



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER SISTEMA DE ASISTENCIA A INIDENTES PARA PRÁCTICA DE LA EQUITACIÓN EN PISTA

Autora: María del Carmen Rubiales Mena

Director: José Daniel Muñoz Frías

Madrid, 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Sistema de asistencia a invidentes

para práctica de la equitación en pista

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2021/2022 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada

de otros documentos está debidamente referenciada.

**Firmado por RUBIALES MENA MARIA DEL
CARMEN - 75923830W el día 19/07/2022 con
un certificado emitido por AC FNMT Usuarios**

Fdo.: Maria del Carmen Rubiales Mena

Fecha: 19/07/2022

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

**Firmado por MUÑOZ FRIAS
JOSE DANIEL - ***7384** el
día 24/08/2022 con un
certificado emitido por AC
FNMT Usuarios**

Fdo.: José Daniel Muñoz Frías

Fecha: 22/07/2022



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER SISTEMA DE ASISTENCIA A INIDENTES PARA PRÁCTICA DE LA EQUITACIÓN EN PISTA

Autora: María del Carmen Rubiales Mena

Director: José Daniel Muñoz Frías

Madrid, 2022

SISTEMA DE ASISTENCIA A INIDENTES PARA PRÁCTICA DE LA EQUITACIÓN EN PISTA.

Autora: Rubiales Mena, María del Carmen.

Director: Muñoz Frías, José Daniel.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

En este proyecto se diseñan los circuitos de alimentación del sistema de ayuda a invidentes para práctica de la equitación en pista desarrollado en varios Trabajos de Fin de Grado con el mismo nombre que este Trabajo de Fin de Máster.

Palabras clave: Invidentes, distancia, caballos, batería LiPo, carga de batería.

1. Introducción

En este proyecto se va a continuar desarrollando un sistema de asistencia a invidentes para práctica de la equitación en pista. Este sistema cuenta con varios sensores de ultrasonidos y actuadores que permiten al invidente saber su posición en todo momento respecto al caballo que le precede, el caballo que le sigue y las paredes del recinto.

De esta forma si los sensores perciben que el caballo se ha alejado de su posición objetivo se indica al usuario hacia dónde debe moverse con las vibraciones de los actuadores y así puede realizar este deporte de manera segura.

En anteriores trabajos de fin de grado se han desarrollado los circuitos correspondientes para los sensores y los actuadores. En este proyecto se sustituirá la batería formada por pilas que usaba el sistema para alimentarse en la última versión de la placa [1] por una batería recargable, para que el sistema sea más útil y autónomo.

2. Definición del proyecto

En este proyecto, el objetivo principal es desarrollar los circuitos de carga de la batería, además de conectarla al microprocesador principal. También se desarrollan varios reguladores de tensión para modificar la tensión de la batería a la utilizada por el circuito, que es 3.3V, 5V o 12V dependiendo del sub-circuito en específico.

Por otro lado, también se rediseña la placa de circuito impreso desarrollada en los Trabajos de Fin de Grado anteriores, añadiendo estos nuevos circuitos y reorganizando los circuitos

ya existentes. La placa final es de mayor tamaño y cuenta con más componentes y conexiones que las versiones anteriores, pero era de esperar al añadirse más circuitos.

3. Descripción del sistema

Después de estudiar los distintos tipos de batería recargables existentes en el mercado (LiPo, Ni-Mh, Li-Ion, Ni-Cd) se concluye que el mejor tipo de baterías para el uso que va a tener este proyecto son las LiPo por tener mejor eficiencia y mejor rendimiento que el resto. Además, son de menor peso y de tamaño más pequeño, lo cual hará que el sistema total pese menos y sea más fácil de transportar durante su uso.

El proyecto se ha dividido en cuatro partes, de forma que en cada una de ellas se cumple un objetivo.

1. Elección de la batería correcta: hasta enero de 2022.
2. Realización de los circuitos de la batería: hasta mayo de 2022.
3. Rediseño de la placa: hasta julio de 2022.
4. Pruebas de la nueva placa: hasta julio de 2022.

En algunos de los puntos se pudo trabajar a la vez como por ejemplo cuando se desarrollaron los circuitos y se comenzó con el rediseño de la placa anterior. En la Ilustración 1 se muestra el circuito desarrollado para la carga de la batería, utilizando el componente MCP73831 que es un regulador de carga de batería LiPo y Li-Ion. Con la resistencia R0 se puede ajustar la corriente de salida del sistema y por lo tanto la velocidad de carga de la batería.

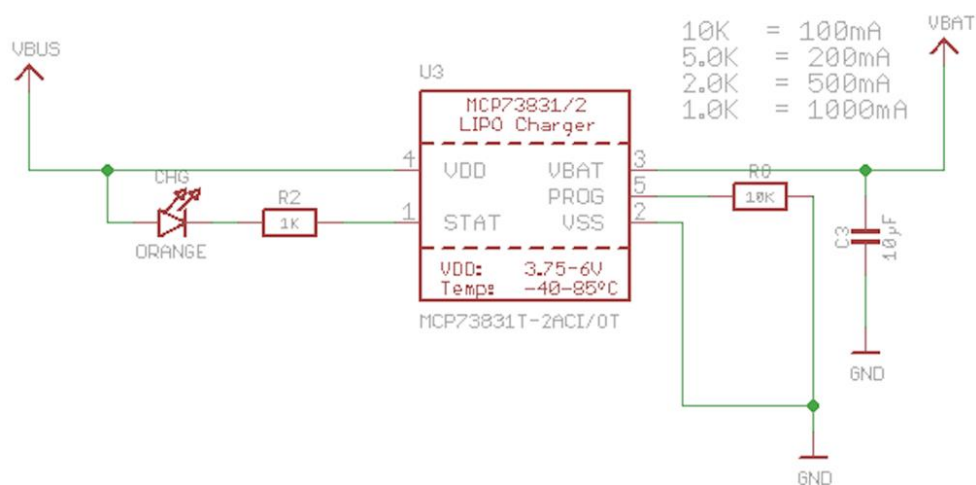


Ilustración 1: Circuito de carga de la batería [2]

En la Ilustración 2 se muestra uno de los circuitos de regulación de tensión realizados para adaptar la tensión de salida de la batería LiPo a las tensiones de funcionamiento del sistema. En este caso el componente principal del circuito es el SPX3819.

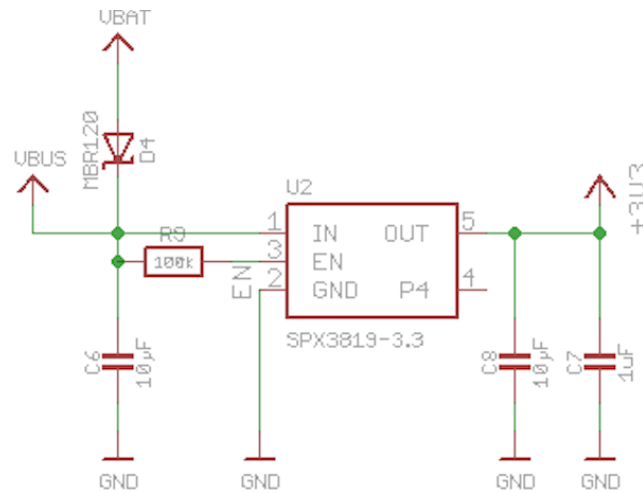


Ilustración 2: Circuito regulador de tensión [2]

4. Resultados

Después de realizar los nuevos circuitos del sistema, se montaron los circuitos para comprobar su funcionamiento. Algunos componentes tuvieron que ser soldados a adaptadores para poder usarlos en circuitos ya que solo se han encontrado para montaje superficial.

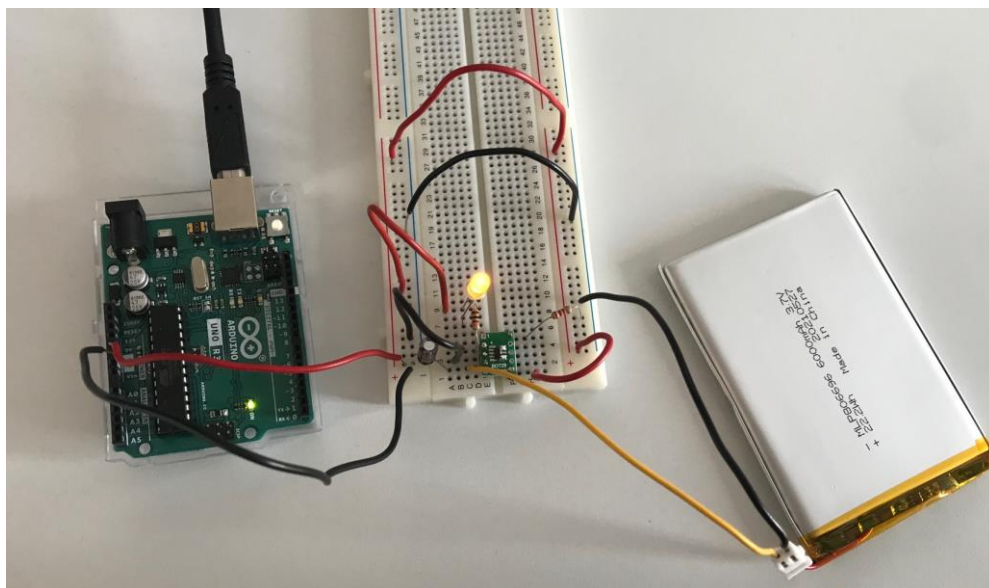


Ilustración 3: Prueba de carga de la batería

En la Ilustración 3 se muestran los resultados de la prueba del circuito de carga de la batería, donde el LED indica que el sistema está funcionando y cargando la batería. Además, se midieron las tensiones y corrientes de todos los puntos del circuito y coinciden con lo calculado teóricamente.

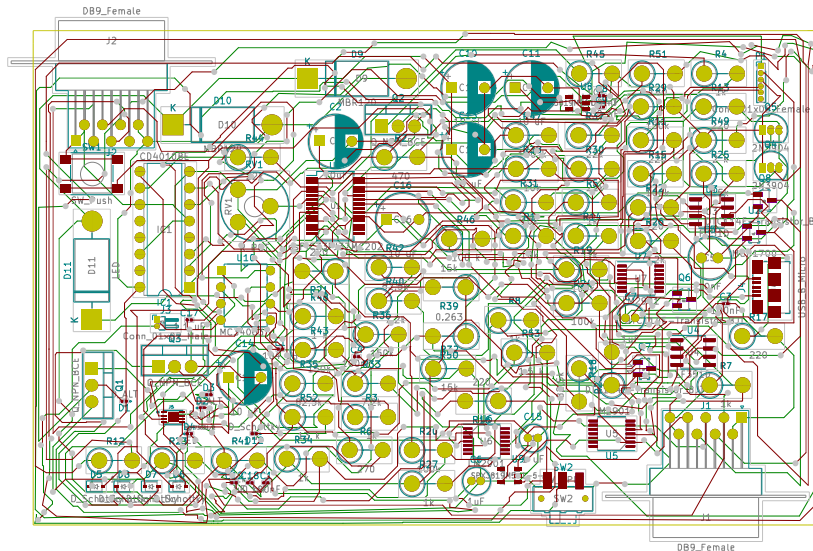


Ilustración 4: Placa desarrollada

En la Ilustración 4 se muestra el resultado final de la placa de circuito impreso desarrollada. Puede observarse que cuenta con un número elevado de componentes y también de conexiones, debido al grado de complejidad que alcanza un sistema con tantos subsistemas distintos. En el ANEXO II: Diseño de la Placa de esta memoria se muestra este diseño por capas.

5. Conclusiones

En este proyecto se ha podido diseñar una placa de circuito impreso que engloba los proyectos anteriores y todos sus sensores además de un sistema de alimentación por batería LiPo.

Este avance en el proyecto permite dotar al jinete invidente de más autonomía de la que tendría si el sistema se alimentase con pilas alcalinas, además de obtener una alimentación más respetuosa con el medioambiente y, ya que no se tiene por qué comprar pilas y reemplazarlas, también se disminuye el coste de mantenimiento del sistema a largo plazo.

Por ello se considera que el sistema, aunque a nivel de sensores y actuadores sigue siendo el mismo que era cuando se finalizó el Trabajo de Fin de Grado anterior, ha ganado en

cuanto a calidad y fiabilidad con este Trabajo de Fin de Máster. Esto no solo mejora las cualidades del producto, sino que dará un mejor servicio a sus usuarios.

Con estos avances se espera que el jinete invidente sea totalmente autónomo durante la práctica de la equitación, favoreciendo así su integración en la clase con el resto de los alumnos y evitando que su discapacidad se convierta en un impedimento para su desarrollo deportivo y social.

Para proyectos futuros o proyectos relacionados con la creación de circuitos de carga de batería se recomendaría comprar células que usen el regulador de carga MCP73831 donde el circuito ya esté desarrollado ya que es un componente que solo se ha encontrado para montaje superficial, siendo por lo tanto de reducido tamaño, y puede dar problemas a la hora de ser soldado. Al comprar el circuito ya montado se pierde la capacidad de elegir la corriente de carga de la batería, pero se gana en seguridad al saber que no habrá (o al menos no debería haber) contactos entre las distintas patas del componente.

6. Referencias

- [1] Rubiales Mena, María del Carmen (2020). *Sistema de asistencia a invidentes para práctica de la equitación en pista*. Último acceso: 17 de julio de 2022. Repositorio Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/36477>
- [2] Adafruit Feather 32u4 Basic Proto. Learn adafruit: <https://learn.adafruit.com/assets/28445>

OBSTACLES DETECTION SYSTEM TO SUPPORT BLIND PEOPLE IN THE PRACTICE OF THE EQUESTRIAN SPORT.

Author: Rubiales Mena, María del Carmen.

Supervisor: Muñoz Frías, José Daniel.

Collaborating Entity: ICAI – Comillas Pontifical University.

ABSTRACT

In this project, the circuits for a rechargeable battery that is going to feed the obstacles detection system to support blind people in the practice of horse riding are developed. This is the next step of a series of projects that have the same name as this one.

Keywords: Incidents, distance, horse riding, LiPo battery, battery charge.

1. Introduction

This project will continue to develop an assistance system for blind people to practice horse riding. This system has several ultrasonic sensors and actuators that allow blind people to know their position at all times with respect to the horse that precedes them, the horse that follows them and the walls of the enclosure.

By doing this, if the sensors perceive that the horse has moved away from its target position, the user is told where to move with the vibrations of the actuators and thus can perform this sport safely.

In previous end-of-degree projects, the corresponding circuits for sensors and actuators were developed. In this project, the batteries that the system used to power itself in the latest version of the board [1] will be replaced by a rechargeable battery, so that the system is more useful and autonomous.

2. Definition of the project

In this project, the main objective is to develop the battery charging circuits, in addition to connecting it to the main microprocessor. Several voltage regulators are also developed to modify the battery voltage to the ones used by the circuit, which are 3.3V, 5V or 12V depending on the specific sub-circuit.

On the other hand, the printed circuit board developed in the previous Final Degree Projects is also redesigned, adding these new circuits and reorganizing the existing ones.

The final board is larger and has more components and connections than previous versions, but this is to be expected with the addition of more circuitry.

3. Description of the system

After studying the different types of rechargeable batteries on the market (LiPo, Ni-Mh, Li-Ion, Ni-Cd) it is concluded that the best type of batteries for the use that this project will have are the LiPo batteries because they have better efficiency and better performance than the rest. In addition, they are lighter in weight and smaller in size, which will make the total system lighter and easier to transport during use.

The project has been divided into four parts, so that each of them fulfills an objective.

3.1. Battery choice: Until January 2022.

3.2. Development of battery circuits: until May 2022.

3.3. PCB redesign: until July 2022.

3.4. Testing of the new PCB: until July 2022.

In some of the points it was possible to work at the same time, for example when the circuits were developed, and the redesign of the previous board began. Illustration 1 shows the circuit developed for battery charging, using the MCP73831 component, which is a LiPo and Li-Ion battery charge regulator. With the resistor R0 the output current of the system can be adjusted and therefore the speed of charging of the battery.

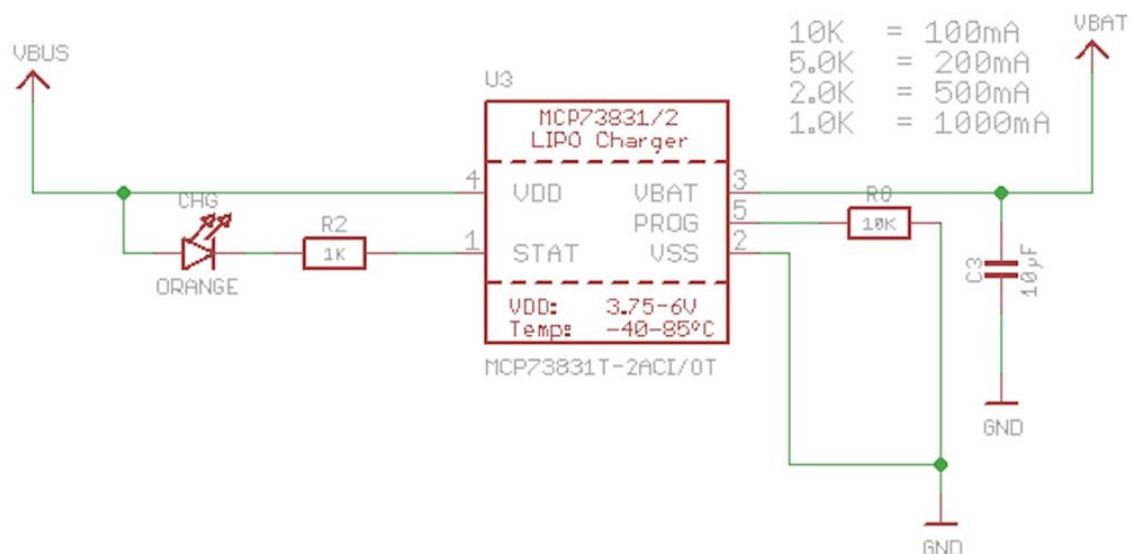


Illustration 1: LiPo charger [2]

Illustration 2 shows one of the voltage regulation circuits made to adapt the output voltage of the LiPo battery to the operating voltages of the system. In this case the main component of the circuit is the SPX3819.

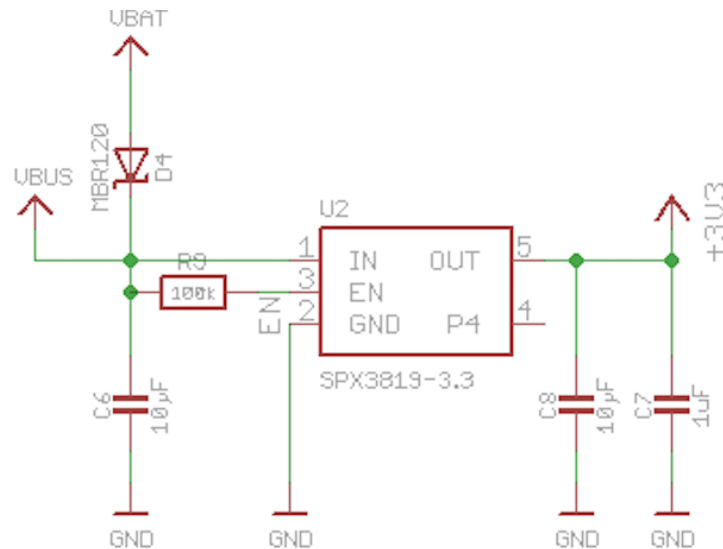


Illustration 2: Voltage regulator [2]

4. Results

After making the new system circuits, the circuits were assembled to check their operation. Some components had to be welded to adapters to be able to use them in circuits since they have only been found for surface mounting.

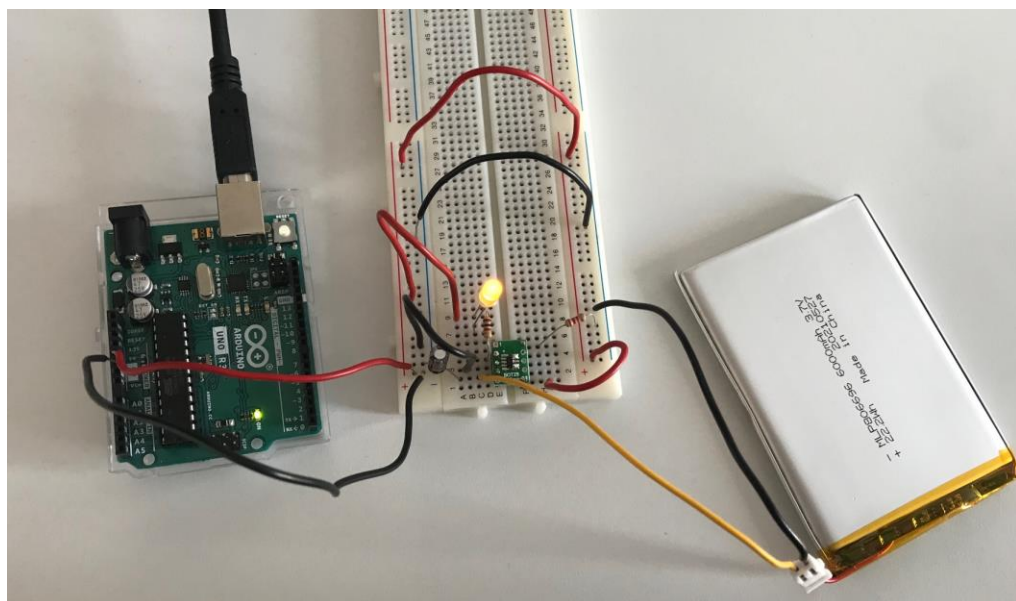


Illustration 3: Battery charging testing

5. Conclusions

In this project it has been possible to design a printed circuit board that includes the previous projects and all its sensors as well as a LiPo battery power system.

This advance in the project allows the blind rider to be given more autonomy than he would have if the system were powered by alkaline batteries, in addition to obtaining a more environmentally friendly power supply and, since there is no need to buy batteries and replace them, the long-term maintenance cost of the system is also reduced.

For this reason, it is considered that the system, although at the level of sensors and actuators remains the same as it was when the previous Final Degree Project was completed, has gained in terms of quality and reliability with this Master's Final Project.

In this project it has been possible to design a printed circuit board that includes the previous projects and all its sensors as well as a LiPo battery power system.

This advance in the project allows the blind rider to be given more autonomy than he would have if the system were powered by alkaline batteries, in addition to obtaining a more environmentally friendly power supply and, since there is no need to buy batteries and replace them, the long-term maintenance cost of the system is also reduced.

For this reason, it is considered that the system, although at the level of sensors and actuators remains the same as it was when the previous Final Degree Project was completed, has gained in terms of quality and reliability with this Master's Final Project.

This not only improves the qualities of the product, but it will give a better service to its users.

With these advances, it is expected that the blind rider will be totally autonomous during the practice of horse riding, thus favoring their integration in the class with the rest of the students and preventing their disability from becoming an impediment to their sporting and social development.

For future projects or projects related to the creation of battery charging circuits, it would be recommended to buy cells that use the MCP73831 charge regulator where the circuit is already developed, since it is a component that has only been found for surface mounting, being therefore small in size, and can cause problems when it comes to being welded. By buying the circuit already assembled, you lose the ability to choose the battery charging current, but you gain security by knowing that there will be no (or at least there should not be) contacts between the different legs of the component.

6. References

- [1] Rubiales Mena, María del Carmen (2020). *Sistema de asistencia a invidentes para práctica de la equitación en pista*. Último acceso: 17 de julio de 2022. Repositorio Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/36477>
- [2] Adafruit Feather 32u4 Basic Proto. Learn adafruit: <https://learn.adafruit.com/assets/28445>

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción.....	7
1.1 Motivación del proyecto	7
1.2 Recursos por emplear	8
1.2.1 Software	8
1.2.2 Hardware.....	9
1.2.3 Resumen de las herramientas.....	10
1.3 Objetivos del Proyecto	11
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías	13
2.1 Hardware.....	13
2.1.1 Baterías LiPo	13
2.1.2 Reguladores de voltaje (3.3V y 5V)	14
2.1.3 Regulador de tensión de conmutación.....	15
2.1.4 Componente para la carga de la batería	16
2.2 Software	17
2.2.1 KiCad.....	17
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	19
3.1 Baterías de níquel cadmio (Ni-Cd)	19
3.2 Baterías de níquel e Hidruro Metálico (Ni-Mh)	19
3.3 Baterías de Iones de Litio (Li-Ion).....	20
3.4 Baterías de Litio y Polímero (LiPo)	20
3.5 Comparación entre los distintos tipo de baterías estudiados	21
Capítulo 4. Definición del Trabajo	23
4.1 Justificación	23
4.2 Objetivos	23
4.3 Metodología.....	24
4.4 Escenario de uso	25
4.5 Planificación y Estimación Económica	26
4.6 Impacto Medioambiental.....	28

4.7	Impacto sobre el Caballo.....	28
Capítulo 5. Sistema Desarrollado		29
5.1	Desarrollo de los Circuitos	29
5.2	Pruebas.....	32
Capítulo 6. Diseño de la Placa		39
6.1	Diseños de los Circuitos	41
6.2	Creación de las Huellas de los Componentes	42
6.3	Generación de la Lista de Conexiones	42
6.4	Diseño de la Placa	42
6.5	Producción de la Placa	44
Capítulo 7. Análisis de Resultados.....		45
7.1	Funcionamiento del sistema	45
7.2	Pruebas Realizadas.....	46
7.3	Aspectos a Mejorar	46
7.3.1	Aspectos a mejorar en el sistema de alimentación.....	47
7.3.2	Aspectos a mejorar en el proyecto en general.....	47
Capítulo 8. Conclusiones y Trabajos Futuros		49
8.1	Conclusiones Principales	49
8.2	Trabajos Futuros	50
Capítulo 9. Objetivos del Desarrollo Sostenible.....		53
ANEXO I. Bibliografía		57
ANEXO II: Diseño de la Placa		61
ANEXO III: Guía de Instalación		73
	KiCad	73
ANEXO IV: Datasheets de los componentes principales.....		79

Índice de figuras

Figura 1: Logo de KiCad [3]	8
Figura 2: Batería LiPo 6000 mAh [6]	13
Figura 3: Circuitos de protección de la batería recargable	14
Figura 4: Regulador de voltaje de 3.3V [7]	14
Figura 5: Regulador de tensión de conmutación [10]	15
Figura 6: Componente para la gestión de la carga [15]	16
Figura 7: Ejemplo de placa desarrollada con KiCad	17
Figura 8: Diagrama de Gantt del proyecto	24
Figura 9: Ejemplo de pista de doma [20]	25
Figura 10: Circuito regulador de tensión	29
Figura 11: Circuito de carga de la batería	30
Figura 12: Aplicación típica del MCP73831 [23]	31
Figura 13: Circuito típico de aplicación de MC34063A [24]	31
Figura 14: Adaptador de montaje superficial a DIP [25]	32
Figura 15: Soldador eléctrico [27]	33
Figura 16: Resultado de las soldaduras	33
Figura 17: Circuito de regulación de voltaje	34
Figura 18: Prueba de carga de la batería	34
Figura 19: Tensión de entrada a la batería	35
Figura 20: Estado de la batería después de la carga	35
Figura 21: Estado de la batería antes de la carga	36
Figura 22: Pruebas de elevación de tensión	36
Figura 23: Proceso seguido para desarrollar la placa [30]	39
Figura 24: Importación de librerías	40
Figura 25: Comprobación de las conexiones	41
Figura 26: Ratnest inicial	43

Figura 27: Comprobación de las conexiones	43
Figura 28: Diseño final de la placa	44
Figura 29: Objetivos del desarrollo sostenible [32]	53
Figura 30: Página principal de KiCad	74
Figura 31. Ventana para elegir el sistema operativo.....	75
Figura 32: Ventana para descargar el programa	76
Figura 33: Ventana de instalación	77

Índice de tablas

Tabla 1: Comparación de las características de las baterías	21
Tabla 2: Estimación del coste de los componentes de los circuitos de ultrasonidos [1]	26
Tabla 3: Estimación del coste de los componentes de los circuitos de la batería	27
Tabla 4: Valores de los componentes para MC34063	32

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

En este proyecto se va a continuar desarrollando un sistema de asistencia a invidentes para práctica de la equitación en pista. Este sistema cuenta con varios sensores de ultrasonidos y actuadores que permiten al invidente saber su posición en todo momento respecto al caballo que le precede, el caballo que le sigue y las paredes del recinto.

De esta forma si los sensores perciben que el caballo se ha alejado de su posición objetivo se indica al usuario hacia dónde debe moverse con las vibraciones de los actuadores y así puede realizar este deporte de manera segura.

En anteriores trabajos de fin de grado se han desarrollado los circuitos correspondientes para los sensores y los actuadores. En este proyecto se sustituirá la batería formada por pilas que usaba el sistema para alimentarse en la última versión de la placa [1] por una batería recargable, para que el sistema sea más útil y autónomo.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Al igual que cuando se realizó el Trabajo de Fin de Grado con el mismo nombre [1] que este Trabajo de Fin de Máster, la motivación principal para realizar este trabajo es dotar de autonomía a personas invidentes para que, en caso de querer hacerlo, puedan realizar la equitación sin necesidad de una persona guía que los acompañe constantemente.

Se busca potenciar la inclusión social de las personas discapacitadas ayudándolas a desarrollar su vida de manera independiente.

De esta forma, se favorecería el Objetivo del Desarrollo Sostenible número diez: “Reducción de las desigualdades” [2] y en concreto de su meta 10.2: “De aquí a 2030, potenciar y promover la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, sexo, discapacidad, raza, etnia, origen, religión o situación económica u otra condición”.

Otro de los objetivos que motiva este proyecto es la reducción de los residuos que generarían las pilas que usaba el sistema para alimentarse en su versión anterior.

Aunque la vida útil en años de una batería recargable (por ejemplo, de litio) y de una pila en años es similar, en el tiempo en que una batería se degrada hasta el punto de no poder utilizarse más se necesitaría usar varias decenas de pilas para hacer funcionar el sistema de sensores desarrollado mientras que la batería se iría recargando y no haría falta reemplazarla. Por lo tanto, los residuos generados serían mayores en cantidad y en grado de contaminación producida en el caso de usar pilas para alimentar el sistema.

1.2 RECURSOS POR EMPLEAR

Como en este proyecto se va a adaptar la alimentación del sistema para conectar una batería recargable al mismo, se necesitará crear un convertidor de corriente continua a corriente continua para adaptar el nivel de tensión de la batería.

De esta forma, el trabajo desarrollado en este proyecto se centrará principalmente en el diseño del hardware necesitado por la nueva batería y posteriormente en el diseño de la nueva placa de circuito impreso para todo el sistema.

1.2.1 SOFTWARE

A lo largo de este proyecto se usará KiCad, Figura 1, para el diseño de la nueva placa de circuito impreso, integrando los circuitos necesarios para adaptar el voltaje de la nueva batería al voltaje de funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema.



Figura 1: Logo de KiCad [3]

KiCad es un paquete de software libre que permite hacer captura de esquemas y diseños de PCB, crear las listas de materiales necesarios, ilustraciones, archivos Gerber y vistas 3D de la placa y de sus componentes. [3]

Si se desea profundizar en el funcionamiento y manejo de esta herramienta se aconseja consultar los tutoriales disponibles en Youtube de Digikey. Son diez vídeos de corta duración donde se explica paso a paso cómo utilizar KiCad sacándole el máximo partido.

El enlace a estos tutoriales, visitados por última vez en julio de dos mil veintidós, se encuentran en el siguiente apartado de la bibliografía: [4].

Este mismo software fue usado en los Trabajos de Fin de Grado anteriores para diseñar las versiones anteriores de la placa de circuito impreso con sus circuitos.

1.2.2 HARDWARE

A nivel de hardware en este proyecto se usarán convertidores de corriente continua a corriente continua para aumentar el voltaje proporcionado por la batería al voltaje necesario.

Son convertidores ampliamente estudiados y desarrollados por lo que no debería haber ningún problema al querer implantar esta tecnología en el sistema que se ha desarrollado.

Los convertidores de corriente continua a corriente continua pueden ser de [5]:

- Reducción: la tensión de salida es menor que la tensión de entrada.
- Elevación: la tensión de salida es mayor que la tensión de entrada.
- Buck-boost: la tensión de salida aumenta o disminuye en función del ciclo de trabajo.
- Flyback: convertidor aislado, opera como el buck-boost pero tiene un transformador para almacenar energía.
- Forward: convertidor aislado, el transformador se usa para transferir energía desde el primario al secundario cuando el interruptor está cerrado.

En concreto el que se usa en este proyecto es de tipo elevador, ya que se quiere pasar de 5V a 12V, que es la tensión de alimentación de los actuadores. Para ello se utilizará un componente en específico, que es una versión encapsulada del convertidor.

Además, se utilizarán varios reguladores de tensión para pasar de la tensión de alimentación de la batería a 3.3V y a 5V. Por último, también se utiliza el componente MCP73831 para la carga de la batería.

1.2.3 RESUMEN DE LAS HERRAMIENTAS

Después de haber realizado el estudio de las herramientas más importantes para el proyecto, se enumeran el total de las herramientas que se necesitan para realizar este proyecto:

- KiCad
- Varios componentes electrónicos: resistencias, transistores, diodos, cables, inductancias, condensadores, cables.
- Adaptadores para los componentes de menor tamaño.
- Polímetro para pruebas.
- Batería recargable.
- Placa de circuito impreso.
- Arduino Uno R3.
- Soldador eléctrico.
- Material de soldadura (estaño).
- Protoboards.
- Alicates de corte.

En caso de haber realizado este proyecto contando con un laboratorio debidamente equipado también se habrían usado osciloscopios, fuentes de alimentación y algún método más sofisticado para comprobar el estado de carga de la batería antes y después de cargarla usando los circuitos desarrollados.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos del proyecto lo dividen en cinco grandes partes de forma que, cuando se consigan todos, se habrá finalizado por completo. Estos objetivos principales son los siguientes:

- Elegir la batería adecuada para la aplicación de este sistema.
- Soldadura de los componentes de menor tamaño a adaptadores.
- Realizar los circuitos necesarios para la adaptación del voltaje de la batería y para la carga de esta.
- Rediseñar la placa de circuito impreso incluyendo los circuitos de la batería y los circuitos de los sensores desarrollados anteriormente.
- Realizar pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de la batería en los nuevos circuitos.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

A continuación se van a comentar las tecnologías utilizadas durante este Trabajo de Fin de Máster. Este capítulo se dividirá en dos secciones, hardware y software.

2.1 HARDWARE

Los componentes que destacan a nivel de hardware son la batería de LiPo (más adelante se comentará por qué se elige este tipo de batería), los reguladores de voltaje a 3.3V y a 5V, el regulador de tensión de conmutación entre 3.0V y 40V y el componente para la carga de la batería.

2.1.1 BATERÍAS LIPO

Se ha elegido una batería de 6000 mAh y 3.7V para que el sistema cuente con más autonomía de la necesaria y que la carga del sistema no sea una tarea a realizar continuamente.



Figura 2: Batería LiPo 6000 mAh [6]

En la Figura 2 puede verse la batería utilizada, de la marca MIKROE. Es de un tamaño moderado, midiendo diez centímetros de largo por seis centímetros y medio de ancho y menos de un centímetro de ancho. Además, pesa unos cien gramos.

Esta batería también cuenta con un circuito de protección contra sobrecargas, y en caso de que se dieran picos de tensión o de corriente y siempre y cuando no sean excesivos, quedaría protegida. Estos circuitos pueden verse en la Figura 3.

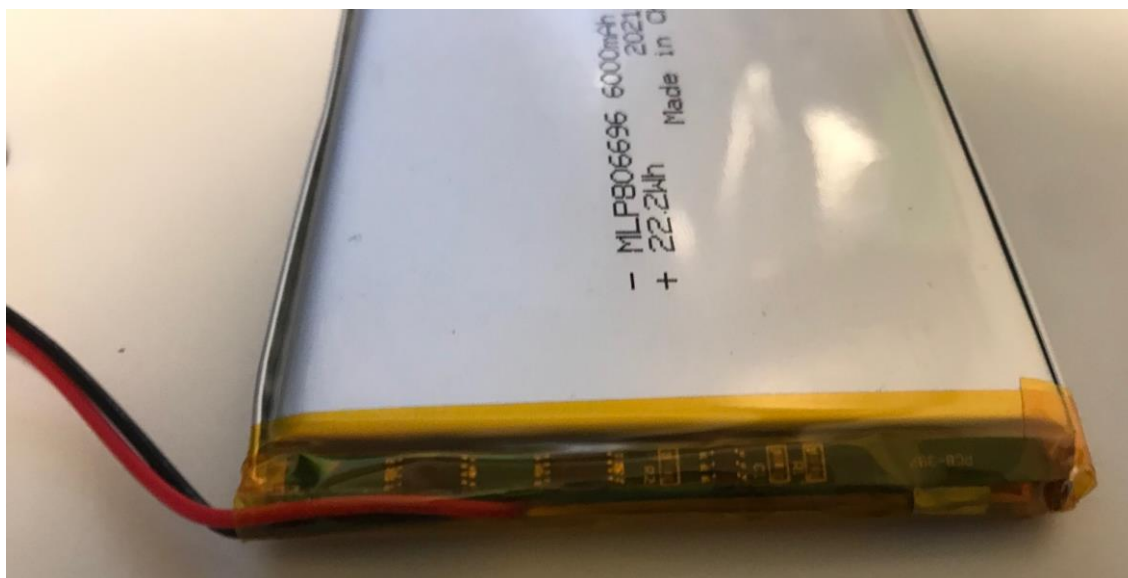


Figura 3: Circuitos de protección de la batería recargable

2.1.2 REGULADORES DE VOLTAJE (3.3V Y 5V)

La mayoría de los circuitos desarrollados en los trabajos anteriores operan a 3.3V o a 5V. Por ello, el nuevo sistema de alimentación necesita regular la tensión de salida de la batería (3.7V) a estas dos tensiones.



