

RIC

Implementación de un sistema de control de entrada y salida empleando el módulo de lectura RFID con la tecnología Arduino

Implementation of a control system using the input and output RFID reader module with Arduino technology

Ariel J. Coba Gibbs¹ & Euclides Samaniego González^{2*}

¹Licenciatura en Ingeniería de Sistemas y Computación – Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales–
Universidad Tecnológica de Panamá

²Grupo de Investigación en Inteligencia Computacional – GIICOM – Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales,
Universidad Tecnológica de Panamá

19

Resumen El presente proyecto de investigación consiste en la apertura de una cerradura electrónica por medio de un lector de Radiofrecuencia (RFID) empleando la tecnología de la placa Arduino. El funcionamiento del sistema consiste en pasar la tarjeta o etiqueta RFID al frente del lector (no más lejos de 3cm), si la tarjeta coincide con el código que se le otorgó al titular de la oficina se realizará la apertura de la cerradura mostrando en pantalla el nombre del titular de la oficina, de lo contrario se mostrará un mensaje indicando “Acceso no Autorizado”. El objetivo del desarrollo de dicho sistema es facilitar la entrada de los profesores a la oficina y como propósito es mejorar la seguridad en las oficinas del plantel. La metodología empleada para el desarrollo de dicho proyecto involucró el método científico y sobre todo el ensayo y el error puesto que muchas de las conexiones y pruebas que se realizaron no estaban contempladas en ningún libro ni otra fuente de información

Palabras claves Lector de radiofrecuencia RFID, tag, Arduino.

Abstract This research project involves opening an electronic lock by reader Radio frequency identification (RFID) technology using the Arduino board. The operation of the system is to pass the card or RFID tag in front of the reader (no further than 3cm), if the card matches the code that will grant the holder of the office opening the lock will be held showing on screen the name of the holder of the office, otherwise a message indicating “unauthorized access” is displayed. The aim of the development of this system is to facilitate the entry of teachers to the office and purpose is to improve safety on campus offices. The methodology used for the development of this project involved the scientific method and especially trial and error because many of the connections and tests that were conducted were not covered in any book or other source of information.

Keywords Radio frequency identification, tag, Arduino.

* Corresponding author: euclides.samaniego@utp.ac.pa

1. Introducción

La identificación por radiofrecuencia (RFID) es un método utilizado para permitir un acceso seguro ya sea a través de una puerta electrónica, transacción bancaria entre otras, la meta de utilizar dicho método es proteger el acceso no autorizado ya que hoy en día son propensos los robos y se necesita tomar conciencia a la hora de hablar de seguridad el cual es un tema muy delicado y de gran importancia que enfrentan las empresas hoy en día.

Con el método de la identificación por radiofrecuencia se planea implementar el control de acceso a las oficinas de los docentes como mejora a los niveles de seguridad debido al incremento del flujo de personas por el uso del puente peatonal. En etapas posteriores será posible controlar la entrada vehicular hacia el centro universitario de manera que no se permita el acceso a desconocidos y así aumentar el nivel de seguridad en dicha institución.

El sistema desarrollado es un gran aporte al área de la programación, simulación de sistemas y principalmente la robótica.

Entre los resultados que se obtuvieron destacan la utilización de los voltajes y corrientes adecuadas para cada elemento ya que si se hace lo contrario se pueden ocasionar daños a los equipos ocasionando un daño irreversible, al colocar la tarjeta o *tag* RFID al frente del lector es necesario no pasar de una distancia de 3cm ya que el lector que se utilizó es de media frecuencia por lo cual no se soportan grandes distancias aparte de que dicho lector cuenta con una antena pequeña.

1.1 Aspectos generales

Se describen temas introductorios en los cuales figuran pequeñas descripciones y aplicaciones de la tecnología a utilizar, se establecen las problemáticas, características, alternativas y antecedentes, los límites de la tecnología que se utilizó así como los componentes y requisitos necesarios para establecer una solución la cual mejore la calidad de vida de las personas y también ofrecer una mejor seguridad.

1.1.1 Antecedentes

Robótica con la tecnología Arduino: la robótica es una rama de la tecnología que combina diversas disciplinas tales como electrónica, computación, inteligencia artificial entre otras. Se busca implementar un robot o un sistema el cual permita facilitar las necesidades o actividades ya sea de una empresa o personales las cuales pueden generar ventajas como el ahorro de tiempo y sobre todo dinero.

Tecnología Arduino: es una placa electrónica de pruebas de código libre la cual es considerada una de las herramientas más económicas y sencillas en la categoría “*Do It Yourself* (DIY Hágalo usted mismo)”. Consta de un entorno de programación sencillo basado en lenguajes tales como C/C++, y consta de una gran cantidad de librerías basadas en sensores los cuales permiten simplificar las tareas que se realicen. Es un ambiente multiplataforma ya que puede ser instalado en *Windows*, *Linux* y *MAC*, la placa Arduino contiene una serie de pines digitales y analógicos los cuales se utilizan dependiendo del proyecto o experimento que se esté realizando y la función que se quiera realizar.

RFID - identificación por radiofrecuencia: la identificación por radiofrecuencia se basa en el uso inalámbrico de los campos electromagnéticos para transferir datos, ya sea para lectura de tarjetas RFID para el acceso automático a una puerta a través de una cerradura electrónica, como la escritura de datos en una tarjeta RFID mencionada anteriormente.

El acrónimo también se refiere a dispositivos electrónicos que consisten en un pequeño circuito integrado y una antena. El circuito integrado generalmente es capaz de contener 2000 *bytes* de datos o menos.

La identificación por radio frecuencia funciona mejor que los códigos de barras (figura 1) puesto que la etiqueta (*tag* en inglés) no debe posicionarse exactamente en el lector como lo hace un código de barra y a menudo se observa este problema en los supermercados, ya que en ciertos casos la lectura falla y se debe realizar numerosos intentos a tal punto que la cajera debe introducir el código en la computadora. La RFID permite un alcance mayor (hasta 20 pies para dispositivos de alta frecuencia).

	CÓDIGO DE BARRAS	RFID	VENTAJAS RFID
Visión directa etiqueta	Requerida.	No requerida.	No es necesario tener las etiquetas a la vista para que puedan ser leídas.
Número de ítems identificados	Uno.	Múltiples.	Mayor velocidad en los recuentos de inventario.
Automatismo y exactitud	Mayoritariamente requiere lecturas manuales que implica errores de escaneo.	Totalmente automatizado con un alto grado de exactitud.	Minimiza los errores de inventario, y reduce la manipulación humana.
Identificación	Sólo se identifican series o tipos de producto.	Identifica cada ítem de forma única.	Gestión y trazabilidad individual de los productos.
Datos	Sólo almacena un código numérico.	Permite almacenar información específica del producto	Conocimiento de la última ubicación conocida del producto

Figura 1. Comparación entre tecnología de código de barra y RFID. (<http://controldeprendas.com/en/beneficios/>).

Esta tecnología ha estado disponible por más de 50 años y una de las razones por las cuales ha tomado demasiado tiempo para que las empresas hoy en día la utilicen como debe ser, es que por lo regular la utilizan para un mismo fin, ya sea para lectura de productos o un identificador para productos, cuando hay muchas aplicaciones hoy en día.

Aplicaciones de la identificación por radiofrecuencia (RFID):

- Cerraduras electrónicas.
- Tiempos en carreras (Tiempos por vuelta).
- Pasaportes electrónicos.
- Pagos electrónicos.
- Peaje electrónico (PanaPass).

