



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Circuito electrónico para la detección de inclinación en
cajeros automáticos.**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A

Miguel Angel Urbina Montaña

ASESOR DE INFORME

M. En C. Edgar Baldemar Aguado Cruz



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

Contenido

1.- Introducción:.....	2
2.- Objetivo:	2
3.- Descripción de la empresa	3
3.1- Descripción general	3
3.2.- Misión	3
3.3.- Visión	3
3.4.- Política de la calidad	3
3.5.- Experiencia laboral en la empresa	4
3.5.1- Ingeniero en soporte (periodo del 2011 al 2013).	4
3.5.2- Ingeniero de proyectos (periodo del 2013 al 2015).....	4
3.5.3- Ingeniero encargado de Código Abierto (periodo del 2015 al 2017).	4
3.5.4- Ingeniero de proyectos en soluciones de iluminación (periodo del 2017 al 2018).	5
4.- Marco teórico	6
4.1- ¿Qué es un Microcontrolador?.....	6
4.2- Atmega328.....	6
4.3- ¿Qué es un sensor?	6
4.4- ¿Qué es un acelerómetro?.....	7
4.5- Principios de operación	7
4.6- Tipos de acelerómetros	8
4.6.1.- Capacitivo.....	8
4.6.2.- Piezoeléctrico.	8
5.- Antecedentes del proyecto.	8
6.- Definición del problema o contexto de la participación profesional.....	9
7.- Metodología utilizada.....	10
7.1- Desarrollo de prototipo inicial.	10
7.2- Miniaturización de prototipo.	14
7.3- Producción en serie.....	18
8.- Resultados y aportaciones.	20
9.- Conclusiones	20
10.- Bibliografía	21
11.- Glosario.....	22
12.- Agradecimientos.....	25

Circuito electrónico para la detección de inclinación en cajeros automáticos.

1.- Introducción:

Hoy en día la importancia de un sistema de seguridad en el ámbito bancario es necesaria debido a la inseguridad existente en nuestro país.

Ante esta inseguridad desarrollé una solución electrónica solicitada a la empresa en la que actualmente laboro. La problemática de este proyecto fue evitar el robo constante de cajeros automáticos en diversas partes del país, ya que frecuentemente son arrancados.

Cabe mencionar que el cliente ya contaba con un sistema de alerta monitoreado a través de internet, sin embargo, no contaba con un sistema de sensores que activara su sistema cuando alguien intentara llevarse el cajero.

Durante los robos de los cajeros automáticos, estos eran inclinados más de 30 grados sobre su eje antes de ser arrancados en su totalidad y se identificó que éste era un patrón repetitivo en todas las ocasiones. Al observarse esta conducta, se planteó una solución de esto mediante la utilización de un sensor acelerométrico para la detección de inclinación del cajero automático.

El alcance de este proyecto abarca la solución de como accionar una alerta monitoreada a través de internet (sistema del cliente) mediante la detección de inclinación del cajero automático, asimismo el diseño electrónico que incluyó: esquemático, PCB, archivos Gerber y la programación en C del microcontrolador.

2.- Objetivo:

Diseñar una tarjeta electrónica que active una alarma monitoreada a través de internet, al detectar inclinaciones iguales o mayores a 30 grados mediante el uso de un relevador. Entregar un prototipo con un tiempo de entrega de 2 días hábiles considerando una futura producción de 1000 piezas con un costo objetivo no mayor a \$ 1500.00 pesos mexicanos por pieza.

3.- Descripción de la empresa

3.1- Descripción general:

La empresa en la que actualmente laboro es una empresa mexicana que fue fundada con el objetivo de proveer componentes electrónicos innovadores en nuestro país. La empresa fue una de las pioneras en la comercialización de componentes electrónicos, productos de iluminación LED (tiras de LEDs, módulos de LEDs, etc.), tarjetas electrónicas de desarrollo para telemetría, control y equipos de medición (multímetros, osciloscopios, amperímetros, etc.).

En esta empresa laboramos alrededor de 150 personas comprometidas con la mejora continua y la innovación constante. La empresa está conformada por diversas áreas como: Contabilidad, Sistemas, Ventas, Mejora continua, Almacén, Crédito, Cobranza, Soporte técnico, Compras, Envíos y Proyectos de iluminación. Proyectos de Iluminación es una de las áreas más importantes que está en constante movimiento para detectar las tendencias y las nuevas necesidades de los clientes. Algunos de los proyectos que se desarrollan son: iluminación inteligente, lineal y decorativa.

Actualmente coordino la subdivisión del área de proyectos de iluminación en donde administro una comunidad de ingenieros especialistas en diversos temas de electrónica, con el fin de desarrollar soluciones a la medida. Algunos de estos diseños implican colores personalizados, audios específicos, movimiento de motores, accionamientos a determinadas horas, tarjetas secuenciadoras, etc.

3.2.- Misión:

Esta empresa comercializa y brinda asesoría en componentes electrónicos innovadores de calidad, para cubrir las necesidades de diseño y mantenimiento, dentro de un ambiente que promueve la mejora y el desarrollo continuo.

3.3.- Visión:

La empresa pretende ser uno de los mejores proveedores en componentes innovadores, extender sus operaciones a otras regiones dentro y fuera del territorio nacional y contar con una planta de fabricación de productos innovadores.

3.4.- Política de la calidad:

En la empresa trabajamos para satisfacer los requisitos de nuestros clientes en variedad, calidad y tiempo de entrega, proporcionándoles un servicio profesional en la comercialización de componentes innovadores, cumpliendo con los requerimientos aplicables y con un SGC ISO 9001:2015 orientados hacia la mejora continua.

3.5.- Experiencia laboral en la empresa:

3.5.1- Ingeniero en soporte (periodo del 2011 al 2013).

Mis actividades fueron las siguientes:

- Dar soporte técnico a los clientes sobre los componentes y módulos electrónicos que distribuye la empresa, tales como sensores y módulos integrados con Wifi, GSM, GPS, bluetooth y Zigbee.
- Asistir a ferias de electrónica para seguir las tendencias y así poder proponer nuevos productos y mantener a la empresa en la vanguardia.
- Evaluación de nuevos productos (sensores, tarjetas programables, módulos de radiofrecuencia, etc).
- Realizar talleres con tarjetas electrónicas programables para que los clientes conozcan su funcionamiento.
- Dar conferencias sobre los módulos programables, sensores, y tarjetas que incluyan comunicaciones electrónicas (Wifi, Ethernet, Bluetooth, Zigbee, etc.).
- Realización de proyectos de control usando microcontroladores (Atmel y microchip) local e inalámbricamente.
- Realización de proyectos Wearable usando microcontroladores y leds de montaje superficial.
- Diseño esquemático y PCB de circuitos electrónicos.
- Revisión de garantías de módulos electrónicos dañados.
- Traducciones de manuales de Inglés a Español de cualquier tipo de producto distribuido por la empresa.
- Realización de hojas técnicas de módulos electrónicos y equipo de medición.

