

DISPOSITIVO DE CONVERSIÓN CD/CA MULTINIVEL EN CASCADA RECONFIGURABLE CON OPTIMIZACIÓN DE ARMÓNICOS

5

Descripción de la invención

Sector tecnológico

La presente invención corresponde a un dispositivo electrónico de conversión de CD/CA multinivel, este dispositivo puede ser usado en todo tipo de industrias que
10 necesiten del uso de energía eléctrica, optimiza el uso de la corriente alterna al reducir la distorsión armónica total.

Antecedentes de la invención

15 La distorsión armónica total (THD) es un fenómeno común y presente en las fuentes y redes de energía eléctrica, no solo se trata de una amenaza para hogares o industrias, sino de una realidad que está destruyendo electrodomésticos y maquinaria, sobrecalienta los conductores, motores y transformadores, dispara inoportunamente de los interruptores automáticos,
20 daños en la iluminación, interferencia en equipos de cómputo y comunicación.

El control de la THD ha sido objeto de muchas investigaciones y existe muchísimas empresas que venden filtros, estabilizadores, reductores entre otros, el fin común de todas estas tecnologías ha sido lograr el comportamiento
25 sinusoidal teórico que debería tener la corriente alterna.

Para este fin muchos dispositivos han propuesto la conversión de CD/CA, se trata de emular la onda sinusoidal mediante escalones de voltaje, tal como se

puede apreciar en documento de patente W06000397, CONVERTIDOR MULTINIVEL Y PROCEDIMIENTO DE CONVERTIR UN VOLTAJE DE SUMINISTRO de ABB TECHNOLOGY en el año 2009.

- 5 Son muchas las solicitudes de patente que están en el estado de la técnica que describen la conversión multinivel, pero hasta el momento ningún convertidor ha logrado auto ajustarse para tener de 5 a 81 niveles de voltaje, esto permite emular la onda sinusoidal.
- 10 El propósito de la siguiente invención no solo es corregir la onda, sino optimizar los armónicos de la onda. La gran ventaja de la siguiente inversión recae en que el sistema es totalmente configurable a una necesidad puntual, gracias a que permite entre 5 a 81 niveles de potencia.

15 **Descripción detallada de la invención**

La figura 1 presenta de forma general el esquema eléctrico del sistema reconfigurable de conversión CD/CA multinivel en cascada descrito, su estructura física se encuentra compuesta por:

- 20 1. Cuatro circuitos inversores (3), que permiten una salida con niveles de voltaje en el rango de cinco a ochentauno niveles de voltaje.
- 25 2. Circuitos de conmutación para el cambio de sub-topología (2) sincronizados para conectarse las entrada y salida del circuito inversor (3), compuestos por reles (21) donde este cuenta con contactos normalmente abiertos (N.O) y contactos normalmente cerrados (N.C.) y para conectar en serie (cascada) del circuito inversor (3) o transformadores (5) según el tipo de convertidor que se pretenda implementar.
- 30 3. Cuatro trasformadores (5) con derivaciones para garantizar las asimetrías 1:2 y 1:3.
4. Circuito de conmutación (6) exclusivo para elegir la derivación del transformador a conectar.

5. Circuito especializado para la conmutación y suministro de energía de los componentes de control (31) debido a que los cambios de conmutación en las etapas de potencia requieren de una sincronización con cambios sustanciales en las etapas de control.

5

1. Circuitos inversores (3)

Los circuitos inversores (3) cuentan con puentes H (30), utilizan transistores Mosfets con la finalidad de no limitar la implementación de las modulaciones optimizadas. El esquema general utilizado es presentado en la figura 2, donde las señales de control cuentan con aislamiento galvánico dado por un opto acoplador (32). El sistema tiene una protección lógica que imposibilita el funcionamiento de dos transistores de una misma rama mediante una compuerta negadora (NOT) (33), que adicionalmente garantiza los tiempos muertos de accionamiento y simplifica el número de señales de control en la entrada a dos drivers que garanticen el accionamiento de los transistores en este caso se emplearon los IRF2110 (34) que se encargan de garantizar las condiciones de accionamiento de los transistores de potencia. Este circuito cuenta con el circuito especializado para la conmutación y suministro de energía de los componentes de control (31), La tabla 1 presenta el número de puentes necesarios para adquirir niveles de voltaje según la asimetría.

Tabla 1 Número de niveles de voltaje por etapas y asimetría.

Puentes H	Simétrico	Asimétrico	
		Múltiplo 2	Múltiplo 3
2	5	7	9
3	7	15	27
4	9	31	81

Cada uno de los puentes H (30) funciona como un inversor, como se presenta en la figura 2, que se utilizaran para conectarse en cascada; con cuatro puentes en la configuración asimétrica y con tres etapas (múltiplo 3) se alcanza los 81 niveles de voltaje.

La figura 3 detalla el circuito eléctrico que lleva a componentes el esquema presentado en la figura 2, con las novedades que para permitir la conexión del sistema a una fuente de voltaje para el control se utilizan dos reguladores uno de 15 V y otro de 5V, el puente H (30) cuenta con una resistencia en la entrada que se utiliza para determinar si el puente se ha conectado correctamente y se dispuso de la salidas de todas las señales de control los Mosfets (35) para que estas sean monitoreadas y analizadas.

Los circuitos impresos de los cuatro circuitos inversores (3) son presentados en la figura 4, donde cada uno es el inversor (3) correspondiente con el esquema eléctrico presentado en la figura 3, los cuatro circuitos son iguales debido a que el diseño se realizó con el circuito que presenta las condiciones de funcionamiento en condiciones máximas lo que sobredimensiona los otros tres circuitos proporcionando un coeficiente de seguridad al sistema, reduce la temperatura de operación y facilita la implementación.

2. Circuito de cambio de sub-topología (2)

La figura 5 resalta los componentes de conmutación encargados de cambiar las conexiones de entrada y salida del sistema. Este es básicamente es un arreglo de 1 a 12 reles y de 1 a 8 optoacopladores

La figura 5 evidencia que para cada circuito inversor (3) se requieren de cuatro conmutadores, dos para realizar el cambio de las conexiones de entrada (21) o también conocido como entradas de potencia y dos para conectar o desconectar los circuitos inversores (3) de los transformadores, conocidos como conmutadores de cambio de salida (22), dichos cambios determinan el funcionamiento en la subtopología fuente común (48 V DC) o fuente independiente (por puente H en el rango de 2 a 200 V pico en CD o 127V en voltaje eficaz).

El esquema eléctrico del circuito de conmutación (2) es presentado en la figura 6 donde cada conmutador se encuentra aislado galvánicamente por un elemento que de forma adicional permanece conectado hasta su desconexión de la fuente de voltaje (1) o una señal de control del relé RR (25).