Un gran campo de aplicaciones tiene dicha tecnología, solo depende de nosotros cómo aprovecharla y realizar innovaciones las cuales permitan facilitar nuestro diario vivir.

1.2 Caracterización de la problemática

Una de las grandes amenazas que se presentan hoy en día son los robos, puesto que personas no autorizadas entran a un lugar o institución que carece de la seguridad necesaria para mitigar dicha amenaza.

En algunas empresas del territorio nacional de hoy en día solo se cuenta con un guardia de seguridad el cual en algunos casos (no siempre), incluso no se pide alguna identificación ni se firma alguna lista de visitantes. Esto no es suficiente ya que cualquier individuo puede hacerse pasar por otra persona (fingir identidad) y entrar a dicha institución para

cometer crímenes, en algunas empresas se puede observar que no se poseen cámaras de seguridad en todo el perímetro, la cual crean una vulnerabilidad que puede representar la pérdida de bienes o incluso información sensible.

1.3 Justificación

La aplicación más importante en el campo de la radiofrecuencia es el control de acceso. Este control tiene como objetivo principal denegar la entrada a personas no autorizadas lo cual aumenta la seguridad de la empresa y se logra prevenir que intrusos no cometan crímenes.

En un principio se busca realizar pruebas de lectura para evitar que se produzcan las colisiones de lecturas (cuando dos lectores buscan leer el mismo *tag* simultáneamente) que es una de las desventajas de la radiofrecuencia). Además de evaluar la portabilidad de la tarjeta.

Estos sistemas ya funcionan en el territorio nacional como es el caso del Panapass, el cual se puede catalogar como un peaje que consta de una transacción electrónica que permite el tránsito fluido a un costo.

1.4 Restricción y limitaciones

Prototipo capaz de leer el *tag*.

Abrir la puerta luego de que el lector haya capturado los datos del *tag*.

El *tag* será único para cada persona.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Implementar un sistema de control de entrada y salida por medio del módulo de la identificación de radiofrecuencia (RFID) empleando la Tecnología Arduino para llevar un mejor control de la seguridad en la institución.

1.5.2 Objetivos específicos

- Diseñar el prototipo de entrada vehicular por un módulo de RFID utilizando la tecnología Arduino.
- Realizar la codificación necesaria de manera que el dispositivo se pueda comunicar con el usuario de manera exitosa.

- Realizar el armado del circuito de tal manera que se eviten problemas tales como mala distribución de voltaje, cortos circuitos entre otros.
- Utilizar los materiales necesarios de tal manera que el dispositivo pueda comunicarse sin problemas de compatibilidad.
- Lograr que el lector pueda ejecutar la lectura sin problemas de interferencia.
- Lograr que la puerta cierre luego que la persona pase.
- Realizar el diseño funcional de la aplicación.
- Desarrollar el esquema conceptual del prototipo.
- Construir el diseño de la maqueta.
- Confeccionar el diseño de planos.
- Seleccionar los elementos inteligentes a incorporar.
- Realizar el ensamblado de los componentes del sistema.
- Elaborar el diseño de actividades de interacción y de esquemas de funcionamiento.

debido a su bajo costo y su sencillo entorno de programación, puede obtenerse por solo 25 dólares estadounidenses, además puede comprarse junto con *kits* los cuales traen sensores, *leds*, manuales con laboratorios resueltos los cuales permiten el aprendizaje de una manera más sencilla y entretenida.

Módulo RFID (Frecuencia de 13.56 MHz): Es un dispositivo electrónico que consta de un pequeño circuito integrado junto con una antena la cual permite la lectura y escritura de datos por medio de la radiofrecuencia.

Tarjeta RFID (Frecuencia de 13.56 MHz): Es una tarjeta que consta de un pequeño circuito la cual permite la transferencia de datos al lector de RFID, en este caso el sensor RFID.

Cerradura electrónica: Es un dispositivo que consta de un campo electromagnético, al aplicarse un voltaje sobre dicho elemento, la cerradura podrá moverse y así se podrá realizar la apertura de la puerta.

Módulo Relay: Componente mediante el cual la placa Arduino puede manejar voltajes superiores a 12 V, componentes como motores de DC, focos de 12 V entre otros pueden ser controlados por la placa Arduino si se cuenta con dicho módulo.

LEDS: Son pequeños dispositivos que emiten una luz. Se utilizarán para indicar cuando la puerta abre y cuando está cerrada.

Resistencias: Se utilizarán para evitar que los *LEDS* o entradas del Arduino experimenten sobrecargas de voltaje lo cual cuidara el paso de la corriente.

2. Materiales

2.1 Software

Arduino Programming Language/Arduino Development Environment: Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en el lenguaje *Arduino Programming Language*. Este lenguaje, a pesar de estar basado en lenguaje *Wiring*, es muy similar a C, por lo tanto no es mucho lo que hay que aprender si ya se tiene noción de C. El entorno de programación es el *Arduino Development Environment*, la cual está basada en *Processing*.

2.2 Hardware

Arduino Uno: Arduino se inició en el año 2005 como un proyecto para estudiantes en el Instituto IVREA, en Ivrea (Italia). En ese tiempo, los estudiantes usaban el microcontrolador *BASIC Stamp*, cuyo coste era de 100 dólares estadounidenses, lo que se consideraba demasiado costoso para ellos. Por aquella época, uno de los fundadores de Arduino, Massimo Banzi, daba clases en Ivrea.

Es muy utilizado en el área de la robótica

3. Diseño del sistema robótico

3.1 Diseño funcional de la aplicación

El sistema robótico consistió en un lector de tarjetas RFID al costado de la puerta, cada tarjeta era única, por ende la tarjeta solo funcionaba con una puerta.

Al colocar la tarjeta cerca del lector de RFID la puerta se abría automáticamente siempre y cuando la tarjeta fuera la correcta, también el *Led* cambiaba de color rojo a verde indicando que la puerta estaba abierta.

La puerta se abría mediante el efecto de un campo magnético generado por un solenoide

el cual era el encargado de jalar la palanca de la cerradura y así abrir la puerta. Si la tarjeta era incorrecta no se realizará ninguna acción. También se contaba con una pantalla LCD en la cual se mostraba un mensaje de bienvenida junto con el nombre del propietario de tal oficina. Ver figura 2.

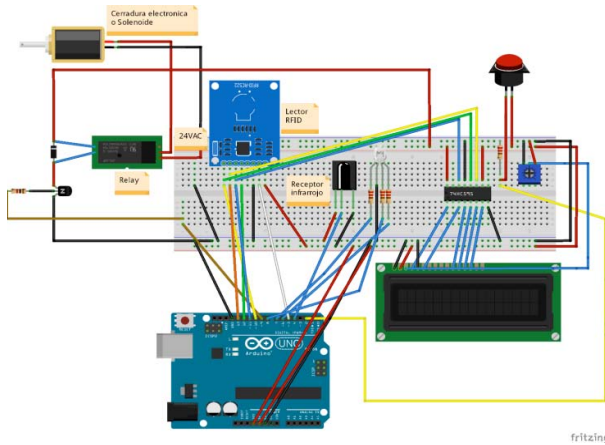


Figura 2. Diseño funcional del sistema.

3.2 Esquema conceptual del sistema robótico

En la figura 3 se presenta el esquema conceptual de entrada por medio de lector RFID empleado en el sistema de control de entrada y salida por medio del módulo de la identificación de radiofrecuencia (RFID) empleando la Tecnología Arduino para llevar un mejor control de la seguridad en la institución.



