


| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | | PAGINA: 1 de 7 |

Código de la dependencia.

| | |
|--------------|-----------------------------|
| FECHA | viernes, 1 de marzo de 2019 |
|--------------|-----------------------------|

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

| | |
|---|------------------------|
| UNIDAD REGIONAL | Sede Fusagasugá |
| TIPO DE DOCUMENTO | Pasantía |
| FACULTAD | Ingeniería |
| NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO | Pregrado |
| PROGRAMA ACADÉMICO | Ingeniería Electrónica |

El Autor(Es):

| APELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS | No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN |
|----------------------------|--------------------------|--|
| CUBILLOS TORRES | JOEL SANTIAGO | 1069750857 |
| | | |
| | | |
| | | |

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 2 de 7 |

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

| APELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS |
|----------------------------|--------------------------|
| BARRERO SANCHEZ | FAIDER HUMBERTO |
| | |
| | |
| | |

| TÍTULO DEL DOCUMENTO |
|--|
| “APOYO EN EL ÁREA DE DESARROLLO DE PROTOTIPOS Y TARJETAS” |

| SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje) |
|--|
| |

| TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía |
|--|
| INGENIERIA ELECTRONICA |

| AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO | NÚMERO DE PÁGINAS |
|-------------------------------------|--------------------------|
| 01/03/2019 | 66 |

| DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves) | |
|--|---------------|
| ESPAÑOL | INGLÉS |
| 1.hardware | hardware |
| 2.desarrollo | developing |
| 3.estudio | study |
| 4.prototipo | prototype |
| 5.circuito | circuit |
| 6.pruebas | Test |

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 3 de 7 |

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

En el siguiente documento se describirá la pasantía realiza con el titulo de **“APOYO EN EL ÁREA DE DESARROLLO DE PROTOTIPOS Y TARJETAS”** en la cual se desarrollaron diferentes prototipos de circuitos impresos, todo esto en las instalaciones de vistronica.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación,

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 4 de 7 |

teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

| AUTORIZO (AUTORIZAMOS) | SI | NO |
|--|-----------|-----------|
| 1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer. | x | |
| 2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet. | x | |
| 3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones. | x | |
| 4. La inclusión en el Repositorio Institucional. | x | |

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general,

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 5 de 7 |

contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ NO _x_.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 6 de 7 |

- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.
-
- j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

| Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf) | Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.) |
|--|---|
| 1.APOYO EN EL ÁREA DE DESARROLLO DE PROTOTIPOS Y TARJETAS.pdf | texto |
| 2. | |
| 3. | |
| 4. | |

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

| APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS | FIRMA (autógrafa) |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Joel Santiago cubillos torres | <i>Joel Santiago (cubillos)</i> |
| | |
| | |
| | |

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).

**ACTIVIDADES DESARROLLADAS
DURANTE LA PASANTÍA EN
VISTRONICA SAS TITULADAS
“APOYO EN EL ÁREA DE DESARROLLO
DE PROTOTIPOS Y TARJETAS”**

JOEL SANTIAGO CUBILLOS TORRES
Estudiante Ingeniería Electrónica

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Ingeniería Electrónica
Facultad de Ingeniería
Fusagasugá, Colombia
2019

ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PASANTÍA EN VISTRONICA SAS TITULADAS “APOYO EN EL ÁREA DE DESARROLLO DE PROTOTIPOS Y TARJETAS”

Trabajo de pasantía presentado como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniero Electrónico

JOEL SANTIAGO CUBILLOS TORRES
Estudiante Ingeniería Electrónica

Tutor:
ARLEY MILLAN LLANOS
Ingeniero Electrónico Vistronica SAS

Director:
FAIDER HUMBERTO
Ingeniero Electrónico Universidad de Cundinamarca

Línea de investigación:
Software, sistemas emergentes y nuevas tecnologías

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Ingeniería Electrónica
Facultad de Ingeniería
Fusagasugá, Colombia
2019

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Fusagasugá ____ de _____ del ____

Dedicatoria

A mi familia y compañeros de estudio por brindarme su apoyo incondicional y lo más importante, su tiempo.

Agradecimientos

A mi director de pasantía, Faider Humberto, que con su apoyo incondicional me colaboro en todo momento para culminar con la pasantía.

Al ingeniero Arley Llanos, que con su conocimiento y simpatía me apoyó en todo momento, para culminar con éxito el trabajo de pasantía.

Al ingeniero Elkin Cedeño, gerente de Vistrónica SAS por abrirnos las puertas de su empresa y brindarnos toda su confianza, para formar allí el desarrollo de la pasantía.

A todos los docentes que, a lo largo de nuestras vidas, aportaron con su conocimiento, en nuestra formación académica, para forjar un presente de numerosos logros.

A todos mis compañeros de estudio y vida, con quienes compartí momentos valiosos, en especial a Alex Escobar, quien me enseñó que para él lo primero es la universidad y a trabajar 25 de las 24 horas del día. A todos y en todo momento, muchas gracias.

Contenido

| | |
|--|----|
| Introducción | 10 |
| 1. INFORMACION GENERAL DE LA EMPRESA | 12 |
| 1.1. Ubicación | 12 |
| 1.2. Objetivo | 12 |
| 1.3. Misión | 13 |
| 1.4. Visión..... | 13 |
| 1.5. Valores Corporativos..... | 13 |
| 1.7. Diseño de sistemas electrónicos..... | 15 |
| 1.8. Entorno de desarrollo integrado IDE | 15 |
| 1.9. Software EAGLE..... | 15 |
| 1.10. PCB..... | 16 |
| 1.11. Rectificador de Onda Completa | 17 |
| 1.12. EndStop Óptico..... | 18 |
| 2. APOYO EN EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS | 20 |
| 2.1. Desarrollo de un prototipo para el conteo de materiales SMD..... | 20 |
| 2.1.1. Diseño de la estructura en CorelDraw | 20 |
| 2.1.2. Hardware utilizado para el prototipo | 21 |
| 2.1.3. Código de programación e interfaz de usuario del prototipo..... | 22 |
| 2.2. Desarrollo de un prototipo de tarjeta PWM sincronizada con la red eléctrica | 23 |
| 2.2.1. Control por medio de puerto serial RX y TX..... | 23 |
| 2.2.2. Control de carga suministrada a la carga | 24 |
| 2.2.3. Control de disparo del TRIAC..... | 24 |
| 2.2.4. Modos de operación del prototipo..... | 25 |
| 2.2.5. Pruebas | 25 |
| De esta manera, observar el comportamiento del PWM entregando su máxima potencia que describe el diseño, así mismo del control por medio de la comunicación serial. | 25 |
| 3. APOYO EN LA REALIZACION DE PRUEBAS DECOMPONENTES ELECTRONICOS27 | |
| 3.1. SHIELD VNH2SP30..... | 27 |
| 3.1.1. Características deseadas..... | 27 |
| 3.1.1.1. Pruebas..... | 28 |

| | | |
|----------|---|----|
| 4. | APOYO EN EL ÁREA DE DESARROLLO DE TARJETAS ELECTRÓNICAS..... | 32 |
| 4.1. | Desarrollo de pruebas para determinar características de las diferentes tarjetas... | 32 |
| 4.2. | Apoyo en el desarrollo de posible soluciones..... | 32 |
| 4.3. | Diseño de códigos para las tarjetas utilizando el IDE de Arduino | 32 |
| 4.4. | Tarjetas desarrolladas | 34 |
| 4.4.1. | PWM sincronizado con la red de uno, dos y cuatro canales sin controlador incorporado..... | 34 |
| 4.4.1.1. | Características | 34 |
| 4.4.1.2. | Pruebas de las diferentes tarjetas PWM..... | 35 |
| 4.4.1.3. | Resultados de las diferentes tarjetas PWM | 35 |
| 4.4.2. | Relé remoto de 2 canales | 39 |
| 4.4.2.1. | Características | 39 |
| 4.4.2.2. | Pruebas..... | 40 |
| 4.4.3. | Relé remoto de 4 canales | 43 |
| 4.4.3.1. | Características | 43 |
| 4.4.3.2. | Pruebas..... | 43 |
| 4.4.4. | Relé remoto de 6 y 12 canales..... | 45 |
| 4.4.4.1. | Características | 45 |
| 4.4.4.2. | Pruebas..... | 46 |
| 4.4.5. | Puente H VNH2SP30..... | 47 |
| 4.4.5.1. | Características | 47 |
| 4.4.5.2. | Pruebas..... | 48 |
| 5. | CONCLUSIONES | 53 |
| | Apéndice 1: Manual de usuario del prototipo de conteo de componentes SMD | 55 |
| A.1.1. | Estructura y carga de componentes SMD | 55 |
| A.1.3. | Botones de selección | 56 |
| A.1.2. | Menú de selección para las funciones del prototipo | 57 |
| 6. | ANEXOS..... | 59 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 66 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación geográfica de Vistrónica S.A.S. | 12 |
| Figura 2. Proceso para desarrollar una tarjeta electrónica dentro del área de desarrollo. | 14 |
| Figura 3. Pantalla de diseño de un módulo, en la parte superior el esquemático y en la parte inferior el diseño PCB. | 16 |
| Figura 4. Producto final del diseño de una PCB. | 17 |
| Figura 5. (a) Circuito rectificador de onda completa (b) Primer ciclo de rectificación (c) Segundo ciclo de rectificación. | 18 |
| Figura 6. Sensor óptico con fototransistor. | 18 |
| Figura 7. Carrete de elementos SMD. | 20 |
| Figura 8. Diseño de cortes en software CorelDraw. | 21 |
| Figura 9 Dispositivo de conteo de elementos SMD finalizado. | 21 |
| Figura 10. Diagrama de flujo del código de programación del prototipo de conteo de componentes SMD. | 22 |
| Figura 11 Tarjeta PWM sincronizada con la red de 40 Amperios conectada a un Arduino Uno. | 23 |
| Figura 12. Esquema de proceso de control de carga. | 24 |
| Figura 13. a) Carga térmica de 30 Amperios b) 13 bombillos como carga de 10 Amperios. Elaborada por el Autor. | 26 |
| Figura 14 Tarjeta Shield VNH2SP30 compatible con arduino. | 27 |
| Figura 15. Diseño tarjetas PWM 1,2 y 4 canales. | 34 |
| Figura 16. Cargas conectadas al PWM de 1 canal a) carga resistiva b) carga inductiva. | 36 |
| Figura 17. Diferentes cargas para el PWM 2 canales a) carga resistiva b) carga inductiva. | 37 |
| Figura 18. Diferentes cargas para el PWM 2 canales a) carga resistiva b) carga inductiva. | 39 |
| Figura 19. Conexión de la tarjeta Relé con la placa de desarrollo Arduino Uno por medio del canal de comunicaciones SPI. | 40 |
| Figura 20. a) Estado de conmutación OFF del Relé b) Estado de la carga de los Relé. | 40 |
| Figura 21. a) Estado de conmutación ON de un Relé b) Estado de la carga de los Relé. | 41 |
| Figura 22. a) Estado de conmutación ON del Relé b) Estado de la carga de los Relé. | 41 |
| Figura 23. Carga de 15 Amperios para la conmutación de los Relé. | 42 |
| Figura 24. a) Tarjeta final Relé remoto de 4 canales b) diseño en Software Eagle del Relé 4 canales. | 43 |
| Figura 25. Modos por defecto de la tarjeta Relé de 4 canales, se observa la conmutación por cada Relé. | 44 |
| Figura 26. a) Tarjeta final Relé remoto de 6 canales b) diseño en Software Eagle del Relé 6 canales. | 45 |
| Figura 27. a) Tarjeta final Relé remoto de 12 canales b) diseño en Software Eagle del Relé 12 canales. | 46 |
| Figura 28. Tarjeta desarrollada puente H VNH2SP30. | 47 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Relación de ciclo Duty y voltaje de salida de la Shield VNH2SP30. Elaborada por el Autor..... | 28 |
| Tabla 2. Respuesta del comportamiento de la Shield con la perturbación sobre la carga 1. Elaborada por el Autor. | 30 |
| Tabla 3. Respuesta del comportamiento de la Shield con la perturbación sobre la carga 1. Elaborada por el Autor. | 31 |
| Tabla 4. Valores obtenidos de las pruebas para PWM 1 canal. Elaborada por el Autor. | 36 |
| Tabla 5. Valores obtenidos con la variación de ciclo Duty 50% y 99%. Elaborada por el Autor..... | 37 |
| Tabla 6. Valores obtenidos en las diferentes cargas con el PWM de 2 canales. Elaborada por el Autor. | 37 |
| Tabla 7. Tipos de cargas para el PWM de 4 canales. Elaborado por el Autor..... | 38 |
| Tabla 9. Datos obtenidos de la variación de voltaje de alimentación de carga y ciclo Duty. Elaborada por el Autor. | 51 |
| Tabla 10. Datos obtenidos de la variación de voltaje de alimentación de carga y ciclo Duty para una carga inductiva. Elaborada por el Autor. | 52 |
| Tabla 11. Registro de datos con cargas inductivas de alto amperaje. Elaborada por el Autor. | 52 |

Introducción

Durante el inicio de desarrollo electrónico, se fueron desarrollando nuevos y mejores dispositivos, con características robustas y cada vez más complejos y pequeños. Esto desencadenó la necesidad de establecer métodos y líneas investigativas para el desarrollo de tarjetas electrónicas, con la ayuda de las PCB.

Los circuitos impresos hicieron que dispositivos electrónicos se desarrollaran y formaran parte de la vida cotidiana del ser humano y no solo de aplicaciones específicas como se venían desarrollando. Por tal razón, en la actualidad encontramos dispositivos electrónicos casi en cualquier parte donde observemos, computadoras, celulares, GPS, electrodomésticos etc. Sin embargo, aún se continúan desarrollando novedosos dispositivos para determinadas aplicaciones como la medicina, energía, estudio, escenarios militares y muchos otros.

Conforme a lo anterior, en el campo de la medicina se han realizado muchas invenciones de ámbito electrónico que ha sido producto de una gran línea de investigación de muchos años, es así como observamos dispositivos que ayudan en la obtención de imágenes radiográficas del cuerpo humano, con la diferencia de que estos son dispositivos portátiles y acortan el tiempo de obtención de la imagen la cual se recibe de manera digital, con esto se puede fácilmente dar un primer diagnóstico de manera rápida y segura, además de poder ser utilizado de manera fácil por los técnicos profesionales. (Meertens, Herk, Bijhold, & Bartelink, 1990)

Por otra parte, en el campo del sector eléctrico se está evidenciando la necesidad de integrar la red con dispositivos de gestión y monitoreo, debido al crecimiento y capacidad a la que las redes se están afrontando y más aún, la complejidad en que se prevé en un futuro, de esta manera investigadores se encuentran en la marcha con desarrollo de dispositivos electrónicos inteligentes que cumplan tal requerimiento, como también cumplan con los estándares que se imponen en este tipo de redes, y así nadar en un contexto de Smart Grid. (Calvo, Munoz, Lopez, & Redondo, 2016)

Como se ha visto, son muchos los escenarios en donde el desarrollo electrónico forma parte importante en la aplicación de la tecnología en una determinada actividad, en el presente libro se redacta los trabajos realizados en el área de

desarrollo de tarjetas electrónicas para la empresa Vistrónica SAS, como también los prototipos trabajados y las tarjetas diseñadas.

1. INFORMACION GENERAL DE LA EMPRESA

1.1. Ubicación

Vistrónica se encuentra ubicada en el municipio de Fusagasugá, departamento de Cundinamarca, en el barrio piedra grande Figura 1.

Figura 1. Ubicación geográfica de Vistrónica S.A.S.



Fuente: Google Maps.

1.2. Objetivo

Se dedica a la venta de componentes electrónicos y desarrollo de maquinaria para el ámbito lúdico y académico a fin de dar cobertura a las necesidades presentadas por la basta comunidad en todo el territorio Colombiano a través de internet; se caracteriza por brindar los mejores precios del mercado, gracias a la red de proveedores que se han adquirido en Asia, Europa y América, permitiendo así tener contacto directo con diversos fabricantes, quienes cumplen con los más altos estándares de calidad y que igualmente permiten brindar excelencia en los productos desarrollados por la marca Vistrónica; conservando siempre los mejores precios, al ser importadores directos.