5

La figura 7 presenta la implementación del circuito que modifica las entradas y salida de los circuitos inversores (3) presentado en la figura 5 y detallado en la figura 6.

- 10 Finalmente, se requieren de tres conmutadores de cambio de puentes conectados en serie (23), para permitir la modificación de la salida general conectando o desconectando los circuitos inversores (3) para obtener la conexión en cascada de dos, tres o cuatro puentes según la modulación como se presenta en la figura 5 en el esquema eléctrico de la figura 6 en los relés RL1,
- 15 RL2 y RL3, su placa en la figura 8.

3. Transformadores (5)

- Para cada circuito inversor (3) se requiere de un transformador (5) en el funcionamiento de fuente común, esto debido a que se busca eliminar limitaciones asociadas al hardware, permitiendo así la implementación de cualquier modulación limitada por las propiedades físicas de los semiconductores; pero considerando la magnitud del valor RMS (Root Mean Square) se deja limitado a garantizar el valor nominal de las modulaciones
- 20 naturales con la finalidad de reducir el número de derivaciones, debido a que sin esta acotación aumentaría el número de derivaciones y relés de forma excesiva
- 25

- La figura 9 muestra en detalle los niveles de tensión de cada transformado en conjunto con el número de derivaciones a utilizar en el convertidor de potencia multinivel modular.
- 30

Las topologías naturales y los niveles de tensión de cada transformador esta descritos en las tablas 2, 3, 4 y 5:

Tabla 2 Niveles de tensión transformador puente 1.

Transformador 1			
Niveles	Simétrico	Asimétrico 1:2	Asimétrico 1:3
5	48:90	-	-
7	48:60	48:120	-
9	48:45	-	48:135
15	-	48:102	-
27	-	-	48:124
31	-	48:96	-
81	-	-	48:121

5

Tabla 3 Niveles de tensión transformador puente 2

Transformador 2			
Niveles	Simétrico	Asimétrico 1:2	Asimétrico 1:3
5	48:90	-	-
7	48:60	48:60	-
9	48:45	-	48:45
15	-	48:52	-
27	-	-	48:42
31	-	48:48	-
81	-	-	48:40

Tabla 4 Niveles de tensión transformador puente 3

Transformador 3			
Niveles	Simétrico	Asimétrico 1:2	Asimétrico 1:3

7	48:60	-	-
9	48:45	-	-
15	-	48:26	-
27	-	-	48:14
31	-	48:24	-
81	-	-	48:13

Tabla 5 Niveles de tensión transformador puente 4

Transformador 4			
Niveles	Simétrico	Asimétrico 1:2	Asimétrico 1:3
9	48:45	-	-
31	-	48:45	-
81	-	-	48:4,5

Los niveles de voltaje además de indicar la relación de transformación, describen los instantes de funcionamiento de cada derivación del transformador (5) por lo cual partiendo de estos valores se elaborara los circuitos de conmutación (2) evidenciado en la figura 10 determinan el número de derivaciones.

4. Circuito de conmutación del transformador (6)

10

El circuito de conmutación de la salida de los transformadores (6) se encarga de garantizar el nivel de tensión RMS en la salida del convertidor (7), la conmutación es realizada por relés, estos son accionados por una señal enviada por la FPGA (Field-programmable gate array) , y es aislada por el MOC3010 , este circuito no tiene la capacidad de ser reseteado por si solo por lo cual necesita recibir la señal de reset del circuito de control (31), el circuito de salida del transformador se presenta en las figuras 10, 11 y 12, donde 10 es la conexión eléctrica, 11 corresponde al esquema eléctrico de los componentes y 12 el circuito impreso implementado.

Por tener el mayor número de relés de todo el dispositivo se creó la posibilidad de realizar un protocolo de prueba para todos los relés con la finalidad de verificar de forma visual el estado de accionamiento las conexiones eléctricas son presentadas en la figura 11, adicionalmente permite dar una utilizada a los contactos normalmente cerrados de esta parte del sistema.

5 Circuito de conmutación del control (31)

10

Para el funcionamiento de los puentes H (30), en el circuito inversor (3) se debe considerarse que de forma simultánea al accionamiento del circuito de conmutación (2) debe existir el cambio de la excitación de los componentes asociados a los transistores, o componentes de control.

15

El circuito de conmutación del control (31) es presentado en la figura 13, para los cuatro puentes H este circuito tiene un reset independiente, cuenta con aislamiento galvánico, adicionalmente se instalaron en el circuito dos diodos led por puente con la finalidad de que sean un indicador de la conexión de los puentes H (30) y el estado de cada conmutador.

20

El circuito encargado de realizar las conmutaciones del control es el mostrado en la figura 14, los Leds rojos indican el no accionamiento de los relés y los verdes el accionamiento, el estado inicial de los puentes es fuente común por lo cual al conectar los puentes se puede visualizar el encendido de los Leds rojos. Este e circuito como se puede observar en la figura 13 es un arreglo de 2 a 10 relés y 1 a 4 optoacopladores.

25

6. Validación y pruebas

Las pruebas de posible realización con el convertidor de potencia modular son numerosas, debido a la gran versatilidad para cambiar de topología y la ilimitada posibilidad para la confección de modulaciones, por lo cual en el presente trabajo se mostrara la modulación de 81 niveles en asimetría 1:3 en las topologías fuente común (procedente de los transformadores) y fuente independiente (sin transformares), debido a que esta utiliza los cuatro puentes y contiene el mayor número de conmutaciones posibles en el puente 4 validando el prototipo es presentado en la figura 15.

10

7. Ventajas del dispositivo

Cada una de las subtopologías tiene ventajas en su utilización, en el caso del sistema de fuente común permite que el convertidor funcione con una fuente de voltaje y proporciona aislamiento galvánico a la salida, la configuración de fuente independiente proporciona alta fidelidad en la reproducción de la señal voltaje en su salida.

15

Por lo cual la posibilidad de autoconfiguración permite al dispositivo cambiar de subtopología y niveles de voltaje permitiendo al equipo obtener las ventajas de la subtopología y niveles de voltaje de acuerdo a la aplicación.

20

Adicionalmente la posibilidad de autoconfiguración permite al convertidor continuar funcionando en el caso de indisponibilidad de alguna parte del sistema.

Descripción de figuras

25

Figura 1 Esquema eléctrico general del sistema reconfigurable de conversión CD/CA multinivel en cascada.

Figura 2 Esquema eléctrico general del sistema reconfigurable de conversión CD/CA multinivel en cascada.

Figura 3 Circuito de la etapa de acople junto con el puente H.