3.5.2- Ingeniero de proyectos (periodo del 2013 al 2015).

Mis actividades fueron las siguientes:

- Cotizar proyectos tomando en cuenta diversos aspectos como tiempos de ejecución del proyecto (hora ingeniero), nivel de complejidad del proyecto, escalabilidad, durabilidad y componentes a utilizar.
- Generar las propuestas técnicas y económicas de los proyectos, en donde se describe el funcionamiento del entregable.
- Desarrollo y/o integración de proyectos de control y monitoreo, en su mayoría de veces utilizando módulos con interfaces incluidas como Bluetooth, audio, Zigbee, etc.
- Asimilación de sensores para proyectos específicos y diseño de PCB's.

3.5.3- Ingeniero encargado de Código Abierto (periodo del 2015 al 2017).

Mis actividades fueron realizar contenido de productos de Código Abierto como:

- Generación de contenido técnico para el área de mercadotécnica.
- Aplicaciones programadas: Las aplicaciones programadas se realizan con tarjetas de la familia de Arduino, Raspberry Pi, NodeMCU; así como con microcontroladores Pícs y Microcontroladores de Atmel entre otras opciones más ; y pueden abarcar diferentes tecnologías, protocolos y disciplinas como WiFi, Bluetooth, Zigbee, GPS, GSM, Pantallas táctiles, Robótica, Ethernet, entre otras.
- Notas de aplicación: Las notas de aplicación todas son relacionadas con los productos de código abierto que distribuye la empresa, y el contenido en las notas muestran los pasos a seguir para realizar una determinada aplicación bajo el lema de “hazlo tú mismo”, muestra las conexiones y el código para cargarlo en las tarjetas electrónicas.
- Realización e impartición de webinars, talleres online y talleres presenciales.
- Selección de nuevos productos referentes a Código Abierto.
- Realización de maquetas electrónicas para exposiciones.

3.5.4- Ingeniero de proyectos en soluciones de iluminación (periodo del 2017 al 2018).

Mis actividades son:

- Diseño de soluciones electrónicas programables de mínimo valor considerando costo – beneficio para producción en masa.
- Cotizar proyectos tomando en cuenta diversos aspectos como tiempos de ejecución del proyecto (hora ingeniero), nivel de complejidad del proyecto y componentes a utilizar.
- Soluciones programables para muestrarios de productos internos.
- Asimilación de productos de IoT para soluciones en iluminación.

4.- Marco teórico

4.1- ¿Qué es un Microcontrolador?

Un microcontrolador es un circuito integrado compacto diseñado para controlar una operación específica en un sistema integrado. Un microcontrolador típico incluye un procesador, memoria y periféricos de entrada y salida en un solo chip.

La mayoría de microcontroladores son usados en productos como teléfonos, periféricos, automóviles y electrodomésticos para sistemas computacionales.

Algunos sistemas integrados son más sofisticados, mientras que otros tienen requisitos mínimos para la memoria y la longitud de programación y una baja complejidad del software. Los dispositivos de entrada y salida incluyen solenoides, pantallas LCD, relés, interruptores y sensores para datos como humedad, temperatura o nivel de luz, entre otros.

Los microcontroladores están dedicados para desempeñar tareas y ejecutar aplicaciones específicas.

Para que un microcontrolador pueda realizar las diversas acciones o eventos específicos es necesario programar el microcontrolador. Los lenguajes de programación pueden ser: lenguaje ensamblador, lenguaje C, Python, entre otros.

4.2- Atmega328

El microcontrolador utilizado fue el Atmega328 y sus características principales son las siguientes:

Características	ATmega328/P
Flash (Bytes)	32K
SRAM (Bytes)	2K
EEPROM (Bytes)	1K
General Purpose I/O Lines	23
SPI	2
TWI (I2C)	1
USART	1
ADC Channels (10-bit)	8
8-bit Timer/Counters	2
16-bit Timer/Counters	1

4.3- ¿Qué es un sensor?

Un sensor es un dispositivo electrónico diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular. Normalmente estos dispositivos están conformados por componentes electrónicos como resistores, capacitores, diodos, LDR, etc. Los sensores son todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable del entorno.

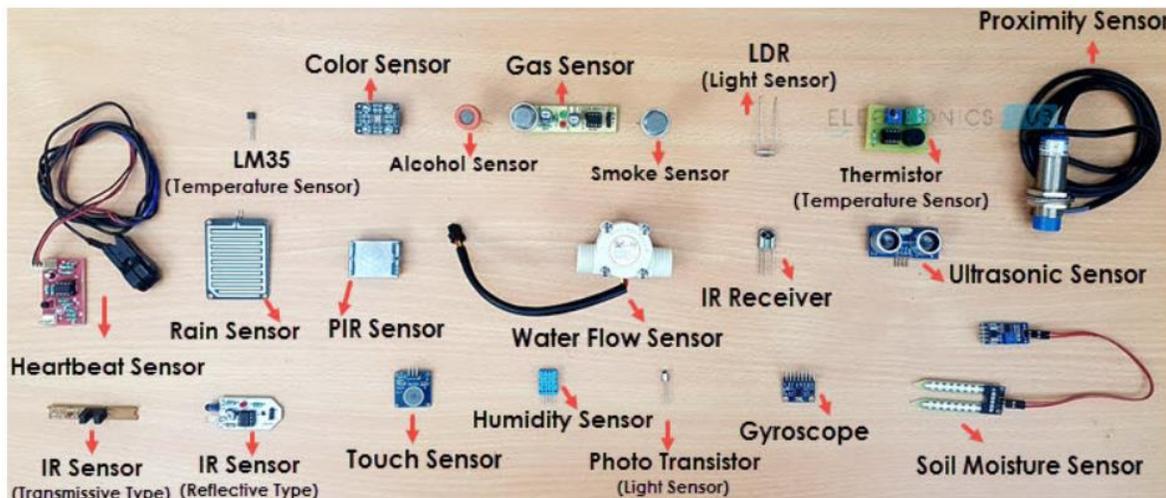


Figura 1. En esta figura podemos ver varios tipos de sensores, algunos de los más conocidos son: sensor PIR (presencia), sensor ultrasónico (distancia), sensor de humedad y sensor de temperatura. Recuperado de <http://paolaguimerans.com/opencart/?p=1372>.

4.4- ¿Qué es un acelerómetro?

Un acelerómetro es un sensor que mide la aceleración física experimentada por un objeto debido a fuerzas de inercia o debido a la mecánica de excitación. Éste se comporta como una masa amortiguada en un resorte y cuando experimenta aceleración, la masa se desplaza y se mide el desplazamiento para obtener la aceleración.