Figura 4: Regulador de voltaje de 3.3V [7]

Para esto se decide usar los reguladores de tensión SPX3819, los cuales se han visto en otros ejemplos de circuitos de carga de baterías LiPo cuando se investigó el estado del arte. Estos dos componentes solamente se han encontrado en su versión para montaje superficial sobre una placa de circuito impreso (PCB) por lo que, como se explicará más adelante, se han tenido que soldar a unos adaptadores para poder realizar los circuitos de prueba.

Se han estudiado varios Trabajos de Fin de Estudios donde se han aplicado también estos reguladores de voltaje: [8] [9]. En ambos casos se utiliza este componente para regular la tensión a 3.0V, en el primer caso para un circuito que funciona en conjunto con un controlador y en el segundo para utilizarlo con un Arduino.

2.1.3 REGULADOR DE TENSION DE CONMUTACIÓN

Este regulador de tensión tiene un propósito similar al del regulador de voltaje explicado más atrás, pero se diferencia en que la tensión de salida que puede proporcionar se encuentra entre 3.0V y 40V.



Figura 5: Regulador de tensión de conmutación [10]

El nombre de este componente es MC34063A. Se usará para elevar la tensión del circuito a 12V, que es la tensión de alimentación que necesitan los circuitos de los actuadores y los sensores de ultrasonidos. El circuito de este componente cuenta con varias inductancias. Aunque el valor de las inductancias puede encontrarse entre 100 μ H y 470 μ H, ya que no

se necesitan valores críticos, hay que tener cuidado y seleccionar una inductancia que pueda aguantar el amperaje del circuito desarrollado, en este caso del orden de miliamperios.

También se ha observado que hay a la venta módulos que incluyen todos los circuitos necesarios para este regulador de tensión de conmutación. Estos módulos tienen un precio relativamente bajo, alrededor de diez dólares, y tiene un tamaño reducido [11]. Se decide no usarlos y desarrollar los circuitos por separado para disminuir los costes totales del sistema y para entender mejor el comportamiento de estos circuitos.

2.1.4 COMPONENTE PARA LA CARGA DE LA BATERÍA

Este componente, de nombre MCP73831, se encarga de la gestión de la carga de baterías LiPo y Li-Ion. Al igual que en el caso de los componentes SPX3819, la única versión de este que se ha encontrado es para montaje superficial por lo que han tenido que emplearse unos adaptadores para realizar los circuitos de prueba. Puede observarse este componente en la Figura 6.



Figura 6: Componente para la gestión de la carga [15]

El uso de este componente está ampliamente extendido. Se han encontrado varios circuitos de carga de batería completos que lo incluyen [12] [13] [14]. Son de poco tamaño y de bajo precio pero, al tratarse de un Trabajo de Fin de Máster se ha decidido desarrollar el circuito para poder abaratar costes y para entender el funcionamiento de este componente al completo, al igual que con el componente anterior.

Se ha de tener en cuenta que solo se ha encontrado este componente para montaje superficial por lo que es difícil de manejar debido a su tamaño reducido.

2.2 SOFTWARE

2.2.1 KiCAD

Este programa de código libre puede ejecutarse en Linux, Windows y Mac OSX. También está disponible para un gran número de distribuciones de Linux. Sirve para crear esquemas electrónicos y circuitos impresos.

Es el mismo programa que se utilizó para desarrollar la placa de circuito impreso del anterior Trabajo de Fin de Grado, para unificar los sensores de ultrasonidos de las distintas áreas del caballo y los actuadores de los mismos. En la Figura 7 puede observarse un ejemplo de placa desarrollada con KiCad, en concreto de la placa desarrollada en el anterior Trabajo de Fin de Grado.

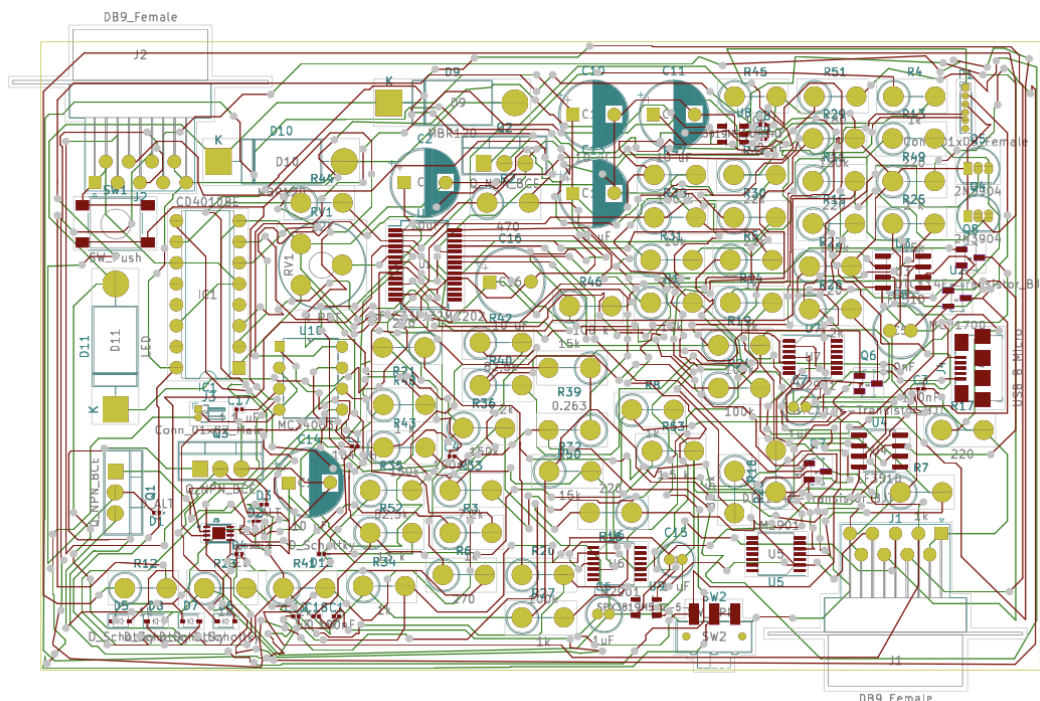


Figura 7: Ejemplo de placa desarrollada con KiCad

Además, una vez creado el esquema se puede comprobar el resultado mediante una de las herramientas que incluye el software y que indica si el diseño de la placa es correcto. Es un programa que se puede descargar de manera gratuita y que cuenta con infinidad de tutoriales en la red por lo que es relativamente sencillo aprender a usarlo.

En la misma página en la que se descarga el programa se puede acceder también a tutoriales, librerías con los símbolos para desarrollar los circuitos, librerías con las huellas de un gran número de componentes, ejemplos desarrollados en 3D y múltiples recursos más. Su uso está ampliamente extendido, lo cual facilita encontrar información de calidad sobre su uso y sus funciones.

Al ser un programa de código libre pueden encontrarse multitud de recursos online, tanto de huellas de distintos componentes como diseños completos de placas que se encuentran en el mercado, que pueden utilizarse tanto para entender su comportamiento como para duplicarlos y poder hacer uso de ellas.

También pueden encontrarse múltiples tutoriales sobre cómo usar el programa y cómo diseñar placas de circuito impreso. Es una herramienta muy accesible y bien documentada, además de ser gratuita y ampliamente utilizada en los proyectos de electrónica, por lo que se considera que es la opción más adecuada para este tipo de proyectos.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El aspecto más importante por estudiar a la hora de realizar la sustitución de las pilas de 1.5V que conectadas en serie alimentan el sistema es qué tipo de baterías recargables hay actualmente en el mercado.

3.1 BATERÍAS DE NÍQUEL CADMIO (Ni-Cd)

Estas baterías recargables son de uso doméstico e industrial, aunque cada vez se usan menos por el cadmio que es altamente contaminante. La ventaja que guarda respecto al resto de baterías es que la vida útil que tienen es mayor [16].

Otras de las ventajas que tienen es que son de coste moderado, se encuentran en numerosos formatos y tienen un buen rendimiento a baja temperatura. [17]

Uno de los inconvenientes de este tipo de baterías es que suelen tener poca capacidad de carga y poca vida útil, en cuanto a ciclos se refiere. Además, es una producción contaminante que tiene un alto grado de autodescarga cuando no se usa. Este tipo de baterías suele usarse para fuentes de alimentación de emergencia y para las baterías de arranque de aviones y vehículos eléctricos. [17]

3.2 BATERÍAS DE NÍQUEL E HIDRURO METÁLICO (Ni-MH)

Son similares a las baterías anteriores, pero sin contener cadmio. Además, tienen mayor capacidad y sufren menor efecto memoria, que es el que hace que la capacidad de las baterías se reduzca por cargas incompletas. También pueden almacenar hasta un treinta por ciento más de energía que las baterías de níquel cadmio equivalentes, por lo que la carga dura más. [16]

Este tipo de baterías se caracterizan por tener un buen precio, ser seguras y más respetuosas con el medioambiente, aunque su rendimiento es bajo si se almacena en un

entorno caliente. Suelen usarse para cámaras de fotos, aspiradores portátiles, equipos médicos, telecomunicaciones y herramientas eléctricas portátiles. [17]

3.3 BATERÍAS DE IONES DE LITIO (LI-ION)

Son baterías que no sufren el efecto memoria y que tienen una gran capacidad específica de carga. Son las más usadas hoy en día para teléfonos y otros aparatos electrónicos. Entre sus ventajas se encuentra que pesan poco, que son de poco espesor, que acumulan mucha más carga por unidad de volumen y que su descarga es lineal.

Entre sus inconvenientes está su vida útil de corta duración (entre dos y tres años), soportan un número limitado de cargas, son más caras que el resto y tienen peor capacidad de trabajo en frío [16]. Este último inconveniente puede afectar el rendimiento del sistema desarrollado ya que se usará también en invierno en exteriores, donde las temperaturas son menores.

3.4 BATERÍAS DE LITIO Y POLÍMERO (LIPO)

Son baterías recargables usadas en aplicaciones que requieren corrientes superiores a un amperio con bajo peso y tamaño reducido, como por ejemplo teléfonos móviles. Su vida útil es de dos a tres años, tienen mejor relación tamaño-eficiencia que otras tecnologías similares y el voltaje de cada celda es de 3.7V, pudiendo encontrarse baterías de una a seis celdas. [18]

Los inconvenientes que tienen este tipo de baterías es que pueden hincharse normalmente por sobredescarga, sobretemperatura o sobrevoltaje. Además, si no son manipuladas de forma correcta podrían incendiarse o explotar. Son baterías que deben ser manipuladas con especial cuidado. [18]

De todas formas, estos posibles riesgos pueden disminuirse si se vigila la carga de las baterías, si se revisan antes de cada uso y si se usan los cargadores adecuados para estas

baterías. En el caso de notar que la batería se deteriorase solo habría que sustituirla por otra nueva.

3.5 COMPARACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS TIPO DE BATERÍAS ESTUDIADOS

En la Tabla 1 se comparan las características de los distintos tipos de batería comentados. Después de estudiar esta comparativa se concluye que el mejor tipo de baterías para el uso que va a tener este proyecto son las LiPo por tener mejor eficiencia y mejor rendimiento que el resto.

Tabla 1: Comparación de las características de las baterías

Nombre	Vida útil [ciclos]	Aplicaciones típicas	Ventajas	Inconvenientes
Ni-Cd	1000	Alimentación de emergencia, baterías de arranque.	Coste moderado, numerosos formatos, buen rendimiento a baja temperatura.	Poca capacidad de carga, producción contaminante, alto grado de autodescarga si no se usa.
Ni-Mh	1000	Aparatos eléctricos pequeños.	Menor efecto memoria, almacenan 30% más de energía, buen precio, respetuosas con el medio ambiente.	Rendimiento menor que el del resto de baterías dependiendo del ambiente.
Li-Ion	400 – 1200	Teléfonos móviles, ordenadores portátiles, cámaras de video.	Pesan poco, poco espesor, más carga por unidad de volumen, descarga lineal, no sufren efecto memoria.	Número limitado de cargas, mal rendimiento a bajas temperaturas.
LiPo	500	Sistemas de radiocontrol, industria electrónica de gran consumo.	Bajo peso, tamaño reducido, mejor eficiencia que el resto.	Pueden hincharse por mal uso o conservación, deben manipularse de manera segura.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

Habiendo desarrollado en trabajos anteriores el circuito de ultrasonidos responsable de las medidas de las distancias a las paredes y al caballo delantero o trasero se podría considerar que el jinete cuenta con la autonomía suficiente para poder realizar el deporte de la equitación de manera independiente.

Aun así, los circuitos desarrollados en el pasado dependían de unas pilas de las que es difícil conocer el nivel de carga hasta que se agotan y deben ser repuestas. Por ello, este Trabajo de Fin de Máster pretende aportar al jinete de aún más autonomía con una batería recargable, y reutilizable claro está, que siempre estará disponible cuando se necesite y que no deben reponerse más que una vez cada ciertos años.

De esta forma el jinete invidente cuenta con un sistema de ayuda totalmente autónomo para la práctica independiente y segura de la equitación, que solo necesita cargar su batería antes del siguiente uso. Además, el sistema final es más respetuoso con el medioambiente que el sistema anterior, que empleaba pilas alcalinas.

4.2 OBJETIVOS

Como ya se indicó más atrás, los objetivos del proyecto son los siguientes:

- Elegir la batería adecuada para la aplicación de este sistema.
- Soldadura de los componentes de menor tamaño a adaptadores.
- Realizar los circuitos necesarios para la adaptación del voltaje de la batería.
- Rediseñar la placa de circuito impreso incluyendo los circuitos de la batería y los circuitos de los sensores desarrollados anteriormente.

- Realizar pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de la batería en la nueva placa desarrollada.

4.3 METODOLOGÍA

El proyecto se dividirá en cuatro partes, de forma que en cada una de ellas se cumplirá un objetivo.

5. Elección de la batería correcta: hasta enero de 2022.
6. Realización de los circuitos de la batería: hasta mayo de 2022.
7. Rediseño de la placa: hasta julio de 2022.
8. Pruebas de la nueva placa: hasta julio de 2022.

En algunos de los puntos se podrá trabajar a la vez ya que, por ejemplo, una vez elegidas las características de la batería, aunque no se sepa exactamente el modelo, se podrán desarrollar ya los circuitos del convertidor de corriente continua.

TASK	PROGRESS	START	END	dic-21	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	jul-22
Elección de la batería	100%	12-01-2021	31-01-2022								
Compra de los componentes	100%	31-01-2022	31-05-2022								
Circuitos de la batería	100%	06-01-2022	22-07-2022								
Diseño de la PCB	100%	06-01-2022	22-07-2022								
Pruebas de los circuitos	100%	06-01-2022	22-07-2022								

Figura 8: Diagrama de Gantt del proyecto

En la Figura 8 puede observarse el diagrama de Gantt del proyecto. Puede verse que es distinto al presentado en el anexo B. Esto se debe principalmente a un retraso en la obtención de los componentes para realizar los circuitos de prueba. La lista de componentes a comprar se realizó en febrero, pero por distintos motivos no pudieron encargarse hasta finales de marzo.

Posteriormente llegaron a la universidad en abril pero, al encontrarme fuera de España durante la realización de este Trabajo de Fin de Máster, no pudieron ser recogidos hasta

mayo. Por ello, se reorganizaron las etapas del proyecto y se trabajó en las tres últimas en paralelo durante junio y julio de 2022.

4.4 ESCENARIO DE USO

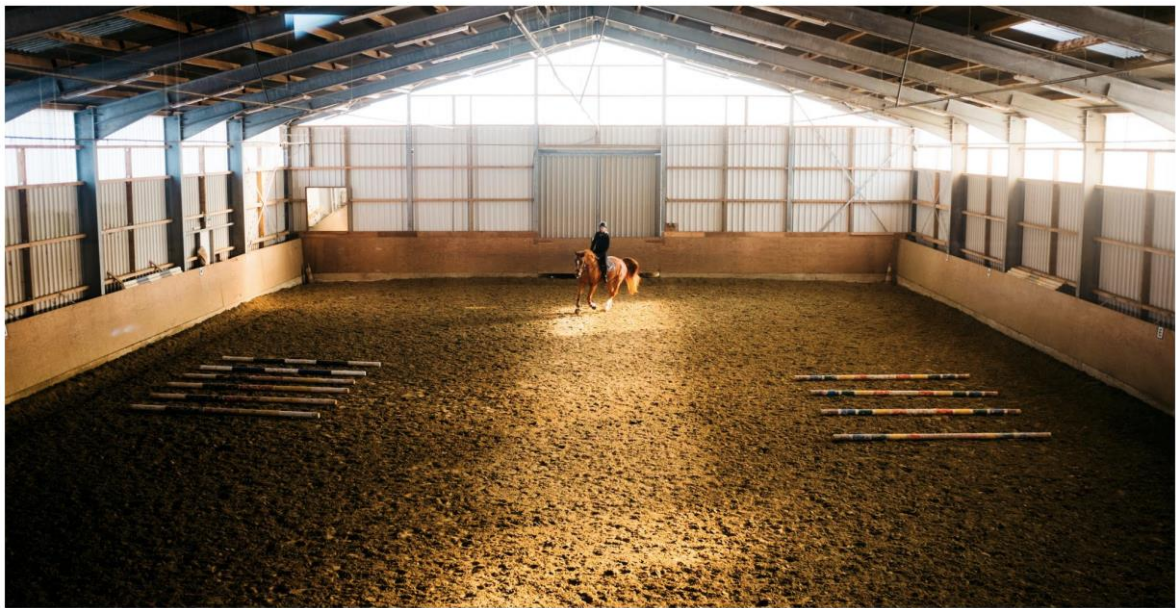


Figura 9: Ejemplo de pista de doma [20]

El sistema desarrollado se utilizará en pistas de doma exteriores o cubiertas pero que cuentan con grandes puertas que hacen que la temperatura sea similar a la del exterior. De esta forma, el rango de temperaturas al que se verán sometidos los sensores, actuadores, la placa y la batería se corresponden con la variación de temperaturas que se da en España a lo largo del año. La temperatura media anual en España se encuentra entre 10°C y 20°C, con mínimos de -2°C y máximos de 30°C en la península en situaciones normales [19].

La pista en la que el jinete practicará este deporte es similar a la de la Figura 9, con paredes verticales en su recinto para que las señales de los sensores puedan rebotar en ellas y regresar a la placa sin perderse.

4.5 PLANIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN ECONÓMICA

Además de tener en cuenta los costes considerados en el Trabajo de Fin de Grado con el mismo nombre que este Trabajo de Fin de Máster [1], y que pueden verse en la Tabla 2, se deben tener en cuenta los nuevos costes derivados de la batería y sus circuitos, además de un incremento en el coste de la caja que protege el sistema, que deberá ser mayor en tamaño. Estos nuevos costes pueden verse en la Tabla 3.

Tabla 2: Estimación del coste de los componentes de los circuitos de ultrasonidos [1]

Componentes			
Tipo	Número	Precio unitario	Precio total
Emisor ultrasonidos	2	6.72 €	13.44 €
Receptor ultrasonidos	2		
Microprocesador	2	3.28 €	6.56 €
Resistencia	14	0.30 €	4.20 €
Transistor	2	0.02 €	0.04 €
Diodos	4	0.04 €	0.16 €
Condensador	2	0.16 €	0.32 €
Amplificador operacional	2	0.78 €	1.56 €
Vibrador	1	3.59 €	3.59 €
Fabricación PCB	1	23.00 €	23.00 €
Conectores DB9	2	1.69 €	3.38 €
Caja para el sistema	1	7.14 €	7.14 €
			63.39 €

En total, el coste del sistema desarrollado en este trabajo, junto al desarrollado anteriormente, sería de 94.25€.

Estos costes serían los correspondientes al nuevo hardware del sistema desarrollado en estos dos trabajos pero habría que añadirle el coste del software, de la mano de obra que se encargue de descargar los programas en el microprocesador y de la que se encarga de

diseñar este proyecto en sí y por último el coste de los distintos equipos del laboratorio utilizado para tomar medidas durante las pruebas de los circuitos.

Como la mayor parte del coste del sistema sería por la mano de obra y al ser un proyecto dedicado a la ayuda de un colectivo en riesgo de discriminación por su discapacidad se decide no tenerlos en cuenta en esta estimación económica.

Por lo tanto, contando los costes de los circuitos desarrollados en mis trabajos de fin de máster y de fin de grado y los costes de los circuitos desarrollados por Miguel Ángel Sánchez [21] se estima un coste total del sistema de 130€.

Tabla 3: Estimación del coste de los componentes de los circuitos de la batería

Componentes			
Tipo	Número	Precio unitario	Precio total
Batería Lipo	1	20.00 €	20.00 €
MCP738381	1	0.73 €	0.73 €
Conector microusb	1	0.91 €	0.91 €
Diodo led	1	0.08 €	0.08 €
SPX3819 3.3V	1	0.65 €	0.65 €
SPX3819 5.0V	1	0.22 €	0.22 €
Diodo Schottky	1	0.38 €	0.38 €
Regulador de tensión	1	1.11 €	1.11 €
Resistencias	7	0.30 €	2.10 €
Condensadores	6	0.16 €	0.96 €
Inductancia	1	0.22 €	0.22 €
Incremento precio caja	1	3.50 €	3.50 €
			30.86 €

Este proyecto social resulta altamente rentable teniendo en cuenta todos los beneficios que aporta a los usuarios y los bajos costes que reporta si se llegase a producir en masa. Además, cuenta con motivaciones de carácter social para las personas implicadas que le aportan valor añadido.

4.6 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Aunque las baterías LiPo pueden tener impacto ambiental si no se desechan correctamente o si se usan de manera inapropiada y se hinchán, los residuos que generan son menores que los que se generan con pilas alcalinas (se requieren menos cambios) y además de menor impacto medioambiental. Por lo tanto, aunque el coste al medioambiente de este sistema no es cero, se considera que ha mejorado desde la última versión del sistema.

Aun así, se recomienda prestar atención al proceso de reciclaje de la batería LiPo si se tuviera que cambiar para poder minimizar al máximo la contaminación producida por esta.

4.7 IMPACTO SOBRE EL CABALLO

Los caballos pueden escuchar sonidos que se encuentren entre 55 Hz y 33.5 kHz aproximadamente. Este rango es muy superior al de los seres humanos, que se encuentra entre 20 Hz y 20 kHz.

Como este sistema trabaja a 40 kHz no es de esperar que el caballo lo detecte y, si lo hiciera, sería de manera muy tenue, por lo que no va a molestarle ni a causarle ningún daño en su sistema auditivo. En el caso de que el caballo se notase molesto por las vibraciones de los sensores podrían modificarse los circuitos para trabajar a frecuencias superiores y así solucionar el problema de forma sencilla.

Capítulo 5. SISTEMA DESARROLLADO

En este capítulo se describe el funcionamiento del sistema desarrollado. En primer lugar se describirá el diseño de los circuitos de carga de la batería, seguido por las pruebas de funcionamiento realizadas a estos circuitos. más adelante se explicará el proceso de diseño de la placa de circuito impreso (PCB), así como el tamaño final de la misma y sus conectores.

5.1 DESARROLLO DE LOS CIRCUITOS

Sobre los circuitos finales mostrados en el anterior Trabajo de Fin de Grado se han añadido diferentes cambios. En primer lugar, se ha añadido un conector micro USB que irá conectado a la batería y que será la fuente de carga de esta.

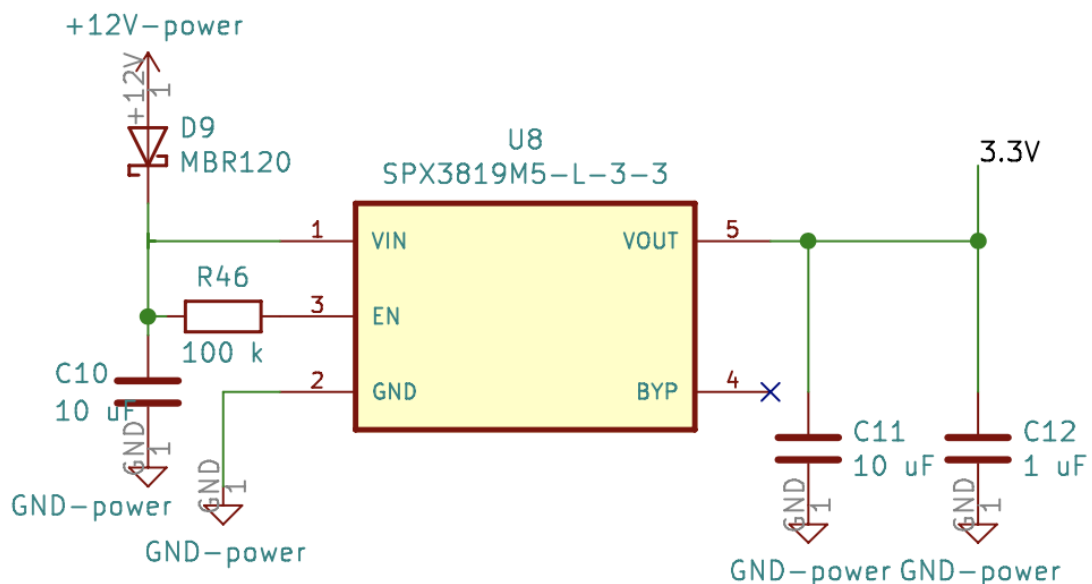


Figura 10: Circuito regulador de tensión

A continuación, se han desarrollado dos reguladores de tensión. La nueva batería externa del sistema es capaz de proporcionar 3.7V, pero el sistema funciona en su mayoría a 3.3V o a 5V. Por ello, se ha añadido el circuito de la Figura 10.

Con este circuito, además de poder pasar de la tensión de la batería a la tensión deseada, se permite alternar la fuente de alimentación del sistema, cambiando entre la batería o el conector micro USB, en caso de que este tuviera algún cable conectado.

De esta forma el sistema entraría en modo menos gasto de energía si se le conectase un cable, y no gastaría energía de la almacenada en la batería recargable. Otro circuito idéntico al de la Figura 10, pero con el componente SPX3819 – 5.0, se ha añadido también al sistema para obtener una salida a 5V.

Posteriormente se desarrolla el circuito de carga de la batería. Para este circuito también se ha tomado como base el Feather de Adafruit [22]. Además se ha tenido en cuenta también el circuito propuesto en el datasheet del componente principal, el MCP73831/2, que puede verse en la Figura 12.

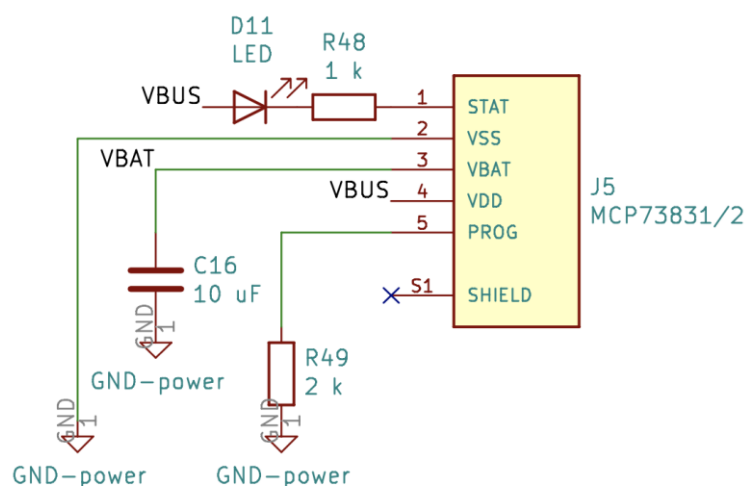


Figura 11: Circuito de carga de la batería

Como puede observarse, los circuitos mostrados en la Figura 11 y en la Figura 12 son muy similares entre sí. Ambos cuentan con un diodo LED que permanece iluminado mientras se esté cargando la batería. La resistencia R0 de la Figura 11 es la que se encarga de controlar la corriente de salida y por lo tanto la velocidad de carga del sistema. En la Figura 12 se añade un condensador a la entrada del circuito, además de fijar la resistencia de salida a 2 k Ω , lo cual daría una corriente de salida de 500 mA. En concreto, se han decidido usar los

valores de resistencias mostrados en la Figura 12, manteniendo R_0 como 2 k Ω , de acuerdo con el manual de instrucciones del componente.

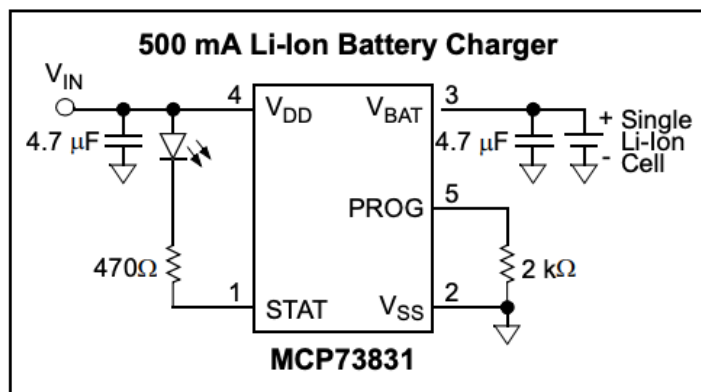


Figura 12: Aplicación típica del MCP73831 [23]

Por último, se ha añadido un circuito de elevación de tensión a 12V, que es la tensión de alimentación de los actuadores. Este circuito se ha construido empleando el MC34063A, que es un regulador de conmutación elevador (booster), es decir un convertidor de corriente continua a corriente continua (DC-DC) elevador.

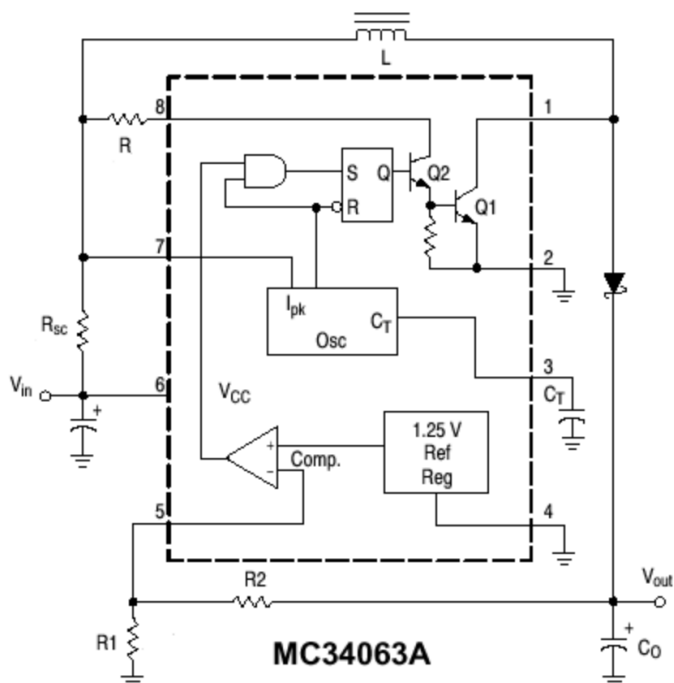


Figura 13: Circuito típico de aplicación de MC34063A [24]

Para el circuito de la Figura 13, los valores de los componentes, además de algunas variables del circuito, se muestran en la Tabla 4. Estos valores se han calculado para obtener una corriente de salida de 200 mA.

Tabla 4: Valores de los componentes para MC34063

Componente	Valor
Ct	1180 pF
I _{pk}	1140 mA
R _{sc}	0.263 Ω
L _{min}	104 μ H
Co	1062 μ F
R	180 Ω
R1	1.5 k Ω
R2	13 k Ω
V _{out}	12.08 V

5.2 PRUEBAS

Algunos de los componentes más importantes para estos nuevos circuitos, en concreto el MCP73831 y los SPX3819, no fueron encontrados en un formato cómodo para el montaje de circuitos usando protoboards. Por ello, se soldaron a adaptadores similares a los mostrados en la Figura 14.

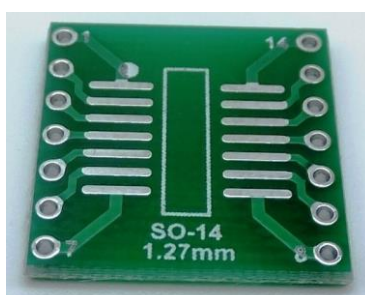


Figura 14: Adaptador de montaje superficial a DIP [25]

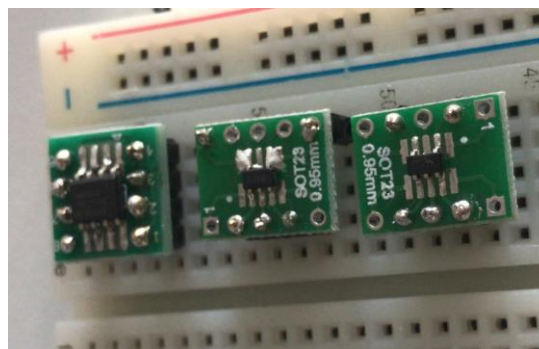
Para el proceso de soldadura se utilizó un soldador eléctrico como el mostrado en la Figura 15. Como material de soldadura se utilizó una aleación de estaño y níquel de grosor 1 milímetro, aunque posteriormente se pasó a un grosor inferior por la dificultad de manejo.



Figura 15: Soldador eléctrico [27]

Finalmente, el resultado obtenido al soldar estos componentes a sus respectivos adaptadores puede observarse en la Figura 16: Antes de usar estos componentes se comprobó que no hubiera ningún contacto o cortocircuito con ayuda de un polímetro.

En la Figura 17 pueden observarse los resultados obtenidos después de montar el circuito de regulación de voltaje de 5V (Vbus) a 3V que utiliza el circuito.



12

Figura 16: Resultado de las soldaduras

Al no haber podido realizar estas pruebas en un laboratorio completamente equipado tuvieron que realizarse adaptaciones. En este caso, al no contar con fuente de alimentación para simular los 5V de entrada se usó una placa de Arduino, de tipo UNO R3. Puede observarse en la Figura 17 que la tensión a la salida del circuito se corresponde con la

esperada. Por lo tanto se pueden confirmar dos cosas, en primer lugar que el circuito diseñado funciona de la manera esperada y en segundo lugar que la soldadura realizada al componente principal del circuito fue realizada correctamente.

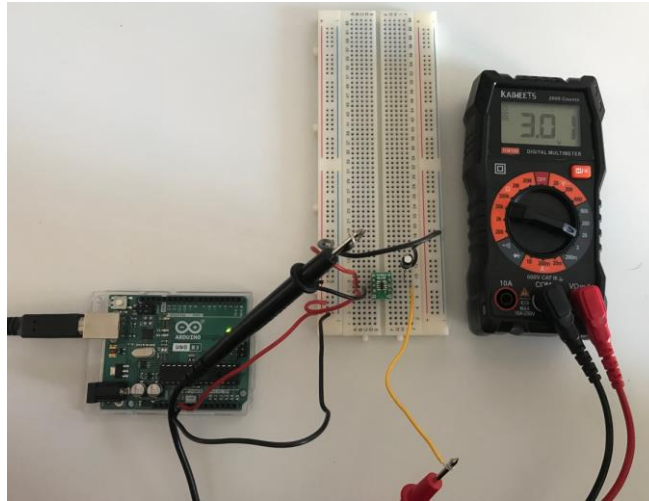


Figura 17: Circuito de regulación de voltaje

A continuación se realizaron las pruebas del circuito de carga de la batería. En la Figura 18 puede observarse el funcionamiento de este. En concreto, se aprecia que el diodo LED se encuentra encendido ya que la batería está cargándose.

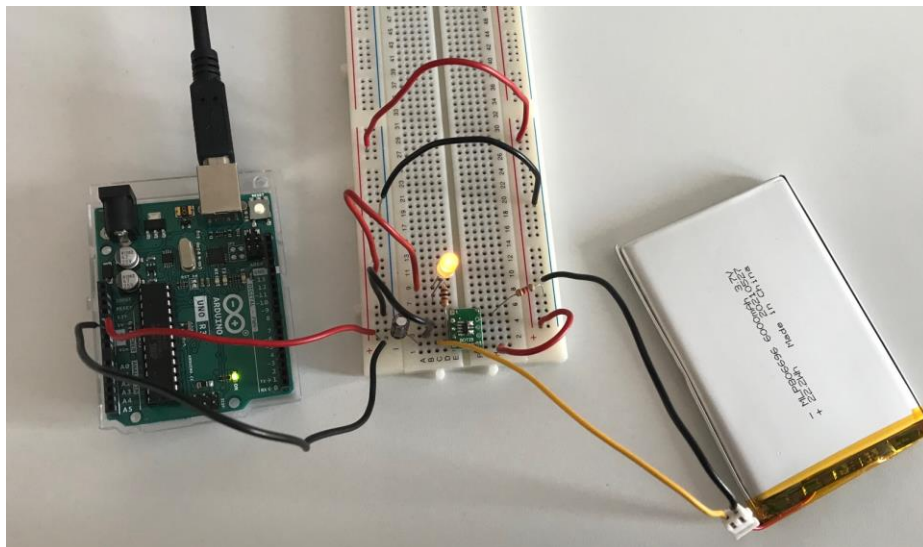


Figura 18: Prueba de carga de la batería

También se comprobó que la tensión a la salida del circuito, es decir, a la entrada de la batería, fuera la tensión nominal de la batería, 3.7V. Esto puede verse en la Figura 19.