Figura 5 Circuito de cambio de topología

Figura 4 Puentes H

Figura 6 Esquema eléctrico del circuito de conmutación de potencia

5 Figura 7 Circuito eléctrico de conmutación de potencia

Figura 8 Circuito de Control potencia

Figura 9. Esquema transformador inversor a) Uno b) Dos c) Tres d) Cuatro

Figura 10. Esquema conmutadores del transformador para el puente a) Uno b) Dos c) Tres d) Cuatro

10 Figura 11 Esquema eléctrico del circuito de conmutación la salida de los transformadores

Figura 12 Circuito Control de transformador el circuito impreso implementado.

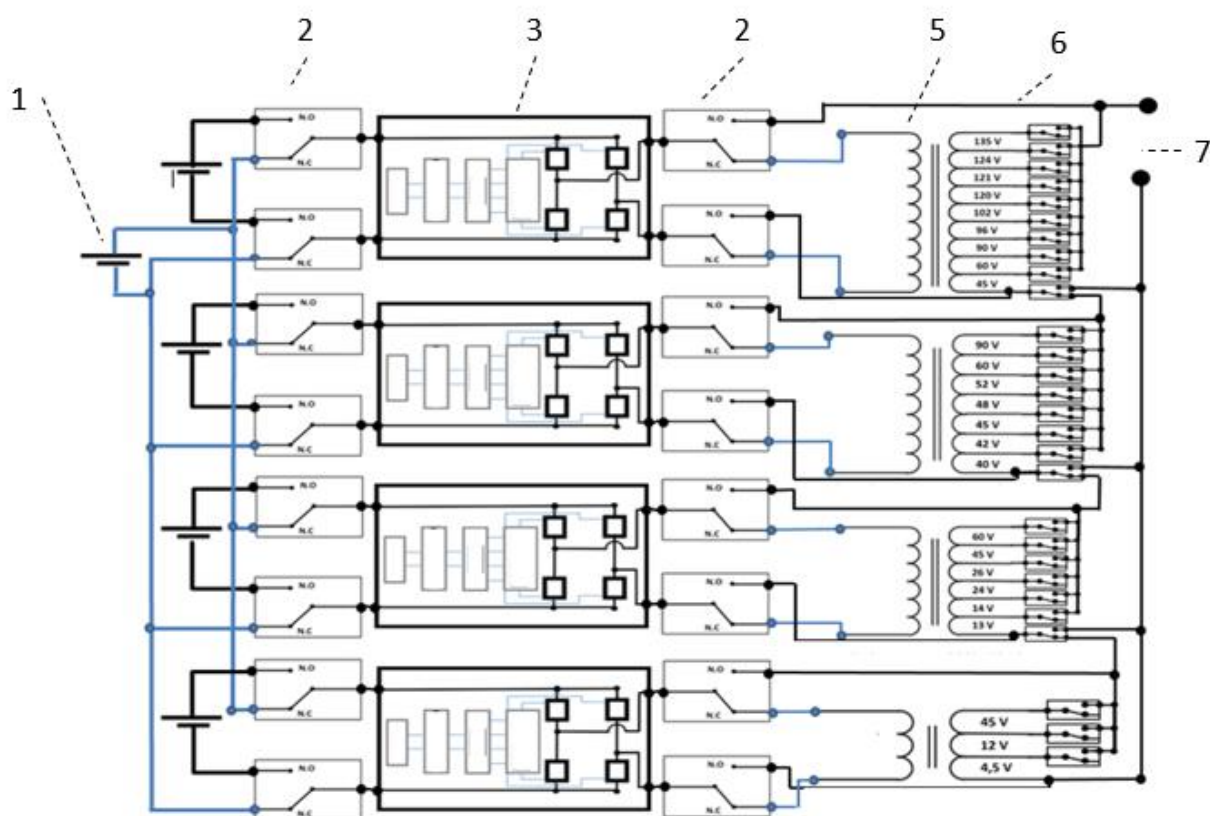
Figura 13 Circuito de conmutación del control

