

Sistema de automatización para almacenamiento de vacunas

Javier M. Oyola, Andrés W. Romero

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Septiembre 1 del 2021

Sistemas embebidos, Profesor: Alisson A. Constantine, Federico X. Dominguez

Resumen

A continuación, se realiza un análisis de la problemática para verificar que el Proyecto propuesto sea el indicado para resolverlo, además se realiza una descripción de los diferentes elementos tanto de hardware como de software para la ejecución de las diferentes tareas cuando una señal supere los rangos establecidos o algún parámetro active otros dispositivos.

Palabras claves: Solución, elementos, descripción, ejecución.

Sistema de automatización para almacenamiento de vacunas

A continuación, se realiza una descripción detallada del proyecto que se va a realizar para poder controlar y vigilar las vacunas contra el COVID 19 en Ecuador.

Introducción

Actualmente en Ecuador se vive una crisis sanitaria debido al virus del COVID 19, debido a esta situación el gobierno de la república ha intensificado su campaña de vacunación para inmunizar a la mayor parte de la población y así lograr volver a la normalidad lo antes posible. Según el plan nacional de vacunación e inmunización (López, 2021), la distribución de las vacunas es coordinado y validado por el Ministerio de Salud Pública en todo momento, en cooperación con las instituciones públicas y privadas y compañías farmacéuticas autorizadas, para lograr esta misión las vacunas preservarse en un ambiente controlado de +2 a +8 grados centígrados y evitar las pérdidas por robo de personas mal intencionadas.

Antecedentes

Al momento de realizar este proyecto, existe pocos antecedentes ya que la pandemia del COVID 19 empezó recién el año pasado, pero ha demostrado ser una de las más devastadoras, afectando seriamente a la economía del Ecuador y a su sistema de salud.

Existen algunas alternativas para la conservación de las vacunas como la planteada por Dhruv Sheth (Sheth 2021) en Mumbai, Maharashtra, India, donde se diseñó un sistema embebido para controlar y monitorear las vacunas en una cadena de frío de bajo costo, ya que las unidades de almacenamiento que son confiables suelen costar entre 5000 a 15000 dólares americanos.

Además, existen actualmente en el mercado diferentes tipos de sistemas de refrigeración, entonces para poder diferenciarnos de esa competencia, se debe crear un proyecto con valor agregado que pueda solucionar el problema de la mala gestión de las vacunas que se da actualmente en el país.

Objetivo general

Diseñar un sistema embebido el cual sea capaz de monitorear, controlar y vigilar en tiempo real una habitación donde se encuentran las vacunas del COVID 19 que serán distribuidas en las distintas provincias del Ecuador.

Objetivos específicos

- Realizar las conexiones adecuadas de los dispositivos de monitoreo y control mediante un Arduino Atmega328p.
- Implementar un código en lenguaje de programación C donde se especifiquen las tareas que se ejecutan cuando se reciben las señales de los diferentes sensores.
- Verificar que el sistema embebido se realice en tiempo real mediante la utilización de una máquina virtual.

Descripción del problema.

Para determinar el problema, se tuvo de analizar la logística que maneja el Ministerio de Salud, donde se encontró que la seguridad con resguardo policial o militar de las vacunas solo se da en el transporte y en los centros de vacunación, mas no en los bancos de vacunas ubicados en Quito, Guayaquil y Cuenca, además el control de temperatura se realiza manualmente mediante un data logger insertado en el congelador.

Aquí se pueden observar dos grandes problemas, primeramente, la falta de seguridad en banco de vacunas es muy grave, ya que pueden ingresar personas que no pertenecen al Ministerio de Salud para robarse o falsificar las vacunas y venderlas en el mercado negro. Por otra parte, el manejo de la temperatura se lo realiza manualmente, esto es ineficiente para el manejo de las vacunas por lo que se necesita un monitoreo constante en tiempo real de los parámetros que mantienen las vacunas en unas condiciones óptimas.