Los acelerómetros disponibles en la actualidad pueden medir la aceleración en uno, dos o tres ejes ortogonales. Pueden ser utilizados en uno de los siguientes modos:

- Como una medición inercial de la velocidad y la posición.
- Como un sensor de inclinación, la inclinación u orientación en 2 o 3 dimensiones, como referencia de la aceleración de la gravedad ($g = 9.8 \frac{m}{s^2}$).
- Como sensor de vibraciones o impactos (choque).

4.5- Principios de operación

La mayoría de los acelerómetros son Sensores Micro electromecánicos, también conocidos como MEMS (Micro-Electro-Mechanical Sensors). El principio básico de funcionamiento detrás de los acelerómetros MEMS, es el desplazamiento de una pequeña masa colocada en la superficie de silicio del circuito integrado y suspendido por pequeñas columnas. De acuerdo con la segunda ley de Newton del movimiento ($F = ma$), cuando se aplica una aceleración al dispositivo, se desarrolla una fuerza que desplaza la masa.

Las columnas de soporte actúan como un resorte, y el fluido (normalmente aire) atrapado dentro del CI actúa como un amortiguador, resultando un sistema físico de segundo orden. Esta es la

fuerza del ancho de banda operacional limitado y la respuesta en frecuencia no uniforme de los acelerómetros.

4.6- Tipos de acelerómetros

4.6.1.- Capacitivo.

Los acelerómetros que implementan la detección capacitiva emiten un voltaje que depende de la distancia entre dos superficies planas. Una o ambas de estas "placas" se cargan con una corriente eléctrica. Cambiar el espacio entre las placas cambia la capacidad eléctrica del sistema, que se puede medir como una salida de voltaje. Este método de detección es conocido por su alta precisión y estabilidad. Los acelerómetros capacitivos también son menos propensos al ruido y a variaciones de temperatura, normalmente disipan menos potencia, y pueden tener anchos de banda mayores debido a circuitos de retroalimentación internos.

4.6.2.- Piezoeléctrico.

La detección piezoeléctrica de aceleración es natural, ya que la aceleración es directamente proporcional a la fuerza. Cuando se comprimen ciertos tipos de cristal, las cargas de polaridad opuesta se acumulan en los lados opuestos del cristal. Esto se conoce como el efecto piezoeléctrico. En un acelerómetro piezoeléctrico, la carga se acumula en el cristal y es transformada y amplificada en una corriente o tensión de salida.

Los acelerómetros piezoeléctricos solo responden al fenómeno de corriente alterna, como la vibración o los impactos. Tienen un amplio rango dinámico, pero pueden ser costosos según su calidad.

Los acelerómetros basados en película piezoeléctrica se utilizan mejor para medir el fenómeno de corriente alterna, como la vibración o el impacto, en lugar del fenómeno de corriente directa, como la aceleración de la gravedad. Son económicos y responden a otros fenómenos como la temperatura, el sonido y la presión.

5.- Antecedentes del proyecto.

En el ámbito de las sucursales bancarias comenzó a surgir un problema que trajo consigo grandes pérdidas monetarias. Este problema fue el robo de unidades de cajeros automáticos, situación que ha agobiado el bienestar de todas las instituciones financieras del país.

En un inicio esto se presentó en la CDMX y en el estado de México siendo cada vez más frecuente al paso del tiempo. Aunque parezca increíble, los cajeros automáticos eran arrancados en su totalidad al tirar de ellos con vehículos grandes utilizando cadenas.

Ante esta ola de sucesos, fue inminente que las empresas encargadas de la seguridad bancaria buscaran un sistema que pudiera evitar este tipo de situaciones ya que representaban pérdidas económicas considerables.

La solución para esta problemática fue crear un sistema electrónico que activara una señal de alerta que diera aviso a las autoridades competentes cada vez que esta situación se presentara, para así brindar seguridad a sus clientes (Empresas bancarias).

6.- Definición del problema o contexto de la participación profesional.

Para evitar el robo de cajeros automáticos el cliente ya contaba con un sistema de alarma vía internet, sin embargo, no contaba con un sistema electrónico de detección para activarla cuando los cajeros se inclinaran antes de ser arrancados.

Por políticas y seguridad de información, el cliente no mostró el sistema de monitoreo actual utilizado, únicamente estableció las salidas que necesitaba para activar su sistema.

En las especificaciones, el cliente solicitó cerrar un relevador normalmente abierto cada que vez que intentaran robarse los cajeros automáticos; cuando esta acción sucedía, el cajero era inclinado más de 30 grados de manera frontal o más de 30 grados de manera lateral.



Figura 2. En esta figura podemos ver dos cajeros automáticos a manera de ejemplo. Recuperado de <https://origenoticias.com/proponen-eliminar-cobro-de-comisiones-en-cajeros-automaticos/>.

Esta señal activaría su sistema de monitoreo y sería atendida a la brevedad por las autoridades competentes.

Otra problemática que tenía que resolverse era que fuera anti-vibraciones ocasionadas por el tránsito, por ejemplo, de camiones de carga, o golpes de los clientes propiciados por alguna falla del cajero.

Otro factor importante para el diseño fue la temperatura, ya que se mencionó que el circuito tendría que operar correctamente dentro del cajero con temperaturas de entre los 5°C y los 45 °C. Finalmente el tiempo jugó un papel crítico, debido a que el cliente competía en una licitación.

7.- Metodología utilizada

Este proyecto se realizó en tres etapas:

- Desarrollo de prototipo inicial.- Selección de componentes, primera cotización, implementación y programación del prototipo con tarjetas multipropósitos programables.
- Miniaturización de prototipo.- Segunda cotización de prototipo, Diseño electrónico (esquemático y PCB) y realización de prototipo.
- Producción en serie.- Generación de archivos Gerber, producción en serie y calibración de cada sensor en la tarjeta principal.

7.1- Desarrollo de prototipo inicial.

En esta etapa del proyecto realicé la primera cotización del prototipo de acuerdo con las especificaciones del cliente para cumplir sus necesidades operacionales, cabe destacar que para este primer prototipo se realizó sin importar dimensiones mínimas, ni el costo de los componentes utilizados y tuvo un tiempo de entrega de 2 días hábiles.

Uno de los criterios más importantes fue contar con la existencia de los componentes en almacén, ya que el cliente requería entregas parciales muy próximas.

Para desarrollar el prototipo primero seleccione el microcontrolador a utilizar; en este caso decidí utilizar una tarjeta multipropósitos con un microcontrolador atmega328, la justificación fue la siguiente:

- Tiempo de desarrollo.
- Presupuesto establecido por cliente, ya que el desarrollo de un pcb personalizado salía de su presupuesto, teniendo en cuenta que aún no autorizaban el proyecto.
- La tarjeta multipropósitos con Atmega328 formaba parte de una línea en crecimiento distribuida por la empresa.

