

**Mano robótica impresa controlada
inalámbricamente por medio de módulos de
radiofrecuencia:**

CFGS Manteniment electrònic

Curs 2019/20

Khaled Malhal Abbas

CFGS Manteniment electrònic

Fecha de entrega: 30 de abril de 2020

Tutor: Manuel Durán Ruiz



Crèdits

	Generalitat de Catalunya
	Institut Escola del Treball
	C/Comte d'Urgell, 136 edifici 21 Planta 2
	08036 - Barcelona
	Telf.: 93 430 92 00
	mduran@correu.escoladeltreball.org

Tutorització del projecte: Manuel Durán Ruiz

Cap de projecte: Professor Departament d'Electrònica

Autoria del projecte: CFGS

Tècnic :

Tècnica :

Copyright © 2020 de Manuel Durán Ruiz

Font documental original de Manuel Durán Ruiz.

ÍNDICE

1. RESUMEN DEL PROYECTO.....	4
2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	5
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	6
4. METODOLOGÍA UTILIZADA.....	7
5. ANTEPROYECTO.....	8
6. REFERENCIAS Y NORMATIVAS.....	11
7. EQUIPOS Y MATERIALES EMPLEADOS.....	14
8. PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL TRABAJO.....	15
9. PRESUPUESTO DETALLADO.....	22
10. CONCLUSIONES Y RESULTADOS.....	23
11. ANEXOS.....	24
11.1. Planos.....	24
11.2 Repositorio GitHub.....	25

1. RESUMEN DEL PROYECTO

Esta mano robótica tiene la principal función de realizar movimientos sin la utilización de interfaces físicos, como botones o palancas. La mano robótica tendrá las siguientes características:

1. Puede moverse con el movimiento de la mano con el módulo que permitirá la lectura y detección de dichos movimientos.
2. Estas lecturas se transmiten de la mano mediante señales de radio frecuencia (RF), que contiene la posición a la que debe cambiar.
3. La mano también posee una pinza que permite agarrar o soltar objetos controlado con un interruptor de tres pasos.
4. Tendrá una pantalla LCD que mostrará la posición de las pinzas.

2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Debido a la reciente pandemia COVID-19 que afectó a toda la población, se ideó una forma de poder reducir el contacto con otras personas u objetos, así disminuyendo también el número de contagios.

Se planteó el uso de un intermediario, que crea una barrera entre las partes involucradas. Con el diseño de la mano robótica, también el usuario no tiene que interactuar con la mano, disminuyendo lo más posible la cantidad de contacto que pueda haber.

Se utilizó como referencia e inspiración el proyecto realizado por Mayoogh Girish. Su proyecto puede ser encontrado en la siguiente página web: [Hand Gesture Controlled Robot](#).

En este proyecto, el diseñador utiliza las gestiones de la mano para controlar un coche. De este proyecto, se tomaron en cuenta los componentes que utilizó (el módulo de RF, el acelerómetro y Arduinos) y se adaptó a lo que la mano robótica necesita.

Para el diseño de la mano, se tomó el diseño que se puede encontrar en la siguiente página web: [Dan's 9g Micro Servo Robot Arm](#).

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

- Diseñar una mano robótica que permita moverse con una relativa libertad. Es decir, que pueda moverse en el espacio y no solo en un plano.
- Diseñar y construir fuentes de alimentación que permitan alimentar a todos los componentes necesarios para llevar a cabo el trabajo.
- Utilizar un controlador que gestionará todas las entradas y traducirlos a instrucciones, que será el movimiento de la mano robótica.
- Mostrar retroalimentación entre la mano robótica y el usuario con una pantalla que permita mostrar la ubicación del mismo.
- Realizar el trabajo lo más cómodo posible para el usuario.
- Diseñar el medio de comunicación entre la información de datos (el usuario) y la mano robótica.
- Utilizar componentes que sean resistentes y puedan aguantar el peso de la mano robótica.

4. METODOLOGÍA UTILIZADA

Para el diseño de la circuitería, se utiliza el programa Proteus que, no solo permite realizar esquemáticos eléctricos, sino que también permite el diseño de PCB.

Se imprimirá la mano robótica por impresión 3D, ya que es una tecnología eficaz que permite imprimir con gran precisión. Se utilizó el programa SolidWorks para posibles modificaciones y visualización del diseño de la mano robótica.

Debido a que el proyecto está dividido en dos partes (interfaz de usuario y la mano robótica), se separarán los componentes que cada parte necesita y trabajar independientemente en cada parte. Es decir, un diseño, esquemático y circuito para la mano robótica y otro para la interfaz de usuario.

Se tomarán en cuenta los requisitos que el proyecto necesita para realizar el trabajo y que componentes serán los más apropiados para esto. Luego se realizarán esquemáticos y diagramas que permitan la visualización del diseño. Esto se realizará tanto para la mano como para la interfaz de usuario.

Con el uso de protoboards, se realizarán prototipos y comprobaciones de teorías que puedan emerger, como distintas soluciones para la realización del proyecto.

Finalmente, con todas las pruebas efectuadas, se procederá a realizar el montaje de los componentes en circuitos para obtener una estructura sólida del proyecto y también ajustes finales.

5. ANTEPROYECTO

Primero, se ideó una propuesta básica de como sería el diseño completo del proyecto que satisfagan los objetivos. Esta propuesta se muestra en el diagrama siguiente:

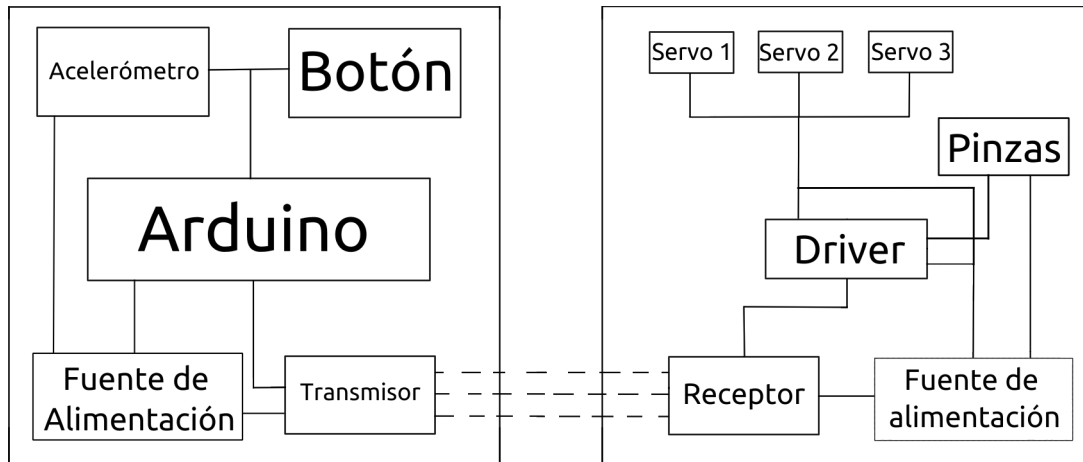


Diagrama inicial del diseño

Se decidió utilizar un acelerómetro que podría leer los datos necesarios que le darán instrucciones a la mano robótica de la posición en que debería estar.