Solución escogida

Finalmente, se escogió la propuesta de realizar un control de los congeladores automatizado mediante una plataforma Iot, para esto se eligieron dos microcontroladores (Raspberry Pi4 y Atmega 328p) los cuales tiene una función específica, donde el primero se encarga de recibir las analógicas del ambiente y transformarla en digitales para enviar a la plataforma ThinkSpeak, la cual las envía al Atmega 328p y este se encarga de activar o desactivar el congelador o encender la alarma.

Para activar o desactivar los dispositivos de control, se necesitan los rangos de operación por lo que se pudo investigar que el punto ideal de conservación de las vacunas (Pfizer), se encuentra entre los -20 y -30 grados centígrados, en cambio para el sistema de seguridad, el rango depende del sensor cuyo alcance es 30 cm, si detecta cambios de distancia menores a eso, entonces el circuito de alarmas se activara.

La mayoría de los elementos que se escogieron para la solución se pueden encontrar en el mercado ecuatoriano y además se escogió los microcontroladores más conocidos, para evitar problemas de compatibilidad con los sensores, así mismo tener más documentación en internet para solucionar algún problema que pueda afectar el proyecto, ya que se necesita fabricar la mayor cantidad de unidades en el menor tiempo posible, para así poder acelerar el tiempo de vacunación y volver a la normalidad.

Elementos del proyecto

Los elementos que se van a usar para diseñar el proyecto son los siguientes:

- Sensor de temperatura (DS18B20)
- Sensor ultrasónico (HC SR04)
- Relé
- Buzzer

- Luces Leds
- Arduino Atmega328p
- Tarjeta Wifi (ESP8266)
- Puente H (L293D)
- Convertidor ADC (MCP3008)

A continuación, se describen los componentes que se colocaron en la lista anterior, explicando detenidamente sus características.

Sensor de temperatura DS18B20

Este sensor es uno de los más comunes que existen en el mercado actualmente, consta de tres salidas (Vcc,DQ,Gnd) con un voltaje de operación que se encuentra dentro de 3 V a 5.5 V dando así un rango de temperatura que va desde los -55 a los 125 grados centígrados con un margen de error de ± 0.5 grados centígrados. (NAYLAMPMECHATRONICS, 2021)



Ilustración 1 Sensor de temperatura DS18B20

Tarjeta Wifi ESP8266

El ESP8266 es un microcontrolador, como la placa de Arduino, es decir, se comporta como un sistema informático, su funcionalidad es interactuar con otro controlador para conectarse a internet, este módulo permite enviar y recibir datos de internet.

Este microcontrolador se enlaza con el Atmega a través de comunicación serial tipo UART, por tanto, se conectan por medio de sus pines RX y TX. (ProgramarFacil.com, 2021)

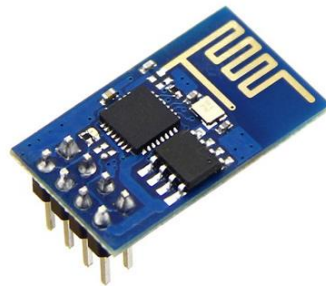


Ilustración 2 Módulo Wifi ESP8266

Convertidor ADC(MCP3008)

Este dispositivo es un convertidor analógico a digital de 10 bits de resolución con una circuitería de muestreo y retención, se puede programar mediante la Raspberry pi, conectándolo a través de una comunicación SPI, este ADC tiene hasta 8 canales de entradas. Este elemento trabaja con tecnología CMOS de baja potencia. (FARNELL, 2021)

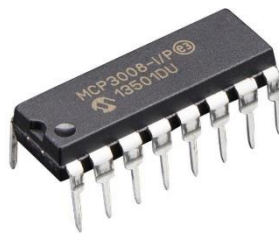


Ilustración 3 Integrado MCP3008

Sensor ultrasónico (HC-SR04)