Posterior a esto se realizó la detección de la inclinación que solicitaba el cliente, para este problema encontré dos posibles soluciones, por un lado elegir un sensor de inclinación, también llamado sensor "tilt"; y por el otro un sensor acelerométrico.

Mi elección fue el sensor acelerométrico y las razones fueron las siguientes:

- El ángulo de activación tenía que cubrir un umbral de ± 5 grados sobre el ángulo establecido en grados.
- Si el cliente final así lo decidía, podía solicitar el cambio del ángulo de activación.

Estos dos puntos dejan fuera al sensor tilt, ya que es un sensor que entrega a la salida niveles lógicos ante inclinaciones de 90 grados sobre su eje y además tiene que colocarse en una posición específica para que active en 30 grados quedando sin posibilidad de haber algún umbral de ± 5 grados.

Otro aspecto que tenía que solucionar es la activación de la alarma establecida por el cliente, para este punto seleccioné un módulo con relevador incluido, la idea era activar la alarma mediante el relevador cuando el sensor acelerométrico entrara en los umbrales del ángulo seleccionado.

Para realizar las acciones ya descritas, el sensor y el relevador tenían que estar conectados a un microcontrolador que mediante una programación controlara los eventos deseados.

Los componentes que seleccioné para este primer prototipo fueron:

- Tarjeta electrónica multipropósitos.
- Cables.
- Sensor acelerométrico modular.
- Relevador modular.
- Fuente de alimentación.

Una vez conectados los elementos e identificando que iba a utilizar dos entradas analógicas y una salida digital, realicé el diagrama de flujo con los eventos que se necesitaban.

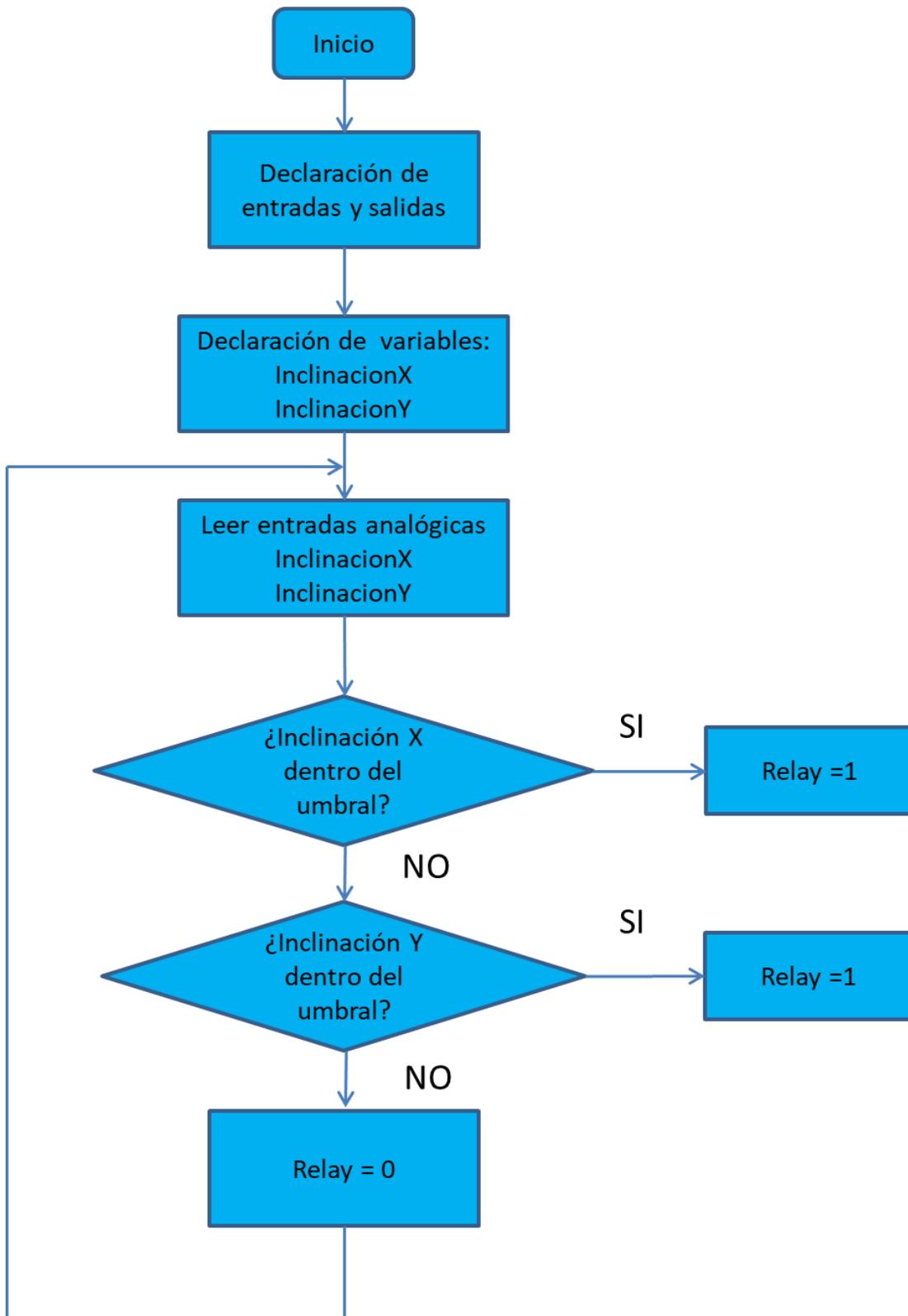


Figura 3. En esta figura podemos ver el diagrama de flujo.

Una vez que tuve claro la lógica del programa lo primero que realicé fue definir los umbrales. Cada eje tenía dos umbrales, debido a que el cajero podía inclinarse para la izquierda, derecha, adelante o hacia atrás. Cabe mencionar que el cliente quería que se realizara la activación de la alarma a los 30 grados con un umbral de ± 5 grados, es decir, de 25 a 35 grados.

Para definir los umbrales, primero tuve que realizar un programa que leyera en todo momento dos entradas analógicas correspondientes a los dos ejes del acelerómetro que iba a utilizar; y que arrojara por puerto serial estas lecturas para visualizar los valores que arrojaba en el umbral de 25 a 35 grados.

