



**DESARROLLO DE UN MÓDULO
TEMPORIZADOR PROGRAMABLE, PARA
REEMPLAZAR LA TARJETA
ENFORCER® SA-025Q DEL SISTEMA DE
ALARMA DEL CONTROL DE ACCESO DE
UNA OFICINA, UTILIZANDO EL
MICROCONTROLADOR PIC16F84A.**

Autor: Humberto García
C.I. 19.666.496

Urb. Yuma II, calle N.º 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE UN MÓDULO TEMPORIZADOR PROGRAMABLE,
PARA REEMPLAZAR LA TARJETA ENFORCER® SA-025Q DEL
SISTEMA DE ALARMA DEL CONTROL DE ACCESO DE UNA OFICINA,
UTILIZANDO EL MICROCONTROLADOR PIC16F84A.**

EMPRESA: INVERSIONES RSTORY & ASOCIADOS, C.A.

Autor: García Humberto
C.I. 19.666.496

San Diego, noviembre de 2017



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DESARROLLO DE UN MÓDULO TEMPORIZADOR PROGRAMABLE,
PARA REEMPLAZAR LA TARJETA ENFORCER® SA-025Q DEL
SISTEMA DE ALARMA DEL CONTROL DE ACCESO DE UNA OFICINA,
UTILIZANDO EL MICROCONTROLADOR PIC16F84A.**

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Tutor académico, Ing. Arturo Castillo C.I.: 11.808.807

RSTORY
Inversiones RSTORY & Asociados, S.A. RIF-J-29773444-9

Tutor empresarial, Lic. Raúl Story C.I.: 10.007.959

Autor: García Humberto

C.I. 19.666.496

San Diego, junio de 2017

AGRADECIMIENTOS

Tantas son las personas que han contribuido con mi formación y en consecuencia con la elaboración de este informe, que nombrarlas a todas sería un trabajo interminable, sin embargo, existen algunas cuya colaboración ha sido significativa e incondicional, por lo que, doy gracias a Dios, por darme vida y colocar las situaciones y las personas indicadas para formarme personal e intelectualmente.

A mi familia, en especial a mis padres. Sin ellos nada sería posible. Gracias por ser el punto de apoyo de mi vida personal y los principales inversionistas en mi carrera profesional.

A mis profesores, por copiar sus conocimientos en mi y formar parte del equipo de construcción de mi vida profesional, especialmente a Arturo Castillo y Daniel Vega, colaboradores de este proyecto, a mi madrina Dinorah Giménez, Marlene Zambrano y Zeida Molina, quienes más que facilitadoras fueron fuente de consejos y colaboración durante mi paso por la universidad José Antonio Páez.

A todo el equipo de trabajo de Inversiones RSTORY & Asociados y VPNet, con los cuales compartí durante todo el tiempo de pasantías, en especial Raúl Story, Luis Sardi y Simón Martínez, a los que debo gran parte del conocimiento adquirido durante esta etapa.

Por último, quiero agradecer a las personas que vivieron este tránsito de cerca conmigo, con los que pasé horas de traspasos y discusiones, pero los que hicieron que este recorrido se tornara más agradable y transitable, a mis compañeros de clase, muchas gracias por su amistad y toda la colaboración prestada, y a Carmen Granadillo, Edmundo Minguet y Juan Zabatta, quienes fueron más que amigos, hermanos, y sin los cuales muchos de logros alcanzados no hubieran sucedido, gracias por cubrir mis espaldas cuando era necesario y cuando no, por mostrarme mis fallas y resaltar mis cualidades, por reírse de todos mis chistes y soportar mis imprudencias, sin ustedes no hubiera sido lo mismo. ¡Lo logramos!

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	vii
CONTENIDO	viii
CAPÍTULO I	
LA EMPRESA	1
1.1 Descripción de la empresa.....	1
1.2 Misión	1
1.3 Visión	1
1.4 Valores	2
1.5 Estructura organizacional.....	2
CAPÍTULO II	
EL PROBLEMA	4
2.1 Planteamiento del problema.....	4
2.2 Formulación del problema	6
2.3 Objetivo general	6
2.4 Objetivos específicos	6
2.5 Justificación y Alcance	6
2.6 Limitaciones.....	7
CAPÍTULO III	
MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL	8
3.1 Antecedentes	8
3.2 Bases Teóricas.....	10

CAPÍTULO IV

FASES METODOLÓGICAS	14
4.1 Tipo de investigación	14
4.2 Fases de la investigación.....	14

CAPÍTULO V

RESULTADOS.....	16
CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Imagen 1 Organigrama de la empresa.....	3
Imagen 2 Temporizador mecánico programable.....	9
Imagen 3 Temporizador electrónico programable	9
Imagen 4 Conexión de componente eléctrico en una PCB de una cara.....	11
Imagen 5 PCB multicapas	11
Imagen 6 (a) Máscara de soldado (b) Serigrafía	13
Imagen 7 Conexión del módulo al sistema de control de acceso.....	17
Imagen 8 Diagrama de pines del microcontrolador PIC16F84A.....	19
Imagen 9 Circuito electrónico del módulo simulado	20
Imagen 10 Lógica de programación del microcontrolador PIC16F84A para la construcción del módulo.	25
Imagen 11 Lógica de programación del microcontrolador PIC16F84A para la construcción del módulo (Rutina de servicio de interrupción)	26
Imagen 12 Lógica de programación para una rutina cuya duración sea 1 s	27
Imagen 13 Distribución de piezas electrónicas en la tarjeta	30
Imagen 14 Diagrama de pistas en la tarjeta electrónica.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ajuste del DIP switch del Módulo temporizador Programable ENFORCER® SA-025Q	16
Tabla 2 Lista de precios de los componentes del nuevo dispositivo.....	21
Tabla 3 Asignación de los pines del Puerto A	22
Tabla 4 Asignación de los pines del Puerto B.....	22
Tabla 5 Significado de los valores de configuración de CONF_SYSTEM	23
Tabla 6 Valores de tiempo establecidos para el módulo temporizador programable .	28
Tabla 7 Ecuaciones características de las curvas de ajuste lineal para cada posible número de ciclos de la etapa dos de la rutina RETARDO 1s	29

INTRODUCCIÓN

El ejercicio de la ingeniería se conoce desde tiempos primitivos, desde épocas tempranas, la presencia de un problema inducía en el ser humano la necesidad de utilizar los recursos disponibles para resolverlo. Con el pasar del tiempo, y a medida que el conocimiento se iba incrementando, también lo hacían los inconvenientes, así pues, se hizo necesaria la búsqueda de nuevos métodos que permitieran adaptar mejor los fenómenos naturales a las necesidades de las personas. Esto se tradujo en años de investigación y esfuerzo, sobre todo en el área de la electricidad, ya que era necesario encontrar una forma controlar el comportamiento de las variables eléctricas de una manera práctica.

Es así como, mejora tras mejora, se fueron desarrollando dispositivos electrónicos cada vez más eficientes que permitieron implementar más tareas mejorando la calidad de vida de la gente. Dispositivos como el diodo, el transistor, las compuertas lógicas y el microcontrolador, forman parte, sin notarlo, de nuestro día a día.

En ese sentido se puede decir que los microcontroladores son quizás los dispositivos más versátiles que la electrónica actual puede ofrecer, ellos están presentes en una gran cantidad de tareas sin importar su complejidad, facilitando el control de procesos mediante la programación de respuestas a eventos predeterminados, tal como el que se presentará en este informe.

CONTENIDO

Este informe se encuentra estructurado en cinco capítulos los cuales se describen a continuación:

El **Capítulo I** se refiere a la empresa, posee una breve descripción de esta incluyendo su misión, visión, valores y estructura organizativa.

El **Capítulo II** contiene el problema planteado para el desarrollo de la pasantía, indicando el objetivo general y los objetivos específicos que buscan alcanzarse con este trabajo.

El **Capítulo III** revisa teorías, leyes, principios, así como soluciones previas relacionadas con el problema planteado.

En el **Capítulo IV** se desarrollan los métodos, técnicas y procedimientos seleccionados para alcanzar los objetivos planteados.

El **Capítulo V** presenta los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1 Descripción de la empresa

Inversiones RSTORY & Asociados, S.A. Es una empresa fundada en el 2007 en la ciudad de Valencia, estado Carabobo. Su principal actividad comercial está enfocada en la prestación de servicios e importación y distribución de equipos de seguridad electrónica.

Cuenta con una gran aceptación en el mercado, gracias a la calidad de los productos con los que trabaja y la eficiencia y profesionalismo de sus empleados y el servicio técnico que prestan.

Se encuentra ubicada en la calle 169, C.C. Mañongo, Nivel 1, Oficina 1. En el municipio Naguanagua del estado Carabobo.