1.3. Misión

Somos una tienda virtual de electrónica dedicada a la importación, comercialización y desarrollo de circuitos electrónicos. Orientados en el desarrollo de maquinaria tipo lúdica y enfocados en el ámbito académico en todo el territorio colombiano que tiene como propósito brindar a nuestros clientes soluciones integrales satisfaciendo sus necesidades en cuanto a precio, calidad, cumplimiento y agilidad en la entrega.

1.4. Visión

Para el año 2021 queremos ser una empresa líder a nivel Latinoamérica, reconocidos en el mercado como una de las grandes redes de distribuidores directos y marca pionera en el diseño y desarrollo de circuitos electrónicos innovadores haciendo frente al mercado cambiante y competitivo, en pro de generar crecimiento económico en el país y nuestros accionistas.

1.5. Valores Corporativos

Integridad: Conservar altos estándares de principios éticos y morales para irradiar honestidad y fiabilidad en nuestras relaciones.

Trabajo en Equipo: Integramos habilidades y conocimientos con el fin de construir bases firmes en las relaciones interpersonales.

Calidad: Colocamos nuestro mayor esfuerzo y dedicación para superar siempre las expectativas de nuestros clientes.

Enfoque al Cliente: Todo gira en torno a la satisfacción del cliente, por ello, nada es más importante que una buena cultura de servicio.

1.6. Departamento donde se realizó la practica

Durante el periodo de pasantía llevado a cabo en Vistrónica S.A.S., el estudiante se desempeñó en el área técnica y desarrollo, equipado con un computador de mesa y de elementos necesarios para la realización de las actividades.

Los productos desarrollados dentro del area de desarrollo de vistronica, se registran con línea de producción llamada "Sutagao" . El área cuenta en este momento con 5

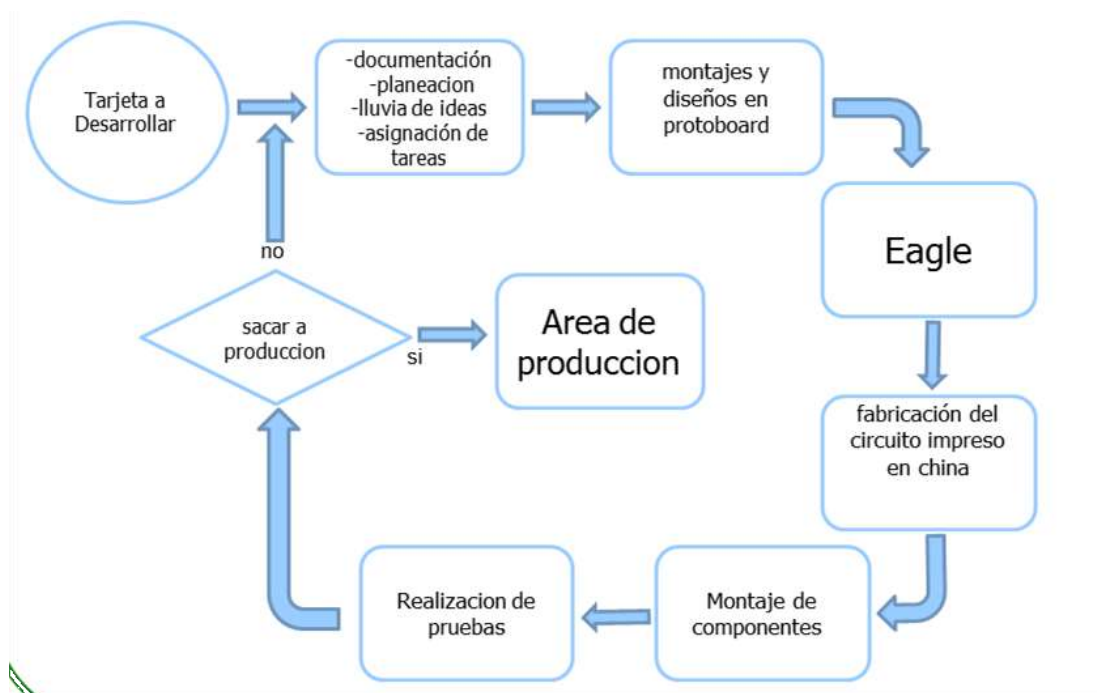
ingeniero electrónicos y ocasionalmente un experto en áreas más específicas de contratación externa.

El director de área implementa técnicas para ambiente de trabajo basadas en metodologías Japonesas.

Así mismo, se enfocan en dos plataformas para el desarrollo de proyectos, la primera llamada ODOO para asignación y agenda de tareas y la segunda denominada Git para el repositorio de los proyectos.

En la Figura 2 podemos observar el proceso que se tiene establecido en el área de desarrollo para diseñar tarjetas electrónicas, iniciando con una idea de aplicación para ser desarrollada, luego se realiza el estado del arte y asignación de tareas, mas adelante se obtiene los primeros diseños y montajes, si se cumple con las características y requerimiento necesarios se procede a realizar la board en el software Eagle, se envía a proveedores en China el corte de la board sin los elementos, luego dentro del área se realiza el montaje de componentes y sus respectivas pruebas, si estas cumplen y el dispositivo es rentable saldrá a producción de lo contrario se inicia de nuevo en la respectiva documentación.

Figura 2. Proceso para desarrollar una tarjeta electrónica dentro del área de desarrollo.



Fuente: elaborado por el Autor.

MARCO TEORICO

1.7. Diseño de sistemas electrónicos

Si bien en el desarrollo de tarjetas y sistemas electrónicos se da por entendido que se encuentra en la rama de la Ingeniería eléctrica y electrónica, es importante aclarar que comprende un espacio más multidisciplinario, lo que ha desencadenado un desarrollo más rápido y competitivo, es el caso de los Smartphone y computadoras, por tal razón, cuando se habla de diseño y desarrollo electrónico, el asunto abarca un amplio espectro y reto para los desarrolladores electrónicos de hoy por hoy, pues se está influenciando en la vida diaria de muchas y diferentes maneras, con el objetivo de transportar el conocimiento y competencias necesarias en el desarrollo profundo que implica tareas y aspectos de ingeniería pura. (Jens Lienig, 2017)

En el pasado el desarrollo microelectrónico evoluciono a un ritmo rápido, hoy en día se cuenta cada vez más con métodos y sistemas mucho más complejos en la actividad de diseño y desarrollo, como consecuencia de poco tiempo de desarrollo y la reutilización de componentes, es así, que un punto crucial en el desarrollo de IC (circuitos integrados) es la selección del sistema de arquitectura jugando con la capacidad, costo y consumo de energía. (Louërat & Maehne, 2014)

1.8. Entorno de desarrollo integrado IDE

Es una aplicación de software que proporciona facilidad en el desarrollo de software a los programadores de computadora. Un IDE consiste normalmente de un editor de fuente de código, herramientas de compilación automática y un debugger. Muchos de los IDEs modernos tales como, NetBeans o Eclipse, contienen compiladores e interpretadores o both, otros como SharpDevelop y Lazarus, no. Los IDE están diseñados para maximizar la productividad del programador con interfaz de usuarios, presentando un único programa en el que se realiza todo el desarrollo. Este programa normalmente proporciona muchas características para la creación, modificación, compilación, implementación y depuración de software. (Wikipedia)

1.9. Software EAGLE

Software de automatización de diseño electrónico (EDA), permitiendo a los diseñadores de circuitos electrónicos impresos (PCB) para conectar esquemáticos, colocar componentes, enrutamiento circuitos además de muchas otras herramientas,

tales como, bloque de diseños de módulos (Figura 3), validación de rutas del esquemático de acuerdo a reglas electrónicas, sincronización en tiempo real del diseño esquemático con el diseño de PCB final, precisar y organizar los elementos en el diseño de PCB gracias a un conjunto de herramientas de alineación, librería de componentes completa con símbolos, parámetros de diseño en el esquema y modelo 3D. (Autodesk, 2019)

Figura 3. Pantalla de diseño de un módulo, en la parte superior el esquemático y en la parte inferior el diseño PCB.



Tomada de Autodesk Eagle.

1.10. PCB

El diseño de print circuit board o tarjeta de circuitos impresa (PCB), es considerado como el último pasó para el diseño de circuitos electrónicos, de igual manera como uno de los más importantes en la producción de PCBs (Figura 4). En un principio cada componente electrónico y electromecánico se colocaban a mano, los alambres se soldaban punto por punto, esto conllevaba a que los equipos fueran muy complicados y de gran tamaño, lo que entorpecía su uso en los sectores de las aeronaves y la salud. Más adelante, se fueron desarrollando elementos más potentes y pequeños, y el diseño de módulos se hizo popular, esto incremento el desarrollo de nuevas técnicas para conectar los componentes electrónicos, para esto

surgido los tableros de ensamble para componentes electrónicos, conocido como las PCB. (Khandpur, 2005)

Figura 4. Producto final del diseño de una PCB.



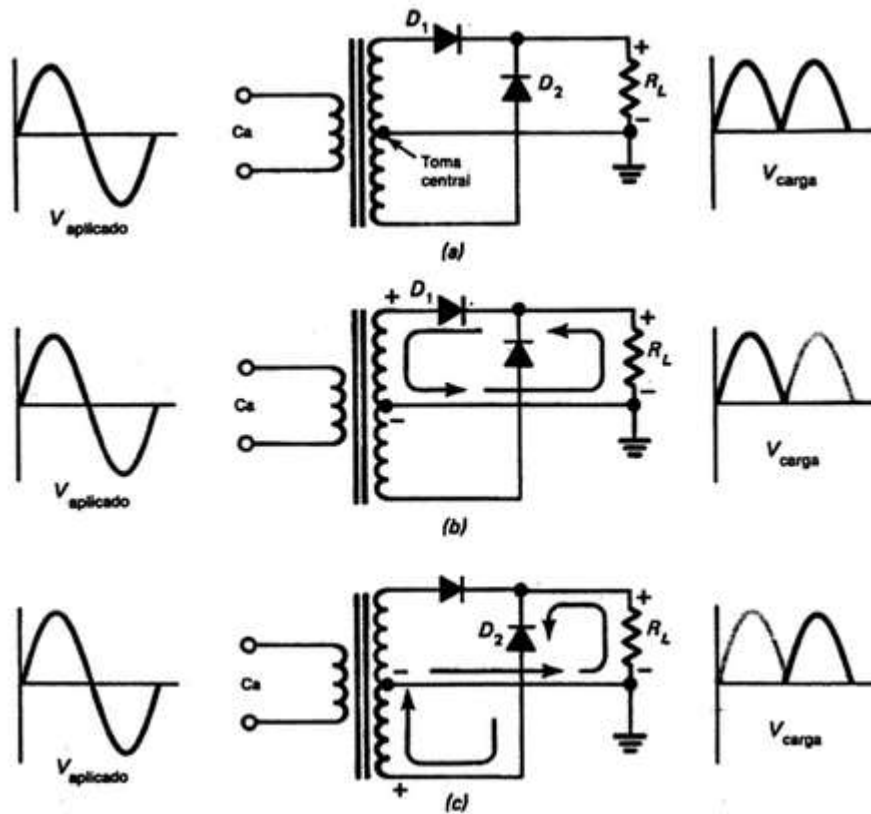
Tomada de Autodesk

1.11. Rectificador de Onda Completa

Es un circuito electrónico utilizado en la conversión de corriente alterna a corriente continua, es decir, pasar de una fuente de corriente que cambia el sentido de movimiento entre los dos polos, a un solo sentido. En la Figura 5.a podemos apreciar un circuito rectificador de onda completa, formado por un transformador con toma central, dos diodos y una carga.

Al devanado primario del transformador se le aplica un voltaje alterno, en la Figura 5.b podemos observar el primer ciclo de rectificación, para este caso el diodo D1 se encuentra polarizado en directa lo que indica que dejara pasar la corriente a través de la carga en el sentido que indica la flecha. Ahora para la figura 5.c observamos el segundo ciclo de rectificación, esta vez el diodo D2 se encuentra polarizado en directa, mientras el diodo D1 se encuentra polarizado en inversa, sin embargo el sentido de la corriente atraviesa la carga igual que en el primer ciclo asegurando las dos ondas periódicas que observamos al costado derecho. (Schuler, 1994)

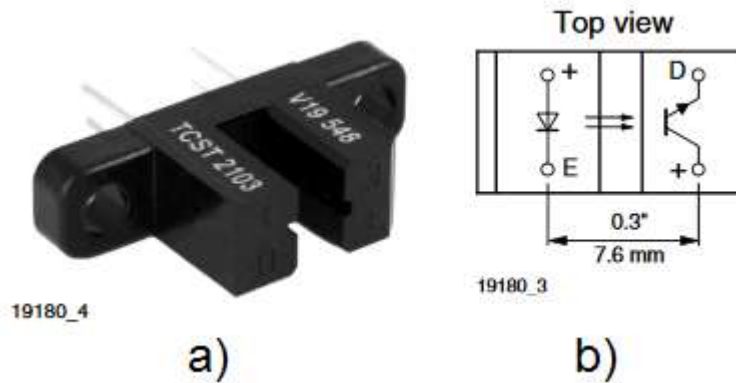
Figura 5. (a) Circuito rectificador de onda completa (b) Primer ciclo de rectificación (c) Segundo ciclo de rectificación.



Tomada de (Schuler, 1994)

1.12. EndStop Óptico

Figura 6. Sensor óptico con fototransistor.



Tomada de (VISHAY, 2017)

Es una adecuación electrónica para el sensor que incluye en su circuito interno (Figura 6.b) un emisor infrarrojo y un fototransistor localizados cara a cara en las pestañas que se observa en la Figura 6.a; cuando se interrumpe la acción física entre el infrarrojo y el elemento fotoreceptor, se produce una respuesta en el circuito indicándonos dicho evento. (VISHAY, 2017)

2. APOYO EN EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS

2.1. Desarrollo de un prototipo para el conteo de materiales SMD

El prototipo que se diseñó, pretende apoyar de forma semiautomática al usuario, en el conteo de componentes de tipo SMD alojados en cintas en forma de carretes (Figura 7), de tal manera que resulte cómodo y rápido el conteo de estos materiales a diferencia de realizar el ejercicio de manera manual.

Figura 7. Carrete de elementos SMD.



Tomada de microensamble on-line

2.1.1. Diseño de la estructura en CorelDraw

CorelDRAW es una aplicación informática de diseño de grafico vectorial, que nos permite realizar un plano en dos dimensiones y con medidas reales, para luego ser cortadas por una impresora láser y de esta manera obtener un modelo en acrílico.

Para este prototipo se cortó un panel de acrílico de 20x20cm, a 5mm de grosor y otro panel de acrílico de 10x10cm, a 3mm de grosor para los cuales se diseñaron cortes como se puede apreciar en la Figura 8.

Figura 8. Diseño de cortes en software CorelDraw.



Elaborada por el Autor.

2.1.2. Hardware utilizado para el prototipo

Los componentes SMD, son almacenados en largas tiras, las cuales poseen agujeros en sus dos extremos cada componente SMD tiene asociado un numero X de agujeros como se ve en la Figura 7.

Figura 9 Dispositivo de conteo de elementos SMD finalizado.