Figura 14 Circuito de conmutación del control

15 Figura 15 Sistema reconfigurable de conversión CD/CA multinivel en cascada

Figuras

Figura 1



5

Figura 2

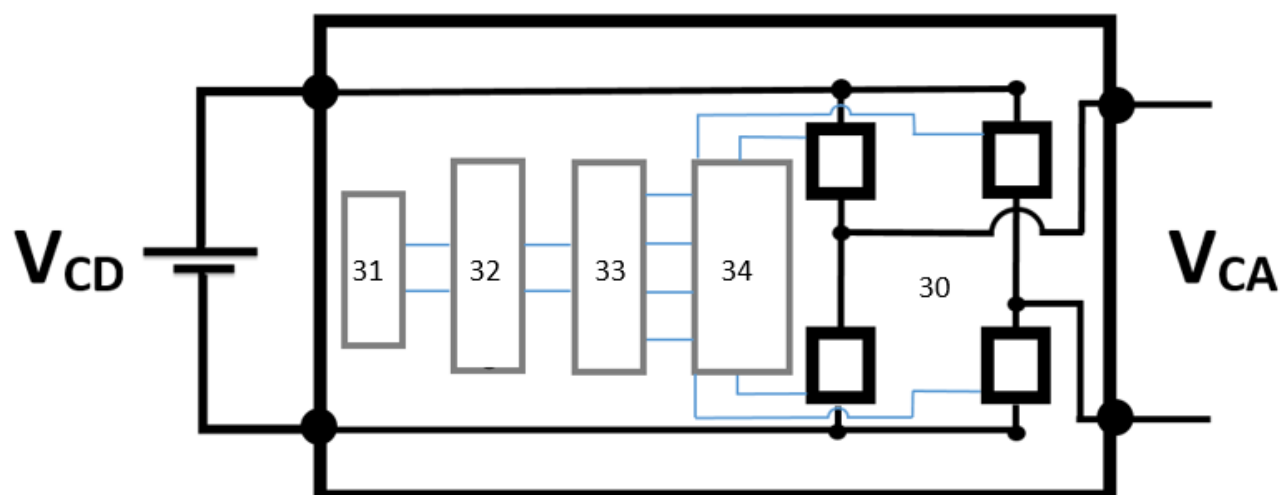


Figura 3

35

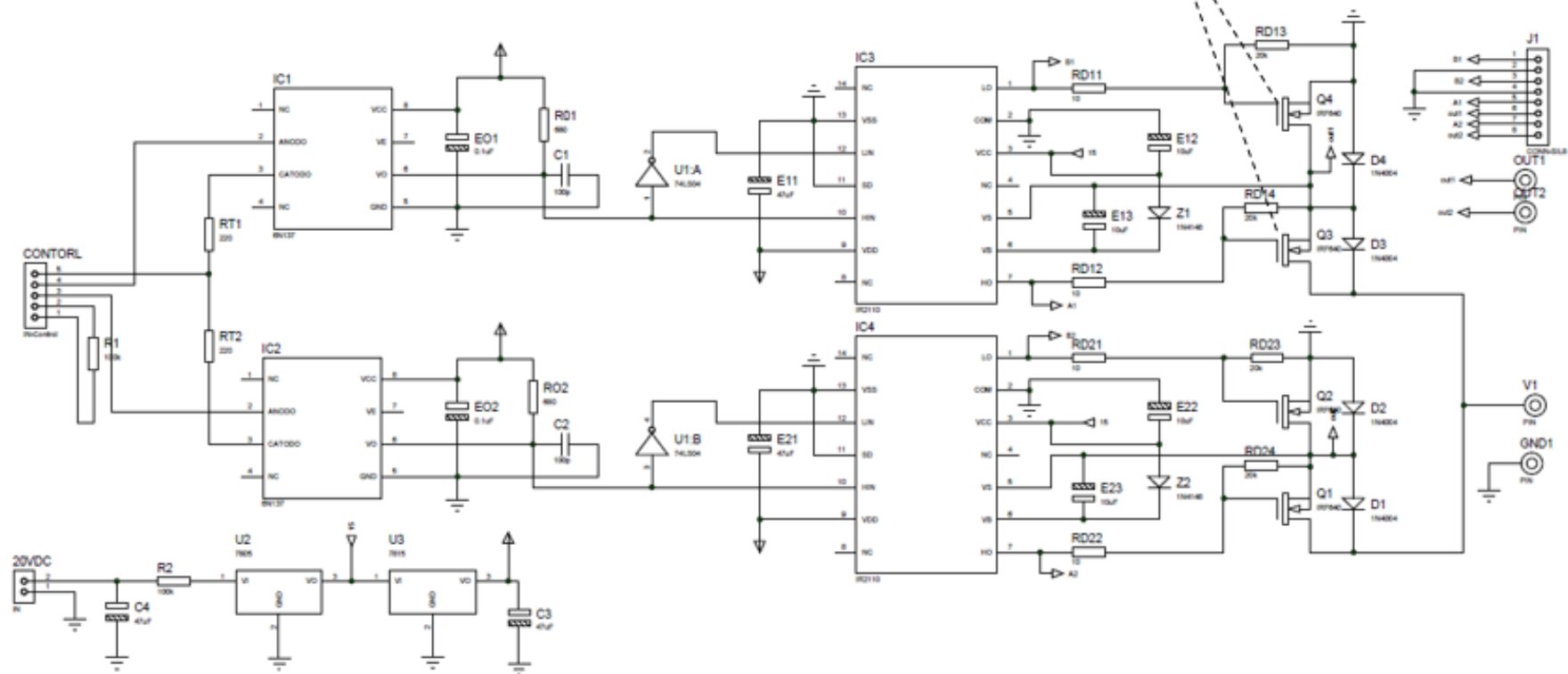
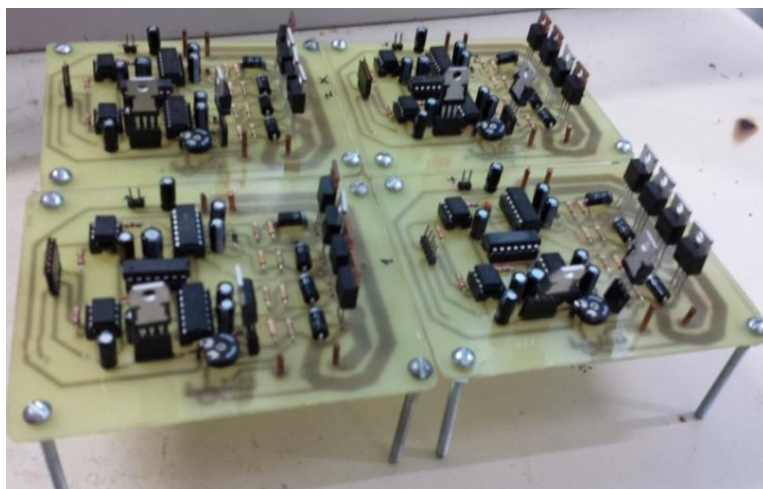