1.2 Misión

Proveer servicios de Seguridad de manera integral, adecuado a las exigencias de cada cliente, así como también satisfacer las necesidades, en el ámbito de la seguridad electrónica, mediante la venta de productos de calidad y de servicios brindados por una compañía altamente calificada, incorporando desde Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), control de acceso, hasta la más avanzada tecnología de sistemas integrados con la mejor calidad, excelencia y correcta aplicación.

1.3 Visión

Ser reconocidos como el mejor proveedor de soluciones electrónicas y de instalaciones de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) para apoyar a nuestros clientes en el logro de sus metas y objetivos, garantizando un ambiente seguro y aprovechando

toda la tecnología de punta que ofrecemos, para incorporarlas como herramientas en el desarrollo integral de las operaciones laborales y convivencia ciudadana.

1.4 Valores

- **Ética:** Ofrecer soluciones verdaderas a nuestros clientes, evitando prestar servicios con intereses únicamente monetarios.
- **Puntualidad:** Cumplir con los lapsos o fechas previamente fijadas con nuestros clientes para brindarles el mejor servicio posible, exigiéndoles a nuestros empleados el respeto de los tiempos de llegada y salida.
- **Compromiso:** Aunar esfuerzos para que todos nuestros clientes, obtengan de nuestra parte una respuesta satisfactoria, en caso de inconvenientes, consultas y solicitudes.
- **Innovación:** Nos basamos en la constante búsqueda de introducir nuevos productos de seguridad electrónica, protección de incendios y control de accesos, los cuales deben ser probados y aprobados por nuestro comité técnico para brindarle a nuestra clientela lo mejor del mercado.
- **Orientación al Cliente:** Dedicamos nuestros esfuerzos a conocer y satisfacer las necesidades de nuestros clientes.
- **Trabajo en equipo:** Fomentamos la participación de todos para lograr un objetivo común, compartiendo la información y los conocimientos ya que creemos que el pensamiento, las decisiones y acciones son mejores cuando se hacen en forma cooperativa.
- **Auto-desarrollo:** Motivamos a nuestro personal a través de la confianza, potenciando y premiando la iniciativa individual.

1.5 Estructura organizacional

En Inversiones RSTORY y Asociados S.A. su estructura organizativa está compuesta por un Director General que posee el más alto cargo ejecutivo de la empresa,

este mismo se encuentra en el tope de la estructura organizativa de allí divergen varios cargos que no dejan de ser importantes. Directamente emerge el Gerente General y de Administración, a su vez partiendo del Gerente General y de Administración se encuentra varios cargos como Coordinador de Contabilidad, Coordinador de Recursos Humanos, Coordinador de Proyectos y Coordinador de Mercadeo. De los cuales emergen en Coordinación de Contabilidad un analista que tiene a su mando un Pasante, un jefe de almacén el cual tiene a su mando un Almacenista; En la coordinación de Recursos Humanos emerge un Analista; En la Coordinación de Sistemas se puede encontrar a un Analista el cual tiene a su mando un Pasante; En la Coordinación de Mercadeo podemos encontrar a un Community Manager.

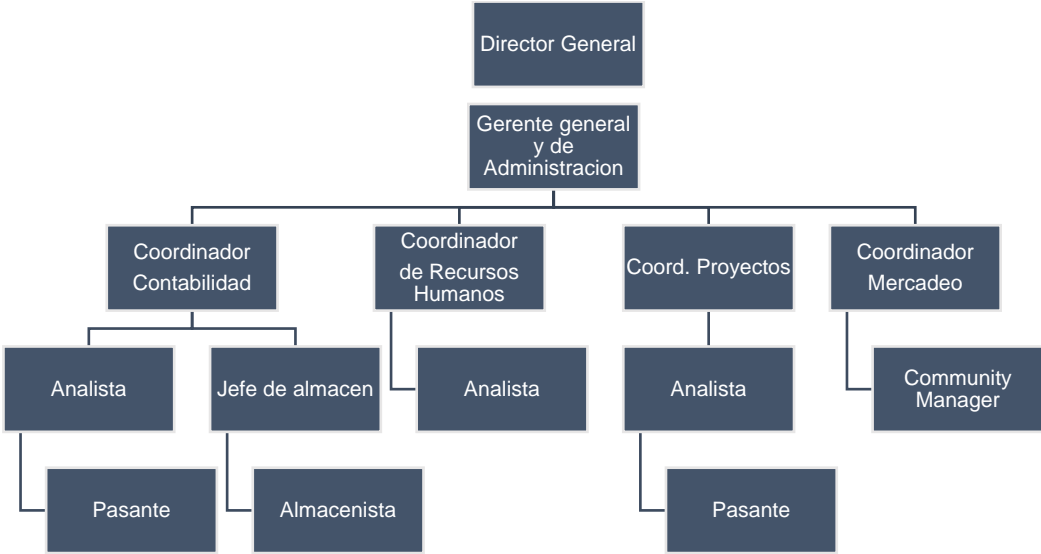


Imagen 1 Organigrama de la empresa

Fuente: Inversiones RSTORY & Asociados, S.A.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema

La electrónica y sus aplicaciones actualmente forman parte de la mayoría de los procesos involucrados con las necesidades humanas. Desde las más pequeñas y simples tareas domésticas, hasta los grandes trabajos industriales, hoy en día son controlados mediante equipos, cuyo funcionamiento está gobernado por un arreglo de componentes electrónicos, desarrollados para garantizar una respuesta práctica y rápida a una determinada situación. A juicio de Pallas Areni (1996). “La presencia de la Electrónica en la vida cotidiana es indiscutible, hasta el punto de que, por ser tan común, apenas merece nuestra atención”.

Si bien en la actualidad existe un gran número de componentes electrónicos que en su momento formaron parte de la solución a un problema, también es cierto que con el paso de los años estos fueron relegados de las aplicaciones gracias a la aparición de nuevos dispositivos que en cierta forma integraban dentro de un solo encapsulado todas las funciones de sus predecesores, e incluso podrían ser programados para ejecutar ordenes grabadas en ellos. Estas características permitieron la creación de equipos cada vez más pequeños y eficientes, sin embargo, la necesidad de innovación y de satisfacer a los usuarios trajo consigo el desarrollo de nuevas tecnologías que mejoró, entre otras, los rasgos físicos de los aparatos. Pardo Collantes (2011) afirma. “En pocas ramas de la ciencia pueden percibirse mayores transformaciones y cambios más profundos que los experimentados por la electrónica desde su nacimiento”.

La Tecnología de Montaje Superficial (SMT) es un método de construcción de tarjetas electrónicas creado para reemplazar a la Tecnología de Agujeros Pasantes (THT). Aunque la SMT tiene asociada muchas ventajas que permitieron mejorar la fabricación de los equipos, estas se convierten en un problema cuando es necesaria una

reparación. Por ejemplo, las dimensiones de los componentes utilizados para la SMT, o como también suelen llamarse, Dispositivos de Montaje Superficial (SMD), hace muy engorroso el reemplazo de estos manualmente, y en muchos casos lo descarta del todo, por lo que, en oportunidades es más factible reemplazar toda la tarjeta o comprar un equipo nuevo.

El módulo temporizador programable ENFORCER® SA-025Q, es un dispositivo temporizador multipropósito usado por la empresa RSTORY & Asociados para diversas aplicaciones en el área de seguridad y control de acceso, el mismo consta de una tarjeta electrónica ensamblada con una combinación de SMT y THT. Un modelo de este equipo fue usado como parte de un proyecto donde se necesitaba un sistema de alarma sonora que se activara al permanecer la puerta de acceso a una oficina abierta durante un tiempo superior a uno previamente establecido. Producto de una falla eléctrica desconocida, varios componentes se vieron afectados imposibilitando el funcionamiento del mismo.

Para solucionar este problema RSTORY & Asociados propone la reparación del equipo debido al alto costo monetario que supone la adquisición del mismo, puesto que esta se hace en el extranjero. Sin embargo, al revisar la tarjeta electrónica del módulo, se observó que ciertos componentes en mal estado eran imposibles de identificar ya que, por ser dispositivos de montaje superficial, la avería comprometió en gran parte sus características físicas y el manual del equipo no contaba con un plano de conexiones que proveyera la información necesaria para reconocerlos.

Por lo expuesto anteriormente, se plantea la necesidad de desarrollar un nuevo módulo temporizador programable, que remplace al ENFORCER® SA-025Q del sistema de alarma del control de acceso de una oficina y cuyo diseño esté fundamentado en una tecnología que permita el fácil reemplazo de piezas defectuosas y esté disponible para realizar posteriores unidades que puedan usarse en futuros proyectos.

2.2 Formulación del problema

¿Cómo reemplazar el funcionamiento del módulo temporizador programable ENFORCER® SA-025Q?

2.3 Objetivo general

Desarrollar un módulo temporizador programable, para reemplazar la tarjeta ENFORCER® SA- 025Q del sistema de alarma del control de acceso de una oficina, utilizando el microcontrolador PIC16F84.

