

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Área Académica de Ingeniería en Computadores
(Computer Engineering Academic Area)

Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores
(Licentiate Degree Program in Computer Engineering)

Curso: CE-4301 Arquitectura de Computadores I
(Course: CE-4301 Computer Architecture I)



Documento de Descripción de la Microarquitectura
(First Project)

Realizado por:

Made by:

Fabián Astorga Cerdas 2014040808

Javier Sancho Marín 2014159997

Óscar Josué Ulate Alpízar 201229559

Profesor:

(Professor)

Fabián Zamora Ramírez

Fecha: Cartago, 30 Noviembre, 2017

(Date: Cartago, November 30, 2017)

Tabla de Contenidos

Comparación de propuestas	3
Justificación de selección de propuesta	4
Aspecto económico	4
Conocimiento del tema	4
Complejidad del circuito	4
Lista de cumplimiento de los requerimientos y especificación de tareas y tecnologías utilizadas.	6
Programación basada en microcontrolador	6
Sensado	6
Movimiento	7
Comunicación Bluetooth	7
Aplicación de escritorio	8
Tarjeta perforada	9
Tabla comparativa de tecnologías utilizadas con las posibles alternativas y justificación de selección	9
ATmega328p vs. otros microcontroladores	9
Sensores utilizados vs. otros sensores	10
Sensores de vibración	10
Sensores infrarrojos	10
Bluetooth vs. Wi-Fi	11
Processing vs. otros lenguajes	11
Circuito impreso vs. tarjeta perforada	12
Metodología de diseño	12
Conclusiones y lecciones aprendidas	13
Conclusiones	13
Lecciones aprendidas	14
Referencias	14

1. Comparación de propuestas

El costo económico para cada propuesta fue establecido en el anteproyecto y para cada propuesta el presupuesto fue el siguiente:

Propuestas	Presupuesto
Propuesta 1: Detector de gas	USD 145
Propuesta 2: Sistema de riego	USD 72
Propuesta 3: Pinball	USD 60

En las tres propuestas se establecen componentes electrónicos necesarios para su construcción, los componentes que comparten los sistemas son los siguientes:

- Microcontrolador
- Bluetooth
- Fuente de Energía

A pesar de que los anteproyectos poseen un sistema móvil, sus motores no son los mismos: para el sistema de riego se diseñó con un servo motor y para el detector de gas se requieren cuatro motores por ser un vehículo.

Los sensores tomados en consideración para cada propuesta son los siguientes:

Propuestas	Sensores
Propuesta 1: Detector de gas	Sensor de metano y butano.
Propuesta 2: Sistema de riego	Sensor de humedad y cantidad de agua.
Propuesta 3: Pinball	Sensor infrarrojo y sensor de golpe.

En general el diseño con la mayor cantidad de componentes es el detector de gas, seguido por el pinball y luego el sistema de riego. Esto permite valorar la complejidad a la hora de colocar el circuito en una tarjeta perforada o un circuito impreso.

La fuente de energía en cada proyecto difiere. Para el detector de gas se diseñó una batería recargable, para el sistema de riego un panel solar y para el pinball un adaptador de AC a DC.

2. Justificación de selección de propuesta

En la elección de la propuesta 3 (Pinball) se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

a. Aspecto económico

El pinball posee el presupuesto de menor costo (USD 60) en comparación con las otras dos propuestas (USD 72 y USD 145). Los 3 proyectos comparten los componentes electrónicos más caros, el microcontrolador y el bluetooth (USD 25 ambos), restando esto al presupuesto total la cantidad de dinero para invertir es únicamente de USD 35 siendo una cantidad de dinero baja para un proyecto como este.

b. Conocimiento del tema

Para la creación del pinball no se requiere un conocimiento sobre un tema en específico (únicamente un poco de imaginación y creatividad), como se requiere para un sistema de riego: conocer sobre el correcto riego de plantas y los cuidados necesarios para no dañar las plantaciones. Para el sistema de gas, también se necesita información sobre la cantidad de gas que es seguro para realizar las pruebas, o inclusive para dar a conocer si un lugar posee una cierta cantidad de gas que genere algún peligro.