Para la transmisión y recepción de datos se decidió utilizar un módulo de radiofrecuencia a 433MHz. Esto permitirá mantener contacto con los dos bloques sin necesidad de cables, ya que sino, los cables podrían bloquearse con la máquina o el usuario haciendo el trabajo muy incómodo.

El botón tendrá la función de accionar las pinzas. Esta instrucción también se transmitirá por el transmisor. Las pinzas son accionadas con un servo. Y los servos servirán de mecanismos que permitirán el movimiento de la mano, que recibirán instrucciones del driver. El botón fue luego cambiado por un interruptor de tres pasos, en el que en un estado la pinza se cerrará, en otro se abrirá y el último no hará nada.

Los componentes electrónicos utilizados son:

- Arduino Uno.
- Arduino Nano.

- Pantalla LCD 16x2.
- Módulo de radiofrecuencia 433MHz (FS1000A y MX-RM-5V)
- Acelerómetro ADXL345 (Integrado en un chip GY-291).
- 5 Servos SG90.

Cada componente, tienen sus propias características, principalmente, el voltaje que requieren para trabajar.

Para el bloque receptor:

- El Arduino Uno tiene un rango de trabajo de 7-12V recomendado con un máximo de 20V.
- La pantalla LCD, este tiene un rango de trabajo entre 0V a 7V.
- El módulo de recepción para el radiofrecuencia tiene un voltaje de trabajo de 5V, pero luego de algunas pruebas, se ha observado que también puede trabajar a 6V.

Utilizando un circuito de alimentación externa que funcione a 12V, podríamos alimentar todo el bloque. Aunque, para el módulo RF y la pantalla LCD, sería conveniente dividir el voltaje. También sería conveniente utilizar una fuente de alimentación de 5V que puede bien ser ofrecido por el mismo Arduino o utilizar una fuente externa, ya que es posible que el Arduino no ofrezca la corriente necesaria para alimentar los demás componentes.

Para el bloque transmisor:

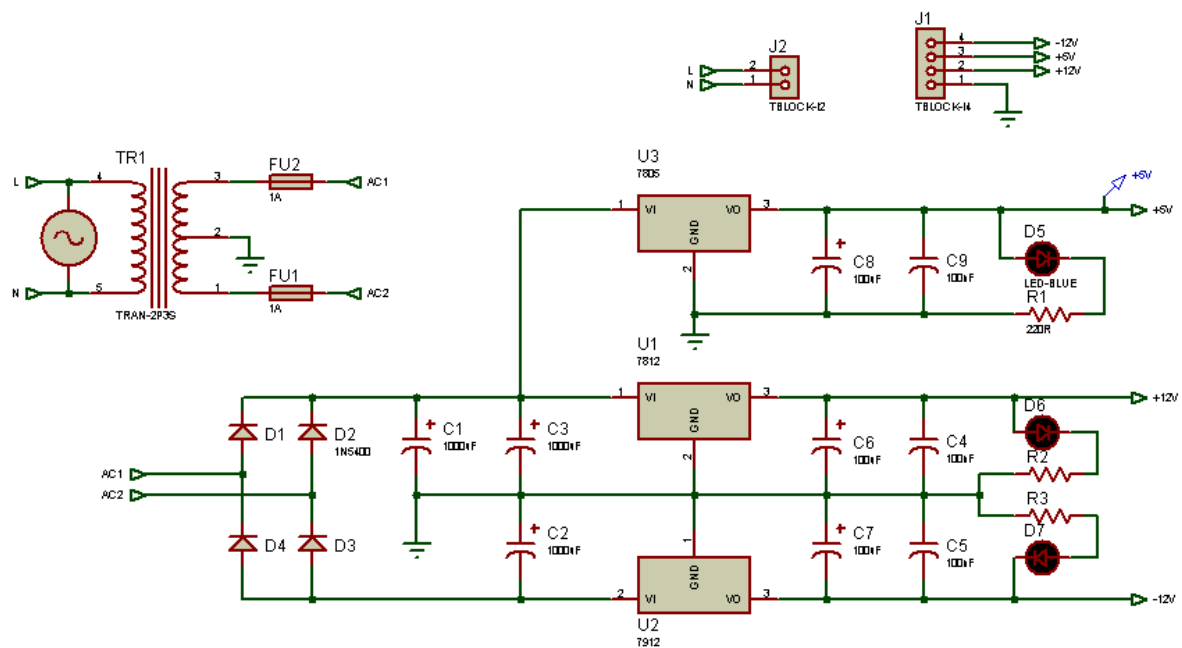
- El Arduino Nano puede aguantar hasta 12V de entrada y con un mínimo de 7V.
- ADXL345 admite hasta 3.9V de entrada.
- El módulo de transmisión del radiofrecuencia tiene un rango de trabajo de 3.5-12V.

Una pila de 9V podría alimentar al módulo RF y el Arduino, pero para alimentar el acelerómetro, solamente se pueden alimentar hasta 3.9V. Pero, el Arduino Nano tiene un puerto de alimentación de 3.3V, por tanto, se alimentará al ADXL345 con el Arduino Nano.

En conclusión, cada bloque tendrá su fuente de alimentación, lo cual dará energía a los Arduinos, transmisor, receptor, acelerómetro, pinzas y

servos. Para el bloque de recepción, se usarán un circuito de alimentación de 5V y 12V y para el bloque de transmisión se usará una pila de 9V.