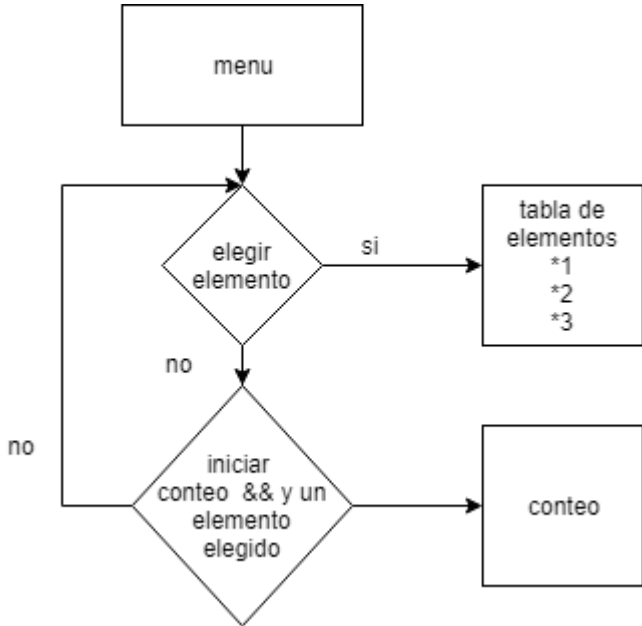
Elaborada por el Autor

Para escoger los elementos que se implementaron en el prototipo, se tuvo en cuenta que este sería simple, económico y fácil de manejar, para ello la solución adecuada ha sido la implementación de un EndStop Óptico para Impresora 3D y la plataforma de programación y desarrollo Arduino uno, cumpliendo con los requerimientos a cabalidad y con un precio económico. El prototipo finalmente realiza un conteo de agujeros, de esta forma se tiene un aproximado muy exacto, del número de componentes que hay en una tira (ver Figura 9)

2.1.3. Código de programación e interfaz de usuario del prototipo

Por medio del IDE de Arduino , se realiza un código implementando estructuras de tipo ON OFF para la identificación y conteo de componentes SMD como se observa en el diagrama de flujo de la Figura 10, de acuerdo al estado del sensor y el patrón de agujeros de cada tipo de componente, además de una interfaz con usuario, implementando una LCD 16X2 y botones, que sea fácil de manipular por cualquier persona de Vistrónica S.A.S.

Figura 10. Diagrama de flujo del código de programación del prototipo de conteo de componentes SMD.



Elaborada por el Autor.

La interfaz cuenta con un menú donde se tiene dos opciones, la primera nos permite elegir el tipo de componente que deseo contar y la segunda nos permite dar inicio al conteo de componentes que se van a utilizar. (Ver Apéndice 1)

2.2. Desarrollo de un prototipo de tarjeta PWM sincronizada con la red eléctrica

Con el fin de controlar la potencia de PWM se diseña un prototipo de tarjeta sincronizada con la red eléctrica, donde Vistronica desea que cuente con dos opciones de control, como lo es un elemento variador de tipo físico y la posibilidad de conexión implementando el protocolo de comunicación serial RX y TX, además de soportar una corriente nominal de 40 Amperios, así mismo voltaje nominal 120 o 240 Vac.

Para el desarrollo los elementos que se requieren implementar es un microcontrolador Atmega328, un TRIAC y optoacopladores, como se puede observar en la Figura 11.

Figura 11 Tarjeta PWM sincronizada con la red de 40 Amperios conectada a un Arduino Uno.



Elaborada por el Autor.

2.2.1. Control por medio de puerto serial RX y TX

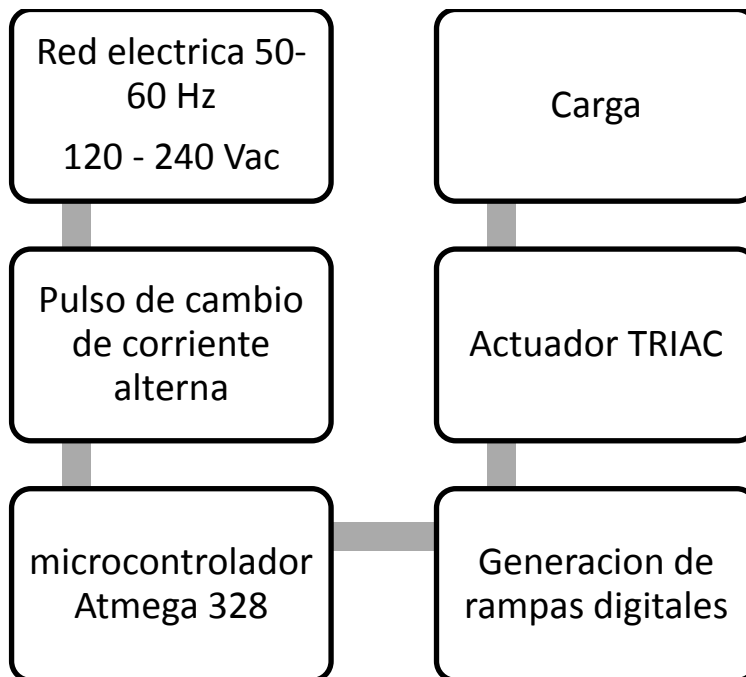
Amplia gama de microcontroladores nos ofrece la posibilidad de conexión serial RX y TX, al igual de brindarnos librerías y entornos que nos facilita la implementación de los mismos en múltiples aplicaciones. El microcontrolador ATMEGA328 nos brinda una solución a un bajo costo y facilidad de ejecución, gracias a sus características

suficientes en este tipo de aplicaciones que no requieren mayor despliegue de máquina de procesamiento. (Microchip, 2019)

2.2.2. Control de carga suministrada a la carga

Para el control de potencia que será suministrada a la carga, después de la respuesta del microcontrolador, se implementa el dispositivo de conmutación de potencia conocido como TRIAC Figura 12, este elemento de estado sólido nos permite controlar (conmutar), una fuente AC, con muy poca pérdida por calor y a bajo costo, además de su versatilidad para aplicaciones de potencia.

Figura 12. Esquema de proceso de control de carga.



Elaborado por el Autor.

De esta manera, se diseña un circuito básico, con un sistema de control de potencia, que en conjunto disparan el TRIAC en un instante deseado, a fin de controlar la potencia suministrada a la carga en cuestión.

2.2.3. Control de disparo del TRIAC

Realizando un circuito de cruce por cero directamente de la red eléctrica, se puede tener un estimado muy preciso del tiempo y el momento exacto, del estado

transitorio de una honda seno y así con ayuda de un microcontrolador, podemos tomar estos datos y ejecutar posteriormente una orden para dar paso de corriente a través de un TRIAC, esta orden es ni más, una señal eléctrica que se obtiene de un pin digital del microcontrolador y que se hace circular a través de elemento optoacopladores para hacer de puente entre las señales de baja potencia (Microcontrolador) y la red de alta potencia (TRIAC y carga conectada) y así dar resultado a la conmutación de este último elemento.

2.2.4. Modos de operación del prototipo

Por medio de un button o pulsador, el usuario final es capaz de utilizar uno de los tres modos de operación que serán descritos a continuación:

- a. TRIAC totalmente apagado, este modo se puede tomar como un estado de Sleep del dispositivo.
- b. Control de potencia por puerto Serial, en este modo el usuario puede hacer uso del microcontrolador para variar la potencia entregada a la carga, con una simple conexión de tipo RX y TX.
- c. Control de potencia por medio de un diferencial de potencial, en este modo se hace uso de elementos resistivos, para variar un diferencial de potencia el cual finalmente nos modificara la activación del TRIAC y asi suministrar la potencia a la carga.

2.2.5. Pruebas

Se realizaron pruebas con una carga aproximada de 40 Amperios para esto se utilizó una resistencia de 30 Amperios como observamos en la Figura 13.a junto con 13 bombillos para completar los 40 Amperios Figura 13.b.

De esta manera, observar el comportamiento del PWM entregando su máxima potencia que describe el diseño, así mismo del control por medio de la comunicación serial.



a)

b)

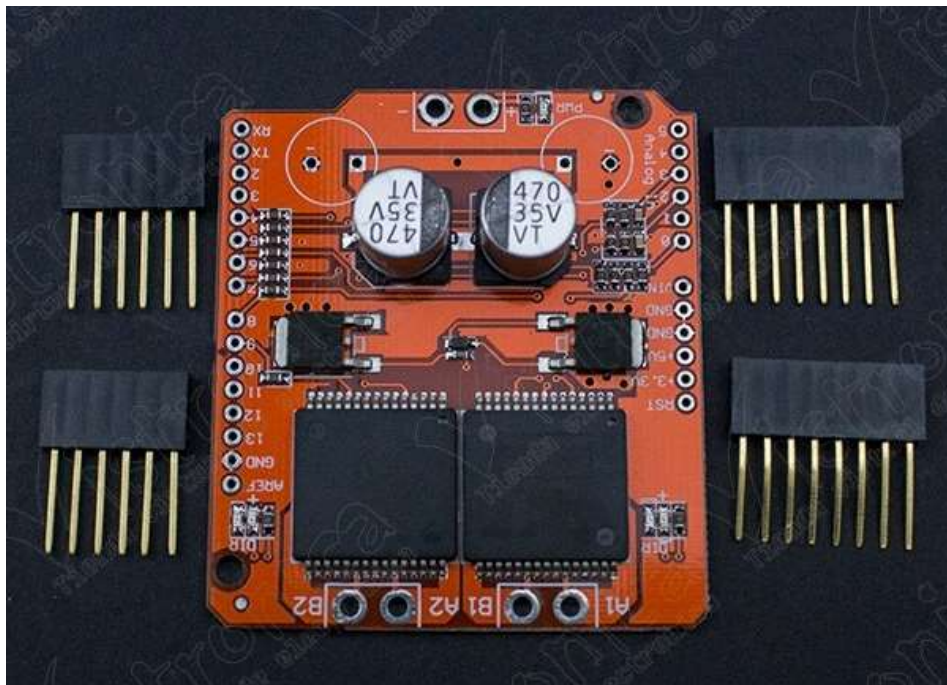
Figura 13. a) Carga térmica de 30 Amperios b) 13 bombillos como carga de 10 Amperios. Elaborada por el Autor

3.APOYO EN LA REALIZACION DE PRUEBAS DECOMPONENTES ELECTRONICOS

3.1. SHIELD VNH2SP30

La tarjeta PWM VNH2SP30 Figura 14, está basada en el chip de control puente H VNH2SP30, práctico para el control de motores DC entre 5-16 VDC y corriente nominal máxima de 14A, con protección a temperaturas de 100°C.

Figura 14 Tarjeta Shield VNH2SP30 compatible con arduino.



Elaborada por Vistrónica SAS.

3.1.1. Características deseadas

- Corriente nominal máxima: 14A
- Voltaje nominal máximo. 16Vdc
- Corriente pico máxima: 30A por 30ms
- Protección contra temperaturas mayores a 100°C

3.1.1.1. Pruebas

En primer lugar se conecta la Shield a una fuente variable de 12 Voltios que alimentara la carga de la tarjeta (dos motoreductores) y con el Arduino se procede a variar el ciclo Duty, para observar los cambios y relaciones con los voltajes de salida, obteniendo los valores de la tabla 1.

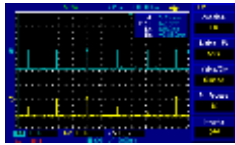
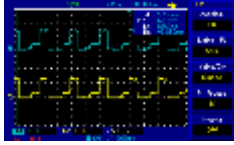
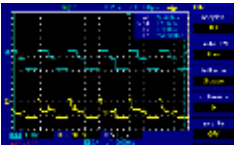

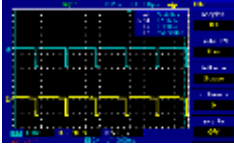
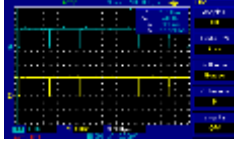






| Voltaje | Duty | Imagen DSO | Voltaje sobre salida 1 (V) | Voltaje sobre salida 2 (V) |
|---------|------|---|----------------------------|----------------------------|
| 12 | 5% |  | 0,25 | 0,8 |
| 12 | 30% |  | 4,2 | 6,7 |
| 12 | 50% |  | 6,56 | 9,11 |
| 12 | 80% |  | 9,4 | 10,8 |
| 12 | 90% |  | 10,50 | 11,11 |
| 12 | 99% |  | 12 | 12 |

Tabla 1. Relación de ciclo Duty y voltaje de salida de la Shield VNH2SP30. Elaborada por el Autor.

Evidenciando los cambios que existe en el voltaje de salida dependiendo el duty, para las dos diferentes cargas en la salida del PWM.

Se procede a controlar el sentido de giro de los motores, en las dos direcciones, la respuesta de la Shield_VNH2SP30 fue bastante buena. De la misma manera cuando ambas salidas alimentan con corriente en diferente dirección. En última instancia, la señal en el osciloscopio se distorsiona un poco, este efecto es debido a voltajes inversos, que no afectan el funcionamiento de la tarjeta, pero si afecta la señal obtenida.

Luego, se procede a registrar los valores de corriente, duty y voltaje sobre la carga aplicando una perturbación. Los datos obtenidos se registran en las tablas 2 y 3. Se evidencia que existe incremento de corriente al perturbar el sistema.

| Voltaje medido sobre motor 1 | Imagen osciloscopio | Corriente consumida por la tarjeta (A) | Rango duty (0-255) | Perturbación |
|------------------------------|---|--|--------------------|--------------|
| 2,6 |  | 0,31 | 50 | Sin frenar |
| 5,78 |  | 0,61 | 100 | Sin frenar |
| 5,7 |  | 0,96 | 100 | frenado |
| 8,97 |  | 0,86 | 150 | Sin frenar |
| 8,75 |  | 2 | 150 | frenado |
| 12,16 |  | 1,12 | 200 | Sin frenar |

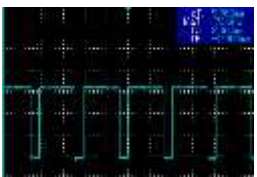
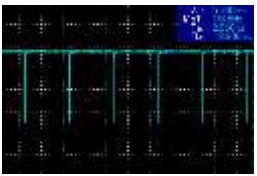

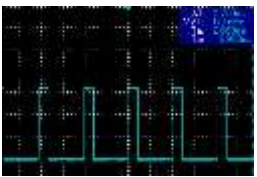

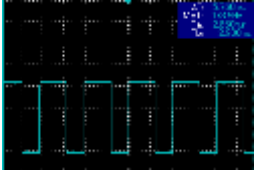

| | | | | |
|-------|---|------|-----|------------|
| 11,7 |  | 3,4 | 200 | frenado |
| 15,35 |  | 1,37 | 250 | Sin frenar |
| 14,7 |  | 5,2 | 250 | frenado |

Tabla 2. Respuesta del comportamiento de la Shield con la perturbación sobre la carga 1. Elaborada por el Autor.

| Voltaje medido sobre motor 1 | Imagen osciloscopio | Corriente consumida por la tarjeta (A) | Rango duty (0-255) | Perturbación |
|-------------------------------------|---|---|---------------------------|---------------------|
| 2,3 |  | 0,29 | 50 | Sin frenar |
| 5,3 |  | 0,55 | 100 | Sin frenar |
| 8,37 |  | 0,71 | 150 | Sin frenar |
| 8,26 |  | 1 | 150 | frenado |

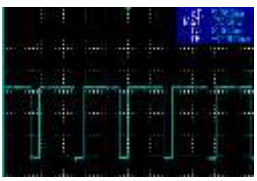
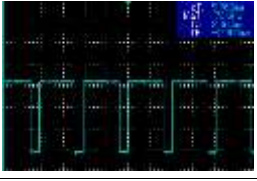


| | | | | |
|-------|---|------|-----|------------|
| 11,34 |  | 0,87 | 200 | Sin frenar |
| 11,18 |  | 1,75 | 200 | frenado |
| 15,42 |  | 1,02 | 250 | Sin frenar |
| 15,20 |  | 2,6 | 250 | frenado |

Tabla 3. Respuesta del comportamiento de la Shield con la perturbación sobre la carga 1. Elaborada por el Autor.

4. APOYO EN EL ÁREA DE DESARROLLO DE TARJETAS ELECTRÓNICAS

En este apartado se evidencia la tarjeta a las cuales se le diseñaron pruebas para observar su comportamiento frente a lo que se registra en sus características. De igual manera, se expresa las competencias necesarias para iniciar un proceso de desarrollo electrónico, y finalmente la exposición de las tarjetas desarrolladas.