2.4 Objetivos específicos

- Analizar el funcionamiento del módulo temporizador programable ENFORCER® SA- 025Q.
- Diseñar un circuito electrónico para reemplazar el módulo temporizador programable ENFORCER® SA-025Q.
- Construir la tarjeta electrónica diseñada.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Elaborar el manual de usuario.

2.5 Justificación y Alcance

La satisfacción del cliente y la calidad del servicio son pilares fundamentales de RSTORY & Asociados, por tal razón cumplir eficientemente con las exigencias de los usuarios es indispensable en cada uno de los trabajos, necesidad que se acrecienta cuando estos están relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas.

Para realizar con éxito una reparación que incluya el reemplazo de componentes electrónicos, es necesario contar con la información que caracteriza a dichos elementos, de esta manera se puede garantizar el buen funcionamiento del equipo posterior a su restauración. Lamentablemente son muy pocos los fabricantes que entregan un plano donde se visualice la disposición de las piezas en el circuito y los atributos de las

mismas, aunque esto no es inconveniente para identificar los componentes cuando estos están en buen estado, ya que la mayoría de ellos trae esa información impresa en su exterior, resultaría de gran ayuda cuando se imposibilita el reconocimiento de los mismos debido a fallas que comprometan su fachada.

Debido a lo descrito anteriormente, y a que, de poder identificarse, no se cuenta con el equipo necesario para reemplazar los componentes SMD comprometidos, se imposibilita la reparación del módulo temporizador programable ENFORCER® SA-025Q. Además, luego de revisar el manual de usuario, se pudo apreciar que, entre las distintas combinaciones usadas para programar el equipo, no existe alguna que satisfaga las exigencias requeridas por el cliente.

Tomando en cuenta esto, se justifica el desarrollo de un nuevo módulo, construido netamente usando la tecnología de agujeros pasantes (THT), el cual proporcionará solución a la necesidad requerida en el sistema de control de acceso y contará con un diagrama detallado de las conexiones y los componentes que lo conforman. Todo esto para garantizar una fácil reparación cuando esta sea requerida o proporcionar la información necesaria para la construcción de un nuevo equipo.

2.6 Limitaciones

Debido a la escasez de componentes electrónicos producto de la situación país, en ocasiones resulta difícil conseguir los dispositivos adecuados para llevar a cabo un proyecto de investigación como el planteado, si además se agrega, la acelerada variación en los precios de las piezas debido a que muchas de ellas son importadas, se tienen dos factores que restringen la realización esta propuesta.

CAPÍTULO III

MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

3.1 Antecedentes

Einstein decía que el tiempo es una secuencia de eventos, una continuidad en la cual estos eventos, estos acontecimientos, ocurren uno tras otro, del pasado al presente, al futuro. Si bien es cierto, las definiciones de Einstein y en ocasiones son difíciles de entender; la comprensión de la influencia del tiempo en los acontecimientos de nuestra vida puede resultar sencilla en comparación.

I. Puente (s.f.) indica que “La percepción del tiempo se apoya en dos conceptos básicos: la sucesión, que permite distinguir entre acontecimientos ordenados uno tras otro y la duración, la cual hace referencia al intervalo entre un acontecimiento y otro”. Este último es de gran importancia si tomamos en cuenta que puede ser usado como referencia en aplicaciones donde se requiera la medición de un evento como condición para que otro ocurra, tal es el caso del temporizador.

El diccionario de Merriam–Webster define al temporizador como un dispositivo (tal como un reloj) que indica por un sonido el final de un intervalo de tiempo o que inicia o detiene un dispositivo en tiempos predeterminados. Si bien, esta definición se acerca mucho a lo que es un temporizador, se podría generalizar un poco más la idea diciendo simplemente, que es un dispositivo que permite medir un intervalo de tiempo. Es conocido que en la antigüedad existían artefactos creados para tal fin; el reloj de arena, el reloj solar y el reloj de agua, son ejemplo ello; sin embargo, la evolución de la tecnología permitió el desarrollo de temporizadores más exactos, de diversos mecanismos y para múltiples aplicaciones, luego tenemos, por ejemplo, temporizadores de accionamiento manual o automático, de operatividad mecánica o electrónica, de frecuencia fija o variable, entre otros.

Entre todos los tipos de temporizadores, los electrónicos y los mecánicos son los más usados. La respuesta a cuál es mejor dependerá de la aplicación para la cual se requiera, por ejemplo, los dispositivos mecánicos son por lo general más robustos que los electrónicos, sin embargo, estos últimos son más precisos y a veces económicos que los primeros, además la programabilidad de los temporizadores mecánicos depende directamente de su estructura física y del diseño del fabricante, por el contrario un buen temporizador electrónico puede darle la facilidad al usuario de elegir el intervalo de tiempo que prefiera.



Imagen 2 Temporizador mecánico programable

Fuente: <https://cormsquare.com>



Imagen 3 Temporizador electrónico programable

Fuente: <https://www.alibaba.com>

Temporizadores electrónicos programables existen muchos y con diversas características, entre ellos se encuentra el módulo ENFORCER® SA-025Q, el cuál es un dispositivo fabricado por la compañía estadounidense SECO-LARM y cuya principal característica es que es multipropósito, gracias a que cuenta con un panel de configuración el cual controla la conmutación de un relé cuyos terminales se comunican con un puerto donde se puede conectar diversos dispositivos con la intención de controlar su encendido.

3.2 Bases Teóricas

La tarea de construir un dispositivo involucra varias etapas de estudio: luego de diseñado el circuito electrónico que gobernará las funciones del artefacto, este debe trasladarse al mundo físico por medio de la construcción de su respectiva placa de circuito impreso (PCB). Malpartida (2012) define el término circuito impreso como “una superficie con pistas de un material conductor sobre un sustrato aislante” (p.3). Tomando en cuenta esa definición, se puede inferir que la función de las pistas es la interconexión de los componentes electrónicos que forman dicho circuito, por lo que estas se pueden comparar de forma análoga con un cable.

Bellido (2016) aclara “En general, la clasificación de las PCB se hace en función de las capas de interconexión de elementos y la presencia o no de agujeros metalizados (vías)”. Considerando lo anterior tenemos que entre los tipos de tecnología existentes para la construcción de placas de circuito impreso encontramos las PCB de una cara (SSB), cuyas principales características establecen que la interconexión de elementos debe hacerse en una sola cara del sustrato mientras que los componentes deben encontrarse en la otra, por lo que se hace necesaria el uso tecnología de agujeros pasante para su construcción.

En cuanto al SSB Liu (2016) establece, “Es un diseño circuital restringido (porque solo hay conductor por un lado de la capa y no está permitido el cruce hacia el otro lado), por lo que es más comúnmente usado en circuitos impresos básicos.

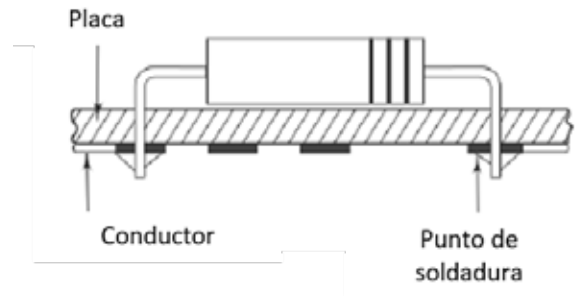


Imagen 4 Conexión de componente eléctrico en una PCB de una cara

Fuente: Diseño y fabricación de PCB, Bellido M.

Las PCB de dos caras (*Double-side PCB*) son placas donde la interconexión de los elementos se hace en las dos caras del sustrato, este tipo de estructura es la más usada comúnmente, sin embargo, dependiendo de la complejidad del circuito existen configuraciones de múltiples capas. Bellido (2016) asegura, “Las PCB multicapas han facilitado la reducción del tamaño, peso y volumen de los sistemas en global al permitir una mayor densidad de empaquetado e interconexiones (p.20)”.

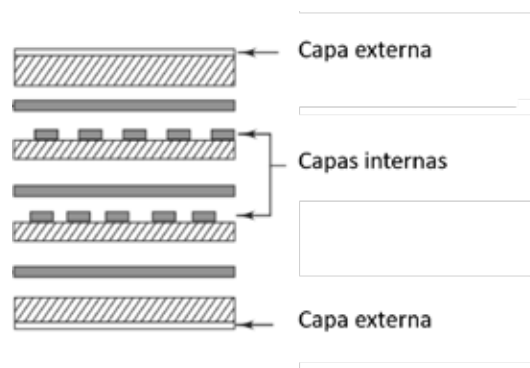


Imagen 5 PCB multicapas

Fuente: Diseño y fabricación de PCB, Bellido M.