Figura 3. Esquema conceptual de entrada por medio de lector RFID.

El sistema robótico para permitir la entrada (es decir abrir la puerta) determinaba si la tarjeta correspondiente era válida (código de la tarjeta igual al establecido en el código) o inválida (tarjeta distinta al valor establecido en el código), si era válida la tarjeta abría la puerta lo cual daba como conclusión el final del

programa. Si la tarjeta es inválida no se realiza ninguna acción.



Figura 4. Esquema conceptual de salida por medio de lector RFID.

Tal como se muestra en la figura 4, para permitir la salida (abrir la puerta) se determinó si se presionaba el botón, si se presionaba se abría la puerta automáticamente, si no se presionaba no se realizará ninguna acción. Esta función era una comodidad para la seguridad, ya que nadie podría entrar desde afuera hasta que el propietario de la oficina presione el botón.

3.3 Diseño de la maqueta

3.3.1 Selección de elementos inteligentes a incorporar

Para lograr el desarrollo del sistema de entradas y salidas por medio de la identificación por radiofrecuencia, se utilizó como elemento principal el Arduino UNO, el cual fue el encargado de controlar los sensores o elementos inteligentes que se incorporarán. Para identificar la tarjeta se utilizó un sensor RFID (serie MFRC 522) el cual se encargara de identificar la tarjeta y dependiendo de la lectura procederá a ejecutar acciones posteriores, para abrir la puerta sería necesario el uso de un solenoide en forma de cerradura que permitiera la acción de apertura y clausura de la puerta. Se contó como elemento adicional una pantalla LCD la cual dependiendo de la identificación de la tarjeta RFID, mostrará el nombre del titular de la oficina.

3.3.2 Registro de desplazamiento 74HC595N

El propósito principal de este circuito integrado fue expandir la cantidad de pines que proporciona la placa Arduino, en este caso para lograr conectar la pantalla LCD al Arduino fue necesario usar dicho circuito integrado, ya que normalmente la pantalla LCD utilizaba 6 pines. Se pudo lograr reducir la cantidad de pines a 3 dando la capacidad de poner conectar otros componentes a la placa Arduino.

3.3.3 Lector RFID MFRC 522

Este dispositivo fue el encargado de realizar la lectura de las tarjetas RFID, la cual, si es correcta la lectura se procederá a abrir la cerradura, de lo contrario no se realiza ninguna acción. Se eligió este lector por su fácil implementación y facilidad al conectarse, el código para la programación no es extenso y es compatible muchas de las tarjetas RFID que se encuentran en el mercado. Dicho lector utiliza la frecuencia de 13.56 MHz la cual es denominada Alta frecuencia.

3.3.4 Pantalla LCD 16x2

La pantalla fue la encargada de mostrar el nombre del titular de la oficina dependiendo del código que tenga la tarjeta. La conexión de la pantalla LCD se pudo reducir a la utilización de solo 3 pines.

3.3.5 Tarjeta RFID Mifare Ultralight

Tarjeta que consta de 1 Kb de memoria de almacenamiento la cual está constituida por 16 sectores y 64 bloques, para que el lector capture los datos solo se utilizaron los 4 primeros bytes del bloque número 0 sector 0, si la comparación es correcta la cerradura abrirá, de lo contrario permanecerá cerrada.

3.3.6 Led RGB

Si la lectura era correcta y la puerta abría se encendía el Led de color verde, si es lo contrario permanecía de color rojo.

3.3.7 Transistor TIP 120

El transistor cumplía un papel muy importante en el proyecto, era el encargado de proteger la placa Arduino de un alto voltaje, en este caso el transistor se utilizó como amplificador para el solenoide de 12V ya que se usó una fuente externa especial para dicho componente.

3.3.8 Solenoide 12V 8W

El solenoide cumplió una función muy primordial en el proyecto, ya que por medio de un campo magnético abría o mantendría cerrada la cerradura, claro dependiendo de la lectura que se tome por medio del lector RFID. Se eligió un solenoide con forma de cerradura

para simplificar mejor las tareas. Se alimentó con una fuente externa de 12V (en este caso dos baterías de 9V conectadas en serie), para una futura implementación es recomendado utilizar una batería recargable de 12V.

3.3.9 Cerradura electrónica o abrepuertas eléctrico

El abrepuertas eléctrico fue el encargado de abrir o cerrar la puerta dependiendo de la lectura del lector RFID, este dispositivo opera con un voltaje de entrada de 24 V AC y una corriente de 120mA, lo cual requería de una fuente de alimentación externa como también un módulo relee. Estos dispositivos pueden traer uno de los dos modos de operación, los cuales son NC (*Normally Close*) Normalmente Cerrado o NO (*Normally Open*) Normalmente Abierto, en el caso del sistema desarrollado se utilizó el modo NC.

Nota: Se puede utilizar el solenoide o el abrepuertas eléctrico para realizar el mismo funcionamiento. En el caso que se seleccione el solenoide se podrá utilizar un relee para controlarlo o armar un circuito aparte con un transistor, un diodo y una resistencia de 1 Kohm. El abrepuertas eléctrico debe usarse estrictamente con el relay ya que dicho elemento nos permite realizar la conexión para uno de los modos de operación (NC o NO) cosa que no se puede lograr con el circuito basado en el transistor y el diodo.

3.4 Diseño eléctrico

3.4.1 Construcción del circuito

La primera tarea fue comenzar la construcción del circuito colocando el circuito integrado 74595 en la placa de pruebas, luego conectar los pines 8 y 13 a tierra (GROUND) y los pines 16 y 10 a 5V. Luego conectar pin 1 al pin RS de la pantalla LCD, pin 3 al pin E de pantalla LCD, pines 4, 5, 6 y 7 a pines D4, D5, D6 y D7 (en ese mismo orden), pin 11 al pin 13 de la placa Arduino, pin 12 al pin 10 de la placa Arduino y pin 14 al pin 11 de la placa Arduino. Por último conectar pin R/W de la pantalla LCD a tierra (*ground*) y pin Vo al pin 2 del potenciómetro (esta conexión es para subir y bajar la

intensidad de iluminación de la pantalla), pin A a 5V y pin K (Pantalla LCD) a tierra (*ground*). Conectar pin 1 a tierra (GND) y pin 3 a 5V del potenciómetro.

3.4.2 Lector RFID

Conectar los pines de la siguiente manera: VCC – Pin 3.3 V de Arduino; RST - Pin 5 de la placa Arduino; GND - pin GND de la placa Arduino; MISO – pin 12 de la placa Arduino; MOSI – pin 11 de la placa Arduino; SCK – pin 13 de la placa Arduino; NSS – pin 10 de la placa Arduino e IRQ – sin conexión.

3.4.3 Led RGB

Conectar resistencias de 220 Ohm en los pines 1, 3 y 4 antes de conectar a la placa Arduino; Cátodo Rojo – Pin 8 de la placa Arduino; Ánodo Común – GND de la placa Arduino; Cátodo Azul – Pin 7 de la placa Arduino y Cátodo Verde – Pin 6 de la placa Arduino.

3.4.4 Solenoide en forma de cerradura

Antes de realizar la conexión del solenoide a la placa Arduino se deben conectar unos componentes

3.4.5 Transistor TIP 120

Base – Pin 9 de la placa Arduino junto con una resistencia de 2.2 KOhm; Colector – GND de Solenoide y Ánodo de Diodo 4004; Emisor – GND digital de la placa Arduino y GND de la fuente de poder de 12V.