4.1. Desarrollo de pruebas para determinar características de las diferentes tarjetas

Una parte fundamental dentro del desarrollo de tarjetas electrónicas, es estudiar su comportamiento en condiciones límites, para asegurar que sus componentes sensibles que lo integran, estén en un óptimo funcionamiento. (Cidei, 2019)

Una vez ya desarrollada las tarjetas, el objetivo es realizar diferentes pruebas a fin de llevar la tarjeta electrónica al borde de su capacidad y que de este estudio, obtener una serie de características de cada tarjeta, las cuales nos permite tener una evidencia real del comportamiento, y más importante, los parámetros límites y problemas que pueda presentar.

4.2. Apoyo en el desarrollo de posible soluciones

Una de las características del área de desarrollo de Vistrónica S.A.S, es la búsqueda de soluciones por medio de la participación de todo el equipo de trabajo, en otras palabras, los ingenieros en área de desarrollo, proponen soluciones a un problema planteado y por medio de votación o por medio de pruebas, se elige cual solución se adapta mejor a el problema plateado.

4.3. Diseño de códigos para las tarjetas utilizando el IDE de Arduino

Una parte importante de las tarjetas desarrolladas por Vistrónica S.A.S, que poseen algún tipo de control digital, ya sea utilizando un microcontrolador incorporado en la tarjeta o de forma externa, es la ejecución de instrucciones por medio de un código, a fin de facilitar la manipulación de las diferentes tarjetas, se diseñan códigos en el

entorno de desarrollo de Arduino, para que cualquier persona pueda descargarlo de un repositorio de la empresa y guiado por algunas instrucciones, pueda utilizar la tarjeta electrónica en su totalidad.

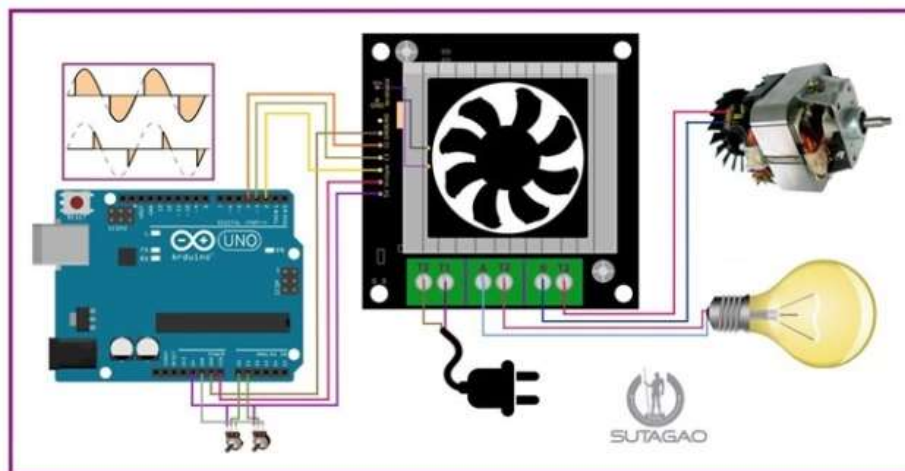
4.4. Tarjetas desarrolladas

La línea Sutagao de vistrónica apunta a la innovación con la creación de módulos y tarjetas que lleven su nombre y sean de múltiples aplicaciones en la industria a bajo costo.

4.4.1. PWM sincronizado con la red de uno, dos y cuatro canales sin controlador incorporado

A fin de exponer al mercado novedosos productos, se diseñó un módulo de potencia basado en PWM (ver esquemáticos en la parte de Anexos), con la particularidad de que el suministro de potencia de cada canal es independiente, esto significa que si por un canal estoy suministrando 400 Watts, por el otro puedo estar suministrando 500Watts sin ningún problema. Dentro de los parámetros de operación del módulo se cuenta con una frecuencia de 50 o 60Hz y de igual manera, voltajes de 120 y 240 VAC, cabe mencionar que la tarjeta debe ser controlada por una placa de desarrollo Arduino o en su defecto un microcontrolador externo ver Figura 15

Figura 15. Diseño tarjetas PWM 1,2 y 4 canales.



Elaborado por Vistrónica SAS.

4.4.1.1. Características

- Corriente nominal 8A a 120Vac
- Corriente nominal 5A a 240Vac
- Compatible con frecuencias de 50 y 60 HZ
- Corriente pico máxima 20A por 20ms

- e. Control total de la cantidad de energía entregada por canal a la carga
- f. Red snull sigler
- g. Temperatura máxima 130°C
- h. Código IDE de Arduino para controlar la tarjeta

4.4.1.2. Pruebas de las diferentes tarjetas PWM

Se definen las siguientes pruebas de acuerdo con los parámetros que se establecen en primera instancia por el director del area de desarrollo.

- a. Para la tarjeta PWM de un canal, se realizan dos escenario de pruebas, en primer lugar se coloca una carga resistiva y otra inductiva de 1200W con un ciclo duty 90% y a su vez, se toman lecturas de temperatura y estabilidad de potencia; en segundo lugar con el mismo escenario, se varia el ciclo duty desde 0 hasta 100% y de igual manera se toma los datos de temperatura y estabilidad de potencia.
- b. Para la tarjeta PWM de dos canales, se realizan dos escenario de pruebas, se coloca una carga de 960W por cada canal, para un total de 1920W con un ciclo duty 90% y a su vez, se toman lecturas de temperatura y estabilidad de potencia; en segundo lugar con el mismo escenario, se varia el ciclo duty desde 0 hasta 100% y de igual manera se toma los datos de temperatura y estabilidad de potencia.
- c. Para la tarjeta PWM de cuatro canales, se tienen tres modos, en primer lugar se coloca cuatro tipo de cargas, dos resistivas y dos inductivas, cada una consumiendo una potencia de 720W, para un total de 2880W, esta prueba se realiza durante 1 hora con un ciclo duty de 90% y tomar lectura de datos de temperatura y estabilidad de potencia; en segundo lugar con el mismo escenario, se varia el ciclo duty desde 0 hasta 100% y de igual manera se toma los datos de temperatura y estabilidad de potencia; por último, se suministran potencias diferentes a cada carga y se toman los mismo datos.

4.4.1.3. Resultados de las diferentes tarjetas PWM

- a. Para la primer prueba se realizó el montaje de un circuito que consta de 8 bombillos en paralelo de 150w cada uno (Figura 16.a), cada bombillo consume una corriente de 1.25A a 120VAC, y finalmente se conectan a la salida del PWM de un canal, obteniendo los datos de la tabla 1

Figura 16. Cargas conectadas al PWM de 1 canal a) carga resistiva b) carga inductiva



Elaborada por el Autor.

| Carga | Voltaje (V) | Corriente (A) | Temperatura (°C) |
|-----------|-------------|---------------|------------------|
| Resistiva | 120 | 9.1 | 67.6 |
| Inductiva | 120 | 8.1 | 41.6 |
| Resistiva | 220 | 4.6 | 35.6 |
| Inductiva | 220 | 5.4 | 35.6 |

Tabla 4. Valores obtenidos de las pruebas para PWM 1 canal. Elaborada por el Autor.

- b. Del mismo modo, para la carga inductiva se colocó un motor de 1.5HP teniendo un consumo de 1100W Figura 16.b, como se observa en la tabla 4. Evidenciando los cambios que existe en temperatura y corriente respecto al voltaje suministrado siendo más alto para 120V.
- c. Luego se tomaron los datos variando la potencia entregada a la carga tanto inductiva como resistiva, obteniendo los siguientes datos:

| Ciclo Duty (%) | Corriente(A) | Imagen DSO |
|----------------|--------------|------------|
| 50 | 4.8 | |

| | | |
|----|-----|--|
| 99 | 9.1 |  |
|----|-----|--|

Tabla 5. Valores obtenidos con la variación de ciclo Duty 50% y 99%. Elaborada por el Autor.

- d. Por otra parte, para el PWM de dos canales, se realizó un montaje de dos circuitos resistivos en paralelo para cada canal, cada uno con 5 bombillos de 150W y 2 de 100W, para un total de 950W (Figura 17.a), obteniendo los siguientes valores de temperatura y estabilidad de la tabla 5.

Figura 17. Diferentes cargas para el PWM 2 canales a) carga resistiva b) carga inductiva



Elaborado por el Autor.

- e. Ahora, para cargas inductivas se emplearon dos motores 1.2HP, conectados a cada salida Figura 17.b, y con la red de Snull Sigler, se controla la potencia suministrada, obteniendo los datos de la tabla 6.

| Carga | Voltaje (V) | Corriente (A) | Temperatura (°C) |
|-----------|-------------|---------------|------------------|
| Resistiva | 120 | 13.4 | 67.6 |
| Inductiva | 120 | 11 | 46.6 |

Tabla 6. Valores obtenidos en las diferentes cargas con el PWM de 2 canales. Elaborada por el Autor.

- f. Por último, para el PWM de 4 canales, se diseñan dos circuitos resistivos y dos inductivos, cada circuito resistivo cuenta de 5 bombillos de 150W para un total de 750W tabla 4, y cada circuito inductivo con un motor de 1HP, obteniendo los datos de la tabla 7.

| Cargas | Canal | Corriente (A) |
|-----------------------|--------------|----------------------|
| Resistiva por canal 1 | 1 | 4,5 |
| Inductiva por canal 2 | 2 | 4,6 |
| Resistiva por canal 3 | 3 | 4,5 |
| Inductiva por canal 4 | 4 | 4,6 |

Tabla 7. Tipos de cargas para el PWM de 4 canales. Elaborado por el Autor.

- g. Luego se procede a variar la potencia suministrada a todos los canales por igual.
- h. Y finalmente, variando la potencia suministrada a cada canal de manera diferente.

4.4.2. Relé remoto de 2 canales

La tarjeta como observamos en la Figura 18 (ver Esquemático en la parte de anexos) tiene como finalidad el control para conmutar en estado On-Off a larga distancia mediante RF, operando tanto para cargas AC como DC, esta tarjeta cuenta con dos canales de operación, para cargar el Bootloader a la placa, basta con conectar los pines de comunicación SPI de una placa Arduino como se observa en la Figura 19.

Figura 18. Diferentes cargas para el PWM 2 canales a) carga resistiva b) carga inductiva

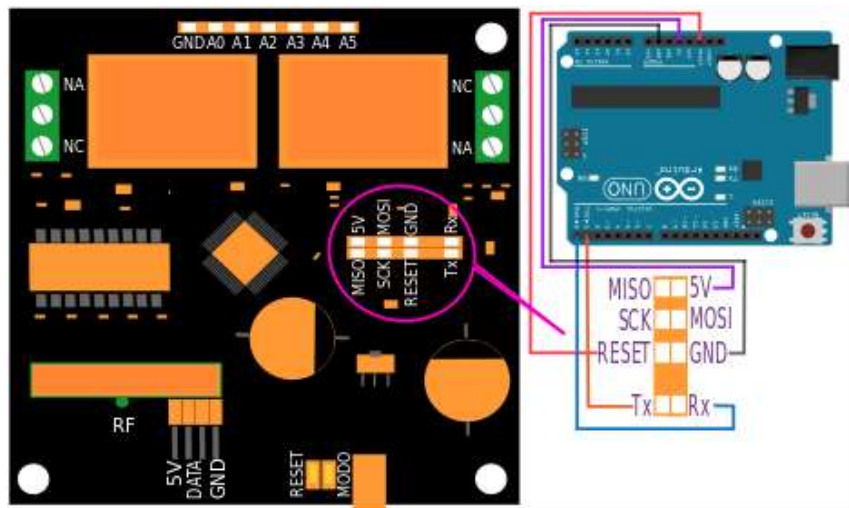


Elaborada por Vistrónica SAS.

4.4.2.1. Características

- a. Corriente nominal máxima AC: 14A, 120VAC
- b. Corriente nominal máxima DC: 7A , 20VDC
- c. Distancia máxima de conmutación utilizando control remoto RF: 50 metros
- d. Microcontrolador ATMEGA

Figura 19. Conexión de la tarjeta Relé con la placa de desarrollo Arduino Uno por medio del canal de comunicaciones SPI.

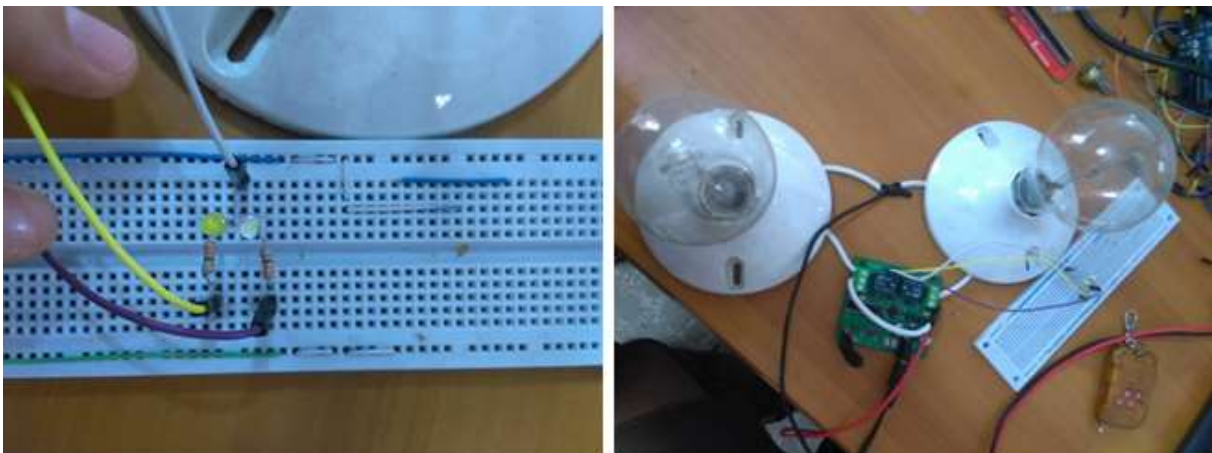


Elaborada por Vistrónica S.A.S

4.4.2.2. Pruebas

Se realizaron tres diferentes pruebas, en la primera se realiza la conmutación en estado OFF por medio del control RF de una carga resistiva (bombillos) como se aprecia en la Figura 20.a observamos el estado del Relé mediante diodos LED y en la Figura 20.b observamos el estado de la carga del Relé.

Figura 20. a) Estado de conmutación OFF del Relé b) Estado de la carga de los Relé



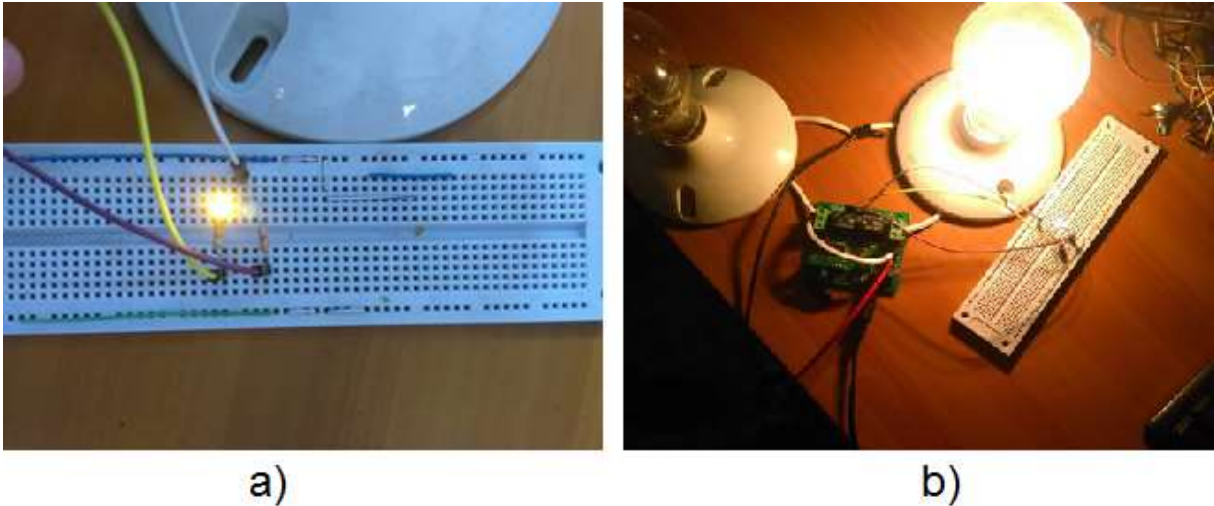
a)

b)

Elaborada por el Autor.

