

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LAS
TELECOMUNICACIONES

DOCUMENTO TÉCNICO

DESARROLLO DE UNA COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE LA RED ELÉCTRICA PARA LA MONITORIZACIÓN DE PANELES SOLARES

Alumno: Peña, Villalba, David

Director: Aranguren, Aramendia, Gerardo

Curso: 2019-2020

Fecha: Bilbao, 5, Noviembre, 2019

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
1 Introducción	1
2 Diseño esquemático	2
3 Diseño PCB	7
4 Simulaciones	12
5 Pruebas con prototipo	14
Referencias	16

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de comunicaciones completo.....	2
Figura 2. Demultiplexor 1:2.	3
Figura 3. Buffer	3
Figura 4. Adaptación a tensión del circuito.	3
Figura 5. Circuito recepción.	4
Figura 6. Amplificador operacional para comparación.....	4
Figura 7. Recepción en microprocesador.	5
Figura 8. Microcontrolador.....	5
Figura 9. Dispositivo de comunicaciones inalámbricas.....	6
Figura 10. Sistema completo.....	6
Figura 12. Capa Top del circuito.	7
Figura 13. Capa Ver del circuito.	8
Figura 14. Capa Hor del circuito.....	9
Figura 15. Capa BOTTOM del circuito.	10
Figura 16. Montaje de antena para evitar interferencias.....	10
Figura 17. Diseño PCB completo.	11
Figura 18. Diseño circuito de simulación.	12
Figura 19. Simulación de recepción de 00h.	13
Figura 20. Simulación de recepción de FFh.	13
Figura 21. Prototipo de comunicación mediante PLC.....	14
Figura 22. Comunicación PLC entre prototipos.	14
Figura 23. Comunicación en sentido opuesto.....	15
Figura 24. Comunicación dirección del diodo.....	15

1 Introducción

La función de este documento técnico consiste en dar mayor alcance a los términos técnicos que en el TFG asociado se presentan brevemente.

El documento está formado por un apartado dedicado al diseño esquemático del circuito, en el que se explica detalladamente la función de cada uno de los componentes que forman parte del diseño.

El siguiente apartado del circuito tiene como protagonista el diseño del circuito impreso, presentando las distintas capas que lo forman.

Por último, se encuentran las simulaciones y pruebas, mientras que en el TFG se comentan los resultados obtenidos.

2 Diseño esquemático

En este apartado se explica el esquemático del diseño de las comunicaciones, presentando primero el esquemático del PLC, el cual es un diseño propio, seguido de una explicación de la función de cada componente. Al final se añaden imágenes del sistema completo, las conexiones del microprocesador y el módulo de comunicaciones para la comunicación inalámbrica.

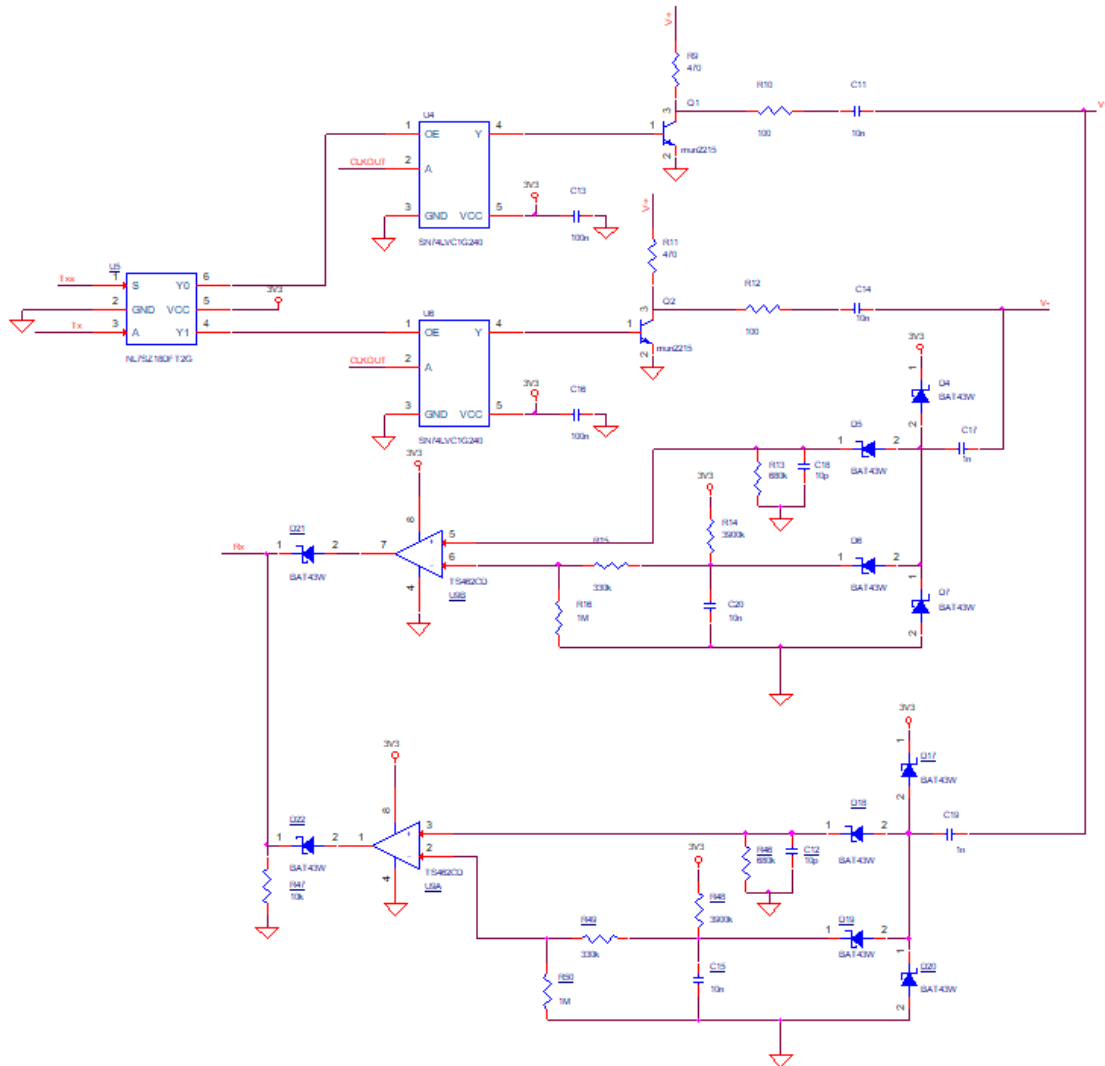


Figura 1. Sistema de comunicaciones completo.

Sistema de comunicaciones PLC completo, que va a permitir el envío de datos por las dos direcciones del string solar, dependiendo de lo que se mande desde el microcontrolador, y la recepción de información también desde esas dos direcciones.

La parte de control de las comunicaciones depende de la señal TXS, que se encarga de la dirección del envío, mientras que las otras señales del procesador son únicamente para recepción y envío de datos.

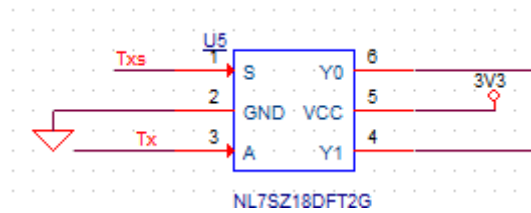


Figura 2. Demultiplexor 1:2.