3.4.6 Diodo 4004

Cátodo – Polaridad positiva de la fuente de 12V y Ánodo – GND del solenoide.

3.4.6 Solenoide

5 – 24 V+ - Cátodo de Diodo 4004 y Polaridad positiva de fuente de 12V; 5 – 24 V- Ánodo de Diodo 4004 y Polaridad negativa de fuente de 12 V.

3.4.7 Abrepuerta eléctrica o cerradura electrónica

Para realizar la conexión de la cerradura electrónica primero se debe contar con los siguientes elementos para realizar la conexión correcta.

3.4.8 Módulo Relay

Conectar los pines de la siguiente manera: 5V – Pin 5V de la placa Arduino; GND – GND de la placa Arduino; IN1 – Pin de la placa Arduino que se controlara (en este caso la cerradura electrónica está en el pin 9); NC – Conectado a un terminal de la cerradura electrónica; NO – No Conectado; COM - Conectado a un terminal de la fuente de alimentación de 24 VAC.

3.4.9 Fuente de alimentación de 24 VAC

Conectar un terminal de la fuente al pin COM del módulo *Relay* y el terminal restante a uno de los terminales de la cerradura electrónica.

3.4.10 Cerradura electrónica

Conectar un terminal de cerradura al pin NC del módulo *relay* y el terminal que sobra a la fuente de alimentación de 24VAC.

Nota: el circuito del módulo relay consta de un transistor, un diodo y una resistencia para cada canal.

3.5 Diagrama esquemático del sistema robótico

Ver figura 5.

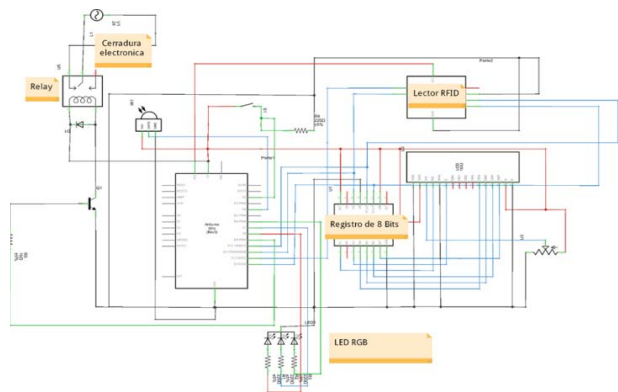


Figura 5: Diagrama Esquemático funcional del prototipo.

3.6 Ensamblado de los componentes del sistema

Para realizar la instalación de la cerradura electrónica es necesario seguir ciertas instrucciones, es importante seguirlas al pie de la letra puesto que los voltajes y las corrientes cumplen un papel fundamental, de no respetar los valores de las corrientes y los voltajes esto puede ocasionar daños a los equipos irreparables.

3.6.1 Instrucciones

Paso 1: Conectar la pantalla LCD a la placa Arduino. Para lograr esto es necesario colocar el registro de desplazamiento en la placa de pruebas (*protoboard*), luego conectar los pines como se muestra en la figura 6.

Paso 2: Conectar el lector RFID con la placa Arduino. El lector RFID consta de 9 pines de los cuales 4 se conectan a la placa Arduino, este paso es muy importante puesto que el cerebro de la operación o más bien el encargado de permitir la apertura de la cerradura es dicho lector.

Para realizar la correcta conexión es necesario conectar 3 pines a los pines 10, 11 y 13 de la placa Arduino, como se podrá observar esos pines ya están siendo utilizados por la placa Arduino por lo cual se deben conectar tal y como se puede apreciar en la figura 7.

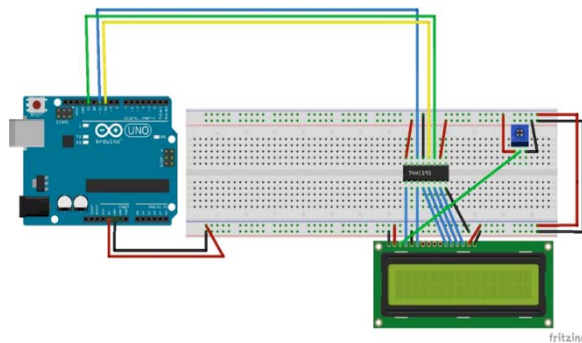


Figura 6. Conexión de Pantalla LCD 16x2.

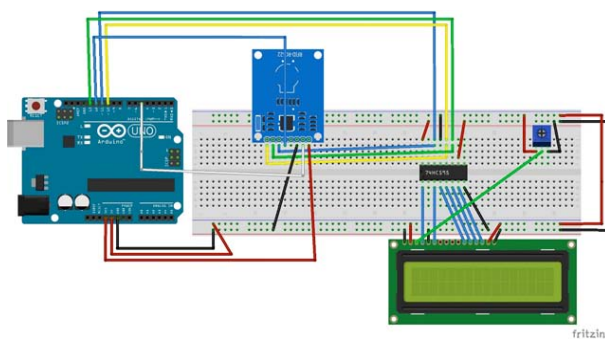


Figura 7. Conexión de Lector RFID.

Se pueden utilizar una de las dos formas de cerradura para colas cuales son las siguientes:

3.6.2 Para solenoide. Paso 3

Conectar Solenoide a la placa Arduino, este punto es de crucial importancia ya que no se

suministrará voltaje de la placa Arduino a dicho elemento. Para el solenoide se necesita un transistor de la serie TIP 120 (en este caso se utilizó el TIP 110 ya que es un equivalente), el propósito de dicho transistor es proporcionar una corriente más alta ya que la que ofrece la placa Arduino es baja para hacer funcionar dicho solenoide. Además se utilizará una fuente de poder externa de 12V y un diodo el cual permitirá el paso de la corriente en una sola dirección, también debe agregarse una resistencia de 2.2 K. Para realizar la correcta conexión e incorporarla al circuito se debe realizar el cableado como se muestra en la figura 9.

3.6.3 Para cerradero eléctrico. Paso 3

Conectar el cerradero eléctrico a la placa Arduino, para poder realizar esta conexión se debe contar con un módulo Relay y con una fuente externa de 24 VAC. Este módulo Relay cuenta con un transistor y diodo equivalente al que se utilizó para el solenoide, también cuenta con una resistencia. Estos elementos son de vital importancia ya que como se mencionó anteriormente la placa Arduino no puede controlar corrientes más allá de 50mA y dicho cerradero opera a 120 mA (Véase figura 8 para ver la conexión correcta).

Este circuito realiza la función principal, la cual es realizar la lectura de una tarjeta RFID, si la tarjeta es correcta se abrirá la cerradura, y si no es correcta se muestra en pantalla un mensaje el cual indica que el acceso no es autorizado.

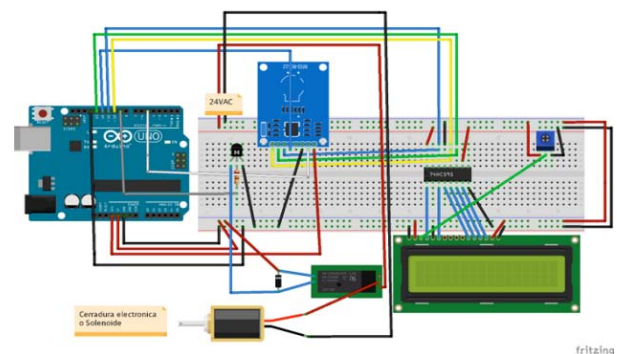


Figura 8. Conexión de Solenoide o Cerradura.

