

Conmutador remoto para pedales de efectos de instrumento eléctrico.

Ramiro González Valero

Grado en ingeniería de tecnologías y servicios de telecomunicación
Diseño de Sistemas Electrónicos

Nombre Consultor/a: Carlos Gonzálo Moreno.

10/01/2022

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	<i>Conmutador remoto para pedales de efectos de instrumento eléctrico</i>
Nombre del autor:	<i>Ramiro González Valero</i>
Nombre del consultor/a:	<i>Carlos Gonzálo Moreno.</i>
Nombre del PRA:	
Fecha de entrega (mm/aaaa):	01/2022
Titulación:	<i>Grado en ingeniería de tecnologías y servicios de telecomunicación.</i>
Área del Trabajo Final:	<i>Diseño de sistemas electrónicos</i>
Idioma del trabajo:	<i>Español</i>
Palabras clave	<i>Conmutador, instrumento, efecto.</i>
Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras): .	
<p>La finalidad de este proyecto es el diseñar un sistema inalámbrico para realizar la conmutación remota de los pedales de efectos utilizados por los intérpretes de instrumento eléctrico (guitarra eléctrica, bajo eléctrico)</p> <p>En la actualidad, los pedales de efectos comerciales existentes necesitan de cables coaxiales para que les llegue la señal del instrumento y se pueda modular. Se persigue el intentar eliminar del escenario todos estos cables, de esta manera, activaríamos los efectos, pero sin su manipulación en el interior de dichos pedales, para conseguir una mejor apariencia visual sobre el escenario y para la durabilidad del efecto en sí, ya que la activación se lleva a cabo con el pie.</p> <p>Para ello, se generarán dos módulos, uno emisor y otro receptor:</p> <p>El módulo emisor se encargará de a partir de switch (interruptores de pie) se genere un código, el cual se emita en 433MHz.</p> <p>El módulo receptor se encargará de recibir este código y decodificarlo. Su decodificación originará la activación o desactivación de relés, los cuales enrutarán la señal del instrumento hacia el amplificador, bien a través de los pedales de efectos acabando en el amplificador, o bien directamente al amplificador, sin pasar por los efectos.</p> <p>La metodología utilizada es la de diseñar el circuito en base a los componentes elegidos, para después plasmarlos en placas y finalmente realizar el soldado de los componentes y realizar producto piloto finalizado, para su testeo.</p>	

Abstract (in English, 250 words or less):

The project's purpose is designing a wireless system to remotely switch the effect pedals used by electric instrument's players (electric guitar, electric bass).

At these days, existing commercial effects pedals require coaxial cables for the instrument signal to reach them and can be modulated. The aim is to try to eliminate all these cables from the stage, in this way, we would activate the effects, but without their manipulation inside pedals, to achieve a better visual appearance on stage and for the durability of the effect itself, since activation is carried out with the foot.

To do this, two modules will be generated, one emitter and the other receiver:

The transmitter module will generate a code from the switch (foot switches), which will be emitted at 433MHz.

The receiver module will receive this code and will be decoded. This decoded pulse will cause the activation or deactivation of relays, which will route the instrument's signal to the amplifier, either through the effects pedals ending in the amplifier, or directly to the amplifier, without going through the effects.

The methodology used is to design the circuit based on the chosen components, to later translate them into plates and finally weld the components and make the finished pilot product, for testing.

Índice

Capítulo 1. Introducción.....	7
1.1. Justificación del trabajo.....	7
1.2. Diagrama de bloques.....	9
1.3. Objetivos del Trabajo	10
1.4. Enfoque y método para seguir.....	11
1.5. Planificación del Trabajo.....	12
1.6. Breve resumen de productos obtenidos.....	14
1.7. Breve descripción de los otros capítulos de la memoria.....	14
Capítulo 2. Elementos del circuito.....	15
2.1 Emisor y receptor TWS 433 y RWS 433.....	15
2.1.1 Estudio de la banda ISM.....	15
2.1.2 Módulo emisor y receptor.....	16
2.2 Módulos codificador y decodificador.....	18
2.3 Enrutamiento de la señal hacia los efectos.....	24
2.4 Transistor NPN - 2N2222A.....	25
2.5 Fuente alimentación del emisor.....	26
2.6 Fuente de alimentación del receptor.....	26
Capítulo 3. Implementación de circuitos en EAGLE.....	28
Capítulo 4. Simulación de los circuitos.....	33
Capítulo 5. Pruebas funcionales.....	38
Capítulo 6. Conclusiones.....	43
Capítulo 7. Glosario.....	44
Capítulo 8. Bibliografía	45
Capítulo 9. Anexos.....	46
9.1 Anexo I. Descarga, instalación y estudio software.....	46
9.2 Anexo II. Datasheets.....	51
9.2.1. Codificador y decodificador.....	51
9.2.2. Emisor y receptor RF.....	51
9.2.3. Transistor NPN 2N2222. [16].....	52
9.2.4. Relé 5 V _[17]	52
9.3 Anexo III. Mecanización placas y soldadura de componentes.....	53
9.4 Anexo IV. Productos terminados.....	60
9.5 Anexo V. Testeo de productos en escenario.....	62

Lista de figuras

Ilustración 1. Situación actual de los pedales de efecto en un escenario.	7
Ilustración 2. Posible lugar en el escenario, donde poder colocar los efectos.	8
Ilustración 3. Diagrama de bloques	9
Ilustración 4. Diagrama de Gantt	12
Ilustración 5. Regiones ISM	15
Ilustración 6. Emisor y receptor 433 MHz	17
Ilustración 7. Codificador/decodificador HT12-E/D	18
Ilustración 8. Descripción pines decodificador HT12-D	19
Ilustración 9. Descripción de pines emisor HT12-E	20
Ilustración 10. Detalle pines HT12-E.	21
Ilustración 11. Micro interruptor 8 contactos.	21
Ilustración 12. Curva oscilación VS voltaje	22
Ilustración 13. Detalles de los pines del decodificador HT12-D	22
Ilustración 14. Tabla comparativa entre los distintos circuitos.	23
Ilustración 15. Circuitos dobles relé 5 V	24
Ilustración 16. Características técnicas bobina relé.	24
Ilustración 17. Medidas físicas relés.	25
Ilustración 18. Tabla características técnicas del transistor NPN 2N2222.	25
Ilustración 19. Etapas fuente alimentación [12].	27
Ilustración 20. Esquema de la fuente de alimentación.	28
Ilustración 21. Esquema de emisor.	29
Ilustración 22. Se representa el layout de la cara bottom del circuito emisor.	30
Ilustración 23. Circuito de receptor.	31
Ilustración 24. Se representa el layout de la cara bottom del circuito receptor.	32
Ilustración 25. Circuito en reposo.	33
Ilustración 26. Activación del primer switch.	34
Ilustración 27. Activación tercer switch.	34
Ilustración 28. Activación del cuarto switch.	35
Ilustración 29. Detalle de activación de relé.	35
Ilustración 30. Enrutado señal efecto ON [2,7,10]	36
Ilustración 31. Enrutado señal efecto OFF [2,7,10]	37
Ilustración 32. Tensión de la fuente de alimentación del receptor.	38
Ilustración 33. Tensión de la fuente de alimentación del emisor.	38
Ilustración 34. Tensión en el codificador.	39
Ilustración 35. Tensión en el decodificador.	39
Ilustración 36. Tensión en las entradas del emisor en reposo.	39
Ilustración 37. Tensión en las salidas del decodificador.	40
Ilustración 38. Tensión en las entradas del codificador, una vez activados los switches.	40
Ilustración 39. Tensión en las salidas del decodificador.	41
Ilustración 40. Comprobación visual con todos los switches encendidos.	41
Ilustración 41. Tensión en la bobina del relé.	42
Ilustración 42. Tensión entre base y emisor en los transistores 2N2222	42
Ilustración 43. Descarga EAGLE.	46
Ilustración 44. Elección sistema operativo.	46
Ilustración 45. Comienza la descarga.	46

Ilustración 46. Aceptamos acuerdo.	47
Ilustración 47. Ruta de instalación.	47
Ilustración 48. Acceso en escritorio.	47
Ilustración 49. Preparado para instalar.	47
Ilustración 50. Instalación en curso.	48
Ilustración 51. Termina la instalación.	48
Ilustración 52. Correo para registro.	48
Ilustración 53. Software preparado para su uso.	48
Ilustración 54. Índice software.	49
Ilustración 55. Listado de proyectos existentes.	49
Ilustración 56. Adición de componentes.	50
Ilustración 57. Ejemplo de componente añadido.	50
Ilustración 58. Uniones con cable.	50
Ilustración 59. Placa de cobre e impresión.	53
Ilustración 60. Impresión fijada a la placa de cobre.	53
Ilustración 61. Transferencia ya realizada a la placa de cobre.	54
Ilustración 62. Primeros efectos del ataque al cobre.	55
Ilustración 63. Varios minutos después de empezado el atacado del cobre.	55
Ilustración 64. Aspecto final de la placa.	56
Ilustración 65. Las tres placas ya terminadas.	56
Ilustración 66. Montaje para el taladrado de las placas.	56
Ilustración 67. Placa con los taladros realizados.	57
Ilustración 68. Fuente de alimentación con los componentes soldados.	58
Ilustración 69. Placa emisor con componentes soldados.	58
Ilustración 70. Placa receptora con los componentes soldados.	59
Ilustración 71. Receptor con la carcasa sin colocar.	60
Ilustración 72. Carcasa colocada en su lugar.	60
Ilustración 73. Cadena de efectos conectados al sistema receptor.	61
Ilustración 74. Emisor con detalle de los cuatro interruptores.	61
Ilustración 75. Testeo de productos bajo posibles fuentes interferentes.	62

Capítulo 1. Introducción.

Dentro del mundo de los intérpretes de música eléctrica de cuerda, tales como guitarristas, bajistas, etc. uno de los pilares importantes para su desarrollo es el uso de efectos para las interpretaciones, tales como moduladores de señal, distorsionadores, moduladores de volumen o reverb, entre ellos.

Estos efectos, van insertados entre el instrumento y el amplificador (en ocasiones la mesa de mezclas) y su lugar en el escenario suele ser donde el músico está alojado. Su uso es sencillo, con el pie activamos o desactivamos el efecto según interese, por lo que estos efectos comúnmente se les suele llamar “pedales de efecto”.

Podemos ver en la siguiente ilustración, como es la típica “pedalera” que aloja estos pedales de efectos y cuál es su ubicación en un escenario, cuya activación se realiza con los pies:



Ilustración 1. Situación actual de los pedales de efecto en un escenario.

1.1. Justificación del trabajo.

Por los datos que hemos ido recogiendo, fundamentalmente en la experiencia contrastada de músicos conocidos, los pedales de efectos van recogiendo suciedad, y con el tiempo acaban deteriorándose, ya que los interruptores de suelo que los activan están dispuestos justo encima de la electrónica de dichos pedales y los mismos interruptores son los que más sufren esta suciedad, dando lugar a chasquidos, e incluso comportamientos erróneos.

En este proyecto nos vamos a centrar en la construcción de un control remoto RF, el cual active o desactive estos efectos, los cuales estarán alojados en un lugar seguro y limpio, como pueda ser al lado del amplificador y los cuales podrán ser intercambiados a gusto, ya que el sistema será escalable, es decir, ninguno de los pedales de efecto comerciales será manipulado en su interior.

Es decir, como objetivo al igual que en un sistema electrónico de comunicaciones es transferir información de un lugar a otro.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de la localización donde podríamos situar estas unidades de efecto:

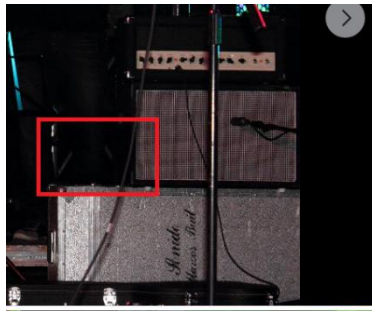


Ilustración 2. Posible lugar en el escenario, donde poder colocar los efectos.

El control remoto, además contará con alimentación por cable y también con baterías.

Las necesidades que cubrir, por un lado, no se deteriorarán los efectos, es decir el hardware. Por otro lado, el músico a la hora de recoger sus instrumentos lo tendrá mucho más fácil, ya que, si los efectos los incluye en el mueble del amplificador, únicamente tendrá que recoger el control remoto que supondrá una cajita transportable y manejable.

Es un tema relevante para mí, y para otros músicos como yo, ya que en la actualidad no existe un sistema igual, según fuentes consultadas [13,14], y obtendríamos las ventajas incluidas en el apartado anterior.

Actualmente según se ha consultado directamente con varios músicos de la escena musical, no existe todavía un sistema simple para efectuar en este caso la conmutación de efectos vía RF, es decir, todos son por cable coaxial, con la necesidad de tener que utilizar varios cables físicos. Si lográramos hacer este cambio de efectos inalámbrico, llegaríamos a eliminar varios cables sobre el escenario por músico.

Fabricantes mundiales de amplificadores y efectos como Fender, Marshall, Vox, Boss, etc. disponen de estos efectos, pero no de un sistema de conmutación inalámbrico.

El alcance, será la transmisión de una señal codificada, desde el emisor, la cual se originará con unos interruptores de pie (dpdt) hasta el receptor, el cual descodificará esta señal y mediante relés será capaz de dirigir la señal hacia las unidades de efectos o bien dejar la señal original intacta.

1.2. Diagrama de bloques.

El diagrama de bloques nos define de forma gráfica los distintos bloques que componen el proyecto, mediante un resumen breve en la caja de textos.

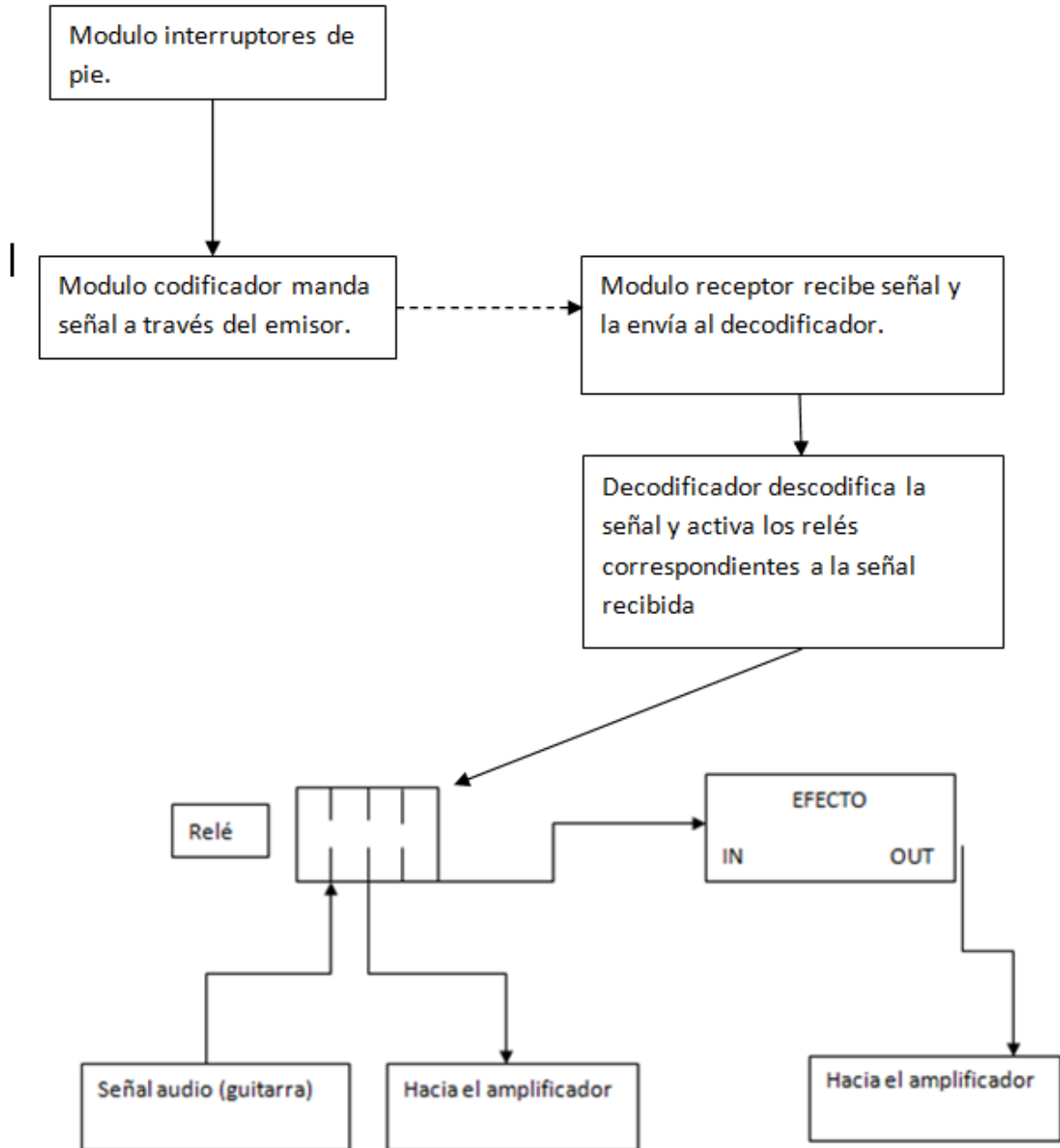


Ilustración 3. Diagrama de bloques

1.3. Objetivos del Trabajo

Los principales objetivos genéricos identificados en el ámbito de mi titulación son los siguientes:

- Estudio de la codificación/decodificación de señales analógicas, en señales digitales las cuales sean enviadas por ondas electromagnéticas.
- Estudio de circuitos electrónicos, en particular, estudio de circuitos de fuentes de alimentación, conmutación con relés, y trabajo con elementos pasivos, tales como resistencias, condensadores, rectificadores y diodos, así como el uso de tester y generador de señales.
- Estudio de electrónica de comunicaciones, en concreto de emisores y receptores, y modulaciones digitales.