En esta primera figura se encuentra un demultiplexor de señal, cuya función es la elección del camino a través del string de paneles solares que va a llevar el envío. Para ello, se le aplican los datos en la entrada Tx, mientras que TxS elige cuál de las salidas va a tomar, para luego ir por uno de los circuitos de envío.

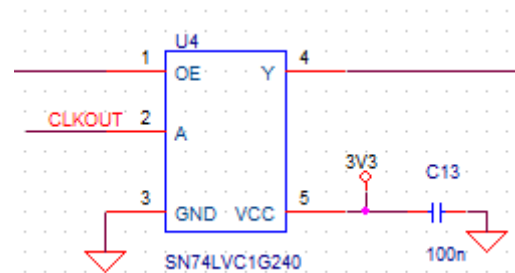


Figura 3. Buffer.

El siguiente paso del diseño es un buffer, al que se le pasa la señal de reloj de 400 kHz que proviene del micro para el bloque de comunicaciones, aquí es donde se modulan mediante modulación OOK (On-Off keying) los datos de envío. Dependiendo del bit en OE, la salida deja pasar la señal de reloj cuando se tiene un 0 y se anula cuando se tiene un 1.

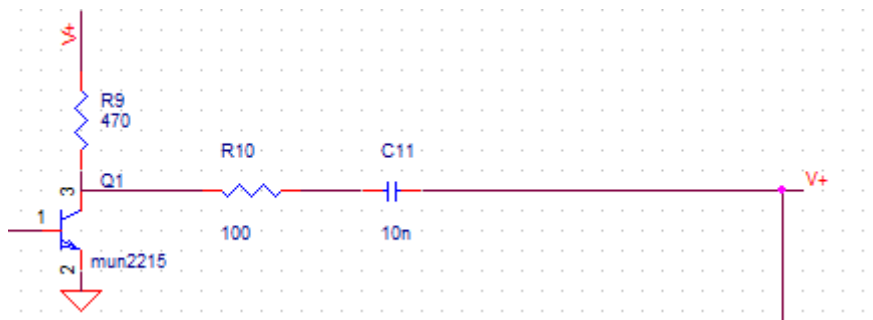


Figura 4. Adaptación a tensión del circuito.

En la figura 4, se puede observar un circuito formado por resistencias, un transistor y un condensador que tiene como función elevar la tensión de la señal modulada en el paso anterior para que se ajuste al orden que se maneja en los paneles solares (40 V) y poder conectarse a esa red de alimentación. El condensador C11 está para que no haya contacto con la tensión del panel directamente y se transmitan los datos capacitivamente.

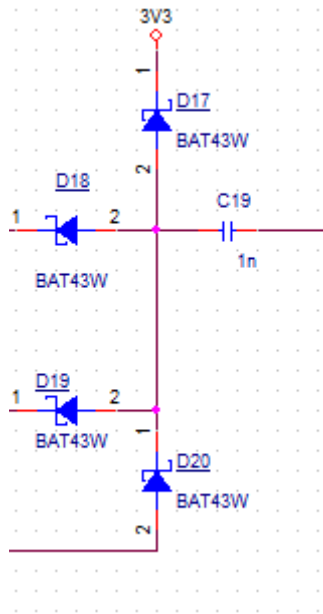


Figura 5. Circuito recepción.

La figura 5 muestra el circuito mediante el cual se hace la recepción de la señal. Esta parte forma parte de la recepción. La señal se acota entre 0 y 3.3V con los diodos schottky para que se pueda trabajar en las tensiones funcionales de los componentes del circuito.

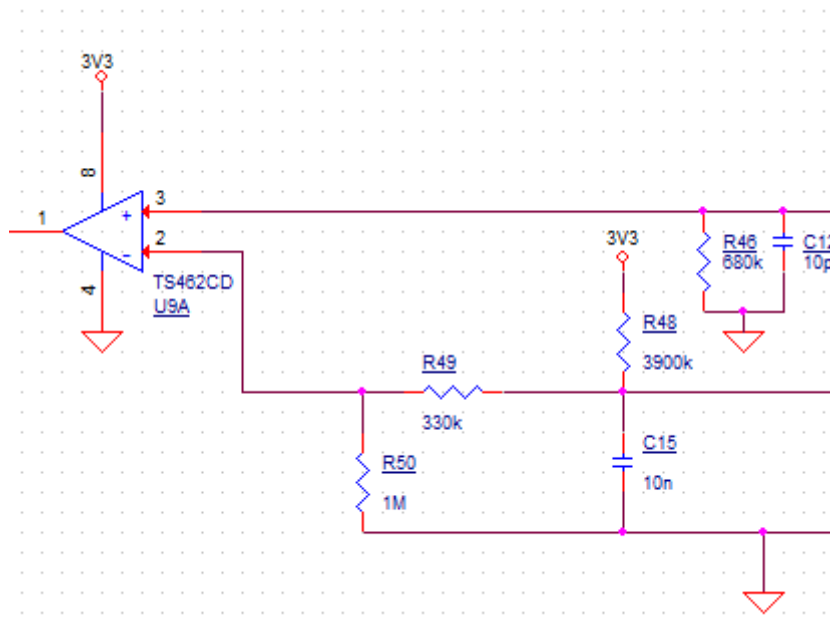


Figura 6. Amplificador operacional para comparación.

El circuito que muestra la figura 6, se encarga de comparar mediante un amplificador operacional la señal que se ha recibido. Para ello se tiene una señal constante en la otra entrada del amplificador. Este circuito demodula la señal para que el micro la comprenda.



Figura 7. Recepción en microprocesador.

Se añade finalmente un diodo con una resistencia, para que no haya problemas de interferencias entre los dos circuitos de recepción.

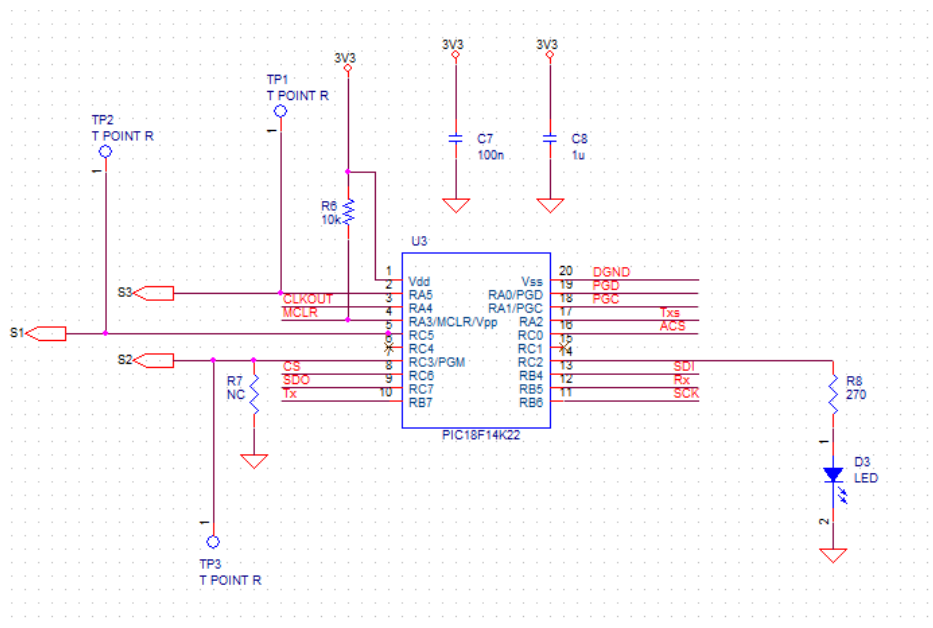


Figura 8. Microcontrolador.