Para la fuente de alimentación del bloque transmisor, se utilizará el diseño PCB que fue trabajado en el Módulo 8 del curso con el profesor Luis Muñiz que, no solo es capaz de alimentar 12V, sino que también -12V y 5V. Pero para propósito de este proyecto, se utilizarán solo la alimentación de 5V y 12V. El diseño del PCB es el siguiente:



Esquemático eléctrico de la fuente de alimentación

6. REFERENCIAS Y NORMATIVAS

- XIAMEN AMOTEC DISPLAY CO.,LTD (2008, Octubre 29). Specifications of LCD Module. Recuperado de: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/ADM1602K-NSW-FBS-3.3v.pdf>



- Arduino (Sin fecha). Arduino Uno REV3. Recuperado de: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>



- Arduino (Sin fecha). Arduino Nano. Recuperado de: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>



- Analog Devices (Sin fecha). Digital Accelerometer. Recuperado de: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>



- Hobby Components (2012, Agosto 5). 433MHz Wireless Modules MX-FS-03V & MX-05 (HCMODU0007). Recuperado de: <https://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?f=74&t=1324&sid=ed120fbf8cd7150eef073d968a310680>



- Mayoogh Girish (2016, Noviembre 27). Hand Gesture Controlled Robot. Recuperado de <https://create.arduino.cc/projecthub/mayooghgirish/hand-gesture-controlled-robot-4d7587>



- Tetsuharu (2018, Junio 30). Dan's 9g Micro Servo Robot Arm. Recuperado de: <https://www.thingiverse.com/thing:2984487>



- Sin autor (Sin fecha). Servo motor SG90 Datasheet. Recuperado de: http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf



- Khaled Malhal (2021, Mayo 13). Video de prueba – Mano robótica. Recuperado de: <https://youtu.be/iUWywOCdsD4>



7. EQUIPOS Y MATERIALES EMPLEADOS

- Instrumentación básica de electrónica: multímetros, destornilladores, pinzas, alicates, cables, etc.
- Protoboard: para el prototipaje y comprobación de componentes y circuitos.
- Soldador: manipulación del diseño físico de la mano impresa y soldadura de circuitos.
- Epoxy: para fijar algunas piezas de los servos en la mano robótica.
- Tubos termo-retractiles: para fijar cables soldados.
- Servo motores: permitirán realizar el movimiento de la mano robótica y servirán de articulaciones para mantener las piezas juntas.
- Arduino Nano y Uno: serán los controladores programables que procesarán la información enviada y/o recibida.
- Arduino IDE: El ambiente de desarrollo integrado especializado para dispositivos programables como los Arduino que permitirán programarlos. Trabajados en el Módulo 1 del curso con el profesor Eduardo de la Rosa.
- ADXL345: el acelerómetro que detectará los movimientos de la mano del usuario y generar señales que se puedan procesar a partir de los movimientos. Es un chip que está integrado en el circuito GY-291.
- Módulos RF 433MHz: módulos de radiofrecuencia que servirán como los receptores y transmisores de información, estableciendo contacto sin uso de cables entre el circuito de la interfaz de usuario y la mano robótica.
- Pantalla LCD: permitirá la retroalimentación con el usuario, mostrando la posición en que la pinza de la mano robótica se encuentra.

8. PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL TRABAJO

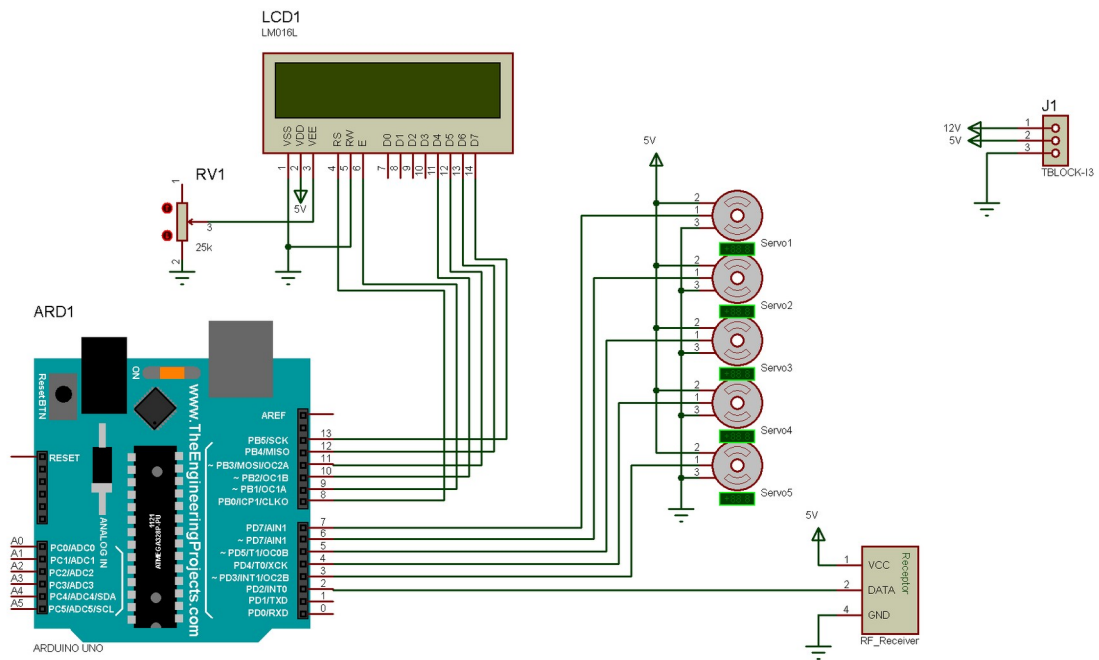
Luego de realizar el diseño general del proyecto, se compraron y reunieron los componentes necesarios para el proyecto. También se imprimió el modelo 3D de la mano robótica.