Los objetivos específicos del proyecto son:

- Creación y diseño de fuente de alimentación necesaria para el sistema.
- Generar pulsos analógicos a partir de interruptores de suelo DPDT.
- Codificación de estos pulsos analógicos en datos digitales.
- Envío y recepción de datos digitales en la frecuencia de 433 MHz.
- Decodificación de estos datos digitales y mediante esta decodificación, activar y desactivar relés que permitan o no el paso de la señal del instrumento hasta los efectos de modulación.
- Esta activación/desactivación de los efectos, tiene que ser completamente transparente, sin que produzca ruidos en su activación/desactivación.
- Creación de esquema de los circuitos necesarios mediante la herramienta EAGLE.
- Creación de las placas físicas mediante sistemas de quemado de cobre, tales como Cloruro férrico y escamas de sal sosa para su revelado o bien directamente con sulfumán y agua oxigenada.
- Mecanizado de dichas placas, e inserción de componentes.
- Probado físico del sistema, frente a distintas fuentes electromagnéticas típicas en el entorno de un escenario (micrófonos inalámbricos, monitoreo in-ear inalámbrico...)

1.4. Enfoque y método para seguir.

La estrategia para seguir será la de desarrollar un producto nuevo, y para ello se va a dividir en tareas, las cuales se irán desarrollando en los diferentes capítulos. Se prefiere esta estrategia ya que, en caso de adaptar un producto ya existente, nunca va a quedar según las especificaciones deseadas como músico

Se ha organizado el trabajo y dividido en tareas sencillas, para ir encadenándolas según avance el proyecto.

Tarea 1. Diseño del circuito de adaptación para el switch de las señales analógicas, circuito de control de salidas y fuente de alimentación. Estudio de la banda ISM 433 MHz.

Tarea 2. Estudio de software EAGLE para la creación del esquema y posterior layout. Estudio del software PROTEUS para simulación del circuito.

Tarea 3. Elección y compra de los componentes adecuados para dicho proyecto, tales como codificadores, decodificadores, relés, interruptores de suelo DPDT, emisores y receptores de las señales codificadas, según el estudio de las bandas a utilizar.

Tarea 4. Estudio y realización en EAGLE/PROTEUS del circuito.

Tarea 5. Estudio y compra de los materiales del mercado que permitan crear la placa electrónica, es decir, estudiar qué método se puede aplicar para realizar la placa electrónica.

Tarea 6. Creación del layout físico de la placa, mecanizado, e inserción y soldadura de los componentes.

Tarea 7. Creación física de la parte del controlador emisor.

Tarea 8. Creación física de la parte del controlador receptor.

Tarea 9. Pruebas funcionales del sistema.

Tarea 10. Pruebas funcionales del sistema bajo posibles interferencias externas.

Tarea 11. Recopilación de información y creación de la memoria final.

1.5. Planificación del Trabajo

Diagrama de Gantt. El diagrama de Gantt es una herramienta básica y útil para representar gráficamente las diferentes tareas planificadas y su evolución a lo largo del tiempo.

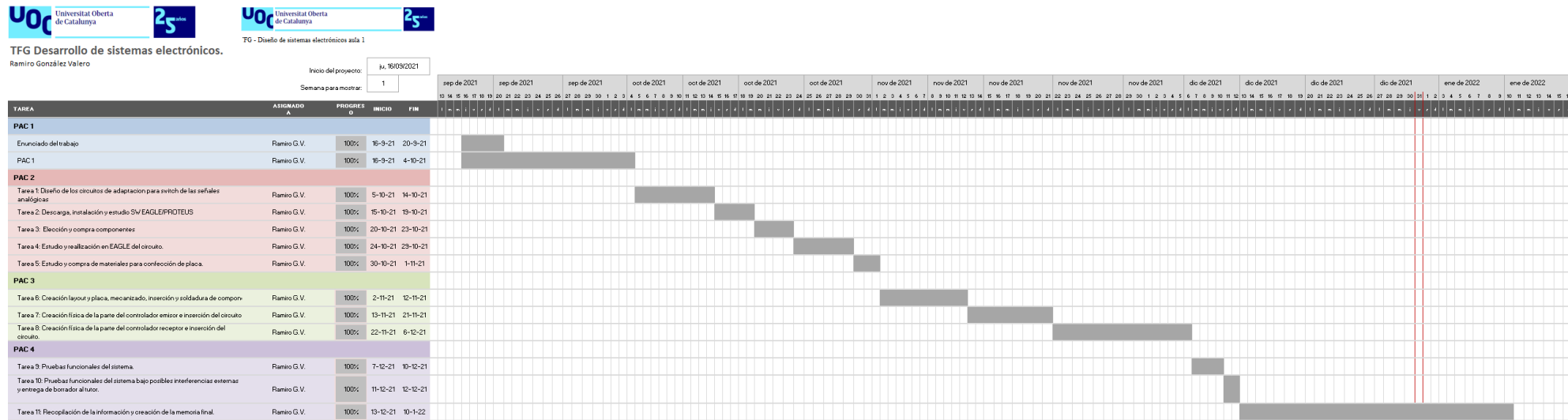


Ilustración 4. Diagrama de Gantt

Plan de hitos.

El plan de hitos de un proyecto, indica la planificación de los distintos eventos esenciales de un proyecto.

Plan de hitos del proyecto.		
Hito	Fecha	Meta
Inicio proyecto - Enunciado	20/09/2021	Concreción y delimitación del trabajo realizada.
PAC1 - Planificación	04/10/2021	Plan de trabajo aprobado
PAC2 - Desarrollo	01/11/2021	Desarrollo dispositivo
PAC3 – Desarrollo y entrega parcial	06/12/21	Dispositivo completado y entrega del borrador al tutor.
PAC4 – Entrega final	10/01/22	Entrega final del trabajo.

Plan de riesgos.

El plan de riesgos define los posibles riesgos durante la ejecución del proyecto, de principio a fin.

Plan de riesgos del proyecto.					
Riesgo	Probabilidad			Evaluación	Gestión
	Bajo	Medio	Alto		
No encontrar los componentes adecuados para realizar el proyecto (aumento de tiempo de realización del proyecto)	X			Leve	Usar un proveedor de material electrónico, en lugar de ir buscando en internet en distintas páginas.
Aprender adecuadamente en un tiempo correcto el software EAGLE, así como la creación de todos los componentes no incluidos en las librerías		X		Grave	Ampliar el tiempo previsto para el aprendizaje de dicho software.
No encontrar el material necesario o bien no saber realizar la placa electrónica mediante los distintos sistemas del mercado (Percloruro			X	Muy grave	Usar un proveedor externo que pueda facilitar una placa.

férrico para quemar el cobre que no son pistas...mala insolación de la placa...).					
Que el sistema de conmutación en el receptor mediante relés no ofrezca la suficiente calidad para que el accionamiento de la señal a través de los efectos sea de manera limpia y sin ruidos			X	Grave	Analizar cómo realizan esta conmutación los interruptores internos de los efectos comerciales
Una vez puesto en marcha en escenario, las interferencias externas propias del escenario afectan al sistema.	X			Leve	Estudiar un sistema para que las radiaciones externas no afecten a las cajas físicas que alojan los equipos.

1.6. Breve resumen de productos obtenidos

Se obtendrán dos productos físicos hardware bien delimitados, incluidos en el anexo IV:

1. Conmutador físico, el cual se compone de cuatro interruptores mecánicos (interruptores de pie) y la placa codificadora y emisora de RF, todo incluido en una caja metálica robusta.
2. Receptor y distribuidor de la señal, el cual se compone de una caja metálica que incluye la placa de la fuente de alimentación y la placa receptora, la cual distribuirá la señal a las distintas clavijas de entrada/salida.

1.7. Breve descripción de los otros capítulos de la memoria.

- Elementos del circuito y criterio de elección. Descripción de los diversos elementos del circuito, así como el criterio de elección.
- Diseño y realización en EAGLE de los circuitos. Fuente de alimentación, emisor y receptor. Descripción de los tres circuitos que forman parte del sistema, la fuente de alimentación del receptor, el emisor y el receptor.
- Simulación de los circuitos. Se realiza la simulación para comprobar el funcionamiento de los circuitos.
- Mecanización y soldadura de componentes.
- Pruebas funcionales. Pruebas realizadas en el ámbito de un escenario, con interferencias posibles.

Capítulo 2. Elementos del circuito.

A continuación, se van a describir los elementos del circuito más importantes, dejando a un lado los componentes pasivos, tales como resistencias y condensadores.

2.1 Emisor y receptor TWS 433 y RWS 433.

Al tratarse de una aplicación electrónica basada en telecomunicación, se necesitarán dos piezas claves, las cuales irán en dos circuitos diferentes. Estas dos piezas claves son un emisor y un receptor.

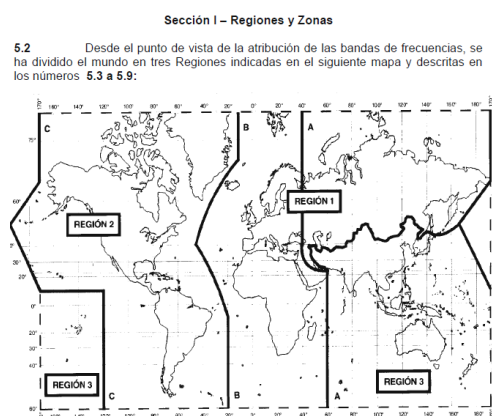
2.1.1 Estudio de la banda ISM.

A continuación, se realiza un breve estudio de la banda donde trabajan estos dos módulos.

En primer lugar, se define ISM como las bandas de radio industriales, científicas y médicas, las cuales usan muchos dispositivos electrónicos disponibles en el hogar, como teléfonos, monitores de bebés... Todos estos aparatos, utilizan una parte del espectro radioeléctrico, con lo que es necesario una regularización de este espectro para que los distintos aparatos puedan funcionar correctamente, sin causar interferencias a otros dispositivos, y precisamente es la banda ISM, la cual está regulada internacionalmente para el uso no comercial en áreas industrial, científica y médica. Su uso es abierto y cualquier persona puede utilizarla sin ningún tipo de licencia ni legalización, pero eso sí, respetando los límites de potencia de emisión y frecuencia de uso.

Las características de la banda ISM en Europa, están descritas en la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) También encontramos la información necesaria para España en el BOE. [5,9]

Podemos encontrar el mapa mundial dividido en zonas:



En este caso, a España pertenece la región 1. Una de las bandas utilizables en Europa es la de los 868 MHz, pero también y según referencia en BOE podemos utilizar la frecuencia ICM de 433 MHz. [1]

UN - 30 Aplicaciones de baja potencia en banda ICM de 433 MHz En la banda 433,050-434,790 MHz (Frecuencia central 433,920 MHz), de conformidad con la Decisión de la Comisión 2011/829/UE por la que se modifica la Decisión 2006/771/CE sobre la armonización del espectro radioeléctrico para su uso por dispositivos de corto alcance, así como la Recomendación 70-03 (anexo 1) de la CEPT, se permite con la consideración de uso común, la utilización de dispositivos no específicos de corto alcance (SRD), bajo las siguientes características:

Banda de frecuencias	Potencia	Canalización	Notas
433,050 – 434,790 MHz	1 mW p.r.a. – 13 dBm/10 kHz	No definida	Se excluyen aplicaciones de audio y vídeo. Se permiten aplicaciones de voz con técnicas de mitigación avanzadas
433,050 – 434,040 MHz	10 mW p.r.a.	No definida	Ciclo de trabajo ≤10%. Se excluyen aplicaciones de audio y vídeo.
434,040 – 434,790 MHz	10 mW p.r.a.	No definida	Ciclo de trabajo ≤10%. Se permiten aplicaciones de voz con técnicas de mitigación avanzadas.
433,040 – 434,790 MHz	10 mW p.r.a.	25 kHz	Se excluyen aplicaciones de audio y vídeo. Se permiten aplicaciones de voz con técnicas de mitigación avanzadas

Tabla de las bandas de frecuencias.

Según el estudio de la banda elegida, 433 MHz, hay dos módulos que aunque son de generaciones anteriores, nos pueden servir perfectamente, ya que no requieren licencia de uso tal y como se ha visto, y el alcance es limitado, lo cual se adapta perfectamente al alcance limitado de nuestra aplicación (el escenario de un concierto). [2]

2.1.2 Módulo emisor y receptor.

Los módulos que utilizaremos para trabajar en esta frecuencia tienen bajo costo y fácil uso. Vienen en pareja, emisor (FS1000A) y receptor (XY-MK-5 V), el tipo de comunicación es simplex, es decir en un solo canal y unidireccional, son de baja velocidad de transmisión, pero para aplicaciones básicas como esta, son muy útiles.

La frecuencia de trabajo es de 433MHz, (libre uso). Para utilizar estos módulos basta con alimentarlos y conectar el pin de datos por un lado del Transmisor (TX) y en otro el Receptor (RX).

La antena para dichos módulos es fundamental y en este caso para alcanzar dicha frecuencia, debemos usar un trozo de cable de 35 cm de largo, según recomendaciones del fabricante, esta antena será de media onda. Estos módulos de datos trabajan con modulación ASK (Amplitude Shift Key), y funcionan en UHF a una frecuencia que puede variar según el modelo, pero hay que tener en cuenta que tanto el transmisor como el receptor deben estar apareados, es decir el TX debe tener la misma modulación y frecuencia que el RX

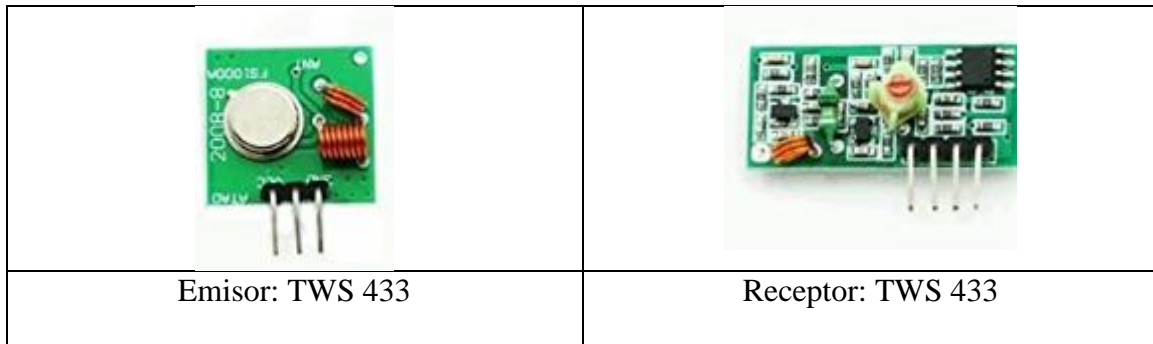


Ilustración 6. Emisor y receptor 433 MHz

El criterio de elección de estos componentes frente a otros es:

1. Según el estudio de frecuencias realizado, se necesita que funcionen en un rango de 433 MHz, (libre uso).
2. Se descartan los módulos Bluetooth existentes en el mercado:
 - a. El uso de estos módulos implicaría el uso de una placa Arduino y su desarrollo, para el correcto funcionamiento y configuración de estos módulos.
 - b. El coste es otro factor para tener en cuenta, 2.83 € por cada pieza más el coste añadido de tener que comprar la placa Arduino y el controlador tanto para el emisor como para el receptor.
 - c. El alcance, ya que los módulos 433 MHz dan un alcance más amplio y, por lo tanto, más cobertura que los de Bluetooth.
 - d. El consumo, siendo habitual entre 30 mA a 50 mA.