En esta figura aparece el micro con sus conexiones al resto del circuito, incluyendo las del sensor de monitorización y alimentación eléctrica, que en este documento no se muestran porque son confidenciales. El circuito cuenta con varios test points y leds para probar el correcto funcionamiento del sistema.

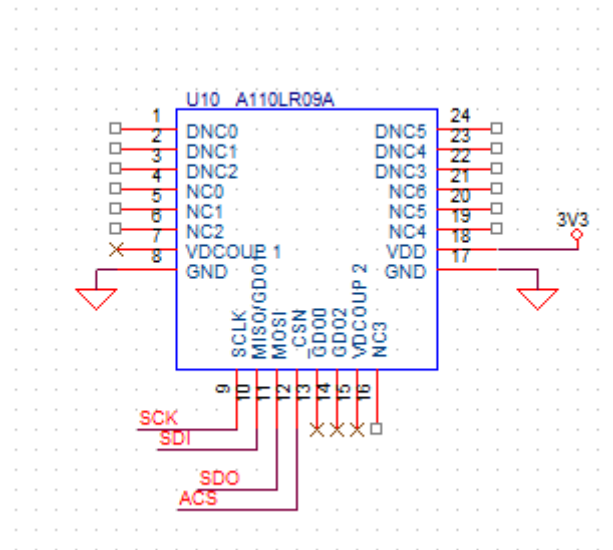


Figura 9. Dispositivo de comunicaciones inalámbricas.

Dispositivo Anaren A9 encargado de las comunicaciones inalámbricas del circuito. Se comunica con el micro mediante la tecnología SPI y solo hay que conectar un número reducido de pines para su funcionamiento.

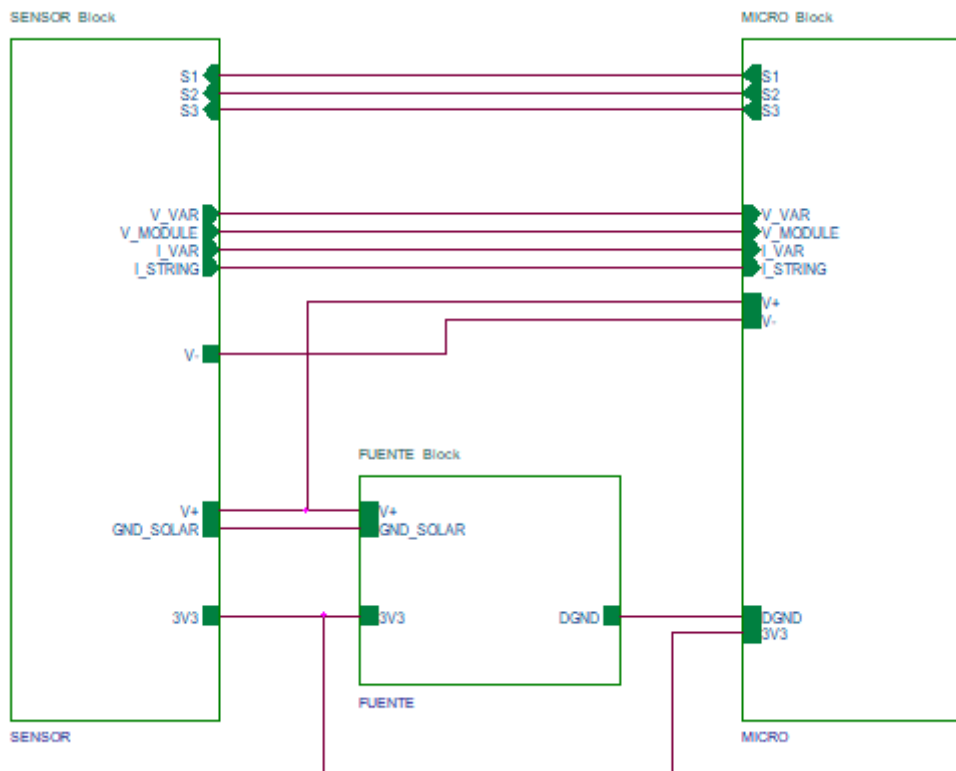


Figura 10. Sistema completo.

Los tres bloques del sistema, la función del sensor es obtener datos y variar los valores del panel solar para su monitorización, la fuente se encarga de adaptar el voltaje a las necesidades del sistema y el micro se encarga de las comunicaciones y del procesado de la información recogida.

3 Diseño PCB

El diseño del PCB se ha efectuado mediante el PCB editor de Allegro, teniendo en cuenta las características del circuito.

La visualización de las imágenes de las capas no aporta mucha información. Pero al ser un documento informativo se incluyen.

Para los documentos de esta clase, lo mejor es utilizar los archivos gerber y visualizarlos con una herramienta específica para ello, como gerber-viewer.com. Permite observar las capas de forma dinámica y entender mejor el esquema.

El circuito se divide en cuatro capas diferentes: TOP, VER, HOR y BOTTOM. Cada una de ellas tiene una función diferente.

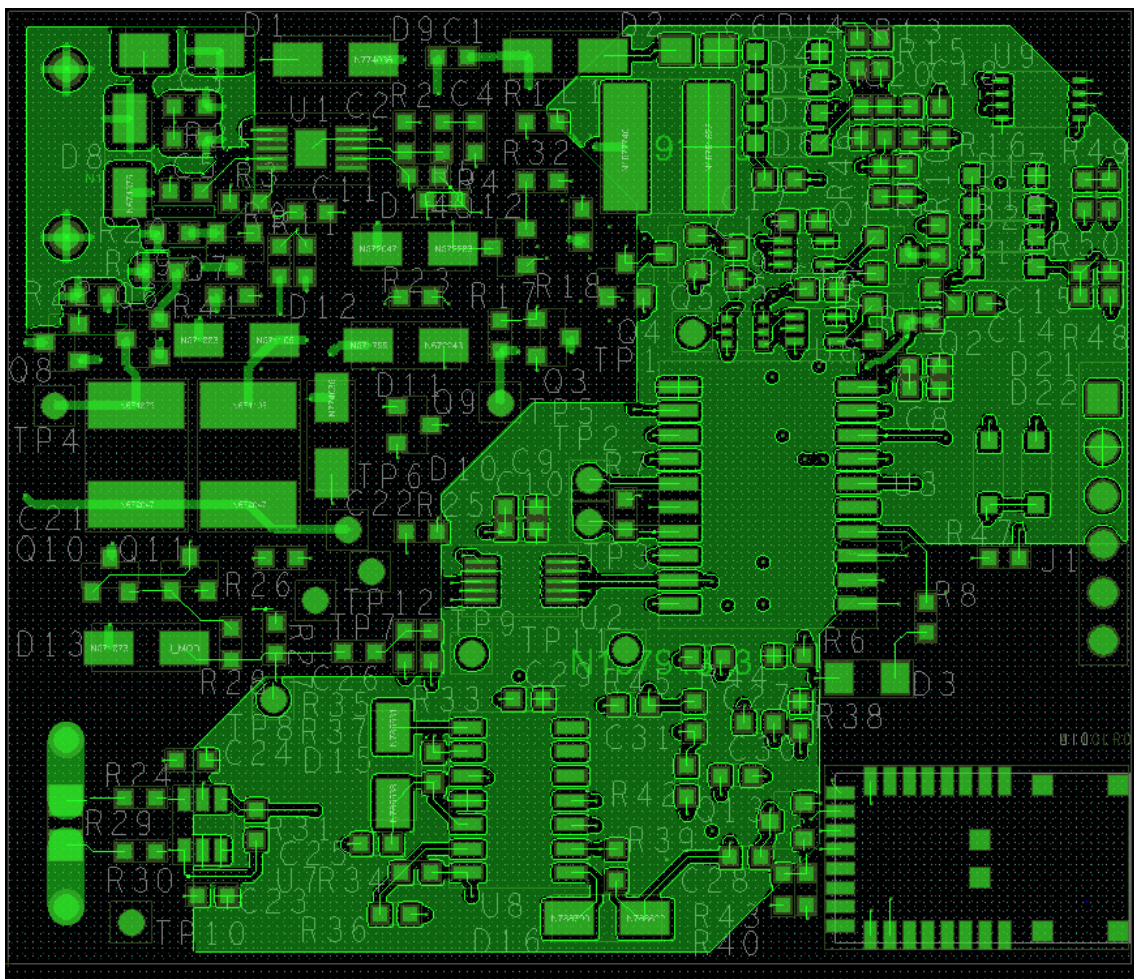


Figura 11.Capa Top del circuito.