Se realizó el esquemático eléctrico del diseño que también servirá para poder construir los circuitos de cada bloque. Y, al mismo tiempo, se preparó y armó el mecanismo de la mano robótica con los servos quedando de tal forma:

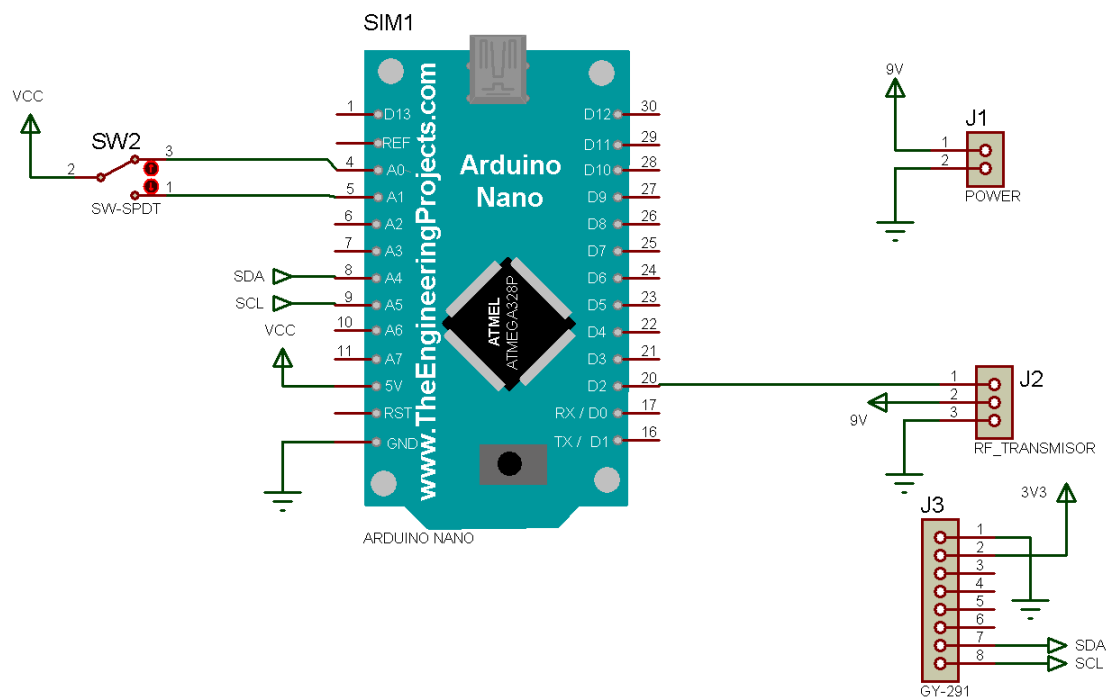


Montaje de la mano robótica

También, se realizaron los esquemáticos eléctricos para los dos bloques:

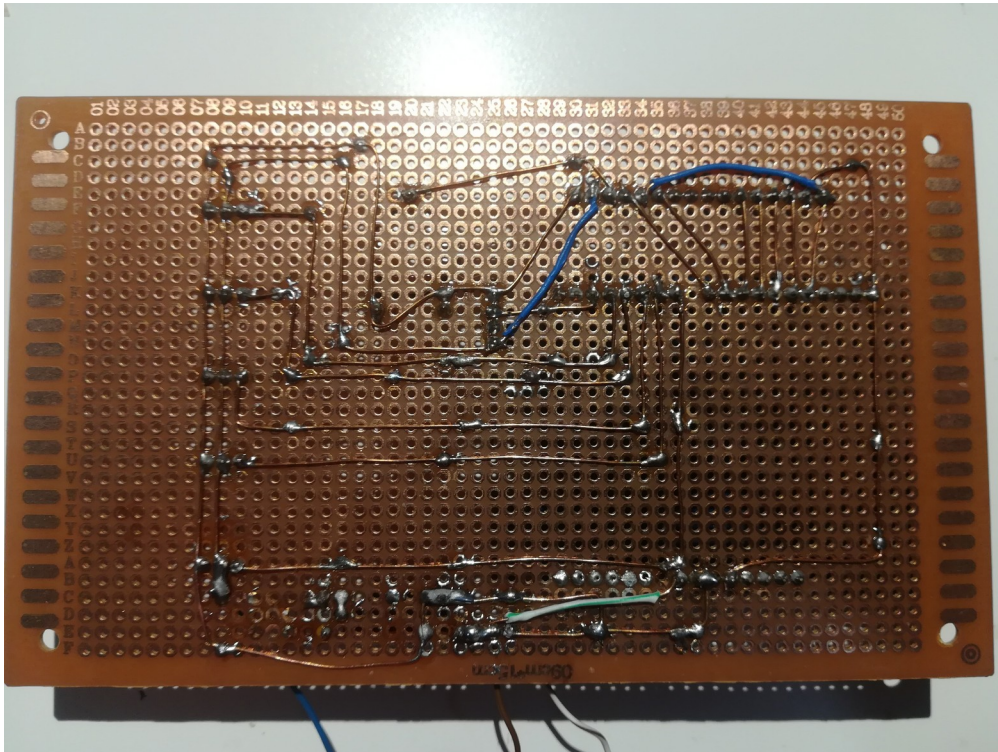


Esquemático eléctrico del bloque receptor

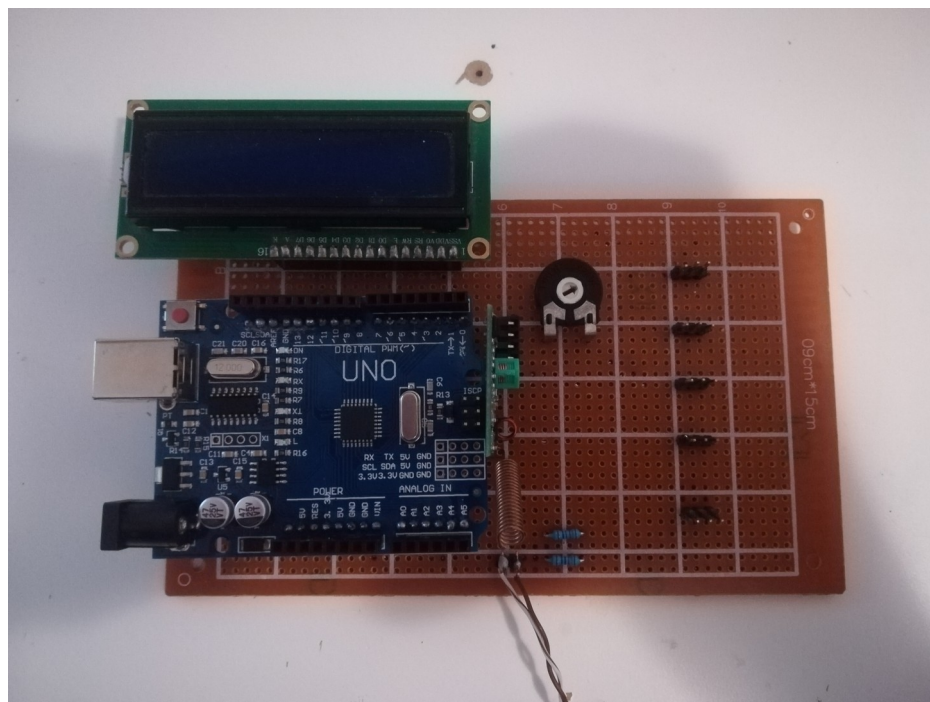


Esquemático eléctrico del bloque transmisor

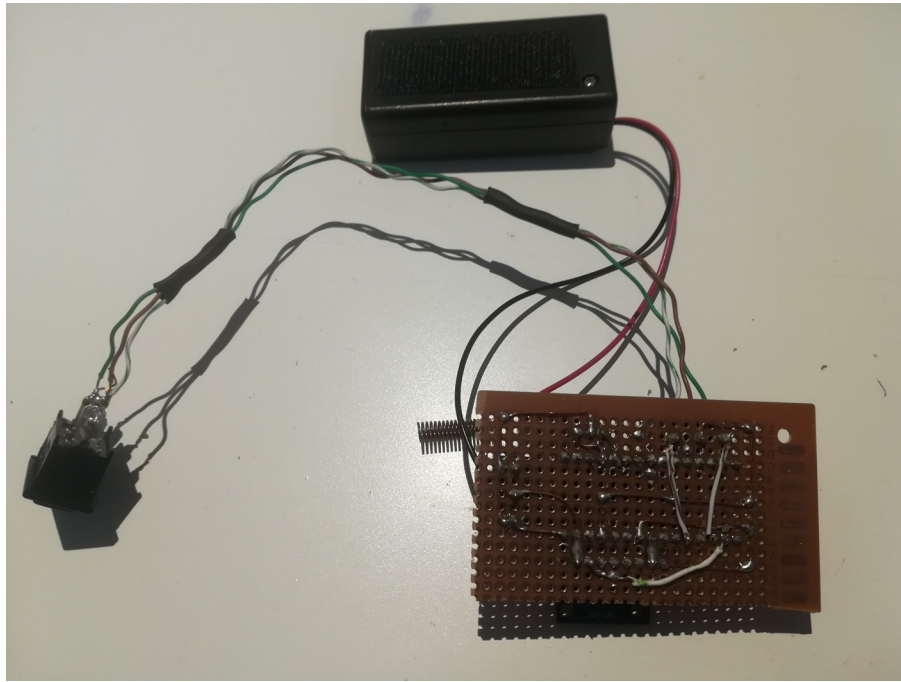
Luego, se procedió a realizar los montajes de los circuitos, soldando los componentes en una baquelita (revisar los anexos para los esquemáticos):



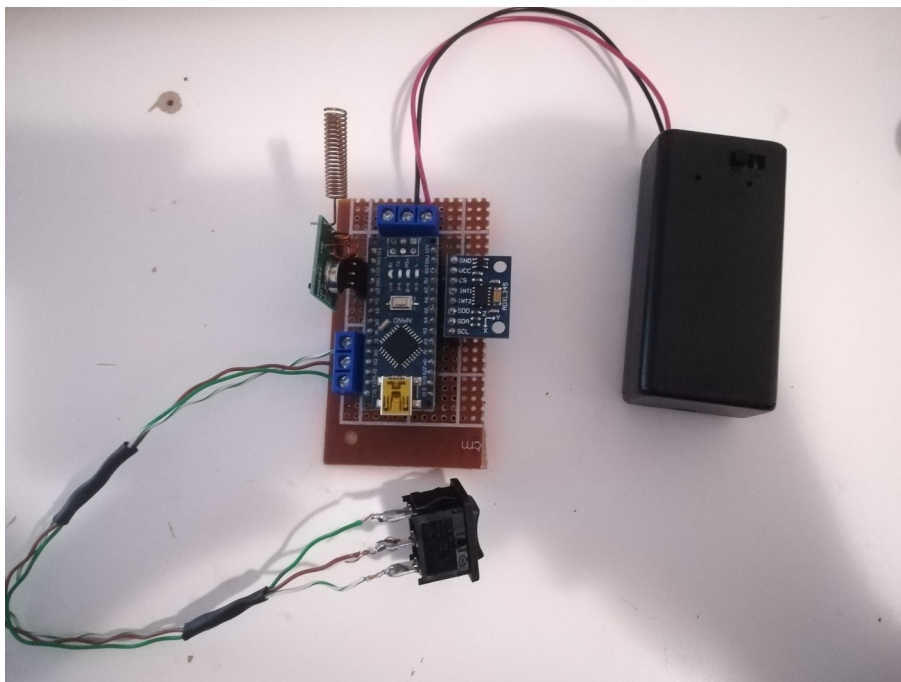
Soldadura del circuito del bloque receptor