2.2 Módulos codificador y decodificador.

Según estudio en internet de distintos productos [4,7,9], he encontrado, de la marca Holtek, el codificador **HT12-E** [7] y el decodificador **HT12-D** [4,7,9], de 18 pines:

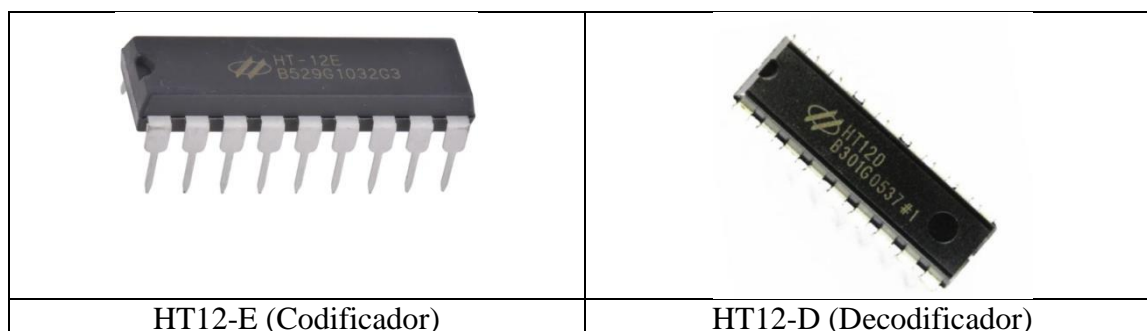


Ilustración 7. Codificador/decodificador HT12-E/D

El circuito integrado HT12-D es un decodificador serial de datos. Este circuito es especialmente útil para ensamblar dispositivos receptores de control remoto que usan canales de RF y convierte un flujo de datos serial en 4 bits de datos de salida. Durante el proceso de recepción se realiza una comparación de la dirección en el flujo de datos con la dirección seleccionada localmente antes de colocar los cuatro bits de salida en los pines correspondientes.

Las principales características de este bloque son:

Voltaje de operación 2,4 V a 12 V

Bajo consumo de corriente en Stand by

- Capaz de decodificar 12 bits de información
- Decodifica 8 bits de dirección y 4 bits de datos
- Oscilador integrado que solo requiere un resistor de 5% de tolerancia
- Pin de salida de recepción válido.

El circuito integrado HT12-E igualmente, es capaz de codificar información que consiste en N bits de dirección y 12 N bits de datos. Cada dirección / entrada de datos se puede establecer en uno de los dos estados lógicos. Las direcciones / datos programados se transmiten junto con los bits de cabecera.

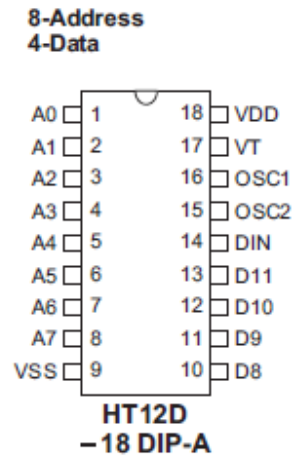
Las principales características de este circuito integrado son:

- Rango de tensión de funcionamiento de 2,4 V a 12 V
- Tecnología CMOS de baja potencia y alta inmunidad al ruido
- Baja corriente de reposo típica de 0,1 A con VDD=5 V
- El oscilador integrado solo requiere una resistencia de 5%

Se han anexo los datasheet del codificador y decodificador en el Anexo II. Datasheet. En ellos se ve cómo son las conexiones de los codificadores :

HT12-D

Pin Assignment

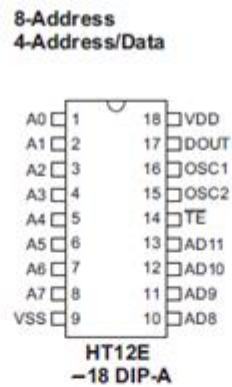


Pin Description

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0~A11 (HT12F)	I	NMOS Transmission Gate	Input pins for address A0~A11 setting These pins can be externally set to VSS or left open.
A0~A7 (HT12D)			Input pins for address A0~A7 setting These pins can be externally set to VSS or left open.
D8~D11 (HT12D)	O	CMOS OUT	Output data pins, power-on state is low.
DIN	I	CMOS IN	Serial data input pin
VT	O	CMOS OUT	Valid transmission, active high
OSC1	I	Oscillator	Oscillator input pin
OSC2	O	Oscillator	Oscillator output pin
VSS	—	—	Negative power supply, ground
VDD	—	—	Positive power supply

Ilustración 8. Descripción pines decodificador HT12-D

Las características del codificador son:



Pin Description

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0-A7	I	CMOS IN Pull-high (HT12A)	Input pins for address A0-A7 setting These pins can be externally set to VSS or left open
		NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E)	
AD8-AD11	I	NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E)	Input pins for address/data AD8-AD11 setting These pins can be externally set to VSS or left open
D8-D11	I	CMOS IN Pull-high	Input pins for data D8-D11 setting and transmission enable, active low These pins should be externally set to VSS or left open (see Note)
DOUT	O	CMOS OUT	Encoder data serial transmission output
$\overline{L/M}$	I	CMOS IN Pull-high	Latch/Momentary transmission format selection pin: Latch: Floating or VDD Momentary: VSS
\overline{TE}	I	CMOS IN Pull-high	Transmission enable, active low (see Note)
OSC1	I	OSCILLATOR 1	Oscillator input pin
OSC2	O	OSCILLATOR 1	Oscillator output pin
X1	I	OSCILLATOR 2	455kHz resonator oscillator input
X2	O	OSCILLATOR 2	455kHz resonator oscillator output
VSS	I	—	Negative power supply, ground
VDD	I	—	Positive power supply

Note: D8-D11 are all data input and transmission enable pins of the HT12A.

\overline{TE} is a transmission enable pin of the HT12E.

Ilustración 9. Descripción de pines emisor HT12-E

Desde el propio datasheet, se nos proponen dos tipos de circuitos según el fabricante, para el decodificador y el codificador respectivamente.

Emisor:

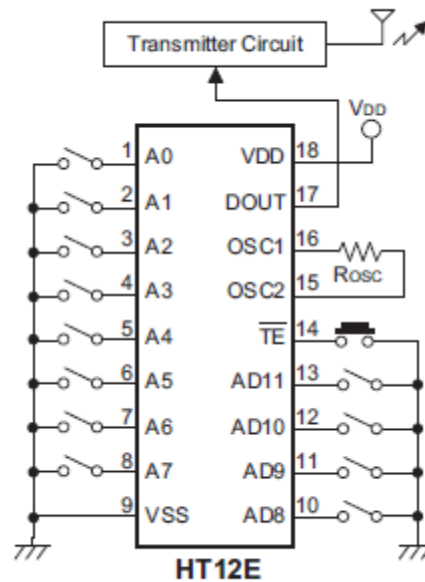


Ilustración 10. Detalle pines HT12-E.

Configuración de pines:

Pin A0 a A7. Estos terminales, corresponden a los 8 bits de palabra de datos, con lo que podemos elegir de 0 a 255 combinaciones posibles. Este código que se configurará tanto en emisor como en receptor (tienen que ser igual) lo fijaremos con un switch de 8 posiciones:

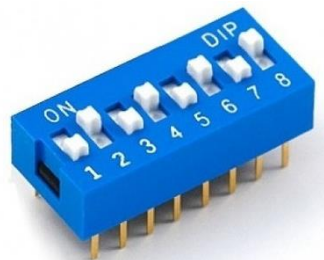


Ilustración 11. Micro interruptor 8 contactos.

Pin VSS: Este pin va conectado directamente GND o tierra.

AD8 – AD11- “AD” Por estos pines se reciben los 4 bits del emisor.

14.- “TE” Significa “Transmission enable”, es decir la transmisión se activa cuando este pin está conectado a VSS (GND o tierra).

15-16.- Se conecta aquí una resistencia que determinará la frecuencia de oscilación con la que se trabajará. Según fabricante, se recomienda que la frecuencia de oscilación del decodificador sea 50 veces la frecuencia de oscilación del codificador:

Como usaremos un voltaje de 5 V trazamos una línea en ese voltaje y consideramos que la frecuencia de oscilación promedio es de 2,15 kHz, lo que nos da como resultado una intersección con la línea de la resistencia de 33 kΩ. Según la siguiente gráfica que el fabricante incluye en el datasheet:

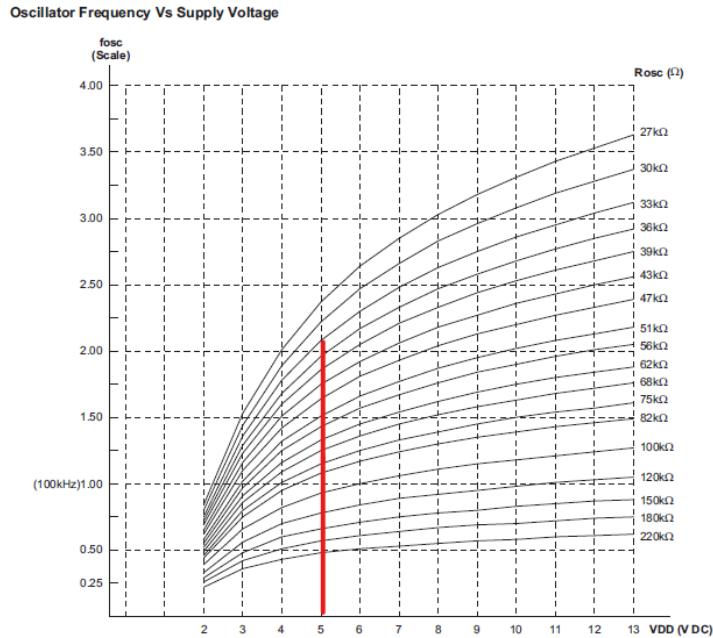


Ilustración 12. Curva oscilación VS voltaje

17.- Este pin va conectado directamente al pin de nuestro emisor de RF donde se transmiten datos. (pin2)

18.- “Vdd” Este pin va conectado directamente a nuestra fuente de voltaje. [9,7]

Receptor:

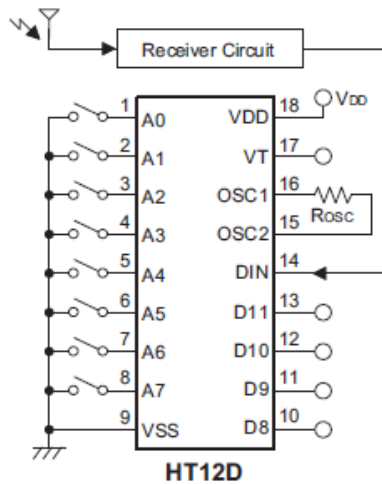


Ilustración 13. Detalles de los pines del decodificador HT12-D

Configuración de pines:

1-8.- “A” Aquí se establece una dirección, es importante que esta sea reconocida o memorizada, ya que como mencionamos anteriormente, el emisor debe contar con esta para poder establecer comunicación.

9.- “VSS” Este pin va conectado directamente al negativo en nuestro circuito (GND o tierra).

10-13.- “AD” El integrado utiliza estos pines para la salida de los 4 bits que se transmitieron en el emisor. Desde estas salidas, nosotros no se accionarán directamente los relés, ya que por consumo se podría quemar el integrado. Se accionarán mediante un transistor NPN 2N2222 que según sus características (800 mA de corriente I_c) serán más que suficientes para trabajar con el relé.

14.- “DIN” Es aquí donde se conecta el dispositivo receptor (en este caso al pin 2 “output”).

15-16- Se conecta aquí una resistencia que determinará la frecuencia de oscilación con la que se trabajará. En este caso, como tiene que estar en relación con 50:1, será de 680 k Ω aproximadamente.

17.- Este pin se usará para indicar cuando se ha emparejado con el receptor.

18.- “Vdd” Este pin va conectado directamente a nuestra fuente de voltaje.

Criterio de elección de estos componentes.

- Se descarta la posibilidad de incluir un microcontrolador (PIC) por el hecho de que, debido a la simpleza del diseño, no era necesario adquirir un programador ni desarrollar un software para implementarlo.

- Posibles codificadores/decodificadores:

Se realiza la siguiente tabla, con las características de cada uno.

Nombre circuito	Consumo	Precio unitario (€)	Observaciones
UM3750	1,2 mA	3,32	N/A
HT12-E / D	300 μ A	0,56	Las entradas de codificación, únicamente se configuran con dos valores, 0 y 1, simplificando el circuito
MC145026 / MC145027	400 μ A	1,07	Posee transmisión triple para la codificación (alta, baja o abierta) con lo que complica la implementación del circuito.

Ilustración 14. Tabla comparativa entre los distintos circuitos.

La intensidad es una pieza clave, ya que, al funcionar el emisor con baterías, nos interesa que el consumo sea lo más bajo posible.

Se elige el HT12-E / D en primer lugar por su bajo consumo (300 μ A), lo que nos da un margen mayor a la hora de trabajar con baterías. Por otro lado, el precio unitario también es bajo y asequible para este proyecto, además de su facilidad a la hora de enviar los datos a las entradas de codificación, ya que únicamente se configuran con dos valores, 0 y 1.

El resto, descartamos el UM3750 por el elevado precio y consumo, y descartamos también MC145026 / MC145027 por que posee transmisión triple para la codificación (alta, baja o abierta) con lo que nos podría resultar un punto más de complejidad añadido al proyecto.

2.3 Enrutamiento de la señal hacia los efectos.

Esta parte del circuito se encarga de enrutar la señal del instrumento hacia los efectos o bien enrutarla hacia el amplificador sin pasar por los efectos.

El núcleo de este ruteo son los mini relés de 5 V utilizados. Se han utilizado los relés Finder 30.22.7.005 5 V DC 2 A 2 CONTACTOS [Anexo II. 6.2.4. Relé 5] (dos circuitos independientes)

Estos relés son de dos circuitos independientes, es decir la bobina conmuta entre dos circuitos que son independientes entre sí, según el esquema de la ilustración 18.

El hecho de escoger estos relés está justificado por las siguientes indicaciones:

- El siguiente relé existente en catálogo es el de 12 V y por el voltaje elegido inicialmente en este circuito por lo descrito en su correspondiente parte, se nos queda por debajo del valor de activación.
- Necesitamos dos circuitos independientes, ya que uno de los dos se encargará de enrutar la señal del instrumento hacia “dentro” del efecto y el otro circuito se encargará de rutear la señal resultante del efecto hacia la cadena que va hacia la línea principal.

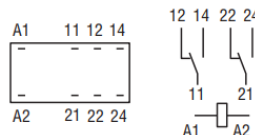


Ilustración 15. Circuitos dobles relé 5 V

- El consumo en mA de la bobina será un factor determinante para elegir el transistor que actuará como conversor de la señal del decodificador hacia la apertura o cierre del circuito principal del relé. Tabla de consumos de este relé (5 V, un consumo de 40 mA).

Coil specifications

DC coil data - 0.2 W sensitive

Nominal voltage U_N V	Coil code	Operating range		Resistance R Ω	Rated coil consumption I at U_N mA
		U_{min} V	U_{max} V		
5	7.005	3.7	7.5	125	40
6	7.006	4.5	9	180	33
9	7.009	6.7	13.5	405	22
12	7.012	8.4	18	720	16
24	7.024	16.8	36	2,880	8.3
48	7.048	36	72	11,520	4.1

Ilustración 16. Características técnicas bobina relé.

- Tamaño del relé. Este mini relé tiene un tamaño adecuado para que el sistema resultante no sea demasiado grande, se entiende que ha de ser un equipo portátil, por lo que interesa minimizar.