La capa Top es la capa donde se encuentran todos los componentes del circuito, es la superficie superior del diseño. En esta capa se tienen dos planos diferentes: uno de 40 V, que se obtiene de la tensión del panel; y un plano de tierra, para el aislamiento de la mayor parte del circuito. La zona con plano de 40 V tiene que tener una separación de 0.4 mm respecto de otras tensiones, para controlar que no se den interferencias por la diferencia de potencial. Algunas líneas del circuito tienen un ancho de pista mayor para poder transportar una corriente mayor.

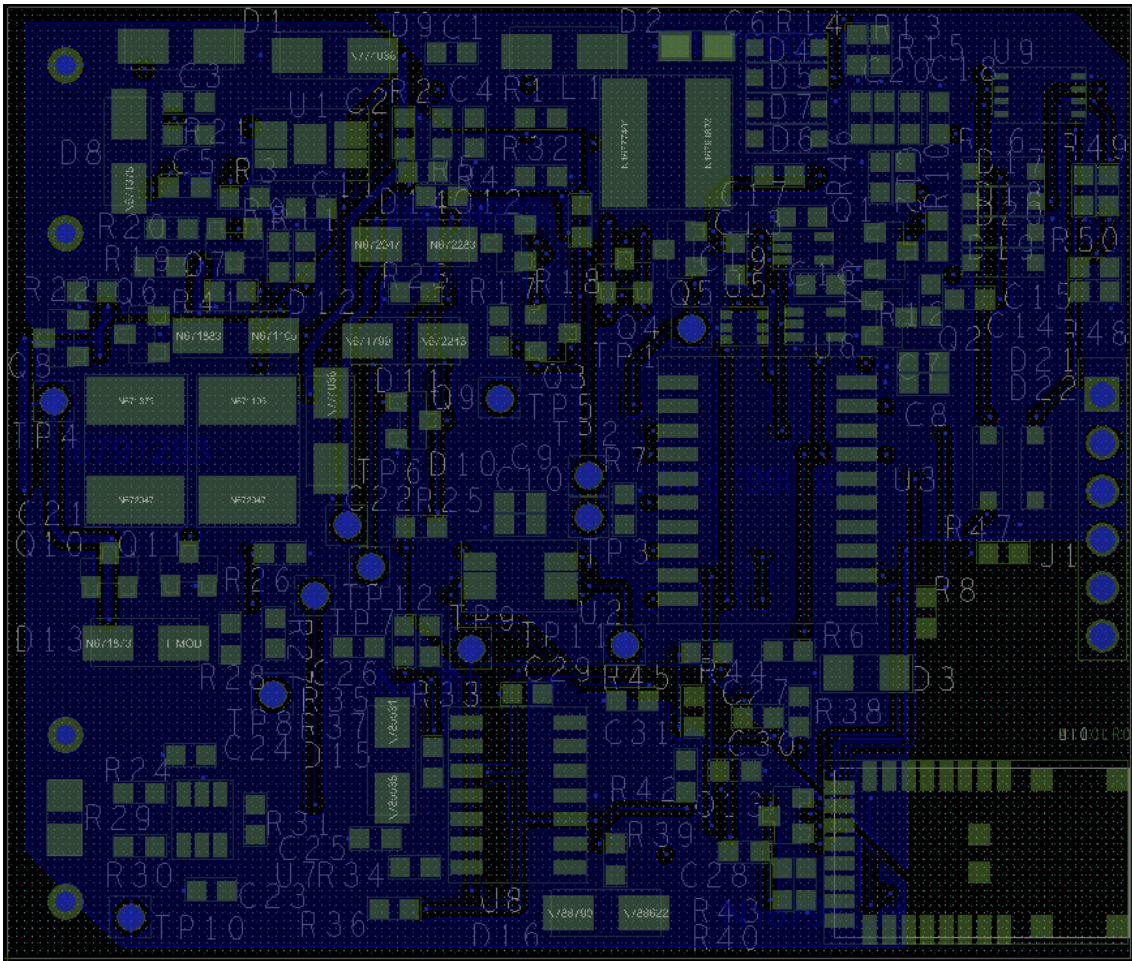


Figura 12. Capa Ver del circuito.

Segunda capa del diseño, no se puede ver desde el exterior por ser una capa interior, la principal función de esta capa es el rutado de las pistas verticales del PCB. No todas las líneas verticales están presentes y alguna horizontal también se incluye, pero es debido a que es más eficiente ese proceso que el crear una vía nueva entre capas. Tiene dos planos de tierra para las dos tierras del circuito, aunque realmente es una sola tierra separada por una resistencia de 0 Ohmios.