c. Complejidad del circuito

Los 3 diseños fueron creados para que no tuvieran una complejidad muy alta. Sin embargo para el detector de gases se diseñó un módulo de video para que la funcionalidad de este fuese completa. Se debe tomar en cuenta que el uso de video conlleva a un manejo de mucha información y consumo de mucha potencia. Para el sistema de riego se propuso un sistema de alimentación por medio de paneles solares, a pesar de que un panel solar no es un sistema complejo, requiere de un análisis de circuito adecuado para no alimentar de una forma inadecuada la circuitería del sistema y dañar algún componente.

RETO

La implementación del pinball impuso en el equipo de trabajo un mayor reto que las otras propuestas, el sistema de riego es una propuesta que no posee un trabajo elaborado si se tiene la información adecuada sobre agronomía, para el sistema detector de gases la implementación de un vehículo para su funcionamiento es un elemento muy común en proyectos básicos con microcontroladores. La creación de un sistema mecánico para que los

motores golpeen la bola y el diseño de una estructura física para el área de juego son aspectos que se involucraron por primera vez en conjunto con sistemas electrónicos.

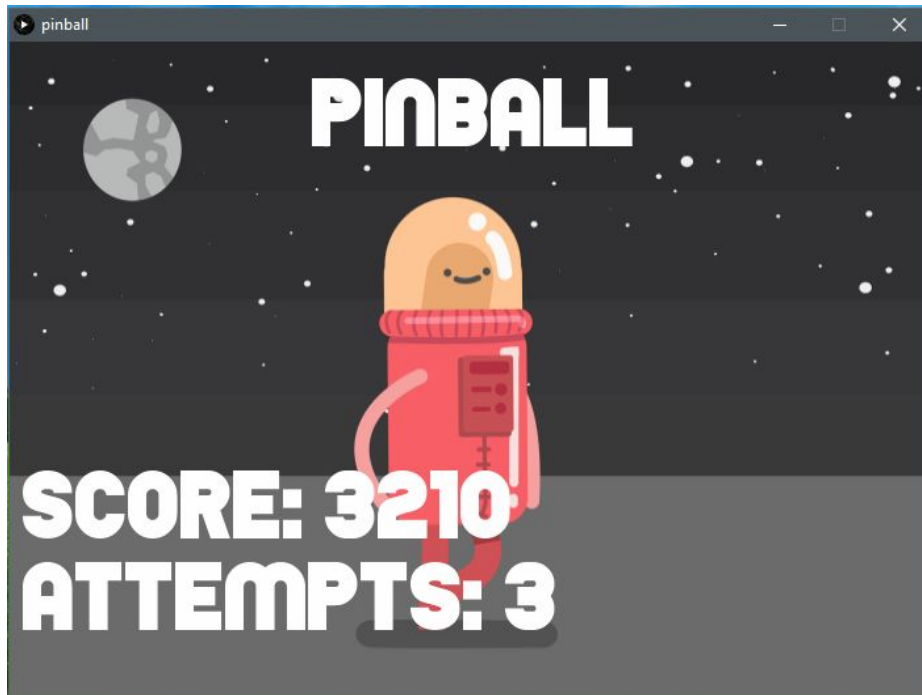


Figura 2.1. *PINBALL* app.



Figura 2.2. Sistema completo.

3. Lista de cumplimiento de los requerimientos y especificación de tareas y tecnologías utilizadas.

Para solventar los requisitos del proyecto, se cumplió con una serie de tareas específicas con el fin de concluir de manera ordenada la realización del mismo. Se mencionan en los siguientes puntos las partes que componen el sistema embebido propuesto.

a. Programación basada en microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado digital que puede ser usado para diversos propósitos, ya que este es programable. Está compuesto por un CPU, memorias ROM y RAM y periféricos. Se cataloga como el “cerebro” dentro del proyecto, ya que, mediante un programa, es posible manejar el comportamiento del sistema embebido. Por medio del microchip, es posible detectar eventos en el hardware y monitorearlos con el software, o bien, generar cambios en el hardware mediante el software. Se utilizó el microcontrolador ATmega328P (véase la figura 3.1).