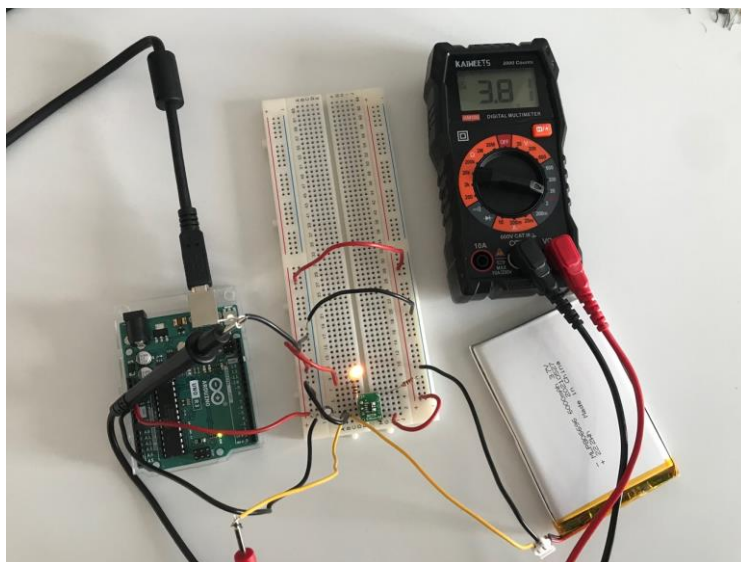


Figura 19: Tensión de entrada a la batería

Además se contaba con un comprobador del estado de la batería. Aunque las medidas proporcionadas por el mismo no son del todo precisas al ser un aparato sencillo y de bajo coste, puede verse en la Figura 20 y la Figura 21 cómo el nivel de carga de la batería indicado por este dispositivo ha aumentado después de la carga con respecto al que era antes de esta.



Figura 20: Estado de la batería después de la carga

Cabe destacar que solo se tuvo la batería conectada al circuito durante unos minutos ya que se estaban realizando varias pruebas en el mismo día por lo que, aunque la variación de la carga en la misma indicada por el aparato medidor es pequeña, es consecuente con el tiempo de carga de la batería.

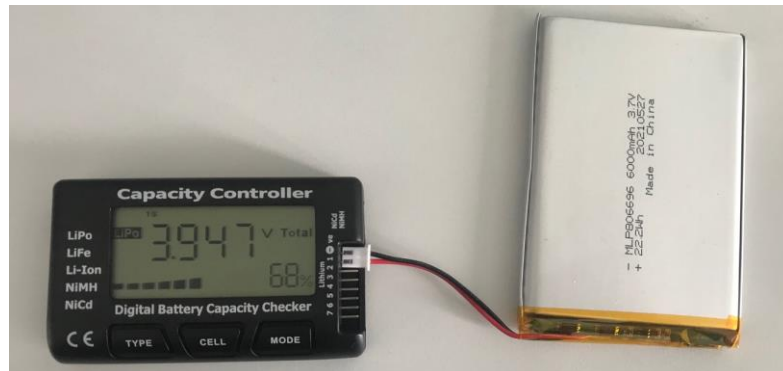


Figura 21: Estado de la batería antes de la carga

A la hora de probar el circuito elevador a 12V no se contaba con las resistencias exactas necesarias ni suficientes resistencias de otros valores para obtener el valor deseado con un paralelo ya que el inventario del que se disponía era bastante limitado. Por ello, se hicieron pruebas con distintas combinaciones de entradas y salidas, para comprobar que el MC34063A era capaz de aumentar la tensión de entrada hasta ciertos valores.

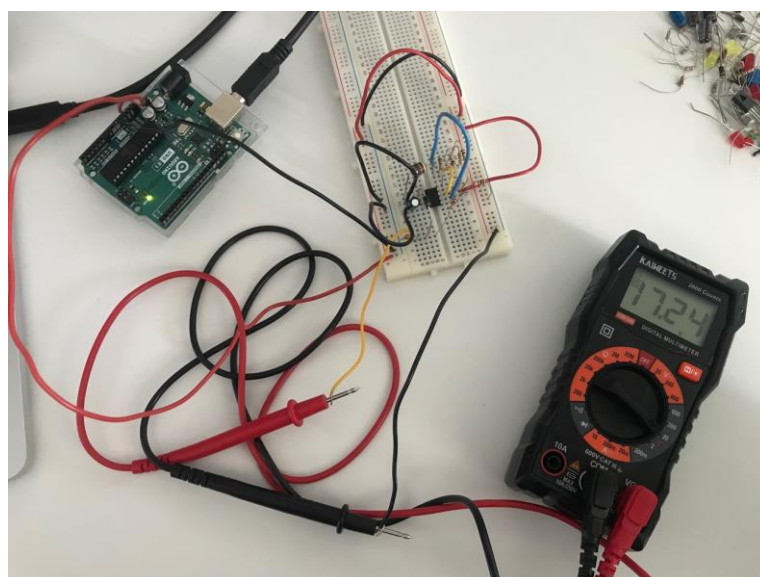


Figura 22: Pruebas de elevación de tensión

El resultado de una de estas pruebas de elevación de tensión se muestra en la Figura 22. Hay que tener en cuenta que para el cálculo de los valores de los distintos componentes del circuito, y teniendo en cuenta que el uso del MCP34063A está bastante extendido, pueden encontrarse distintas páginas web que lo hacen de forma automática introduciendo solamente las condiciones de salida y entrada deseadas. Para comprobar la fiabilidad de estas páginas se han comprobado los resultados obtenidos en varias de ellas para unas mismas condiciones y son los mismos. Algunas de estas páginas son las siguientes: [28], [29].

Capítulo 6. DISEÑO DE LA PLACA

En este capítulo se diseña una placa de circuito impreso (PCB) en la que se ponen en común los circuitos desarrollados en este proyecto para la carga de la batería y la regulación de su tensión y los circuitos realizados en los Trabajos de Fin de Grado anteriores, relativos a los sensores de ultrasonidos y sus actuadores.

De esta manera, la PCB cuenta con los circuitos necesarios para su funcionamiento autónomo detectando la distancia con respecto a todas las paredes y no depende de pilas alcalinas para su alimentación sino de una batería de tipo LiPo.

Para el diseño de esta PCB se parte del prototipo final desarrollado por mí misma en mi Trabajo de Fin de Grado [1], añadiéndoles los nuevos circuitos necesarios para la carga de la batería y su adaptación para ser usada con fuente de alimentación, además de un sistema que prioriza el uso de alimentación por cable en el caso de que el sistema esté enchufado durante su uso.

El proceso seguido para desarrollar esta placa se muestra en la Figura 23. En primer lugar, se descargaron las librerías necesarias para tener todos los componentes de los circuitos. Aquellos componentes que no se encuentran en librerías ya existentes fueron diseñados. Las librerías que se descargaron contienen tanto huellas como símbolos para el conector micro USB y los principales componentes de los circuitos (SPX38139, MCP73831, MC34063).



Figura 23: Proceso seguido para desarrollar la placa [30]

En la Figura 24 se puede observar la ventana de importación de librerías para el diseño de los circuitos. En concreto pueden observarse las librerías que han sido importadas, siendo “Devices” una librería para resistencias y condensadores genéricos.

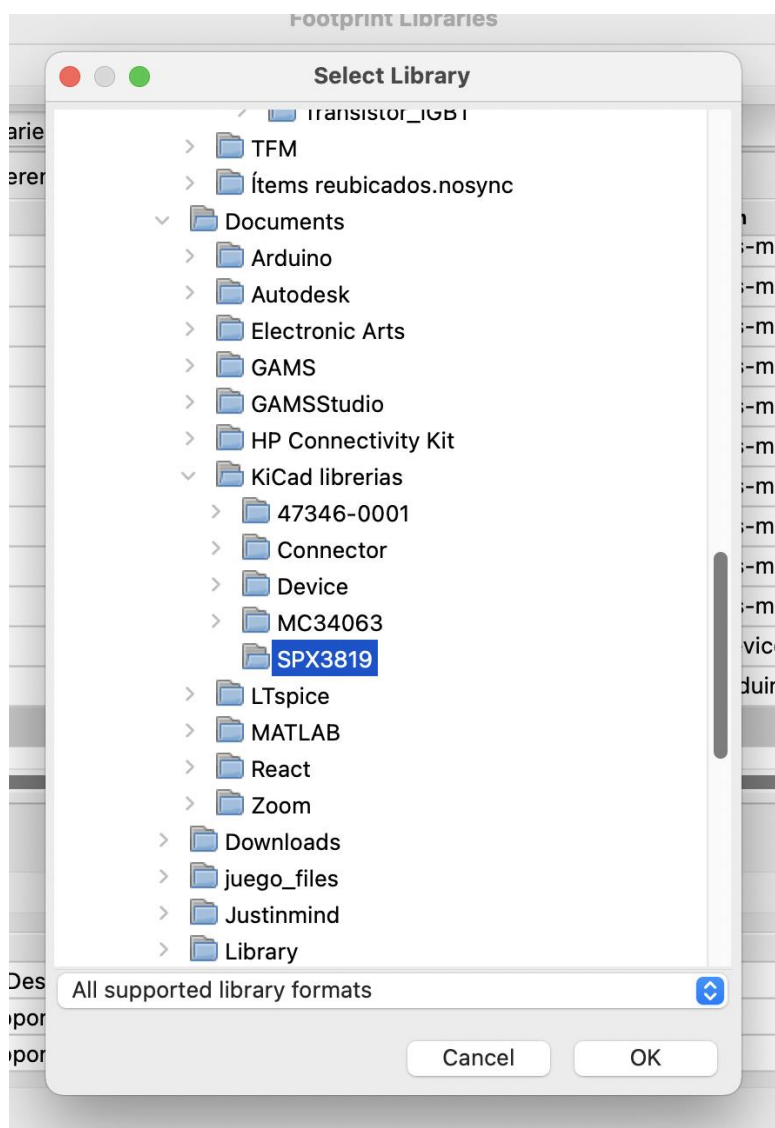


Figura 24: Importación de librerías

En segundo lugar, se creó un plano con los circuitos de todo el proyecto. En este plano se corroboró que todas las conexiones eran correctas y no había ningún punto suelto. A continuación, se crearon las huellas de los componentes y la lista de las conexiones. Por último, se diseñó la placa en sí, consiguiendo los circuitos diseñados.

6.1 DISEÑOS DE LOS CIRCUITOS

En primer lugar, se desarrolló el diseño de los circuitos que iban a incluirse en la PCB. Se diseñaron tanto las conexiones de los distintos componentes entre sí como las conexiones de estos circuitos y componentes con el microprocesador.

Para ello, se recuperaron los circuitos desarrollados por mí en el Trabajo de Fin de Grado anterior, con el mismo nombre que este Trabajo de Fin de Máster. Estos circuitos anteriores no sufren modificaciones en cuanto a sus conexiones con el microprocesador ya que no se necesita modificar ningún circuito que esté corriente abajo del microprocesador, solo la alimentación de este.

También se conservan las anotaciones realizadas por Miguel Ángel Sánchez Sánchez en su plano, referentes a la naturaleza de los componentes utilizados y a aspectos para tener en cuenta a la hora de soldar los componentes.

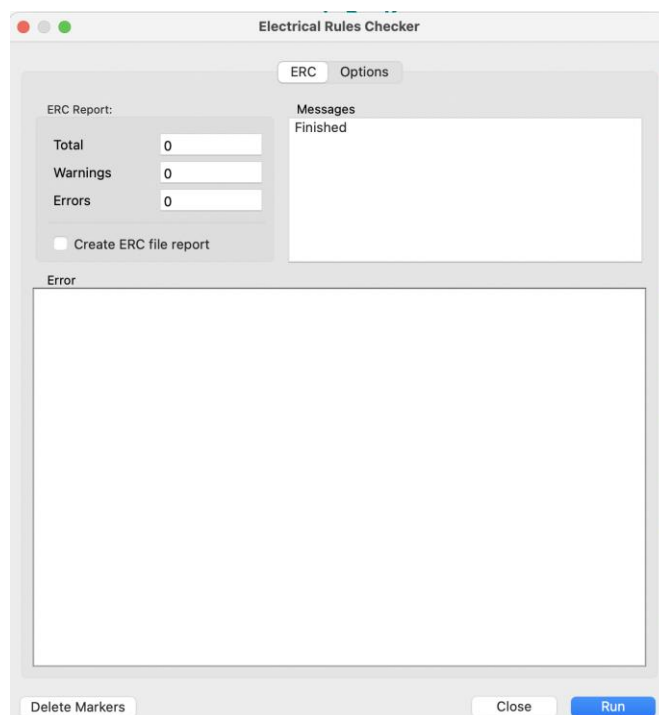


Figura 25: Comprobación de las conexiones

Estos circuitos se capturan usando la aplicación *Eeschema* de KiCad. Para incluir los componentes en el esquema se han descargado varias librerías de componentes de KiCad, disponibles en su página web oficial.

Después de realizar todos los circuitos se comprueba que las conexiones realizadas son correctas y que no hay falsos contactos o cortocircuitos. Se puede observar la pantalla de finalización sin errores en la Figura 25. Estos diseños pueden observarse en el primer plano disponible en el ANEXO II: Diseño de la Placa.

6.2 CREACIÓN DE LAS HUELLAS DE LOS COMPONENTES

A continuación, se crearon las huellas de los componentes que no estaban disponibles en librerías preexistentes. Para crear estas huellas se usó *Footprint Editor* de KiCad.

Es un proceso algo tedioso por lo que se recomienda buscar librerías que ya cuenten con las huellas de los componentes que van a utilizarse de antemano.

6.3 GENERACIÓN DE LA LISTA DE CONEXIONES

Para generar la lista de conexiones se asoció cada componente del esquema con su huella correspondiente, de manera que se le añade a cada componente del circuito sus medidas reales y sus pines en las posiciones correspondientes, para después poder diseñar la placa conociendo las proporciones reales de cada parte.

6.4 DISEÑO DE LA PLACA

Después se hizo el diseño de la placa, situando todas las huellas de todos los componentes en la misma. Estos componentes estaban unidos entre sí por líneas de color blanco, llamadas ratnest.

Estas líneas representan la conexión que existe entre las rutas que más tarde se situarán en la placa y los componentes. Muchas de estas líneas se cruzan entre sí, aunque se intenta que sea el menor número posible para facilitar el trabajo posterior a la hora de colocar las rutas. Esta ratnest puede observarse en la Figura 26.

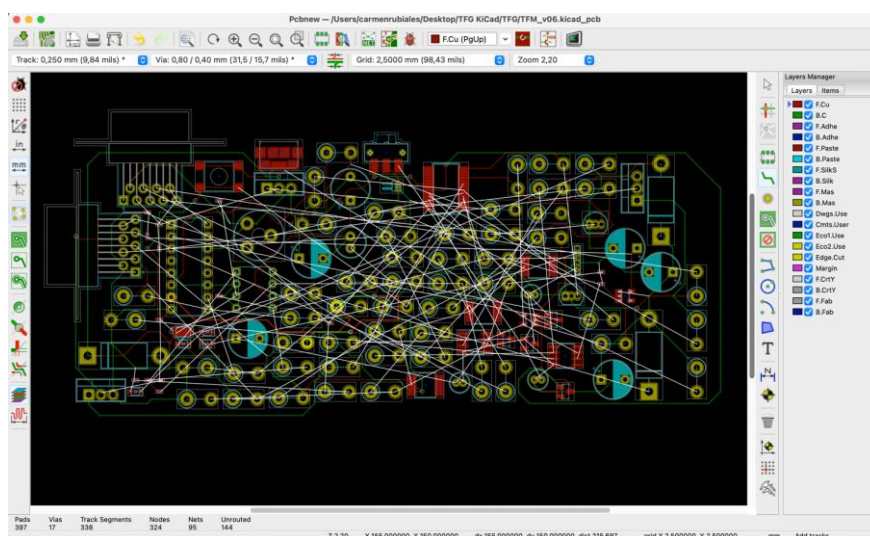


Figura 26: Ratnest inicial

Una vez se tuvieron todos los componentes situados, separados entre sí y con el menor número de cruces posibles entre las líneas blancas, se procedió a conectar los elementos.

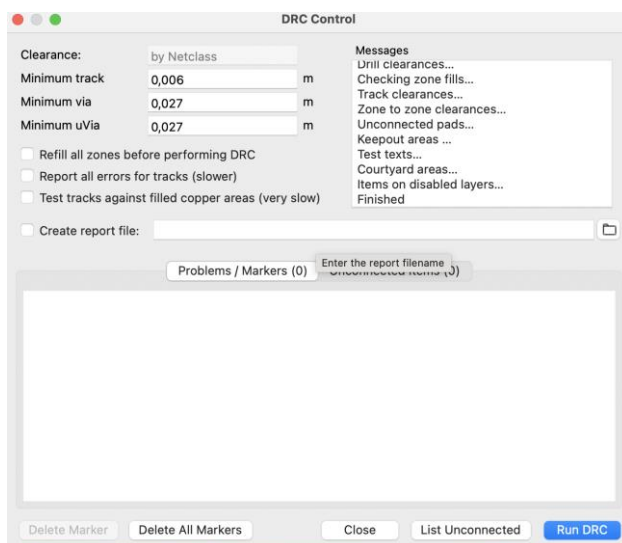


Figura 27: Comprobación de las conexiones

En la Figura 27 se muestra la comprobación final de las conexiones, viendo que todas las distancias entre componentes y caminos de cobre están dentro de lo aceptado y que no se ha dejado ningún componente sin conectar a los demás.

6.5 PRODUCCIÓN DE LA PLACA

Para la producción de la placa se adjuntan en el ANEXO II: Diseño de la Placa los planos necesarios para la misma. Hay dos tipos de planos, los que muestran diferentes partes del conjunto de manera individual y los que muestran todo el conjunto completo.

Los componentes se diferencian en dos grupos principalmente, los que se sitúan en la placa por orificio pasante y los que se sitúan soldándose a la cara superior de la PCB por lo que hay dos planos diferenciados en los que se separan unos de otros. También se adjuntan dos planos mostrando las conexiones que se realizan en la cara superior y las que se realizan en la cara inferior de la PCB.

En la Figura 28 puede observarse el diseño final de la placa y todas sus conexiones. Si se compara con la placa desarrollada en proyectos anteriores puede verse que tanto el número de componentes como el número de conexiones y el tamaño de la placa ha aumentado.

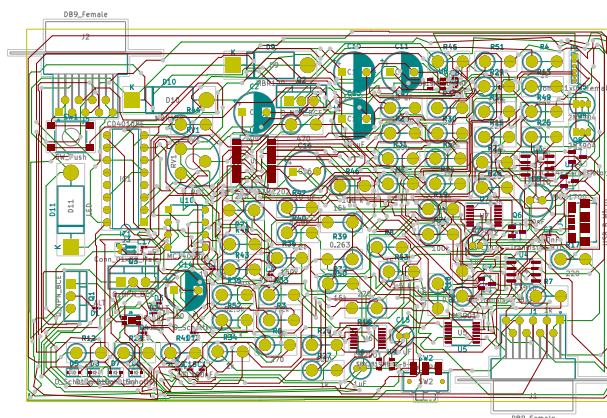


Figura 28: Diseño final de la placa

Capítulo 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos del proyecto. Primero, se resume cuál es el funcionamiento final del sistema. Después, se mencionan las pruebas realizadas con el sistema para comprobar el funcionamiento de este. Por último, se resumen algunos aspectos que podrían mejorarse en proyectos futuros.

7.1 *FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA*

El sistema desarrollado durante este Trabajo de Fin de Máster se encarga de sustituir la anterior alimentación del sistema (mediante un conjunto de pilas alcalinas puestas en serie) por una batería recargable de tipo LiPo.

En concreto, se ha añadido al sistema un conector micro USB para cargar la batería, un circuito de carga con el componente MCP73831, que es un regulador de carga de baterías LiPo y Li-Ion, y se han desarrollado varios elevadores de tensión para poder mantener la tensión necesaria para el correcto funcionamiento del sistema. También se destaca que el regulador de tensión que pasa de 3.7V a 12V en el circuito está formado por un convertidor elevador de corriente continua a corriente continua.

El funcionamiento principal del circuito de alimentación del sistema empleará la energía de la batería o la suministrada a través del cable micro USB en caso de tenerlo conectado. En este caso de aplicación, una persona montando a caballo, se supone que no se dará ningún momento de uso en el que el sistema pueda estar conectado a un cable.

Aun así, se ha preferido dejar el sistema preparado por si se diera la situación, por ejemplo, de que el jinete olvidase cargar el sistema antes de montar y lo conectase a otra batería externa recargable, como las que se utilizan para recargar teléfonos móviles.

Por último, la batería que se ha escogido para alimentar todo el sistema cuenta con la suficiente capacidad como para aguantar varias clases sin agotarse ya que el consumo de

los circuitos de los sensores y actuadores no es demasiado elevado. Con esto se consigue dotar al jinete de aún más autonomía y evitar que tenga que estar constantemente pendiente de la carga de su dispositivo.

7.2 PRUEBAS REALIZADAS

Para poder realizar pruebas al circuito de carga y a los reguladores de tensión en primer lugar debieron soldarse algunos componentes que estaban diseñados para montaje superficial, y no para su uso en circuitos montados en protoboards.

Después de esto se montaron todos los circuitos desarrollados durante este Trabajo de Fin de Máster para realizar las pruebas. De esta forma se pudo comprobar el correcto funcionamiento de todos los circuitos bajo condiciones de operación iguales o similares a las que tendrán una vez estén incluidos en la placa de circuito impreso.

En todos los circuitos se comprobó que tanto la tensión como la corriente de los puntos característicos de los circuitos era la esperada. Además, se comprobó el correcto funcionamiento del diodo LED que indica si la batería está siendo cargada o no. En los casos en los que la batería no estaba conectada, o solo se conectaba la batería pero no se conectaba una fuente de alimentación externa se comprobó que este LED permanecía apagado.

Por último, se comprobó el funcionamiento adecuado del convertidor elevador de corriente continua a corriente continua, realizando distintas pruebas con distintas tensiones de entrada y salida.

7.3 ASPECTOS A MEJORAR

Este apartado va a dividirse en dos partes, la primera centrada en los aspectos a mejorar del sistema de alimentación desarrollado en este Trabajo de Fin de Máster y la segunda en aspectos a mejorar del sistema de ayuda en general.

7.3.1 ASPECTOS A MEJORAR EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Se podría sustituir el circuito de carga formado por el MCP73831 y el resto de sus componentes por uno de los dispositivos que se han mencionado anteriormente que cuenta con todo el circuito ya desarrollado. De esta forma, se reduciría la cantidad de conexiones en la placa principal del sistema y este pequeño dispositivo podría colocarse en paralelo a la placa principal pero a un nivel superior o inferior, reduciendo así el tamaño total del sistema.

Además, si se pensara para un futuro fabricar estos sistema de ayuda a invidentes para la práctica de la equitación de forma masiva podría reducirse el coste de los circuitos de carga al comprarlos ya montados en gran cantidad. Se reduciría también la mano de obra necesaria para montar los sistemas.

7.3.2 ASPECTOS A MEJORAR EN EL PROYECTO EN GENERAL

En primer lugar se propone rediseñar los circuitos de alimentación de los actuadores y sensores o sustituir estos por otros que precisen menos tensión. Estos actuadores son los únicos componentes del sistema que se alimentan a 12V, lo que también significa que trabajan con una corriente mayor. Aunque no es un problema en cuanto a espacio, diseño o funcionalidad de los actuadores, son los componentes que más consumen y los que producen que la batería se descargue con más o menos rapidez.

Además, si se sustituyera estos actuadores por otros capaces de funcionar a 3.7V, se podría prescindir del convertidor de corriente continua a corriente continua elevador desarrollado en este Trabajo de Fin de Máster. Al fin y al cabo esto se traduciría en un ahorro de espacio y en un ahorro en costes por duplicado, al hacer la placa más pequeña y al poder prescindir de algunos de los componentes incluidos actualmente en el sistema.

Por otro lado, podría cambiarse el sistema de aviso para no utilizar en todos los casos vibraciones. Podrían usarse distintos patrones de vibración que permitan distinguir de manera más simple que sensor está dando la señal de aviso y por qué.

Por ejemplo podría ponerse un auricular conectado al sistema para poder indicar con señales sonoras hacia donde debe moverse el jinete para corregir su posición.

También se propone seguir desarrollando distintas versiones de la placa de circuito impreso para disminuir su tamaño. Al optimizar la organización de los circuitos se ganaría en espacio y la caja metálica que alberga la placa también sería de menor tamaño. El sistema pesaría menos y sería más fácil de transportar durante la clase para el jinete. En definitiva, molestaría menos al tener menor tamaño y peso.

Esto haría que el jinete notase menos la parte molesta del sistema desarrollado, que es tener que llevar la caja con la placa sujeta a la altura de la cadera.

Finalmente, en un escenario más optimista de funcionamiento, podrían colocarse los sensores alrededor del caballo y hacer que se comunicasen con el módulo principal mediante protocolos de IoT. De esta forma se reduciría la necesidad de tener todo el sistema conectado con cables y podría hacerse aún más cómodo el desempeño de la actividad física asociada a la equitación.

Capítulo 8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo se analizan las conclusiones principales sacadas de este Trabajo de Fin de Máster, además de distintos avances que podrían realizarse en proyectos futuros para añadirle distintas utilidades al sistema ya existente.

8.1 CONCLUSIONES PRINCIPALES

En este proyecto se ha podido diseñar una placa de circuito impreso que engloba los proyectos anteriores y todos sus sensores además de un sistema de alimentación por batería LiPo.

Este avance en el proyecto permite dotar al jinete invidente de más autonomía de la que tendría si el sistema se alimentase con pilas alcalinas, además de obtener una alimentación más respetuosa con el medioambiente y, ya que no se tiene por qué comprar pilas y reemplazarlas, también se disminuye el coste de mantenimiento del sistema a largo plazo.

Por ello se considera que el sistema, aunque a nivel de sensores y actuadores sigue siendo el mismo que era cuando se finalizó el Trabajo de Fin de Grado anterior, ha ganado en cuanto a calidad y fiabilidad con este Trabajo de Fin de Máster. Esto no solo mejora las cualidades del producto, sino que dará un mejor servicio a sus usuarios.

Los objetivos principales de este proyecto eran realizar los circuitos necesarios para alimentar el sistema mediante una batería recargable y rediseñar la placa de circuito impreso incluyendo estos circuitos, por lo que puede decirse que se han cumplido con éxito.

Con estos avances se espera que el jinete invidente sea totalmente autónomo durante la práctica de la equitación, favoreciendo así su integración en la clase con el resto de los alumnos y evitando que su discapacidad se convierta en un impedimento para su desarrollo deportivo y social.

Para proyectos futuros o proyectos relacionados con la creación de circuitos de carga de batería se recomendaría comprar células que usen el regulador de carga MCP73831 donde el circuito ya esté desarrollado ya que es un componente que solo se ha encontrado para montaje superficial, siendo por lo tanto de reducido tamaño, y puede dar problemas a la hora de ser soldado.

Aunque no ha sido una gran parte, en cuanto a esfuerzos o tiempo, del proyecto, la soldadura de estos componentes ha añadido dificultad al desarrollo de los circuitos de prueba, retrasando en parte las pruebas de estos por tener que buscar material de soldadura de espesor reducido.

8.2 TRABAJOS FUTUROS

Basado en lo que propuse en el Trabajo de Fin de Grado con el mismo nombre que este, se propone como posible trabajo futuro la integración del sistema de sensores y actuadores con una o varias aplicaciones para teléfonos móviles que permitan la descarga en tiempo real de los datos obtenidos. Con esto se crearía una red de sensores IoT que almacenarían la información obtenida en una base de datos para hacerla accesible a lo largo del tiempo.

Con la información obtenida de los sensores podrían desarrollarse distintas aplicaciones. En primer lugar, podrían usarse las medidas de distancias y velocidades para, mediante el uso de inteligencia artificial, desarrollar programas de entrenamiento individualizados y adaptados a las necesidades tanto del jinete como del caballo.

De esta forma podrían entrenar de la manera más eficiente posible y obtener mejores resultados en menos tiempo o emplear estos nuevos entrenamientos para descubrir nuevos ejercicios o disciplinas. Sería una forma de entrenamiento inteligente enfocado a las necesidades específicas del usuario y su caballo, algo similar a obtener un entrenador personal para el desarrollo deportivo de ambos.

Por otro lado, podrían instalarse nuevos sensores biométricos en el caballo que se encargasen de medir las constantes vitales del mismo podría controlarse su salud y también

su grado de cansancio, evitando así forzar al animal asignándole más clases de las que puede tener en un día o por el contrario aprovechando al máximo su fuerza para tener clases más intensas. Adaptando el entrenamiento al nivel físico del caballo también se conseguirían mejores resultados para ambos, aumentando la resistencia física del animal y favoreciendo la conexión del binomio. El aumentar esta conexión entre jinete y caballo también proporcionaría más seguridad al jinete ya que podría conocer, en función de cómo se mueve su caballo, el estado de ánimo de este y así tener en cuenta si está asustado o enfadado y va a realizar algún movimiento peligroso.

Por último, se propone integrar esta nueva aplicación con las recomendaciones de ejercicios y el estado anímico del caballo en otras aplicaciones ya existentes en el teléfono móvil del jinete, como podría ser la aplicación de salud o la de entrenamientos de un iPhone por ejemplo. De esta forma, si el jinete cuenta con un reloj inteligente que controla su pulso, respiración y otras constantes vitales, también podría utilizarse esta información a la hora de desarrollar los programas para las clases. Se le sacaría más partido al sistema de sensores que usándolo de manera aislada y ayudaría a conocer el estado de salud del jinete.

Capítulo 9. OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Como ya se mencionó más atrás, este proyecto está ligado con los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Los Objetivos del Desarrollo Sostenible son diecisiete objetivos propuestos en 2015 para erradicar la pobreza, proteger al planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda del desarrollo sostenible [31].

Estos objetivos están dentro de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible y por lo tanto deberían cumplirse en los próximos quince años desde que se aprobaron, llegando a su total cumplimiento en 2030. Aunque actualmente la velocidad y la escala de las medidas propuestas para cumplir los Objetivos del Desarrollo Sostenible no es suficiente, se sigue trabajando para llegar a cumplirlos en su plazo objetivo.



Figura 29: Objetivos del desarrollo sostenible [32]

Los diecisiete Objetivos del Desarrollo Sostenible, que se muestran en la Figura 29, van dirigidos a ámbitos muy diversos, como son el medioambiente, la sociedad en general, la economía o la paz y justicia mundial, entre otros. Para centrar más aún su ámbito de acción, cada uno de los objetivos cuenta con varias metas a cumplir en las que se detallan cuáles son los pasos específicos que realizar para considerar un objetivo como cumplido y cuáles

son las medidas que deben tomar los gobiernos, las empresas y las personas para conseguirlos.

A continuación, se enumeran los Objetivos del Desarrollo Sostenible sobre los que se ha trabajado a lo largo de este Trabajo de Fin de Máster y en concreto en qué meta puede observarse un mayor impacto del sistema desarrollado.

- Objetivo número diez: Reducción de las desigualdades. Con el sistema desarrollado se busca cumplir la meta número 10.2 de este objetivo, para potenciar y promover la inclusión social de todas las personas, independientemente de su discapacidad. Al promover la participación individual y autónoma de personas invidentes en el deporte de la equitación se les ayuda a integrarse socialmente en el colectivo que realiza este deporte.
- Objetivo número doce: Producción y consumo responsables. En concreto, se ha promovido la meta 12.4 de este objetivo, que se encarga de lograr una gestión ecológicamente racional de los productos químicos y los desechos a lo largo de su ciclo de vida. También se promueve la meta 12.5 que consiste en reducir la generación de desechos, en este caso mediante medidas de reutilización de las baterías recargables. Al reducir el número de pilas individuales que se necesitarían para alimentar el sistema se reduce la cantidad de desechos químicos que se van a generar y se promueve la utilización de sistemas que pueden ser reutilizados y por lo tanto duran más años, como son las baterías.
- Objetivo número catorce: Vida submarina. La meta 14.1 persigue prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra. El sistema desarrollado favorece esta meta ya que va encaminado a reducir el empleo de pilas no recargables y por tanto disminuir la contaminación que las mismas producirían.

Teniendo en cuenta que una pila común tarda en degradarse entre cien y quinientos años y que, en el caso de no ser tratada y reciclada correctamente, podría contaminar hasta tres

mil litros de agua [33], al reducir el número de pilas utilizadas sustituyéndolas por baterías se disminuyen los efectos negativos de las mismas y las probabilidades de contaminar el mar o algún terreno por no desecharlas correctamente son también menores.

Además, Ecoembes, que es la organización medioambiental sin ánimo de lucro que promueve la sostenibilidad y el cuidado del medioambiente a través del reciclaje en España, garantiza que el cien por cien de las pilas recogidas irán a plantas de reciclaje especializadas y eficientes donde se obtiene una ratio de reciclado de más del setenta por ciento, evitando daños al medioambiente o a la salud de las personas. También aprovechan las materias primas secundarias obtenidas de los residuos para fabricar en algunos casos nuevas pilas y baterías u otros productos. [34]

Por lo tanto, la posibilidad de que estas baterías usadas en el sistema acaben contaminando el medioambiente si son desechadas de manera correcta son ínfimas.

ANEXO I. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rubiales Mena, María del Carmen (2020). *Sistema de asistencia a invidentes para práctica de la equitación en pista*. Último acceso: 17 de julio de 2022. Repositorio Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/36477>
- [2] Moran, M. (2021). *Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos*. Último acceso: 17 de julio de 2022. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/inequality/>
- [3] Colaboradores de Wikipedia. (2021c, agosto 9). *KiCad*. Último acceso: 17 de julio de 2022. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/KiCad>
- [4] *An Intro to KiCad – Part 1: How PCBs Are Made | DigiKey*. (2018, 3 abril). Último acceso: 17 de julio de 2022. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=vaCVh2SAZY4&list=PLEBQazB0HUyR24ckSZ5u05TZHV9khgA1O>
- [5] Gudino, M. (2020, 6 marzo). *Tipos de convertidores interruptores de CC a CC*. Último acceso: 17 de julio de 2022. Arrow.com. <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/types-of-switching-dc-dc-converters>
- [6] Batería LiPo MIKROE-4475. Último acceso: 17 de julio de 2022. Mouser: <https://www.mouser.es/ProductDetail/Mikroe/MIKROE-4475?qs=sGAEpiMZZMvONwlthfBi52rRA%252BMKXwKeRPA6EG2JKc%3D>
- [7] Regulador de voltaje de 3.3V. Último acceso: 17 de julio de 2022. Mouser: <https://www.mouser.es/ProductDetail/MaxLinear/SPX3819M5-L-3-3-TR?qs=S%2FCBhQS5rCp1Bb7a%252BD%2FCBQ%3D%3D>
- [8] *Fuente Avanzada de Corriente Alterna para la Simulación de una Red Eléctrica Real*. Último acceso: 17 de julio de 2022. Guillermo Ariel Sánchez.