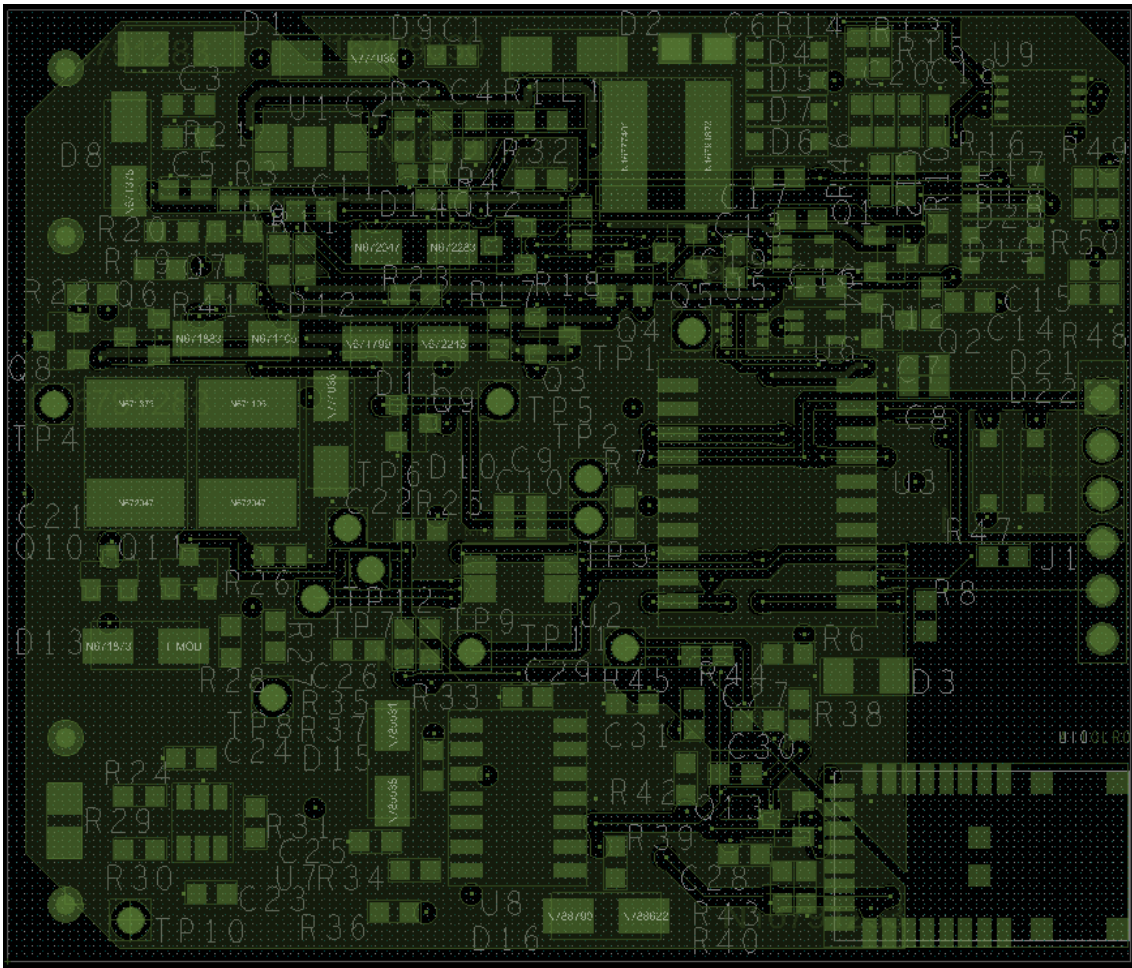


Figura 13. Capa Hor del circuito.

Tercera capa del diseño, que como la segunda está por el interior, su función es el rutado de las pistas horizontales del PCB. Se encuentran presentes los dos planos de tierra del circuito, separados por la resistencia de 0 Ohmios.

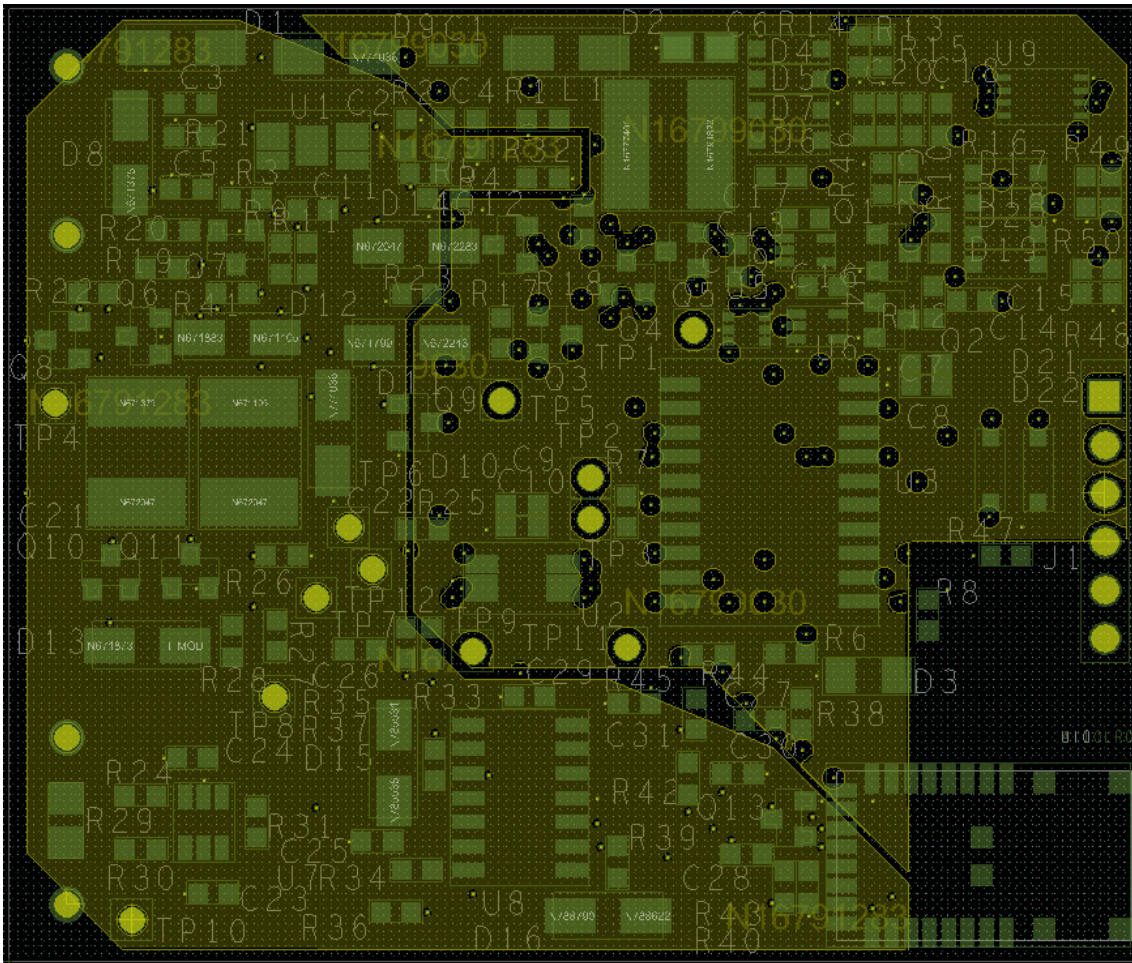


Figura 14. Capa BOTTOM del circuito.

Ultima capa del circuito la cara de abajo, tiene dos planos de tierra y su función es la conexión a tierra de los componentes de la capa TOP mediante vías.

Como se puede apreciar en todas las capas, abajo a la derecha de la placa hay un vacío donde no llega ningún plano. Esto se debe a que ahí se encuentra el dispositivo Anaren A110LR09A, que incluye una antena y se recomienda la instalación como se observa en la siguiente figura [1].

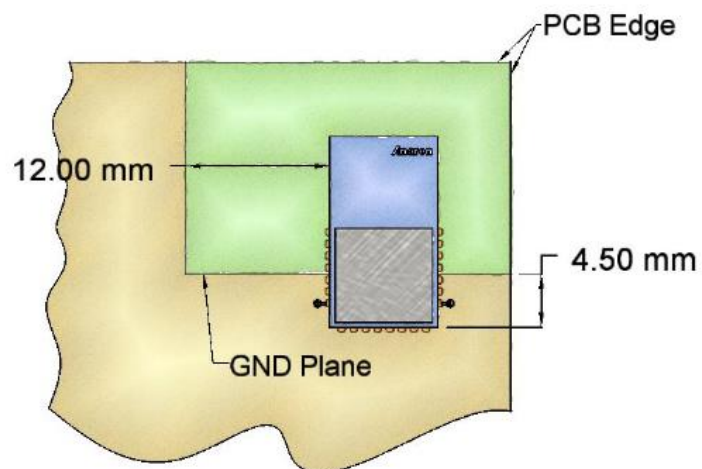


Figura 15. Montaje de antena para evitar interferencias.