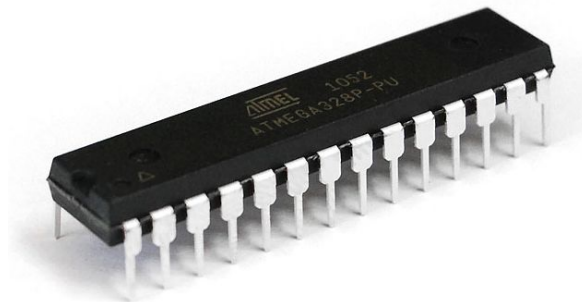


Figura 3.1. Microcontrolador ATmega328P

b. Sensado

Un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas y las transforma en magnitudes eléctricas. Existen diversos tipos de sensores. Con respecto al proyecto, se utilizaron dos sensores: un sensor de vibración y un sensor de luz infrarroja (véase la figura 3.2 y figura 3.3). Se decidió utilizar los sensores anteriores ya que eran los más aptos para captar los valores físicos requeridos, y al mismo tiempo satisfacer el requerimiento del proyecto.

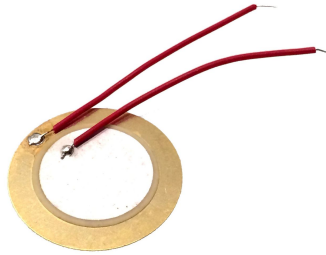


Figura 3.2. Sensor de vibración



Figura 3.3. Emisor/Transmisor infrarrojo

c. Movimiento

El sistema embebido debe contar con partes móviles dentro de su estructura física. Para ello, se incluyen dos motores como parte de su implementación, con el fin de hacer girar unos engranajes y por ende generar el movimiento de las palancas.

d. Comunicación Bluetooth

Bluetooth es una especificación tecnológica para redes inalámbricas que permite la transmisión de voz y datos entre distintos dispositivos mediante la radiofrecuencia segura de los 2,4 GHz [1]. Dentro de los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma está la facilidad de las comunicaciones entre equipos móviles, la eliminación de cables y conectores entre estos, entre otros. Como requerimiento del proyecto, se implementó la comunicación entre el microcontrolador y la aplicación de escritorio vía Bluetooth mediante el módulo HC-05 (véase la figura 3.4).

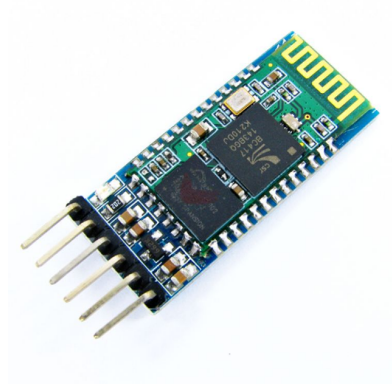


Figura 3.4. Módulo Bluetooth HC-05

e. Aplicación de escritorio

Las aplicaciones son de gran utilidad dentro de un sistema embebido, ya que permiten enviar datos hacia el mismo con el fin de realizar una tarea. De igual forma para recibir datos, de esta manera, se muestran en pantalla resultados que se desean monitorear en un tiempo específico de forma interactiva con el usuario. Para solventar el requerimiento del proyecto, se desarrolló una aplicación amigable para mostrar datos estadísticos, por medio del entorno de desarrollo Processing 3.3.6 (véase la figura 3.5), el cual es un lenguaje de programación basado en Java.