Realizando las pruebas encontré que los valores en donde se llegaba a estos ángulos de inclinación fueron los siguientes:

Eje X adelante de 442 a 428

Eje X atrás de 524 a 540

Eje Y izquierda 524 a 540

Eje Y derecha 426 a 442

Una vez teniendo definidos los umbrales realicé el código para la detección de los grados de inclinación del cajero, el código es el siguiente:

```
const int Relay = 11;
const int EjeX = A0;
const int EjeY = A1;
int InclinacionX = 0;
int InclinacionY = 0;
void setup() {
  pinMode(Relay,OUTPUT);
}

void loop() {
  InclinacionX = analogRead(EjeX);
  InclinacionY = analogRead(EjeY);
  if((InclinacionX<442 && InclinacionX>428 || InclinacionX<540 && InclinacionX>524){
    digitalWrite(Relay, HIGH);
    delay(500);
  }
  if((InclinacionY<540 && InclinacionY>524 || InclinacionY<442 && InclinacionY>426){
    digitalWrite(Relay, HIGH);
    delay(500);
  }
  digitalWrite(Relay, LOW);
  delay(20);
}
```

7.2- Miniaturización de prototipo.

Una vez validado el prototipo, el cliente solicitó la miniaturización del prototipo, con el menor costo posible y que además pudiéramos abastecer a una escala de 1000 piezas en el tiempo que requería el proyecto. Adicionalmente, el cliente agregó algunos cambios. Estos cambios fueron agregar un tamper. Esto para notificar cualquier intento de sabotaje a esta tarjeta electrónica.

De acuerdo a estos criterios seleccione los componentes y los integre a mi diseño. Posteriormente coordine con el área de compras los requerimientos de entrega hacia el cliente, haciéndole ver la importancia del proyecto, solicitando su apoyo para reducir los costos al mínimo posible dado el volumen de componentes que este proyecto implicaba.

Los componentes utilizados fueron los siguientes:

- 1 Tarjeta con microcontrolador.
- 1 Sensor Acelerómetro de 3 ejes.
- 1 Resistencia de 1K.
- 1 Resistencia de 4K7.
- 1 Transistor NPN.
- 1 Relevador.
- 2 Diodos.
- 1 Bornera con dos terminales.
- 1 Bornera con 3 terminales.
- 1 Hilera de Housing.
- 1 Hilera de Headers.
- 1 Jumper.
- 1 Interruptor.

Después de generar la lista de componentes, trabaje en el diseño del esquemático del circuito, debido a que no existía la librería del microcontrolador ni el relevador, tuve que realizar las respectivas librerías del esquemático y PCB.

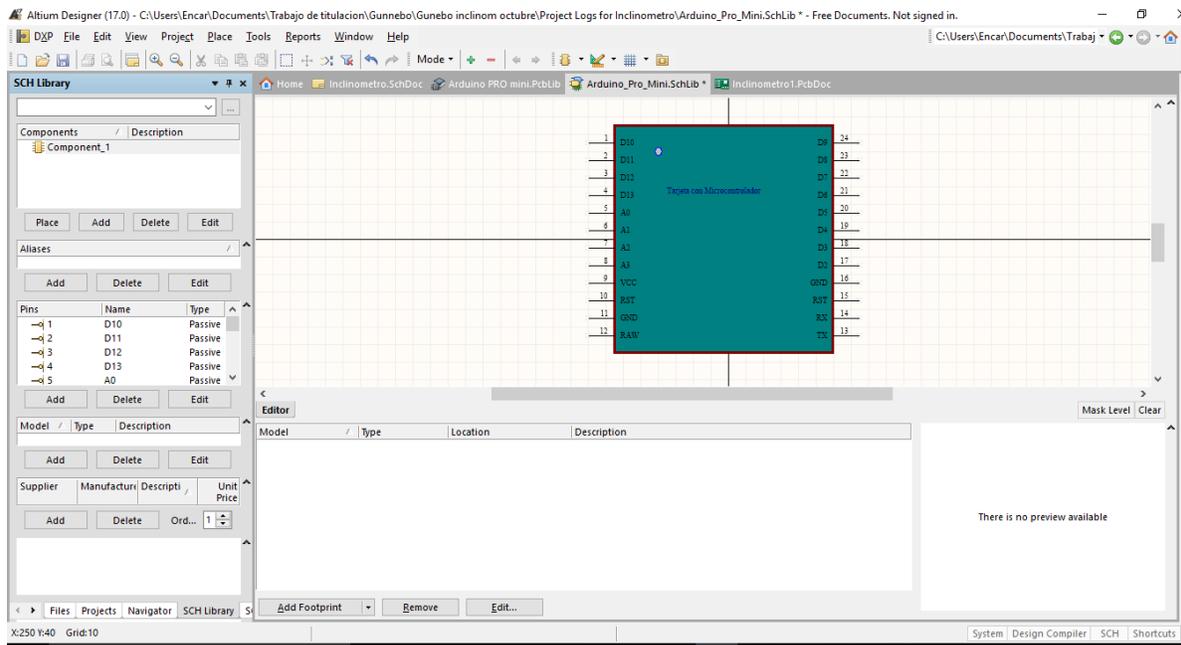


Figura 4. Generación de la librería del esquemático de la tarjeta con microcontrolador integrado diseñada en Altium Designer.

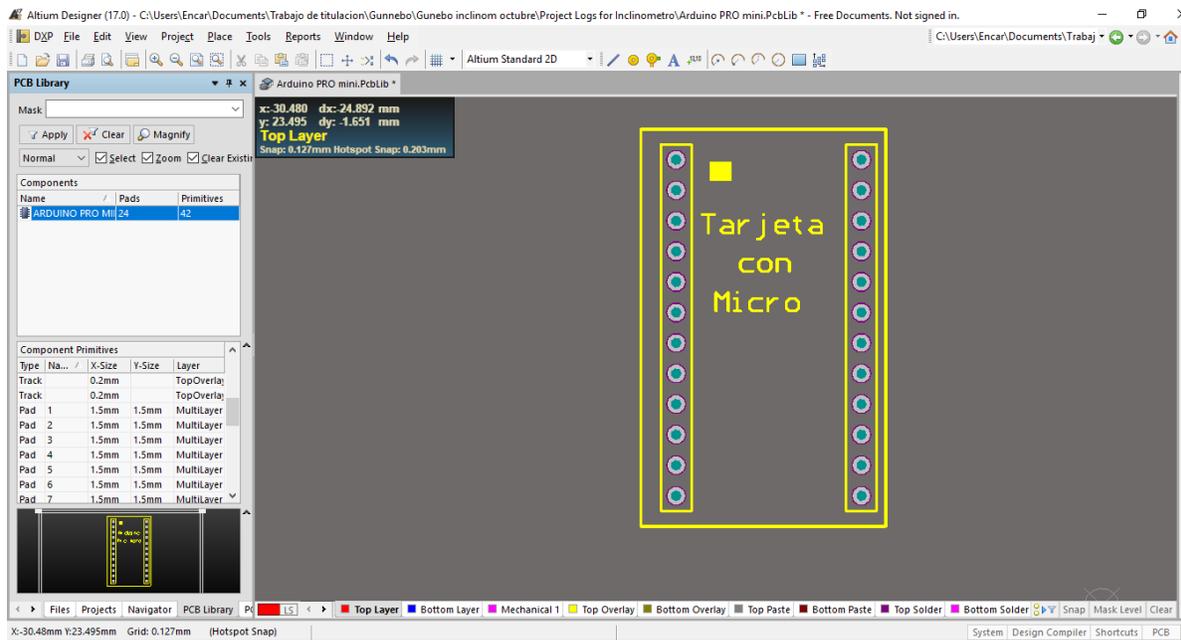


Figura 5. Generación de la librería del PCB de la tarjeta con microcontrolador integrado diseñada en Altium Designer.