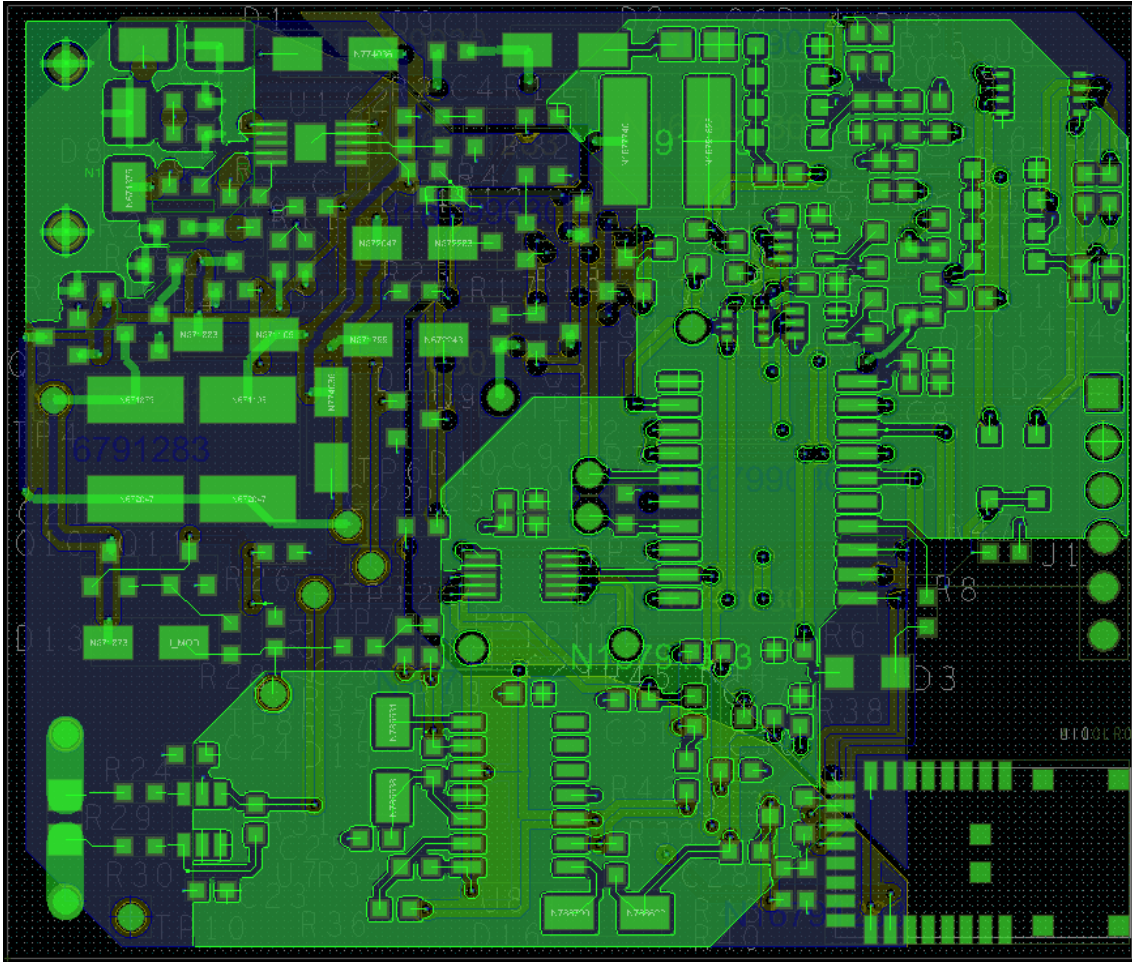


Figura 16. Diseño PCB completo.

En esta última figura, se puede ver todo el sistema completo, que tiene unas dimensiones de 60x50 mm, el tamaño de la placa se ha reducido considerablemente porque se ha aumentado la densidad de componentes en el espacio y se han quitado algunos elementos que ocupaban mucho tamaño, como los conectores para el RS485 y los aisladores.

4 Simulaciones

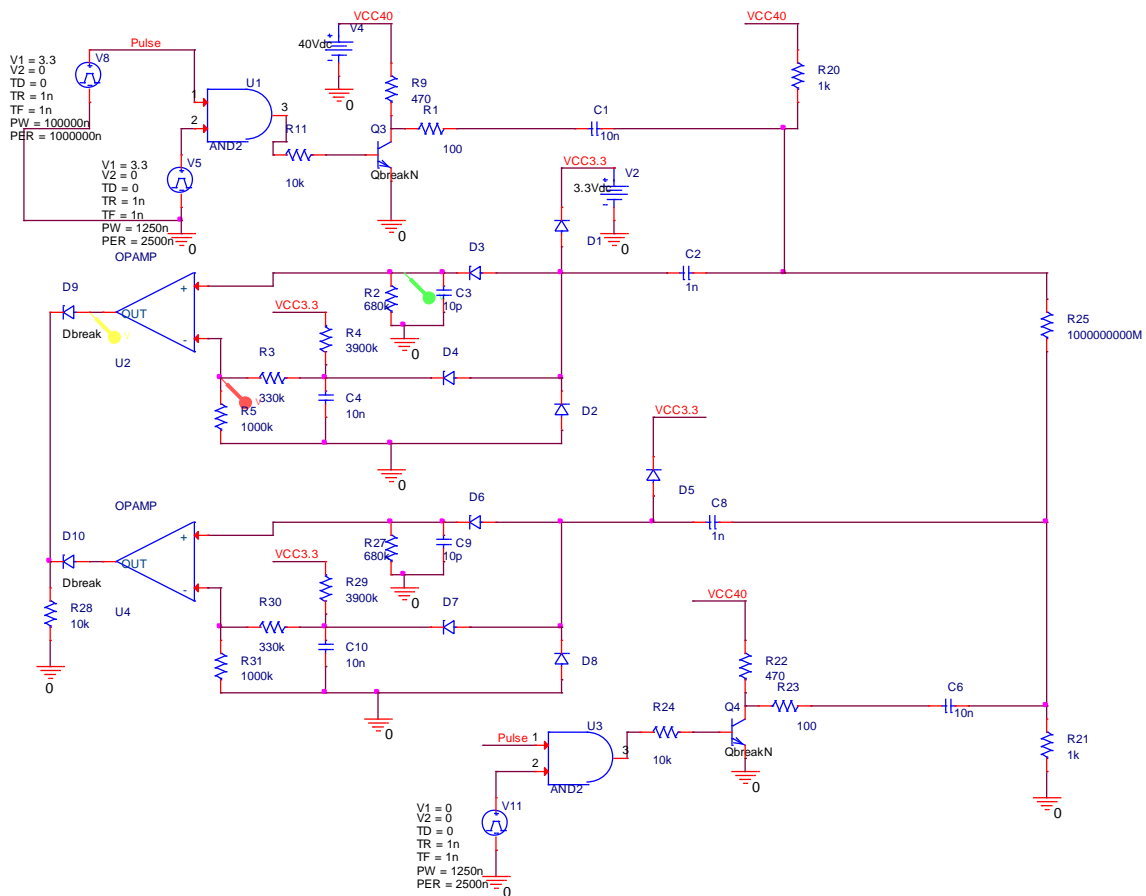


Figura 17. Diseño circuito de simulación.

Las simulaciones se llevan a cabo con Pspice, de Cadence. En la figura 18 se encuentra el circuito sobre el que se simula el funcionamiento del PLC. Tiene alguna diferencia con el esquemático del proyecto, ya que para que la simulación funcione hay que cambiar algún componente y añadir otros. Los diodos para simulación y el transistor son diferentes, pero no provocan ningún problema en el diseño. Las resistencias R20, R21 y R25 son necesarias para que funcione la simulación, la R11 de 10K es un añadido que no afecta en nada porque en el proyecto original los transistores mun2215 incluyen esa resistencia de base [2].