Figura 4



5

Figura 5

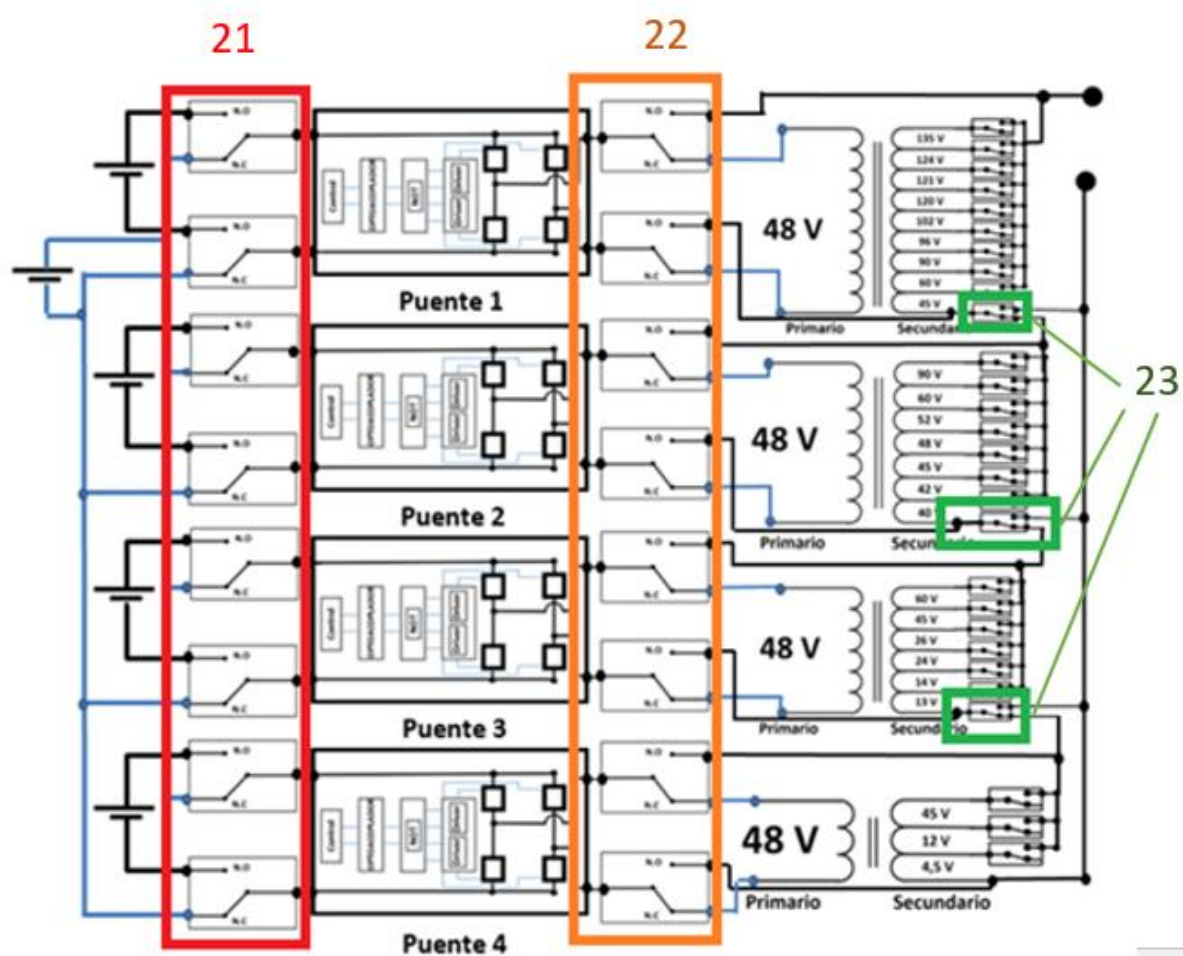


Figura 6

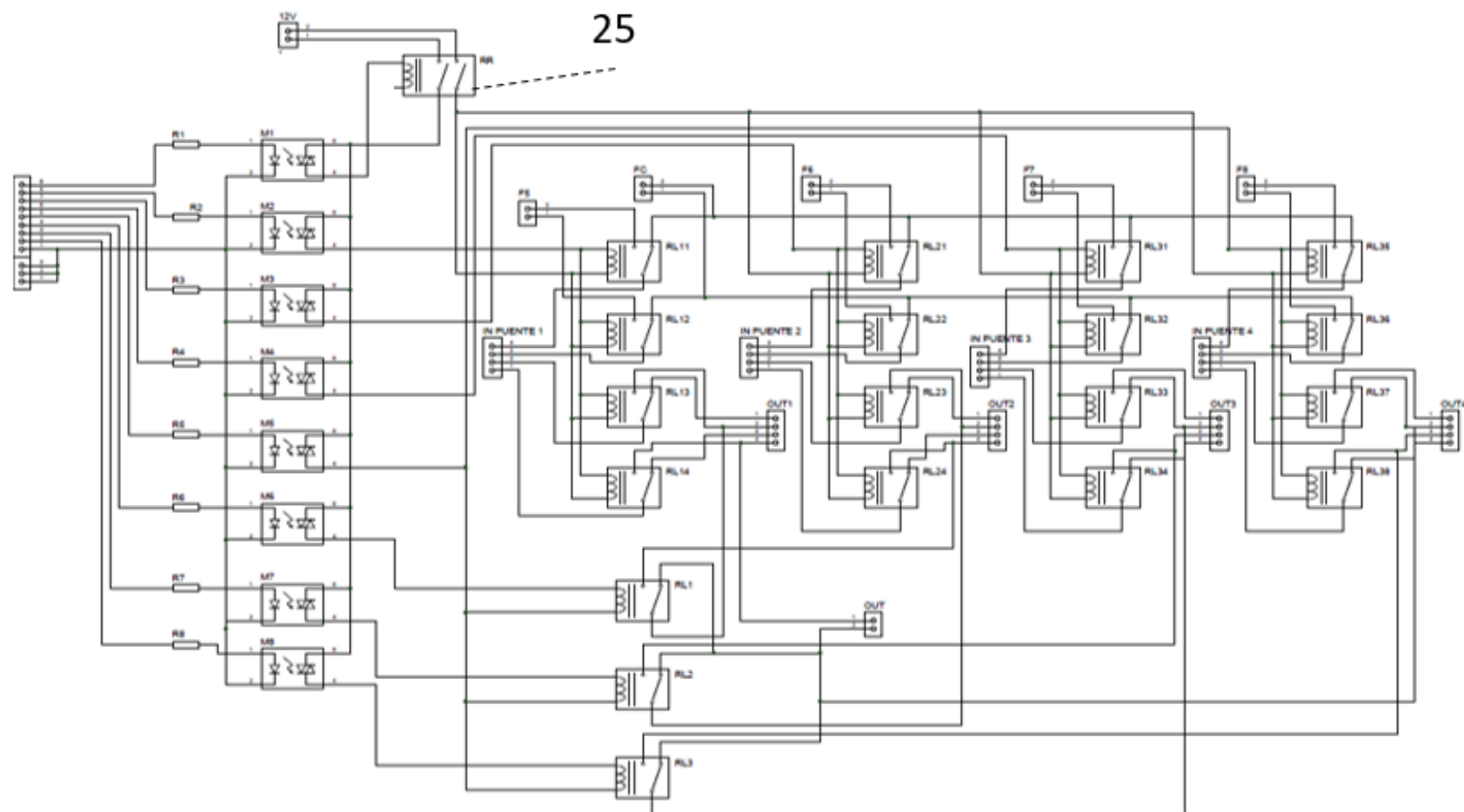