Uno de los aspectos a tomar en cuenta para la creación de una PCB es la interconexión de los componentes del circuito eléctrico, en tal sentido Clyde F.

Coombs, Jr. en su manual de circuitos impresos, clasifica el proceso de construcción de la pista de conducción de la placa en dos grupos:

- Proceso sustractivo, donde la porción no deseada de la lámina de cobre en el sustrato base se quita, dejando el circuito conductor deseado en su lugar.
- Proceso aditivo, en el cual la construcción del circuito conductor se logra añadiendo cobre al sustrato desnudo (sin hoja de cobre) en el patrón y los lugares deseados.

Si bien la aseveración anterior indica que el material utilizado para la construcción de la placa es el cobre, lo hace por ser el más comúnmente usado, pero el proceso aplica para cualquier material conductor.

En la fabricación de PCB existen además dos procesos que, aunque pueden no llevarse a cabo son importantes para la realización de un buen ensamblado y la identificación de los componentes.

En primer lugar, se suele evitar que la soldadura pueda cortocircuitar accidentalmente dos puntos pertenecientes a nodos distintos del circuito, utilizando una máscara de soldado (*soldermask*), la cual es un barniz que se le aplica al circuito impreso solo en los puntos en donde no hay conexión con algún componente.

Luego también se tiene el proceso de serigrafía (*silkscreen*) en donde se imprime sobre la máscara de soldado información que pueda facilitar la labor de ensamblaje y posterior verificación. Cohen (s.f.) dice al respecto, “Generalmente se imprime para indicar puntos de prueba como también la posición, orientación y referencia de las componentes que conforman el circuito”.

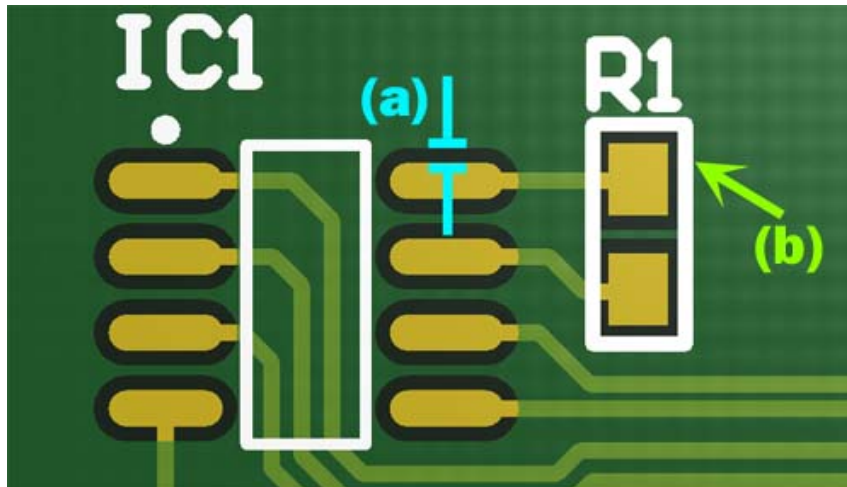


Imagen 6 (a) Máscara de soldado (b) Serigrafía

Fuente: Diseño y fabricación de PCB, Bellido M.

Para la construcción de placas de circuito impreso existen diversos tipos de encapsulados de componentes electrónicos, sin embargo, son tres las familias más comunes de estos:

- Encapsulados *Through-Hole* (THD), que se caracterizan por tener pines usados para colocarlos en los agujeros de una PCB y posteriormente ser soldados a una pista de material conductor, gracias a esto tienen acceso a cualquier capa de la PCB. Además, son de fácil reemplazo.
- Encapsulados de montaje superficial (SMD), que son todos aquellos componentes que se montan sobre la placa, entre sus ventajas se encuentra que son más pequeños que sus versiones equivalente e THT, por lo que se puede colocar más dispositivos en un área dada.
- Arreglo de bolas de grilla (BGA), el cual es utilizado para chips que contienen una cantidad elevada de pines (entre 300 a 1000). Se requiere de maquinaria muy especializada para su instalación ya que los pines son bolas de soldadura que deben ser fundidas para conectarse con los nodos, por lo que la alineación es fundamental.

CAPÍTULO IV

FASES METODOLÓGICAS

Sabino (1992) precisa que el objetivo del diseño de una investigación es proporcionar un modelo de verificación que permita contrastar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determina las operaciones necesarias para hacerlo. De acuerdo con lo anterior, en este capítulo se desarrollará la estructura que facilitará la ejecución del problema.

4.1 Tipo de investigación

En su libro *El Proyecto de Investigación* (2006), Fideas Arias define el proyecto de investigación factible como una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad (p.134). En tal sentido y debido a que efectivamente se está desarrollando una solución para la problemática planteada por la empresa, se ha adoptado este concepto como base para la estructura de la investigación.

4.2 Fases de la investigación

4.2.1 Fase 1: Analizar el funcionamiento del módulo temporizador programable ENFORCER® SA-025Q

Como fase inicial se obtuvo información del funcionamiento del módulo temporizador programable ENFORCER® SA-025Q y su integración al sistema de control de acceso. Para ello, se estudió el manual del usuario y se observó las diferentes programaciones y modos de operación, se contempló la forma de comunicación entre el sistema de control de acceso y el módulo.

4.2.2 Fase 2: Diseñar un circuito electrónico para reemplazar el módulo temporizador programable ENFORCER® SA-025Q

Se creó un diseño electrónico, tomando en cuenta la información obtenida en la fase uno, que reemplazará la función del módulo dentro del sistema de control de acceso.

Para ello se determinaron los componentes necesarios para que el circuito electrónico realizara los requerimientos en forma óptima y las dimensiones físicas de la PCB en función a que el dispositivo cumpla con las especificaciones requeridas.

Además, se estudió la factibilidad económica del proyecto comparando el costo de fabricación con el precio actual del módulo temporizador programable ENFORCER® SA-025Q.

Por último, se puso a prueba el diseño utilizando una *protoboard* para garantizar la funcionalidad del circuito.

4.2.3 Fase 3: Construir la tarjeta electrónica diseñada

Se construyó la PCB tomando en cuenta las indicaciones establecidas en el marco teórico y el circuito electrónico resultante de la fase dos, además de las condiciones espaciales del sitio donde estará instalada la tarjeta.

4.2.4 Fase 4: Realizar pruebas de funcionamiento

En esta etapa se puso a prueba el dispositivo con el fin de corroborar que el ensamblaje se hizo de forma correcta y que el nuevo módulo trabaja de acuerdo con el diseño realizado.

4.2.5 Fase 5: Elaborar el manual de usuario

Con el objetivo de que este dispositivo pueda ser usado en distintas aplicaciones, por distintos usuarios, se elaboró un manual de fácil comprensión, que servirá como guía para la programación y uso del módulo.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este capítulo se expondrán los resultados obtenidos en la elaboración del trabajo, de acuerdo con las fases metodológicas presentadas en el capítulo anterior.

En primer lugar, se estudió el manual de usuario del módulo temporizador programable ENFORCER® SA-025Q. Entre sus características se mencionan:

- El ciclo de temporización se puede ajustar desde 1 s hasta 60 minutos, pudiendo repetirse o ejecutarse solo una vez.
- Consta de un relé que puede activarse al inicio o al final del ciclo de temporización.
- Opera para 12 VDC o 24 VDC.

Se observó que la configuración se hace a través de un *DIP switch* de seis interruptores según las funciones que se muestran en la Tabla 1.

SWITCH	OFF	ON
#1	Tiempo energización del relé fijo a 1 s.	Tiempo de energización del relé variable.
#2	El relé se energiza al comenzar el temporizador.	El relé se energiza al finalizar el temporizador.
#3	Repetir ciclo de temporización.	Un solo ciclo de temporización.
#4	Tiempo en minutos.	Tiempo en segundos.
#5	Temporizador controlado por la entrada TRG.	Temporizador controlado por el encendido del dispositivo.
#6	Temporizador comienza al inicio del TRG.	Temporizador comienza al final del TRG.

Tabla 1 Ajuste del *DIP switch* del Módulo temporizador Programable ENFORCER® SA-025Q

El tiempo del temporizador se controla a través de una rueda integrada al módulo, girándola en sentido horario para aumentarlo y en sentido antihorario para disminuirlo.

Gracias a ejemplos dispuestos en el manual, se infirió lo siguiente:

- Por TRG se entiende una señal de voltaje positivo en la puerta TRG, por lo que la finalización del TRG a la que hace referencia el ítem #6 de la tabla anterior se refiere a la ausencia del mismo.
- El temporizador controla la energización de la bobina del relé siempre que el switch #1 esté en ON, de lo contrario lo hará, bien el encendido del módulo o una señal de TRG.

Es preciso indicar que en el manual no deja claro que condición hace que el relé se desactive, acción necesaria para poder cumplir con los requerimientos de la aplicación, por lo que se creará un criterio para ejecutar esta acción.