- <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/6181/Proyecto%20Final%20-%20Sanchez%20Guillermo%20Ariel.doc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [9] Desarrollo de un nodo inalámbrico de bajo consumo basado en técnicas de IoT para monitorización de patrimonio cultural. Último acceso: 17 de julio de 2022. Jaime Laborda Macario. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/108133/LABORDA%20-%20DESARROLLO%20DE%20UN%20NODO%20INAL%3%81MBRICO%20DE%20BAJO%20CONSUMO%20BASADO%20EN%20T%3%89CNICAS%20DE%20IOT%20PARA%20MONITO...pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [10] Regulador de tensión de conmutación. Último acceso: 17 de julio de 2022. Mouser: <https://www.mouser.es/ProductDetail/STMicroelectronics/MC34063ACN?qs=sGAEpiMZZMtqBmg8fZQA695V4pq4hTdU>
- [11] Módulo regulador de voltaje DC-DC MC34063 de 5V para fuente de alimentación. Último acceso: 17 de julio de 2022. Amazon. <https://www.amazon.com/-/es/m%C3%B3dulo-regulador-voltaje-MC34063-alimentaci%C3%B3n/dp/B085X1K4P2>
- [12] Circuito de carga de batería LiPo o Li-Ion. Último acceso: 17 de julio de 2022. Mouser: <https://www.mouser.es/ProductDetail/Adafruit/1304?qs=GURawfaeGuAqoc1cDpl%2Fow%3D%3D>
- [13] Circuito de carga de batería LiPo o Li-Ion. Último acceso: 17 de julio de 2022. Mouser: <https://www.mouser.es/ProductDetail/Microchip-Technology/MCP7383XRD-PPM?qs=WqWCsLCZBkpoWY0Fs3ajSw%3D%3D>
- [14] Circuito de carga de batería LiPo o Li-Ion. Último acceso: 17 de julio de 2022. Mouser: <https://www.mouser.es/ProductDetail/TinyCircuits/ASL2112?qs=5aG0NVq1C4w66EhiR5zdoA%3D%3D>
- [15] Gestión de carga de baterías MCP73831T-2ACI/OT. Último acceso: 17 de julio de 2022. Mouser: <https://www.mouser.es/ProductDetail/Microchip-Technology/MCP73831T-2ACI-OT?qs=sGAEpiMZZMsVgcksf1EMUm%2FVN%252BXSyo%2F>
- [16] A. (2021a). *Las baterías recargables, tipos y detalles*. Último acceso: 17 de julio de 2022. asistekin. http://www.asistekin.com/index.php?option=com_content&view=article&id=29:las-baterias-recargables-tipos-y-detalles&catid=1:general&Itemid=23

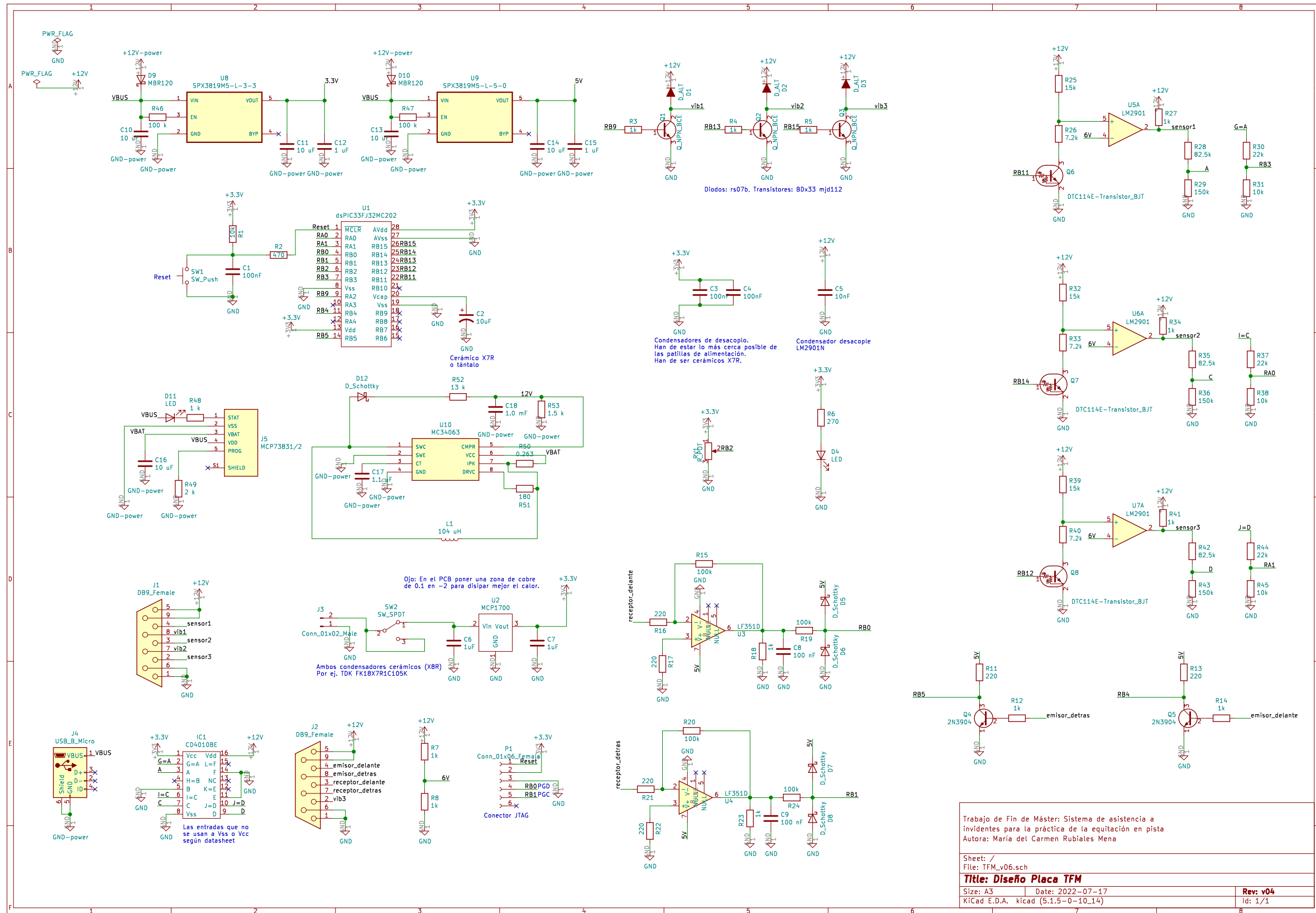
- [17] *Níquel Cadmio y Níquel metal hidruro* •. (2017, 26 enero). Último acceso: 17 de julio de 2022. Enix Power Solutions. <http://www.enix-power-solutions.es/niquel-cadmio-y-niquel-metal-hidruro/>
- [18] F. (2020c, febrero 29). *Baterías LiPo, características y cuidados!* Último acceso: 17 de julio de 2022. DynamoElectronics. <https://dynamoelectronics.com/baterias-lipo-caracteristicas-y-cuidados/>
- [19] Agencia Estatal de Meteorología (2021). *Valores climatológicos normales*. Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Último acceso: 17 de julio de 2022. Gobierno de España. <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos>
- [20] *Doma Clásica | Drupal es.* (2021). Último acceso: 17 de julio de 2022. Mustad Hoofcare. https://www.hellerhoofrasps.com/es_es/node/139
- [21] Miguel Ángel Sánchez Sánchez. *Proyecto de Fin de Grado: Sistema de asistencia a invidentes para práctica de la equitación en pista*. Último acceso: 17 de julio de 2022. Repositorio Comillas: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/31913>
- [22] Adafruit Feather 32u4 Basic Proto. Learn adafruit: <https://learn.adafruit.com/assets/28445>
- [23] MCP73831. Último acceso: 17 de julio de 2022. Mouser. <https://eu.mouser.com/ProductDetail/Microchip-Technology/MCP73831T-2ACI-OT?qs=yUQqVecv4qvbBQBGbHx0Mw%3D%3D>
- [24] MC34063A. Último acceso: 17 de julio de 2022. Mouser. <https://www.mouser.es/ProductDetail/STMicroelectronics/MC34063ACN?qs=sGAEpiMZZMtqBmg8fZQA695V4pq4hTdU>
- [25] Tarjetas adaptador de montaje superficial SOIC, SSOP, QFP a DIP. Último acceso: 17 de julio de 2022. Jdh labs tech. <https://jdhlabstech.com/jdhshop/es/smt-chip-adapters/tarjetas-adaptador-de-montaje-superficial-soic-ssop-qfp-a-dip.html>
- [26] Elektroetkolben E15. Último acceso: 17 de julio de 2022. Hellweg. <https://www.hellweg.de/elektroetkolben-e15/733480>
- [27] Elektroniklot Premium 70 g. Último acceso: 17 de julio de 2022. Hellweg. <https://www.hellweg.de/elektroniklot-premium-70g/110433>
- [28] MC34063A aid. Último acceso: 17 de julio de 2022. <http://www.nomad.ee/micros/mc34063a/index.shtml>

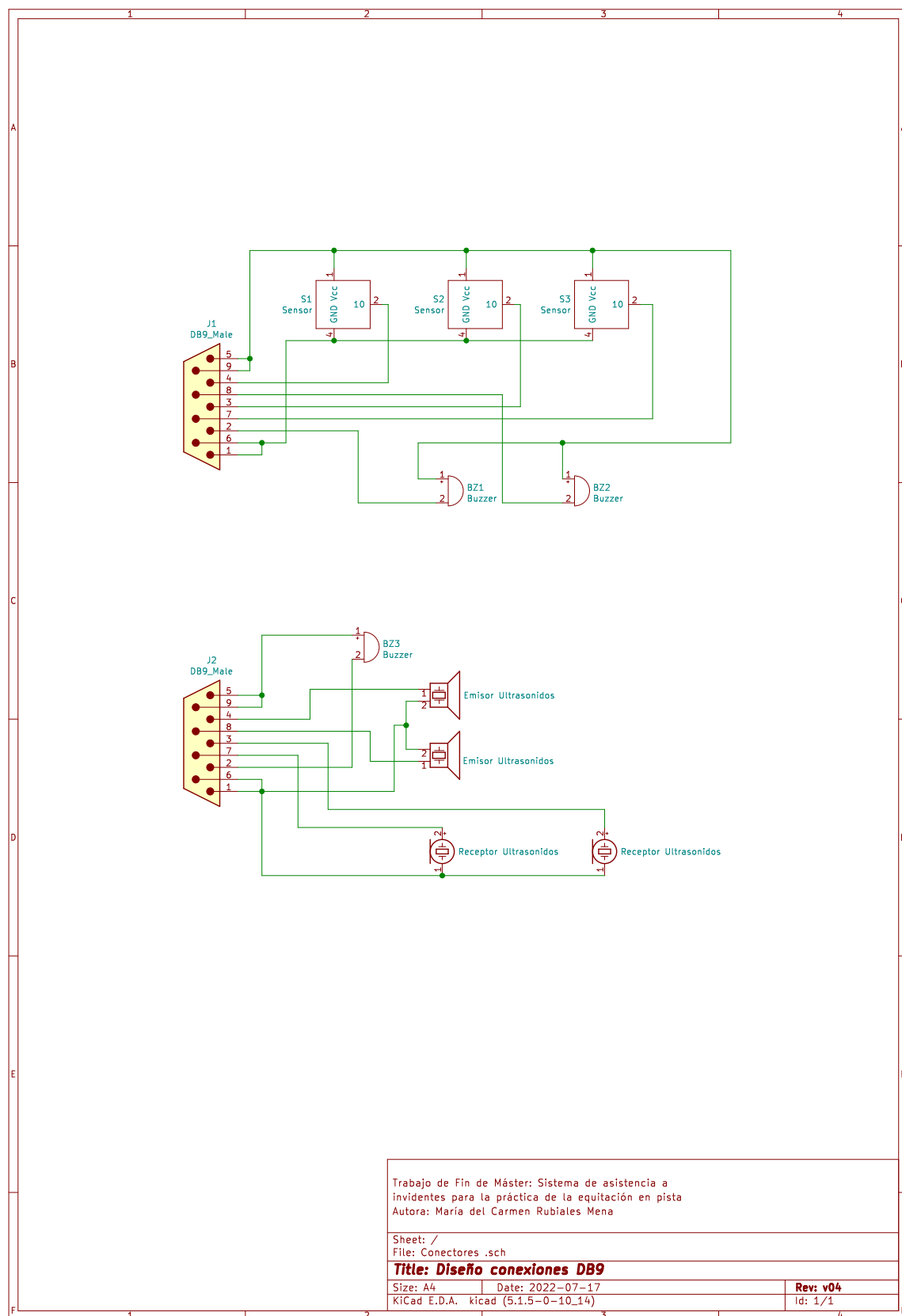
- [29] MC34063a calculation. Último acceso: 17 de julio de 2022.
<http://gmsystems.com/switching-reg-calculator-for-mc-34063-or-mc33063.html>
- [30] An Intro to KiCad – Part 1: How PCBs are made | Digikey. Último acceso: 17 de julio de 2022, desde: <https://www.youtube.com/watch?v=vaCVh2SAZY4>
- [31] Gámez, M. J. (2021). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Último acceso: 17 de julio de 2022. Desarrollo Sostenible.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [32] Corazón y Manos. (2020, 17 septiembre). *COMPROMETIDOS CON LOS ODS*. Último acceso: 17 de julio de 2022. Asociación Corazón y Manos.
<https://www.corazonymanos.org/comprometidos-con-los-ods/>
- [33] Ambiental, A. P. (2020, 24 julio). *¿Cómo contaminan las pilas el medio ambiente?* Último acceso: 17 de julio de 2022. Ambientum Portal Líder Medioambiente.
<https://www.ambientum.com/ambientum/medio-natural/como-contaminan-las-pilas-el-medio-ambiente.asp#:~:text=Las%20pilas%20comunes%20tardan%20entre,ambiente%20y%20la%20bi%C3%B3sfera%20marina.>
- [34] *Procesos de Reciclaje de pilas eficientes y eficaces*. (2021, 4 enero). Último acceso: 17 de julio de 2022. Ecopilas. <https://www.ecopilas.es/el-reciclaje/procesos-de-reciclaje-de-pilas/>

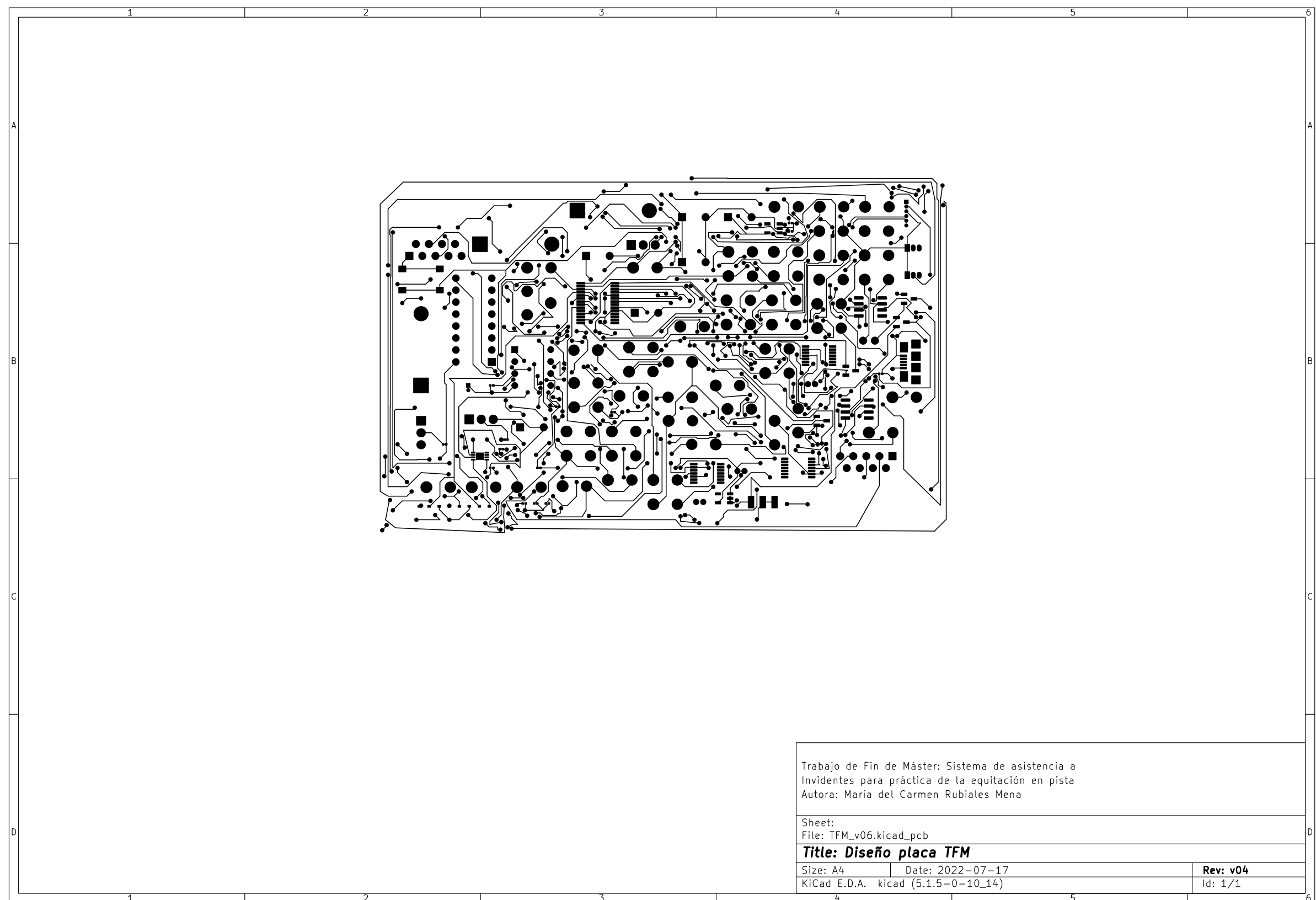
ANEXO II: DISEÑO DE LA PLACA

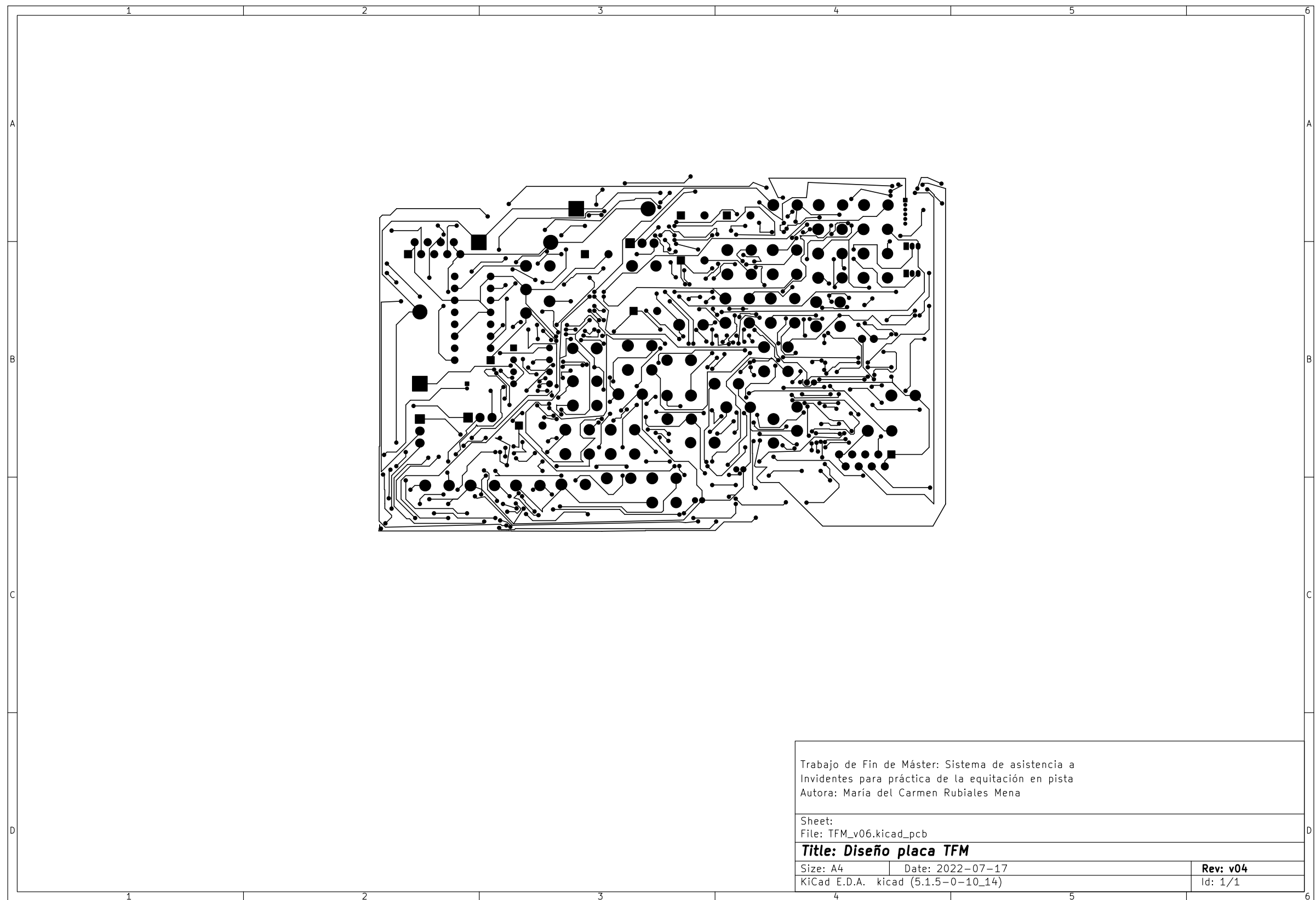
En este anexo se adjuntan los planos referentes al diseño de la placa de circuito impreso (PCB). En esta placa se fusionan los diseños de los Trabajos de Fin de Grado anteriores junto con los circuitos de carga y regulación de la tensión desarrollados en este trabajo. Los planos que se encuentran en este anexo, por orden de aparición son los siguientes:

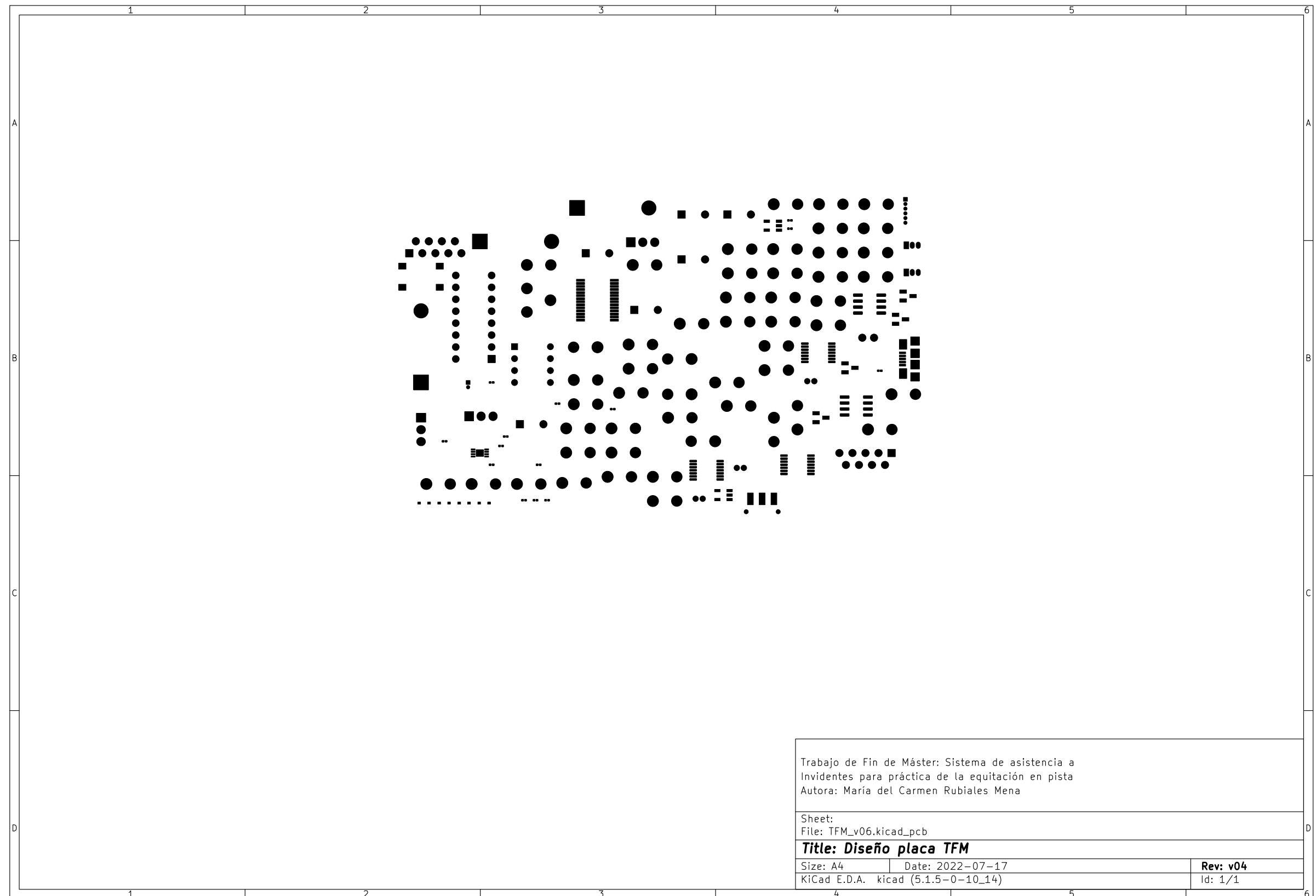
1. Plano con los circuitos completos de este sistema.
2. Plano de las conexiones de los sensores y vibradores conectados a dos conectores de tipo DB9 (macho). Estos se unen a su vez con los dos conectores de tipo DB9 (hembra) de la placa de circuito impreso.
3. Planos pertinentes al diseño de la placa final:
 - a. Capa de cobre superior.
 - b. Capa de cobre inferior.
 - c. Capa de máscara de soldadura superior.
 - d. Capa de máscara de soldadura inferior.
 - e. Capa de pasta de soldadura superior.
 - f. Capa de serigrafía superior.
 - g. Capa de fabricación superior.
4. Plano de la placa de circuito impreso al completo, con todas sus capas.

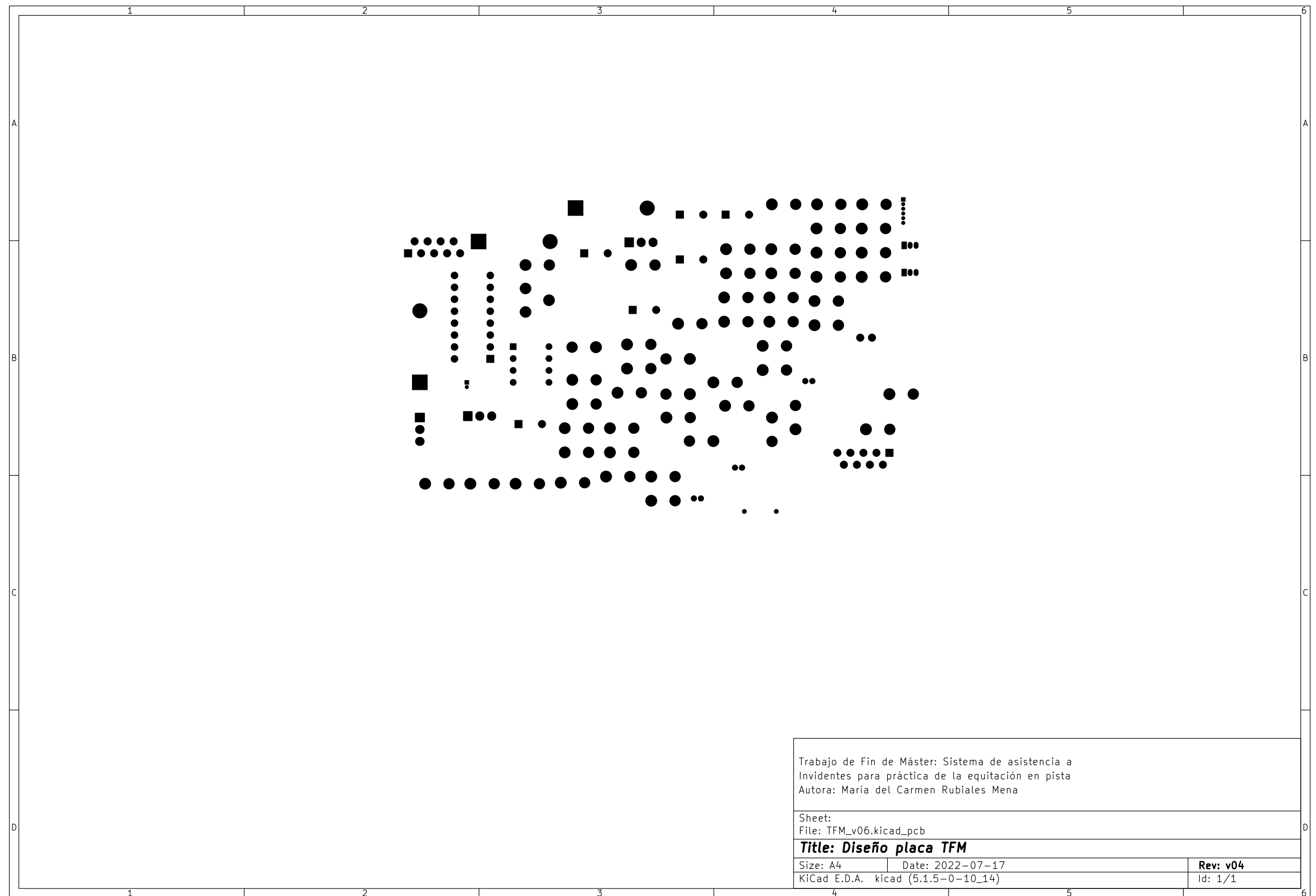


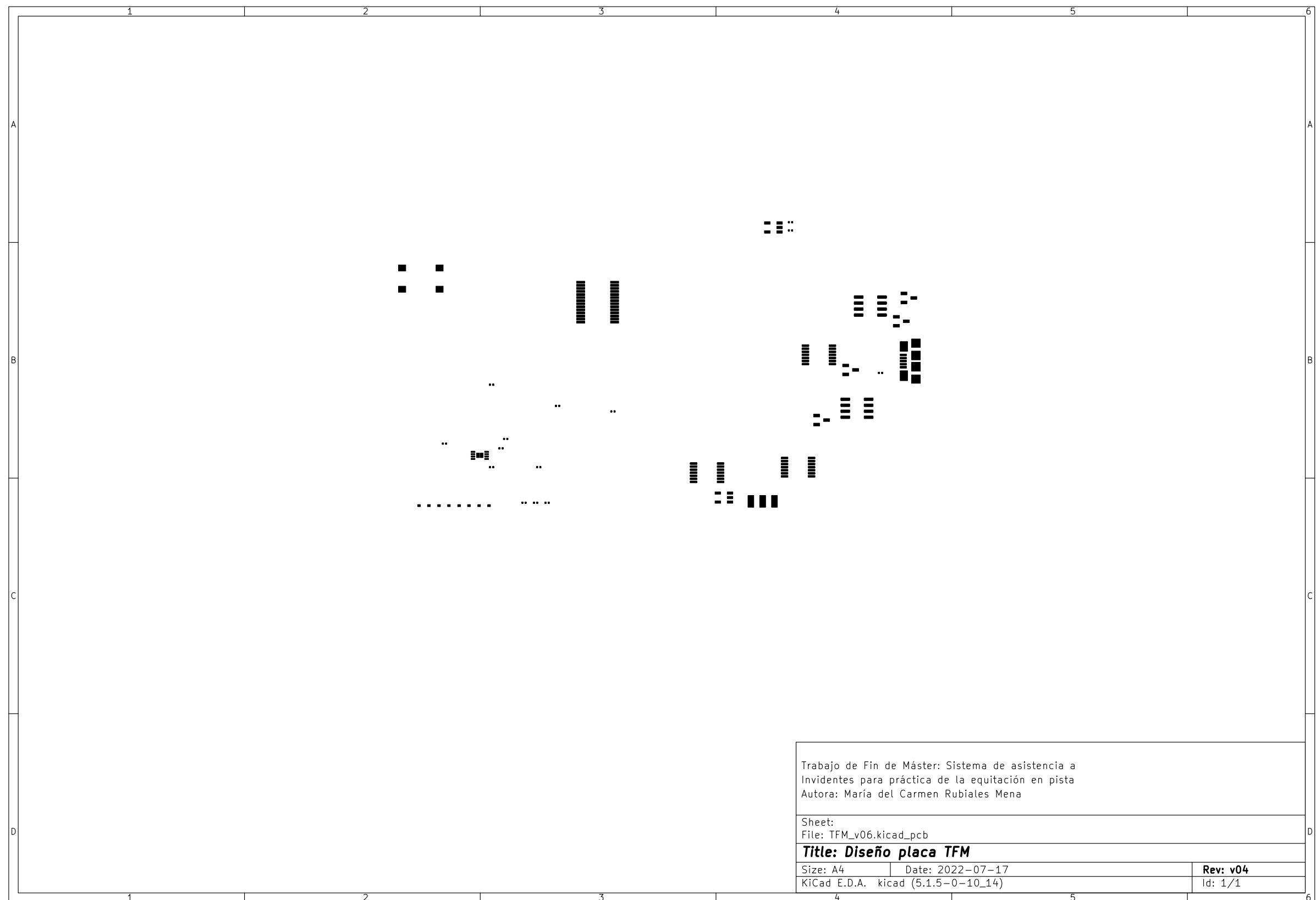


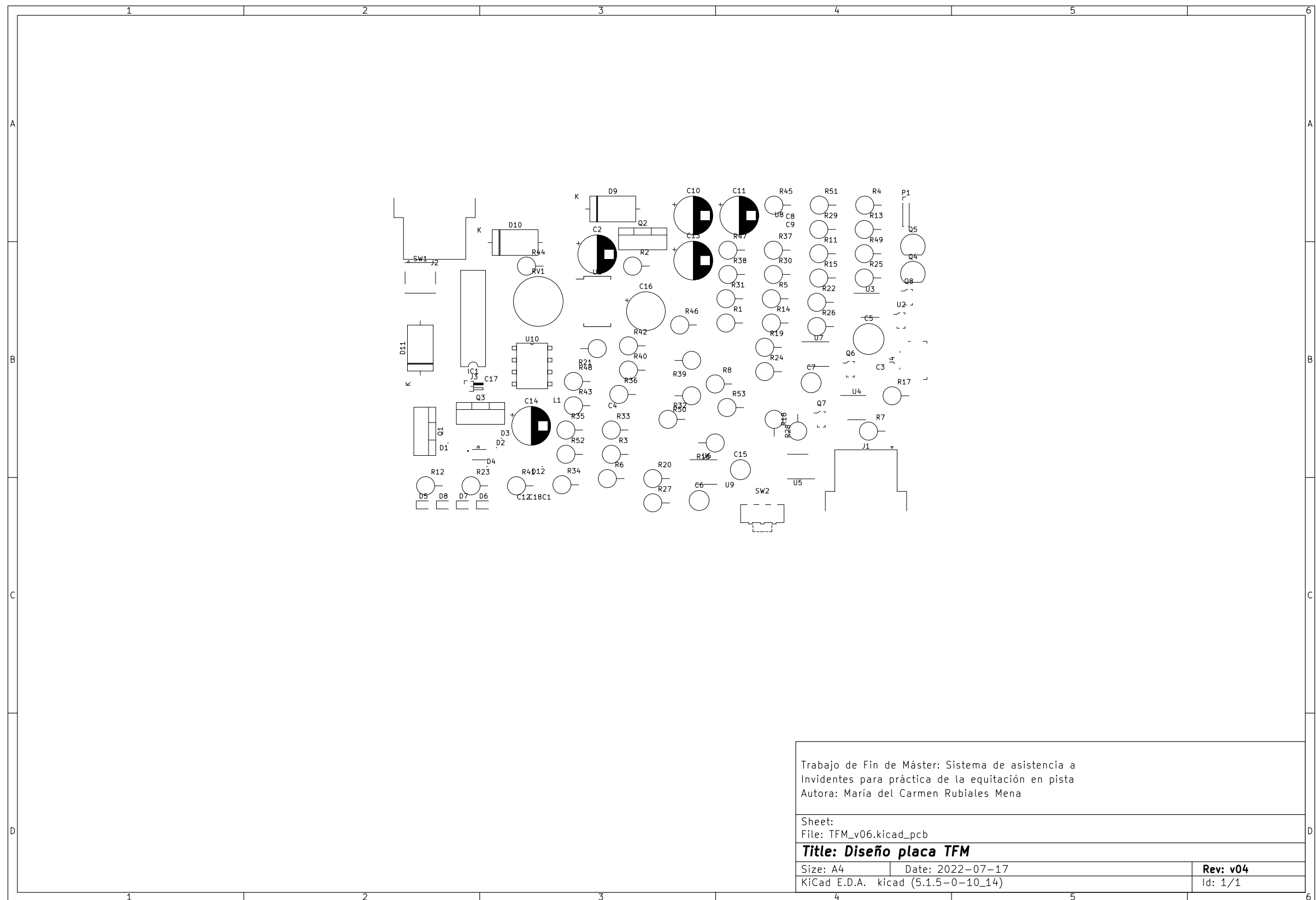


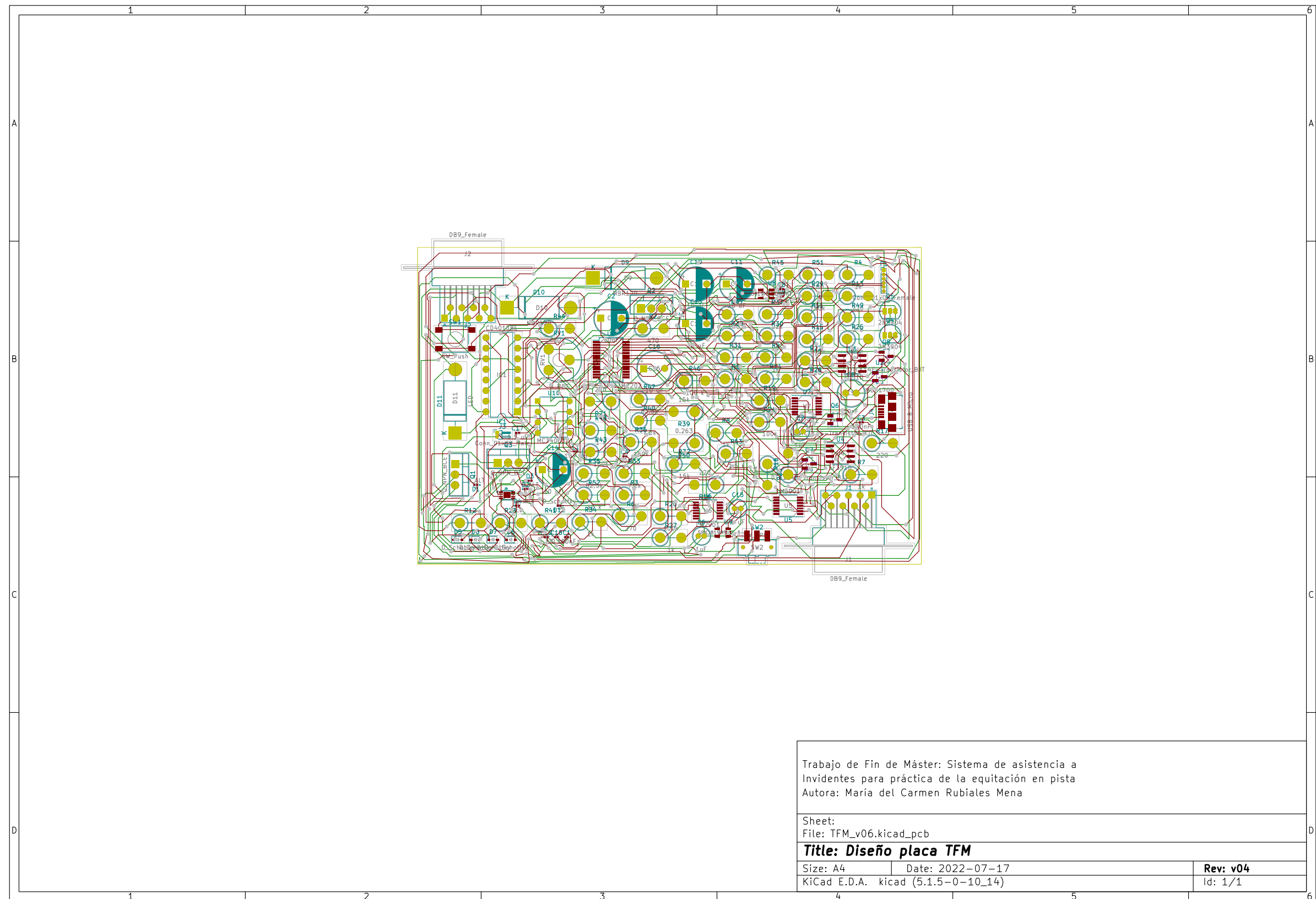












ANEXO III: GUÍA DE INSTALACIÓN

En este anexo se va a explicar el proceso de instalación del programa utilizado para el diseño de la PCB en el proyecto.

