an Arduino Remote Laboratory Application," *2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO)*, Opatija, Croatia, 2023, pp. 1738-1741, doi: 10.23919/MIPRO57284.2023.10159730.
4. N. Sahay and S. Gajjar, "Design and UVM based Verification of UART, SPI, and I2C Protocols," *2024 5th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*, Trichy, India, 2024, pp. 330-335, doi: 10.1109/ICOSEC61587.2024.10722196
5. F. Luz, P. Fernandes and J. Cabral, "Playing Pong without a TV Screen: an Alternative controller game," *2023 IEEE Conference on Games (CoG)*, Boston, MA, USA, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/CoG57401.2023.10333154.