Al revisar la comunicación del módulo con el control de acceso, se observó que éste se encuentra conectado a un sensor, integrado en una cerradura electromagnética, cuyo único propósito es indicar si la cerradura está abierta o cerrada. La conexión fue hecha como indica la Imagen 8.

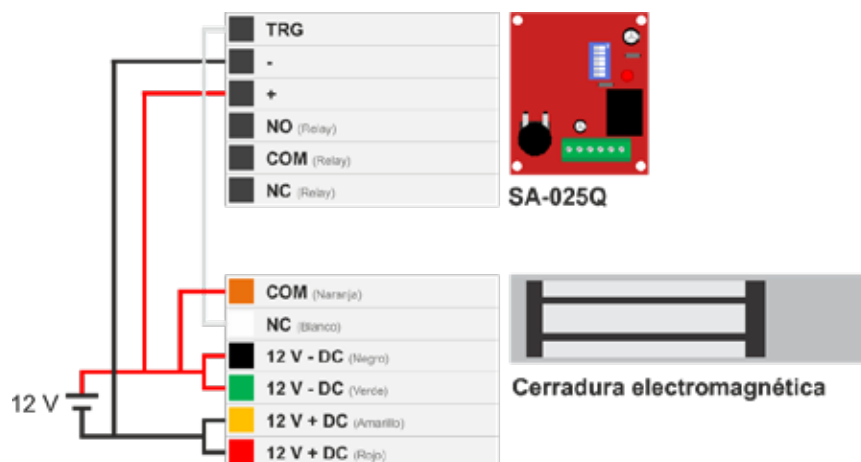


Imagen 7 Conexión del módulo al sistema de control de acceso

Fuente: Inversiones RSTORY & Asociados, S.A.

Teniendo en cuenta lo anterior, se estableció una lista de características para la nueva tarjeta, manteniendo algunas de las más importantes del módulo temporizador anterior, y agregando otras nuevas a razón de crear un dispositivo que cumpliera con la aplicación requerida, y sirviera para otras aplicaciones donde el ENFORCER® SA-025Q fuera usado.

En ese orden de ideas, el nuevo dispositivo debería darle la posibilidad al usuario de:

- Poder operar con 12 VDC o 24 VDC.
- Contar con un temporizador programable cuyo rango de trabajo se encuentre entre 1 segundo y 60 minutos.
- Activar el temporizador con la presencia de voltaje, o la ausencia del mismo, a través de un terminal.
- Elegir si el ciclo de trabajo del temporizador se ejecutará una vez, o se repetirá luego de terminado.
- Conectar dispositivos externos a través de un relé, los cuales serán controlados por el módulo.
- Decidir si el relé se energizará al iniciar el temporizador o al finalizar el mismo, y si este se desactivará por acción del ciclo de temporización o al volver a la condición previa al inicio del periodo de trabajo.

Además, de contar con mecanismos de interacción, que hicieran la programación del módulo una tarea sencilla y de rápida ejecución.

Para ello se decidió que el nuevo dispositivo contaría con dos *DIP switch*, uno para programar el temporizador y el otro para configurar el modo de trabajo del sistema, lo que proporcionaría 16 distintas configuraciones de operación y 16 valores de tiempo para el temporizador. Además, tendrá siete puertos para conectar los periféricos que proporcionarían la alimentación, la señal de disparo y la comunicación entre el relé y los artefactos externos a ser controlados.

Para que el nuevo módulo trabaje para 12 VDC o 24 VDC se integró a la tarjeta un regulador de voltaje de tres terminales LM7805, el cual proporciona un voltaje de salida de entre 4.8 V y 5.2 V para una entrada cuyo rango puede estar comprendido entre 7 V y 20 V a una temperatura de 25 °C.

Electrónicamente el control del artefacto es proporcionado por el microcontrolador, PIC16F84A, el cual fue programado para recibir como entrada el estado de los *DIP switch*, ejecutar el proceso de temporización, y proporcionar una respuesta en función a lo requerido por el usuario.

El PIC16F84A es un microcontrolador de 8 bits que entre otras características, trabaja con una alimentación de 5 V, consta de dos puertos de entrada y salida para la comunicación, un reloj interno, opciones seleccionables de oscilador y permite la interrupción de su rutina mediante una señal externa. Su diagrama de pines se muestra en la Imagen 8.

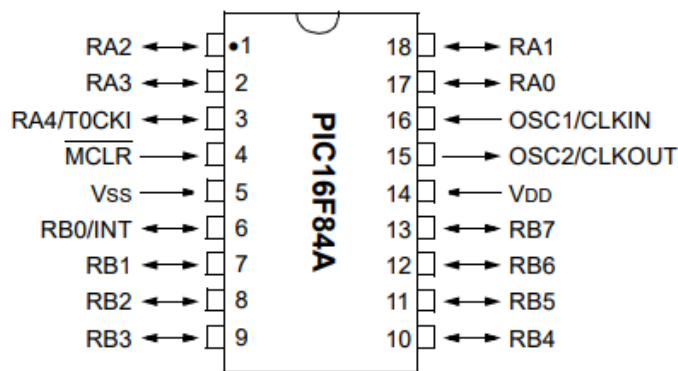


Imagen 8 Diagrama de pines del microcontrolador PIC16F84A

Fuente: Hoja del fabricante del dispositivo.

Se incorporó también un relé de 5 V cuyos puertos común, normalmente abierto y normalmente cerrado, están conectados a bloques terminales donde se podrán conectar los periféricos que se quieran controlar con el módulo, además de dos LED que se usarán como señalizaciones visuales de etapas del proceso, un pulsador para el reinicio del microcontrolador y un suiche para el inicio del sistema.

Tomando en cuenta lo anterior y anexando a esto otros componentes necesarios para que las piezas antes descritas funcionen de manera correcta, se procedió a la realización y simulación del circuito electrónico de la aplicación, para lo cual se utilizó el simulador Proteus.

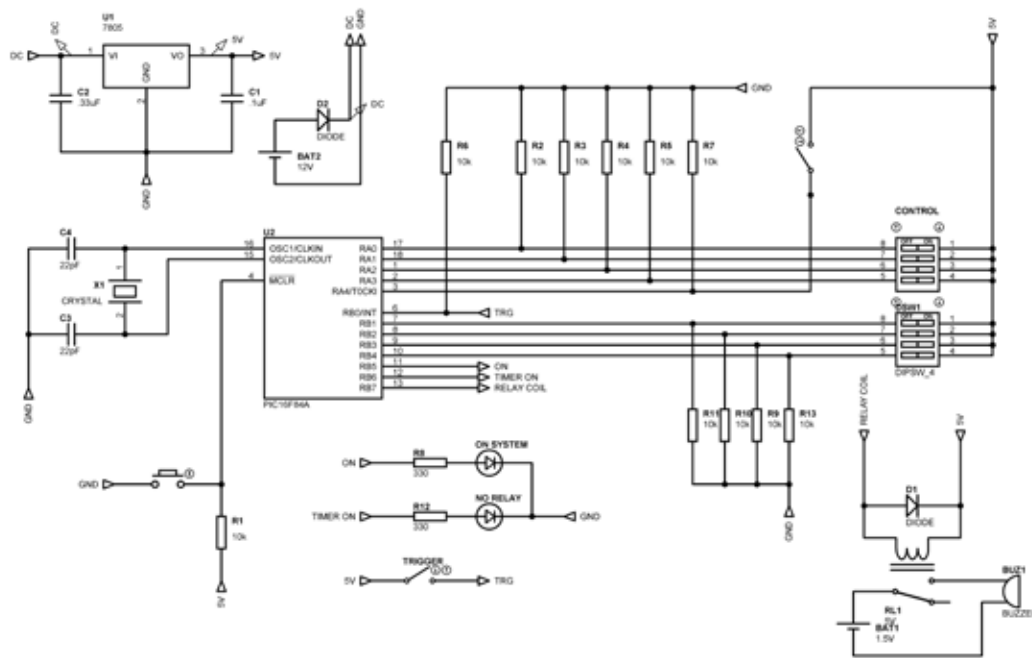


Imagen 9 Circuito electrónico del módulo simulado

Fuente: Propia

A continuación, se evaluó la factibilidad económica del proyecto, a manera de verificar que la construcción de un nuevo módulo es más viable monetariamente que la adquisición de uno nuevo. Para ello se estableció el costo de fabricación del nuevo artefacto y se comparó con el precio del módulo temporizador programable ENFORCER® SA-025Q.