Gracias a este sensor, se puede detectar todo tipo de sonido, obteniendo así una salida digital y otra analógica, en la primera se transmite una señal de encendido o apagado cuando el sonido supera el límite establecido, el segundo transmite toda la información recolectada por el micrófono, además la sensibilidad del sensor se establece mediante un potenciómetro, el voltaje de operación es de 5 V, el micrófono que usa es de alta sensibilidad y cuenta con un indicador led de encendido. (ELECTRONICS, 2016)



Ilustración 4 Sensor de sonido HC-SR04

Arduino MEGA 328p:

Es un microcontrolador basado en Atmega328P, posee 34 pines de entrada y salida digital, 7 de estos pueden ser tomados como salidas (PWM), 7 entradas analógicas, 2 UART (Puertos serie), una conexión USB, conector de alimentación, un oscilador de 16MHz, encabezado ICSP y un pulsante de reinicio.

Especificaciones técnicas:

- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje Operativo: 5v
- Voltaje de Entrada (Recomendado): 7 – 12 v

- Pines de Entradas/Salidas Digital: 14 (De las cuales 6 son salidas PWM)
- Pines de Entradas Análogas: 6
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por Bootloader.
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad del Reloj: 16 MHZ.

Arduino se puede programar a través de su IDE, software Arduino. (ARDUINO, 2021)



Ilustración 4 Arduino Atmega 328p

Raspberry Pi 4:

Es un ordenador de placa simple, soporta varios componentes necesarios en un pc común, empleado comúnmente para sistemas embebidos por su alta versatilidad, el modelo Pi 4 tiene las siguientes características:

- Ranura para tarjeta micro-SD para cargar el sistema operativo y el almacenamiento de

datos

- 5 V CC a través del conector USB-C (mínimo 3 A)
- 5 V CC a través del encabezado GPIO (mínimo 3 A *)
- Power over Ethernet (PoE) (requiere PoE HAT separado)
- Temperatura de funcionamiento: 0 - 50 grados C ambiente
- Broadcom BCM2711, SoC de 64 bits Cortex-A72 de cuatro núcleos (ARM v8) a 1,5 GHz
- SDRAM LPDDR4-3200 de 2GB, 4GB u 8GB (según el modelo)
- 2.4 GHz y 5.0 GHz IEEE 802.11ac inalámbrica, Bluetooth 5.0, BLE
- Gigabit Ethernet
- 2 puertos USB 3.0; 2 puertos USB 2.0.
- Cabecera GPIO estándar Raspberry Pi de 40 pines (compatible con modelos anteriores)
- 2 puertos micro-HDMI (hasta 4K)
- Puerto de pantalla MIPI DSI de 2 carriles
- Puerto de cámara MIPI CSI de 2 carriles
- Puerto de video compuesto y audio estéreo de 4 polos
- OpenGL ES 3.1, Vulkan 1.0

Advertencia: Se puede utilizar una fuente de alimentación de 2,5 A de buena calidad si los periféricos USB descendentes consumen menos de 500 mA en total. (RASPBERRY, 2021)

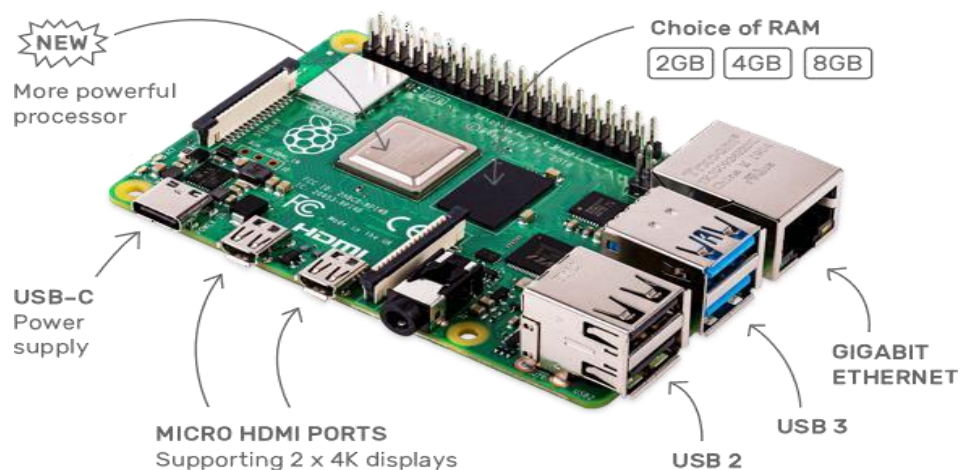


Ilustración 5 Raspberry Pi 4

Módulo Relé:

Un relé es un interruptor electromecánico que se puede encender o apagar cuando se deja pasar la corriente, se controla con voltajes bajos como los 5V del Arduino, este elemento nos ayuda a controlar elementos que requieren mayor potencia y por ende, ocupan un voltaje mucho mayor, 120/240V.

NO: normalmente abierto, cuando llega la señal de control, este circuito se cierra y empieza a fluir corriente a través de él

NC: normalmente cerrado (estado de reposo), la corriente fluye hasta que se envíe una señal a las entradas del módulo.

C: Común

Entrada 1,2: controla los relés 1 y 2 desde la salida del Arduino, aplicando un nivel lógico bajo.

Vcc (5V): alimentación del Arduino o una fuente externa.

GND: tierra. (Autores, 2021)

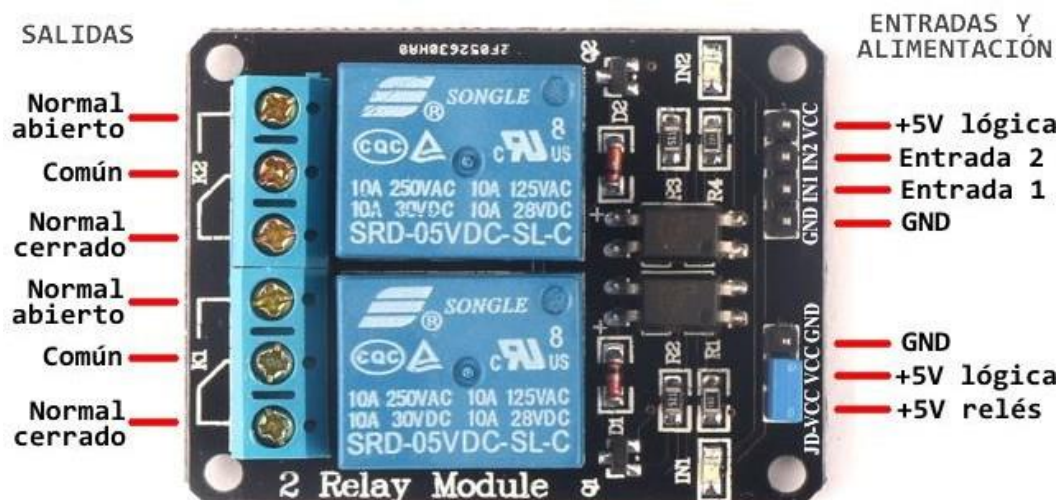


Ilustración 6 Módulo Relé

Buzzer:

Es un elemento de 2 pines, nos permite convertir una onda eléctrica en una onda sonora, dependiendo el modelo variará su frecuencia de sonido, es decir, es capaz de emitir un sonido en cuanto se conecte a una fuente de alimentación. Está compuesto por un generador, un interruptor y un electroimán, cuando se energiza la bobina, crea un campo magnético que hace que el martillo golpee una pequeña campana.

Al ser un elemento de potencia no tiene polaridad y debemos conectarlo a un relé que sea controlado por la salida de un Arduino. (Colaboradores, 2005)



Ilustración 7 Buzzer

Tabla de componentes

Nombre	Precio	Instalación	Diseño	Link
Atmega328p	\$ 11,50	Difícil	Arduino	Comprar
Esp8266	\$ 6,99	Fácil	Arduino	Comprar
Buzzer	\$1,00	Fácil	Arduino	Comprar
Módulo Relé	\$ 2,99	Fácil	Potter&Brumfield	Comprar
L293D	\$ 5,50	Media	Arduino	Comprar
Foco 120V	\$ 2,63	Fácil	BulbAmerica FTK	Comprar
Raspberry Pi 4	\$ 43,50	Difícil	Raspberry	Comprar
HC-SR04	\$ 1,99	Media	Arduino	Comprar
MCP3008	\$ 7,00	Fácil	Distrelec	Comprar
DS18B20	\$ 2,99	Fácil	Octopart	Comprar