3.6.4 Circuito Final (Incluyendo LED RG Botón y Receptor Infrarrojo)

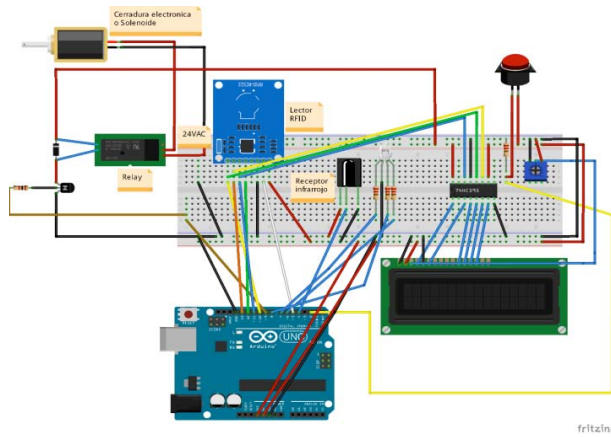


Figura 9. Circuito final funcional.

3.7 Requisitos de Hardware

Elementos requeridos para la elaboración del prototipo:

- Placa Arduino.
- Solenoide en forma de cerradura o cerradura electrónica.
- Lector RFID.
- LED RGB.
- Pantalla LCD 16x2.
- Botón.
- Circuito Integrado 74595
- Potenciómetro de 10K.
- Transistor Modelo TIP 120 o equivalente.
- Fuente de poder de 12V.
- Diodo Modelo 4004.
- 3 x Resistencias de 220 Ohm.
- 1 x Resistencia de 10K.
- 2 x Resistencias de 1K.
- Cableado.
- Batería de 9V.
- Tarjeta RFID.
- Receptor Infrarrojo.
- Control Remoto.
- Transformador de AC a DC.
- Relee.
- Cableado.

4. Implementación del sistema con la tecnología Arduino

4.1 Programación de los componentes a ejecutar

4.1.1 Sensor RFID

Para comenzar a programar el sensor de identificación por radiofrecuencia es necesario incluir una librería RFID compatible con el modelo del sensor que se tenga, en este caso se tiene el sensor Mifare RC522 el cual utiliza la librería AddicoreRFID que debe agregarse en la parte superior del programa.

A continuación, es necesario crear algunas variables para que dicho sensor pueda guardar los valores de sus lecturas, luego crear un objeto para dicho sensor, en este caso se nombró al objeto myRFID, es necesario también incluir la librería SPI puesto que el sensor utiliza los pines SPI (10, 11 y 12), a continuación se detallarán fragmentos de código que utiliza del sensor RFID:

```
const int chipSelectPin = 10;
const int NRSTPD = 5;
#define MAX_LEN 16
uchar str[MAX_LEN];
pinMode(chipSelectPin, OUTPUT);
digitalWrite(chipSelectPin, LOW);
pinMode(NRSTPD, OUTPUT);
digitalWrite(NRSTPD, HIGH);
myRFID.AddicoreRFID_Init();
status=myRFID.AddicoreRFIDRequest(PICC_REQIDL, str);
myRFID.AddicoreRFID_Halt();
```

4.1.2 Solenoide o Cerradura electrónica

La programación del solenoide es sencilla, se puede manejar como un elemento digital la cual consta de las siguientes líneas de código:

```
pinMode(9, OUTPUT); // Pin 9 declarado como pin de salida.
digitalWrite(9, HIGH); // Estado HIGH que indica que la cerradura está abierta.
digitalWrite(9, LOW); // Estado LOW que indica que la cerradura está cerrada.
```

4.1.3 Pantalla LCD 16x2

Para realizar la programación de la pantalla LCD se deben seguir los siguientes pasos y líneas de código:

```
LiquidCrystal lcd(chipSelectPin); // Creación
de variable tipo LiquidCrystal.
lcd.begin(16, 2); // Inicialización de pantalla
LCD. (nótese que los números dentro de los
paréntesis indican la cantidad de filas por
columnas).
lcd.print("UTP FISC PANAMA"); // Muestra en
la pantalla el texto indicado entre comillas.
Lcd.clear(); //Borra el texto de la pantalla LCD.
lcd.setCursor(0, 1); // Estable coordenadas
para la visualización del texto.
```

4.1.4 Led RGB (Rojo, Verde y Azul)

La programación del LED RGB conlleva la declaración de 3 variables puesto que cada cátodo del led representa un color y por ende un pin en la placa Arduino.

```
pinMode(8, OUTPUT);
pinMode(7, OUTPUT);
pinMode(6, OUTPUT);
// Pines 8,7 y 6 declarados como pines de salida.
setColor(0, 255, 0); // Establece el color que
se mostrará en el LED. (Los valores van de 0
a 255).
void setColor(int redValue, int greenValue, int
blueValue) {
  analogWrite(8, redValue);
  analogWrite(7, greenValue);
  analogWrite(6, blueValue);
} // Función que se encargará de mostrar el color
del LED establecido anteriormente mediante
el paso de parámetros de la función setColor();
```

4.1.5 Control remoto

```
int RECV_PIN = 4; //Pin 4 declarado para el
receptor infrarrojo.
IRrecv irrecv(RECV_PIN); // Pin 4 pasa a la
función del receptor infrarrojo.
decode_results results; // se declara la variable
results de tipo decode_results, esta tipo es parte
de la librería de infrarrojo.
irrecv.enableIRIn(); // Inicialización del
receptor infrarrojo.
if (irrecv.decode(&results)) { //Condición que
indica que si se presiona un botón del control
remoto pasara a la siguiente acción, si no se
presiona ningún botón no ocurre nada.
  if (results.value == 2255209021) // Esta
condición indica que si el valor de botón
```

presionado es igual al que se muestra en los paréntesis se procederá a ejecutar las acciones que le preceden. De ser lo contrario no se realiza ninguna acción.

** El valor que se muestra corresponde al botón POWER (Encendido del control remoto).

4.2 Pruebas de operabilidad

Primeramente se experimentó con cada componente por separado para conocer la funcionalidad de cada uno, esto se logró mediante la utilización de códigos de ejemplo proporcionado por el entorno de programación de la placa Arduino.

4.3 Pruebas de comunicación de componentes

Después de realizar las pruebas individuales de cada componente a incorporar al proyecto se realizaron experimentos con varios componentes a la vez.

Primeramente se realizó un experimento conectando la pantalla LCD junto con el registro de desplazamiento de 8 bits, el lector RFID, un servo motor (que simuló la funcionalidad de la cerradura electrónica) y dos leds, uno de color verde y otro de color rojo.

Al realizar dichas pruebas se obtuvieron resultados exitosos ya que con la ayuda de los códigos probados individualmente solo fue cuestión de saber dónde colocar cada fragmento de código para elaborar un código beta o prototipo.

Al cargar el código del prototipo y realizar las conexiones necesarias se pudo observar lo siguiente:

Al pasar la tarjeta correcta por el lector RFID el led color rojo pasó del estado HIGH a LOW y el verde de LOW a HIGH, el servo motor giró 45°, se mantuvo por 3 segundos en dicho estado y luego el led verde y rojo cambió su estado.