Así entonces, para octubre de 2017 el monto necesario para la construcción del dispositivo era de 129.474,00 Bs mientras que para la adquisición del nuevo equipo es

17,55 \$ lo que traduce una inversión de 511.991,24 Bs a una tasa de cambio de 29.173,29 Bs por dólar (tasa paralela) y 12.775,93 Bs a un cambio de 727,97 Bs por dólar (tasa de cambio oficial SIMADI). Cabe destacar que actualmente en el país existe dificultad para la adquisición de divisas a este último monto, por lo que la compra del módulo ENFORCER® representa un gasto considerablemente más grande que la fabricación de dispositivo nuevo, incluso sin incorporar los aranceles derivados del envío del mismo.

CANT	DESCRIPCION	P. UNIT.	PRECIO
1	Regulador de Voltaje LM7805	2.983,00	2.983,00
1	Microcontrolador PIC16F84A	45.018,00	45.018,00
2	DIP Switch 4 interruptores	6.671,00	13.342,00

13

Para la programación del microcontrolador, se distribuyó la función de los puertos del mismo con el objetivo de asignar las líneas de salida y de entrada del sistema. De esta forma, los bits de configuración y el encendido del sistema son leídos por el Puerto A, mientras que el Puerto B se encarga de monitorear los ajustes del temporizador y la señal disparo que lo activará, además de energizar la bobina del relé y encender los *LED* que indican que el sistema y el temporizador se encuentran activos. La asignación de sus pines se puede observar en la Tabla 2 y la Tabla 3.

PUERTO A	VARIABLE
Bit 4 (RA4)	Activación del sistema
Bit 3 (RA3)	CONF_SYSTEM.3
Bit 2 (RA2)	CONF_SYSTEM.2
Bit 1 (RA1)	CONF_SYSTEM.1
Bit 0 (RA0)	CONF_SYSTEM.0

Tabla 3 Asignación de los pines del Puerto A

PUERTO B	VARIABLE
Bit 7 (RB7)	Bobina del relé
Bit 6 (RB6)	LED TIMER_ON
Bit 5 (RB5)	LED SYSTEM_ON
Bit 4 (RB4)	CONF_TIME.3
Bit 3 (RB3)	CONF_TIME.2
Bit 2 (RB2)	CONF_TIME.1
Bit 1 (RB1)	CONF_TIME.0
Bit 0 (RB0)	TRG

Tabla 4 Asignación de los pines del Puerto B

Donde CONF_SYSTEM y CONF_TIME representan los bits de configuración del sistema y del temporizador en la programación del microcontrolador y TRG la línea del puerto que se encargará de detectar la señal de disparo que activará el ciclo de temporización.

LED SYSTEM_ON indicará cuando el sistema este activo y LED TIMER_ON cuando lo haga el temporizador, el primero, fue pensado como una alerta de falla para el usuario ya que se enciende siempre que haya comunicación con el microcontrolador, el segundo es un aviso de que se cumplió una condición y el temporizador está activado.

Para cumplir con las características planteadas, se distribuyó las funciones requeridas del módulo en cuatro bloques, correspondientes cada una con un bit de CONF_SYSTEM. El primero y el segundo (CONF_SYSTEM.0 y CONF_SYSTEM.1) contendrán la información de cómo se activará el temporizador y si su ejecución se realizará solo una vez o se repetirá, mientras que el tercero y el cuarto (CONF_SYSTEM.2 y CONF_SYSTEM.3), informarán cómo será activación y desactivación del relé.

CONF_SYSTEM		
ACCION	VALOR	DESCRIPCIÓN
Inicio del temporizador (CONF_SYSTEM.0)	0	Al detectar ausencia de voltaje por TRG
	1	Al detectar presencia de voltaje por TRG
Ejecución del ciclo de temp. (CONF_SYSTEM.1)	0	Solo una vez
	1	Siempre
Activación del relé (CONF_SYSTEM.2)	0	Al iniciar el temporizador
	1	Al finalizar el temporizador
Desactivación del relé (CONF_SYSTEM.3)	0	Al finalizar el temporizador
	1	Al volver a la condición inicial

Tabla 5 Significado de los valores de configuración de CONF_SYSTEM

De la tabla anterior derivan 16 distintas posibles combinaciones para fijar el modo de trabajo del nuevo módulo, las cuales deben programarse en el microcontrolador para garantizar una respuesta efectiva a la solicitud del usuario. Para ello, se estableció que el dispositivo trabajaría de forma secuencial, realizando una acción por vez, además, se evitaría el uso de una programación tipo selectiva, la cual implicaría programar el comportamiento del sistema para cada una de las 16 combinaciones por separado, en cambio, se usaría una programación basada en la respuesta a cuatro interrogantes ordenadas conforme a la secuencia de ejecución de acciones:

- ¿Cómo se activa el temporizador?
- ¿Cómo se activa el relé?
- ¿Cómo se desactiva el relé?
- ¿El ciclo de trabajo se repite?

De este modo se creó una lógica de programación como la descrita en la Imagen 10 e Imagen 11.

Como se observa, el proceso usa condicionales para direccionar a las cuatro acciones del sistema que dan respuesta a la solicitud del usuario y que fueron mencionadas anteriormente. Si bien la primera actividad que debe realizar el microcontrolador es dar inicio al temporizador, la primera interrogante que se contesta es si el relé se desactiva al volver a las condiciones previas al inicio del ciclo de trabajo, esto para en caso de ser afirmativa la respuesta, activar la detección de las mismas, interrumpir la ejecución del código y ejecutar la rutina de servicio de interrupción que dará respuesta a la solicitud deseada.

A continuación, se puede notar como a medida que se van resolviendo las interrogantes, el microcontrolador va implementando las acciones pertinentes hasta desactivar el relé y esperar por el reinicio del sistema o volver a ejecutar el ciclo de trabajo.

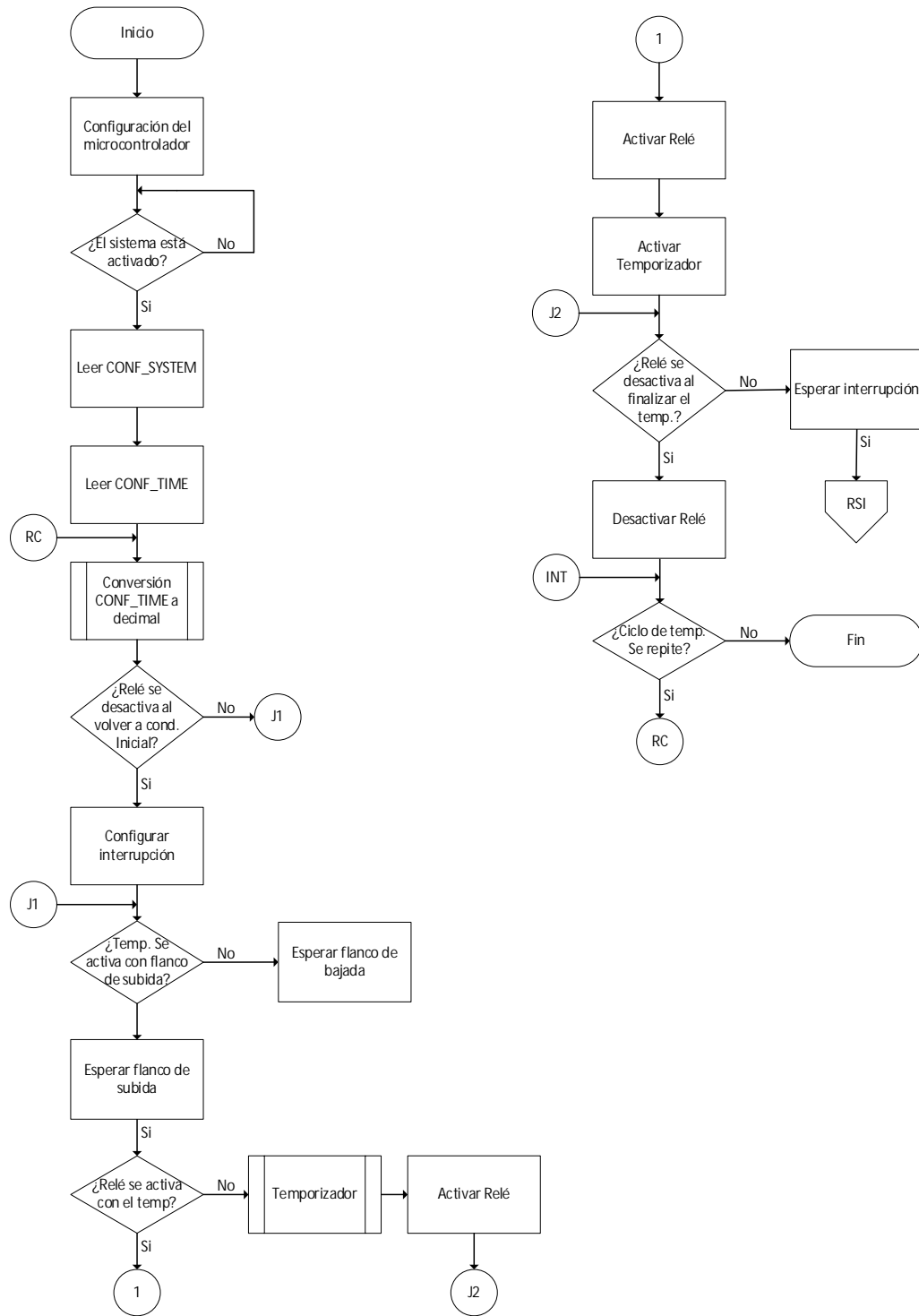


Imagen 10 Lógica de programación del microcontrolador PIC16F84A para la construcción del módulo.