Ante la solicitud de un prototipo pequeño que se ajustara a las dimensiones deseadas por el cliente, decidí hacer el diseño en dos capas: "Top Layer" y "Bottom Layer".

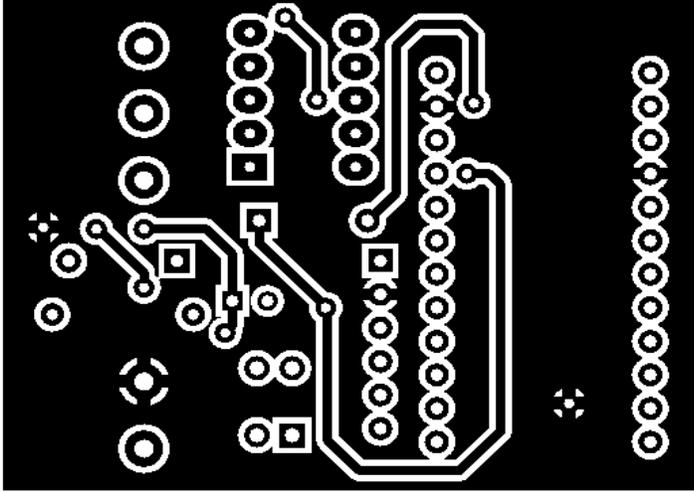


Figura 8. En esta figura se muestra la capa Top Layer.

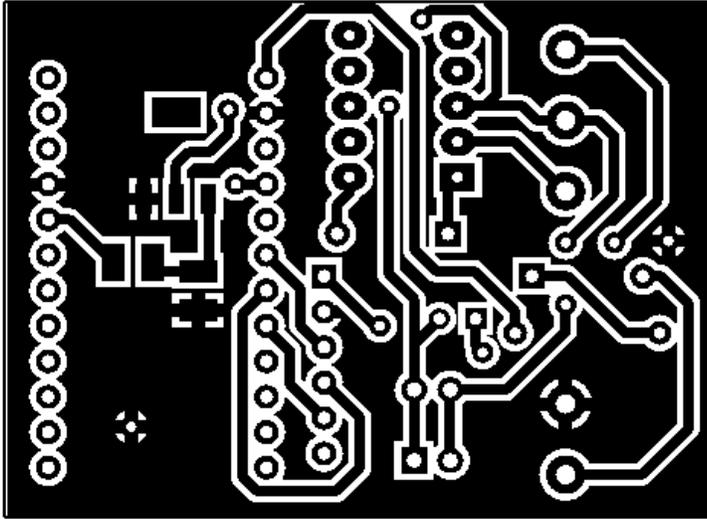


Figura 9. En esta figura se muestra la capa Bottom Layer.

Al finalizar el prototipo le cargué el programa a la tarjeta principal a través de una tarjeta con un circuito integrado llamado FTDI y realicé la calibración del sensor acelerómetro mediante código.

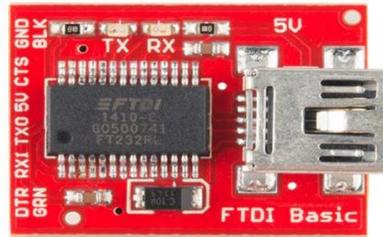


Figura 10.- En esta figura se muestra una tarjeta con interfaz serial de la marca Spakfun, está ya lleva integrada el CI FTDI.

7.3- Producción en serie.

En esta etapa, se validó el prototipo final con una serie de pruebas en campo para verificar el funcionamiento correcto, dándose la aprobación por parte del cliente para su producción en serie.

Con la aprobación y la orden de compra, generé los archivos gerber para iniciar con el proceso de fabricación a través de nuestro proveedor de PCB's.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Aperture Data	4 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic NC Drill Binary Data	1 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	Altium NC Drill Report File	2 KB
Inclinometro1.EXTREP	21/10/2014 03:32 ...	Archivo EXTREP	2 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Bottom Layer Gerber Data	37 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Bottom Overlay Gerber Data	3 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Bottom Paste Mask Gerber Data	2 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Bottom Solder Mask Gerber Data	3 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Keepout Layer Gerber Data	2 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Mechanical Layer 1 Gerber Data	2 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Mechanical Layer 13 Gerber Data	2 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Bottom Pad Master Gerber Data	2 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Top Pad Master Gerber Data	2 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Top Layer Gerber Data	35 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Top Overlay Gerber Data	10 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Top Paste Mask Gerber Data	1 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	CAMtastic Top Solder Mask Gerber Data	3 KB
Inclinometro1.LDP	21/10/2014 03:32 ...	Archivo LDP	1 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	Report File	5 KB
Inclinometro1.RUL	21/10/2014 03:32 ...	Archivo RUL	1 KB
Inclinometro1	21/10/2014 03:32 ...	Documento de texto	1 KB
Inclinometro1-macro.APR_LIB	21/10/2014 03:32 ...	Archivo APR_LIB	0 KB
Status Report	21/10/2014 03:32 ...	Documento de texto	1 KB

Figura 11.- En esta figura se observan los archivos Gerber generados del diseño para posteriormente mandar a fabricación.