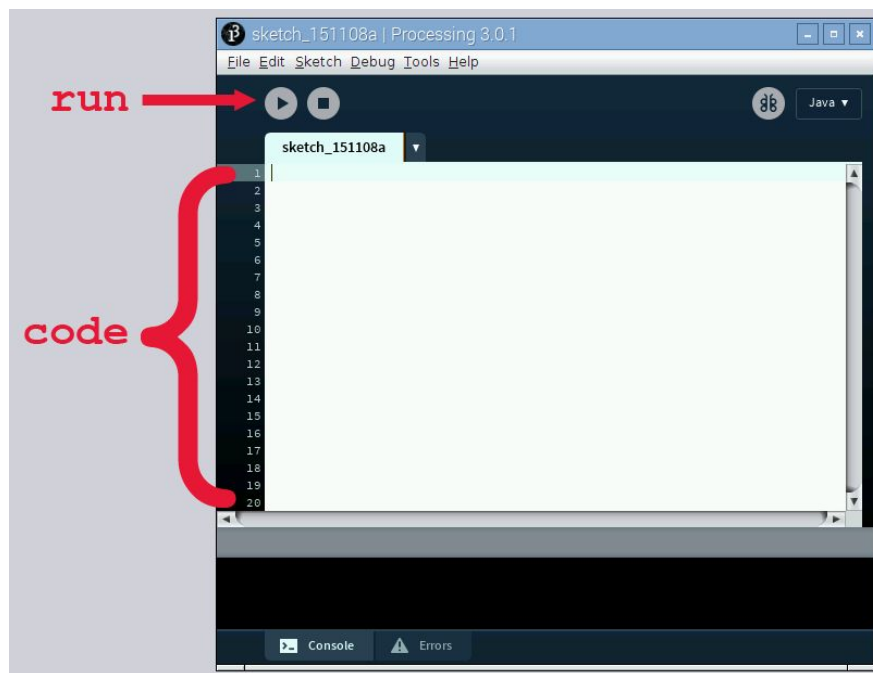


Figura 3.5. Sketch en Processing

f. Tarjeta perforada

Una ventaja de utilizar tarjeta perforada (véase la figura 3.6) es que las partes que componen el circuito tienen poca probabilidad de desprenderse y generar un mal funcionamiento en el sistema. Para ello, se utilizan varias tarjetas para evitar riesgos de funcionamiento, además de que promueve el orden en el circuito y lo mantiene compacto, por lo que se puede contar con poco espacio para colocarlo.

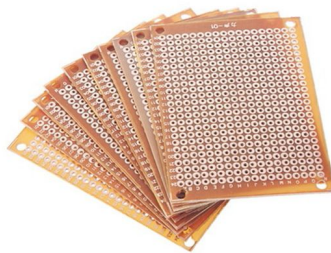


Figura 3.6. Tarjetas perforadas

4. Tabla comparativa de tecnologías utilizadas con las posibles alternativas y justificación de selección

a. ATmega328p vs. otros microcontroladores

Microcontrolador	Fabricante	Descripción
ATmega328p	Atmel	<ul style="list-style-type: none">● 8 bits.● Velocidad de 16 MIPS a 16 MHz.● 23 líneas I/O.● 1 KB EEPROM.● 2 KB SRAM.● 32 registros de uso general.● Tecnología AVR.
P80C32EBPN	Phillips	<ul style="list-style-type: none">● 8 bits.● Velocidad de 24 MHz.
PIC16F877A	Microchip	<ul style="list-style-type: none">● 8 bits.

		<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de 20 MHz. • Tecnología PIC.
PIC16F84A	Microchip	<ul style="list-style-type: none"> • 8 bits. • Velocidad de 20 MHz. • 1024 bytes para el programa. • 68 bytes de RAM (Datos) • 64 bytes EEPROM. • Tecnología PIC.

El ATmega328p, según su datasheet, es un microcontrolador basado en la tecnología AVR de Atmel. Esta tecnología es la principal rival de PIC en el mercado de los microcontroladores. La principal razón por la que se escogió utilizar el ATmega328p es por su fácil acceso a elementos de programación e implementación. Una de las principales ventajas de este procesador es que es programable con el IDE de Arduino. Esto permite una programación del programa a un muy alto nivel, sin tener la necesidad de utilizar lenguajes como C o ensamblador.