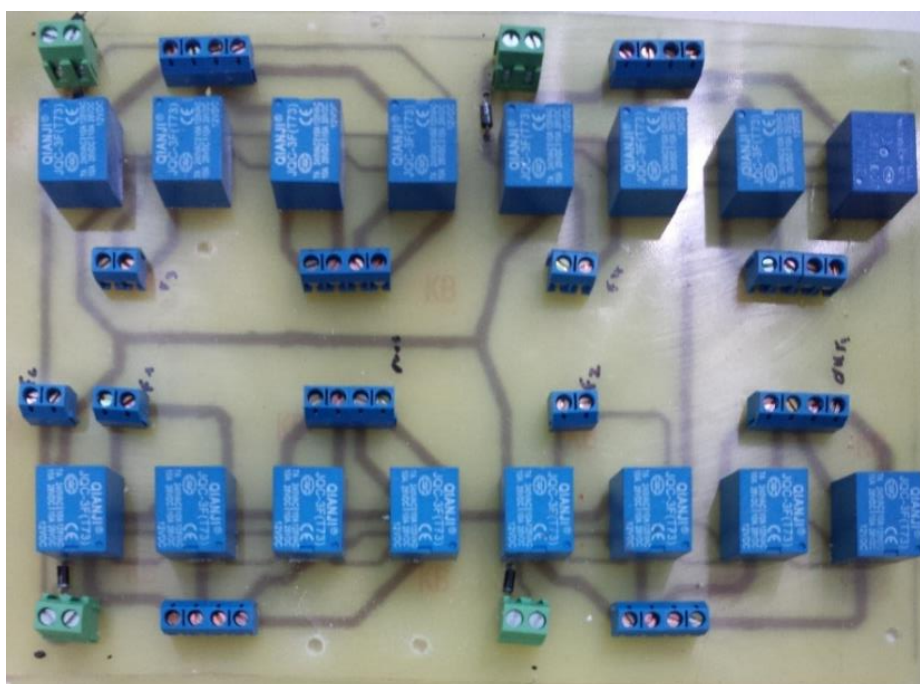
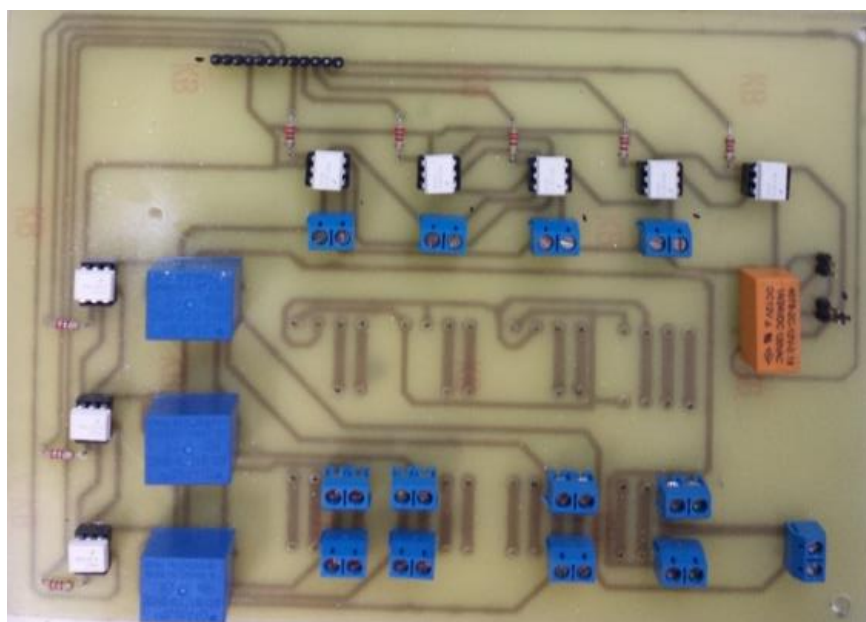