Para simular la modulación OOK, se utiliza una puerta AND donde van conectadas las señales de la portadora y moduladora. La segunda puerta AND hace la misma función, pero es para simular una segunda transmisión.

Las señales que se han analizado en la simulación son: la señal verde, medida en la recepción de la señal y que va a la entrada positiva del operacional para su comparación; la señal roja, en el boque de recepción se encarga de marcar un umbral de 2.5V en el operacional para la comparación; por último, la señal amarilla, salida del amplificador operacional, es la señal en formato serie igual a la enviada.

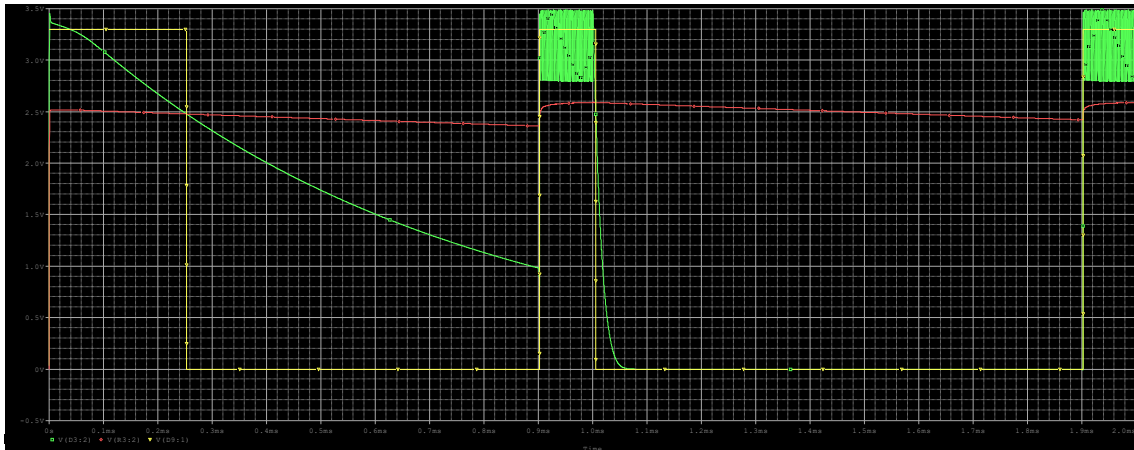


Figura 18. Simulación de recepción de 00h.

En esta primera simulación, se ha enviado un pulso por V8, señal portadora, con una configuración que imita el envío de un 00h con bit de Start a '0' y bit de Stop a '1'. La recepción de datos del circuito no es lo suficientemente rápida en el primer dato recibido, pero a partir del primero se corrige. La solución a este problema es que los primeros bits de las cadenas de datos enviadas sean de sincronización.

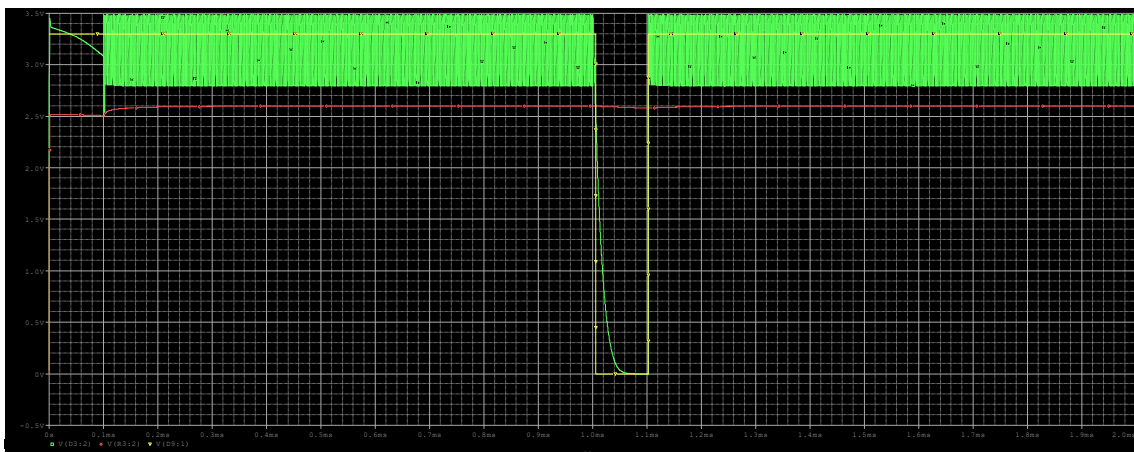


Figura 19. Simulación de recepción de FFh.

En esta segunda simulación, se ha enviado un pulso por V8, señal portadora, con una configuración que imita el envío de un FFh con bit de Start a '0' y bit de Stop a '1'. Como ocurre en la primera simulación, el primer byte no lo detecta a tiempo, así que se pierde. El resto de la transmisión se hace correctamente.

De las simulaciones se concluye que las comunicaciones a través de la alimentación eléctrica son posibles, por ello se puede avanzar con las siguientes pruebas. También se observa que en la recepción se pierde el primer bit de información, por lo tanto, hay que añadir bits de sincronización al inicio de la comunicación.

5 Pruebas con prototipo

Para las pruebas con prototipo lo primero que se ha hecho es un montaje de PLC simple de prototipo y se han efectuado pruebas de comunicación PLC entre 2 tarjetas idénticas, mediante un cable.

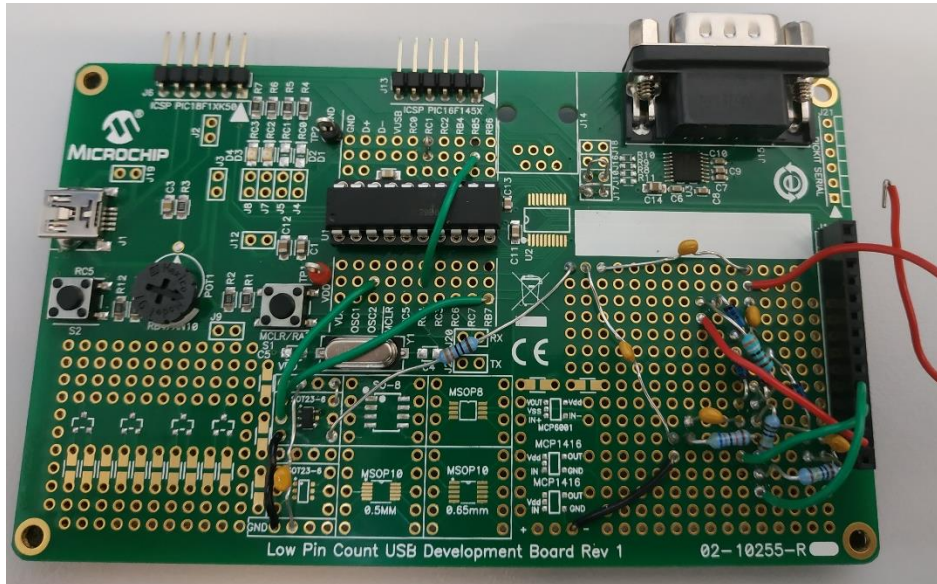


Figura 20. Prototipo de comunicación mediante PLC.

El diseño de PLC que se utiliza en este prototipo es algo diferente del final, ya que no incluye el amplificador de señal mediante transistor y se alimenta a 5 V. La señal umbral de recepción es de 1.5 V porque la amplitud de la señal recibida es menor.