Aplicaciones en el futuro

Un el sistema automatizado para el control de las vacunas del COVID 19, puede aplicarse después de la pandemia, ya que los laboratorios seguirán necesitando proteger las vacunas de los agentes externos. Otro campo en el que puede usar esta idea es en la industria alimentaria donde se necesiten controlar la temperatura, o en la domótica, para el sistema de seguridad de los hogares donde se instale el dispositivo.

Como se puede observar, la empresa REFRIGERITIOS S.A. tiene todo un futuro prometedor en el campo del internet de las cosas y que mejor manera de iniciar, mediante el proyecto (SECOOLER) que ayuda a la vacunación del Ecuador en tiempos de pandemia.

Conclusiones

- Se realizó un circuito transmisor donde una Raspberry Pi 4 recibía los datos analógicos de los sensores y los transformaba en digitales para poder enviarlos a la plataforma de ThinkSpeak, todo esto fue posible gracias al software de Proteus en lenguaje Python.
- Se logró crear un circuito actuador, el cual recibe las señales digitales del circuito transmisor y ejecuta las tareas programadas, donde existen varios casos dependiendo del rango ideal de las señales, controlando así el sistema de refrigeración y seguridad, todo esto fue posible gracias al software de Proteus en lenguaje C.
- Se consiguió crear una plataforma Iot mediante ThinkSpeak donde se recibía las señales digitales que enviaba la Raspberry Pi4 y las reenviaba al Atmega 328p, el cual se encargaba de controlar la temperatura y la seguridad, además muestra en tiempo real las variaciones de las señales y manda correos de alerta en caso de que existan señales fueran del rango establecido, todo esto se realiza con una conexión de internet.

Recomendaciones

- Se recomienda comprar ambos microcontroladores, especialmente el Atmega328p, ya que Proteus no tiene las librerías necesarias para poder simular la tarjeta Wifi para conectarse a la plataforma Iot, mientras que, implementando con ARDUINO IDE todo es más sencillo.
- Se recomienda dividir el programa en C en varios archivos (headers files), para poder acceder a los identificadores declarados en diferentes archivos, además se hace más fácil la lectura del programa y se evita confusiones con las funciones declaradas.
- Se recomienda programar a través de una máquina virtual Debian debido a la facilidad para instalar los paquetes del lenguaje Python, esto aplica para el manejo de la Raspberry Pi 4.

Referencias

- ARDUINO. (2021). *ARDUINO*. Retrieved from <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>
- Autores, V. (2021). *Robots Didácticos*. Retrieved from Robótica, Automatización, control industrial, microcontroladores, electrónica digital: <http://robots-argentina.com.ar/didactica/modulos-de-rele-y-arduino-domotica-1/>
- Colaboradores, V. (2005). *Timbre eléctrico*. Licencia Creative Commons.
- ELECTRONICS, U. (2016). *UNIT ELECTRONICS STORE*. Retrieved from <https://uelectronics.com/producto/modulo-ky-037-sensor-de-sonido/>
- ELECTRONILAB. (2021). *ELECTRONILAB*. Retrieved from <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-movimiento-pir-hc-sr501/>
- López, S. M. (2021). *Plan Nacional de Vacunación e*. Quito: Ministerio de Salud.
- NAYLAMPMECHATRONICS. (2021). *naylampmechatronics*. Retrieved from https://naylampmechatronics.com/blog/46_tutorial-sensor-digital-de-temperatura-ds18b20.html
- RASPBERRY. (2021). *RASPBERRY*. Retrieved from <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- Sheth, D. (2021). Environmental Sensing for Covid Vaccine Cold Chain. *Arduinocc*.