De esta manera, si se desea continuar en otros cursos desarrollando más programas para el sistema, pueden utilizarse las mismas plataformas que se han usado hasta el momento en este trabajo y sus predecesores.

KICAD

Este es el programa utilizado para el diseño de la placa de circuito impreso y sus conexiones. Es un programa de software libre, disponible para Windows, OSX y Linux, además de muchas distribuciones de Linux.

En este caso va a explicarse el proceso de instalación para ordenadores con sistemas operativos OSX, en concreto macOS Catalina versión 10.15.4, pero este proceso varía muy poco entre las diferentes versiones de OSX y entre los distintos sistemas operativos. Es un proceso de instalación sencillo e intuitivo.

En primer lugar, se accede a la página web oficial de KiCad, donde se encuentran accesibles todos los recursos disponibles. Entre estos recursos se puede encontrar, además de los enlaces para descargar el software, también ayuda para comenzar a usar el programa, donde se explica qué son las librerías y cómo es el espacio de trabajo básico.

Además, pueden descargarse distintas librerías y se puede donar dinero para ayudar a los desarrollos y financiar en alguna medida parte del proyecto.

Esta página es: <https://www.kicad-pcb.org/>. Nada más entrar en ese enlace se puede observar la pantalla de la Figura 30, que tiene en la parte superior una barra en la que se muestran todas las ventanas que pueden visitarse. Esta pestaña también ofrece

información sobre las distintas publicaciones que se han realizado en su blog y los distintos editores que tienen para desarrollar los proyectos.

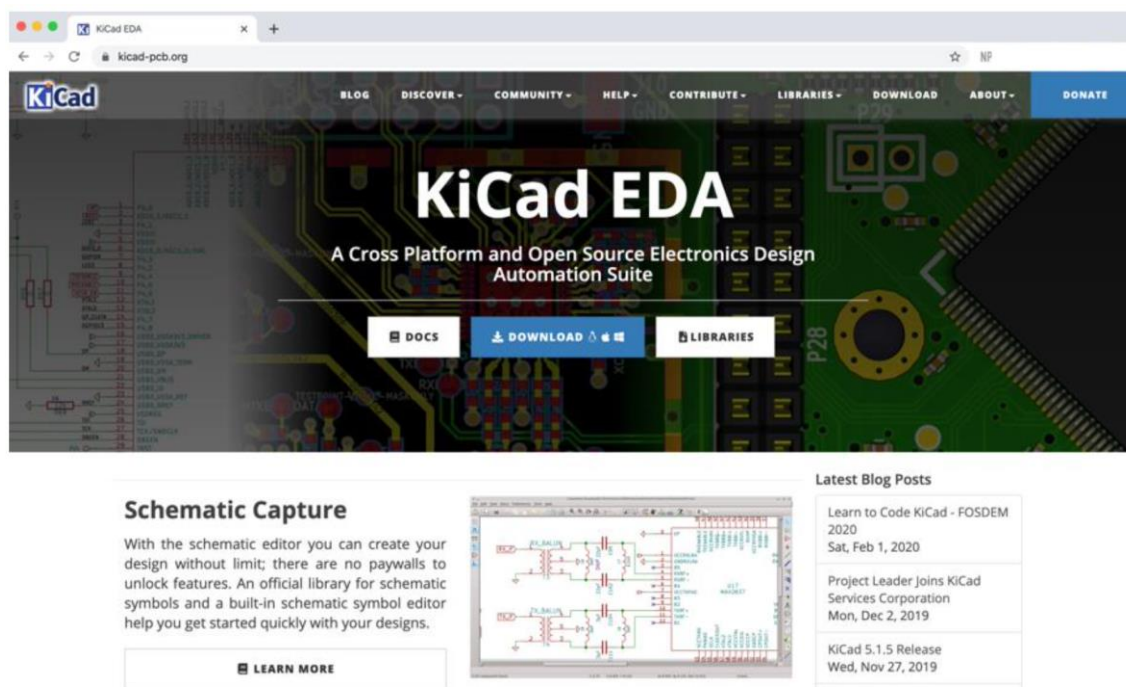


Figura 30: Página principal de KiCad

Estando en esta pestaña, se tiene que seleccionar la opción de descargar, que se encuentra en el medio de la pantalla. Al pinchar en este recuadro, se redirige al usuario automáticamente a la página de la Figura 31. En esta pantalla se proporciona al usuario una lista de todos los sistemas operativos para los cuales se encuentra disponible el sistema operativo.

La lista es muy amplia y cuenta con todo tipo de sistemas operativos, desde los más extendidos (Windows, Linux) hasta otras distribuciones de Linux más desconocidas por la mayoría de la sociedad (Debian).

Al ser de los programas que cuenta con recursos para un gran número de sistemas operativos, se convierte en la de las primeras opciones elegidas a la hora de desarrollar placas de circuito impreso.

Permite que un mismo diseño pueda actualizarse o trabajarse en distintos ordenadores con distintos sistemas operativos, de manera que no restringe al usuario a la hora de trabajar en equipos de trabajo o en proyectos con múltiples etapas distintas, desarrolladas cada una por una persona distinta.

La opción que se elige en este caso es el sistema operativo MacOS, como se indicó anteriormente. De esta manera, se vuelve a redirigir al usuario a una tercera pantalla, en la que se encuentran todos los ficheros disponibles para descargar el software. Esta pantalla puede observarse en la Figura 32.

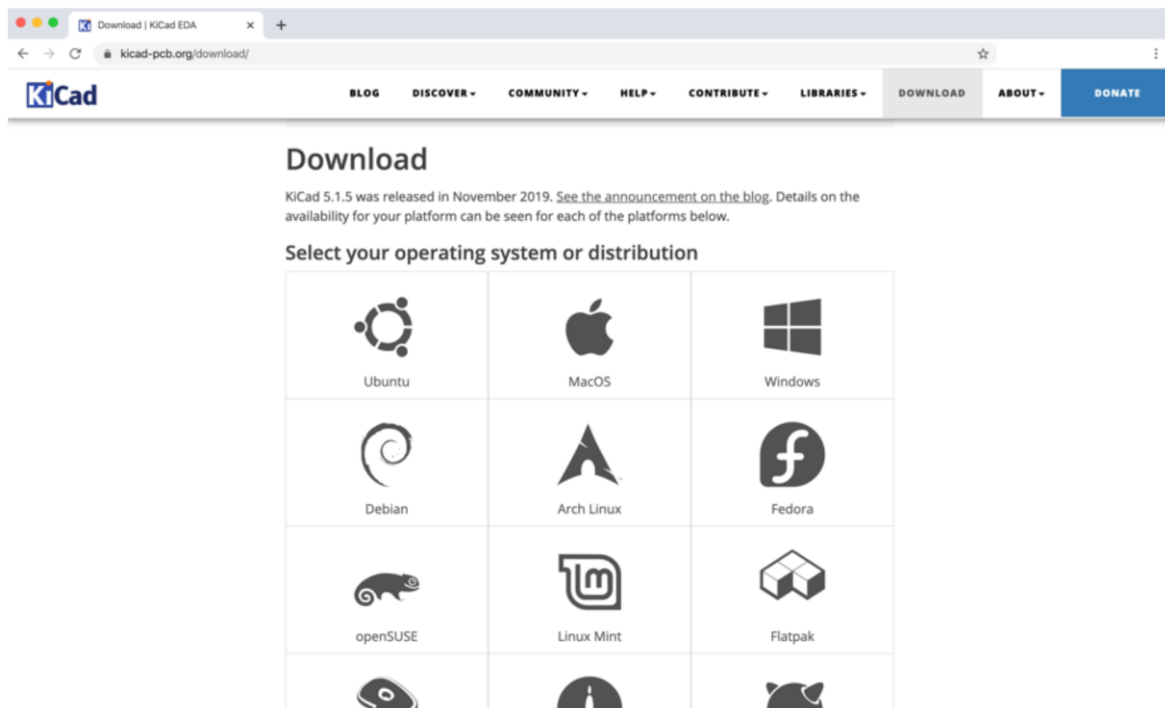


Figura 31. Ventana para elegir el sistema operativo

En esta tercera pantalla se ha seleccionado la opción de “CERN – Switzerland” para MacOS con versión posterior a la versión 10.14. Si se desciende por la misma página, pueden obtenerse versiones de KiCad desarrolladas para versiones posteriores de este sistema operativo. La versión más actual de KiCad, que es con la que se ha trabajado en este Trabajo de Fin de Máster, es la versión 5.1.5.

Automáticamente se descarga un archivo en el ordenador y se puede proceder a la instalación de este. Este archivo contiene el instalador para todas las partes de KiCad, desde plantillas hasta modelos 3D.

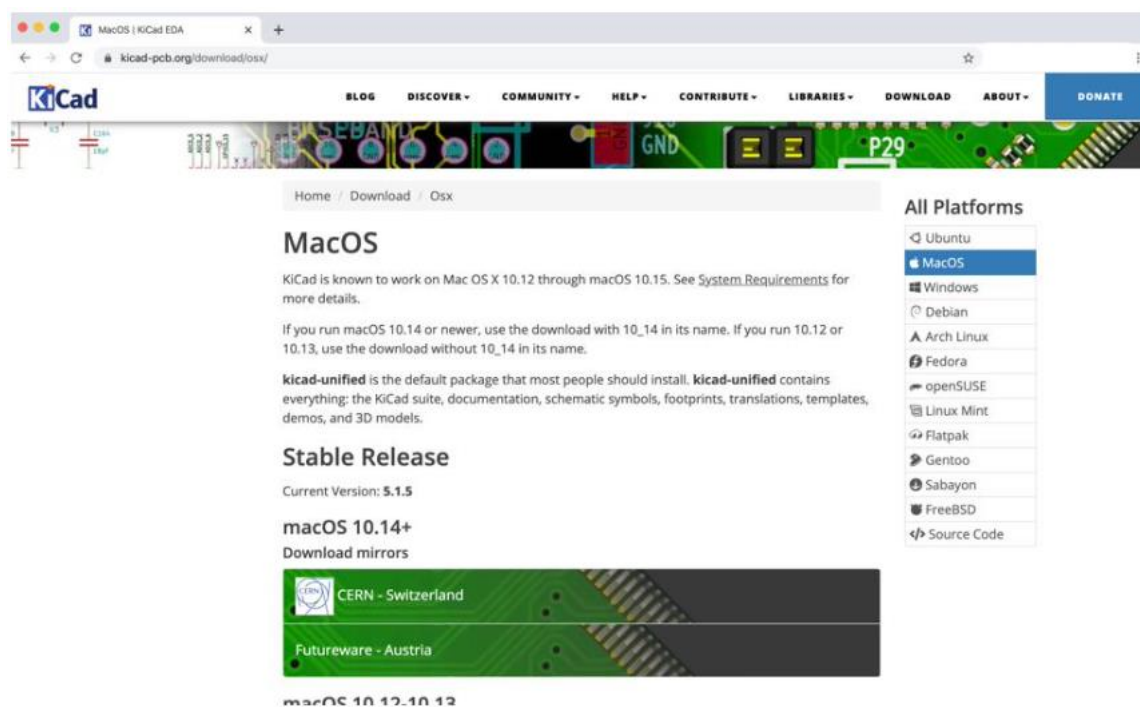


Figura 32: Ventana para descargar el programa

El archivo descargado tendrá un nombre igual o similar a “kicad-unified-5.1.5-0-10_14.dmg”. Este nombre variará en función de las versiones seleccionadas anteriormente.

Si se abre el archivo, después de una breve verificación por parte del ordenador de que está libre de elementos dañinos, aparece la pantalla de la Figura 33. En el archivo “README.txt” aparece toda la información necesaria referente a la instalación del programa.

En primer lugar, se describe brevemente en qué consiste KiCad. A continuación, se explica el proceso de instalación y el proceso de actualización. Después, se explica el contenido de la carpeta “demos”, en la que hay varios proyectos de ejemplo que ofrecen como plantillas de manera gratuita para usarlos o adaptarlos.

Seguidamente explican las tres distintas versiones que existen para instalarse en MacOS, qué documentación existe sobre estos programas y dónde encontrarla, cómo indicar fallos y cómo desinstalarlo.

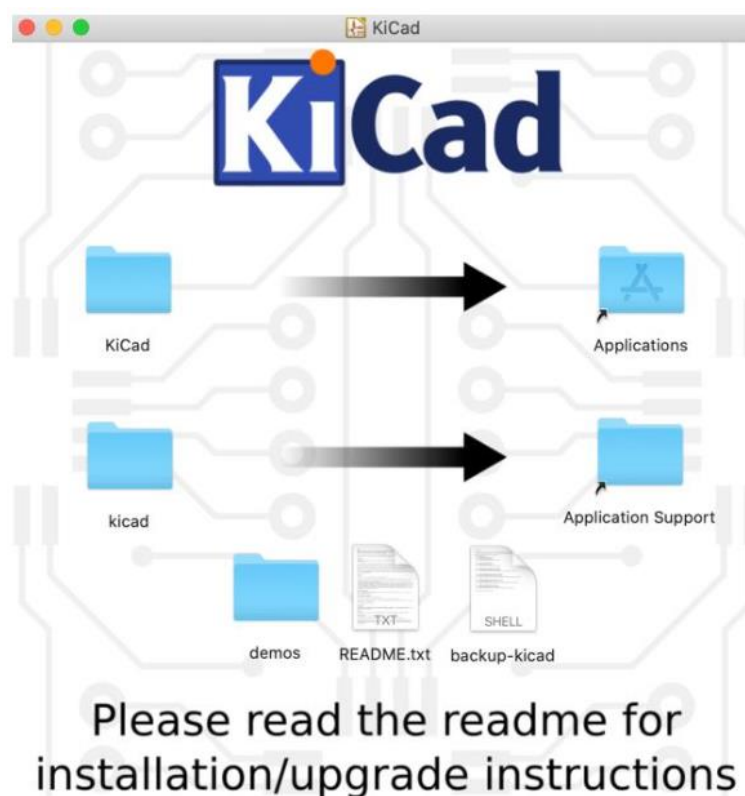


Figura 33: Ventana de instalación

Resumiendo este archivo, para instalar los programas necesarios solo hay que arrastrar la carpeta “KiCad” a la imagen de la carpeta “Applications” y la llamada “kicad” a “Application Support”.

Los programas finales se encontrarán en la ubicación de aplicaciones, que puede encontrarse usando el Finder. Si es la primera vez que se abre la aplicación, el ordenador puede dar algún error indicando que no se puede abrir la aplicación porque se ha descargado de una fuente no segura (internet). Esto se soluciona haciendo clic derecho y seleccionando la opción abrir. Se preguntará al usuario si realmente quiere abrirlo y después de indicar su conformidad no volverá a dar problemas.

ANEXO IV: DATASHEETS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

En este anexo se adjuntan los datasheets de los componentes más destacables del proyecto, es decir, del SPX3819 – 3.3 y SPX3819 – 5, MCP73831/2, MC34063 y del conector micro USB. Del manual del MCP73831/2 y del MC34063 se han excluido aquellas páginas dedicadas a la toma de notas por parte del lector.

El resto de los componentes empleados son básicos y de uso común por lo que no supone ningún problema encontrar la información pertinente a sus funcionalidades y posibles usos.



SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

December 2019

Rev. 2.0.5

GENERAL DESCRIPTION

The SPX3819 is a positive voltage regulator with a low dropout voltage and low noise output. In addition, this device offers a very low ground current of 800 μ A at 100mA output. The SPX3819 has an initial tolerance of less than 1% max and a logic compatible ON/OFF switched input. When disabled, power consumption drops to nearly zero. Other key features include reverse battery protection, current limit, and thermal shutdown. The SPX3819 includes a reference bypass pin for optimal low noise output performance. With its very low output temperature coefficient, this device also makes a superior low power voltage reference.

The SPX3819 is an excellent choice for use in battery-powered applications such as cordless telephones, radio control systems, and portable computers. It is available in several fixed output voltage options or with an adjustable output voltage.

This device is offered in 8 pin NSOIC, 8 pin DFN and 5-pin SOT-23 packages.

APPLICATIONS

- Portable Consumer Equipment
- Portable Instrumentation
- Industrial Equipment
- SMPS Post Regulators

FEATURES

- Low Noise: 40 μ V Possible
- High Accuracy: 1%
- Reverse Battery Protection
- Low Dropout: 340mV at Full Load
- Low Quiescent Current: 90 μ A
- Zero Off-Mode Current
- Fixed & Adjustable Output Voltages:
 - 1.2V, 1.5V, 1.8V, 2.5V, 3.0V, 3.3V & 5.0V Fixed Output Voltages
 - ≥ 1.235 V Adjustable Output Voltages
- Available in RoHS Compliant, Lead Free Packages:
 - 5-pin SOT-23, 8-pin SOIC and 8-pin DFN

TYPICAL APPLICATION DIAGRAM

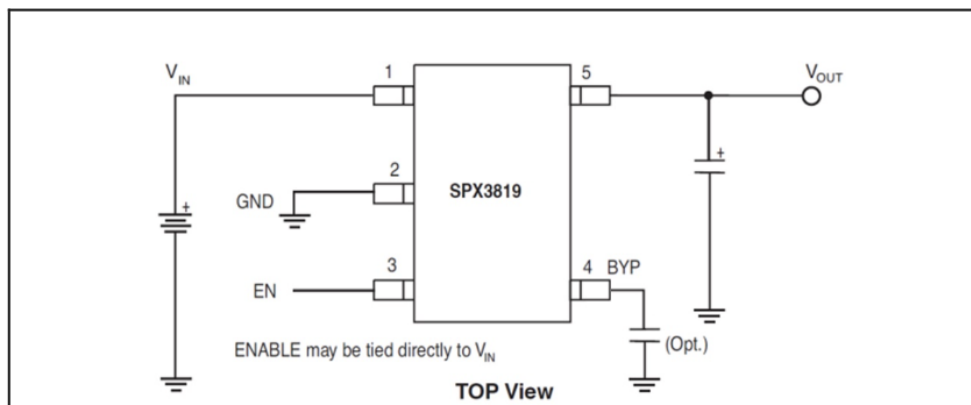


Fig. 1: SPX3819 Application Circuit



SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

These are stress ratings only and functional operation of the device at these ratings or any other above those indicated in the operation sections of the specifications below is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

V_{IN} , EN	-20V to +20V
Storage Temperature	-65°C to 150°C
Junction Temperature	150°C
Power Dissipation	Internally Limited
Lead Temperature (Soldering, 5 sec)	260°C
ESD Rating (HBM - Human Body Model)	1kV

OPERATING RATINGS

Input Voltage Range V_{IN}	2.5V to 16V
Enable Pin EN	0.0V to V_{IN}
Junction Temperature Range	-40°C to +125°C
Thermal Resistance ¹	
θ_{JA} (SOT23-5)	191°C/W
θ_{JA} (NSOIC-8)	128.4°C/W
θ_{JA} (DFN-8)	59°C/W

Note 1: The maximum allowable power dissipation is a function of maximum operating junction temperature, $T_{J(max)}$ the junction to ambient thermal resistance, and the ambient θ_{JA} , and the ambient temperature T_A . The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is given: $P_{D(max)} = (T_{J(max)} - T_A) / \theta_{JA}$, exceeding the maximum allowable power limit will result in excessive die temperature; thus, the regulator will go into thermal shutdown.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Specifications with standard type are for an Operating Junction Temperature of $T_J = 25^\circ\text{C}$ only; limits applying over the full Operating Junction Temperature range are denoted by a "•". Minimum and Maximum limits are guaranteed through test, design, or statistical correlation. Typical values represent the most likely parametric norm at $T_J = 25^\circ\text{C}$, and are provided for reference purposes only. Unless otherwise indicated, $V_{IN} = V_{OUT} + 1\text{V}$ ($V_{IN} = V_{OUT} + 1.2\text{V}$ for 1.2V option), $I_L = 100\mu\text{A}$, $C_L = 1\mu\text{F}$, $V_{EN} \geq 2.5\text{V}$, $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Output Voltage Tolerance	-1 -2		+1 +2	%	•
Output Voltage Temperature Coefficient		57		ppm/°C	
Line Regulation		0.04	0.1 0.2	%/V	$V_{IN} = V_{OUT} + 1$ to 16V and $V_{EN} \leq 6\text{V}$ • $V_{IN} = V_{EN} = V_{OUT} + 1 \leq 8\text{V}$ $V_{IN} = V_{EN} = V_{OUT} + 1 \leq 16\text{V}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ to 85°C
Load Regulation		0.05	0.4	%	$I_L = 0.1\text{mA}$ to 500mA
Dropout Voltage ($V_{IN} - V_{OUT}$) ²		10 125 180 340 700	60 80 175 250 350 450 550	mV	• $I_L = 100\mu\text{A}$ • $I_L = 50\text{mA}$ • $I_L = 150\text{mA}$ • $I_L = 500\text{mA}$
Quiescent Current (I_{GND})		0.05	3 8	μA	$V_{ENABLE} \leq 0.4\text{V}$ • $V_{ENABLE} = 0.25\text{V}$
Ground Pin Current (I_{GND})		90 250 1.0 6.5	150 190 650 900 2.0 2.5 25.0 30.0	μA mA	• $I_L = 100\mu\text{A}$ • $I_L = 50\text{mA}$ • $I_L = 150\text{mA}$ • $I_L = 500\text{mA}$
Ripple Rejection (PSRR)		70		dB	



SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Current Limit (I_{LIMIT})		800	950	mA	$V_{OUT}=0V$
Output Noise (e_{NO})		300		μV_{RMS}	$I_L = 10mA$, $C_L = 1.0\mu F$, $C_{IN} = 1\mu F$, (10Hz – 100kHz)
		40		μV_{RMS}	$I_L = 10mA$, $C_L = 1.0\mu F$, $C_{BYP} = 1\mu F$, $C_{IN} = 1\mu F$, (10Hz – 100kHz)
Input Voltage Level Logic Low (V_{IL})			0.4	V	OFF
Input Voltage Level Logic High (V_{IH})	2			V	ON
ENABLE Input Current		0.01	2	μA	$V_{IL} \leq 0.4V$
		3	20		$V_{IH} \geq 2.0V$

Note 2: Not applicable to output voltage 2V or less.

PIN ASSIGNMENT

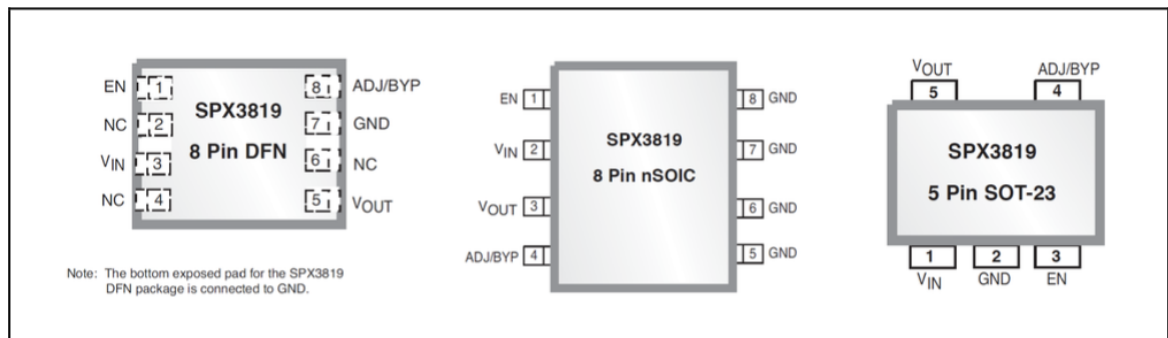


Fig. 2: SPX3819 Pin Assignment

PIN DESCRIPTION

Name	Pin # nSOIC	Pin # DFN	Pin # SOT-23	Description
VIN	2	3	1	Supply Input
GND	5, 6, 7, 8	7	2	Ground
VOUT	3	5	5	Regulator Output
EN	1	1	3	Enable(input). CMOS compatible control input. Logic high – enable; logic low or open = shutdown
ADJ	4	8	4	Adjustable part only. Feedback input. Connect to resistive voltage-divider network
BYP				Fixed version only. Internal reference bypass pin. Connect 10nF to ground to reduce thermal noise on the output.
NC	-	2, 4, 6	-	No Connect



SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

ORDERING INFORMATION⁽¹⁾

Part Number	Operating Temperature Range	Lead-Free	Package	Packaging Method
SPX3819M5-L/TR	-40°C≤T _J ≤+125°C	Yes ⁽²⁾	SOT-23-5	Tape & Reel
SPX3819M5-L-1-2/TR				
SPX3819M5-L-1-5/TR				
SPX3819M5-L-1-8/TR				
SPX3819M5-L-2-5/TR				
SPX3819M5-L-3-0/TR				
SPX3819M5-L-3-3/TR				
SPX3819M5-L-5-0/TR				
SPX3819R2-L/TR			DFN-8	
SPX3819R2-L-1-2/TR				
SPX3819S-L/TR			NSOIC-8	
SPX3819S-L-5-0/TR				

NOTES:

1. Refer to www.maxlinear.com/SPX3819 for most up-to-date Ordering Information
2. Visit www.maxlinear.com for additional information on Environmental Rating.



SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

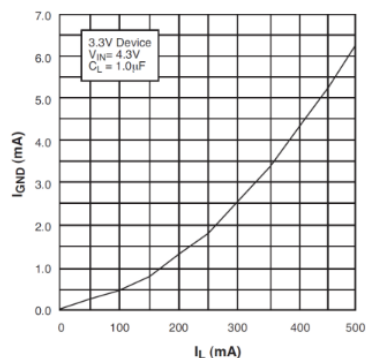


Fig. 3: Ground Current vs Load Current

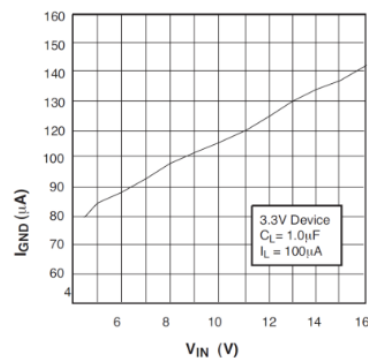


Fig. 4: Ground Current vs Input Voltage

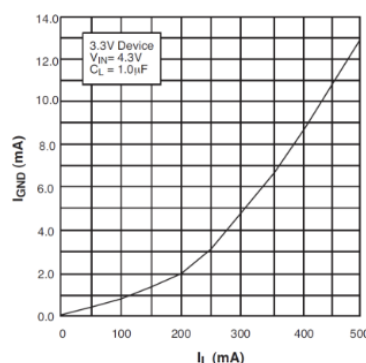


Fig. 5: Ground Current vs Load Current in Dropout

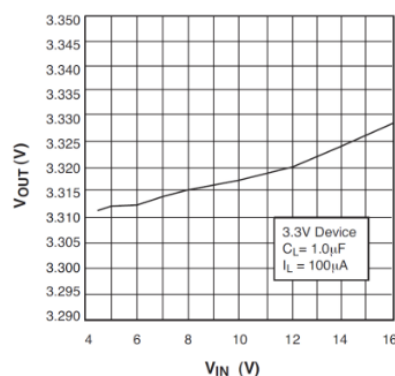


Fig. 6: Output Voltage vs Input Voltage

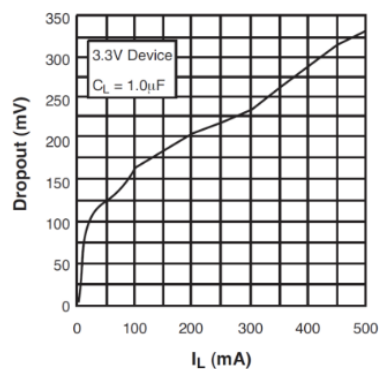


Fig. 7: Dropout Voltage vs Load Current

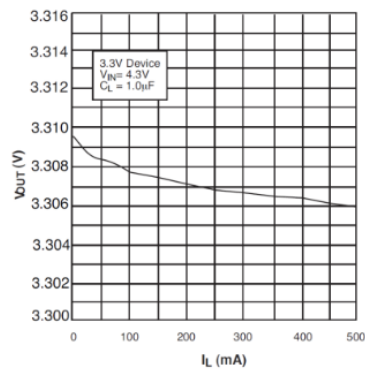


Fig. 8: Output Voltage vs Load Current



SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

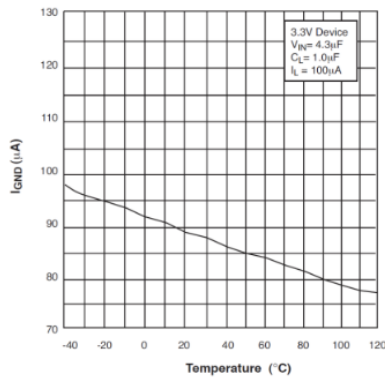


Fig. 9 Ground Current vs Temperature with 100 μA Load

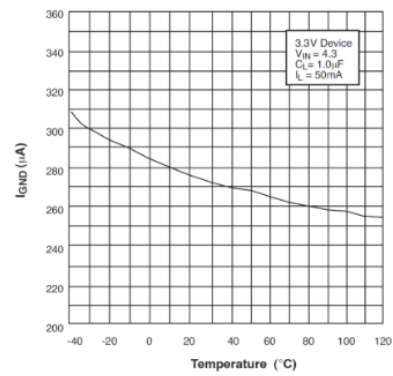


Fig. 10 Ground Current vs Temperature with 50mA Load

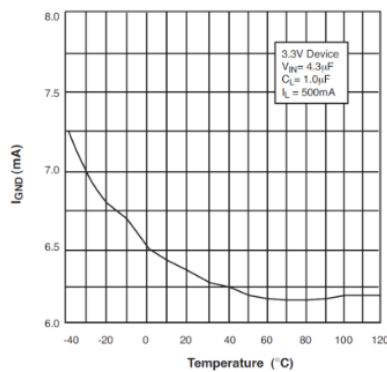


Fig. 11 Ground Current vs Temperature with 500mA Load

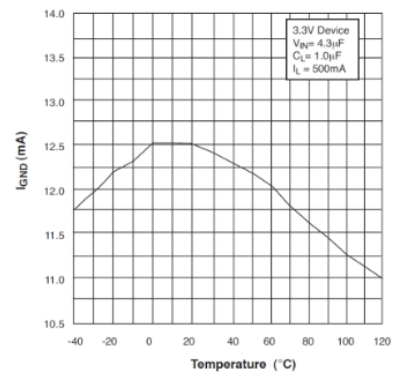


Fig. 12 Ground Current vs Temperature in Dropout

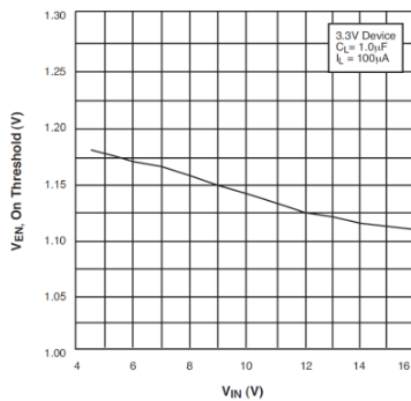


Fig. 13 ENABLE Voltage, ON threshold, vs Input Voltage

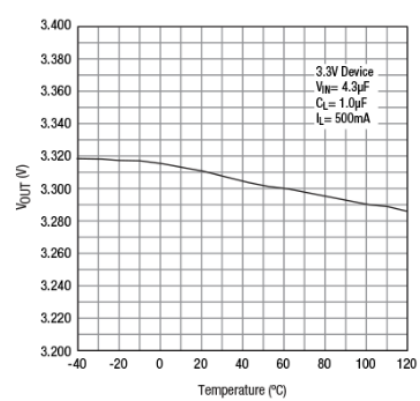


Fig. 14 Output Voltage vs Temperature



SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

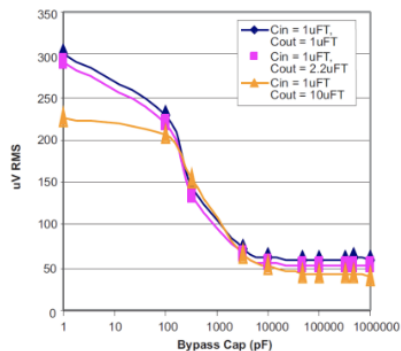


Fig. 15 Output Noise vs Bypass Capacitor Value $I_L = 10\text{mA}$,
10Hz - 100kHz

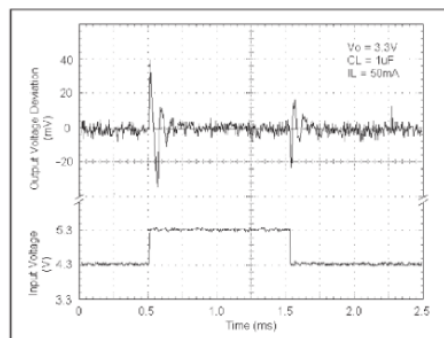


Fig. 16 Line Transient Response for 3.3V Device

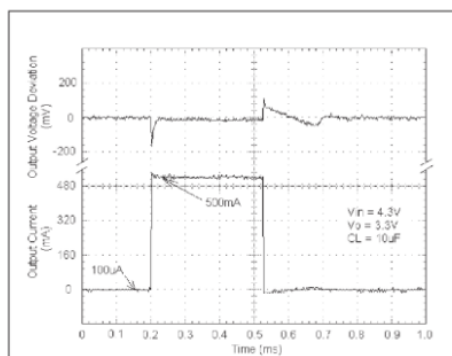


Fig. 17 Load Transient Response for 3.3V Device

APPLICATION INFORMATION

The SPX3819 requires an output capacitor for device stability. Its value depends upon the application circuit. In general, linear regulator stability decreases with higher output currents. In applications where the SPX3819 is sourcing less current, a lower output capacitance may be sufficient. For example, a regulator outputting only 10mA, requires approximately half the capacitance as the same regulator sourcing 150mA.

Bench testing is the best method for determining the proper type and value of the capacitor since the high frequency characteristics of electrolytic capacitors vary widely, depending on type and manufacturer. A high quality 2.2μF aluminum electrolytic

capacitor works in most application circuits, but the same stability often can be obtained with a 1μF tantalum electrolytic.

With the SPX3819 adjustable version, the minimum value of output capacitance is a function of the output voltage. The value decreases with higher output voltages, since closed loop gain is increased.

TYPICAL APPLICATIONS CIRCUITS

For fixed voltage options only. A 10nF capacitor on the BYP pin will significantly reduce output noise, but it may be left unconnected if the output noise is not a major concern. The SPX3819 start-up speed is inversely proportional to the size of the BYP capacitor.



SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

Applications requiring a slow rampup of the output voltage should use a larger CBYP. However, if a rapid turn-on is necessary, the BYP capacitor can be omitted.