Ahora, se realiza la conmutación de un solo Relé en estado ON (Figura 21)

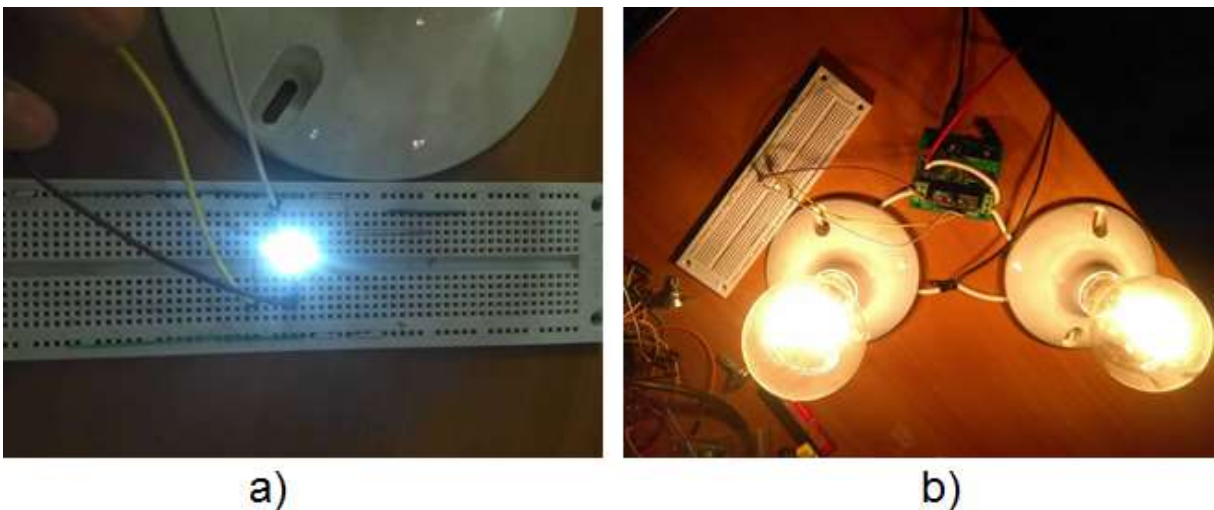
Figura 21. a) Estado de conmutación ON de un Relé b) Estado de la carga de los Relé.



Elaborada por el Autor.

En tercer lugar, se realiza la conmutación ON de los dos Relé a la vez (Figura 22).

Figura 22. a) Estado de conmutación ON del Relé b) Estado de la carga de los Relé.



Elaborada por el Autor.

Ahora por último, se debe asegurar que los relé soporten cargas cercana a los factores limite, para esto se implementa una carga de 15 Amperios (Figura 24) durante un periodo de 15 minutos, con esto se asegura que el funcionamiento del

Relé es el adecuado, sin embargo solo se aprecia un leve incremento en la temperatura de los mismos.

Figura 23. Carga de 15 Amperios para la conmutación de los Relé.

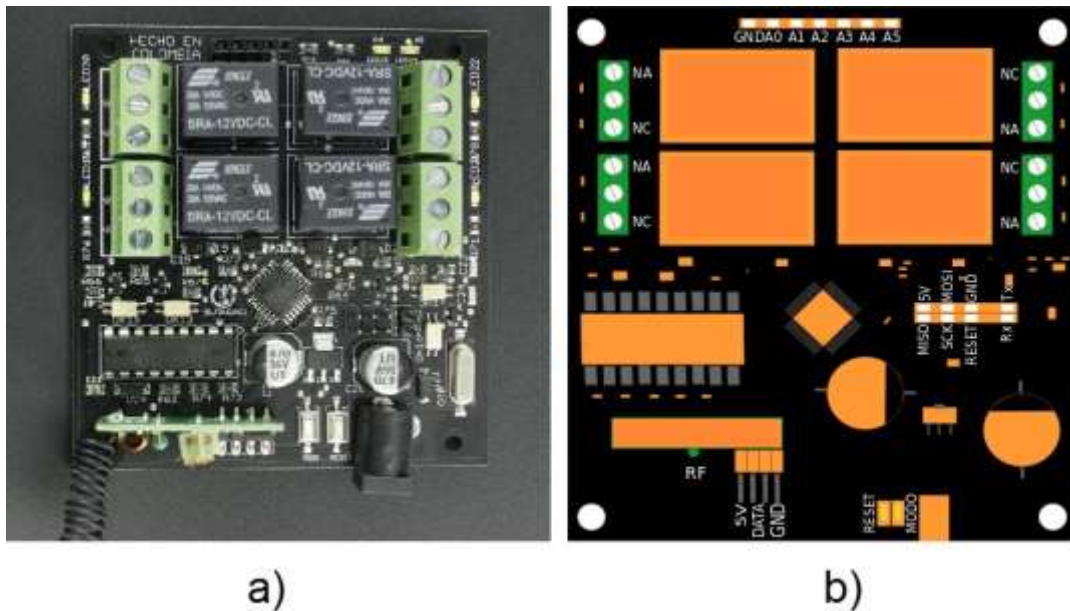


Elaborada por el Autor.

4.4.3. Relé remoto de 4 canales

Al igual que el Relé remoto de 2 canales, se tiene un control remoto RF que por instrucción y dependiendo la programación del microcontrolador de la placa, se activara los Relé remotamente, para este caso se cuenta con 4 relé como observamos en la Figura 24. (Ver Esquemático en la parte de Anexos)

Figura 24. a) Tarjeta final Relé remoto de 4 canales b) diseño en Software Eagle del Relé 4 canales.



Elaborada por el Autor.

4.4.3.1. Características

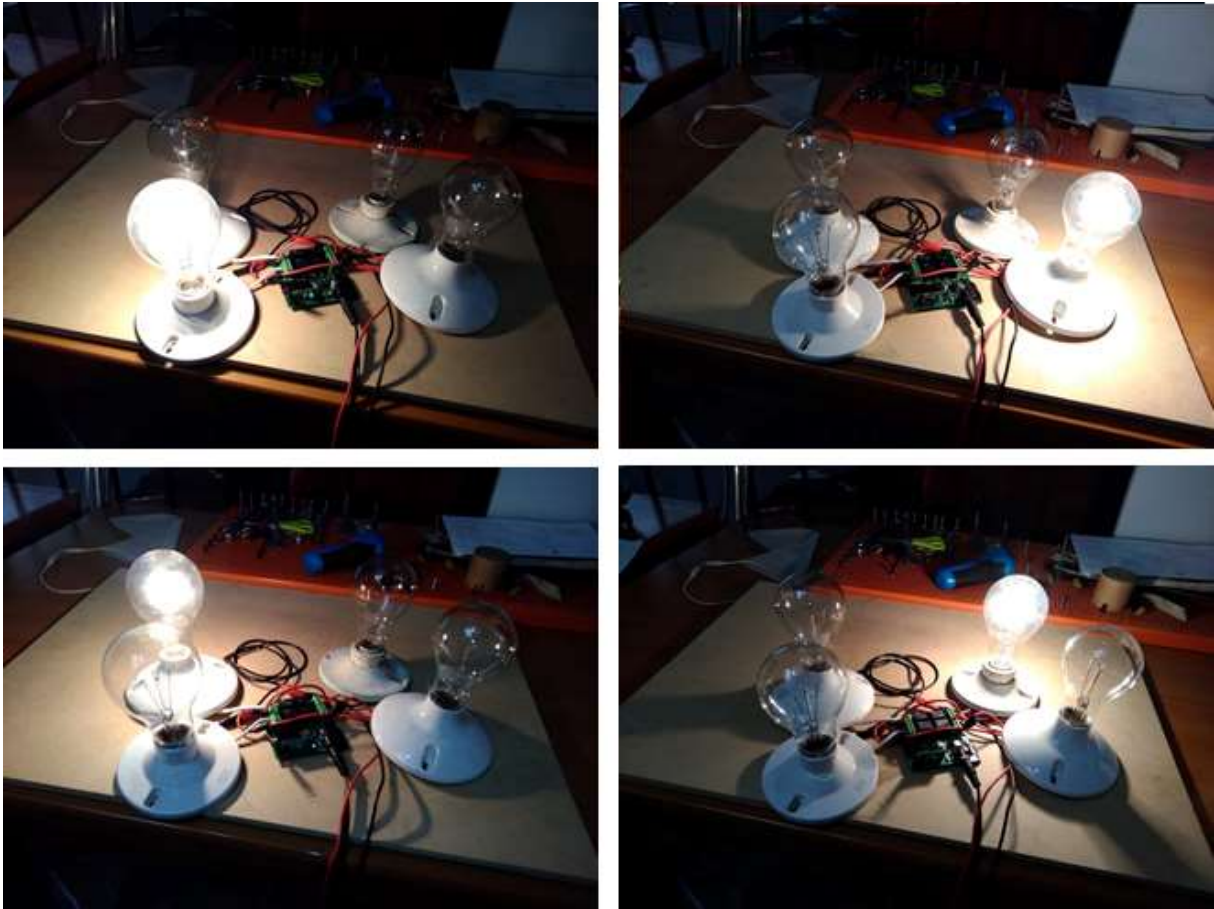
- Voltaje de entrada tarjeta: 12V DC
- Voltaje de entrada relevos: 125V AC / 14V DC
- Corriente de salida máx. por relé: 20A
- Cuatro modos de operación (estos modos se pueden modificar re-programando el microprocesador).
- Receptor de radio frecuencia 315MHz.

4.4.3.2. Pruebas

La tarjeta desarrollada cuenta con 4 modos de operación de acuerdo con la programación por defecto que cuenta el microcontrolador, sin embargo es posible realizar cambios, re programando el dispositivo como observamos en el apartado

anterior, en la Figura 25 observamos los cuatro modos de funcionamiento del dispositivo, se puede apreciar que por cada modo se conmuta en estado ON un Relé a la vez.

Figura 25. Modos por defecto de la tarjeta Relé de 4 canales, se observa la conmutación por cada Relé.

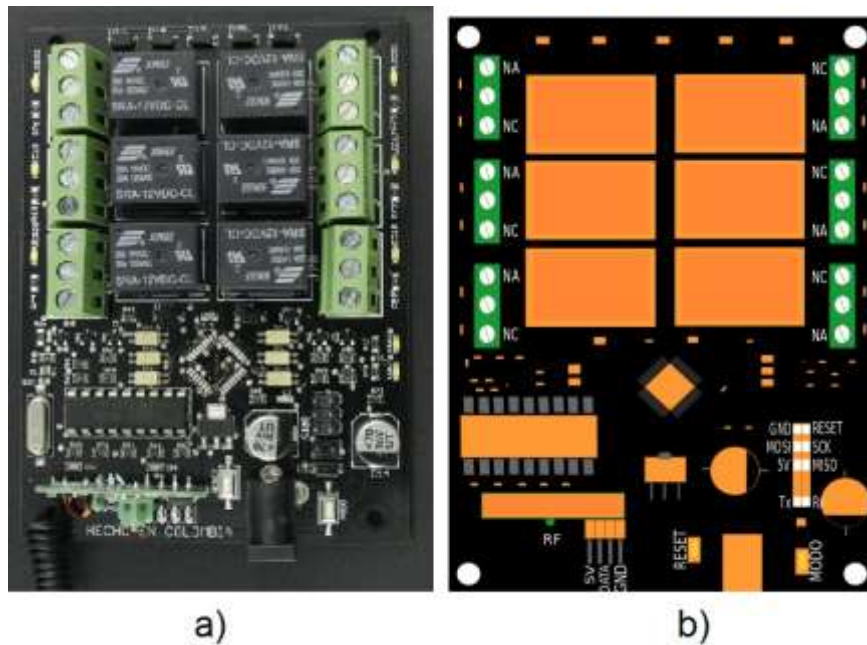


Elaborada por el autor.

4.4.4. Relé remoto de 6 y 12 canales

Al igual que los dos apartados anteriores, se diseña una tarjeta de conmutación Relé con 6 y 12 canales como se aprecian en las Figura 26 y 27, se tienen un control remoto RF que por instrucción y dependiendo la programación del microcontrolador de la placa, se activara los Relé remotamente. (ver esquemático en la parte de anexos)

Figura 26. a) Tarjeta final Relé remoto de 6 canales b) diseño en Software Eagle del Relé 6 canales.



Elaborada por el Autor.

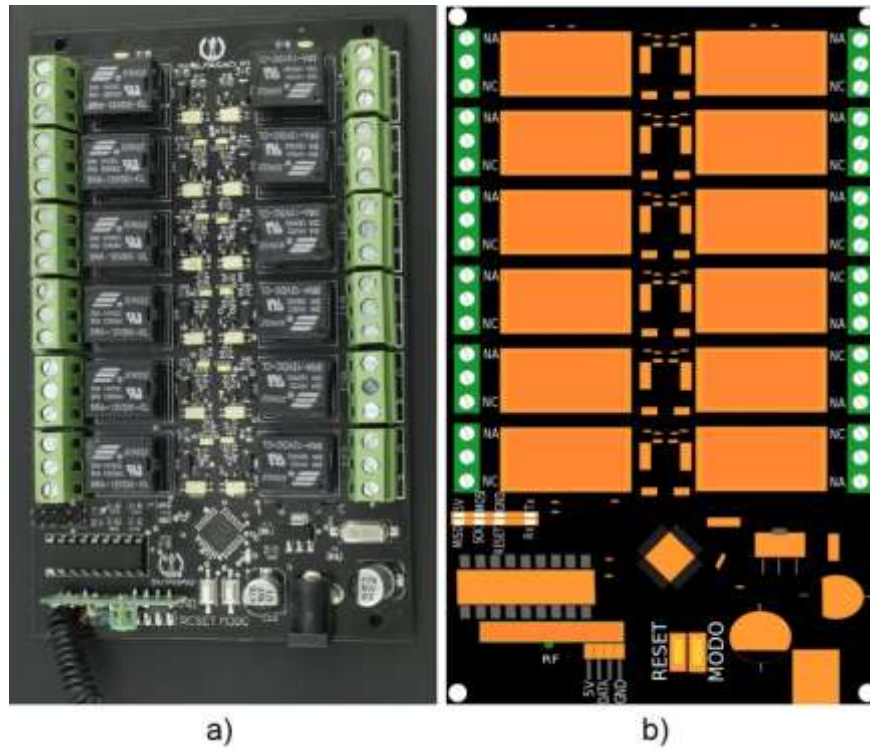
4.4.4.1. Características

- Voltaje de entrada tarjeta: 12V DC
- Voltaje de entrada relevos: 125V AC / 14V DC
- Corriente de salida máx. por relé: 20A
- Cuatro modos de operación (estos modos se pueden modificar re-programando el microprocesador).
- Receptor de radio frecuencia 315MHz.

4.4.4.2. Pruebas

Para esta tarjeta se realizan las mismas pruebas que las de dos y cuatro canales, existen doce modos, cada uno para encender o conmutar cada Relé, y de igual manera se le aplica cargas límite para confirmar la correcta conmutación de los Relé.

Figura 27. a) Tarjeta final Relé remoto de 12 canales b) diseño en Software Eagle del Relé 12 canales.