Luego se reemplazó el servo motor por el solenoide de 12V, para que funcionara dicho componente hubo que armar un circuito con un transistor, un diodo, una resistencia de 1kOhm y una fuente de alimentación externa de 12VDC.

El código se mantuvo igual ya que el solenoide opera de igual manera, cambia del estado LOW a HIGH cuando se realiza una lectura exitosa de

la tarjeta RFID y se mantiene así por 3 segundos hasta que finalice la pausa.

También se reemplazó los dos leds por el led RGB el cual permite varios colores en un solo LED, para este elemento se tuvo que incorporar el código mostrado en el punto anterior (LED RGB) para visualizar los colores rojo y verde en el mismo LED.

Las primeras pruebas no fueron exitosas ya que el led mostraba colores que no venían al caso, luego de realizar las correcciones necesarias el led se comportó como se esperaba y se logró la aprobación para incorporarlo al proyecto.

Se incorporó un botón para abrir la cerradura desde adentro, para realizar la codificación de dicho botón no se mostró ninguna dificultad, el botón respondió como se esperaba y se incorporó al proyecto.

Se agregó el receptor infrarrojo el cual permite que por medio de un control remoto se pueda abrir la cerradura, esto se logró con la ayuda del código mostrado anteriormente para el control remoto por infrarrojo, se eligió el botón de encendido para abrir la cerradura.

Las primeras pruebas fueron exitosas y no se mostraron inconvenientes lo cual permitió la incorporación de dicho componente al proyecto.

Al final con todos los componentes funcionando y respondiendo de manera correcta, se reemplazó el solenoide por la cerradura electrónica, las primeras pruebas fueron incorrectas ya que 3 pruebas realizadas ninguna tuvo éxito, esto se debió a que la etiqueta que se mostraba en dicha cerradura indicaba que dicho elemento operaba a 24 VDC y 120mA, el transformador o fuente de poder que se tenía era de 24VAC, esto causó una confusión a la hora de estar realizando las pruebas.

Luego se trabajó con una fuente de alimentación de 12VDC pero no se lograron resultados exitosos. A causa de estas pruebas fallidas se determinó la utilización de un módulo relay en vez de utilizar un circuito que utilizaba un transistor, un diodo y una resistencia. Luego de realizar el reemplazo de dicho circuito por el módulo relay las pruebas seguían fallidas. Al realizar otra prueba al conectar uno de los terminales de la cerradura electrónica al pin NO

(ya que se dedujo que dicha cerradura operaba a este modo, ya que dicha cerradura no contaba con un manual ni instrucciones) del módulo relay la cerradura comenzó a funcionar pero no de la manera que se esperaba por ende se verificó el circuito y no se encontraron fallas. La cerradura en esta prueba se mantenía abierta siempre, no cambiaba su estado.

Al realizar una curiosa conexión de tipo ensayo y error al corregir la conexión de uno de los terminales de la cerradura electrónica al reemplazar la conexión del pin NO del módulo relay por el pin NC del módulo relay la cerradura funcionó como se esperaba pero por unos momentos, solo se permitió una prueba exitosa con el lector RFID, luego solamente la cerradura abría con el control remoto.

Al revisar el circuito no se encontró ninguna falla hasta que se cambió la fuente de alimentación de la placa Arduino de una batería de 9V al conectar la placa Arduino a la computadora. Luego de realizar dicho ajuste todos los componentes del sistema funcionaron de manera correcta y como se esperaba.

4.4 Recomendaciones y resolución de problemas

A la hora de alimentar la cerradura con una fuente externa es necesario tener en cuenta que dicha cerradura se alimenta con corriente alterna, por ende es necesario contar con un transformador en este caso uno de 120 VAC a 24 VAC, si se utiliza Corriente Directa (DC) puede ocasionar daños en el circuito e incluso puede quedar inoperable.

En el proyecto se utilizó un transistor junto con un diodo, para realizar una mejor implementación se puede utilizar un rele (Relay) de 5V el cual realiza la misma función que los componentes antes mencionados (Transistor TIP 120 y Diodo 4004). Si la cerradura no abre después de una lectura exitosa es necesario revisar la conexión de la fuente de poder externa o el transformador.

Realizar las conexiones correctas para evitar cortocircuitos y daño de los componentes, principalmente en la alimentación de la cerradura ya que se utilizan voltajes y corrientes más altos que los que ofrece la placa Arduino.

Conexión de cerradura electrónica a la placa Arduino. Conectar uno de los terminales de la cerradura electrónica (figura 10) al transformador de 24VAC (figura 11), luego conectar el otro terminal de la cerradura electrónica al bloque de terminal NC del módulo *Relay* (figura 12).



Figura 10. Vista de terminales de cerradura electrónica.



Figura 11. Transformador utilizado para alimentar la cerradura electrónica.

Conectar el terminal restante del transformador de 24VAC al módulo *Relay* (figura 12) en el bloque de terminal COM o sea el terminal del centro

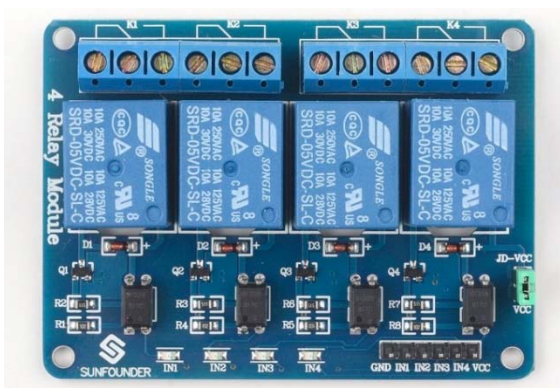


Figura 12. Módulo *Relay* de 4 canales utilizado en el proyecto.

Luego de realizar las conexiones entre la cerradura electrónica, el transformador y el módulo *Relay* se procede a realizar la conexión del módulo *Relay* a la placa Arduino. Para realizar dicha conexión de manera correcta es necesario conectar el pin VCC del módulo *Relay* al pin 5V de la placa Arduino, el pin GND del módulo *Relay* al pin GND de la placa Arduino y por último el pin IN1 del módulo *Relay* al pin 9 de la placa Arduino (este pin va a depender del usuario, en este caso se utilizó este pin para controlar la cerradura electrónica).

Las siguientes imágenes muestran los componentes utilizados en el desarrollo del sistema.

4.5 Cerradura electrónica

Su funcionamiento consiste en que si no se le aplica un voltaje a la cerradura permanecerá cerrada es decir la palanca no podrá moverse dando como resultado una puerta cerrada, de lo contrario la cerradura emitirá un sonido indicando que está abierta ya que internamente dicha cerradura consta de un campo electromagnético en el cual al aplicarse un voltaje permite mover la palanca.



Figura 13. Cerradura electrónica.

4.5.1 Cerradura electrónica, vista de terminales

A la hora de realizar el cableado de la cerradura electrónica, es necesario contar con cables que tengan terminales circulares, esto permitirá que se eviten fallas en la conexión. Conectar uno de los terminales al módulo *relay* (terminal NC) y el terminal restante a la fuente de poder de 24VAC (figura 10).

4.5.2 Fuente de alimentación de 24VAC o transformador

A la hora de realizar el cableado de dicho elemento se debe tener la precaución necesaria ya que se está manejando altos voltajes lo cual si no se toman las medidas necesarias se puede ocasionar daños tanto al equipo como al mismo circuito del sistema. Conectar uno de los terminales al módulo *Relay* específicamente al terminal COM y el terminal restante a uno de los terminales de la cerradura electrónica (figura 11).