The SPX3819's internal reference is available through the BYP pin.

Figure 18 represents a SPX3819 standard application circuit. The EN (enable) pin is pulled high (>2.0V) to enable the regulator. To disable the regulator, EN < 0.4V.

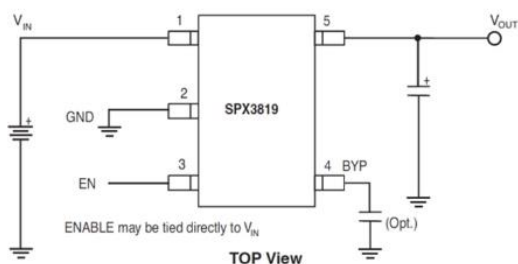


Fig. 18: Standard Application Circuit

The SPX3819 in Figure 19 illustrates a typical adjustable output voltage configuration. Two resistors (R1 and R2) set the output voltage. The output voltage is calculated using the formula:

$$V_{OUT} = 1.235V \times [1 + R1/R2]$$

R2 must be >10kΩ and for best results, R2 should be between 22kΩ and 47kΩ.

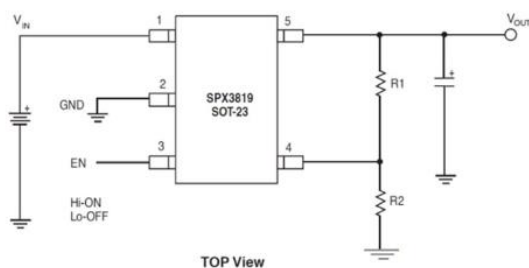


Fig. 19: Typical Adjustable Output Voltage Configuration



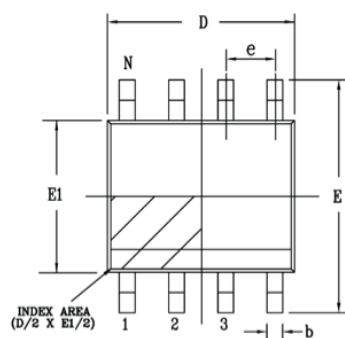
SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

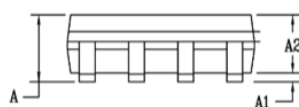
MECHANICAL DIMENSIONS

8-PIN SOICN

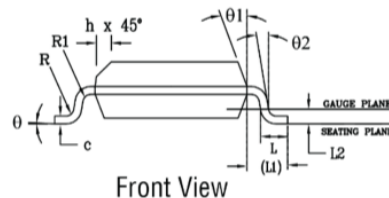
Top View



Side View



Front View



PACKAGE OUTLINE NSOIC .150" BODY JEDEC MS-012 VARIATION AA						
SYMBOLS	COMMON DIMENSIONS IN MM (Control Unit)			COMMON DIMENSIONS IN INCH (Reference Unit)		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	1.35	—	1.75	0.053	—	0.069
A1	0.10	—	0.25	0.004	—	0.010
A2	1.25	—	1.65	0.049	—	0.065
b	0.31	—	0.51	0.012	—	0.020
c	0.17	—	0.25	0.007	—	0.010
E	6.00 BSC			0.236 BSC		
E1	3.90 BSC			0.154 BSC		
e	1.27 BSC			0.050 BSC		
h	0.25	—	0.50	0.010	—	0.020
L	0.40	—	1.27	0.016	—	0.050
L1	1.04 REF			0.041 REF		
L2	0.25 BSC			0.010 BSC		
R	0.07	—	—	0.003	—	—
R1	0.07	—	—	0.003	—	—
q	0°	—	8°	0°	—	8°
q1	5°	—	15°	5°	—	15°
q2	0°	—	—	0°	—	—
D	4.90 BSC			0.193 BSC		
N	8			8		

Drawing No: POD-00000108
Revision: A

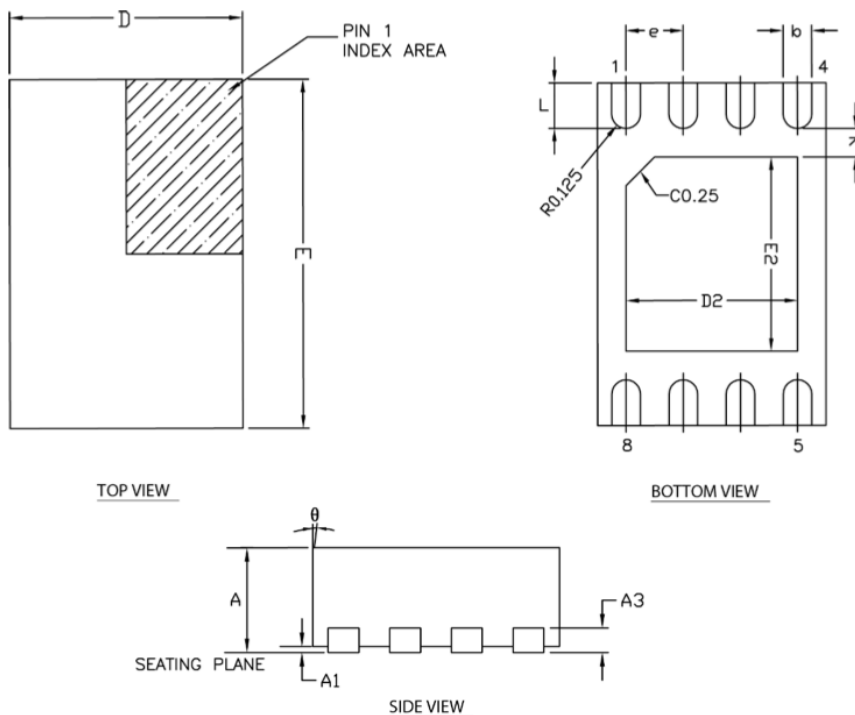


SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

MECHANICAL DIMENSIONS (CONTINUED)

8-PIN 2x3 DFN



DIM SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	0.80	0.90	1.00
A1	0.00	0.02	0.05
A3	0.20 REF		
b	0.18	0.25	0.30
D	2.00 BSC		
E	3.00 BSC		
e	0.50 BSC		
D2	1.50	—	1.75
E2	1.60	—	1.90
K	0.20	—	—
L	0.30	0.40	0.50
θ	0	—	14
N	8		

TERMINAL DETAILS

- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS, ANGLES ARE IN DEGREES.
- DIMENSIONS AND TOLERANCE PER JEDEC MO-229.

Drawing No.: POD-000000132

Revision: A

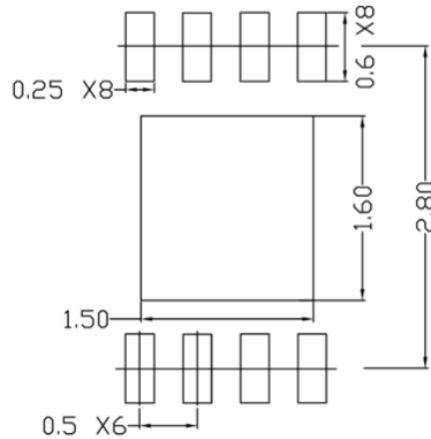


SPX3819

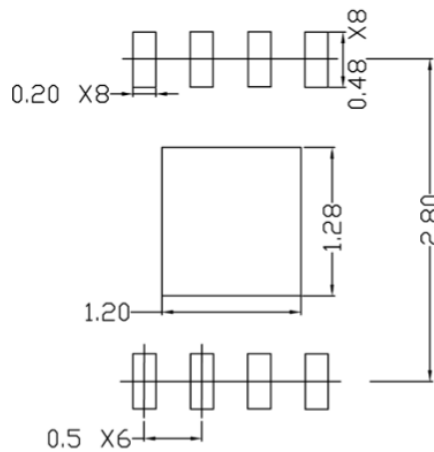
500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

RECOMMENDED LAND PATTERN AND STENCIL

8-PIN 2x3 DFN



TYPICAL RECOMMENDED LAND PATTERN



TYPICAL RECOMMENDED STENCIL

Drawing No.: POD-000000132

Revision: A

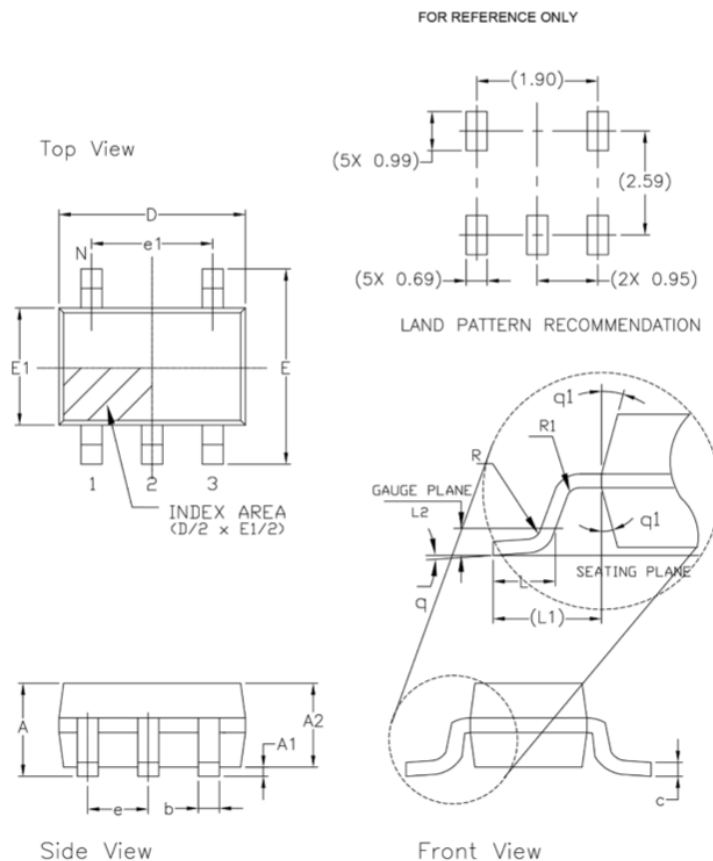


SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

MECHANICAL DIMENSIONS (CONTINUED)

5-PIN SOT-23



5 Pin SOT-23 JEDEC MO-178 Variation AA						
SYMBOLS	DIMENSIONS IN MM (Control Unit)			DIMENSIONS IN INCH (Reference Unit)		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.45	—	—	0.057
A1	0.00	—	0.15	0.000	—	0.006
A2	0.90	1.15	1.30	0.036	0.045	0.051
b	0.30	—	0.50	0.012	—	0.020
c	0.08	—	0.22	0.003	—	0.009
D	2.90 BSC			0.115 BSC		
E	2.80 BSC			0.111 BSC		
E1	1.60 BSC			0.063 BSC		
e	0.95 BSC			0.038 BSC		
e1	1.90 BSC			0.075 BSC		
L	0.30	0.45	0.60	0.012	0.018	0.024
L1	0.60 REF			0.024 REF		
L2	0.25 BSC			0.010 BSC		
R	0.10	—	—	0.004	—	—
R1	0.10	—	0.25	0.004	—	0.010
q	0°	4°	8°	0°	4°	8°
q1	5°	10°	15°	5°	10°	15°
N	5			5		

Drawing No: P00-00000025
Revision: B



SPX3819

500mA Low-Noise LDO Voltage Regulator

REVISION HISTORY

Revision	Date	Description
2.0.0	08/23/12	Reformat of Datasheet Addition of SPX3819R2-L and SPX3819R2-L/TR part numbers
2.0.1	12/02/13	Added Storage Temperature Range and Junction Temperature in ABS MAX Ratings.
2.0.2	05/20/14	Updated package drawings and corrected DFN-8 package marking information [ECN 1423-03 6/3/14]
2.0.3	08/31/16	Updated logo and Ordering Information table.
2.0.4	07/19/18	Update to MaxLinear logo. Updated format and Ordering Information. Clarified ADJ and BYP pin. Correct y-axis on Figure 14. Updated ESD rating.
2.0.5	12/05/19	Corrected table alignment on last 5 specs of the Electrical Specifications table.



CORPORATE HEADQUARTERS:

5966 La Place Court
Suite 100
Carlsbad, CA 92008
Tel.: +1 (760) 692-0711
Fax: +1 (760) 444-8598
www.maxlinear.com

The content of this document is furnished for informational use only, is subject to change without notice, and should not be construed as a commitment by Maxlinear, Inc. Maxlinear, Inc. Assumes no responsibility or liability for any errors or inaccuracies that may appear in the informational content contained in this guide. Complying with all applicable copyright laws is the responsibility of the user. Without limiting the rights under copyright, no part of this document may be reproduced into, stored in, or introduced into a retrieval system, or transmitted in any form or by any means (electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise), or for any purpose, without the express written permission of Maxlinear, Inc.

Maxlinear, Inc. Does not recommend the use of any of its products in life support applications where the failure or malfunction of the product can reasonably be expected to cause failure of the life support system or to significantly affect its safety or effectiveness. Products are not authorized for use in such applications unless Maxlinear, Inc. Receives, in writing, assurances to its satisfaction that: (a) the risk of injury or damage has been minimized; (b) the user assumes all such risks; (c) potential liability of Maxlinear, Inc. Is adequately protected under the circumstances.

Maxlinear, Inc. May have patents, patent applications, trademarks, copyrights, or other intellectual property rights covering subject matter in this document. Except as expressly provided in any written license agreement from Maxlinear, Inc., the furnishing of this document does not give you any license to these patents, trademarks, copyrights, or other intellectual property.

Maxlinear, the Maxlinear logo, and any Maxlinear trademarks, MxL, Full-Spectrum Capture, FSC, G.now, AirPHY and the Maxlinear logo are all on the products sold, are all trademarks of Maxlinear, Inc. or one of Maxlinear's subsidiaries in the U.S.A. and other countries. All rights reserved. Other company trademarks and product names appearing herein are the property of their respective owners.

© 2012 - 2019 Maxlinear, Inc. All rights reserved.



MCP73831/2

Miniature Single-Cell, Fully Integrated Li-Ion, Li-Polymer Charge Management Controllers

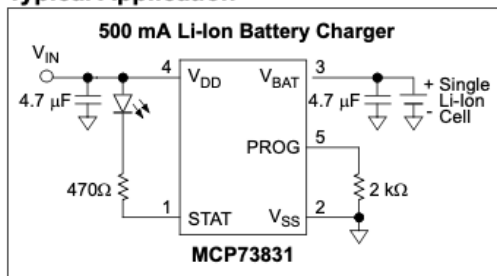
Features:

- Linear Charge Management Controller:
 - Integrated Pass Transistor
 - Integrated Current Sense
 - Reverse Discharge Protection
- High Accuracy Preset Voltage Regulation: $\pm 0.75\%$
- Four Voltage Regulation Options:
 - 4.20V, 4.35V, 4.40V, 4.50V
- Programmable Charge Current: 15 mA to 500 mA
- Selectable Preconditioning:
 - 10%, 20%, 40%, or Disable
- Selectable End-of-Charge Control:
 - 5%, 7.5%, 10%, or 20%
- Charge Status Output
 - Tri-State Output - MCP73831
 - Open-Drain Output - MCP73832
- Automatic Power-Down
- Thermal Regulation
- Temperature Range: -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
- Packaging:
 - 8-Lead, 2 mm x 3 mm DFN
 - 5-Lead, SOT-23

Applications:

- Lithium-Ion/Lithium-Polymer Battery Chargers
- Personal Data Assistants
- Cellular Telephones
- Digital Cameras
- MP3 Players
- Bluetooth Headsets
- USB Chargers

Typical Application



Description:

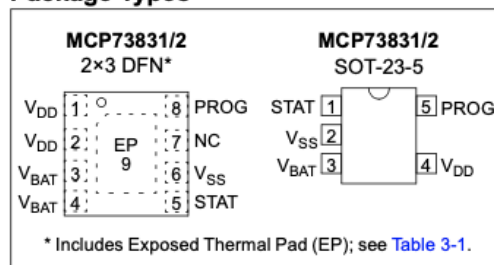
The MCP73831/2 devices are highly advanced linear charge management controllers for use in space-limited, cost-sensitive applications. The MCP73831/2 are available in an 8-Lead, 2 mm x 3 mm DFN package or a 5-Lead, SOT-23 package. Along with their small physical size, the low number of external components required make the MCP73831/2 ideally suited for portable applications. For applications charging from a USB port, the MCP73831/2 adhere to all the specifications governing the USB power bus.

The MCP73831/2 employ a constant-current/constant-voltage charge algorithm with selectable preconditioning and charge termination. The constant voltage regulation is fixed with four available options: 4.20V, 4.35V, 4.40V or 4.50V, to accommodate new, emerging battery charging requirements. The constant current value is set with one external resistor. The MCP73831/2 devices limit the charge current based on die temperature during high power or high ambient conditions. This thermal regulation optimizes the charge cycle time while maintaining device reliability.

Several options are available for the preconditioning threshold, preconditioning current value, charge termination value and automatic recharge threshold. The preconditioning value and charge termination value are set as a ratio or percentage of the programmed constant current value. Preconditioning can be disabled. Refer to [Section 1.0 "Electrical Characteristics"](#) for available options and the [Product Identification System](#) for standard options.

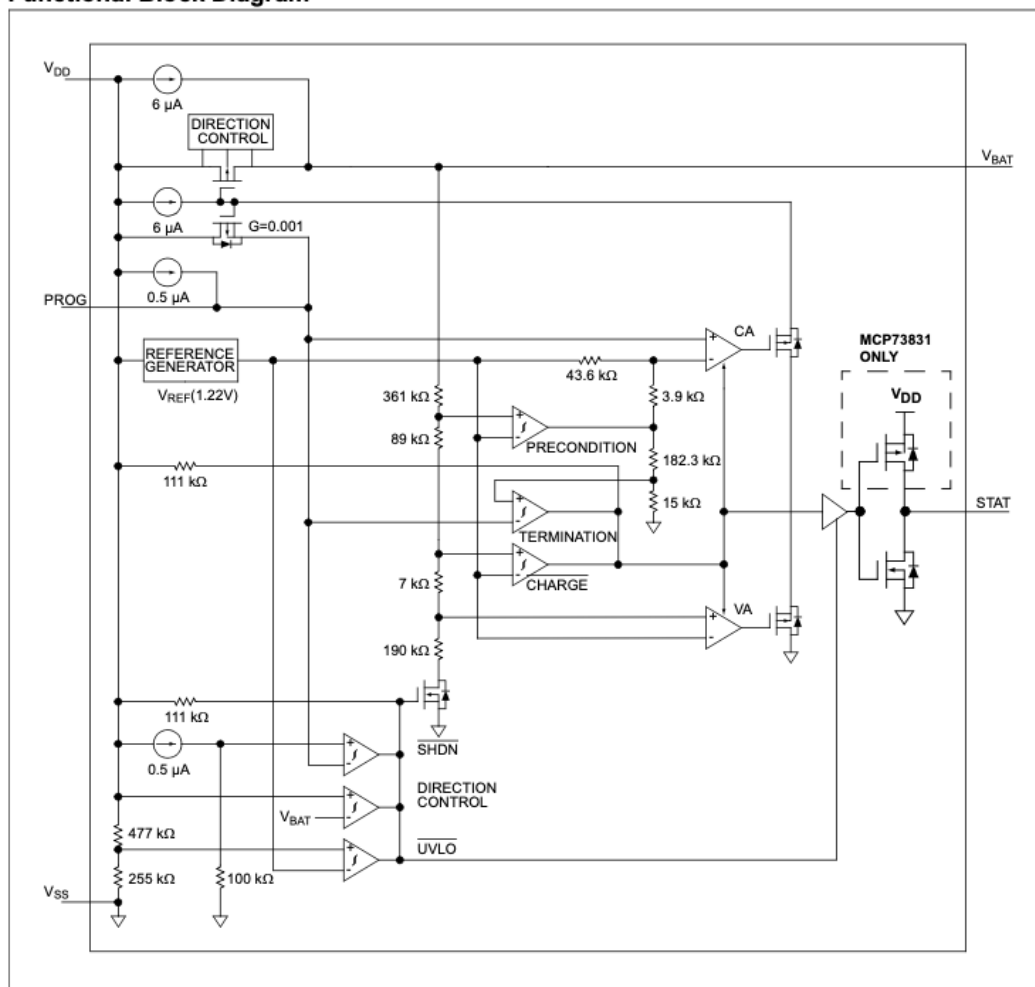
The MCP73831/2 devices are fully specified over the ambient temperature range of -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$.

Package Types



MCP73831/2

Functional Block Diagram



MCP73831/2

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings†

V_{DD} 7.0V
All Inputs and Outputs w.r.t. V_{SS} -0.3 to ($V_{DD}+0.3$)V
Maximum Junction Temperature, T_J Internally Limited
Storage temperature -65°C to +150°C
ESD protection on all pins:
Human Body Model (1.5 k Ω in Series with 100 pF) ≥ 4 kV
Machine Model (200 pF, No Series Resistance) 400V

† **Notice:** Stresses above those listed under "Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, all limits apply for V _{DD} = [V _{REG} (typical) + 0.3V] to 6V, T _A = -40°C to +85°C. Typical values are at +25°C, V _{DD} = [V _{REG} (typical) + 1.0V]						
Parameters	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Supply Input						
Supply Voltage	V _{DD}	3.75	—	6	V	
Supply Current	I _{SS}	—	510	1500	μA	Charging
		—	53	200	μA	Charge Complete, No Battery
		—	25	50	μA	PROG Floating
		—	1	5	μA	V _{DD} ≤ (V _{BAT} - 50 mV)
		—	0.1	2	μA	V _{DD} < V _{STOP}
UVLO Start Threshold	V _{START}	3.3	3.45	3.6	V	V _{DD} Low-to-High
UVLO Stop Threshold	V _{STOP}	3.2	3.38	3.5	V	V _{DD} High-to-Low
UVLO Hysteresis	V _{HYS}	—	70	—	mV	
Voltage Regulation (Constant-Voltage Mode)						
Regulated Output Voltage	V _{REG}	4.168	4.20	4.232	V	MCP7383X-2
		4.317	4.35	4.383	V	MCP7383X-3
		4.367	4.40	4.433	V	MCP7383X-4
		4.466	4.50	4.534	V	MCP7383X-5
						V _{DD} = [V _{REG} (typical)+1V] I _{OUT} = 10 mA T _A = -5°C to +55°C
Line Regulation	(ΔV _{BAT} /V _{BAT}) / (ΔV _{DD})	—	0.09	0.30	%/V	V _{DD} = [V _{REG} (typical)+1V] to 6V, I _{OUT} = 10 mA
Load Regulation	ΔV _{BAT} / V _{BAT}	—	0.05	0.30	%	I _{OUT} = 10 mA to 50 mA V _{DD} = [V _{REG} (typical)+1V]
Supply Ripple Attenuation	PSRR	—	52	—	dB	I _{OUT} =10 mA, 10Hz to 1 kHz
		—	47	—	dB	I _{OUT} =10 mA, 10Hz to 10 kHz
		—	22	—	dB	I _{OUT} =10 mA, 10Hz to 1 MHz
Current Regulation (Fast Charge Constant-Current Mode)						
Fast Charge Current Regulation	I _{REG}	90	100	110	mA	PROG = 10 kΩ
		450	505	550	mA	PROG = 2.0 kΩ, Note 1
		12.5	14.5	16.5	mA	PROG = 67 kΩ
						T _A = -5°C to +55°C

Note 1: Not production tested. Ensured by design.

MCP73831/2

DC CHARACTERISTICS (CONTINUED)

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, all limits apply for $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 0.3V]$ to 6V, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$. Typical values are at $+25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1.0V]$

Parameters	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Preconditioning Current Regulation (Trickle Charge Constant-Current Mode)						
Precondition Current Ratio	I_{PREG} / I_{REG}	7.5	10	12.5	%	PROG = 2.0 k Ω to 10 k Ω
		15	20	25	%	PROG = 2.0 k Ω to 10 k Ω
		30	40	50	%	PROG = 2.0 k Ω to 10 k Ω
		—	100	—	%	No Preconditioning
						$T_A = -5^{\circ}\text{C}$ to $+55^{\circ}\text{C}$
Precondition Voltage Threshold Ratio	V_{PTH} / V_{REG}	64	66.5	69	%	V_{BAT} Low-to-High
		69	71.5	74	%	V_{BAT} Low-to-High
Precondition Hysteresis	V_{PHYS}	—	110	—	mV	V_{BAT} High-to-Low
Charge Termination						
Charge Termination Current Ratio	I_{TERM} / I_{REG}	3.75	5	6.25	%	PROG = 2.0 k Ω to 10 k Ω
		5.6	7.5	9.4	%	PROG = 2.0 k Ω to 10 k Ω
		8.5	10	11.5	%	PROG = 2.0 k Ω to 10 k Ω
		15	20	25	%	PROG = 2.0 k Ω to 10 k Ω
						$T_A = -5^{\circ}\text{C}$ to $+55^{\circ}\text{C}$
Automatic Recharge						
Recharge Voltage Threshold Ratio	V_{RTH} / V_{REG}	91.5	94.0	96.5	%	V_{BAT} High-to-Low
		94	96.5	99	%	V_{BAT} High-to-Low
Pass Transistor ON-Resistance						
ON-Resistance	$R_{DS(on)}$	—	350	—	m Ω	$V_{DD} = 3.75\text{V}$, $T_J = 105^{\circ}\text{C}$
Battery Detection						
Battery Detection Current	I_{BAT_DET}	—	6	—	μA	V_{BAT} Source Current
No-Battery-Present Threshold	V_{NO_BAT}	—	$V_{REG} + 100\text{ mV}$	—	V	V_{BAT} Voltage $\geq V_{NO_BAT}$ for No Battery condition
No-Battery-Present Impedance	Z_{NO_BAT}	2	—	—	M Ω	V_{BAT} Impedance $\geq Z_{NO_BAT}$ for No Battery condition, Note 1
Battery Discharge Current						
Output Reverse Leakage Current	$I_{DISCHARGE}$	—	0.15	2	μA	PROG Floating
		—	0.25	2	μA	V_{DD} Floating
		—	0.15	2	μA	$V_{DD} < V_{STOP}$
		—	-5.5	-15	μA	Charge Complete
Status Indicator – STAT						
Sink Current	I_{SINK}	—	—	25	mA	
Low Output Voltage	V_{OL}	—	0.4	1	V	$I_{SINK} = 4\text{ mA}$
Source Current	I_{SOURCE}	—	—	35	mA	
High Output Voltage	V_{OH}	—	$V_{DD}-0.4$	$V_{DD}-1$	V	$I_{SOURCE} = 4\text{ mA}$ (MCP73831)
Input Leakage Current	I_{LK}	—	0.03	1	μA	High-Impedance
PROG Input						
Charge Impedance Range	R_{PROG}	2	—	67	k Ω	
Minimum Shutdown Impedance	R_{PROG}	70	—	200	k Ω	
Automatic Power Down						
Automatic Power Down Entry Threshold	$V_{PDENTER}$	$V_{DD} < (V_{BAT} + 20\text{ mV})$	$V_{DD} < (V_{BAT} + 50\text{ mV})$	—		$3.5\text{V} \leq V_{BAT} \leq V_{REG}$ V_{DD} Falling

Note 1: Not production tested. Ensured by design.

MCP7363T

C CHARACTERISTICS (CONTINUED)

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, all limits apply for $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 0.3V]$ to 6V, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$. Typical values are at $+25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1.0V]$

Parameters	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Automatic Power Down Exit Threshold	V_{PDEXIT}	—	$V_{DD} < (V_{BAT} + 150\text{ mV})$	$V_{DD} < (V_{BAT} + 200\text{ mV})$		$3.5V \leq V_{BAT} \leq V_{REG}$ V_{DD} Rising

Thermal Shutdown

Shutdown Temperature	T_{SD}	—	150	—	$^\circ\text{C}$	
Shutdown Temperature Hysteresis	T_{SDHYS}	—	10	—	$^\circ\text{C}$	

Note 1: Not production tested. Ensured by design.

C CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, all limits apply for $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 0.3V]$ to 12V, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$. Typical values are at $+25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1.0V]$

Parameters	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
VLO Start Delay	t_{START}	—	—	5	ms	V_{DD} Low-to-High

Constant-Current Regulation

Transition Time Out of Preconditioning	t_{DELAY}	—	—	1	ms	$V_{BAT} < V_{PTH}$ to $V_{BAT} > V_{PTH}$
Current Rise Time Out of Preconditioning	t_{RISE}	—	—	1	ms	I_{OUT} Rising to 90% of I_{REG}
Termination Comparator Hysterisis	t_{TERM}	0.4	1.3	3.2	ms	Average I_{OUT} Falling
Charge Comparator Filter	t_{CHARGE}	0.4	1.3	3.2	ms	Average V_{BAT}

Status Indicator

Status Output turn-off	t_{OFF}	—	—	200	μs	$I_{SINK} = 1\text{ mA}$ to 0 mA
Status Output turn-on	t_{ON}	—	—	200	μs	$I_{SINK} = 0\text{ mA}$ to 1 mA

TEMPERATURE SPECIFICATIONS

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, all limits apply for $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 0.3V]$ to 12V. Typical values are at $+25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1.0V]$

Parameters	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
------------	------	------	------	------	-------	------------

Temperature Ranges

Specified Temperature Range	T_A	-40	—	+85	$^\circ\text{C}$	
Operating Temperature Range	T_J	-40	—	+125	$^\circ\text{C}$	
Storage Temperature Range	T_A	-65	—	+150	$^\circ\text{C}$	

Thermal Package Resistances

Lead, SOT-23	θ_{JA}	—	230	—	$^\circ\text{C/W}$	4-Layer JC51-7 Standard Board, Natural Convection (Note 2)
Lead, 2 mm x 3 mm, DFN	θ_{JA}	—	76	—	$^\circ\text{C/W}$	4-Layer JC51-7 Standard Board, Natural Convection (Note 1)

Note 1: This represents the minimum copper condition on the PCB (Printed Circuit Board).

Note 2: With large copper area on the PCB, the SOT-23-5 thermal resistance (θ_{JA}) can reach a typical value of 130°C/W or better.

MCP73831/2

2.0 TYPICAL PERFORMANCE CURVES

Note: The graphs and tables provided following this note are a statistical summary based on a limited number of samples and are provided for informational purposes only. The performance characteristics listed herein are not tested or guaranteed. In some graphs or tables, the data presented may be outside the specified operating range (e.g., outside specified power supply range) and therefore outside the warranted range.

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1V]$, $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ and $T_A = +25^\circ\text{C}$, Constant-Voltage mode.

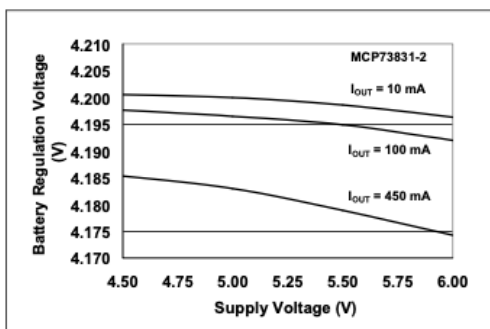


FIGURE 2-1: Battery Regulation Voltage (V_{BAT}) vs. Supply Voltage (V_{DD}).

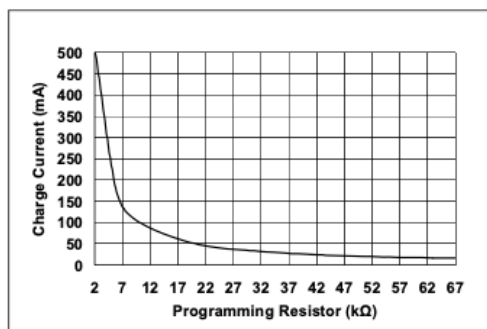


FIGURE 2-4: Charge Current (I_{OUT}) vs. Programming Resistor (R_{PROG}).

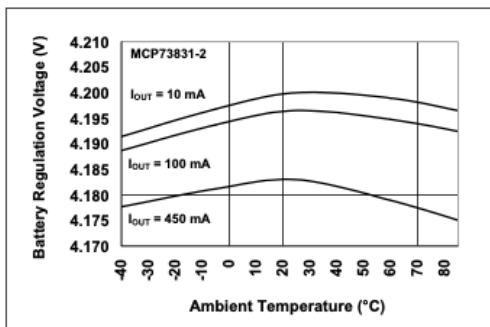


FIGURE 2-2: Battery Regulation Voltage (V_{BAT}) vs. Ambient Temperature (T_A).

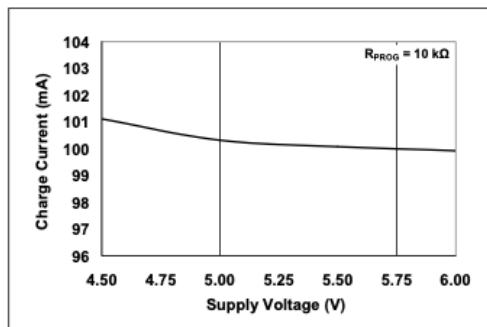


FIGURE 2-5: Charge Current (I_{OUT}) vs. Supply Voltage (V_{DD}).

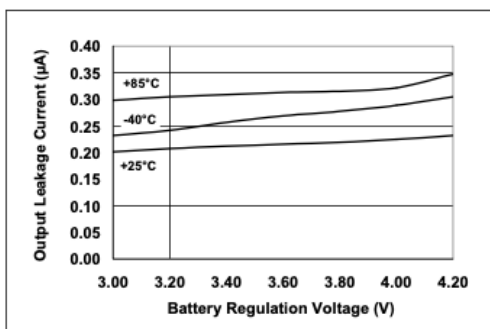


FIGURE 2-3: Output Leakage Current ($I_{DISCHARGE}$) vs. Battery Regulation Voltage (V_{BAT}).

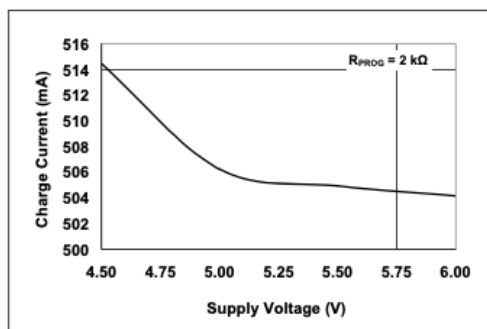


FIGURE 2-6: Charge Current (I_{OUT}) vs. Supply Voltage (V_{DD}).

MCP73831/2

TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONTINUED)

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1V]$, $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ and $T_A = +25^\circ\text{C}$, Constant-Voltage mode.

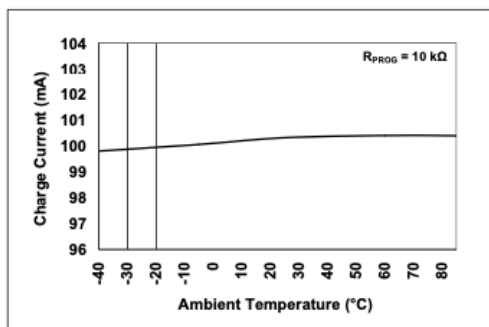


FIGURE 2-7: Charge Current (I_{OUT}) vs. Ambient Temperature (T_A).

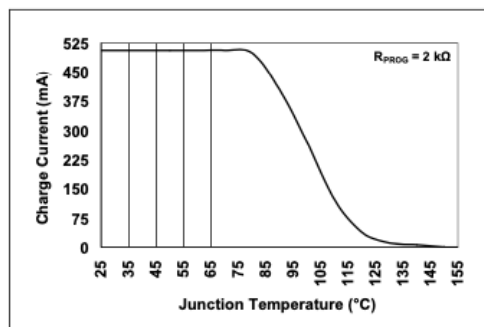


FIGURE 2-10: Charge Current (I_{OUT}) vs. Junction Temperature (T_J).

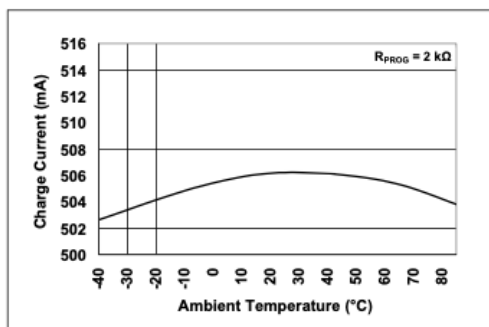


FIGURE 2-8: Charge Current (I_{OUT}) vs. Ambient Temperature (T_A).

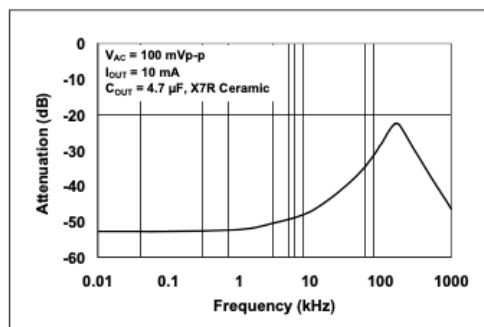


FIGURE 2-11: Power Supply Ripple Rejection (PSRR).

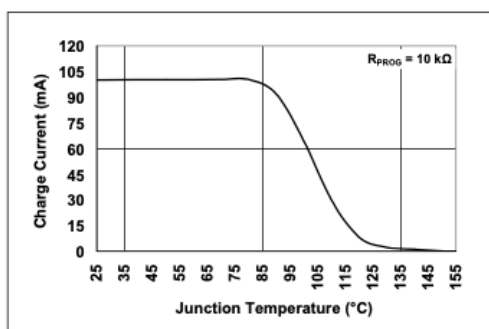


FIGURE 2-9: Charge Current (I_{OUT}) vs. Junction Temperature (T_J).