Circuito del bloque receptor

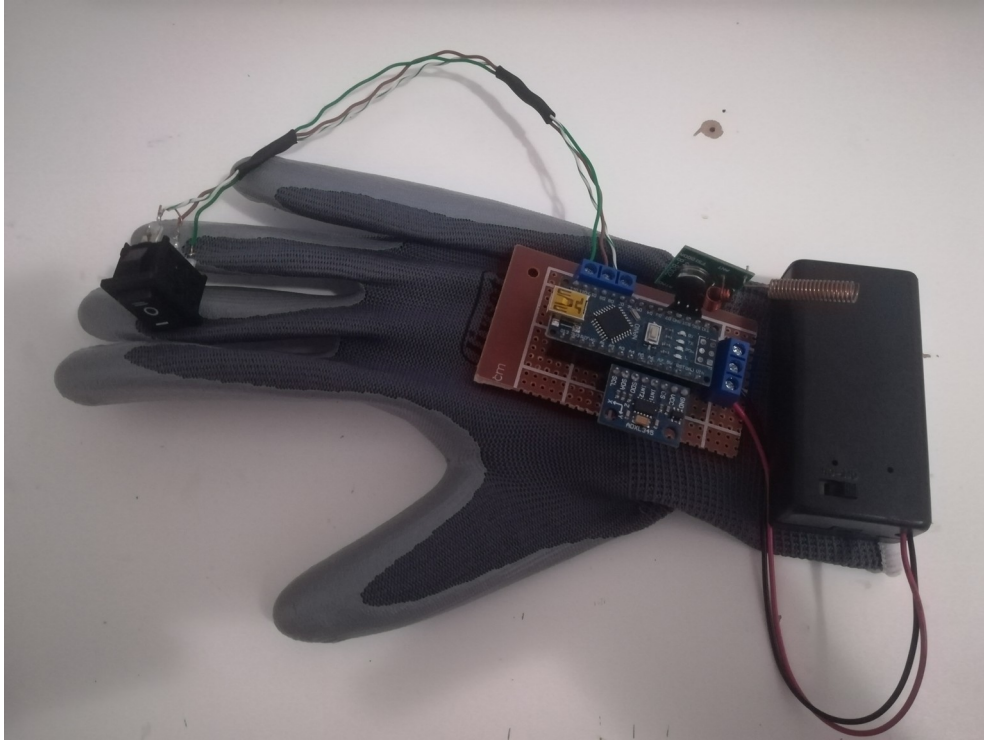


Soldadura del circuito del bloque transmisor



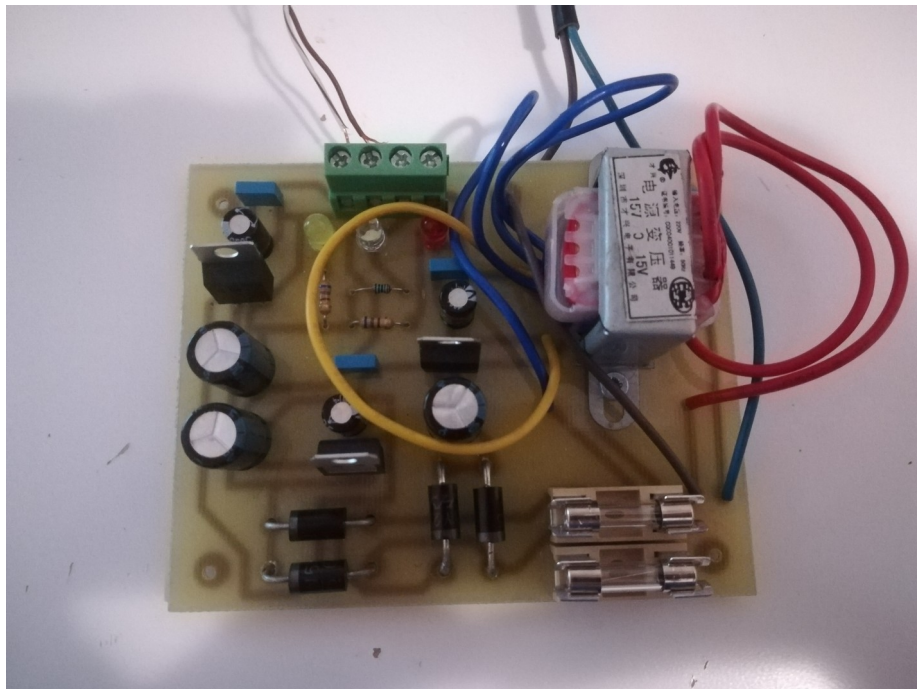
Circuito del bloque transmisor

Debido al tamaño del Arduino Nano, se prefirió utilizar este modelo debido a que este se ubicará en la mano del usuario. El cual, luego de realizar los circuitos, se procedió a montar una interfaz que permita al usuario controlar la mano robótica:



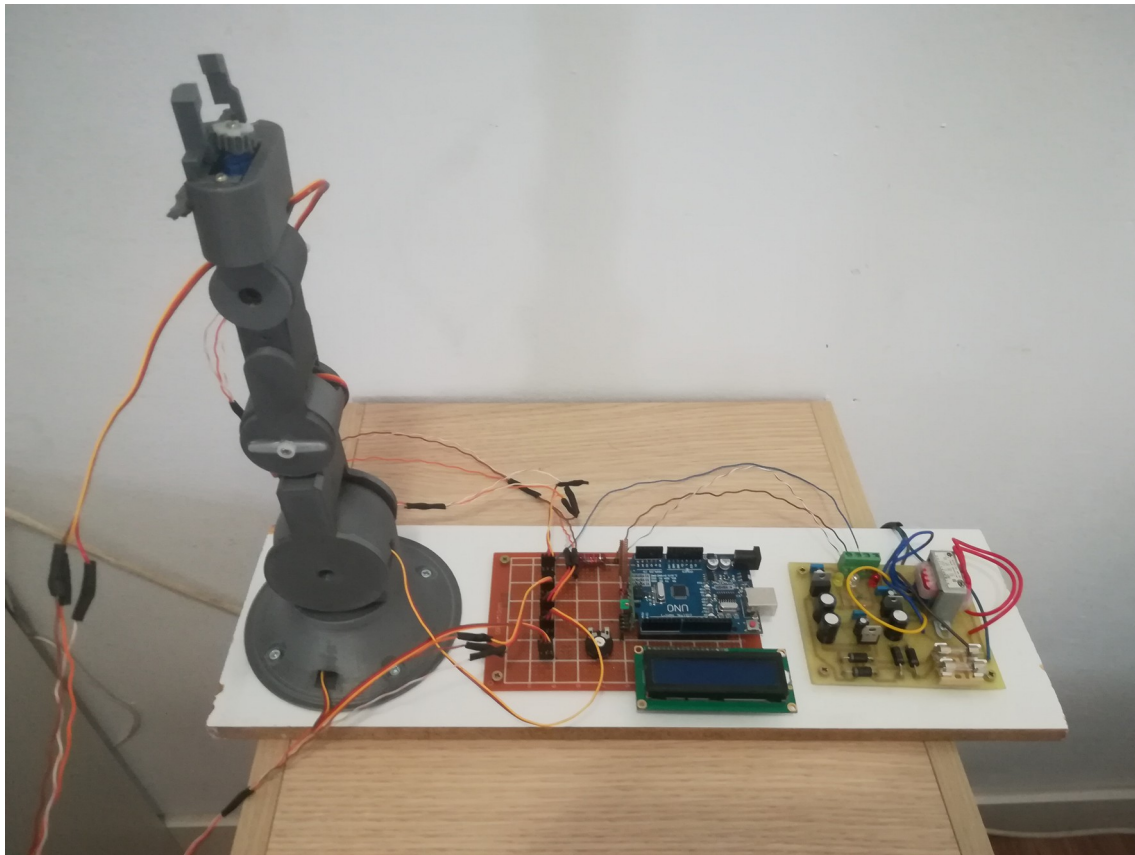
Guante para interfaz del usuario

Para la alimentación del circuito receptor, se utiliza un circuito externo que provee 12V, el cual, es el siguiente:

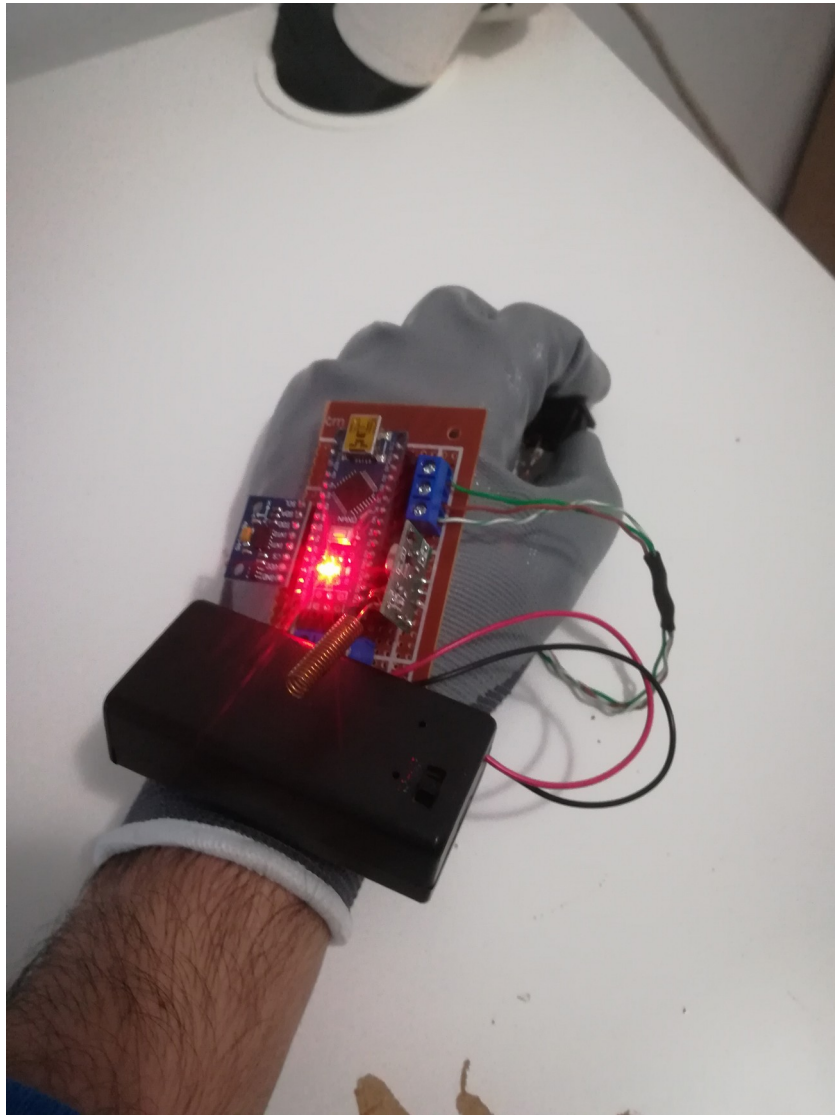


Fuente de alimentación externo

Finalmente, todos bloques y circuitos montados quedarían de esta forma:



Bloque receptor



Bloque transmissor

9. PRESUPUESTO DETALLADO

Código	Nombre del componente	Modelo	Precio de venta al público	Qty	Dto	Total
1	Arduino	UNO	€3.20	1		€3.20
2	Arduino	Nano	€2.90	1		€2.90
3	Multímetro	Genérica	€6.52	1		€6.52
4	Soldador	Genérica	€9.80	1		€9.80
5	Baquelita	Genérica	€0.62	2		€1.24
6	Módulo de RF	433MHz	€3.82	1		€3.82
7	Servo	SG90	€6.05	5		€30.25
8	Módulo de aceleración	GY-291	€1.50	1		€1.50
9	Impresión mano robótica	3D	€68.97	1		€68.97
10	Portapilas para 9V	Genérica	€1.63	1		€1.63
11	Guantes	Genérica	€0.90	1		€0.90
12	Transformador	15V-0V-15V	€3.10	1		€3.10
13	Mano de obra		€0	1		€0
			TOTAL:			€133.83

10. CONCLUSIONES Y RESULTADOS

1. Las mediciones del diseño no salieron tal y como se esperaba. Se debieron hacer cambios en él usando un soldador para derretir el plástico y manipularlo hasta que las piezas quedaran ajustadas.
2. Habría sido más conveniente realizar un encapsulado para los circuitos, pero por problemas de tiempo no ha sido posible.
3. El diseño de la interfaz de la mano del usuario pudo haber sido mejor. Los circuitos y batería pueden salirse en cualquier momento de forma inesperada al realizar movimientos bruscos.
4. Los componentes en el bloque receptor, al igual que la fuente de alimentación, no reciben la potencia que requieren para poder funcionar correctamente. Estos conmutan de encendido a apagado constantemente y no hay un flujo correcto ([video de muestra](#)). Habrá que revisar esta cuestión.
5. La presentación del bloque receptor no es el adecuado. Habría sido más conveniente juntar los cables de alimentación, al igual que la tierra, en un mismo nodo, manteniendo los cables de datos aparte. Esto puede ser realizado colocando los cables en un tubo.
6. Se tenía previsto utilizar un servo motor que es más grande y robusto, que también es más potente ([MG996R](#)). Esto suponía escalar y cambiar el modelo del diseño, debido a que el diseño de los dos servos son similares, pero no iguales. Por problemas de tiempo y alto coste, no fue posible realizar esto y se mantuvo con el diseño original.