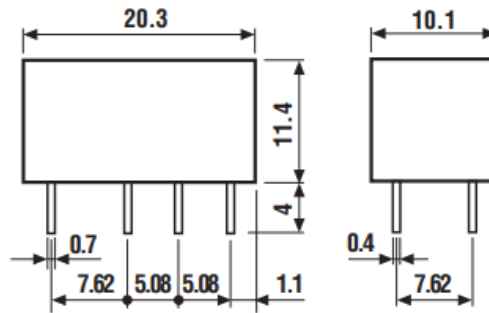


Ilustración 17. Medidas físicas relés.

2.4 Transistor NPN - 2N2222A.

Es necesario el uso de un transistor para hacer de controlador del relé, es decir ante un impulso de la señal, hace llegar al relé el voltaje necesario para realizar su conmutación.

El hecho de elegir este transistor como controlador del relé, es:

- En primer lugar, por el stock almacenado proveniente del material facilitado por la UOC para las asignaturas de electrónica (Teoría de Circuitos y Circuitos Electrónicos).
- Por sus características técnicas, en concreto por la intensidad que es capaz de soportar. Dado que la bobina del relé tiene un consumo de 40mA, las características técnicas de este transistor son adecuadas para su uso, manteniendo además un margen considerable, ya que $I_c=600$ mA
- Tabla resumen transistor NPN 2N2222 [Anexo II. 6.2.3 Transistor NPN 2N222]

Características técnicas transistor 2N2222

Nombre	Tipo	Encapsulado	Collector to Base Voltage	Collector to Emitter Voltage	Emitter to Base Voltage	Collector Current – Continuous (I_c)	Collector Power Dissipation
2N2222	NPN	TO-92	75 V	40 V	6 V	600 mA	624 mW

Ilustración 18. Tabla características técnicas del transistor NPN 2N2222.

2.5 Fuente alimentación del emisor.

La fuente de alimentación del emisor va a ser con batería, por la necesidad de eliminar cables en la zona donde se va a ubicar (en el escenario, justo en los pies del intérprete), ya que precisamente el diseño de este sistema responde a la limpieza estética en el escenario (ausencia de cables).

Todos los componentes utilizados en el emisor cuentan con un bajo consumo y una tensión acorde la alimentación.

Se ha elegido en esta parte del diseño, el valor de 9 V por las siguientes causas:

- El emisor elegido para este circuito (HT12-E) funciona en un rango de 3 a 11 V, con lo que preferimos que la tensión de entrada esté en 9 V y tener más margen de operación para su correcto funcionamiento, frente a baterías de 1,5 V en serie para obtener mínimo de 4,5 V (con 3 voltios la caída de tensión podría originar un mal funcionamiento del emisor).
- Las baterías o pilas de 9 V son el estándar en pedales de efectos comerciales y, por lo tanto, en ámbitos de intérpretes electrónicos/musicales es mucho más fácil encontrar baterías de 9 V que baterías de 1,5 V o 4,5 V (estas últimas casi en desuso).
- Ante un fallo de la pila de 9 V, en un caso extremo y urgente, se podría utilizar un adaptador de corriente de los pedales de efectos comerciales, ya que, al ser un estándar en los escenarios, la facilidad de encontrar un sustituto en el entorno es ampliamente posible (imaginemos un concierto con varios grupos, estadísticamente, es probable que otro intérprete de otro grupo posea un alimentador de 9 V para sus pedales de efectos).

2.6 Fuente de alimentación del receptor.

Únicamente diseñaremos una fuente de alimentación, de 220 V a 5 V, para suministrar corriente al emisor, ya que el receptor se alimentará de la propia cadena pedales de efectos, aprovechando que estos van a 9 V.

La fuente de alimentación es sencilla, consta de un transformador de corriente alterna de 220 V a 9 V y un rectificador 7805 que transforma estos 9 V a 5 V. Por otro lado, aparecen los condensadores de filtrado y un fusible ante posibles cortos.

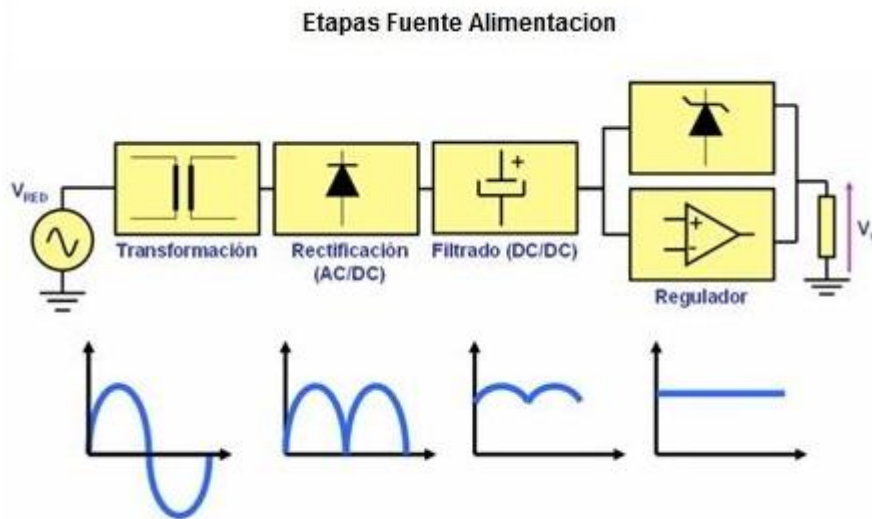
El hecho de elegir la alimentación del receptor con fuente de alimentación de 9 V surge de la idea de que el receptor ha de convivir con los pedales de efectos. Esto quiere decir, que los efectos, llevan su fuente de alimentación (adaptador), por lo tanto y debido al bajo consumo del circuito receptor, sería factible usar una de las salidas de estas fuentes de alimentación (suelen ser con varias salidas, hasta 12 salidas de 9 V) para alimentar el módulo receptor, en el caso que no se quisiera utilizar la fuente diseñada para este circuito.

En este supuesto, si haría falta un reductor de potencia de 9 V a 5 V, ya que es la tensión elegida para trabajar con el circuito del receptor. Esta tensión elegida de 5 V

responde a que el bloque receptor consta de un receptor de 433MHz (TWS433) cuya tensión máxima para alimentarlo es 5 V. De esta manera simplificamos los diseños en este circuito, ya que, además, los relés (para el enrutado de la señal del instrumento a través de los efectos) han sido elegidos con esta tensión.

Las prestaciones que se esperan de esta fuente es una salida rectificada, con un rizado mínimo (el cual es eliminado en parte por el primer condensador c4 de 470 μ F) y un rectificado a 5 V mediante el rectificador 7805, el cual, según diseño del fabricante, debemos interponer antes y después, dos condensadores de 0,1 μ F (C2 y C3).

Teóricamente, las etapas de una fuente de alimentación las encontramos en este gráfico.



Interesa la última gráfica, donde se indica que el voltaje final es positivo y estable en el tiempo.

Capítulo 3. Implementación de circuitos en EAGLE.

En este capítulo, se detallan los circuitos que se han implementado en EAGLE. Los tres circuitos diseñados e implementados son, la fuente de alimentación del receptor, el circuito emisor y el circuito receptor.

Se han indicado la lista de componentes (partlist), el esquema diseñado para tales circuitos, y el layout final para poder realizar la transferencia a la placa de cobre y así poder realizar el circuito físico.

Fuente de alimentación del receptor.

Se diseñó la fuente de alimentación del receptor desde cero, contando que necesitamos un voltaje según las especificaciones de los circuitos a usar en el receptor de 5 V.

Lista de componentes (*partlist*).

Exported from Fuente alimentación 5 V.sch at 30/10/2021 22:01
EAGLE Version 9.6.2 Copyright (c) 1988-2020 Autodesk, Inc.

Assembly variant:

Part	Value
C2	0.1 μ F
C3	0.1 μ F
C4	2 x 470 μ F / 16 V
D1	4 x 1N4007
TRAFO	220 V A 9 V.

Esquema de la Fuente de alimentación:

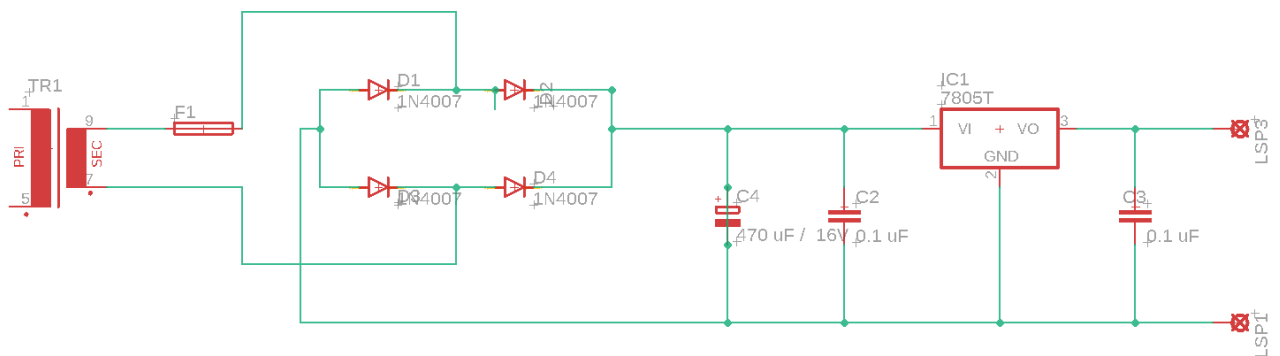


Ilustración 20. Esquema de la fuente de alimentación.

Circuito emisor.

A continuación, se detalla el circuito diseñado del emisor, comenzando por el partlist.

Partlist

Exported from Emisor.sch at 30/10/2021 2:29

EAGLE Version 9.6.2 Copyright (c) 1988-2020 Autodesk, Inc.

Assembly variant:

Part	Value	Device	Package	Library	Sheet
IC2	HT12-E"	HT12-E"	18-DIP-A	Holtek	1
LED1		LEDSQR2X5	LED2X5	led	1
LED2		LEDSQR2X5	LED2X5	led	1
LED3		LEDSQR2X5	LED2X5	led	1
LED4		LEDSQR2X5	LED2X5	led	1
R1	10k	R-EU_0411/12	0411/12	rcl	1
R2	10k	R-EU_0411/12	0411/12	rcl	1
R3	10k	R-EU_0411/12	0411/12	rcl	1
R4	10k	R-EU_0411/12	0411/12	rcl	1
R5	820k	R-EU_0411/12	0411/12	rcl	1
R6	470R	R-EU_0411/12	0411/12	rcl	1
R7	470R	R-EU_0411/12	0411/12	rcl	1
R8	470R	R-EU_0411/12	0411/12	rcl	1
R9	470R	R-EU_0411/12	0411/12	rcl	1
TWS433		JP2E	JP2	jumper	1
DPDT SWICH					1

El circuito, una vez implementado en EAGLE quedaría de la siguiente manera, haciendo hincapié en que los terminales nombrados como ISP1, 2, 3, y 4 son los impulsos de 9 V que le haremos llegar desde los interruptores de pie:

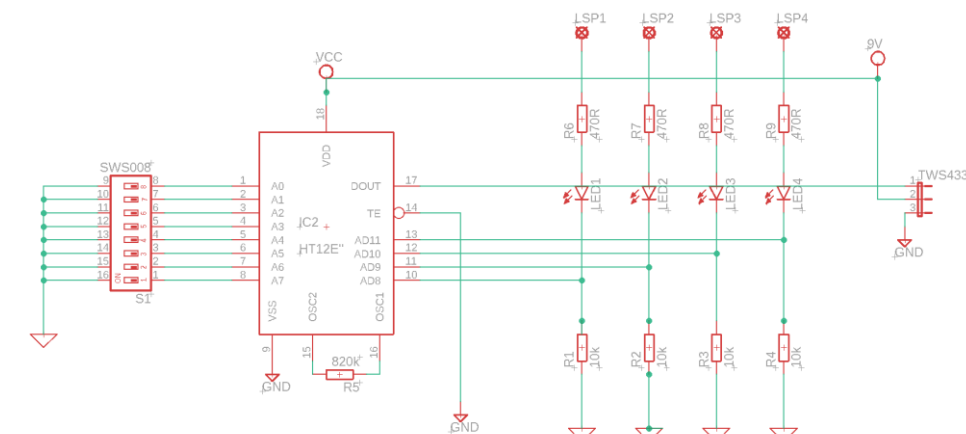


Ilustración 21. Esquema de emisor.

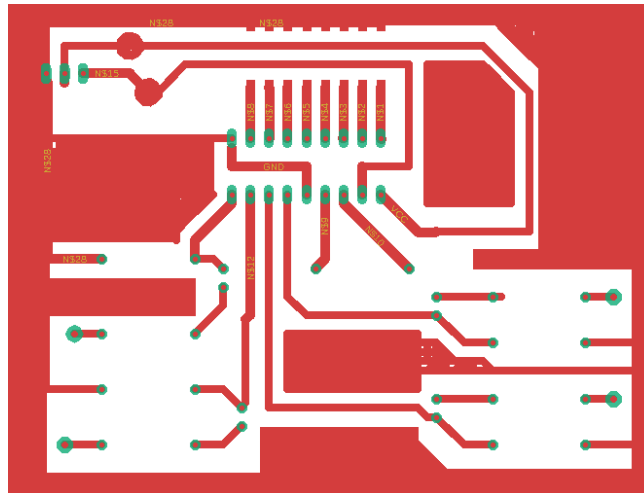


Ilustración 22. Se representa el layout de la cara bottom del circuito emisor.

Circuito receptor.

A continuación se detalla el circuito diseñado para el receptor, el cual irá implementado con la fuente de alimentación descrita anteriormente.

Partlist:

Exported from Receptor.sch at 30/10/2021 2:32

EAGLE Version 9.6.2 Copyright (c) 1988-2020 Autodesk, Inc.

Assembly variant:

Part	Value	Device	Package Library	Sheet
5 V	LSP10	LSP10	LSP10 solpad	1
D1	1N4007	1N4007	DO41-10 diode	1
D2	1N4007	1N4007	DO41-10 diode	1
D3	1N4007	1N4007	DO41-10 diode	1
D4	1N4007	1N4007	DO41-10 diode	1
IC1	HT12-D"	HT12-D"	18-DIP-A holtek	1
JP1		JP4E JP4	jumper	1
K1	4052	4052	F4052 relay	1
K2	4052	4052	F4052 relay	1
K3	4052	4052	F4052 relay	1
K5	4052	4052	F4052 relay	1
LED1		LEDSQR2X5	LED2X5 led	1
LED2		LEDSQR2X5	LED2X5 led	1
LED3		LEDSQR2X5	LED2X5 led	1
LED4		LEDSQR2X5	LED2X5 led	1
LED6		LEDSQR2X5	LED2X5 led	1
R1	38k	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1
R2	1.1K	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1

R3	1.1K	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1
R4	390	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1
R5	38k	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1
R6	1.1K	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1
R7	390	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1
R8	38k	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1
R9	1.1K	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1
R10	390	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1
R12	390	R-EU_0411/12	0411/12 rcl	1
S1	SWS008	SWS008	SMS-008 smd-special	1
T1	2N5555	2N5555	TO92 transistor	1
T2	2N5555	2N5555	TO92 transistor	1
T4	2N5555	2N5555	TO92 transistor	1
T5	2N5555	2N5555	TO92 transistor	1
T6	2N5555	2N5555	TO92 transistor	1

Una vez confeccionado en EAGLE, este circuito presenta dos características principales, la primera es que cuando el emisor y el receptor se enlazan correctamente (quiere decir que hay conexión entre ambos) el diodo del pin 17 envía una señal “negada”, con lo que se ha tenido que interponer un transistor, de nuevo NPN, para que dicha señal sea positiva y pueda encender un diodo que indicará que la conexión es correcta.