Otra de las principales razones por la que se decidió utilizar este microcontrolador es porque se tenía fácil acceso al mismo. Además se han tenido experiencias previas utilizándolo y hay extensa documentación para su programación y uso.

b. Sensores utilizados vs. otros sensores

i. Sensores de vibración

Existen varios sensores de vibración en el mercado, pero pocos tan simples y funcionales como los utilizados en el proyecto. Estos tienen solo dos patillas y no requieren alimentación adicional, tan solo se conectan a tierra y a la entrada analógica del microprocesador. Además presentan un tamaño deseado para el juego y es resistente a golpes, lo cual es necesario en el Pinball. Otros sensores son más precisos y brindan más información, pero para el sistema de puntos implementado no es necesaria.

ii. Sensores infrarrojos

Los sensores utilizados son infrarrojos de dos diodos separados. Un diodo es emisor y el otro transmisor. El tener el sensor en dos módulos diferentes permite mucha versatilidad en el diseño del Pinball. La mayoría de los sensores infrarrojos poseen solo un módulo emisor y transmisor al mismo tiempo, por lo que requieren que se reflejen los rayos en alguna superficie reflectiva. El problema con esto es que limita las posibilidades de diseño del Pinball.

c. Bluetooth vs. Wi-Fi

Características	Bluetooth	Wi-Fi
Frecuencia	2,4 GHz	2,4 / 3,6 / 5 Ghz
Ancho de banda	24 Mbps	1 Gbps
Seguridad	Baja	Moderada
Rango	30 metros	300 metros
Consumo	Reducido	Elevado

Según indica Carlos González en su artículo [2], el bluetooth es mucho más simple en características que el Wi-Fi. Tiene un rango menor que el Wi-Fi y puede emparejarse solo entre dos dispositivos en solo una dirección de comunicación a la vez. Sin embargo, es justo lo necesario para el proyecto que se desarrolló porque se ajusta a los requerimientos básicos. Incluso es en algunos aspectos mejor, como en el aspecto de consumo. El conectar el sistema a un adaptador Wi-Fi sería mucho más costoso energéticamente.

d. Processing vs. otros lenguajes

En este proyecto se utilizó Processing para crear la aplicación de escritorio. Este es un lenguaje orientado al manejo de multimedia, por lo que permite crear interfaces y animaciones de manera sencilla. Para un juego como el que se desarrolló, es importante un tipo de interfaz amigable con el usuario por lo que se decidió el uso de esta plataforma.

Otro factor importante de Processing es, que al igual que Arduino, tiene en su implementación un ciclo llamado *draw* que permite, sin necesidad de manejar eventos, controlar la información proveniente del bluetooth de la computadora de manera sencilla.

e. Circuito impreso vs. tarjeta perforada

Circuito impreso	Tarjeta perforada
Tamaño más reducido	Se necesita más tamaño
Más simple de soldar	Se necesita soldar también el cableado
Mejor para producción a gran escala (costo)	Mejor para producción reducida (costo)

Como indica la tabla, para muchos casos es mejor el circuito impreso, pero para efectos educativos y en pequeña escala, es mejor la tarjeta perforada. Si bien requiere mucho más trabajo y cuidado, permite realizar prototipos de manera más sencilla y rápida. Por esta razón, se realizó el trabajo utilizando la tarjeta perforada para soldar el circuito.

5. Metodología de diseño

Este proyecto se desarrolló empleando una metodología incremental. Por este motivo la funcionalidad tenía un crecimiento progresivo conforme avanzaba el proyecto. Evolucionó a través de una serie de incrementos semanales. Cada vez que se le agregaba una funcionalidad al sistema, se evalúan las causas o consecuencias de las siguientes decisiones sobre el sistema actual para disminuir el tiempo perdido por problemas de diseño. Se puede apreciar la lista de los requerimientos que se tomaron en cuenta:

SR-1: Programación del microcontrolador.