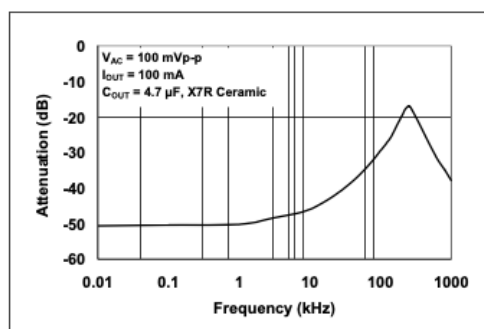


FIGURE 2-12: Power Supply Ripple Rejection (PSRR).

MCP73831/2

TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONTINUED)

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1V]$, $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ and $T_A = +25^\circ\text{C}$, Constant-Voltage mode.

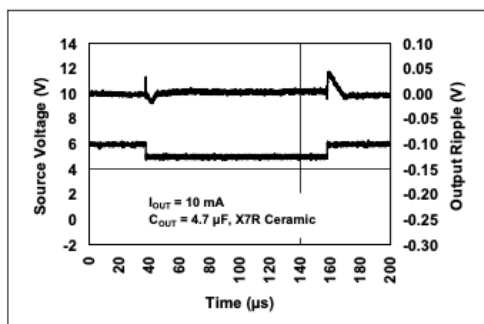


FIGURE 2-13: Line Transient Response.

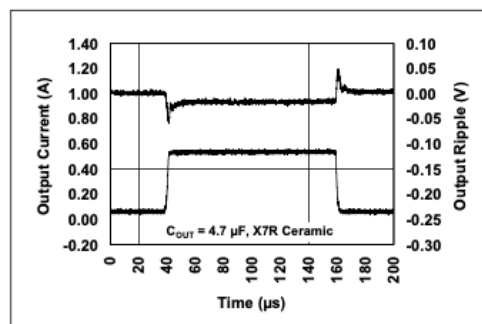


FIGURE 2-16: Load Transient Response.

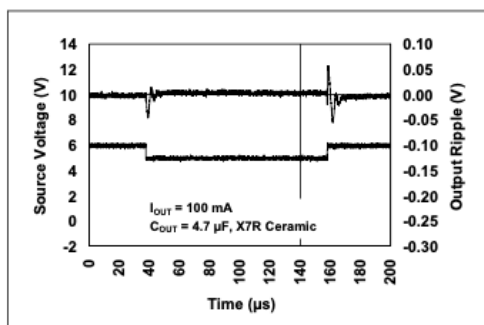


FIGURE 2-14: Line Transient Response.

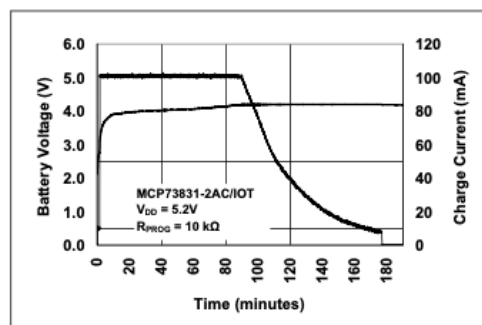


FIGURE 2-17: Complete Charge Cycle (180 mAh Li-Ion Battery).

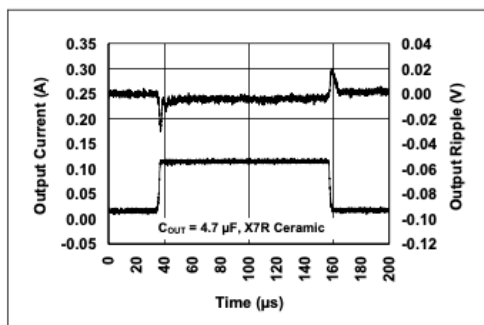


FIGURE 2-15: Load Transient Response.

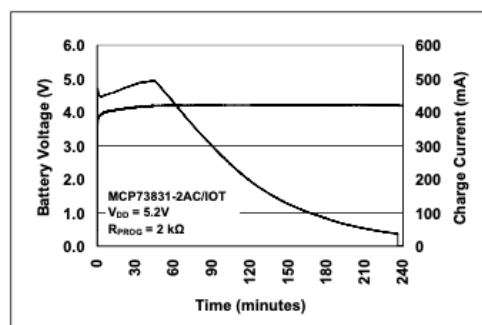


FIGURE 2-18: Complete Charge Cycle (1000 mAh Li-Ion Battery).

MCP73831

PIN DESCRIPTION

descriptions of the pins are listed in [Table 3-1](#).

TABLE 3-1: PIN FUNCTION TABLES

Pin No.		Symbol	Function
DFN	SOT-23-5		
1	4	V_{DD}	Battery Management Input Supply
2	—	V_{DD}	Battery Management Input Supply
3	3	V_{BAT}	Battery Charge Control Output
4	—	V_{BAT}	Battery Charge Control Output
5	1	STAT	Charge Status Output
6	2	V_{SS}	Battery Management 0V Reference
7	—	NC	No Connection
8	5	PROG	Current Regulation Set and Charge Control Enable
9	—	EP	Exposed Thermal Pad (EP); must be connected to V_{SS} .

Battery Management Input Supply (V_{DD})

Apply voltage of [V_{REG} (typical) + 0.3V] to 6V is recommended. Bypass to V_{SS} with a minimum of μF .

Battery Charge Control Output (V_{BAT})

Connect to positive terminal of battery. Drain terminal internal P-channel MOSFET pass transistor. Bypass V_{SS} with a minimum of 4.7 μF to ensure loop stability when the battery is disconnected.

Charge Status Output (STAT)

STAT is an output for connection to an LED for charge status indication. Alternatively, a pull-up resistor can be used for interfacing to a host microcontroller.

STAT is a tri-state logic output on the MCP73831 and open-drain output on the MCP73832.

3.4 Battery Management 0V Reference (V_{SS})

Connect to negative terminal of battery and input supply.

3.5 Current Regulation Set (PROG)

Preconditioning, fast charge and termination current are scaled by placing a resistor from PROG to V_{SS} .

The charge management controller can be disabled by allowing the PROG input to float.

3.6 Exposed Thermal Pad (EP)

An internal electrical connection exists between the Exposed Thermal Pad (EP) and the V_{SS} pin. They must be connected to the same potential on the Printed Circuit Board (PCB).

For better thermal performance, it is recommended to add vias from the land area of EP to a copper layer on the other side of the PCB.

0 DEVICE OVERVIEW

The MCP73831/2 are highly advanced linear charge management controllers. Figure 4-1 depicts the operational flow algorithm from charge initiation to completion and automatic recharge.

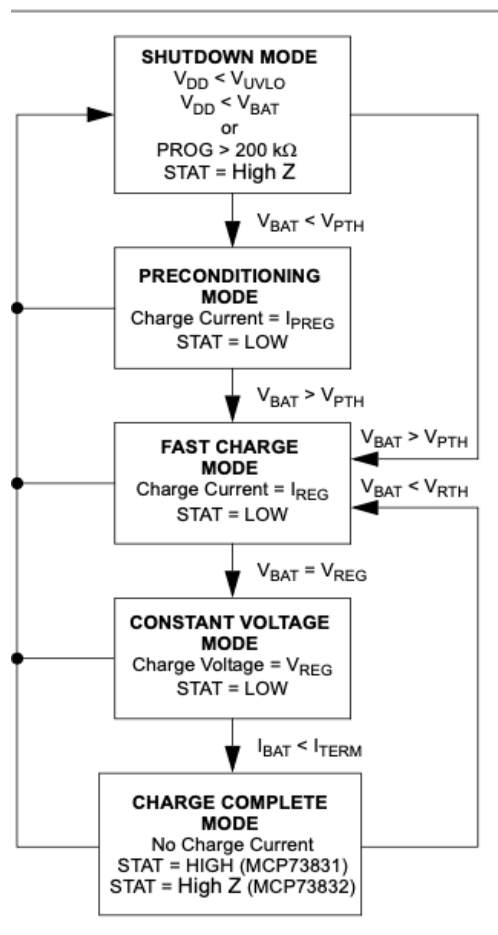


FIGURE 4-1: Flowchart.

1 Undervoltage Lockout (UVLO)

The internal UVLO circuit monitors the input voltage and keeps the charger in Shutdown mode until the input supply rises above the UVLO threshold. The UVLO circuitry has a built-in hysteresis of 100 mV.

When the event a battery is present when the input power is applied, the input supply must rise to a level 150 mV above the battery voltage before the MCP73831/2 become operational.

The UVLO circuit places the device in Shutdown mode if the input supply falls to within +50 mV of the battery voltage. Again, the input supply must rise to a level 150 mV above the battery voltage before the MCP73831/2 become operational.

The UVLO circuit is always active. Whenever the input supply is below the UVLO threshold or within +50 mV of the voltage at the V_{BAT} pin, the MCP73831/2 are placed in Shutdown mode.

During any UVLO condition, the battery reverse discharge current is less than 2 μA.

4.2 Battery Detection

A 6 μA (typical) current is sourced by the V_{BAT} pin to determine if a battery is present or not. If the voltage at V_{BAT} rises to V_{REG} + 100 mV (typical), the device assumes that a battery is not present. If the voltage stays below V_{REG} + 100 mV (typical), the device assumes that a battery is detected. In order to correctly detect a battery insertion, the impedance seen by the V_{BAT} pin before the battery is connected must be greater than 2 MΩ.

4.3 Charge Qualification

For a charge cycle to begin, all UVLO conditions must be met and a battery or output load must be present. The charge current programming resistor must be connected from PROG to V_{SS}. If the PROG pin is open or floating, the MCP73831/2 are disabled and the battery reverse discharge current is less than 2 μA. In this manner, the PROG pin acts as a charge enable and can be used as a manual shutdown.

4.4 Preconditioning

If the voltage at the V_{BAT} pin is less than the preconditioning threshold, the MCP73831/2 enter preconditioning or Trickle Charge mode. The preconditioning threshold is factory set. Refer to Section 1.0 "Electrical Characteristics" for preconditioning threshold options and the Product Identification System for standard options.

In this mode, the MCP73831/2 supply a percentage of the charge current (established with the value of the resistor connected to the PROG pin) to the battery. The percentage or ratio of the current is factory set. Refer to Section 1.0 "Electrical Characteristics" for preconditioning current options and the Product Identification System for standard options.

When the voltage at the V_{BAT} pin rises above the preconditioning threshold, the MCP73831/2 enter the Constant-Current or Fast Charge mode.

MCP73831/2

4.5 Fast Charge Constant-Current Mode

During the Constant-Current mode, the programmed charge current is supplied to the battery or load. The charge current is established using a single resistor from PROG to V_{SS} . Constant-Current mode is maintained until the voltage at the V_{BAT} pin reaches the regulation voltage, V_{REG} .

4.6 Constant-Voltage Mode

When the voltage at the V_{BAT} pin reaches the regulation voltage, V_{REG} , constant voltage regulation begins. The regulation voltage is factory set to 4.2V, 3.5V, 4.40V or 4.50V with a tolerance of $\pm 0.75\%$.

4.7 Charge Termination

The charge cycle is terminated when, during Constant-Voltage mode, the average charge current diminishes to a percentage of the programmed charge current (established with the value of the resistor connected to the PROG pin). A 1 ms filter time on the termination comparator ensures that transient load conditions do not result in premature charge cycle termination. The percentage or ratio of the current is factory set. Refer to [Section 1.0 "Electrical Characteristics"](#) for charge termination current options and the [Product Identification System](#) for standard options.

The charge current is latched off and the MCP73831/2 enters a Charge Complete mode.

4.8 Automatic Recharge

The MCP73831/2 continuously monitor the voltage at the V_{BAT} pin in the Charge Complete mode. If the voltage drops below the recharge threshold, another charge cycle begins and current is once again supplied to the battery or load. The recharge threshold is factory set. Refer to [Section 1.0 "Electrical Characteristics"](#) for recharge threshold options and the [Product Identification System](#) for standard options.

4.9 Thermal Regulation

The MCP73831/2 limit the charge current based on the die temperature. The thermal regulation optimizes the charge cycle time while maintaining device reliability. [Figure 4-2](#) depicts the thermal regulation for the MCP73831/2.

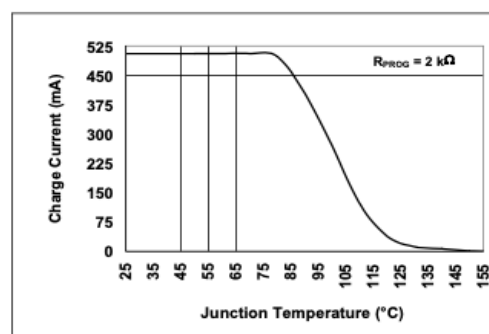


FIGURE 4-2: Thermal Regulation.

4.10 Thermal Shutdown

The MCP73831/2 suspend charge if the die temperature exceeds 150°C. Charging will resume when the die temperature has cooled by approximately 10°C.

DETAILED DESCRIPTION

Analog Circuitry

1 BATTERY MANAGEMENT INPUT SUPPLY (V_{DD})

V_{DD} pin is the input supply pin for the MCP73831/2 devices. The MCP73831/2 automatically enter a Power-Down mode if the voltage on the V_{DD} input falls below the UVLO voltage (V_{STOP}). This feature prevents draining the battery pack when the V_{DD} supply is not present.

2 CURRENT REGULATION SET (PROG)

The charge current regulation can be scaled by placing a programming resistor (R_{PROG}) from the PROG input to V_{SS} . The program resistor and the charge current are calculated using the following equation:

$$I_{REG} = \frac{1000V}{R_{PROG}}$$

where:

$$\begin{aligned} R_{PROG} &= \text{kOhms} \\ I_{REG} &= \text{milliampere} \end{aligned}$$

The preconditioning trickle charge current and the fast charge termination current are ratiometric to the fast charge current based on the selected device options.

3 BATTERY CHARGE CONTROL OUTPUT (V_{BAT})

The battery charge control output is the drain terminal of an internal P-channel MOSFET. The MCP73831/2 provide constant current and voltage regulation to the battery pack by controlling this MOSFET in the linear region. The battery charge control output should be connected to the positive terminal of the battery pack.

5.2 Digital Circuitry

5.2.1 STATUS INDICATOR (STAT)

The charge status output of the MCP73831 has three different states: High (H), Low (L), and High Impedance (High Z). The charge status output of the MCP73832 is open-drain. It has two different states: Low (L) and High-Impedance (High Z). The charge status output can be used to illuminate one, two or tri-color LEDs. Optionally, the charge status output can be used as an interface to a host microcontroller.

Table 5-1 summarizes the state of the status output during a charge cycle.

TABLE 5-1: STATUS OUTPUT

Charge Cycle State	STAT1	
	MCP73831	MCP73832
Shutdown	High Z	High Z
No Battery Present	High Z	High Z
Preconditioning	L	L
Constant-Current Fast Charge	L	L
Constant Voltage	L	L
Charge Complete – Standby	H	High Z

5.2.2 DEVICE DISABLE (PROG)

The current regulation set input pin (PROG) can be used to terminate a charge at any time during the charge cycle, as well as to initiate a charge cycle or initiate a recharge cycle.

Placing a programming resistor from the PROG input to V_{SS} enables the device. Allowing the PROG input to float or by applying a logic-high input signal, disables the device and terminates a charge cycle. When disabled, the device's supply current is reduced to 25 μA , typically.

MCP73831/2

6.0 APPLICATIONS

The MCP73831/2 are designed to operate in conjunction with a host microcontroller or in a stand-alone application. The MCP73831/2 provide the preferred charge algorithm for Lithium-Ion and Lithium-Polymer cells. The algorithm uses a constant current

followed by a constant voltage charging method. Figure 6-1 depicts a typical stand-alone application circuit, while Figure 6-2 and Figure 6-3 depict the accompanying charge profile.

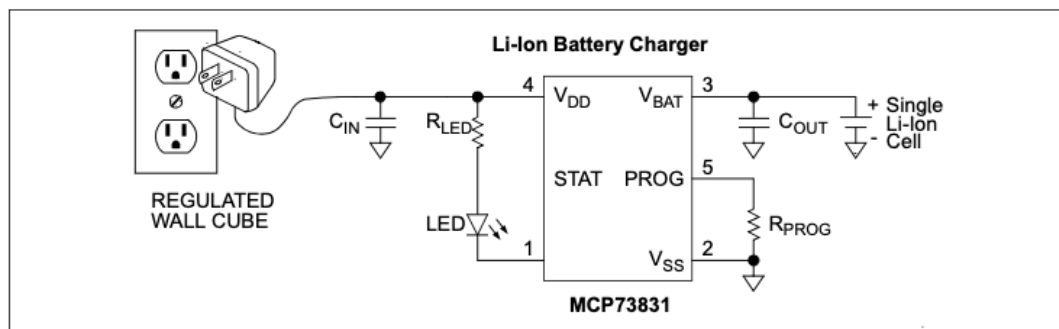


FIGURE 6-1: Typical Application Circuit.

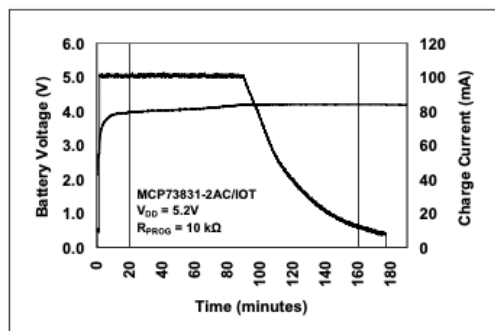


FIGURE 6-2: Typical Charge Profile (180 mAh Battery).

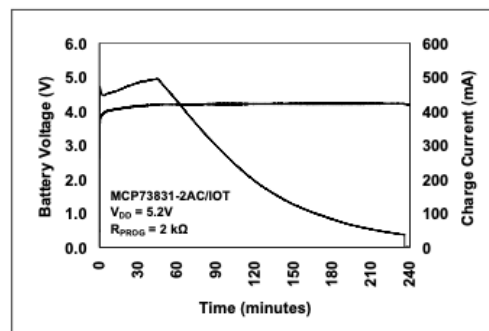


FIGURE 6-3: Typical Charge Profile in Thermal Regulation (1000 mAh Battery).

6.1 Application Circuit Design

Due to the low efficiency of linear charging, the most important factors are thermal design and cost, which are a direct function of the input voltage, output current and thermal impedance between the battery charger and the ambient cooling air. The worst-case situation is when the device has transitioned from the Preconditioning mode to the Constant-Current mode. In this situation, the battery charger has to dissipate the maximum power. A trade-off must be made between the charge current, cost and thermal requirements of the charger.

6.1.1 COMPONENT SELECTION

Selection of the external components in Figure 6-1 is crucial to the integrity and reliability of the charging system. The following discussion is intended as a guide for the component selection process.

6.1.1.1 Current Programming Resistor (R_{PROG})

The preferred fast charge current for Lithium-Ion cells is at the 1C rate, with an absolute maximum current at the 2C rate. For example, a 500 mAh battery pack has a preferred fast charge current of 500 mA. Charging at this rate provides the shortest charge cycle times without degradation to the battery pack performance or life.

MCP73831/2

6.1.1.2 Input Overvoltage Protection (IOVP)

Input overvoltage protection must be used when the input power source is hot-pluggable. This includes USB cables and Wall-type power supplies. The cabling of these supplies acts as an inductor. When the supplies are connected/disconnected from the system, large voltage transients are created which may damage the system circuitry. These transients should be snubbed out. A transzorb connected from the V+ input supply connector to the 0V ground reference will snub the transients.

6.1.1.3 Thermal Considerations

The worst-case power dissipation in the battery charger occurs when the input voltage is at the maximum and the device has transitioned from the Preconditioning mode to the Constant-Current mode. In this case, the power dissipation is:

$$PowerDissipation = (V_{DDMAX} - V_{PTHMIN}) \times I_{REGMAX}$$

Where:

- V_{DDMAX} = the maximum input voltage
- I_{REGMAX} = the maximum fast charge current
- V_{PTHMIN} = the minimum transition threshold voltage

Power dissipation with a 5V, $\pm 10\%$ input voltage source is:

$$PowerDissipation = (5.5V - 2.7V) \times 550mA = 1.54W$$

This power dissipation with the battery charger in the SOT-23-5 package will cause thermal regulation to be entered as depicted in Figure 6-3. Alternatively, the 2mm x 3mm DFN package could be utilized to reduce charge cycle times.

6.1.1.4 External Capacitors

The MCP73831/2 are stable with or without a battery load. In order to maintain good AC stability in the Constant-Voltage mode, a minimum capacitance of 4.7 μF is recommended to bypass the V_{BAT} pin to V_{SS}. This capacitance provides compensation when there is no battery load. In addition, the battery and interconnections appear inductive at high frequencies. These elements are in the control feedback loop during Constant-Voltage mode. Therefore, the bypass capacitance may be necessary to compensate for the inductive nature of the battery pack.

Virtually any good quality output filter capacitor can be used, independent of the capacitor's minimum Effective Series Resistance (ESR) value. The actual value of the capacitor (and its associated ESR) depends on the output load current. A 4.7 μF ceramic, tantalum or aluminum electrolytic capacitor at the output is usually sufficient to ensure stability for output currents up to a 500 mA.

6.1.1.5 Reverse-Blocking Protection

The MCP73831/2 provide protection from a faulted or shorted input. Without the protection, a faulted or shorted input would discharge the battery pack through the body diode of the internal pass transistor.

6.1.1.6 Charge Inhibit

The current regulation set input pin (PROG) can be used to terminate a charge at any time during the charge cycle, as well as to initiate a charge cycle or initiate a recharge cycle.

Placing a programming resistor from the PROG input to V_{SS} enables the device. Allowing the PROG input to float or by applying a logic-high input signal, disables the device and terminates a charge cycle. When disabled, the device's supply current is reduced to 25 μA , typically.

6.1.1.7 Charge Status Interface

A status output provides information on the state of charge. The output can be used to illuminate external LEDs or interface to a host microcontroller. Refer to Table 5-1 for a summary of the state of the status output during a charge cycle.

6.2 PCB Layout Issues

For optimum voltage regulation, place the battery pack as close as possible to the device's V_{BAT} and V_{SS} pins. This is recommended to minimize voltage drops along the high current-carrying PCB traces.

If the PCB layout is used as a heat sink, adding many vias in the heat sink pad can help conduct more heat to the PCB backplane, thus reducing the maximum junction temperature. Figure 6-4 and Figure 6-5 depict a typical layout with PCB heatsinking.

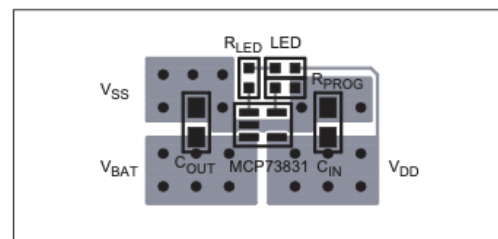


FIGURE 6-4: Typical Layout (Top).

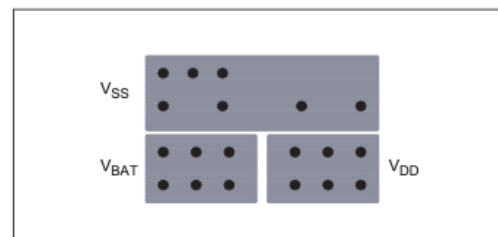


FIGURE 6-5: Typical Layout (Bottom).

MCP73831/2

7.0 PACKAGING INFORMATION

7.1 Package Marking Information

8-Lead DFN (2x3x0.9 mm)

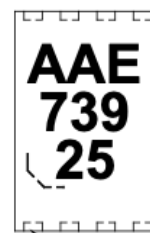


PIN 1

Device	Code
MCP73831T-2ACI/MC	AAE
MCP73831T-2ATI/MC	AAF
MCP73831T-2DCI/MC	AAG
MCP73831T-3ACI/MC	AAH
MCP73831T-4ADI/MC	AAJ
MCP73831T-5ACI/MC	AAK
MCP73832T-2ACI/MC	AAL
MCP73832T-2ATI/MC	AAM
MCP73832T-2DCI/MC	AAP
MCP73832T-3ACI/MC	AAQ
MCP73832T-4ADI/MC	AAR
MCP73832T-5ACI/MC	AAS

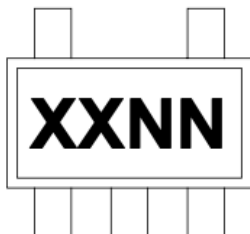
Note: Applies to 8-Lead DFN

Example



PIN 1

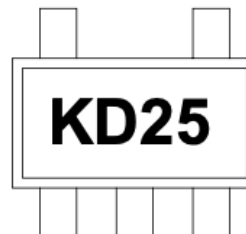
5-Lead SOT-23



Device	Code
MCP73831T-2ACI/OT	KDNN
MCP73831T-2ATI/OT	KENN
MCP73831T-2DCI/OT	KFNN
MCP73831T-3ACI/OT	KGNN
MCP73831T-4ADI/OT	KHNN
MCP73831T-5ACI/OT	KJNN
MCP73832T-2ACI/OT	KKNN
MCP73832T-2ATI/OT	KLNN
MCP73832T-2DCI/OT	KMNN
MCP73832T-3ACI/OT	KPNN
MCP73832T-4ADI/OT	KQNN
MCP73832T-5ACI/OT	KRNN
MCP73832T-2DFI/OT	LUNN

Note: Applies to 5-Lead SOT-23

Example



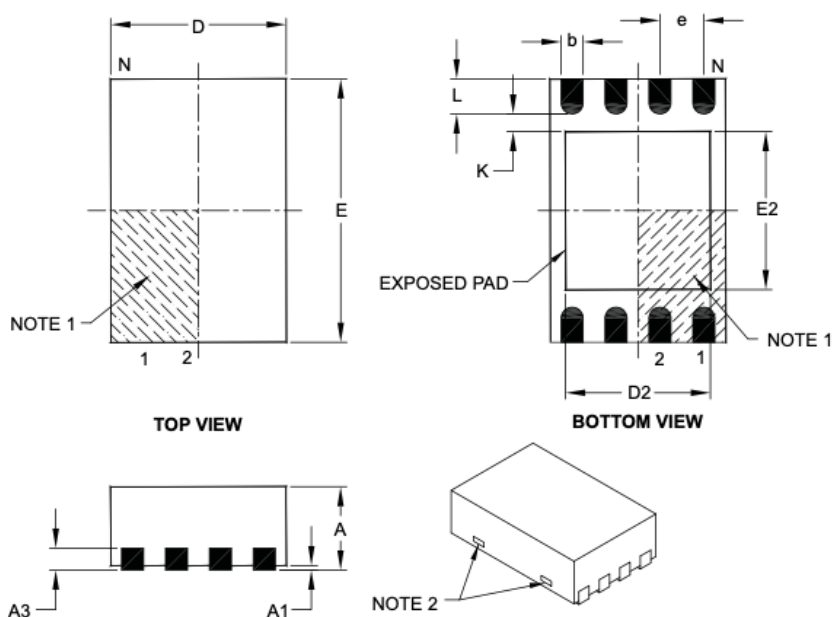
Legend: XX...X Customer-specific information
Y Year code (last digit of calendar year)
YY Year code (last 2 digits of calendar year)
WW Week code (week of January 1 is week '01')
NNN Alphanumeric traceability code
e3 Pb-free Compliant JEDEC® designator for Matte Tin (Sn)
* This package is Pb-free. The Pb-free JEDEC designator (e3) can be found on the outer packaging for this package.

Note: In the event the full Microchip part number cannot be marked on one line, it will be carried over to the next line, thus limiting the number of available characters for customer-specific information.

MCP73831/2

8-Lead Plastic Dual Flat, No Lead Package (MC) – 2x3x0.9 mm Body [DFN]

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	8		
Pitch	e	0.50 BSC		
Overall Height	A	0.80	0.90	1.00
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05
Contact Thickness	A3	0.20 REF		
Overall Length	D	2.00 BSC		
Overall Width	E	3.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	1.30	–	1.55
Exposed Pad Width	E2	1.50	–	1.75
Contact Width	b	0.20	0.25	0.30
Contact Length	L	0.30	0.40	0.50
Contact-to-Exposed Pad	K	0.20	–	–

Notes:

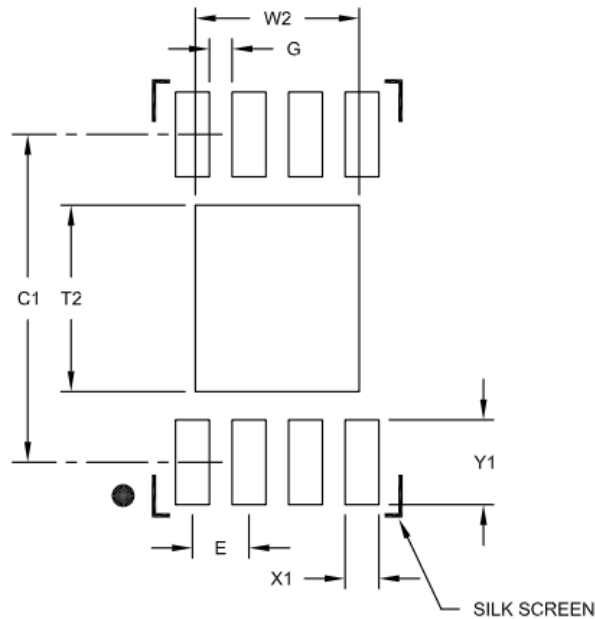
- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Package may have one or more exposed tie bars at ends.
- Package is saw singulated.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-123C

MCP73831/2

8-Lead Plastic Dual Flat, No Lead Package (MC) - 2x3x0.9mm Body [DFN]

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.50 BSC		
Optional Center Pad Width	W2			1.45
Optional Center Pad Length	T2			1.75
Contact Pad Spacing	C1		2.90	
Contact Pad Width (X8)	X1			0.30
Contact Pad Length (X8)	Y1			0.75
Distance Between Pads	G	0.20		

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

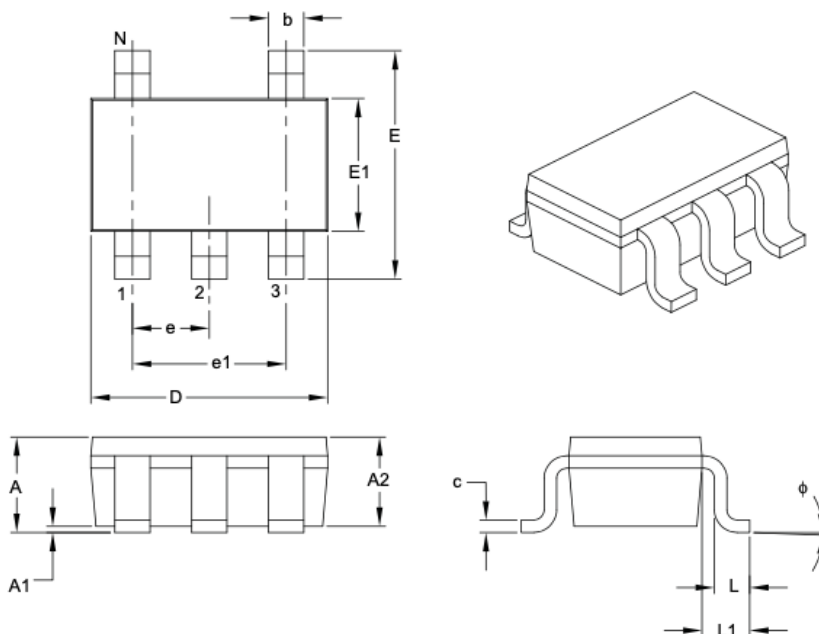
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2123B

MCP73831/2

5-Lead Plastic Small Outline Transistor (OT) [SOT-23]

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	5		
Lead Pitch	e	0.95 BSC		
Outside Lead Pitch	e1	1.90 BSC		
Overall Height	A	0.90	—	1.45
Molded Package Thickness	A2	0.89	—	1.30
Standoff	A1	0.00	—	0.15
Overall Width	E	2.20	—	3.20
Molded Package Width	E1	1.30	—	1.80
Overall Length	D	2.70	—	3.10
Foot Length	L	0.10	—	0.60
Footprint	L1	0.35	—	0.80
Foot Angle	φ	0°	—	30°
Lead Thickness	c	0.08	—	0.26
Lead Width	b	0.20	—	0.51

Notes:

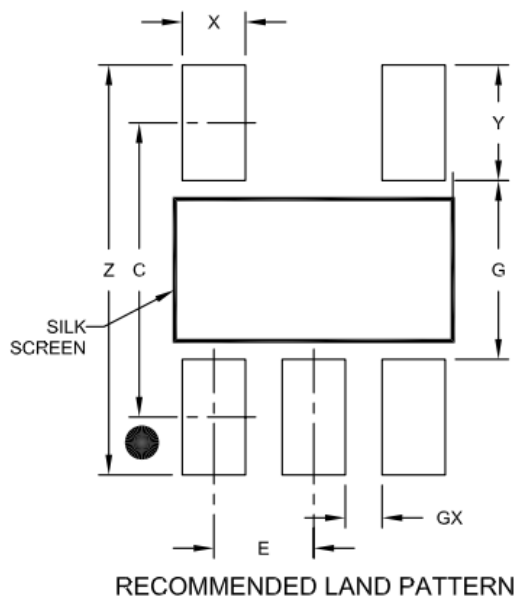
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.127 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing C04-091B

MCP73831/2

5-Lead Plastic Small Outline Transistor (OT) [SOT-23]

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E		0.95 BSC	
Contact Pad Spacing	C		2.80	
Contact Pad Width (X5)	X			0.60
Contact Pad Length (X5)	Y			1.10
Distance Between Pads	G	1.70		
Distance Between Pads	GX	0.35		
Overall Width	Z			3.90

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2091A

MCP73832

APPENDIX A: REVISION HISTORY

Revision G (July 2014)

The following is the list of modifications:

1. Updated the **“DC Characteristics”** table.
2. Added **Section 6.1.1.2 “Input Overvoltage Protection (IOVP)”**.

Revision F (June 2013)

The following is the list of modifications:

3. Updated the **Functional Block Diagram**.
4. Added the Battery Detection parameter and related information in the **“DC Characteristics”** table.
5. Added new section **Section 4.2 “Battery Detection”**.
6. Minor grammatical and spelling corrections.

Revision E (September 2008)

The following is the list of modifications:

1. **Package Types:** Changed DFN pinout diagram.
2. **Section 1.0 “Electrical Characteristics”:** Changed “Charge Impedance Range from 20 kΩ to 67 kΩ.
3. **Section 1.0 “Electrical Characteristics”:** Misc. Formatting changes.
4. **Section 2.0 “Typical Performance Curves”:** Updated **Figure 2-4**.
5. **Section 3.0 “Pin Description”:** Added Exposed Pad pin to table and added **Section 3.6 “Exposed Thermal Pad (EP)”**.
6. Updated **Appendix A: “Revision History”**
7. Added Land Pattern Package Outline Drawing for 2x3 DFN package.

Revision D (April 2008)

The following is the list of modifications:

1. Changed Charge Termination Current Ratio to 8.5% minimum and 11.5% maximum.

Revision C (October 2007)

The following is the list of modifications:

1. Numerous edits throughout document.
2. Added note to the Temperature Specifications table.
3. Updated **Figure 2-4**.

Revision B (March 2006)

The following is the list of modifications:

1. Added MCP73832 through document.

Revision A (November 2005)

Original Release of this Document.

PRODUCT IDENTIFICATION SYSTEM

For further information, e.g., on pricing or delivery, refer to the factory or the listed sales office.