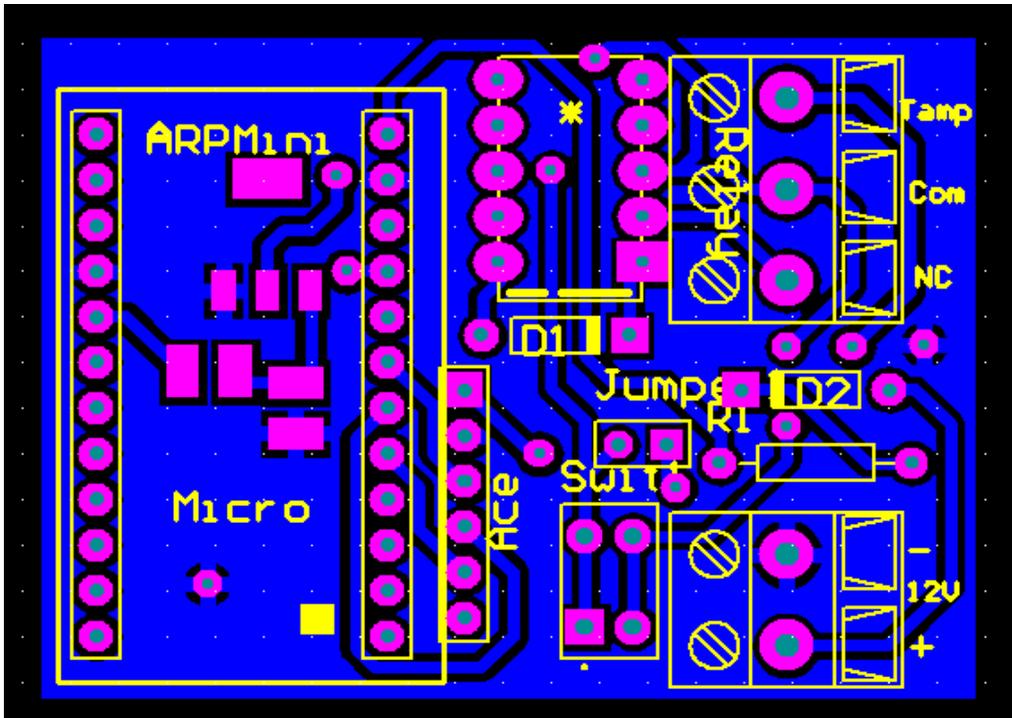


Figura 12.- En esta imagen se muestra la vista del archivo .cam.

Con los PCB's terminados el siguiente proceso fue coordinar el ensamble con un socio de negocio. El tiempo de entrega fue de 1 semana.

Teniendo todas las tarjetas ensambladas lo siguiente fue cargar el programa a todos los microcontroladores calibrándolos para que dieran el ángulo de activación solicitado por el cliente.

Para la calibración fabriqué una rampa con la inclinación deseada, esto para asegurar la activación de cada dispositivo ensamblado, ya que me di cuenta que los valores arrojados por cada acelerómetro variaban entre sí a pesar de que era el mismo modelo de acelerómetro, situación que afectaba la activación del relevador con el ángulo de detección.

8.- Resultados y aportaciones.

El diseño de este sistema de activación de alarma de seguridad, disminuyó la probabilidad de robo a cajeros automáticos, si bien no se evitaba que fueran arrancados, al activarse la alarma se esperaba que los ladrones huyeran por efecto del sonido emitido por el sistema.

Gracias a la coordinación que realicé con las diferentes áreas para el desarrollo de este proyecto, se logró la venta de 1000 piezas prototipo con lo cual se espera avanzar con el estudio en campo y de ser favorables, poder escalar el proyecto a nivel nacional.

Por otro parte, se logró un impulso del nicho de mercado de Código Abierto, logrando posicionar a la empresa como un líder proveedor de soluciones y referente para el desarrollo de otros proyectos similares.

Finalmente, con el desarrollo de esta solución, la empresa obtuvo ganancias cercanas a los \$500,000.00 pesos, lo que evidentemente marcó pauta a considerar la línea como un nicho de mercado rentable y de crecimiento exponencial dados los cambios tecnológicos en el mercado y las necesidades existentes en seguridad hoy en día.

9.- Conclusiones

Gracias al aprendizaje obtenido en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México me fue y me es posible realizar proyectos de electrónica desde su conceptualización hasta el diseño electrónico y programación.

Lo aprendido durante mi estancia en la Facultad de Ingeniería me ayudó a desarrollar cualidades con un enfoque hacia la resolución de problemas. Con la formación que adquirí en materias de electrónica y programación, me fue posible generar el prototipo y programar el microcontrolador para poder cumplir con el objetivo establecido.

Este circuito contribuyó a disminuir la problemática de robo a cajeros automáticos y, aunque no se posee información con cifras reales por parte del cliente, nos menciona que efectivamente el robo de cajeros automáticos disminuyó gracias al uso de una alarma oportuna.

Este sistema electrónico derivó en una solución muy redituable ya que con menos de \$1,500 pesos se puede evitar el robo de un cajero automático que normalmente contiene más de \$400,000.00 pesos en su interior, lo cual ha llamado la atención de diferentes instituciones financieras para adoptar un sistema preventivo contra robo.

En la actualidad existen necesidades y/o problemas que pueden solucionarse de manera eficiente con electrónica. Normalmente los clientes solicitan prototipos para poder ver la funcionalidad de sus ideas; si los prototipos resuelven la problemática, la mayoría de las veces se logran cerrar proyectos en beneficio del usuario.

10.- Bibliografía

Fecha de consulta 15/09/2018

<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/microcontroller>

<http://www.futureelectronics.com/en/microcontrollers/microcontrollers.aspx>

<https://www.techopedia.com/definition/3641/microcontroller>

http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Summary.pdf

http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm

<http://paolaguimerans.com/openearth/?p=1372>

<https://sensorwiki.org/sensors/accelerometer>

<https://www.pc-control.co.uk/accelerometers.htm>

http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/2272/8/08_chapter%202.pdf

https://www.ecured.cu/Circuito_electr%C3%B3nico

<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/guia-diseno-de-pcb-con-eagle/>

<http://www.pcb.electrosoft.cl/04-articulos-circuitos-impresos-desarrollo-sistemas/01-conceptos-circuitos-impresos/conceptos-circuitos-impresos-pcb.html>

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/06/electronica-sensores-actuadores-y-perifericos/>

<http://www.dispositivoswearables.net/>

Fecha de consulta 25/11/2018

<https://electronics.howstuffworks.com/question537.htm>

https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

<https://es.wikipedia.org/wiki/Zigbee>

https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_abierto

<http://www.arduino.utfsm.cl/modulacion-por-ancho-de-pulso-pwm/>

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/03/29/que-es-iot/>

<https://www.electroschematics.com/6355/ldr-light-dependent-resistor-photoresistor/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_integrado

https://en.wikipedia.org/wiki/Microelectromechanical_systems

<https://www.prometec.net/tilt-switch/#>

<https://www.tecnoseguro.com/faqs/alarma/que-es-el-tamper-en-un-sistema-de-alarma>

11.- Glosario

Archivo Gerber: Es un formato de archivo que contiene la información necesaria para la fabricación de la placa de circuito impreso o PCB. Se pueden crear con distintos programas de diseño electrónico como PCB Wizard, Eagle, DipTrace, Protel, KiCad o Altium Designer.

Bottom Layer: Es la capa de diseño que corresponde a la capa de cobre inferior que serán impresas en un pcb como trazas de cobre.

Circuito electrónico: Son placas compuestas por materiales semiconductores, materiales activos y pasivos, cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción, almacenamiento de información, entre otros.