Figura 7



5

Figura 8



10

Figura 9

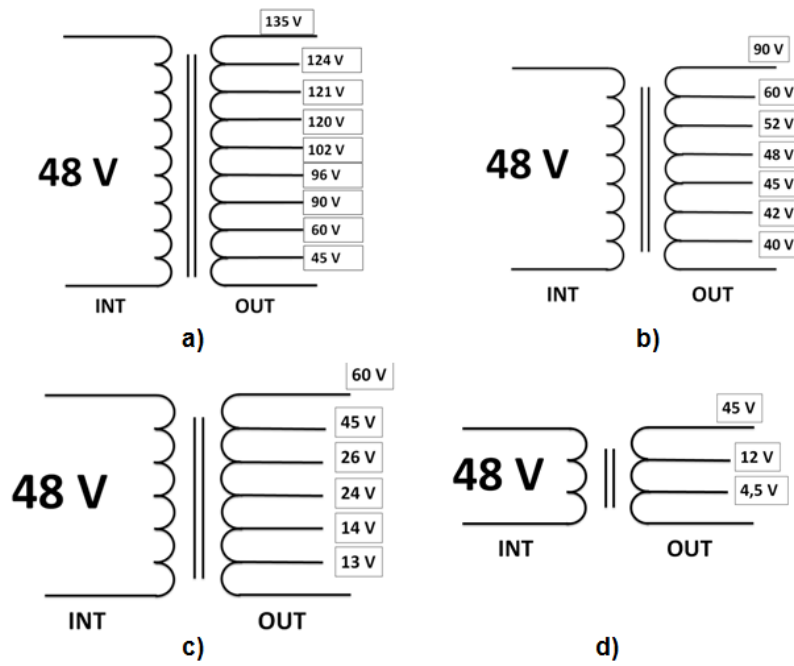


Figura 10

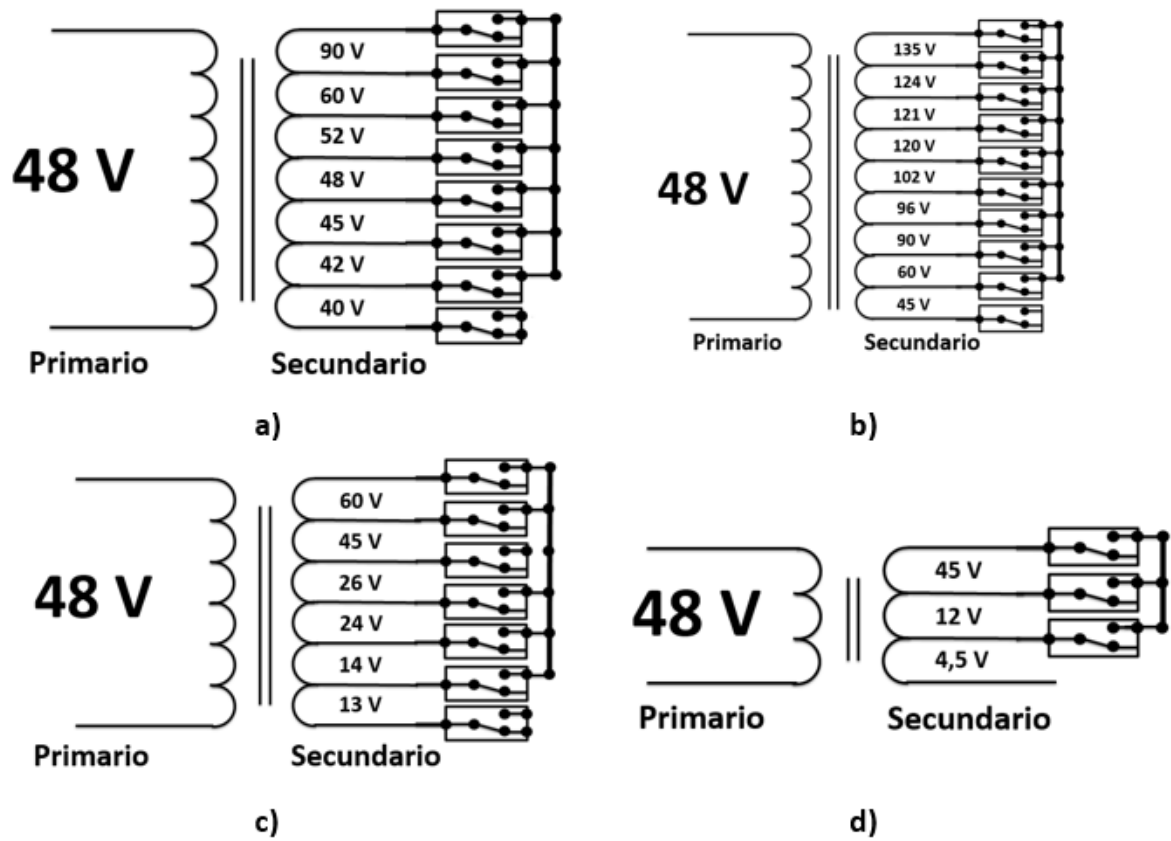


Figura 11

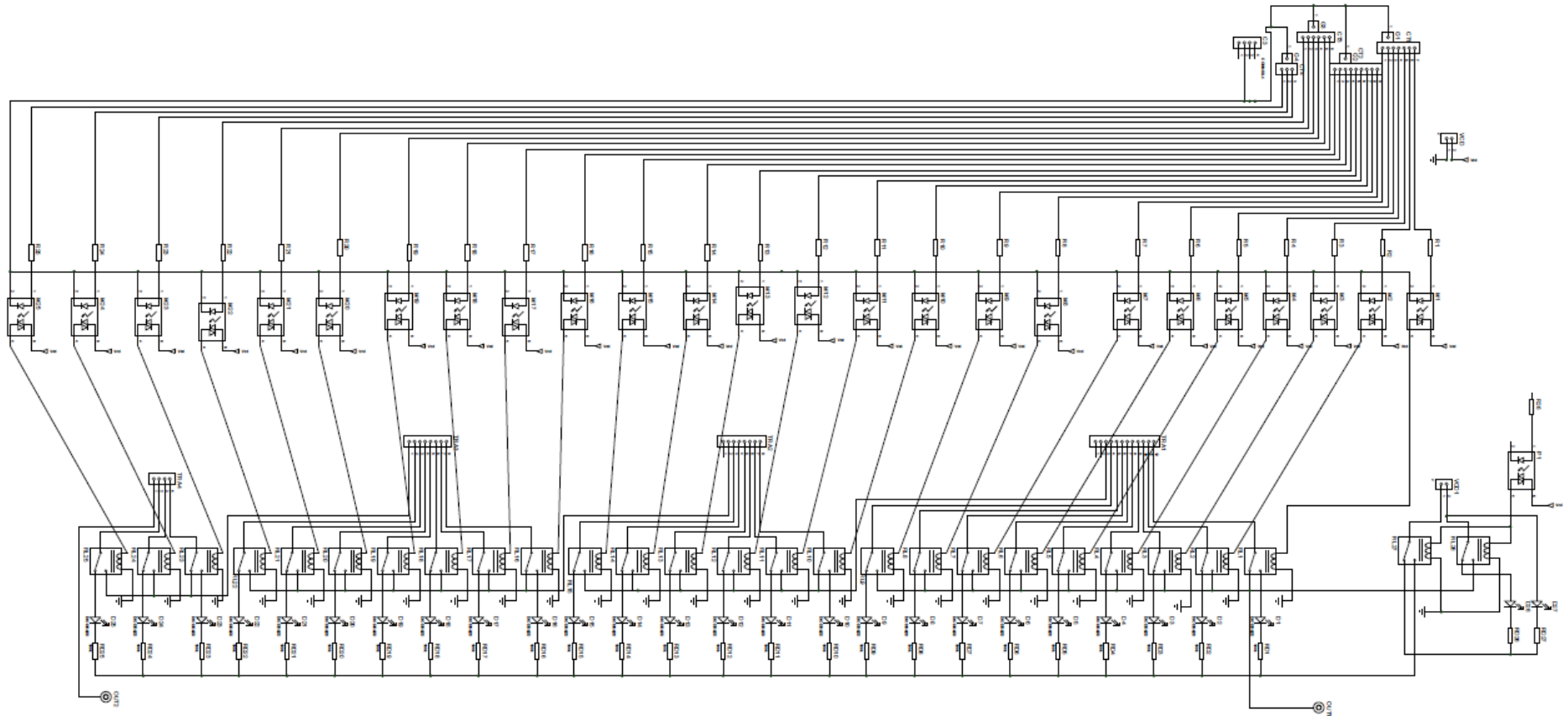
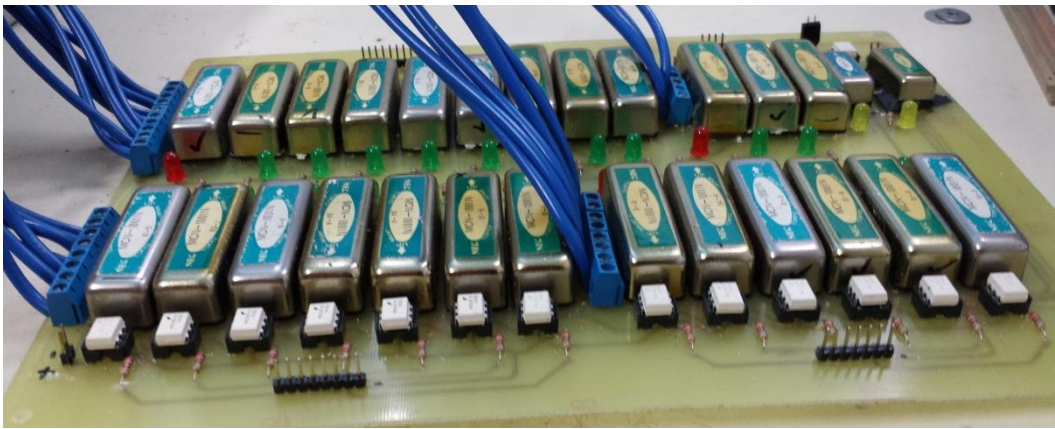