El segundo punto importante y ya comentado antes es que también utilizamos 4 transistores NPN para poder trabajar con los relés. Este es el circuito:

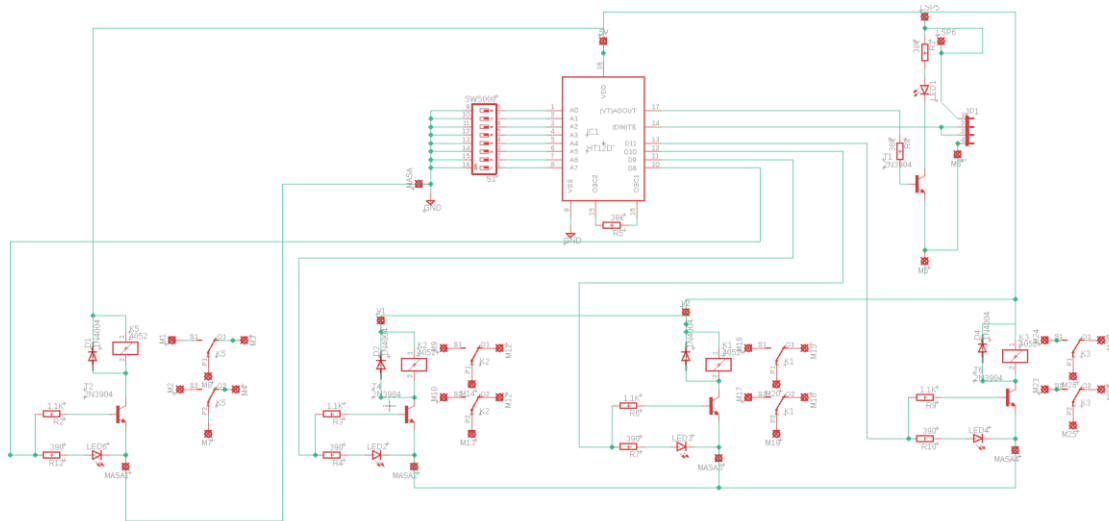


Ilustración 23. Circuito de receptor.

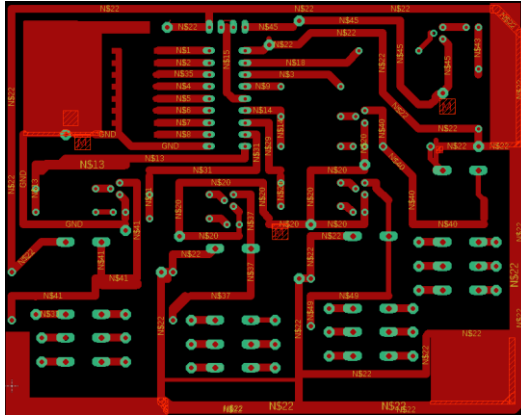


Ilustración 24. Se representa el layout de la cara bottom del circuito receptor.

Capítulo 4. Simulación de los circuitos

Debido a que los circuitos codificador y decodificadores usados (HT12-E y HT12-D) no poseen modelos para ser simulados en ninguno de los simuladores existentes, he podido localizar dos sustitutos (M145026 y M145027) respectivamente, los cuales, aunque no corresponden los pines, son equivalentes en cuanto a funcionalidad, con lo que en la simulación los circuitos están levemente alterados para poder simularlo. También el receptor de 433 MHz sea substituido por uno similar para el cual sí existe un modelo.

1. Circuito en reposo. En este caso, no se está enviando ninguna señal codificada hacia el receptor.

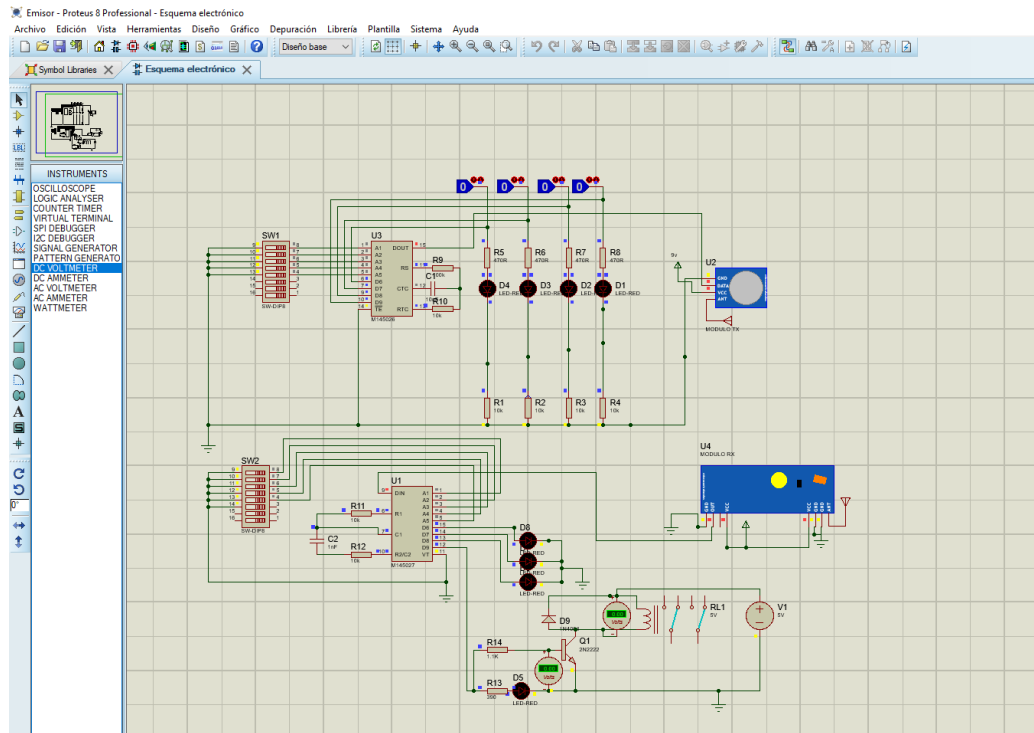


Ilustración 25. Circuito en reposo.

2. Activamos primer switch.

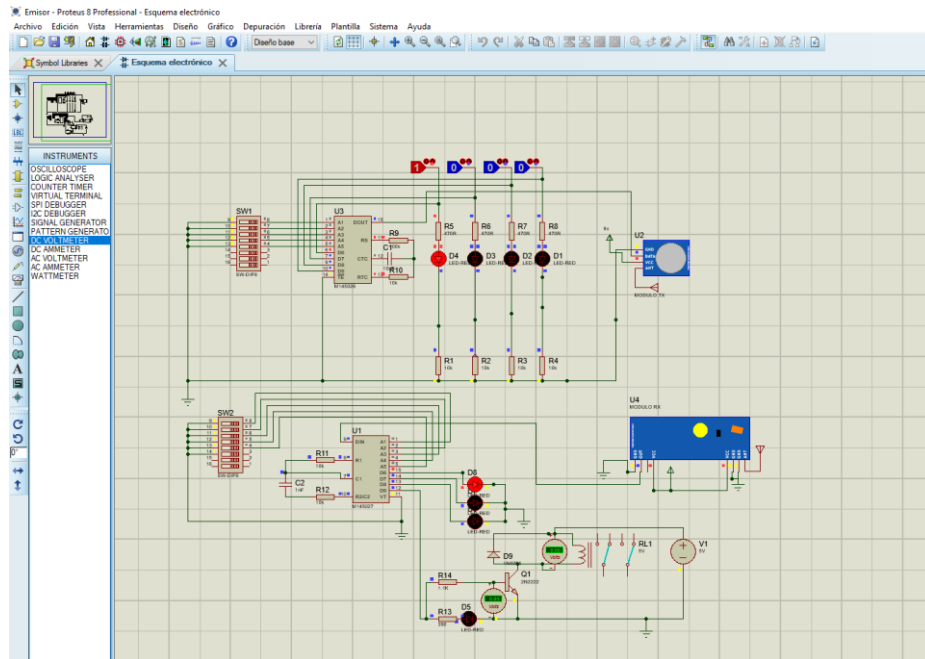


Ilustración 26. Activación del primer switch.

3. Activamos tercer switch:

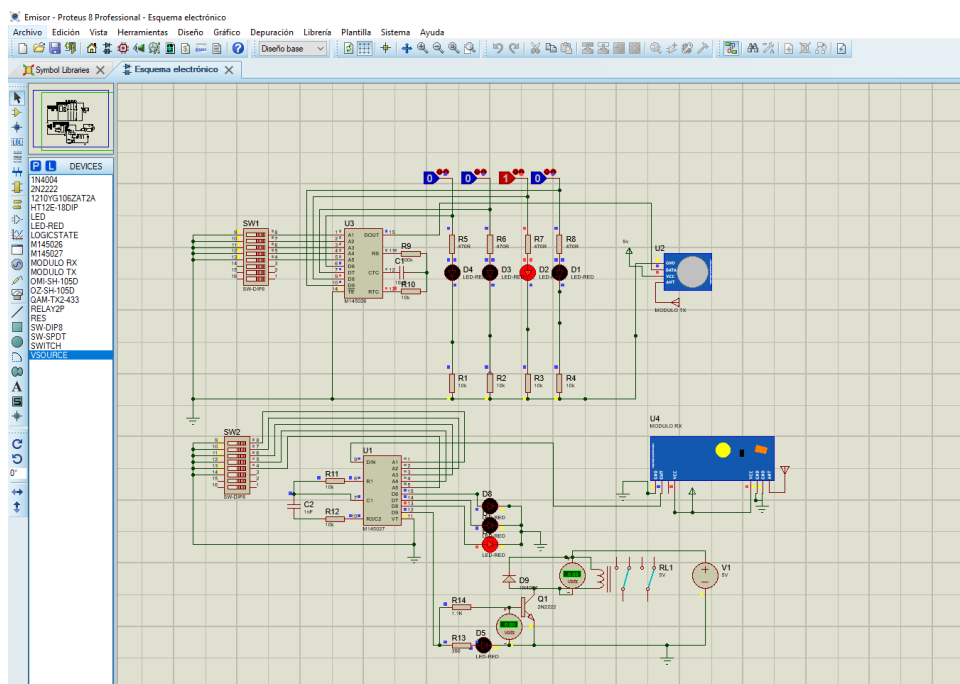


Ilustración 27. Activación tercer switch.

Activamos el cuarto switch, el cual como ejemplo hemos incluido el transistor controlador y el relé que es movido por el transistor:

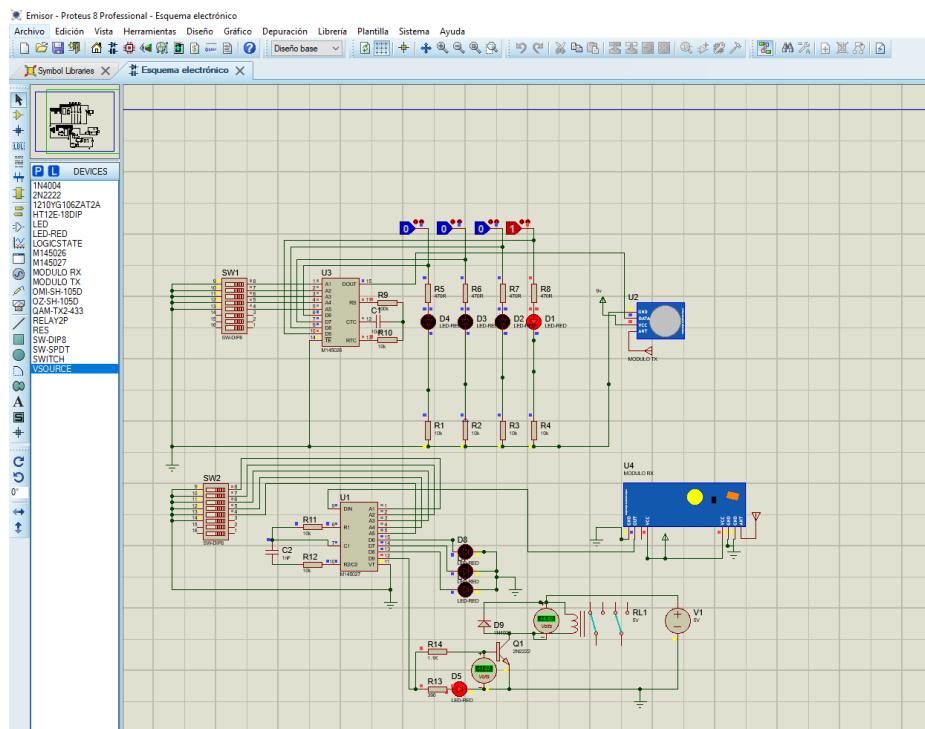


Ilustración 28. Activación del cuarto switch.

Podemos apreciar que el voltaje en la bobina del relé es 4,42 V. El consumo de la bobina hace que no sean 5 V exactos. Por otro lado, vemos que la tensión entre base y emisor del transistor es 1,25 V, es decir al ser una tensión superior a la tensión umbral (0,6 V) el transistor conduce y activa el relé.

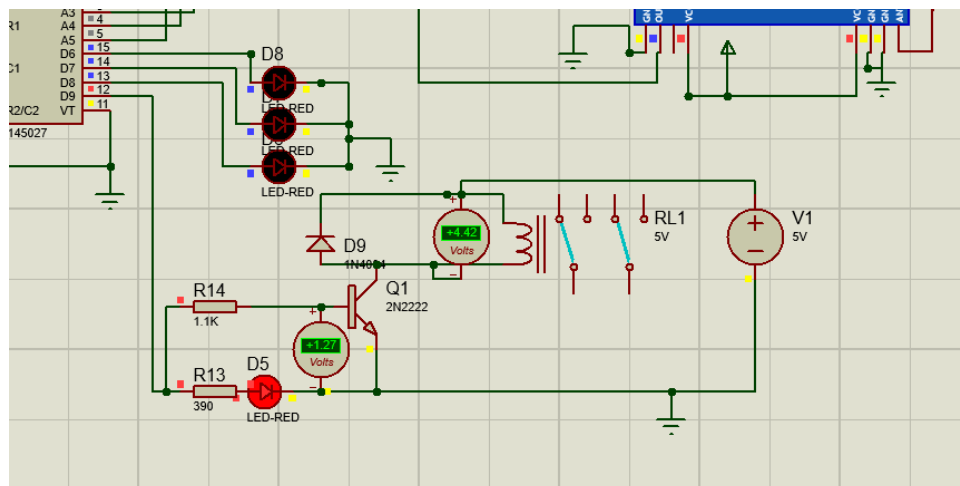


Ilustración 29. Detalle de activación de relé.

A continuación, podemos ver el ruteo de la señal de la guitarra según si el relé está activado o no, mediante el gráfico del esquema del relé y el gráfico de guitarra, pedal de efecto y amplificador. He considerado que cuando el relé esté en OFF, sea cuando la señal pase por el efecto y cuando el relé esté ON, la señal no pase por el efecto, de tal forma que las posibles interferencias de la bobina del relé no interfieran en la señal del instrumento cuando esté el efecto en la línea.