SR-2: Desarrollo de una aplicación de PC.

SR-3: Comunicación vía Bluetooth entre el microcontrolador y la aplicación.

SR-4: Modulación.

SR-5: Prototipado.

SR-6: Soldadura del circuito.

A continuación, se puede apreciar la matriz de requerimientos y su estado final en el proyecto. Además, las columnas muestran la iteración en la que se implementó la característica del proyecto.

Tabla 5.1. Matriz de Requerimientos

Requerimiento	Release Inicial	Incremento 1	Incremento 2	Incremento 3
SR-1		Completo		
SR-2	Completo			
SR-3		Completo		
SR-4			Completo	
SR-5			Completo	
SR-6				Completo

6. Conclusiones y lecciones aprendidas

a. Conclusiones

Los microcontroladores son herramientas poderosas si se trata de resolver un problema en el que los eventos o procesos se ejecutan de manera secuencial. En caso de tener la necesidad de ejecutar tareas de forma paralela, lo mejor es optar por el uso de algún SoC, ya que estos, al tener un sistema operativo, permiten programar a un nivel más alto, con lo que se puede lograr sistemas con mayor complejidad.

Los sistemas embebidos se han convertido en parte fundamental de la vida cotidiana del ser humano, automatizando tareas específicas. Por lo que su desarrollo es de suma importancia para que se brinden soluciones eficaces a algunos de los problemas que afectan a la sociedad actual.

El uso de los sensores es fundamental si se requiere detectar algún cambio en una variable física para realizar una acción dentro del sistema embebido. Cabe resaltar que algunos sensores, por el trabajo que realizan, tienen una sensibilidad muy alta, por lo que cualquier mínimo cambio es capturado. Una de las ventajas del uso de microcontroladores es la lógica que pueden manejar mediante un programa en software, de esta manera, el microcontrolador detecta los cambios que realmente se desean detectar, haciendo que se tenga el control total mediante el “cerebro” del sistema, tal y como se desea.

b. Lecciones aprendidas

El primer paso a tomar a la hora de soldar el circuito es escoger la placa. No se tenía mucha experiencia al inicio, pero se compró una placa con canales ya formados. Esto facilita la labor de la soldadura porque no hay realizar tanto cableado, lo que permite además, un fácil control de patillas y reduce la probabilidad de que hayan errores en la soldadura. La soldadura como tal, debe realizarse con sumo cuidado para evitar cortocircuitos entre los pines.

La elección del lenguaje de programación más apropiado es una pieza clave para facilitar el proceso de desarrollo de la aplicación, según lo que se requiera hacer. En este caso, se deseaba crear una aplicación interactiva y llamativa con el fin de que el usuario inconscientemente se sienta atraído por la misma, y al mismo tiempo, que logre visualizar las estadísticas de la partida.

Adquirir conocimientos sobre áreas que sean diferentes a la electrónica como la mecánica y diseño permite generar proyectos más complejos y elaborados sin necesidad de acudir a terceros. Los engranajes fueron calculados de manera adecuada para que la velocidad de los motores aumentará 3 veces y de esta forma la potencia mecánica en el sistema fuese la adecuada para que la bola llegara a cualquier parte del pinball. La estructura del pinball fue diseñada parte por parte con tamaños previamente calculados para que al colocar cada elemento de la estructura se acoplara correctamente.

7. Referencias

- a. [1] Julián Pérez Porto, María Merino. (2009). Definición de bluetooth. 23/11/2017, de Definicion.de Sitio web: <https://definicion.de/bluetooth/>
- b. [2] González, C. (2014). WiFi vs Bluetooth: diferencias, ventajas e inconvenientes. noviembre 25, 2017, de ADSLZone Sitio web: <https://www.adslzone.net/2014/11/27/wifi-vs-bluetooth-diferencias-ventajas-e-inconvenientes/>