Figura 12



5

Figura 13

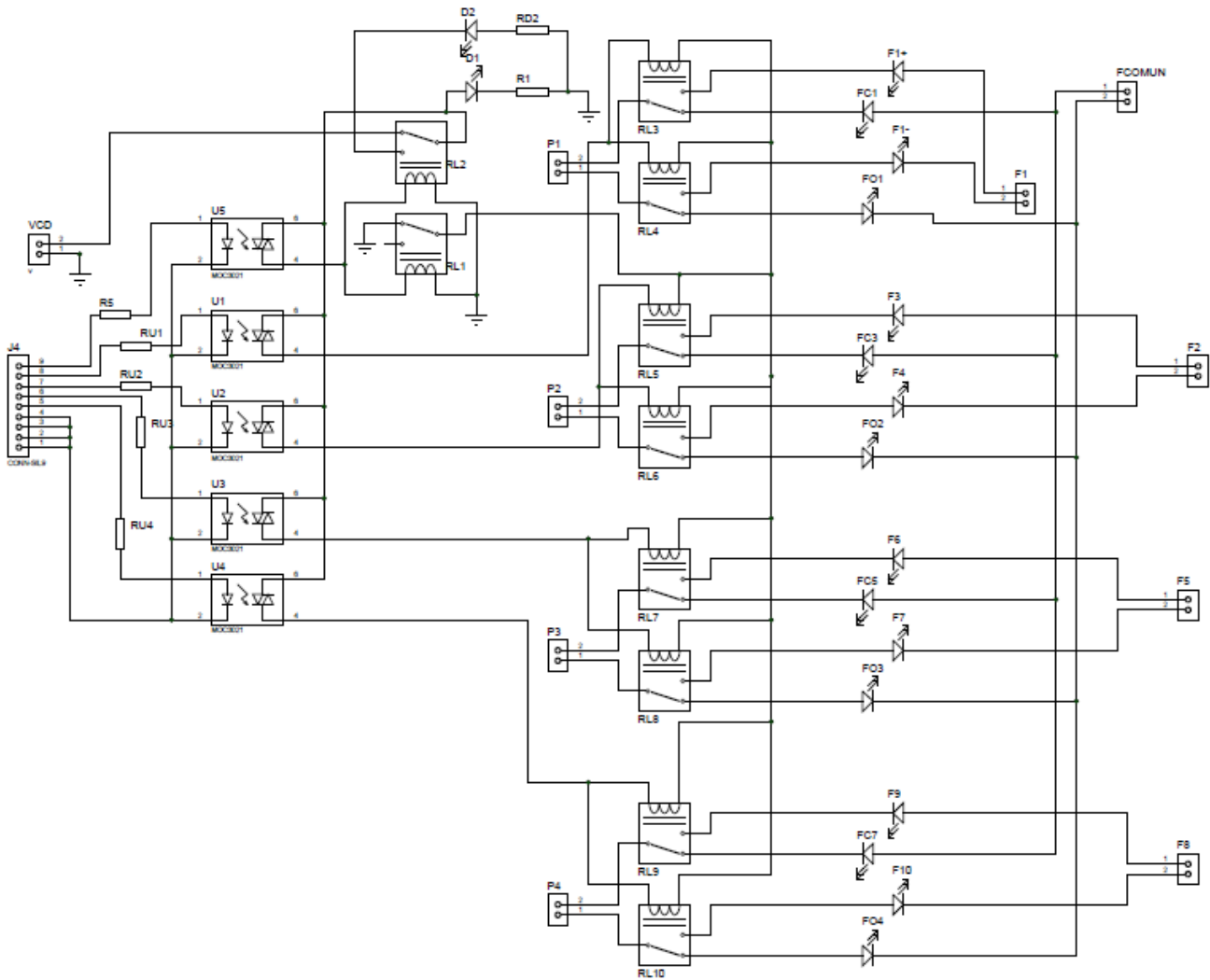


Figura 14

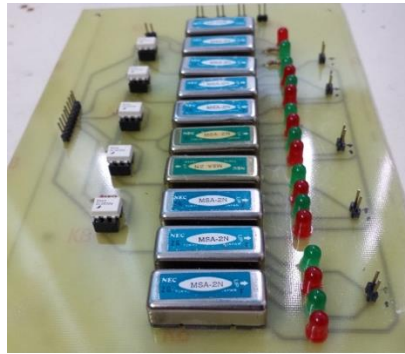
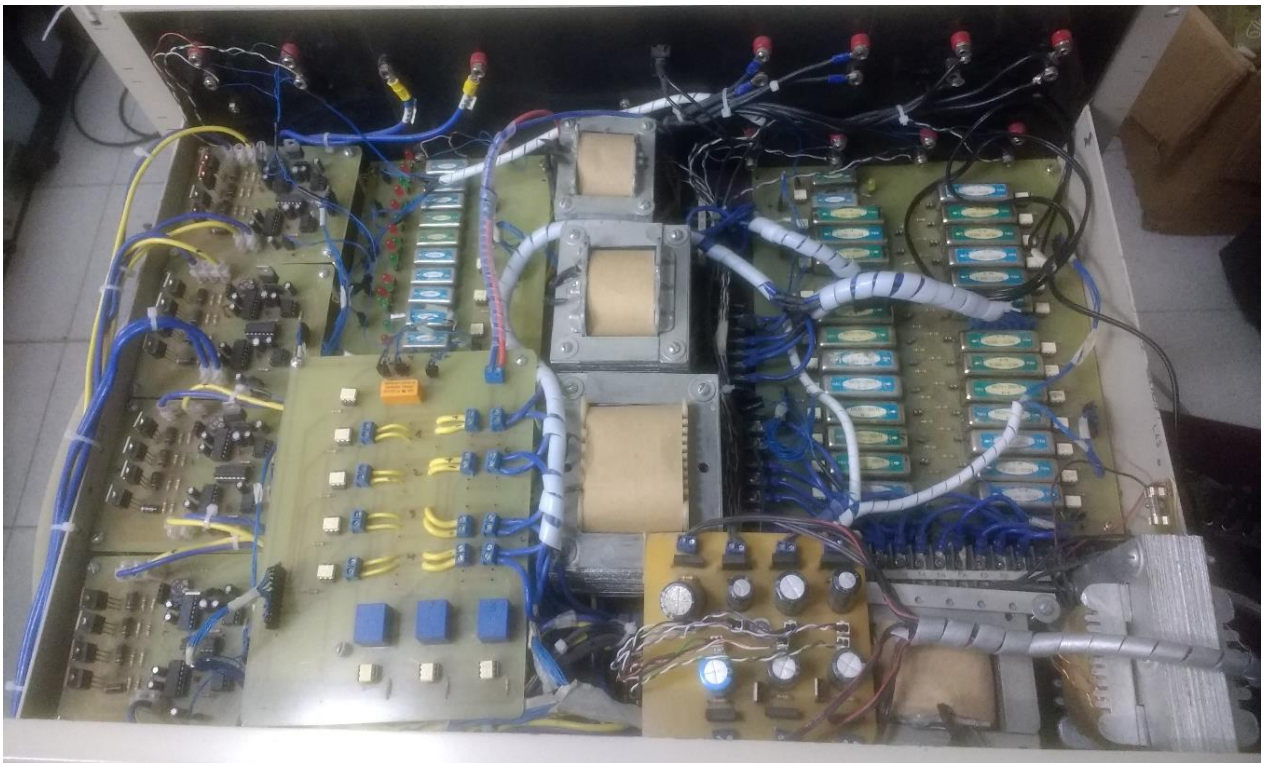


Figura 15



5

10

15