Efecto ON. El relé está sin tensión, lo que origina que la señal de la guitarra pasa por el pedal de efecto y llega al amplificador:

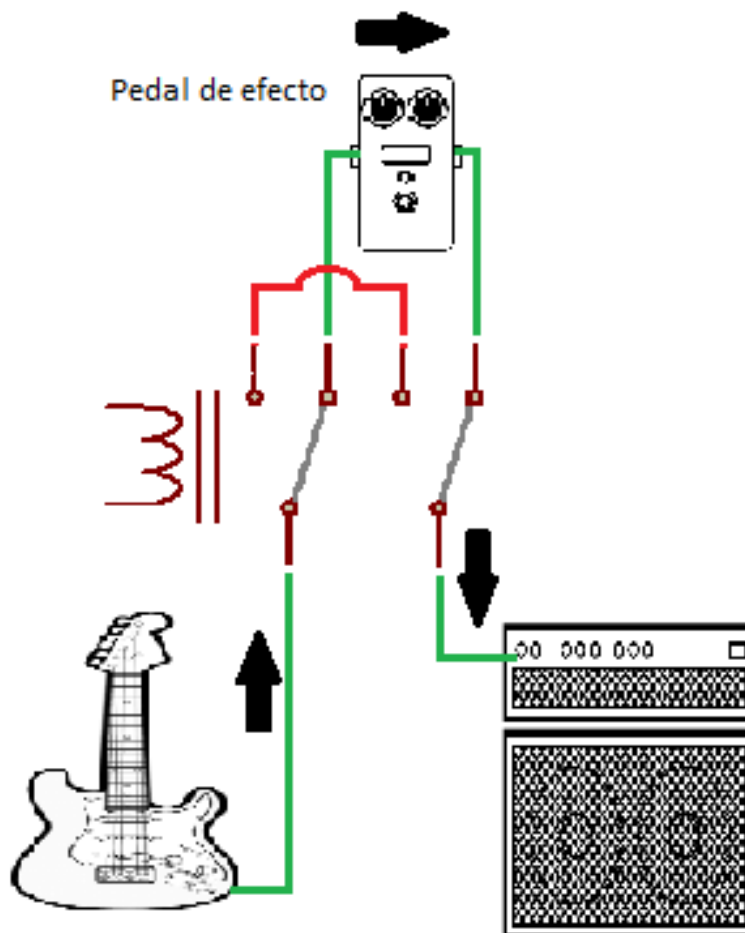


Ilustración 30. Enrutado señal efecto ON [2,7,10]

Efecto OFF, relé con tensión, lo que origina que la señal de la guitarra pase directamente al amplificador por un puente realizado en el relé, de esta manera la señal NO pasa por el pedal de efecto:

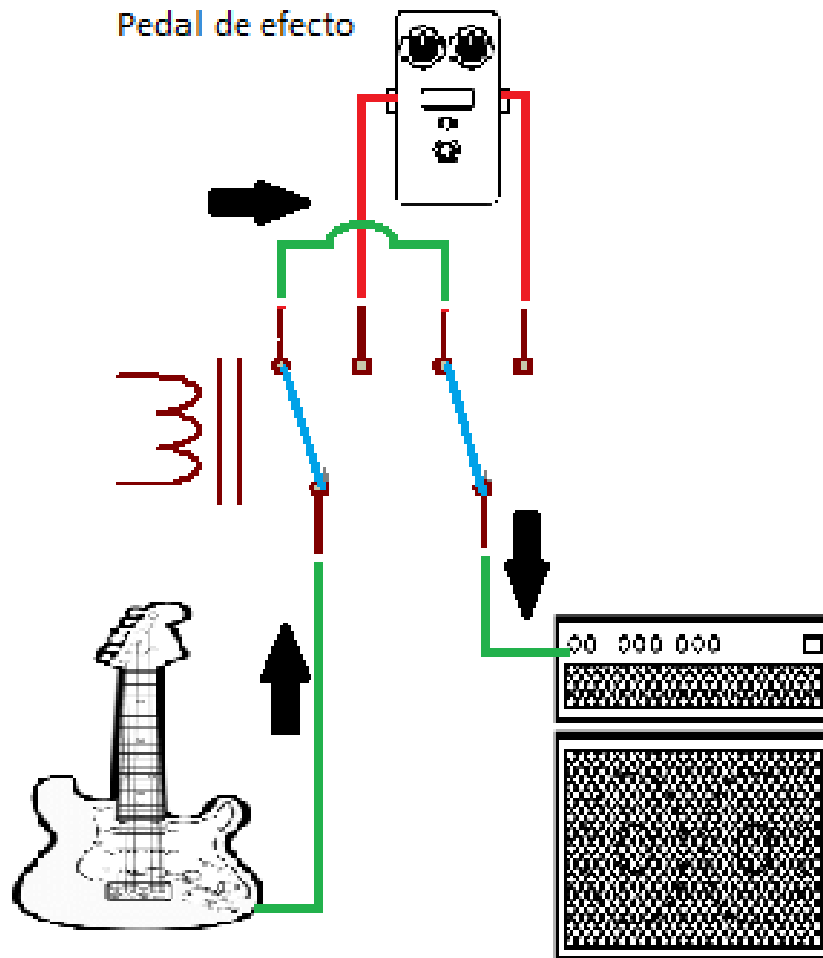


Ilustración 31. Enrutado señal efecto OFF [2,7,10]

Capítulo 5. Pruebas funcionales

1. Se comprueba la tensión de la fuente de alimentación del receptor.

Se ajusta el tester para medir corriente continua en la escala de 20 V y se realiza la medición en el último condensador de filtrado de la fuente de alimentación. El valor obtenido es de 4,96 V, no obteniendo los 5 V esperados debido a la caída de tensión que origina el propio circuito.

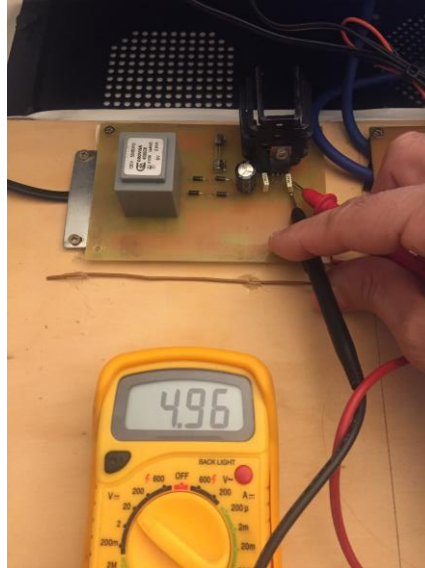


Ilustración 32. Tensión de la fuente de alimentación del receptor.

2. Se comprueba la tensión de la fuente de alimentación del emisor (en este caso es una pila de 9 V)

Se realiza la medición en los bornes de la batería, obteniendo un valor de 8,97 V. No se obtienen 9 V debido nuevamente a la caída de tensión que origina el propio circuito.

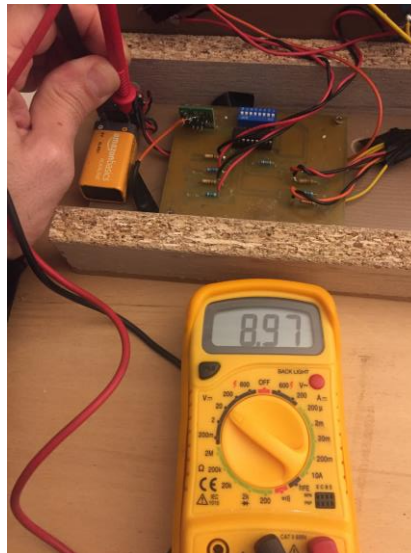


Ilustración 33. Tensión de la fuente de alimentación del emisor.

3. Se comprueba que, tanto al codificador como al decodificador, le está llegando la tensión correcta para su funcionamiento.

Se ajusta el tester al igual que en los casos anteriores, y se comprueba que, en el codificador, la tensión que le está llegando son 8,93 V (dentro del margen según el fabricante) y en el decodificador, está llegando 4,96 V (dentro del margen según el fabricante).

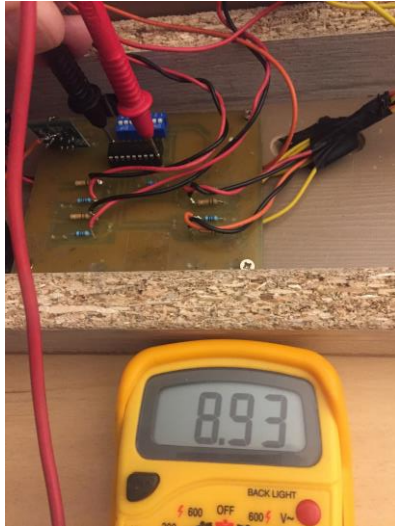


Ilustración 34. Tensión en el codificador.

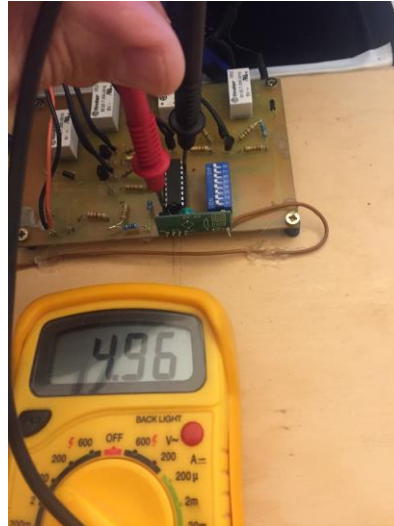


Ilustración 35. Tensión en el decodificador.

4. Circuito en reposo. En este caso, no se está enviando ninguna señal codificada hacia el receptor.

Se comprueba que en todas las entradas D8-D11, del emisor, está llegando un valor de 0 V, debido a que ningún switch está enviando señal.



Ilustración 36. Tensión en las entradas del emisor en reposo.

De igual manera, se comprueba que, en el receptor, las salidas del decodificador D8-D11 no hay presente ningún valor (0 V)

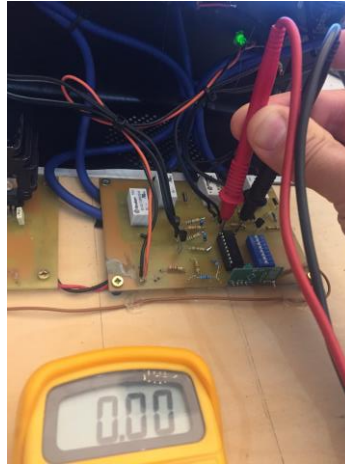


Ilustración 37. Tensión en las salidas del decodificador.

5. Se activan los switches en orden y de uno en uno, desactivando previamente el anterior.

Se comprueba que en la entrada correspondiente D8-D11, del emisor, está llegando un valor positivo de 5,97 V el cual está dentro del rango indicado por el proveedor.



Ilustración 38. Tensión en las entradas del codificador, una vez activados los switches.

Por otro lado, se comprueba en todas las salidas del receptor D8-D11 que las salidas correspondientes están a un nivel lógico alto, en este caso 3,12 V y comprobamos visual y acústicamente que se activan correctamente los relés y los leds correspondientes.

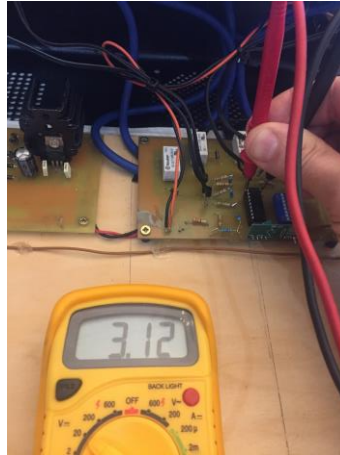


Ilustración 39. Tensión en las salidas del decodificador.

6. Se activan todos los switches a la vez.

Se comprueba que, tanto en las entradas del codificador como en las salidas del receptor, los valores son los comentados anteriormente y se comprueba tanto visual como acústicamente que los relés son conmutados y los leds encendidos. También observamos el led “enlace” que nos indica que en todas las ocasiones tenemos conexión entre emisor y receptor.



Ilustración 40. Comprobación visual con todos los switches encendidos.

7. Se comprueba el voltaje en la bobina del relé, ya que, según la simulación, el voltaje debería ser de unos 4,42 V.

Se realiza la medida en los terminales del diodo, ya que está conectado en paralelo con la bobina. La medida obtenida (4,91 V) es ligeramente superior a la efectuada en la simulación por software. Esta diferencia de voltaje se entiende como la pérdida originada en la tolerancia de los componentes electrónicos.

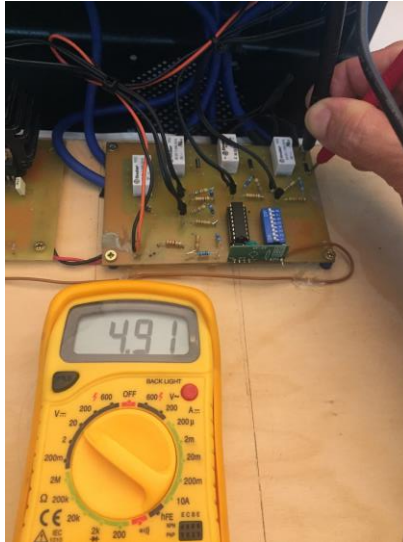


Ilustración 41. Tensión en la bobina del relé.

8. Se comprueba la tensión entre base y emisor de los transistores ya que, según la simulación, debería ser superior a la tensión umbral (0,6 V).

La tensión obtenida es de 1,39 V en todos los transistores, con lo que al ser superior al a tensión umbral, como se ha comprobado, cumple su función, es decir, activa el relé correspondiente.

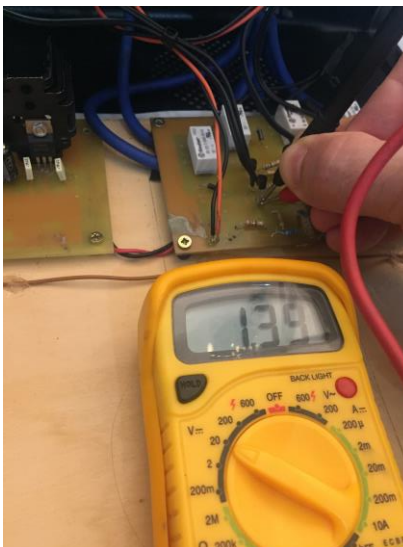


Ilustración 42. Tensión entre base y emisor en los transistores 2N2222

Capítulo 6. Conclusiones.

Podríamos resumir como lecciones aprendidas:

- Cómo trabajar con componentes electrónicos reales fuera de los ofrecidos por la UOC en las distintas materias. La diferencia encontrada con estos componentes es que, debido a los distintos proveedores, hay que comprobar que efectivamente el componente recibido corresponda con lo esperado, ya que en algunas ocasiones se ha recibido un producto distinto, con la pérdida de tiempo y económica que supone.
- Instalación de software de diseño de placas, EAGLE, PROTEUS.
- Cómo mecanizar placas electrónicas, desde la transferencia del circuito a la placa, quemado del cobre, taladro de agujeros y soldado de componentes. En cuanto a pedir placas ya mecanizadas a un proveedor y evitar el esfuerzo de hacerlas, se ha considerado el realizarlas debido a que se ha considerado interesante el hecho de aprender a hacerlas en un entorno doméstico, de cara a en un futuro, poder realizar variaciones sobre este circuito y no tener que encargarlas cada vez al proveedor.
- Cómo trabajar con datasheets y obtener los valores necesarios para las simulaciones.
- Cómo buscar información sobre bandas UHF y, por lo tanto, como obtener circuitos para realizar las emisiones y transmisiones en UHF en bandas deseadas.

En cuanto a objetivos planteados inicialmente, cabe destacar casi la totalidad de objetivos cumplidos, a excepción de la simulación de los circuitos elegidos para la codificación y decodificación del sistema, ya que estos circuitos no poseen un modelado para que los programas puedan realizar la simulación.

No se ha podido respetar la planificación original, debido a que por carga de trabajo, las pruebas funcionales del sistema y las pruebas funcionales del sistema bajo posibles interferencias, así como el alojar las placas dentro de sus cajas finales, se han tenido que postponer y entregar en la última entrega (PAC4) una vez consensuado con el tutor.

Por otro lado, otro objetivo era que las placas y el sistema final tuvieran una apariencia profesional, pero se han quedado en una apariencia DIY.

En cuanto a los riesgos identificados incluidos en el inicio del trabajo, se ha materializado el hecho de no encontrar fácilmente el percloruro de hierro para poder realizar el quemado de la placa, pero se ha solucionado sustituyéndolo por agua oxigenada y sulfumán, de esta manera, no se ha tenido que llegar a solicitar la placa a ningún proveedor, si no que se ha realizado, según intenciones iniciales, en un entorno doméstico.

Como líneas de trabajo futuras, incluir una parte de programación de switch, es decir, que un solo switch sea capaz de activar varios efectos a la vez, y no individualmente como se está haciendo.

Capítulo 7. Glosario.

DIY: Siglas en inglés de “Hazlo tú mismo”, Do It Yourself.

Holtek: Holtek Semiconductor Inc. Centro y proveedor de diseño de semiconductores con sede en Taiwán con su sede y operaciones de diseño en el Parque Científico Hsinchu en Taiwán, además de tener oficinas de ventas ubicadas en E.E.U.U. e India.

HT12-E: Circuito codificador fabricado por Holtek.

HT12-D: Circuito decodificador fabricado por Holtek.

Pedal de efecto: Un pedal de efectos es un dispositivo electrónico utilizado para alterar el sonido de una fuente, usualmente instrumentos eléctricos o electrónicos, como la guitarra eléctrica, el bajo eléctrico.

Enrutado: Es la función de llevar una señal por un determinado camino. En este caso, es la función de llevar la señal del instrumento eléctrico directamente hacia su amplificador o bien hacerlo pasar por los pedales de efectos.