4.5.3 Módulo *Relay* de 4 canales

El módulo *Relay* cumple un papel importante en el circuito del sistema ya que con dicho elemento se puede establecer el modo de operación que utiliza la cerradura electrónica, (NC o NO). Para realizar las conexiones de manera correcta es necesario conectar el pin VCC al pin 5V de la placa Arduino, pin GND al pin GND de la placa Arduino y el pin IN1 al pin de la placa Arduino en el cual se vaya a controlar la cerradura. Para realizar el cableado del módulo *relay* a la cerradura se debe conectar el terminal NC a uno de los terminales de la cerradura electrónica y el terminal COM a uno de los terminales del transformador de 24VAC (figura 13).

En la figura 14 se puede apreciar un ejemplo de conexión de un módulo *relay* a uno de los pines de la placa Arduino. (Se utiliza una fuente de corriente alterna al igual que el sistema que se desarrolló).

Como se puede observar el modo de operación del foco es NC, es decir si se aplica un valor *HIGH* es decir un voltaje dicho foco encenderá de lo contrario permanecerá apagado. La función del diodo es transportar la corriente en una sola dirección, el transistor permite la comunicación entre la placa Arduino y el módulo *relay*, y el *relay* permite que la placa Arduino pueda manejar voltajes superiores a los 12V ya sea en AC o DC.

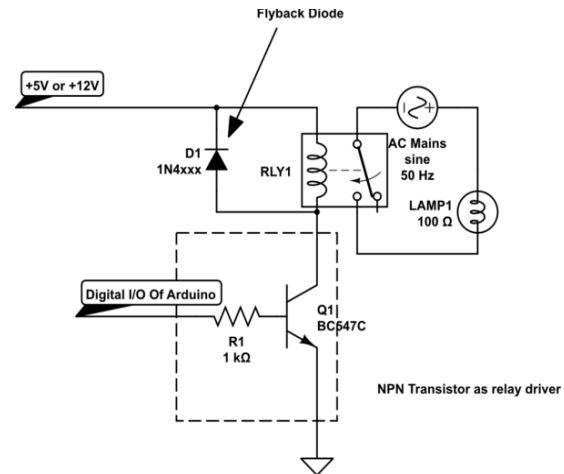


Figura 14. Ejemplo de Conexión del módulo *Relay* a la placa Arduino, esta conexión es similar a la realizada en el proyecto. (Imagen tomada del sitio <http://electronics.stackexchange.com/questions/87257/can-arduino-be-used-as-a-switch>)

5. Conclusiones

Un elemento que representó un ahorro en el dinero y la utilización de todos los pines de la placa Arduino fue el circuito integrado de la serie 74HC595 el cual se le llama “Registro de desplazamiento de 8Bits”, este circuito integrado permitió que se ahorrara pines en la placa Arduino.

En lugar de utilizar dos leds (uno rojo y uno verde), se utilizó un led RGB el cual proporciona varios colores siempre y cuando se realice la codificación y conexiones correctas.

Al realizar las primeras pruebas con la nueva cerradura electrónica se dieron inconvenientes ya que en la etiqueta de dicho dispositivo se muestra que opera a un voltaje de 24V DC y una corriente de 120mA, la fuente de alimentación que se utilizó es de 24V AC, esto representó una confusión a la hora de realizar las conexiones ya que el proveedor recomendó dicho adaptador.

Las primeras pruebas no fueron exitosas, se sacaron conclusiones en las que el problema podría haber sido alimentar dicho dispositivo con la fuente mencionada anteriormente.

Luego de realizar las siguientes pruebas con una fuente ya de corriente directa (DC), en este caso una fuente de poder de computadora, la cual ofrece 12V con una corriente máxima de

16 A, en conjunto con el transistor de la serie TIP 110 y un diodo de la serie N4004, no se tuvo éxito a la hora de las pruebas dando como consecuencia el daño de un transistor.

La cerradura electrónica puede utilizar uno de los dos mecanismos los cuales son: NO (Normalmente Abierta) o NC (Normalmente Cerrada), en el caso de NO, si a la cerradura no se le aplica corriente se mantendrá abierta siempre, de lo contrario se cerrará. Para el caso de NC la cerradura normalmente estará cerrada, si se aplica una corriente la cerradura se abrirá (La cerradura que se utilizó opera a este modo).

Para controlar dicho dispositivo fue necesaria la utilización de un módulo *relay* de 4 canales (Relee en español, solo se utiliza un canal), ya que dicho elemento proporciona los dos modos (NO y NC). Cuando se utilizaba el transistor junto con el diodo no se podía establecer en cuál de los modos se operaba ya que el relee funciona como un *switch* que fue lo que se estableció anteriormente, si se aplica una corriente se cierra el circuito de lo contrario permanece abierto dicho circuito.

La fuente de alimentación utilizada (fuente de poder de computadora 12V a 16A) se adapta a las necesidades que dicho dispositivo requiere, en este caso el módulo *relay* de 4 canales que se utilizó opera a una corriente máxima de 10A lo cual fue lo proporcionado por dicha fuente.

Para utilizar una fuente de alimentación de computadoras para proyectos o experimentos es necesario conectar un cable en el terminal verde del conector de 24 pines y el otro extremo del cable en uno de los terminales negros de dicho conector. Luego para obtener el voltaje que se desea ya sea 12V o 5V, en el caso de 12V conectar el terminal positivo (terminal amarillo de conector de 4 pines grande) y el terminal negativo (terminal negro de conector de 4 pines grande) a nuestro proyecto y así se obtendrá un voltaje de 12V.

Para obtener 5V conectar el terminal positivo (terminal amarillo de conector de 4 pines pequeño) y el terminal negativo (terminal negro de conector de 4 pines pequeño) a nuestro proyecto y así se obtendrá el voltaje deseado.

El prototipo utilizado en un principio contaba con un solenoide de 12V en conjunto con un transistor de la serie TIP110 y un diodo de

la serie N4004, este prototipo funcionó de manera correcta ya que dicho elemento no presentó ningún inconveniente con las fuentes de alimentación ni con las corrientes de las mismas.

Como medida de seguridad se utilizaron cables de calibre 14 para la cerradura y el transformador (fuente de alimentación de la cerradura electrónica) ya que estos elementos utilizan una fuente de alimentación externa de voltaje más alto que la placa Arduino.

Las tarjetas de identificación de radiofrecuencia, en el caso de las tarjetas físicas tienen una distancia máxima de lectura de 4cm penetrando el material plástico mientras que la tarjeta en forma de llavero tiene una distancia de 2.5 cm penetrando el material plástico.

6. Recomendaciones

A la hora de realizar las conexiones es de suma importancia realizar el cableado de manera correcta, utilizar los componentes necesarios ya que hay que tomar en cuenta si la cerradura utiliza Corriente Directa (DC), o Corriente Alterna (AC) ya que esto determinará con que fuente de poder se alimentara dicho dispositivo.

Es recomendable utilizar cables de calibre alto cuando se trabajan con voltajes mayores a 12V ya que la placa Arduino solo proporciona un voltaje de salida de 5V y por lo regular a la hora de trabajar con este voltaje hasta 12V se pueden utilizar cables de calibres 22 a 18.