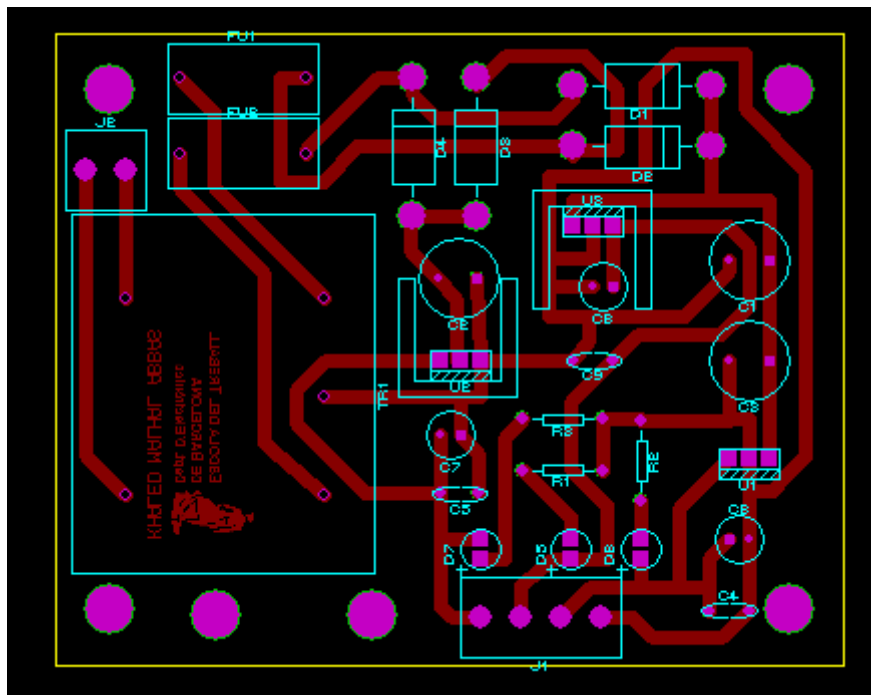


Datasheet del MG996R

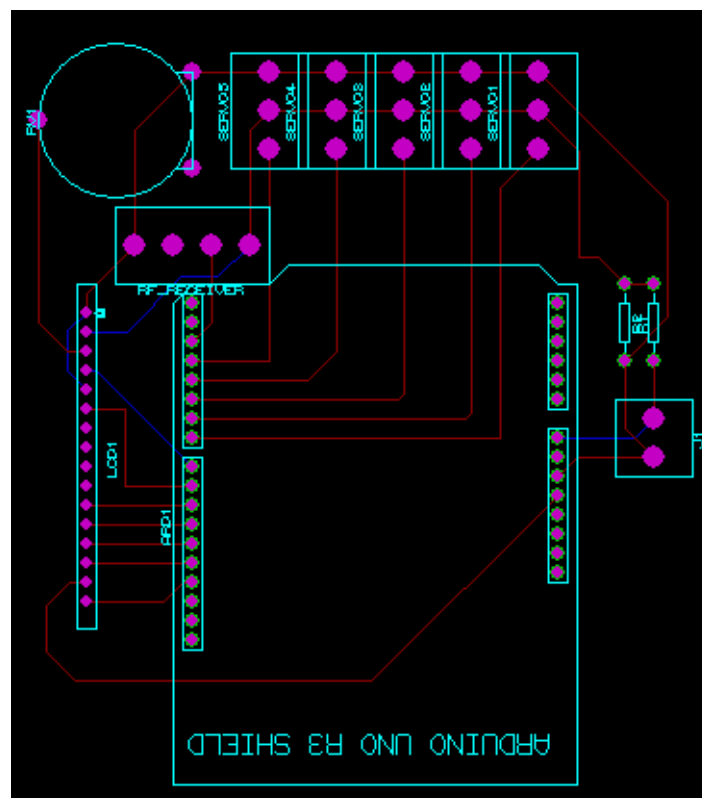
7. Se ha encontrado muy poca documentación para el servo SG90. Esto fue clave para entender y planificar el diseño completo del proyecto, debido a lo explicado en la conclusión 5.

11. ANEXOS

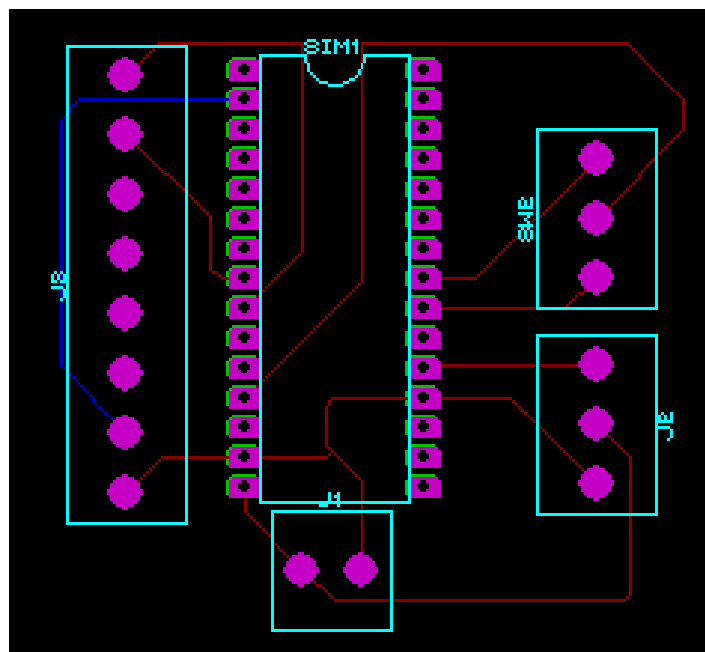
11.1. Planos



Esquemático PCB de la fuente de alimentación



PCB del circuito del bloque receptor



PCB del circuito del bloque transmisor

[11.2 Repositorio GitHub](#)

Se incluye un código QR donde se encuentra un repositorio GitHub donde se encuentra todo lo relacionado al proyecto. El repositorio está sujeto a cambios posibles en el futuro con más mejoras. También es posible acceder por medio del siguiente [link](#).



El código usado para el proyecto puede ser encontrado en el mismo repositorio. Este código se encuentra en el directorio “code”. Está separado por dos bloques, uno para el Arduino transmisor y otro para el Arduino receptor.