Capítulo 8. Bibliografía

1. <https://www.boe.es/boe/dias/2013/05/09/pdfs/BOE-A-2013-4845.pdf>
2. Electgpl. (22 de 10 de 2021). Mdulos de Radiofrecuencia 433MHz - Como funcionan. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=UgNMhmLfwvs>
3. <http://www.ultracoloringpages.com>. (15 de Noviembre de 2021). Obtenido de <http://www.ultracoloringpages.com/es/p/amplificador-de-v%C3%A1lvula-p%C3%A1gina-de-colorear/9b81b5f807103e292f8dc3fc5573a1ee>
4. <https://electronilab.co>. (27 de 10 de 2021). Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/ht12d-decodificador-de-control-remoto-12-bits/>
5. https://naylampmechatronics.com/blog/32_comunicacion-inalambrica-con-modulos-de-rf-de-433mhz.html. (s.f.).
6. <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.44.48.es.303.pdf>. (s.f.)
7. <https://www.5hertz.com>. (10 de Noviembre de 2021). Obtenido de https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial_id=8
8. <https://www.ultracoloringpages.com>. (24 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://www.ultracoloringpages.com/es/p/pedal-de-guitarra-mxr-p%C3%A1gina-de-colorear/9e8b1e88e5fc85651180c457532a3369>
9. www.alldatasheet.es. (07 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/64409/HOLTEK/HT12D.html>
10. www.boe.es. (15 de 10 de 2021). Obtenido de <https://www.boe.es/boe/dias/2013/05/09/pdfs/BOE-A-2013-4845.pdf>
11. www.supercoloring.com. (25 de 11 de 2021). Obtenido de <http://www.supercoloring.com/es/dibujos-para-colorear/guitarra-electrica-2>
[http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes de alimentacion.pdf](http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes_de_alimentacion.pdf)
<https://www.boss.info/es-es/categories/stompboxes/others/>
12. <https://www.fulltone.com/pedals/switching>
13. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/230403/ETC2/TWS-434.html>
14. <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/p2n2222a-d.pdf>
15. <https://datasheetspdf.com/pdf-file/815725/NingBoSongle/SMIH-05VDC-S-L-C/1>

Capítulo 9. Anexos.

9.1 Anexo I. Descarga, instalación y estudio software

El software EAGLE, es una herramienta que nos permite entre varias cosas, la creación de circuitos y posterior paso a pistas, (on board) lo que nos permite tener una impresión del circuito y poder realizar la placa donde soldar los componentes.

Es un software gratuito con limitación, ya que la versión de prueba solo te deja realizar una placa con unas medidas determinadas, y si la placa tiene que ser más grande, tienes que recurrir a la versión de pago o bien elegir otro software.

El vínculo de descarga es:

<https://www.autodesk.com/products/EAGLE/overview>

Desde esa web, podemos descargar el software gratuito desde “Free Download”:

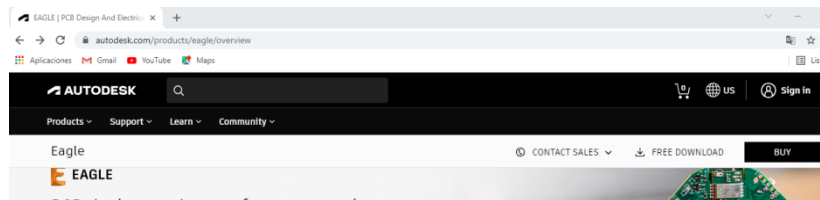


Ilustración 43. Descarga EAGLE.

Elegimos el sistema operativo que poseamos:

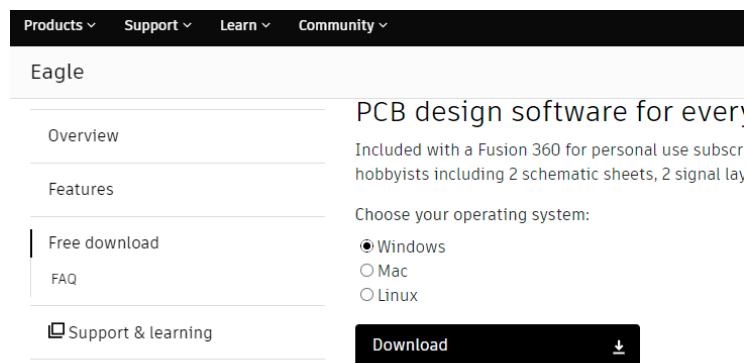


Ilustración 44. Elección sistema operativo.

Y comenzamos la descarga de 125 MB:

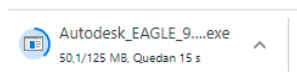


Ilustración 45. Comienza la descarga.

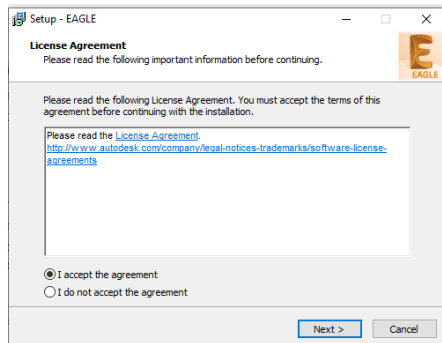


Ilustración 46. Aceptamos acuerdo.

Tras aceptar el acuerdo, nos pedirá una ruta donde instalarlo, dejamos la que aparece por defecto.

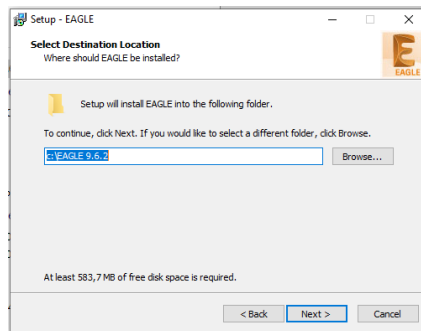


Ilustración 47. Ruta de instalación.

Creamos un acceso directo en el escritorio:

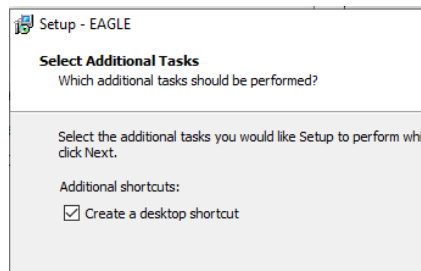


Ilustración 48. Acceso en escritorio.

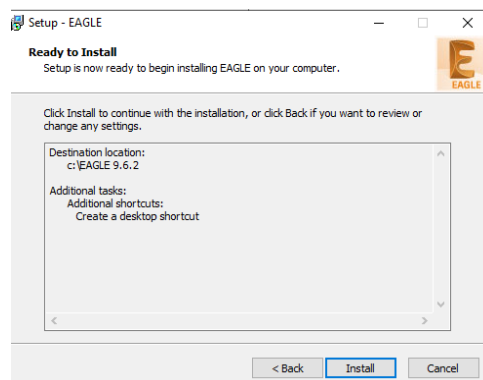


Ilustración 49. Preparado para instalar.

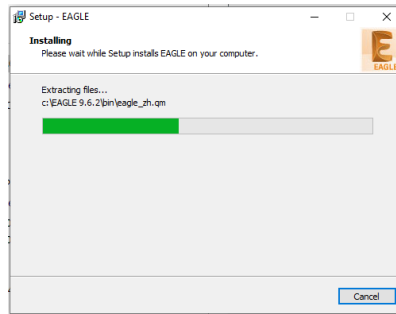


Ilustración 50. Instalación en curso.

Finalmente termina la instalación:

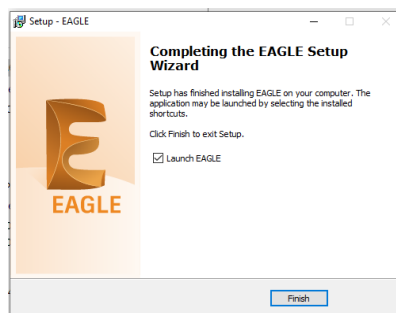


Ilustración 51. Termina la instalación.

Nos pedirá un correo y registramos:

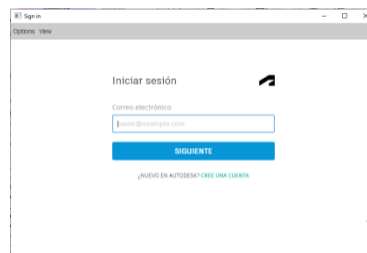


Ilustración 52. Correo para registro.

Finalmente, ya podemos trabajar con el sw:

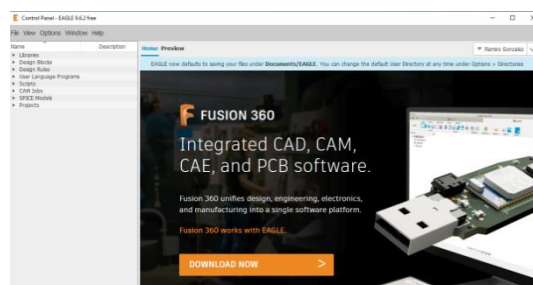


Ilustración 53. Software preparado para su uso.

Una vez instalado, tenemos que ver cuál es el funcionamiento del sw, lo podemos resumir de la siguiente forma:

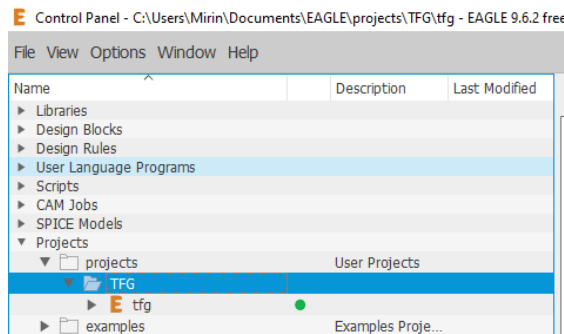


Ilustración 54. Índice software.

En esta ventana encontramos varios sitios, el que nos interesa a nosotros es el sitio “Projects”. Allí crearemos un nuevo proyecto, en mi caso con el nombre TFG. A continuación, crearemos un nuevo esquema, según el menú:

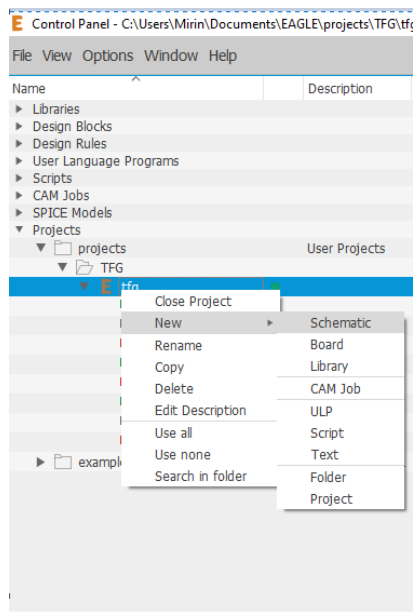


Ilustración 55. Listado de proyectos existentes.

Una vez creado el esquema es el momento para ir añadiendo componentes, mediante la opción “add part”. Se abrirá una nueva ventana en la que podemos ir añadiendo componentes en nuestro esquema, o bien si no los contiene, podemos importarlos.

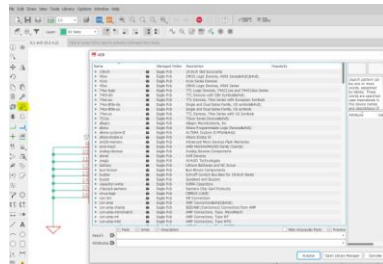


Ilustración 56. Adición de componentes.

Desde la pantalla de esquema podemos ir añadiendo componentes:

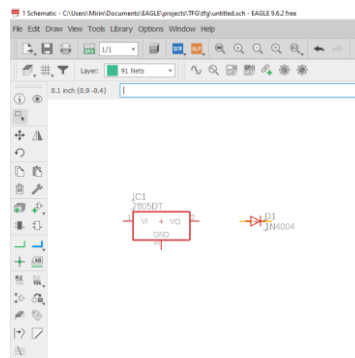


Ilustración 57. Ejemplo de componente añadido.

Y luego, mediante la opción NET podemos unirlos con cable:

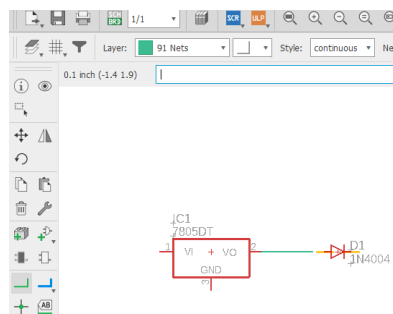


Ilustración 58. Uniones con cable.

El sistema, como es lógico, permite eliminar, duplicar y cortar, todos los componentes incluidos cables.

En principio con este resumido manual ya podemos empezar a crear nuestros circuitos.

9.2 Anexo II. Datasheets.

9.2.1. Codificador y decodificador.

[Datasheet codificador HT12-E.](#)

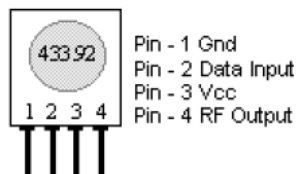
[Datasheet decodificador HT12-D.](#)

9.2.2. Emisor y receptor RF.

Datasheet emisor TWS- 434. [15]

TWS-434 / RWS-434
<http://www.rentron.com>

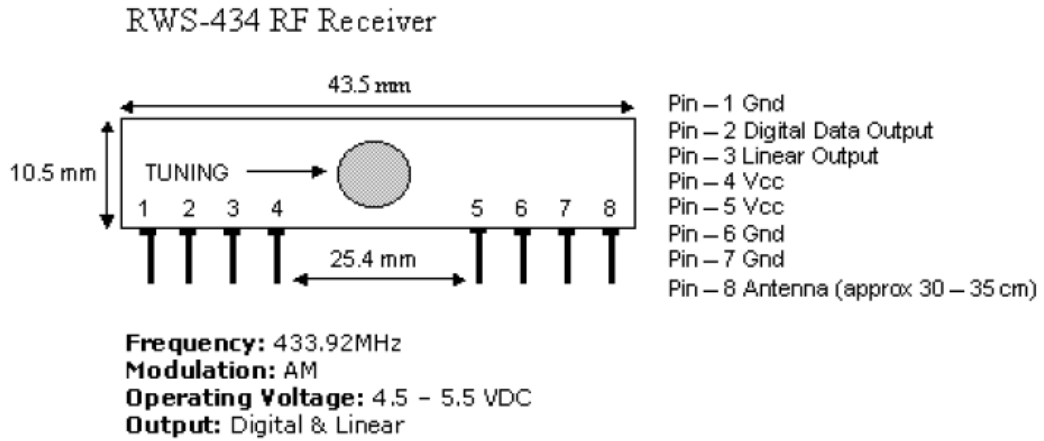
TWS-434A RF Transmitter



Frequency: 433.92MHz
Modulation: AM
Operating Voltage: 2 - 12 VDC

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Supply Voltage		2.0	-	12.0	V
I _p	Peak Current	2V / 12V	-	1.64 / 19.4	-	mA
V _h	Input High Voltage	I _{data} = 100uA (High)	V _{cc} -0.5	V _{cc}	V _{cc} +0.5	V
V _l	Input Low Voltage	I _{data} = 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
F _o	Operating Frequency		433.90	433.92	433.94	MHz
T _r / T _f	Modulation Rise / Fall Time	External Coding	-	-	100 / 100	uS
P _o	RF Output Power – Into 50Ω	V _{cc} = 9 to 12 V V _{cc} = 5 to 6V	-	16 14	-	dBm
D _r	Data Rate	External Coding	-	2.4K	3K	Bps

Datasheet receptor RWS- 434. [15]



Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Supply Voltage		4.5	5	5.5	V
It	Operating Current		-	3.5	4.5	mA
	Channel Width	+ / - 500				kHz
Rd	Data Rate				3k	Bps
Vdat	Data Out	I _{data} = +200 uA (High)	V _{cc} -0.5	-	V _{cc}	V
		I _{data} = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V

Reynolds Electronics
 12300 Highway A1A
 Vero Beach, Fl. 32963
 Tel: (772) 589-8510 Fax: (772) 589-8620
 Web: <http://www.rentron.com>

9.2.3. Transistor NPN 2N2222. [16]

[Datasheet transistor NPN 2N2222.](#)

9.2.4. Relé 5 V [17]

[Datasheet Relé 5 V](#)

9.3 Anexo III. Mecanización placas y soldadura de componentes.

Para la confección de la placa, vamos a utilizar unas cubetas, y como material abrasivo del cobre, sulfumán y agua, mezcladas 1 a 3 respectivamente. Se ha preparado todo el material en un cuarto convenientemente ventilado.