Fuente: Propia

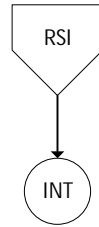


Imagen 11 Lógica de programación del microcontrolador PIC16F84A para la construcción del módulo (Rutina de servicio de interrupción)

Fuente: Propia

El tiempo es un factor importante para este proyecto por lo que es imperativo que el manejo de este se realice de una manera eficiente para que el resultado sea lo másno apegado a la realidad posible. En ese orden de ideas, se aprovecharán los registros de 8 bits TMR0 (*Timer 0*) e INTCON (Registro de interrupciones) del microcontrolador para realizar la rutina que generará el ciclo de temporización deseado por el usuario.

El primero de ellos está encargado de contar ascendentemente cada pulso del reloj interno del PIC16F84A hasta su valor máximo, luego del cual se desborda, acción que activa el bit 2 del segundo registro, llamado TOIF (*Timer 0 Interruption Flag*) para indicar que el conteo ha llegado a su fin.

Utilizando estas características y aplicando además un escalador de frecuencia para usar el máximo periodo de trabajo permitido por el microcontrolador, se desarrolló una lógica de programación como la mostrada en la Imagen 12 para generar una rutina, la cual fue llamada *RETARDO 1s*, cuya ejecución demora un segundo, que será el valor mínimo de ajuste del módulo temporizador.

Tomando en cuenta que la frecuencia de trabajo del microcontrolador será suministrada por un oscilador de cristal de 11,0592 MHz, se puede calcular el número de repeticiones de la etapa 2 de la rutina, necesarias para que esta tenga la duración deseada.

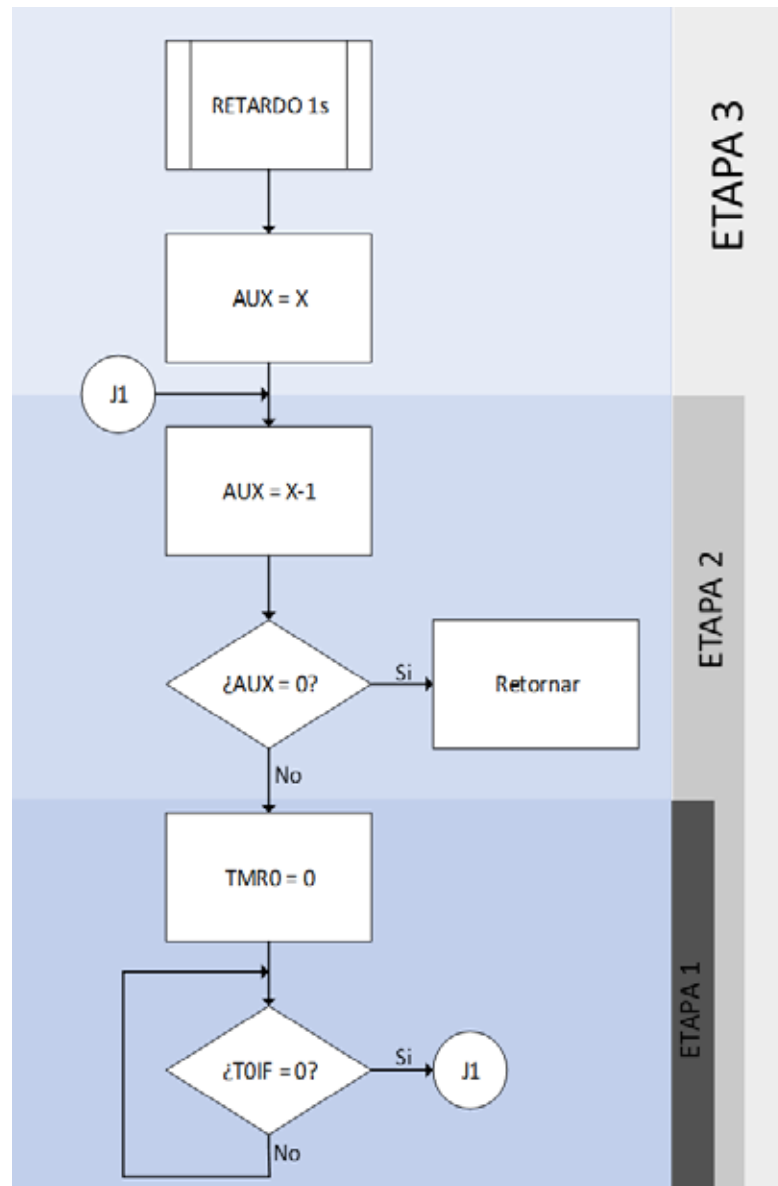


Imagen 12 Lógica de programación para una rutina cuya duración sea 1 s

Fuente: Propia

De esta forma, se sabe que:

- La etapa 1 (conteo del TMR0) se ejecutará 256 veces, o lo que es lo mismo TMR0 contará 256 pulsos de reloj.
- El escalador de frecuencia aumentará el periodo de la señal de reloj 256 veces.

- Cada pulso de reloj tendrá una duración de un ciclo de máquina (4 veces el periodo de la señal de reloj), por lo que la duración de la fase 1 será:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} ;$$

Luego, la etapa dos deberá repetirse aproximadamente 42 veces para garantizar que la ejecución de la rutina tenga una duración de 1 s. Por tratarse de un valor teórico y por haberse obviado algunas líneas de código las cuales representan consumo de tiempo, el resultado anterior deberá someterse a pruebas.

Para generar los otros posibles valores de temporización en segundos bastará solo con repetir la rutina anterior las veces que se requiera, en el caso de que el temporizador sea fijado en minutos, se utilizará como base un ciclo que repetirá 60 veces a *DELAY*, y se ejecutará tantas veces como minutos desee el operador. Los valores de tiempo establecidos para el módulo temporizador programable se muestran en la Tabla 6.

CONF_TIME				
Bit 3 s/m	Bit 2	Bit 1	Bit 0	s / min
0/1	0	0	0	0
0/1	0	0	1	1
0/1	0	1	0	5
0/1	0	1	1	10
0/1	1	0	0	15
0/1	1	0	1	30
0/1	1	1	0	45
0/1	1	1	1	60

Tabla 6 Valores de tiempo establecidos para el módulo temporizador programable

La primera prueba de funcionamiento se realizó en *protoboard* para verificar el comportamiento del circuito electrónico y que el intervalo de tiempo medido por el dispositivo correspondiera con el valor esperado por el usuario. Para ello se utilizó un cronómetro digital para tomar una muestra de cinco mediciones de cada ajuste de tiempo comprendido entre un segundo y cinco minutos para 42, 43 y 44 ciclos de la etapa dos de la rutina *RETARDO 1s*, y se realizó una regresión lineal a través del método de los mínimos cuadrados para predecir el comportamiento del temporizador para los demás valores de ajuste.

CICLOS	ECUACIÓN
42	
43	
44	

Tabla 7 Ecuaciones características de las curvas de ajuste lineal para cada posible número de ciclos de la etapa dos de la rutina *RETARDO 1s*

En la Tabla 7 se pueden observar las ecuaciones características que modelan el funcionamiento real del temporizador en función al número de ciclos de la fase dos de la rutina *RETARDO 1s*, donde la variable “y” representa el posible tiempo generado y “x” el valor deseado por el usuario. Se hace evidente que es necesario que el comportamiento del dispositivo sea modelado por una curva lo mas parecida posible a la curva de la función identidad. De las tres la que mejor cumple con esta condición es la correspondiente con 43 ciclos, ya que su pendiente es aproximadamente 1 y el punto de corte con el eje de las ordenadas es un valor cercano a 0, por lo que se estableció que este sería el número de repeticiones que se usará en la programación.

Para calcular las dimensiones físicas del equipo se tomó en cuenta que para esta aplicación el dispositivo sería guardado dentro de una caja de paso de 150 mm de alto, 150 mm de ancho y 50 mm de espesor. Por lo cual, luego de calcular el espacio requerido por los componentes de la tarjeta utilizando el software EAGLE, se estableció que esta debería tener unas dimensiones de 90 mm de altura y 90 mm de anchura.