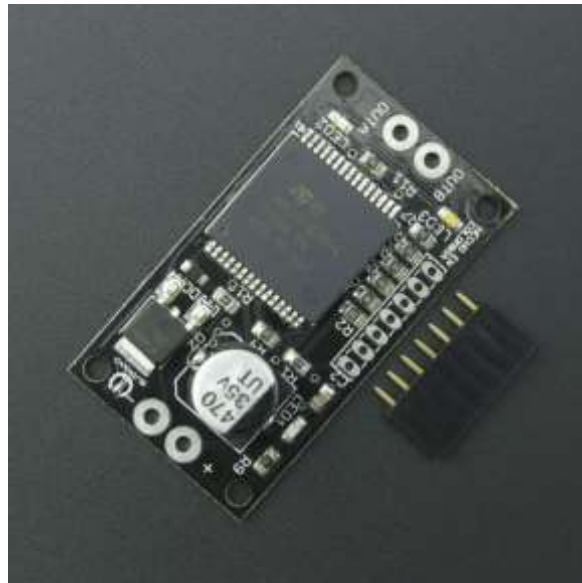


Elaborada por el Autor.

4.4.5. Puente H VNH2SP30

Este Driver para motores DC Figura 28, es una tarjeta desarrollada implementando el CI VNH2SP30 (Ver esquemático en la parte de Anexos) funciona como variador de velocidad en motores universales, capaz de entregar picos de 30A y trabajar con una corriente nominal 9A, el modulo cuenta con cambio de dirección de corriente dependiendo de la entrada digital de los pines INA Y INB, el driver se puede activar o desactivar con el pin EN y la variación de velocidad se realiza por medio del ciclo útil en el pin PWM, adicionalmente cuenta con protección de apagado térmico, y protección por apagado de subtensión y sobretensión. (VistronicaSAS, 2018)

Figura 28. Tarjeta desarrollada puente H VNH2SP30.



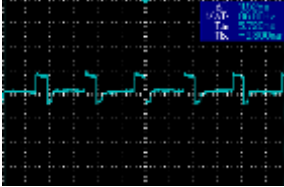
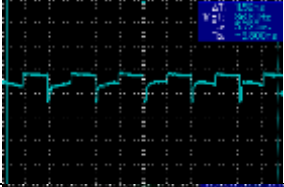
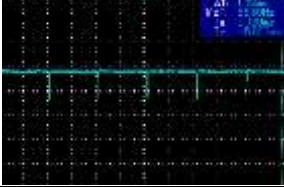

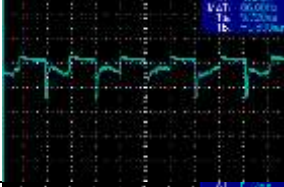
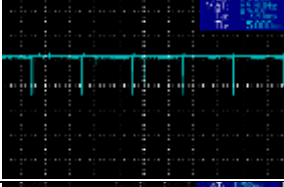

Elaborada por Vistronica SAS.

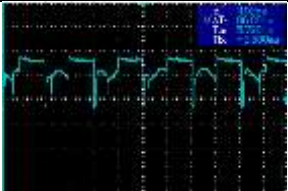
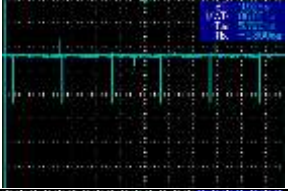

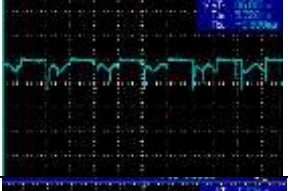
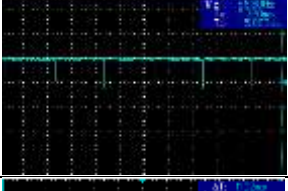
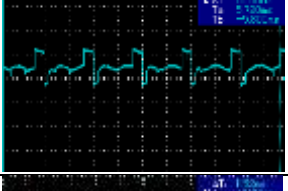
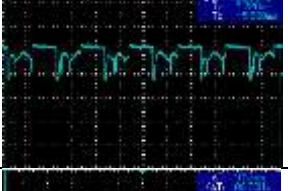

4.4.5.1. Características

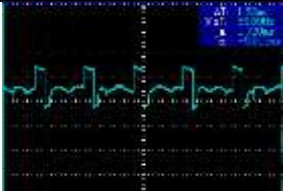

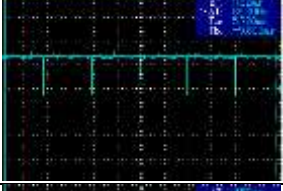
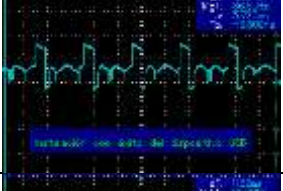
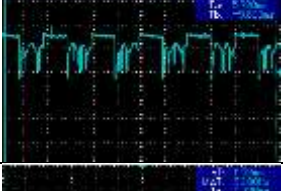
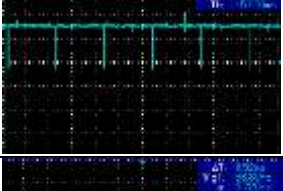
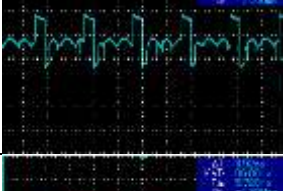

- a. Voltaje de entrada potencia: 5.5V--16V DC
- b. Voltaje de entrada digital: 3.6V--5.5V
- c. Voltaje de salida: 5.5V--16V DC
- d. Corriente de entrada: 30A
- e. Corriente de salida MAX: 30A
- f. Corriente continua: 9A
- g. Frecuencia operación: 0--10 KHz
- h. Compatible con Arduino, Raspberry y micro controladores en general.

4.4.5.2. Pruebas

Mediante una fuente variable y la utilización de un motorreductor se procede a ver el funcionamiento del driver variando tanto voltaje como el duty, para observar el cambio de voltaje sobre la carga, obteniendo los datos de la siguiente tabla.

| Voltaje (V) | duty | Imagen DSO | Voltaje sobre la carga (V) |
|-------------|------|--|----------------------------|
| 5 | 20% |  | 1.55 |
| 5 | 50% |  | 3.46 |
| 5 | 98% |  | 4.6 |
| 7 | 20% |  | 2.77 |
| 7 | 50% |  | 5.26 |
| 7 | 98% |  | 6.6 |
| 9 | 20% |  | 3.84 |

| | | | |
|----|-----|--|-------|
| 9 | 50% |  | 6.91 |
| 9 | 98% |  | 8.6 |
| 11 | 20% |  | 5.14 |
| 11 | 50% |  | 8.63 |
| 11 | 98% |  | 10.5 |
| 13 | 20% |  | 6.38 |
| 13 | 50% |  | 10.24 |
| 13 | 98% |  | 12.49 |

| | | | |
|----|-----|--|-------|
| 15 | 20% |  | 7.9 |
| 15 | 50% |  | 11.79 |
| 15 | 98% |  | 14.49 |
| 17 | 20% |  | 8.83 |
| 17 | 50% |  | 13.61 |
| 17 | 98% |  | 16.8 |
| 19 | 20% |  | 10.48 |
| 19 | 50% |  | 15.12 |

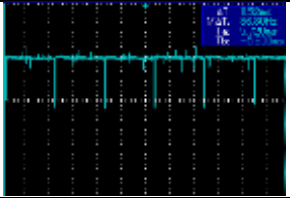
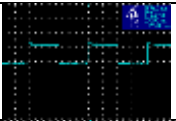

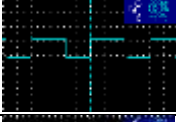
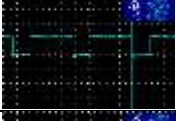

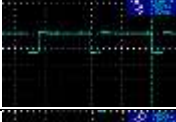
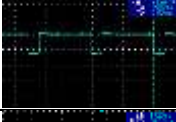
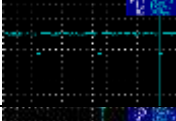

| | | | |
|----|-----|--|-------|
| 19 | 98% |  | 18.49 |
|----|-----|--|-------|

Tabla 8. Datos obtenidos de la variación de voltaje de alimentación de carga y ciclo Duty. Elaborada por el Autor.

Ahora, se toma el registro de corriente, rango Duty, perturbación, y tiempo de activación para una carga inductiva, donde obtenemos los siguientes datos.

| Voltaje medido sobre la carga (V) | Imagen osciloscopio | Corriente sobre la carga (A) | Rango duty (0 – 255) | Perturbación | Tiempo activo periodo 2.04 ms |
|-----------------------------------|---|------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------|
| 5 |  | 4.23 | 130 | Sin frenar motores | 1.040ms |
| 5.95 |  | 4.42 | 150 | Sin frenar motores | 1.200ms |
| 5.7 |  | 5.8 | 150 | Frenado el motor | 1.200ms |
| 7.4 |  | 4.4 | 180 | Sin frenar motores | 1.400ms |
| 6.8 |  | 8 | 180 | Frenado el motor | 1.400ms |
| 8.9 |  | 4.4 | 210 | Sin frenar motores | 1.680ms |
| 8.09 |  | 8.1 | 210 | Frenado el motor | 1.680ms |
| 10.4 |  | 4.55 | 240 | Sin frenar motores | 1.920ms |
| 9.24 |  | 9.55 | 240 | Frenado el motor | 1.920ms |

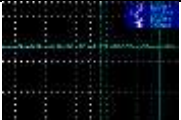
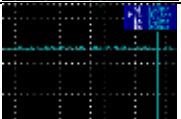
| | | | | | |
|------|---|------|-----|--------------------|------|
| 11.1 |  | 4.44 | 255 | Sin frenar motores | null |
| 9.7 |  | 10.5 | 255 | Frenado el motor | null |

Tabla 9. Datos obtenidos de la variación de voltaje de alimentación de carga y ciclo Duty para una carga inductiva. Elaborada por el Autor.

Por último, se realizan pruebas de tiempo de encendido con cargas inductivas que demandan alto amperaje, para este caso utilizamos una de 6 y 8 amperios, registrando los siguientes datos.

| Carga inductiva | Voltaje sobre la carga | Duty(0-255) | corriente |
|-----------------|------------------------|-------------|-----------|
| 6 amperios | 5.79 | 150 | 6 |
| 8 amperios | 6.64 | 180 | 8.45 |

Tabla 10. Registro de datos con cargas inductivas de alto amperaje. Elaborada por el Autor.

5.CONCLUSIONES

Una parte inevitable en el momento de desarrollar hardware, son los errores que surgen a lo largo del proyecto, estos errores se deben priorizar y se deben solucionar, coincidiendo que, en muchos casos el éxito de un proyecto es dado por la velocidad de resolución de un problema. Durante el desarrollo de la pasantía cada proyecto realizado presento en promedio diez errores, siendo más críticos en las primeras etapas del desarrollo, como lo son el diseño preliminar y montaje en protoboard. Sin embargo, existen herramientas que ayudan en la gestión de un proyecto y mitigación de errores, de esta manera, queda claro que con GIT LAB se puede versionar los proyectos, documentar y llevar un registro de su avance, sin dejar de lado la priorización de errores. Es así como esta herramienta es utilizada en la industria que se dedica al desarrollo de software y hardware

La manera de construcción de circuitos integrados en las dos potencias que lideran tal fin (China y Estados Unidos) es similar, la diferencia se encuentra en la calidad y pureza de los materiales utilizados, por tal razón China fabrica circuitos integrados con costos relativamente bajos. Si bien los circuitos integrados Chinos son económicos, durante las pruebas de calidad de materiales dentro del área de desarrollo, se evidencio que los circuitos integrados fabricados en China representan baja calidad, exponiendo a fallas los circuitos que posteriormente se estén desarrollando.

En el ámbito del desarrollo de hardware, se requiere una gran inversión inicial, esta para todo lo que abarca el escenario investigativo hasta obtener un prototipo que posiblemente se lance al mercado, sin embargo el retorno de dinero es a largo plazo.

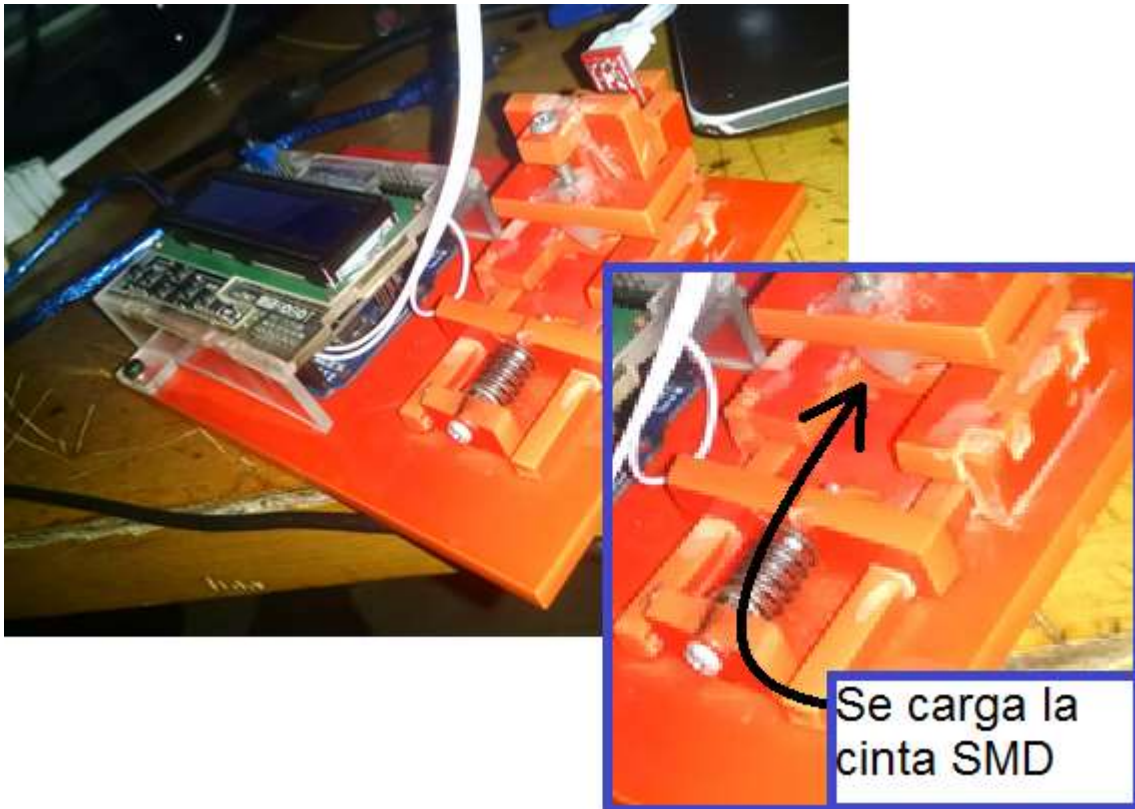
Finalmente, como desarrollador de hardware, se requiere tener una mente abierta, dispuesta a escuchar, en muchas ocasiones la solución de un problema la tiene un compañero o existen soluciones mejores que la propia, con esto e integrando conocimiento se logra conseguir el éxito de un proyecto.

Apéndice 1: Manual de usuario del prototipo de conteo de componentes SMD

Este manual describe el funcionamiento y las funciones que se puede ejecutar con el prototipo para el conteo de componentes SMD.

A.1.1. Estructura y carga de componentes SMD

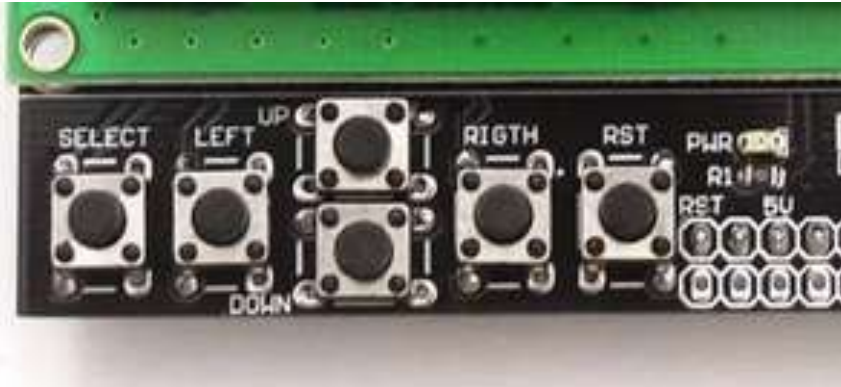
En la siguiente Figura observamos la estructura del prototipo y la parte exacta donde se posicionara la cinta para luego deslizarla y realizar el conteo.