Circuito FTDI: Es un circuito integrado que se utiliza para la comunicación serial USB.

Código Abierto: El código abierto es un modelo de desarrollo de software basado en la colaboración abierta. Se enfoca más en los beneficios prácticos (acceso al código fuente) que en cuestiones éticas o de libertad que tanto se destacan en el software libre. Para muchos el término «libre» hace referencia al hecho de adquirir un software de manera gratuita, pero más que eso, la libertad se refiere al poder modificar la fuente del programa sin restricciones de licencia, ya que muchas empresas de software encierran su código, ocultándolo, y restringiéndose los derechos a sí misma.

Esquemático: El esquemático o diagrama esquemático, representa una visualización de las interconexiones de los elementos del circuito a realizar.

GPS: Son las siglas de Global Positioning System, es un sistema que permite determinar en toda la tierra la posición de un objeto, de una persona o vehículo.

GSM: Son las siglas de Global System for Mobile communications, GSM es un estándar en telefonía celular.

CI: Circuito Integrado, también conocido como chip o microchip, es una estructura de pequeñas dimensiones de material semiconductor, normalmente silicio, de algunos milímetros cuadrados de superficie (área), sobre la que se fabrican circuitos electrónicos generalmente mediante fotolitografía y que está protegida dentro de un encapsulado de plástico o de cerámica.¹ El encapsulado posee conductores metálicos apropiados para hacer conexión entre el circuito integrado y un circuito impreso.

IoT: Abreviación de inglés Internet of things o Internet de las cosas, es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con Internet.

Layer: Capa de diseño la cual corresponde a un proceso en la fabricación del PCB. Las capas o layers de cobre se refieren a las capas que serán impresas en el PCB como trazas de cobre. Capas names, values, place corresponden a la serigrafía o silkscreen en el PCB. Existen capas de diseño que no se contemplan para la fabricación, entre las que se encuentran docu, info que sirven de apoyo en el diseño. Las capas de drills, holes indican las coordenadas y diámetros de las perforaciones. La capa **dimention** define el borde y geometría de la tarjeta. El nombre de las capas cambia para diferentes programas de diseño, por lo que es recomendable ver los manuales de dichos programas.

Layout: Es el diseño físico de la tarjeta. Es la manera en que se trazaron las señales o pistas en la tarjeta.

LDR: Light Dependent Resistor o fotoresistor, componente electrónico pasivo que varía su Resistencia dependiendo de la intensidad de luz existente.

MEMS: Micro-Electro-Mechanical System o Sistemas Micro electromecánicos, se refieren a la tecnología electromecánica, micrométrica y sus productos, y a escalas relativamente más pequeñas (escala nanométrica) que se fusionan en sistemas nanoelectromecánicos (Nanoelectromechanical Systems, NEMS) y Nanotecnología.

PCB: PCB son las siglas en inglés de Printed Circuit Board y traducido al español placa o tarjeta de circuito impreso.

PWM: Pulse Width Modulation o modulación por ancho o de pulso, es un tipo de señal de voltaje utilizada para enviar información o para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga. Este tipo de señales son muy utilizadas en circuitos digitales que necesitan emular señales analógicas.

Sensor: Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc.

Sensor tilt: Son sensores de unos pocos milímetros de longitud, que llevan en su interior una o dos pequeños balines conductores, capaces de cerrar el circuito con los pines metálicos inferiores del cilindro. Cuando hacen contacto permiten el paso de la corriente y cierran el contacto exactamente igual que si fueran un interruptor (Y de hecho se manejan igual) pero que a partir de un cierto Angulo de inclinación dejan de hacer contacto y abren el contacto.

Tamper: Son un par de terminales que son incorporadas en algunos detectores y en muchos casos los paneles de control. Estos son los terminales del anti-sabotaje. Estos dispositivos contienen un switch que cuando alguien intenta quitar la cubierta del detector o en el caso del panel intenta abrir la tapa de la caja frontal, se abren dando condición de alarma. Estos contactos deben ser conectados a una zona de 24 horas del panel de control y es recomendable usarlos para evitar sabotajes del sistema cuando está desactivado.

Top Layer: Es la capa de diseño que corresponde a la capa de cobre superior que serán impresas en un pcb como trazas de cobre.

Wearable: Hace referencia al conjunto de aparatos y dispositivos electrónicos que se incorporan en alguna parte de nuestro cuerpo interactuando de forma continua con el usuario y con otros dispositivos con la finalidad de realizar alguna función concreta, relojes inteligentes o smartwatches, zapatillas de deportes con GPS incorporado y pulseras que controlan nuestro estado de salud son ejemplos entre otros muchos de este género tecnológico que se halla poco a poco más presente en nuestras vidas.

Zigbee: Es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con una tasa de envío de datos baja y la maximización de la vida útil de sus baterías.

12.- Agradecimientos

En primera instancia quiero darle gracias a Dios por permitirme cerrar este ciclo de mi vida y también le doy gracias porque siempre está detrás de mí y me permite ir hacia adelante.

También quiero darle gracias a un angelito, a mi bebé Axel que aunque el día de hoy ya no puede estar aquí físicamente, él siempre está en mi corazón, y yo sé que él estaría orgulloso de mí. Axel es fue uno de los principales motores que me animo a terminar este trámite inconcluso. Gracias mi pequeño, te mando un beso hasta el cielo.

Quiero también darle gracias a mi madre Guadalupe, ya que fue ella quien siempre me mantenía despierto con cafés y vitaminas para que yo pudiera soportar las desveladas y cumplir con mis actividades de cada materia y que siempre estuvo detrás de mí exigiéndome buenas calificaciones.

Otro agradecimiento más es para mi padre Miguel que siempre me alentó para seguir adelante, y que me enseñó a tener humildad, a ayudar a las personas y a pensar cómo solucionar las cosas antes de actuar. Gracias por compartir tiempo conmigo.

El siguiente agradecimiento es para mí compañera de vida Ivonne que siempre me apoya en cada una de las decisiones que tomo y que siempre me aconseja porque quiere lo mejor para mí. Gracias por compartir tú tiempo conmigo y formar parte de mi vida.

Mi familia también forma parte de este logro, ya que siempre han estado para mí en las buenas y en las malas, e indirectamente este logro también se los dedico a ellos, ya que yo sé que yo tengo un lugar en cada uno de sus corazones.

Finalmente quiero darle las gracias a mi universidad por permitirme formarme en ella, adicionalmente doy gracias a mi Asesor el M.C. Edgar Baldemar, y gracias a mi jurado conformado por el Ingeniero Rodolfo Peters, el M.I. Sergio Quintana, el M.I. Juan Carlos Cedeño y el M.I. Vicente Flores, ya que sin ellos este momento no podría haberse culminado.