En primer lugar, para la creación de las placas, contamos con las placas virgen de cobre, por una cara. Tal y como vienen de fábrica, las lijamos un poco, con una esponja metálica.

Este lijado tiene lugar ya que los layouts que hemos creado con el programa EAGLE, los vamos a imprimir en papel brillante (el de cualquier revista) con una impresora de laser y al dibujo se le ha dado la vuelta en espejo, tal que así:

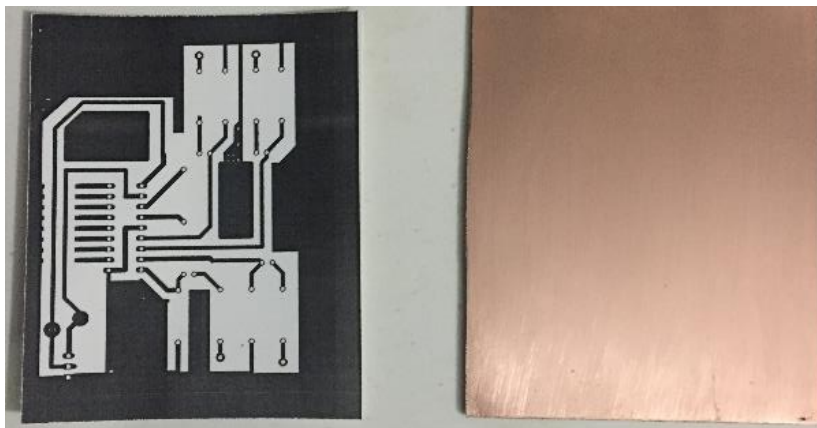


Ilustración 59. Placa de cobre e impresión.

A continuación, fijamos la cara impresa a la cara de cobre mediante cinta de carroceros, para que no se mueva en el proceso de transferencia de la imagen:



Ilustración 60. Impresión fijada a la placa de cobre.

Una vez fijada, con una plancha doméstica aplicaremos calor durante aproximadamente 2 minutos, para que la tinta pase de la impresión al cobre, y una vez pasados estos dos minutos, sumergimos la placa en agua, para que el papel se reblandezca y salte.

Este es el resultado, aunque no es de un aspecto final profesional, es funcional y para nosotros nos sirve:

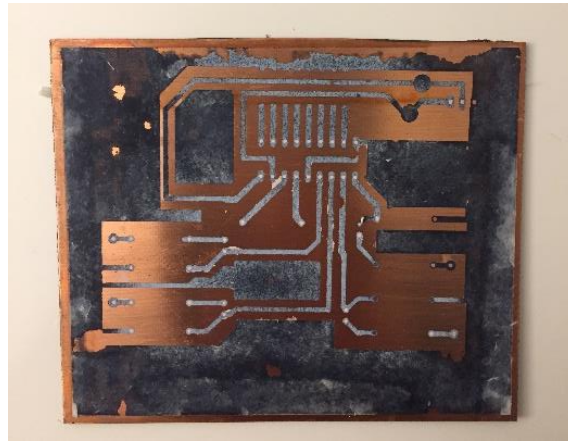


Ilustración 61. Transferencia ya realizada a la placa de cobre.

Una vez realizado el mismo procedimiento para las tres placas, utilizando la disolución agua + sulfamán, procedemos a sumergir las tres placas en dicha solución, para que el cobre se reduzca a nada:



Ilustración 62. Primeros efectos del ataque al cobre.

Podemos ver cómo se va degradando la parte que no está cubierta de tinta:

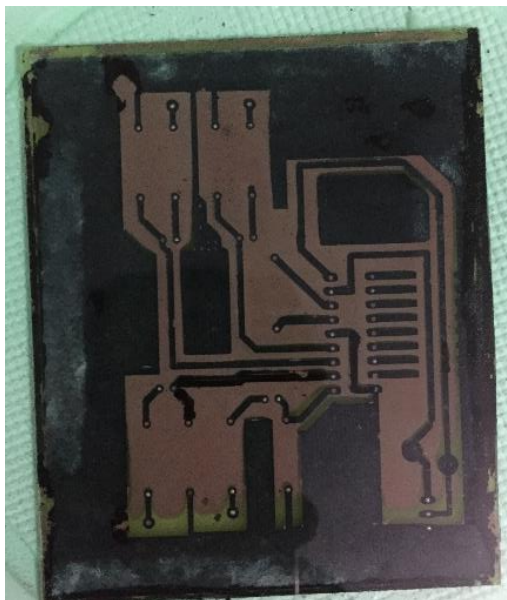


Ilustración 63. Varios minutos después de empezado el atacado del cobre.

Hasta que finalmente queda la parte que no estaba cubierta, sin cobre y la parte que estaba cubierta, le pasamos un disolvente y apreciamos las pistas creadas:

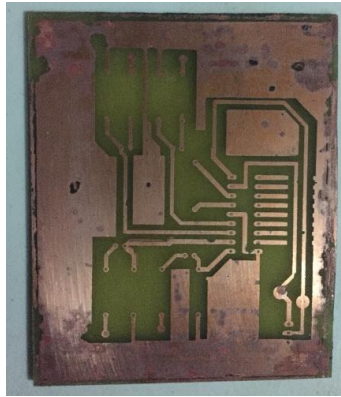


Ilustración 64. Aspecto final de la placa.

Este es el detalle de las tres placas creadas:

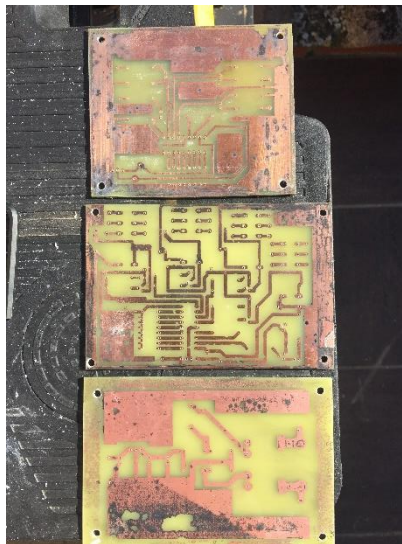


Ilustración 65. Las tres placas ya terminadas.

A continuación, procedemos con un mini taladro a realizar los taladros donde irán los componentes:

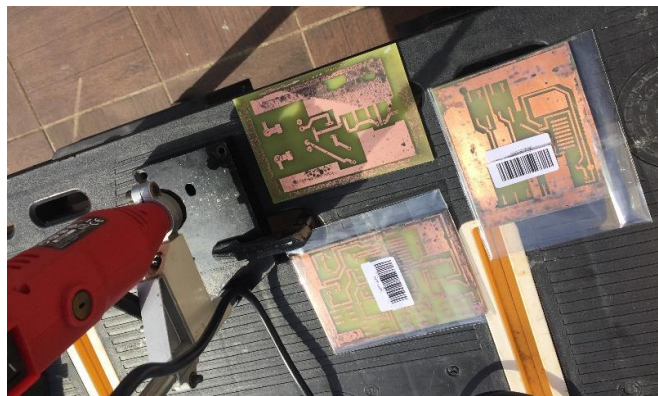


Ilustración 66. Montaje para el taladrado de las placas.

Este es el resultado de una de las placas con los taladros realizados:

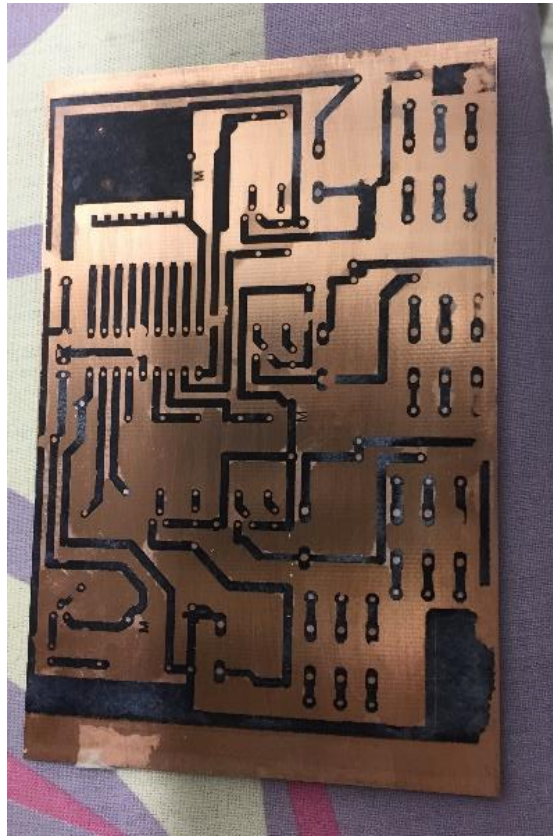


Ilustración 67. Placa con los taladros realizados.

Por último, comenzamos a ensamblar y soldar los componentes:

Fuente de alimentación:

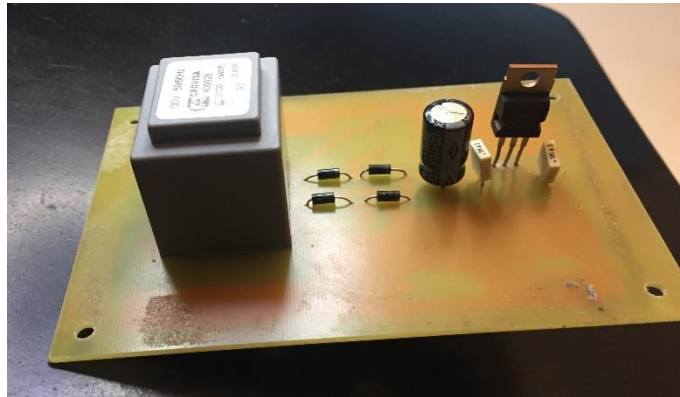


Ilustración 68. Fuente de alimentación con los componentes soldados.

Emisor:

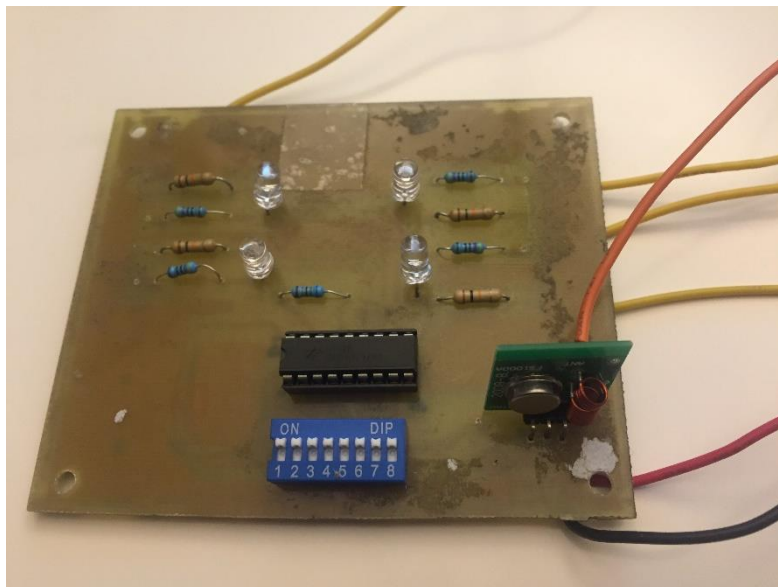


Ilustración 69. Placa emisor con componentes soldados.

Receptor:

Hay que destacar el reducido volumen de los mini relés.

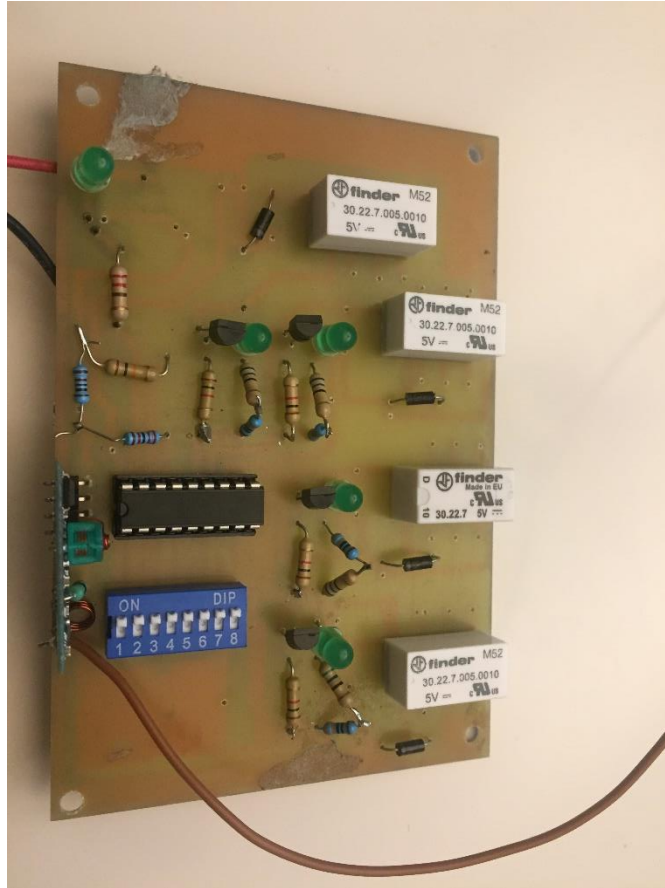


Ilustración 70. Placa receptora con los componentes soldados.

9.4 Anexo IV. Productos terminados.

Se ha finalizado la parte hardware del sistema, mostrando a continuación las dos partes diferenciadas, por un lado, el emisor y por otro lado el receptor.

Receptor:

En la siguiente imagen, se ve el receptor con la carcasa sin colocar todavía, donde se ven las placas correspondientes a la fuente de alimentación y el receptor respectivamente:

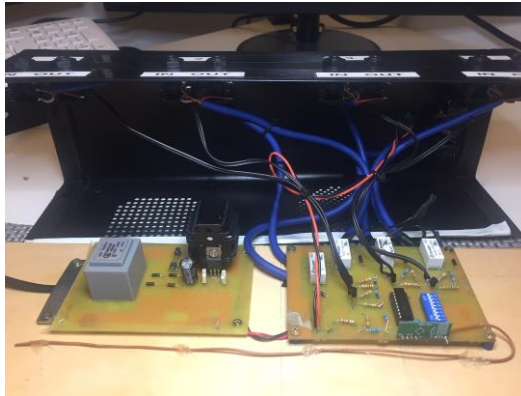


Ilustración 71. Receptor con la carcasa sin colocar.

Una vez colocada la carcasa, queda de esta forma. Se aprecia los leds colocados en la parte superior de la carcasa, los cuales indicarán cuando el efecto está activado o no, además del led “enlace” que indica que los dos sistemas se han conectado entre si (emisor y receptor)



Ilustración 72. Carcasa colocada en su lugar.

A continuación, se observa el receptor con la carcasa colocada y cuatro efectos de guitarra comerciales, conectados al sistema. Los efectos van conectados para que el enrutamiento de la señal pueda llegar a cada uno de los efectos y realizar la correspondiente modulación o en otros casos, la distorsión.

Para estas pruebas, de izquierda a derecha se han utilizado, un pedal de efecto “delay” el cual retrasa varias veces la señal de la guitarra, en segundo lugar, un pedal de tipo distorsión, a continuación, un efecto “tremolo” y por último un efecto “chorus”, también de modulación de señal.



Ilustración 73. Cadena de efectos conectados al sistema receptor.

Emisor:

Se aprecia en la foto en el emisor, los cuatro interruptores que, al ser pisados, enviarán los 9 V necesarios al codificador, para que este codifique el dato y lo envíe al receptor.



Ilustración 74. Emisor con detalle de los cuatro interruptores.

9.5 Anexo V. Testeo de productos en escenario.

A continuación, se realiza el testeo de productos con varias fuentes que, en un escenario real, podrían llegar a producir algún tipo de interferencia.

Para ello, se procede a probar el producto, situando lo más cerca posible, las siguientes fuentes de interferencias:

- Sistema de monitoreo inalámbrico.
- Mesa de mezclas controlada vía WIFI
- Micrófonos de mano inalámbricos.



Ilustración 75. Testeo de productos bajo posibles fuentes interferentes.

El resultado obtenido, es que estos sistemas inalámbricos, no crean ningún tipo de interferencias en nuestro sistema, ya que no se aprecia un funcionamiento distinto al realizado en las pruebas funcionales.