A.1.3. Botones de selección

El prototipo cuenta con una serie de botones que nos ayudaran a seleccionar el menú y lo que queramos realizar.

Nota. Algunos pulsadores no ejecutan ninguna función en el prototipo.



A.1.2. Menú de selección para las funciones del prototipo

Al encender el dispositivo, apreciamos dos opciones:



1. **PRODUCTOS:** Esta opción nos permite seleccionar el producto al cual queremos realizar el conteo como observamos en la siguiente figura.

Nota. Recordar que cada componente se diferencia con el número de huecos en su cinta, para cargar otro componente que no esté dentro de la programación se debe agregar al código compilado en el microcontrolador.

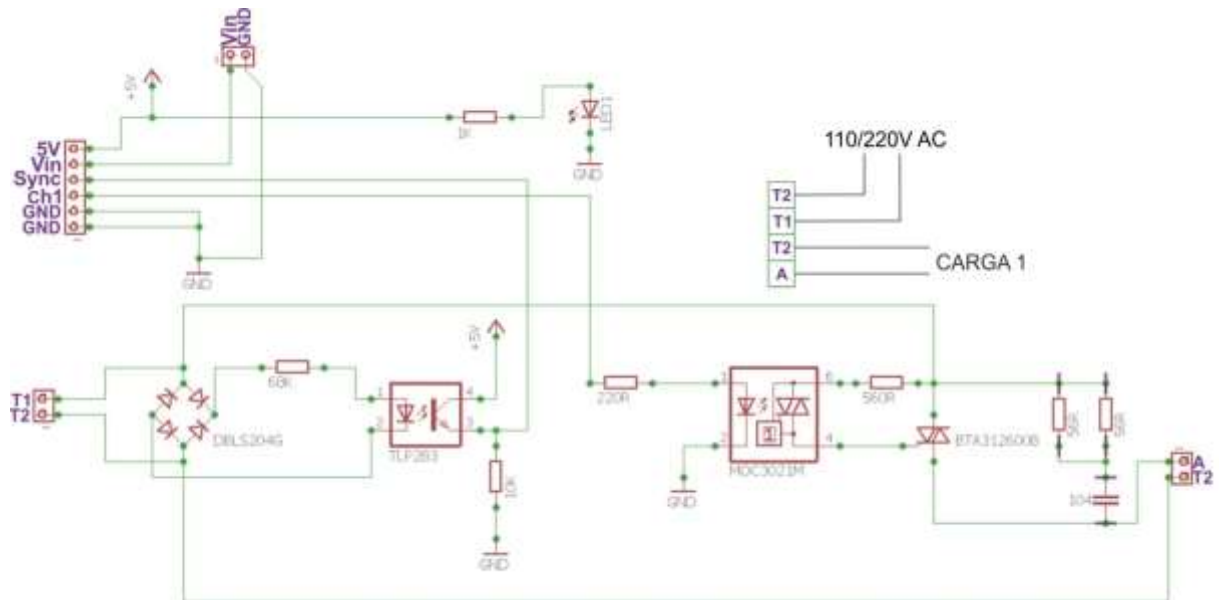


2. **INICIAR CONTEO:** Esta opción nos permite una vez seleccionado el componente, iniciar con la cuenta como observamos en la siguiente Figura.

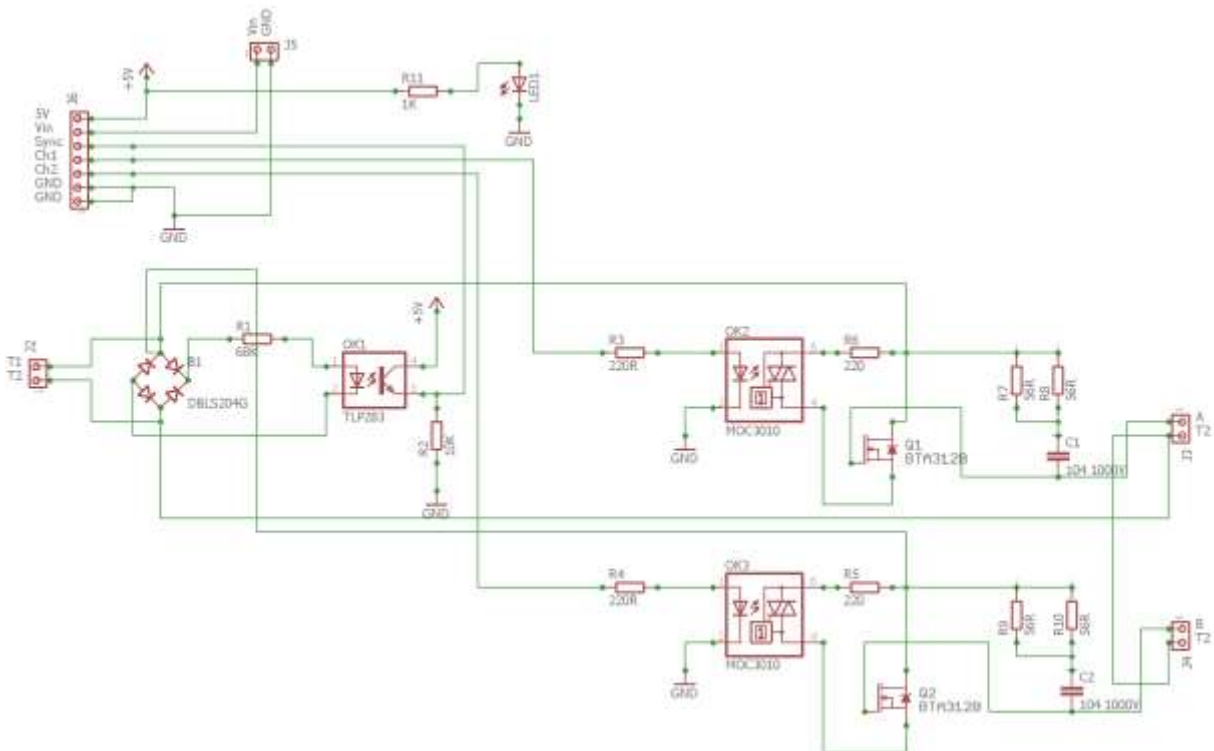
Nota. Si oprimimos el botón Right reiniciaremos la cuenta.



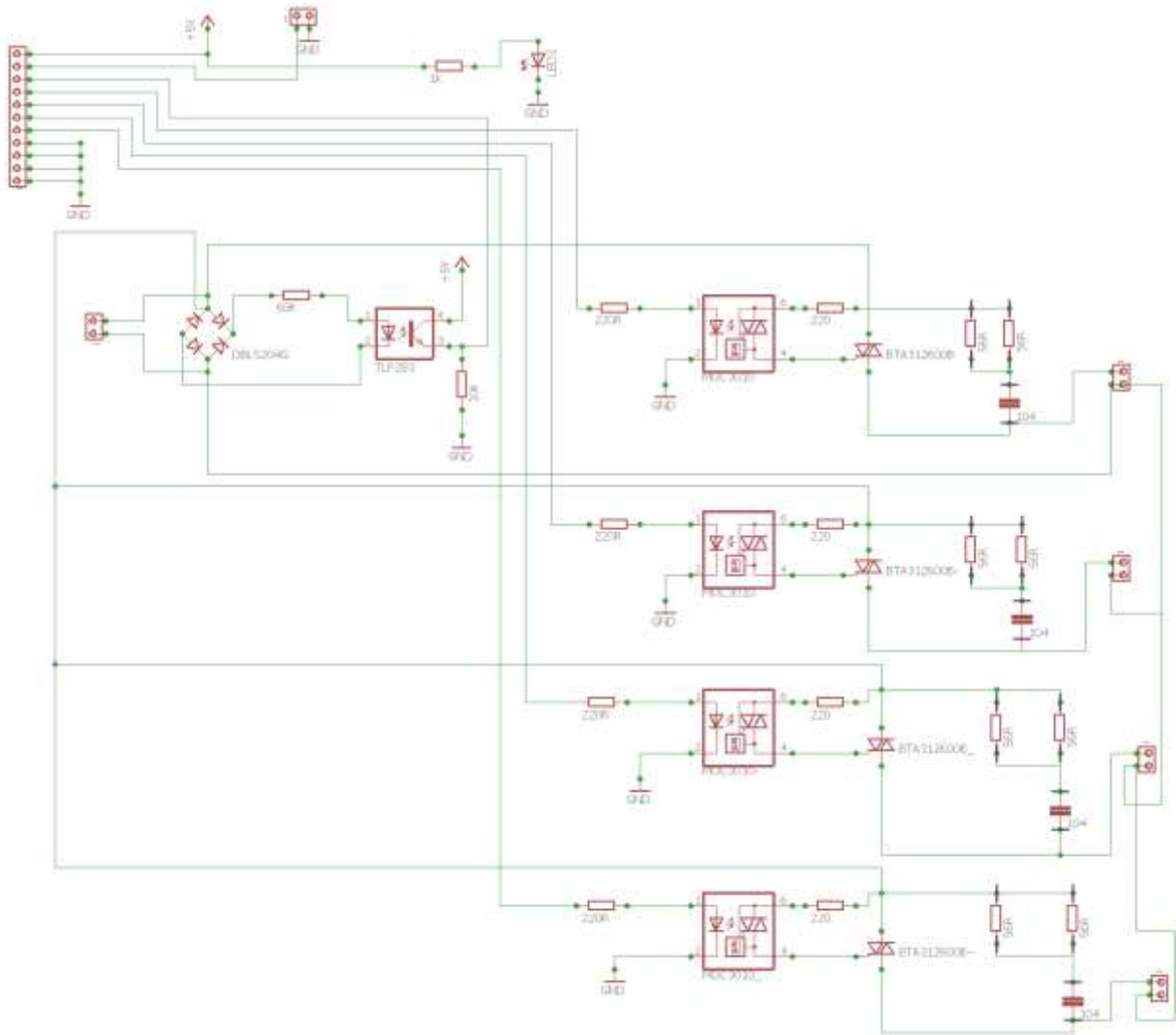
6. ANEXOS



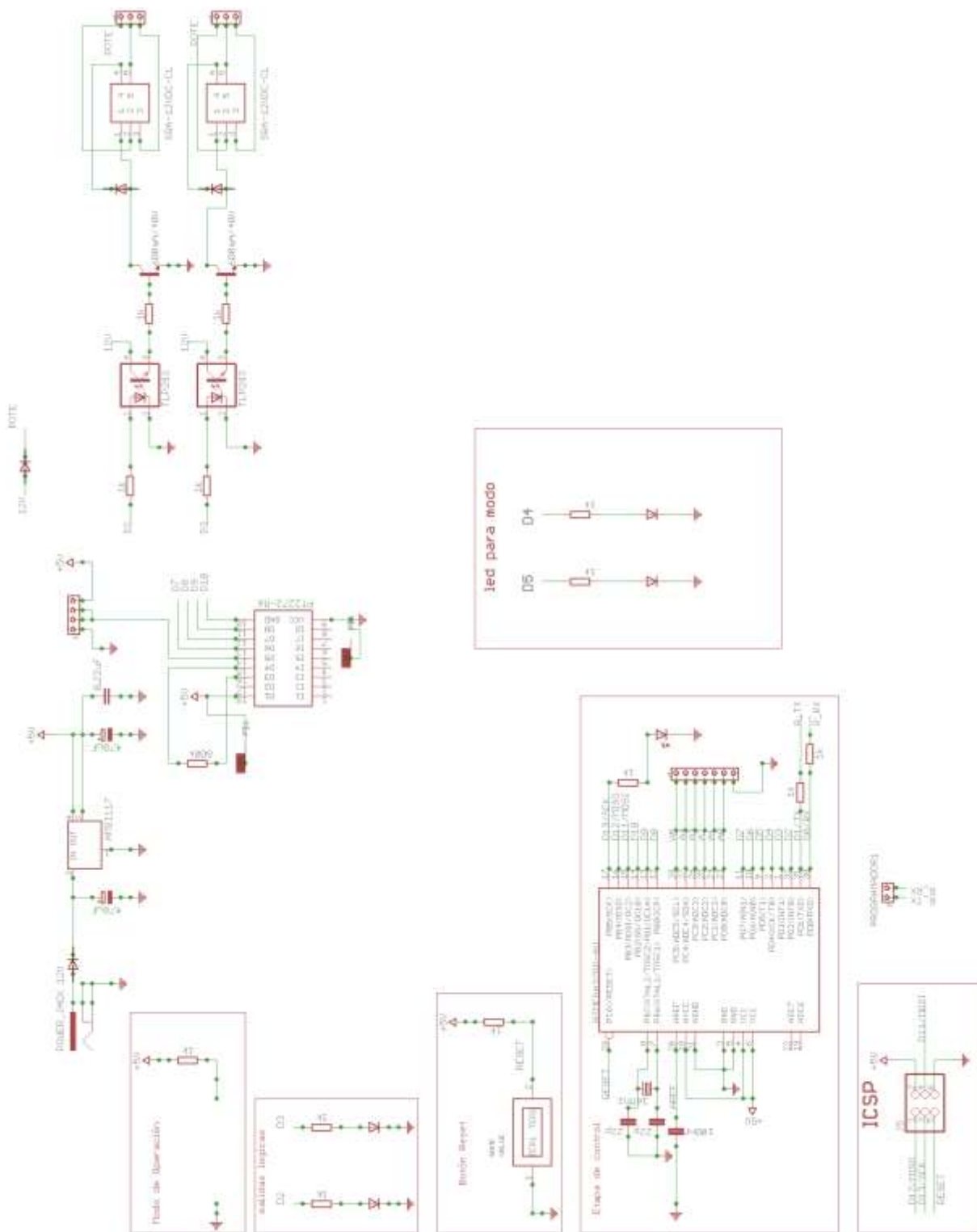
Anexo 1. Esquemático diseñado en Eagle para la parte de potencia del PWM de un canal. Elaborada por el Autor.