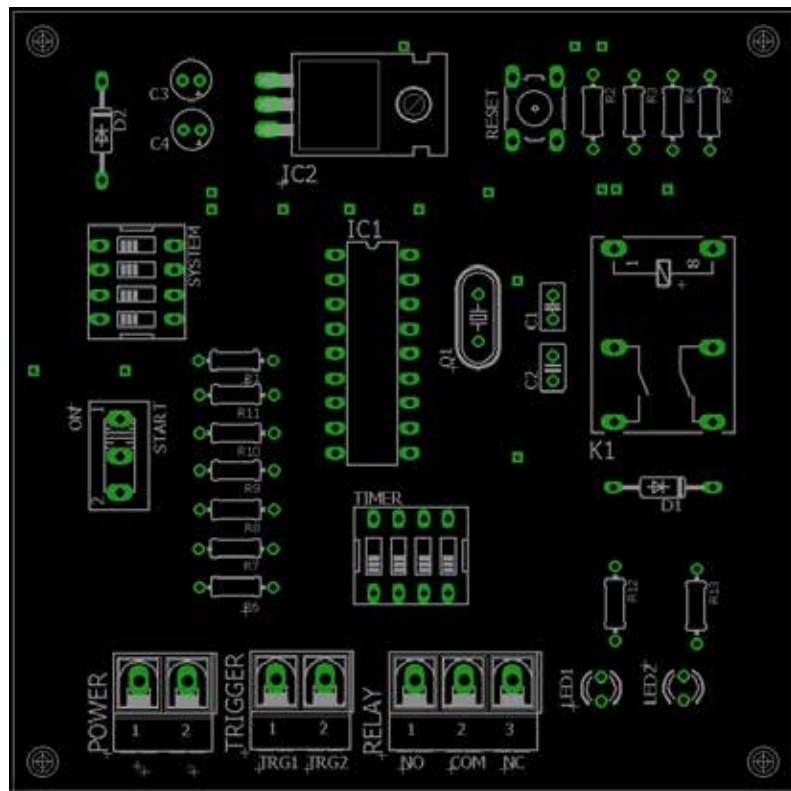


Imagen 13 Distribución de piezas electrónicas en la tarjeta

Fuente: Propia

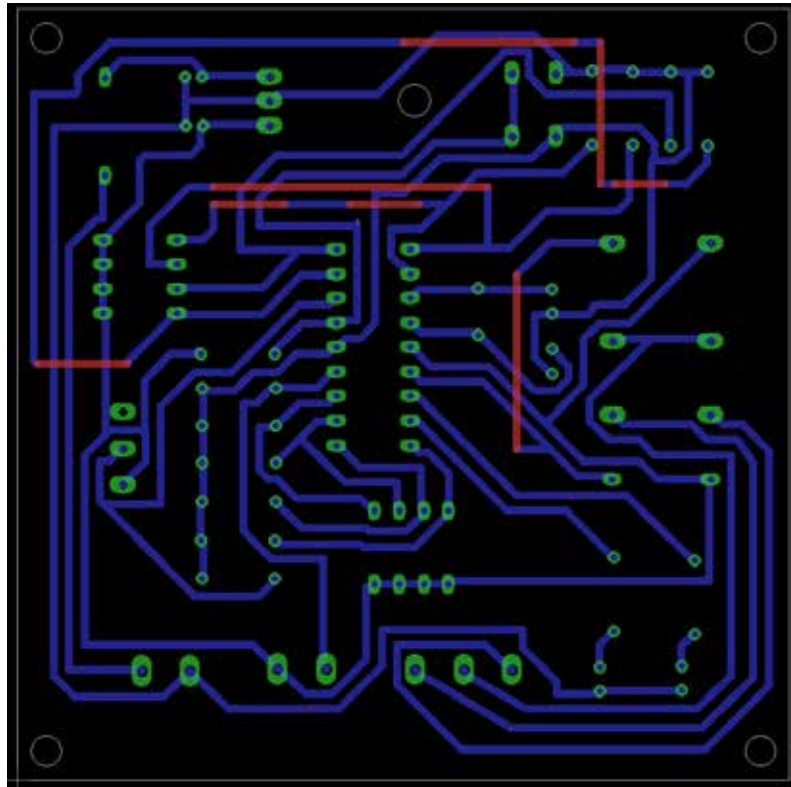


Imagen 14 Diagrama de pistas en la tarjeta electrónica

Fuente: Propia

La Imagen 14 muestra el diseño del circuito electrónico usado para la construcción de la PCB, éste fue impreso en una capa única de cobre a través del método sustractivo utilizando cloruro férrico como material removedor. Se añadió además, una capa de barniz para evitar cortos circuitos entre pistas y se grabó sobre el sustrato de la tarjeta, información referente a las piezas que la componen.

Los componentes utilizados en la fabricación de la PCB son de encapsulado tipo *Through-Hole* (THD), esto para garantizar la posible reparación del módulo en caso de alguna avería. Además, se agregó un *DIP Socket* de 18 pines donde se colocará el microcontrolador PIC16F84A con la intención de facilitar la sencilla extracción de este en caso de que requiera ser cambiado o reprogramado y cuatro agujeros en las

esquinas, con la intención de que el dispositivo pueda ser sujetado a través de estos a una superficie cuando la aplicación lo requiera.

Luego del ensamblado de las piezas, se procedió a probar el funcionamiento del circuito y se verificó que el mismo realiza las operaciones previstas.

Por último, se elaboró el manual de usuario explicando de una forma clara y sencilla el funcionamiento del módulo y sus posibles consideraciones. Se anexó también una lista de consideraciones a tener en cuenta para su óptimo funcionamiento y la ejemplificación de una situación en donde el dispositivo fue usado.

CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto para la empresa Inversiones RSTORY & Asociados, deja en evidencia la utilidad que pueden tener los dispositivos programables en cualquier aplicación donde se requiera manejar parámetros. Una pieza como el microcontrolador usado para esta investigación puede llegar a ser un potencial aliado para cualquier tipo de trabajo, y es especialmente útil para casos como el presentado anteriormente, donde se necesita reemplazar un dispositivo difícil de adquirir y no se requiere el control de una gran cantidad de variables.

Es de gran importancia tomar en cuenta que aunque el PIC16F84A es un dispositivo potente, hay que darle las instrucciones precisas, haciendo los cálculos necesarios, para que éste pueda realizar su ciclo de control de conformidad con lo que requiere la aplicación.

Por otro lado, la construcción de una buena PCB necesita de procedimientos necesarios para garantizar su funcionamiento a lo largo del tiempo, en primer lugar, es necesario diseñar un circuito electrónico que además de cumplir con los requerimientos necesarios de la aplicación, proporcione respuesta a eventos indeseados sin perjudicar el equipo. También es conveniente seguir los procedimientos necesarios para llevar el circuito diseñado a su versión física en una tarjeta.

Si bien actualmente la mayor cantidad de placas de circuito impreso son realizadas por máquinas, utilizando componentes de montaje superficial, la fabricación artesanal con piezas de tecnología de agujeros pasantes posee otras ventajas que motivaron su uso en este proyecto. De esta manera, se logró construir el nuevo módulo temporizador programable con componentes de fácil reemplazo existentes en el mercado lo cual permitirá corregir cualquier avería que pueda presentar el equipo en un futuro, labor que se facilita, gracias a que se posee el diseño del circuito electrónico.

En cuanto al costo de fabricación del equipo, quedó en evidencia que, aunque la manufactura artesanal muchas veces es más costosa que la fabricación en serie, la dificultad existente en el país para la adquisición de divisas dificulta la compra del módulo original o de un dispositivo similar, lo que hace que el proyecto sea más rentable.

Por otro lado, gracias a que la empresa contará con el diseño del circuito electrónico y código de programación del microcontrolador, esta podría producir en un futuro mas módulos temporizadores programables para utilizarlos en aplicaciones similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, Fidas (2006). El Proyecto de Investigación, introducción a la metodología científica (5ta edición). Caracas, Venezuela. Editorial Episteme.
- Bellido, Manuel (2016). Diseño y fabricación de PCBs.
- Bellido, Manuel (2015). Normas básicas y recomendaciones en el diseño de PCBs.
- Coombs, Clyde (2008). Printed Circuits Handbook (6ta edición). Estados Unidos de América, editorial McGraw-Hill.
- De Pizella, Alicia (s.f.). Presentación y transcripción del trabajo especial de grado. Universidad José Antonio Páez.
- Malavé, Dalmys (2012). Modernización de las tarjetas DT370 y DT371 del sistema de control automatizado “Protocolo P13” de las calderas del complejo Planta Centro (CORPOELEC C.A.). Universidad José Antonio Páez.
- Malpartida, F. (2012). Guía de diseño de PCBs, un manual práctico.
- Pallas, Ramón (1996). La electrónica y la medicina. DYNA Ingeniería e Industria.
- Puente, Iker (s.f.). La Historia de la medición del tiempo y la noción del tiempo