Para que el sistema sea lo más presentable posible, se recomienda imprimir el circuito en una placa PCB la cual permitirá que el circuito tenga un orden específico, y los componentes sean más visibles, acompañado de esto, elaborar una caja plástica para guardar dicho circuito para protegerlo del polvo, humedad entre otros elementos que pueden afectar el funcionamiento.

Para evitar utilizar cables de distintos calibres se recomienda imprimir el circuito en una placa PCB como se mencionó anteriormente, con esto solamente se utilizará un tipo de cable y se evitará estar limitado al tamaño de cable que permite la placa de pruebas (*protoboard*).

Utilizar un regulador de voltaje con batería puesto que la cerradura utiliza el modo de

operación Normalmente Cerrado (NC) lo cual si en un debido momento se da una falla en la electricidad la puerta quedara cerrada y solo se podrá acceder a ella con llaves.

Al realizar la instalación de la cerradura en la puerta, es necesario colocar los cables en una posición en donde el usuario no los pueda notar para que el sistema sea lo más presentable posible.

Elegir la cerradura dependiendo de la puerta que se vaya a instalar, hay distintos tipos de cerradura electrónica dependiendo del tipo de material de la puerta hasta la forma en que abre. También es necesario verificar el manual antes de realizar la instalación para determinar los voltajes y corrientes en los cuales opera para así determinar que transformador se debe utilizar (esta recomendación es de suma importancia ya que si se utiliza un transformador que no va acorde a las especificaciones la cerradura puede no funcionar o incluso puede sufrir un daño permanente dejándola inoperable).

Al realizar la instalación del cableado es de suma importancia que todos los terminales estén bien conectados ya que de lo contrario podrán surgir fallas que pueden ir desde un mal funcionamiento del sistema hasta un cortocircuito el cual puede ocasionar un daño permanente en dicho sistema.

REFERENCIAS

- [1] Samaniego González, E. (2011). La Robótica con Arduino. En E. Samaniego González, Ingeniería de Sistemas Robóticos: Aplicaciones sobre Arduino (pág. 14). Panamá, Panamá, Panamá: L&J Publicaciones. Recuperado el 18 de Agosto de 2015.
- [2] What is RFID? Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de technovelgy: <http://www.technovelgy.com/ct/technology-article.asp>.
- [3] Kumar N. (15 de Noviembre de 2009). RFID and its applications. Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de Slideshare.net: <http://www.slideshare.net/naveeniif/rfid-and-its-applications>
- [4] .Arduino. ¿Qué es Arduino? Obtenido de <http://www.arduino.cc/es/>
- [5] Arduino. Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de Arduino Uno: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification#Tags. RFID Tags.
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification#Tags. RFID Frequencies.
- [8] Mifare MFRC522 RFID Reader/Writer. Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de <http://playground.arduino.cc/Learning/MFRC522>.
- [9] Using MFRC522 RFID with Arduino (Read And Write Tags). Recuperado del 18 de Agosto de 2015, de <http://makecourse.weebly.com/week10segment1.html>
- [10] Robótica. Recuperado el 18 de agosto de 2015, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>
- [11] Arduino. (s.f.). Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de Arduino Uno: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [12] Arduino Motor Shield. (s.f.). Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de Arduino: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoMotorShieldR3>
- [13] Grinberg, M. (28 de diciembre de 2012). Building an Arduino Robot, Part I: Hardware Components. Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de Miguelgrinberg.com: <http://blog.miguelgrinberg.com/post/building-an-arduino-robot-part-i-hardware-components>
- [14] http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_fotoel%C3%A9ctrico. (s.f.). Sensores fotoelectricos.
- [15] I2C. (9 de marzo de 2015). Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [16] I2C Between Arduinos. (s.f.). Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de Instructables: <http://www.instructables.com/id/I2C-between-Arduinos/>
- [17] Master Writer / Slave Receiver. (s.f.). Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de Arduino: <http://arduino.cc/en/Tutorial/MasterWriter>
- [18] Programmable Color Light-to-Frequency Converter. (August de 2011). Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de <http://www.mouser.com/catalog/specsheets/TCS3200-E11.pdf>
- [19] Using an RGB LED to Detect Colours. (s.f.). Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de Instructables: <http://www.instructables.com/id/Using-an-RGB-LED-to-Detect-Colours/?ALLSTEPS>
- [20] Michael Brady and Richard Paul, editors. Robotics Research: The First International Symposium. The MIT Press, Cambridge MA, 1984.
- [21] Ventajas de las tecnologías RFID. (s.f.). Recuperado el 21 de Septiembre de 2015, de Informática Hoy: <http://www.informatica-hoy.com.ar/rfid/Ventajas-de-las-tecnologias-RFID.php>
- [22] What can RFID be used for? Recuperado el 21 de Septiembre de 2015, de technovelgy: <http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=4>
- [23] Problems With RFID Recuperado el 21 de Septiembre de 2015, de technovelgy: <http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=20>

- [24] APLICACIÓN DE LA ROBÓTICA. Recuperado el 29 de Septiembre de 2015, de *industriaynegocios*: <http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts%20Docencia/Seminario%20de%20Aut/trabajos/2004/Rob%C3%B3tica/seminario%202004%20robotica/Seminario Robotica/Documentos/APLICACION%20DE%20LA%20ROB%C3%93TICA.htm>
- [25] Arduino's LiquidCrystal Library with SPI. Recuperado el 25 de Septiembre de 2015, de *Arduino*: <http://playground.arduino.cc/Main/LiquidCrystal>
- [26] Arduino IR remote control. Recuperado el 1 de Noviembre de 2015, de *Bajdi*: <http://www.bajdi.com/arduino-ir-remote-control/>
- [27] How to use a RGB LED with Arduino | Tutorial. Recuperado el 1 de Noviembre de 2015, de *howtomechatronics*: <http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-use-a-rgb-led-with-arduino/>
- [28] ¿Qué es un robot? Recuperado el 25 de Septiembre de 2015, de *platea*: http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.1.htm#ref1
- [29] Qué es la Robótica? Recuperado el 26 de Septiembre de 2015, de *robothumano*: <http://robothumano.galeon.com/productos774285.html>
- [30] Robótica. Recuperado el 26 de Septiembre de 2015, de *wordpress*: <https://robotica.wordpress.com/about/>
- [31] Definición de robot. Recuperado el 26 de Septiembre de 2015, de *Google Sites*: <https://sites.google.com/site/irenerobotica/3-definicion-de-robot>
- [32] Conceptos generales sobre robótica. Recuperado el 27 de septiembre de 2015, de *info-ab*: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/electronica/introduccion/intro.htm#1.2>
- [33] Definición y Clasificación del robot. Recuperado el 27 de Septiembre de 2015, de *protón*: <http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/r166/r64/r64.htm>
- [34] CÓMO EXPANDIR LOS PINES DE ARDUINO. Recuperado el 5 de octubre de 2015, de *geekytheory*: <https://geekytheory.com/como-expandir-los-pines-de-arduino/>.
- [35] Controlling solenoids with arduino. Recuperado el 1 de Noviembre de 2015, de *instructables*: <http://www.instructables.com/id/Controlling-solenoids-with-arduino/>
- [36] Controlling AC light using Arduino with relay module. Recuperado el 11 de Noviembre de 2015, de *instructables*: <http://www.instructables.com/id/Controlling-AC-light-using-Arduino-with-relay-modu/>
- [37] High Current & Voltage Loads Tutorial - Transistors and Relays. Recuperado el 18 de Noviembre de 2015, de *Youtube.com*: https://www.youtube.com/watch?v=JJB_ICWYIqg