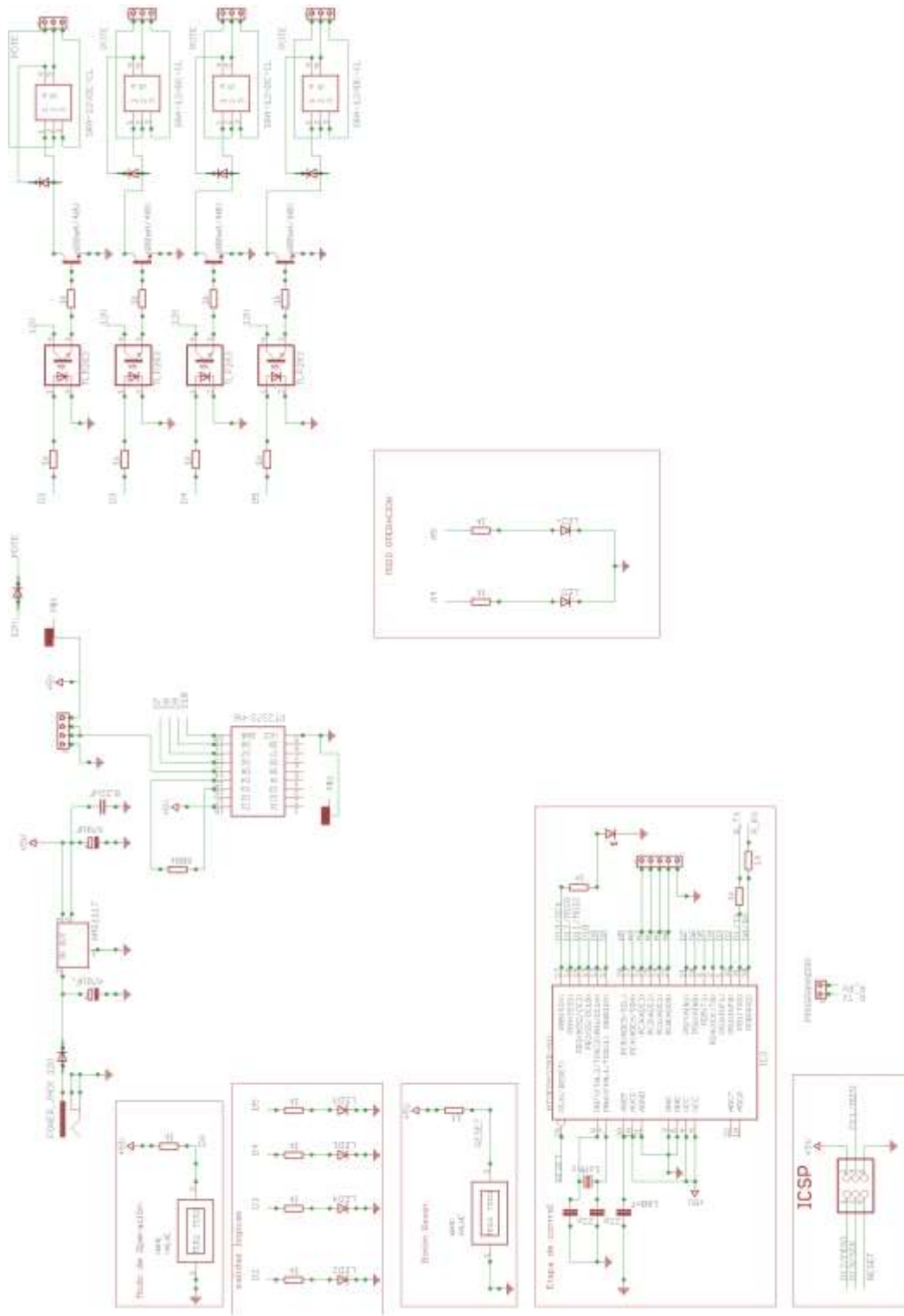
Anexo 2. Esquemático diseñado en Eagle para la parte de potencia del PWM de dos canales. Elaborada por el Autor.



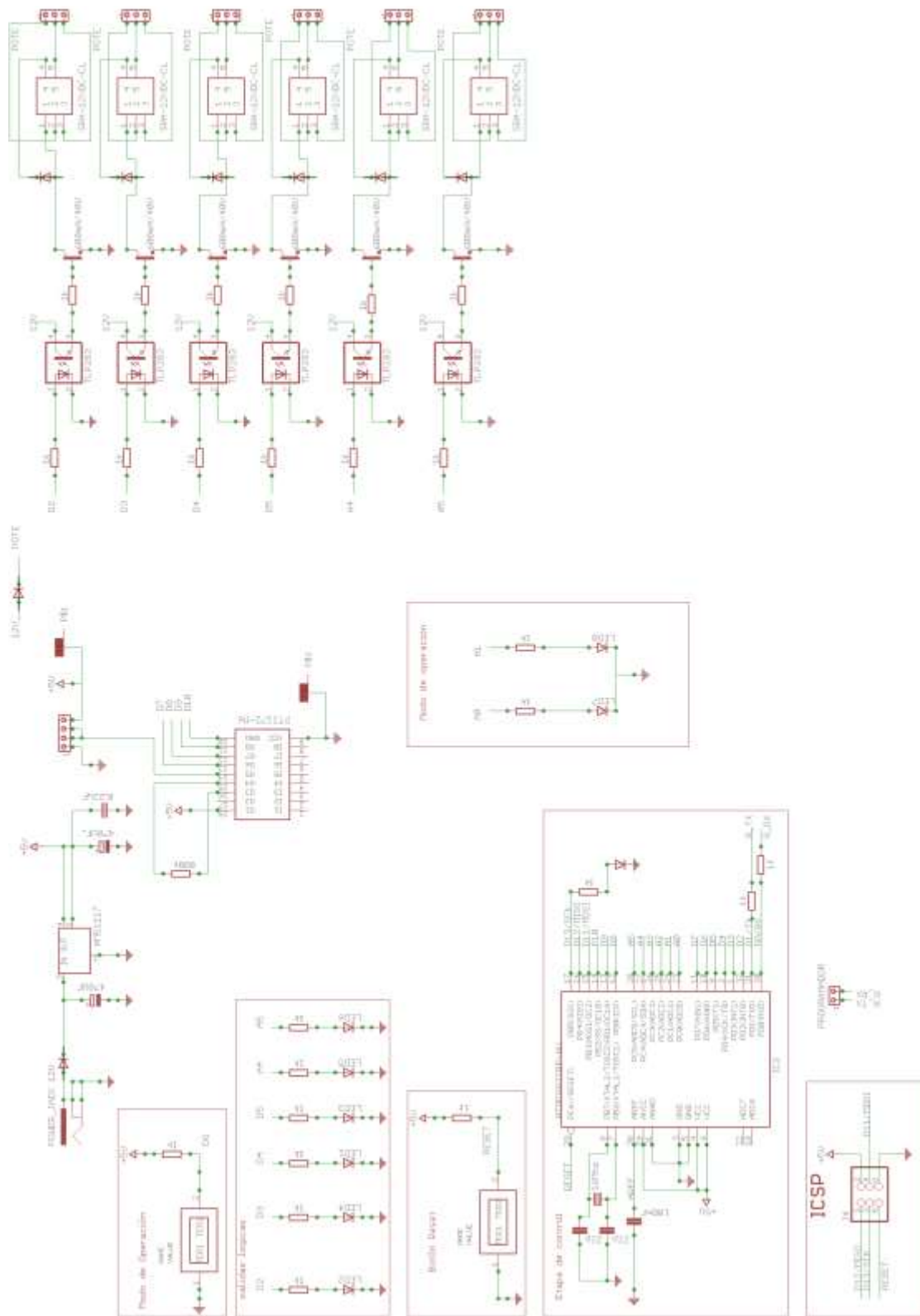
Anexo 3. Esquemático diseñado en Eagle para la parte de potencia del PWM de cuatro canales.
Elaborada por el Autor.



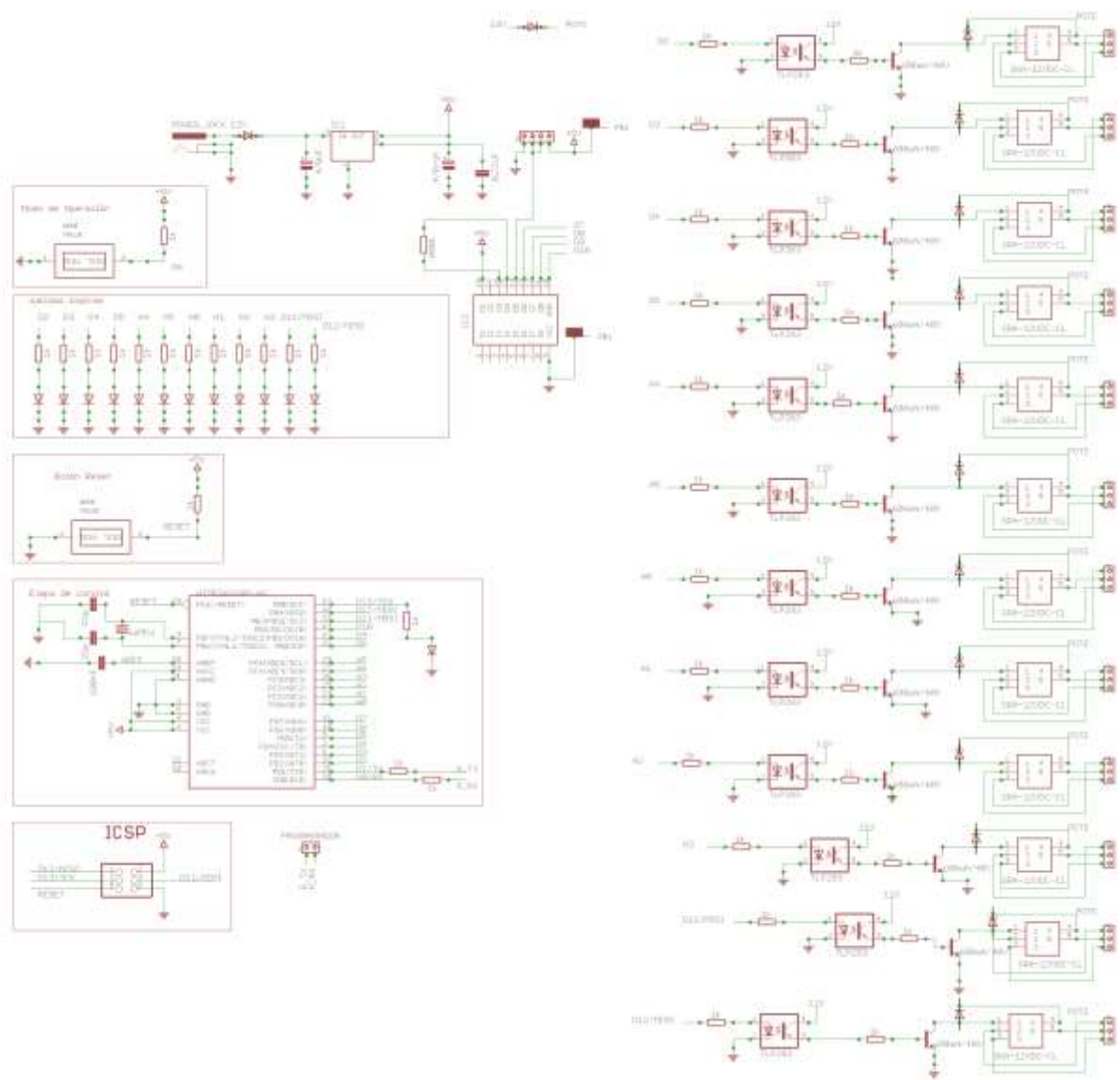
Anexo 4. Esquemático diseñado en Eagle para el Relé remoto de 2 canales. Elaborada por el Autor.



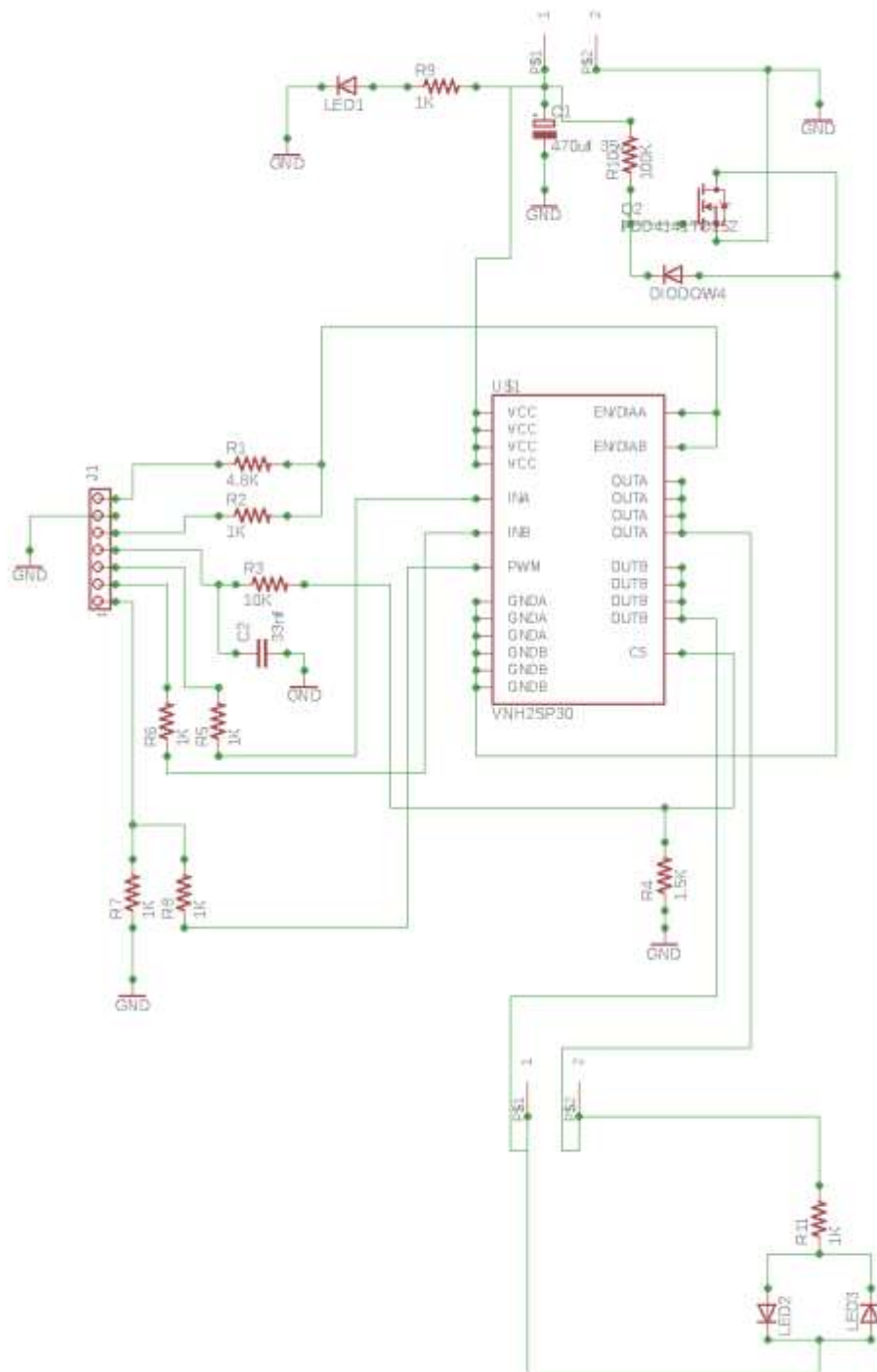
Anexo 5. Esquemático diseñado en Eagle para el Relé remoto de 4 canales. Elaborada por el Autor.



Anexo 6. Esquemático diseñado en Eagle para el Relé remoto de 6 canales. Elaborada por el Autor.



Anexo 7. Esquemático diseñado en Eagle para el Relé remoto de 12 canales. Elaborada por el Autor.



Anexo 8. Esquemático diseñado en Eagle para el puente H VNH2SP30. Elaborada por el Autor.

BIBLIOGRAFÍA

- Autodesk. (2019). *Autodesk Eagle*. Obtenido de Autodesk:
<https://www.autodesk.com/products/eagle/features>
- Calvo, R. J., Munoz, A. M., Lopez, V. P., & Redondo, M. J. (2016). Intelligent Electronic Device for Distributed Energy Resources. *IEEE*, 3270 - 3277.
- Cidei. (2019). *Servicio de verificación y prueba de tarjetas electrónicas*. Obtenido de CIDEI:
<http://cidei.net/servicio-verificacion-y-prueba-de-tarjetas-electronicas/>
- Jens Lienig, H. B. (2017). *Fundamentals of Electronic Systems Design*. Springer.
- Khandpur, R. S. (2005). *Printed Circuit Boards: Design, Fabrication, Assembly and Testing*. Tata McGraw-Hill Education.
- Louërat, M.-M., & Maehne, T. (2014). *Languages, Design Methods, and Tools for Electronic System Design: Selected Contributions from FDL 2013*. Springer.
- Meertens, H., Herk, M. v., Bijhold, J., & Bartelink, H. (1990). First clinical experience with a newly developed electronic portal imaging device. *Radiation Oncology*, 1173-1181.
- Microchip. (2019). *Atmega 328*. Obtenido de MICROCHIP:
<https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328>
- Schuler, C. A. (1994). *Electrónica, principios y aplicaciones*. Reverte.
- VISHAY. (2017). Transmissive Optical Sensor with Phototransistor Output.
- VistronicaSAS. (2018). *Puente de H VNH2SP30*. Obtenido de Vistronica:
<https://www.vistronica.com/images/Documentos/DATASHEET-PUENTE-HVNH3SP30.pdf>
- Wikipedia. (s.f.). *Integrated development environment*. Obtenido de Wikipedia:
https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_development_environment