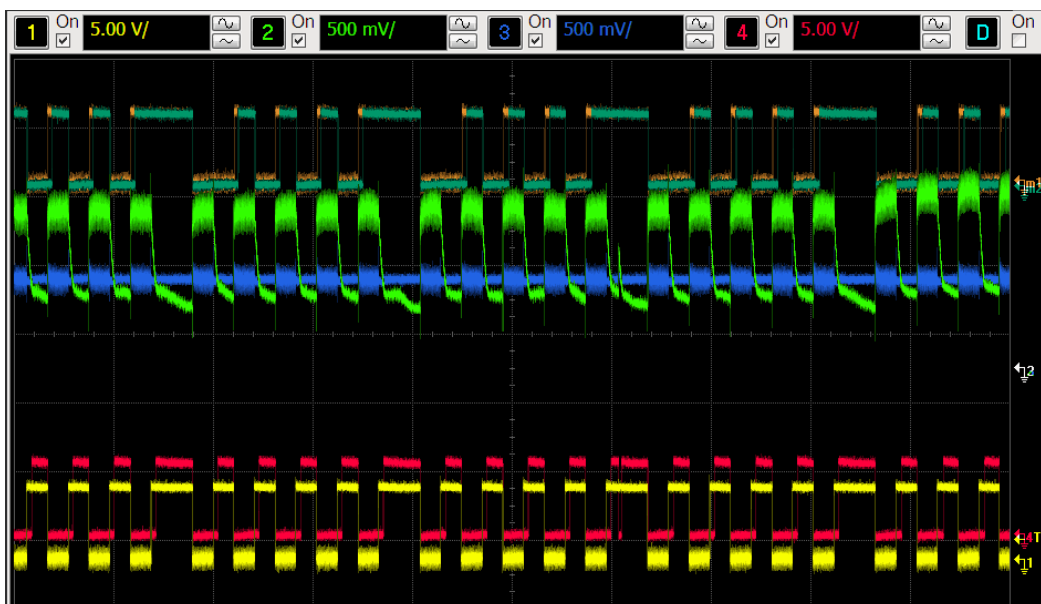


Figura 21. Comunicación PLC entre prototipos.

La señal amarilla, la 1, es el dato enviado a través de TX que envía sin parar; la señal azul, es el umbral a 1.5V que va al comparador; la señal verde, es la señal modulada recibida en la segunda tarjeta; la señal roja, es la recepción a la salida del comparador.

Mediante esta prueba se determina que el PLC es válido para la comunicación entre prototipos.

En la siguiente prueba se transmite a través del panel solar en laboratorio.

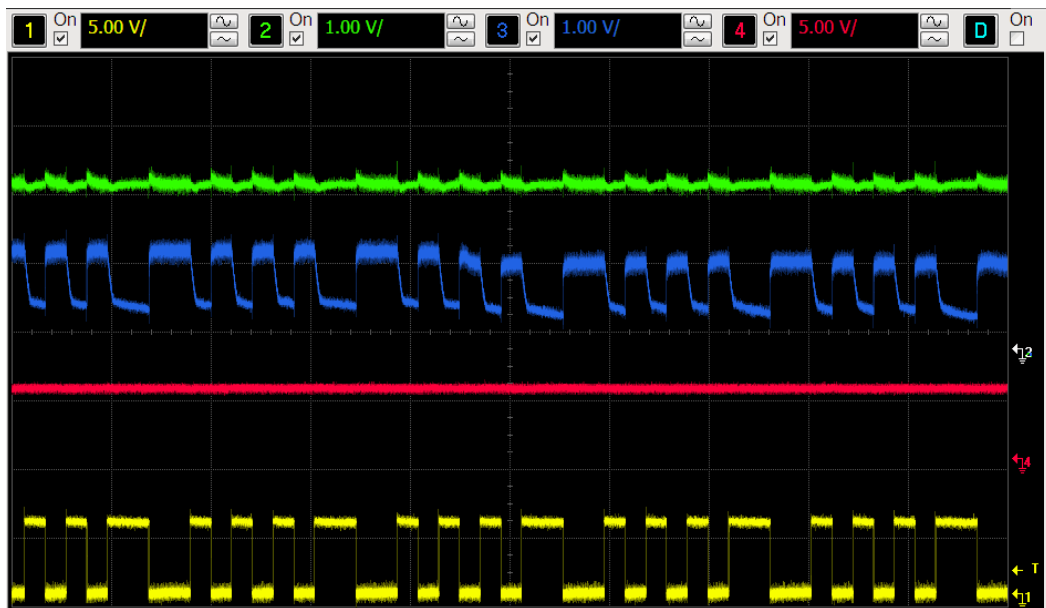


Figura 22. Comunicación en sentido opuesto.

El panel funciona como diodo, lo que permite que en una dirección la comunicación se transmita sin atenuarse y en la otra dirección se atenúe considerablemente.

Al final del proyecto se ha determinado que solo el panel solar del laboratorio funciona como diodo, y por tanto se han duplicado los componentes electrónicos encargados de la transmisión y recepción de datos, para así diferenciar el origen y dirección de envío de los datos durante la comunicación. Pero se puede observar que la comunicación mediante PLC es una buena opción para trabajar con paneles fotovoltaicos y funciona correctamente.

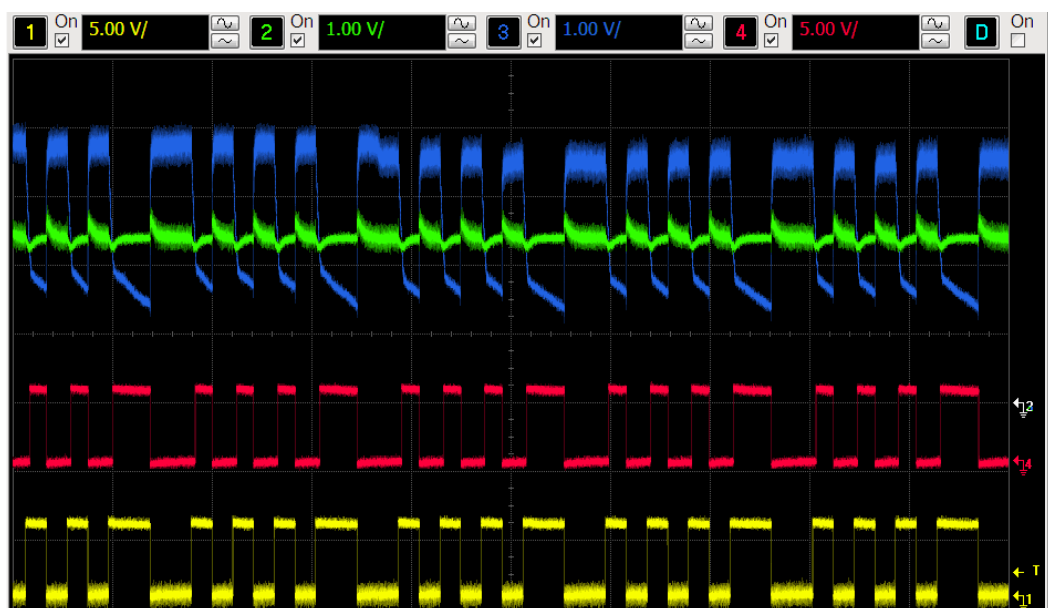


Figura 23. Comunicación dirección del diodo.

Referencias

[1] Datasheet, "*mun2215-NPN*" OnSemiconductor, 2011.

[2] Datasheet, "*A110LR09x User's Manual*", Anaren Microwave, Release Date 10/31/11.