Part No.	X	XX	X	/XX
Device	V _{REG}	Options	Temperature Range	Package
Device:	MCP73831: Single-Cell Charge Controller MCP73831T: Single-Cell Charge Controller (Tape and Reel) MCP73832: Single-Cell Charge Controller MCP73832T: Single-Cell Charge Controller (Tape and Reel)			
Regulation range:	Code V _{REG} 2 = 4.20V 3 = 4.35V 4 = 4.40V 5 = 4.50V			
Options: *	Code I _{PREG} /I _{REG} V _{PTH} /V _{REG} I _{TERM} /I _{REG} V _{RTH} /V _{REG} AC 10 66.5 7.5 96.5 AD 10 66.5 7.5 94 AT 10 71.5 20 94 DC 100 x 7.5 96.5 * Consult Factory for Alternative Device Options			
Temperature range:	I = -40°C to +85°C (Industrial)			
Package:	MC = Dual-Flat, No-Lead (2x3 mm body), 8-Lead OT = Small Outline Transistor (SOT23), 5-Lead			
Examples: * a) MCP73831-2ACI/OT: 4.20V V _{REG} Options AC, 5LD SOT23 Pkg b) MCP73831T-2ACI/OT: Tape and Reel, 4.20V V _{REG} Options AC, 5LD SOT23 Pkg c) MCP73832-2ACI/MC: 4.20V V _{REG} Options AC, 8LD DFN Package d) MCP73832T-2ACI/MC: Tape and Reel, 4.20V V _{REG} Options AC, 8LD DFN Package a) MCP73831-2ATI/OT: 4.20V V _{REG} Options AT, 5LD SOT23 Pkg b) MCP73831T-2ATI/OT: Tape and Reel, 4.20V V _{REG} Options AT, 5LD SOT23 Pkg c) MCP73832-2ATI/MC: 4.20V V _{REG} Options AT, 8LD DFN Package d) MCP73832T-2ATI/MC: Tape and Reel, 4.20V V _{REG} Options AT, 8LD DFN Package a) MCP73831-2DCI/OT: 4.20V V _{REG} Options DC, 5LD SOT23 Pkg b) MCP73831T-2DCI/OT: Tape and Reel, 4.20V V _{REG} Options DC, 5LD SOT23 Pkg c) MCP73832-2DCI/MC: 4.20V V _{REG} Options DC, 8LD DFN Package d) MCP73832T-2DCI/MC: Tape and Reel, 4.20V V _{REG} Options DC, 8LD DFN Package a) MCP73831-3ACI/OT: 4.35V V _{REG} Options AC, 5LD SOT23 Pkg b) MCP73831T-3ACI/OT: Tape and Reel, 4.35V V _{REG} Options AC, 5LD SOT23 Pkg c) MCP73832-3ACI/MC: 4.35V V _{REG} Options AC, 8LD DFN Package d) MCP73832T-3ACI/MC: Tape and Reel, 4.35V V _{REG} Options AC, 8LD DFN Package a) MCP73831-4ADI/OT: 4.40V V _{REG} Options AD, 5LD SOT23 Pkg b) MCP73831T-4ADI/OT: Tape and Reel, 4.40V V _{REG} Options AD, 5LD SOT23 Pkg c) MCP73832-4ADI/MC: 4.40V V _{REG} Options AD, 8LD DFN Package d) MCP73832T-4ADI/MC: Tape and Reel, 4.40V V _{REG} Options AD, 8LD DFN Package a) MCP73831-5ACI/OT: 4.50V V _{REG} Options AC, 5LD SOT23 Pkg b) MCP73831T-5ACI/OT: Tape and Reel, 4.50V V _{REG} Options AC, 5LD SOT23 Pkg c) MCP73832-5ACI/MC: 4.50V V _{REG} Options AC, 8LD DFN Package d) MCP73832T-5ACI/MC: Tape and Reel, 4.50V V _{REG} Options AC, 8LD DFN Package * Consult Factory for Alternate Device Options				

Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.

Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.

There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.

Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.

Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break Microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If you have unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device specifications and the like is provided only for your convenience and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. MICROCHIP MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES OF ANY KIND WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, WRITTEN OR ORAL, STATUTORY OR OTHERWISE, RELATED TO THE INFORMATION, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ITS CONDITION, QUALITY, PERFORMANCE, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR PURPOSE. Microchip disclaims all liability arising from this information and its use. Use of Microchip products in life support and/or safety applications is entirely at the buyer's risk, and the buyer agrees to defend, indemnify and hold harmless Microchip from any and all damages, claims, suits, or expenses resulting from such use. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any Microchip intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, dsPICFlashFlex, flexPWR, JukeBlox, KEELoQ, KEELoQ logo, LANCheck, MediaLB, MOST, MOST logo, MPLAB, OptoLyzer, PIC, PICSTART, PIC³² logo, RightTouch, SST, SST Logo, SuperFlash and UNI/O are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

The Embedded Control Solutions Company and mTouch are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, BodyCom, chipKIT, chipKIT CodeGuard, dsPICDEM, dsPICDEM.net, ECAN, In-Circuit Serial Programming, ICSP, Inter-Chip Connectivity, KLEERNet logo, MiWi, MPASM, MPF, MPLAB Certified I, MPLIB, MPLINK, MultiTRAK, NetDetach, Omniscient Code Generation, PICDEM, PICDEM.net, PICkit, PICtail, RightTouch logo, REAL ICE, SQR, Serial Quad I/O, Total Endurance, TSHARC, USBCheck, VariSense, ViewSpan, WiperLock, Wireless DNA, and ZENA are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Silicon Storage Technology is a registered trademark of Microchip Technology Inc. in other countries.

GestIC is a registered trademark of Microchip Technology GmbH & Co. KG, a subsidiary of Microchip Technology Inc., in other countries.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2005-2014, Microchip Technology Incorporated, All Rights Reserved.

ISBN: 978-1-63276-375-4

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
— ISO/TS 16949 —

Microchip received ISO/TS-16949:2009 certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler, Arizona; Gresham, Oregon and design centers in California and India. The Company's quality system processes and procedures are for its PIC[®] MCUs and dsPIC[®] DSCs, KEELoQ[®] code hopper devices, Serial EEPROMs, microperipherals, nonvolatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the development and manufacture of development systems is ISO 9001:2000 certified.



MC33063A, MC34063A

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

MC3x063A 1.5-A Peak Boost/Buck/Inverting Switching Regulators

1 Features

- Wide Input Voltage Range: 3 V to 40 V
- High Output Switch Current: Up to 1.5 A
- Adjustable Output Voltage
- Oscillator Frequency Up to 100 kHz
- Precision Internal Reference: 2%
- Short-Circuit Current Limiting
- Low Standby Current

2 Applications

- Blood Gas Analyzers: Portable
- Cable Solutions
- HMI's (Human Machine Interfaces)
- Telecommunications
- Portable Devices
- Consumer & Computing
- Test & Measurement

3 Description

The MC33063A and MC34063A devices are easy-to-use ICs containing all the primary circuitry needed for building simple DC-DC converters. These devices primarily consist of an internal temperature-compensated reference, a comparator, an oscillator, a PWM controller with active current limiting, a driver, and a high-current output switch. Thus, the devices require minimal external components to build converters in the boost, buck, and inverting topologies.

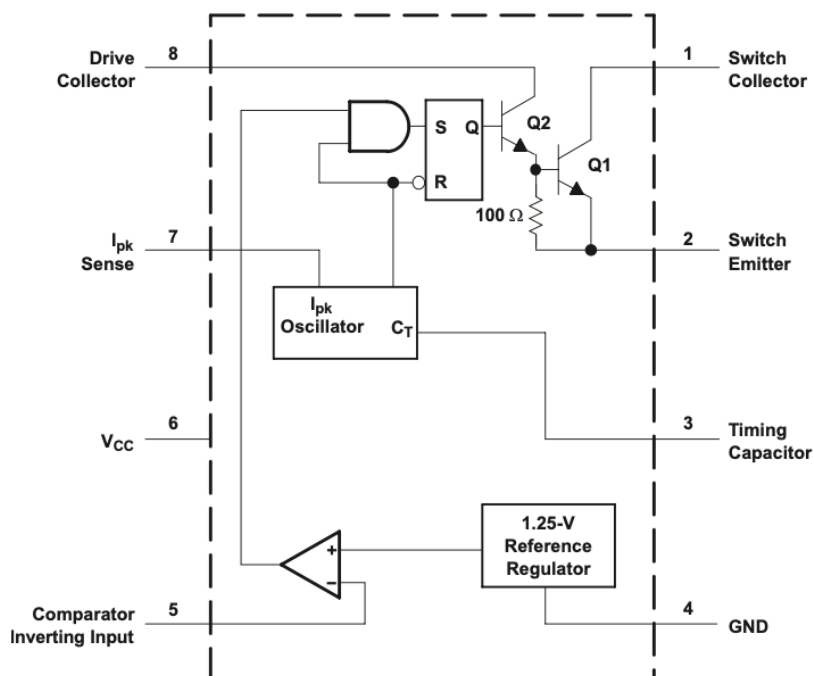
The MC33063A device is characterized for operation from -40°C to 85°C , while the MC34063A device is characterized for operation from 0°C to 70°C .

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE (PIN)	BODY SIZE
MC3x063A	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	SON (8)	4.00 mm × 4.00 mm
	PDIP (8)	9.81 mm × 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

4 Simplified Schematic



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

Table of Contents

1 Features	1	8.1 Overview	7
2 Applications	1	8.2 Functional Block Diagram	7
3 Description	1	8.3 Feature Description	7
4 Simplified Schematic	1	8.4 Device Functional Modes	7
5 Revision History	2	9 Application and Implementation	8
6 Pin Configuration and Functions	3	9.1 Application Information	8
7 Specifications	4	9.2 Typical Application	9
7.1 Absolute Maximum Ratings	4	10 Power Supply Recommendations	17
7.2 ESD Ratings	4	11 Layout	17
7.3 Recommended Operating Conditions	4	11.1 Layout Guidelines	17
7.4 Thermal Information	4	11.2 Layout Example	17
7.5 Electrical Characteristics—Oscillator	4	12 Device and Documentation Support	18
7.6 Electrical Characteristics—Output Switch	5	12.1 Related Links	18
7.7 Electrical Characteristics—Comparator	5	12.2 Trademarks	18
7.8 Electrical Characteristics—Total Device	5	12.3 Electrostatic Discharge Caution	18
7.9 Typical Characteristics	6	12.4 Glossary	18
8 Detailed Description	7	13 Mechanical, Packaging, and Orderable Information	18

5 Revision History

Changes from Revision M (January 2011) to Revision N

Page

• Added <i>Applications</i> , <i>Device Information</i> table, <i>Pin Functions</i> table, <i>ESD Ratings</i> table, <i>Thermal Information</i> table, <i>Feature Description</i> section, <i>Device Functional Modes</i> , <i>Application and Implementation</i> section, <i>Power Supply Recommendations</i> section, <i>Layout</i> section, <i>Device and Documentation Support</i> section, and <i>Mechanical, Packaging, and Orderable Information</i> section.	1
• Deleted <i>Ordering Information</i> table.	1

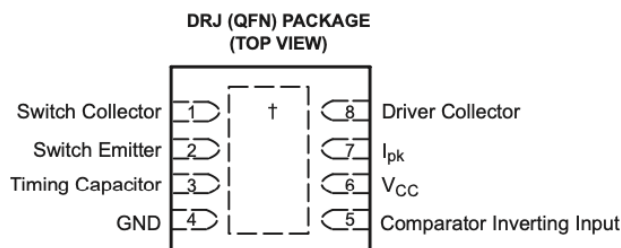
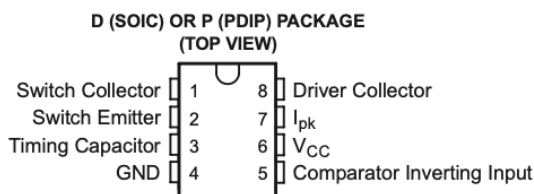


MC33063A, MC34063A

www.ti.com

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

6 Pin Configuration and Functions



† The exposed thermal pad is electrically bonded internally to pin 4 (GND) .

Pin Functions

PIN		TYPE	DESCRIPTION
NAME	NO.		
Switch Collector	1	I/O	High-current internal switch collector input.
Switch Emitter	2	I/O	High-current internal switch emitter output.
Timing Capacitor	3	—	Attach a timing capacitor to change the switching frequency.
GND	4	—	Ground
Comparator Inverting Input	5	I	Attach to a resistor divider network to create a feedback loop.
V _{CC}	6	I	Logic supply voltage. Tie to V _{IN} .
I _{PK}	7	I	Current-limit sense input.
Driver Collector	8	I/O	Darlington pair driving transistor collector input.

MC33063A, MC34063A

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

www.ti.com

7 Specifications

7.1 Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)⁽¹⁾

		MIN	MAX	UNIT
V _{CC}	Supply voltage		40	V
V _{IR}	Comparator inverting input voltage range	−0.3	40	V
V _{C(switch)}	Switch collector voltage		40	V
V _{E(switch)}	Switch emitter voltage		40	V
V _{CE(switch)}	Switch collector to switch emitter voltage		40	V
V _{C(driver)}	Driver collector voltage		40	V
I _{C(driver)}	Driver collector current		100	mA
I _{SW}	Switch current		1.5	A
T _J	Operating virtual junction temperature		150	°C
T _{stg}	Storage temperature range	−65	150	°C

(1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions* is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

7.2 ESD Ratings

		VALUE	UNIT
V _(ESD)	Electrostatic discharge	Human body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001, all pins ⁽¹⁾	2500
		Charged device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101, all pins ⁽²⁾	1500

(1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

(2) JEDEC document JEP157 states that 250-V CDM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

7.3 Recommended Operating Conditions

		MIN	MAX	UNIT
V _{CC}	Supply voltage	3	40	V
T _A	Operating free-air temperature	MC33063A	−40	85
		MC34063A	0	70

7.4 Thermal Information

THERMAL METRIC ⁽¹⁾		MC33063A			UNIT
		D	DRJ	P	
		8 PINS			
R _{θJA}	Junction-to-ambient thermal resistance	97	41	85	°C/W

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report (SPRA953).

7.5 Electrical Characteristics—Oscillator

V_{CC} = 5 V, T_A = full operating range (unless otherwise noted) (see block diagram)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T _A	MIN	TYP	MAX	UNIT
f _{osc}	Oscillator frequency	V _{PIN5} = 0 V, C _T = 1 nF	25°C	24	33	42
I _{chg}	Charge current	V _{CC} = 5 V to 40 V	25°C	24	35	42
I _{dischg}	Discharge current	V _{CC} = 5 V to 40 V	25°C	140	220	260
I _{dischg} /I _{chg}	Discharge-to-charge current ratio	V _{PIN7} = V _{CC}	25°C	5.2	6.5	7.5
V _{lpk}	Current-limit sense voltage	I _{dischg} = I _{chg}	25°C	250	300	350



MC33063A, MC34063A

www.ti.com

SLLS636N–DECEMBER 2004–REVISED JANUARY 2015

7.6 Electrical Characteristics—Output Switch

$V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = \text{full operating range}$ (unless otherwise noted) (see block diagram)⁽¹⁾

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_A	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{CE(sat)}$ Saturation voltage – Darlington connection	$I_{SW} = 1\text{ A}$, pins 1 and 8 connected	Full range		1	1.3	V
$V_{CE(sat)}$ Saturation voltage – non-Darlington connection ⁽²⁾	$I_{SW} = 1\text{ A}$, $R_{PIN8} = 82\ \Omega$ to V_{CC} , forced $\beta \sim 20$	Full range		0.45	0.7	V
h_{FE} DC current gain	$I_{SW} = 1\text{ A}$, $V_{CE} = 5\text{ V}$	25°C	50	75		—
$I_{C(off)}$ Collector off-state current	$V_{CE} = 40\text{ V}$	Full range		0.01	100	μA

(1) Low duty-cycle pulse testing is used to maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible.

(2) In the non-Darlington configuration, if the output switch is driven into hard saturation at low switch currents ($\leq 300\text{ mA}$) and high driver currents ($\geq 30\text{ mA}$), it may take up to $2\ \mu\text{s}$ for the switch to come out of saturation. This condition effectively shortens the off time at frequencies $\geq 30\text{ kHz}$, becoming magnified as temperature increases. The following output drive condition is recommended in the non-Darlington configuration:

Forced β of output switch = $I_{C,SW} / (I_{C,driver} - 7\text{ mA}) \geq 10$, where $\sim 7\text{ mA}$ is required by the $100\text{-}\Omega$ resistor in the emitter of the driver to forward bias the V_{BE} of the switch.

7.7 Electrical Characteristics—Comparator

$V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = \text{full operating range}$ (unless otherwise noted) (see block diagram)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_A	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{th} Threshold voltage		25°C	1.225	1.25	1.275	V
		Full range	1.21		1.29	
ΔV_{th} Threshold-voltage line regulation	$V_{CC} = 5\text{ V to } 40\text{ V}$	Full range		1.4	5	mV
I_{IB} Input bias current	$V_{IN} = 0\text{ V}$	Full range		–20	–400	nA

7.8 Electrical Characteristics—Total Device

$V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = \text{full operating range}$ (unless otherwise noted) (see block diagram)

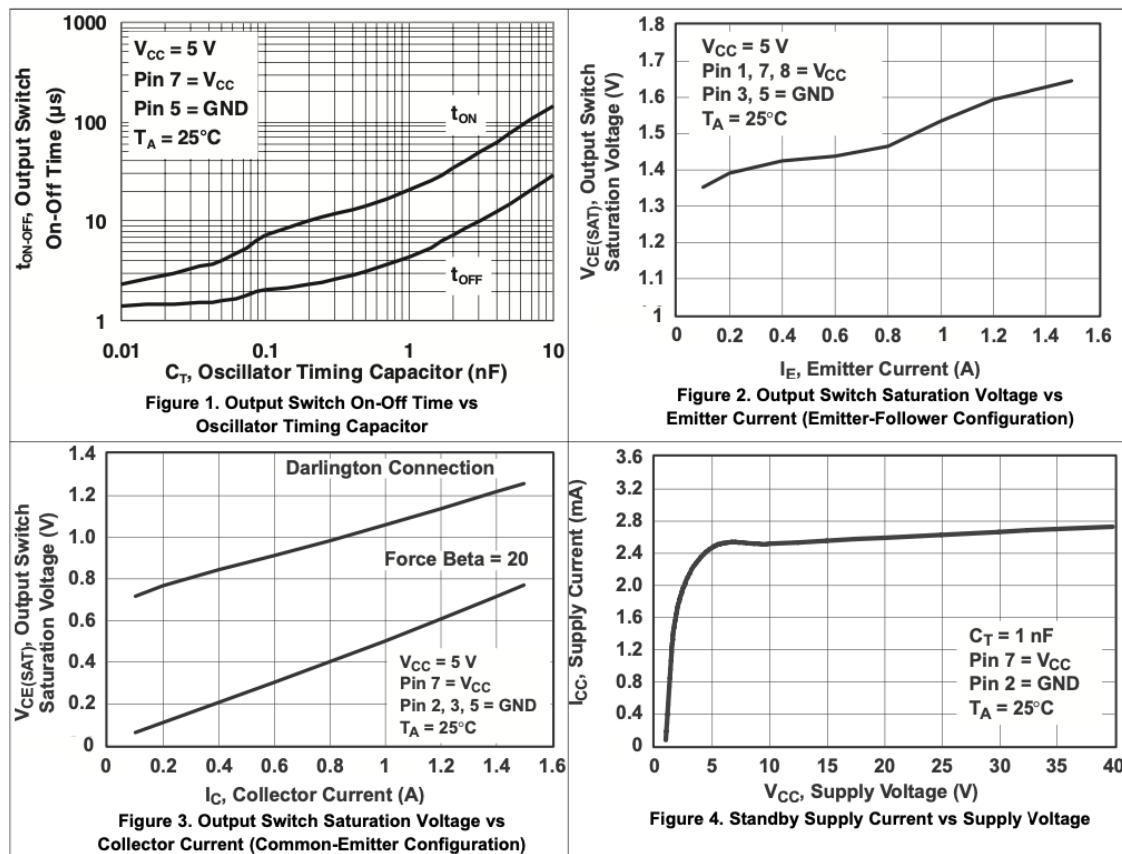
PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_A	MIN	MAX	UNIT
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = 5\text{ V to } 40\text{ V}$, $C_T = 1\text{ nF}$, $V_{PIN7} = V_{CC}$, $V_{PIN5} > V_{th}$, $V_{PIN2} = \text{GND}$, All other pins open	Full range		4	mA

MC33063A, MC34063A

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

www.ti.com

7.9 Typical Characteristics





www.ti.com

MC33063A, MC34063A
SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

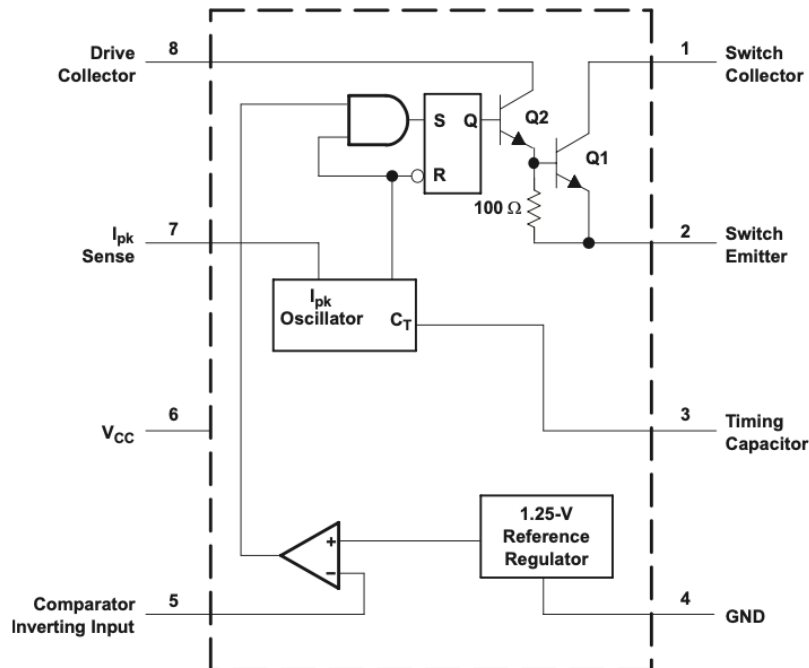
8 Detailed Description

8.1 Overview

The MC33063A and MC34063A devices are easy-to-use ICs containing all the primary circuitry needed for building simple DC-DC converters. These devices primarily consist of an internal temperature-compensated reference, a comparator, an oscillator, a PWM controller with active current limiting, a driver, and a high-current output switch. Thus, the devices require minimal external components to build converters in the boost, buck, and inverting topologies.

The MC33063A device is characterized for operation from -40°C to 85°C , while the MC34063A device is characterized for operation from 0°C to 70°C .

8.2 Functional Block Diagram



8.3 Feature Description

- Wide Input Voltage Range: 3 V to 40 V
- High Output Switch Current: Up to 1.5 A
- Adjustable Output Voltage
- Oscillator Frequency Up to 100 kHz
- Precision Internal Reference: 2%
- Short-Circuit Current Limiting
- Low Standby Current

8.4 Device Functional Modes

8.4.1 Standard operation

Based on the application, the device can be configured in multiple different topologies. See the [Application and Implementation](#) section for how to configure the device in several different operating modes.

MC33063A, MC34063A

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

www.ti.com

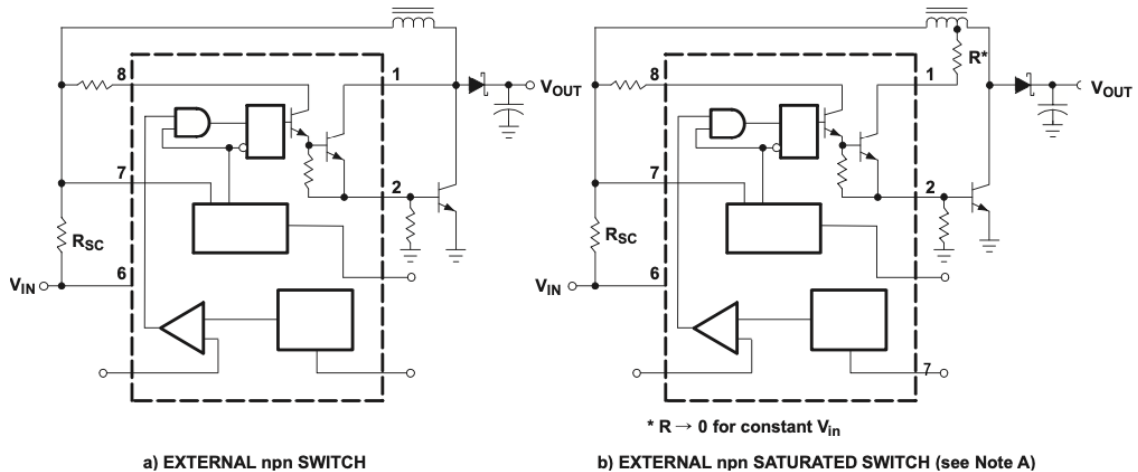
9 Application and Implementation

NOTE

Information in the following applications sections is not part of the TI component specification, and TI does not warrant its accuracy or completeness. TI's customers are responsible for determining suitability of components for their purposes. Customers should validate and test their design implementation to confirm system functionality.

9.1 Application Information

9.1.1 External Switch Configurations for Higher Peak Current



- A. If the output switch is driven into hard saturation (non-Darlington configuration) at low switch currents (≤ 300 mA) and high driver currents (≥ 30 mA), it may take up to 2 μ s to come out of saturation. This condition will shorten the off time at frequencies ≥ 30 kHz and is magnified at high temperatures. This condition does not occur with a Darlington configuration because the output switch cannot saturate. If a non-Darlington configuration is used, the output drive configuration in Figure 7b is recommended.

Figure 5. Boost Regulator Connections for I_C Peak Greater Than 1.5 A



www.ti.com

MC33063A, MC34063A

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

Application Information (continued)

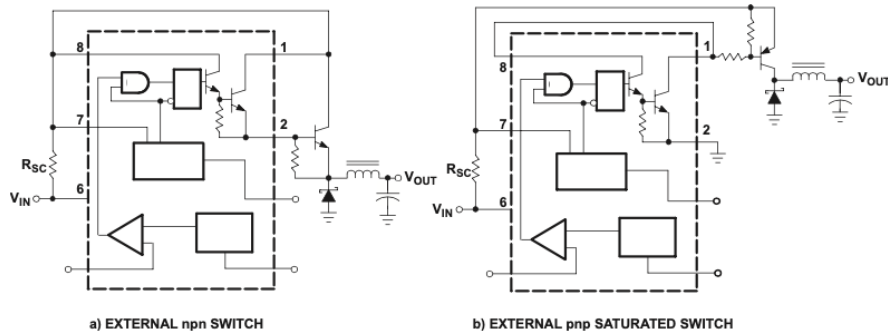


Figure 6. Buck Regulator Connections for I_C Peak Greater Than 1.5 A

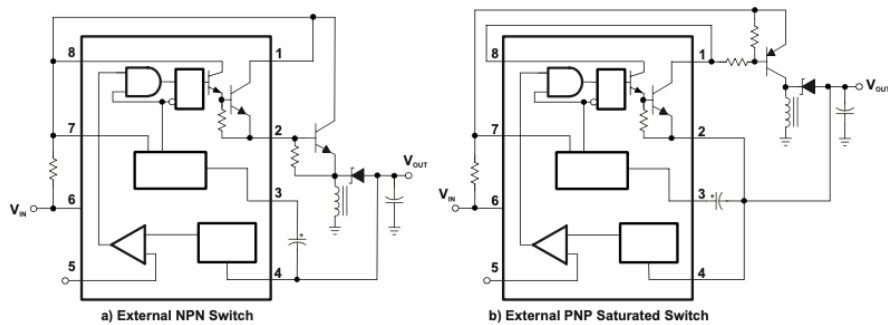
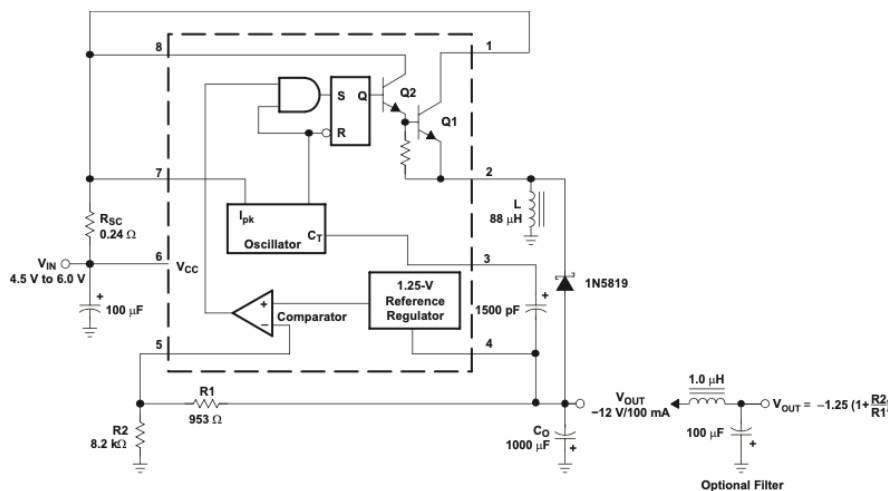


Figure 7. Inverting Regulator Connections for I_C Peak Greater Than 1.5 A

9.2 Typical Application

9.2.1 Voltage-Inverting Converter Application





MC33063A, MC34063A

www.ti.com

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

Typical Application (continued)

9.2.1.1 Design Requirements

The user must determine the following desired parameters:

V_{sat} = Saturation voltage of the output switch

V_F = Forward voltage drop of the chosen output rectifier

The following power-supply parameters are set by the user:

V_{in} = Nominal input voltage

V_{out} = Desired output voltage

I_{out} = Desired output current

f_{min} = Minimum desired output switching frequency at the selected values of V_{in} and I_{out}

V_{ripple} = Desired peak-to-peak output ripple voltage. The ripple voltage directly affects the line and load regulation and, thus, must be considered. In practice, the actual capacitor value should be larger than the calculated value, to account for the capacitor's equivalent series resistance and board layout.

9.2.1.2 Detailed Design Procedure

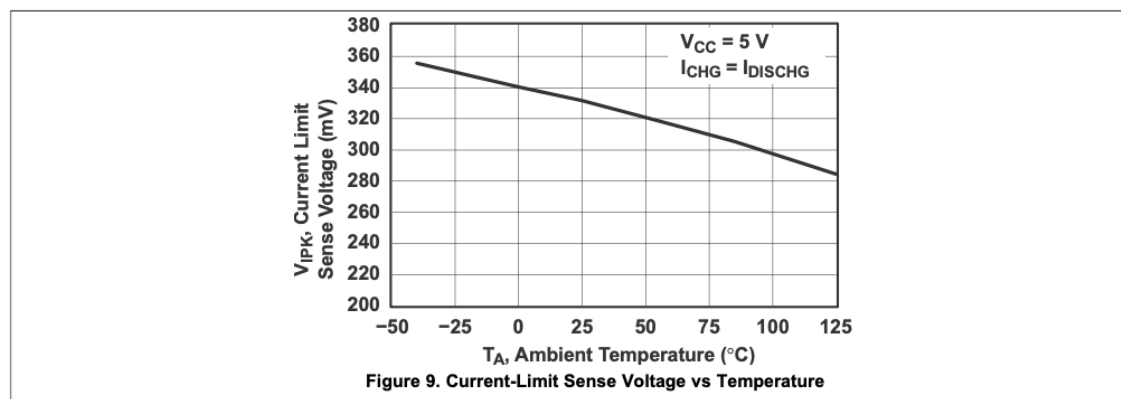
CALCULATION	VOLTAGE INVERTING
t_{on}/t_{off}	$\frac{ V_{out} + V_F}{V_{in} - V_{sat}}$
$(t_{on} + t_{off})$	$\frac{1}{f}$
t_{off}	$\frac{t_{on} + t_{off}}{\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1}$
t_{on}	$(t_{on} + t_{off}) - t_{off}$
C_T	$4 \times 10^{-5} t_{on}$
$I_{pk(switch)}$	$2I_{out(max)} \left(\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1 \right)$
R_{SC}	$\frac{0.3}{I_{pk(switch)}}$
$L_{(min)}$	$\left(\frac{(V_{in(min)} - V_{sat})}{I_{pk(switch)}} \right) t_{on(max)}$
C_O	$9 \frac{I_{out} t_{on}}{V_{ripple(pp)}}$
V_{out}	$-1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$ See Figure 8

MC33063A, MC34063A

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

www.ti.com

9.2.1.3 Application Performance



TEST	CONDITIONS	RESULTS
Line regulation	$V_{IN} = 4.5 \text{ V to } 6 \text{ V}$, $I_O = 100 \text{ mA}$	$3 \text{ mV} \pm 0.12\%$
Load regulation	$V_{IN} = 5 \text{ V}$, $I_O = 10 \text{ mA to } 100 \text{ mA}$	$0.022 \text{ V} \pm 0.09\%$
Output ripple	$V_{IN} = 5 \text{ V}$, $I_O = 100 \text{ mA}$	500 mV_{PP}
Short-circuit current	$V_{IN} = 5 \text{ V}$, $R_L = 0.1 \Omega$	910 mA
Efficiency	$V_{IN} = 5 \text{ V}$, $I_O = 100 \text{ mA}$	62.2%
Output ripple with optional filter	$V_{IN} = 5 \text{ V}$, $I_O = 100 \text{ mA}$	70 mV_{PP}



MC33063A, MC34063A

www.ti.com

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

9.2.2 Step-Up Converter Application

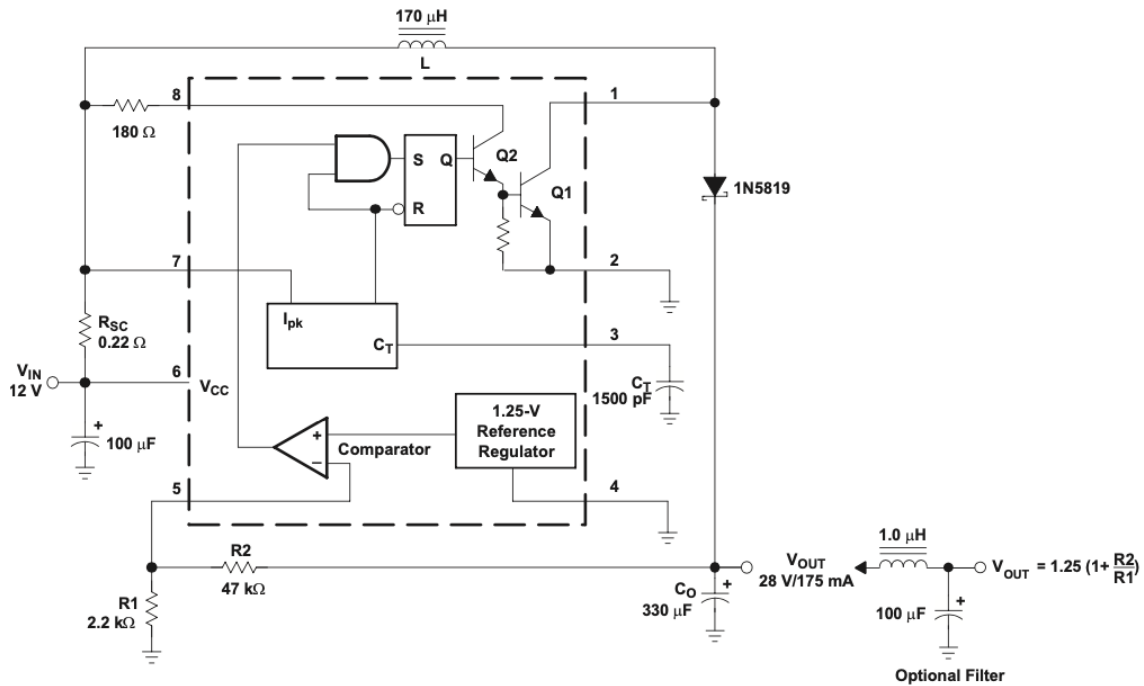


Figure 10. Step-Up Converter

9.2.2.1 Design Requirements

The user must determine the following desired parameters:

V_{sat} = Saturation voltage of the output switch

V_F = Forward voltage drop of the chosen output rectifier

The following power-supply parameters are set by the user:

V_{in} = Nominal input voltage

V_{out} = Desired output voltage

I_{out} = Desired output current

f_{min} = Minimum desired output switching frequency at the selected values of V_{in} and I_{out}

V_{ripple} = Desired peak-to-peak output ripple voltage. The ripple voltage directly affects the line and load regulation and, thus, must be considered. In practice, the actual capacitor value should be larger than the calculated value, to account for the capacitor's equivalent series resistance and board layout.

MC33063A, MC34063A

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

www.ti.com

9.2.2.2 Detailed Design Procedure

CALCULATION	STEP UP
t_{on}/t_{off}	$\frac{V_{out} + V_F - V_{in(min)}}{V_{in(min)} - V_{sat}}$
$(t_{on} + t_{off})$	$\frac{1}{f}$
t_{off}	$\frac{t_{on} + t_{off}}{\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1}$
t_{on}	$(t_{on} + t_{off}) - t_{off}$
C_T	$4 \times 10^{-5} t_{on}$
$I_{pk(switch)}$	$2I_{out(max)} \left(\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1 \right)$
R_{SC}	$\frac{0.3}{I_{pk(switch)}}$
$L_{(min)}$	$\left(\frac{V_{in(min)} - V_{sat}}{I_{pk(switch)}} \right) t_{on(max)}$
C_O	$9 \frac{I_{out} t_{on}}{V_{ripple(pp)}}$
V_{out}	$1.25 \left(1 + \frac{R2}{R1} \right)$ See Figure 10

9.2.2.3 Application Performance

TEST	CONDITIONS	RESULTS
Line regulation	$V_{IN} = 8 \text{ V to } 16 \text{ V}, I_O = 175 \text{ mA}$	$30 \text{ mV} \pm 0.05\%$
Load regulation	$V_{IN} = 12 \text{ V}, I_O = 75 \text{ mA to } 175 \text{ mA}$	$10 \text{ mV} \pm 0.017\%$
Output ripple	$V_{IN} = 12 \text{ V}, I_O = 175 \text{ mA}$	400 mV_{PP}
Efficiency	$V_{IN} = 12 \text{ V}, I_O = 175 \text{ mA}$	87.7%
Output ripple with optional filter	$V_{IN} = 12 \text{ V}, I_O = 175 \text{ mA}$	40 mV_{PP}



MC33063A, MC34063A

www.ti.com

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

9.2.3 Step-Down Converter Application

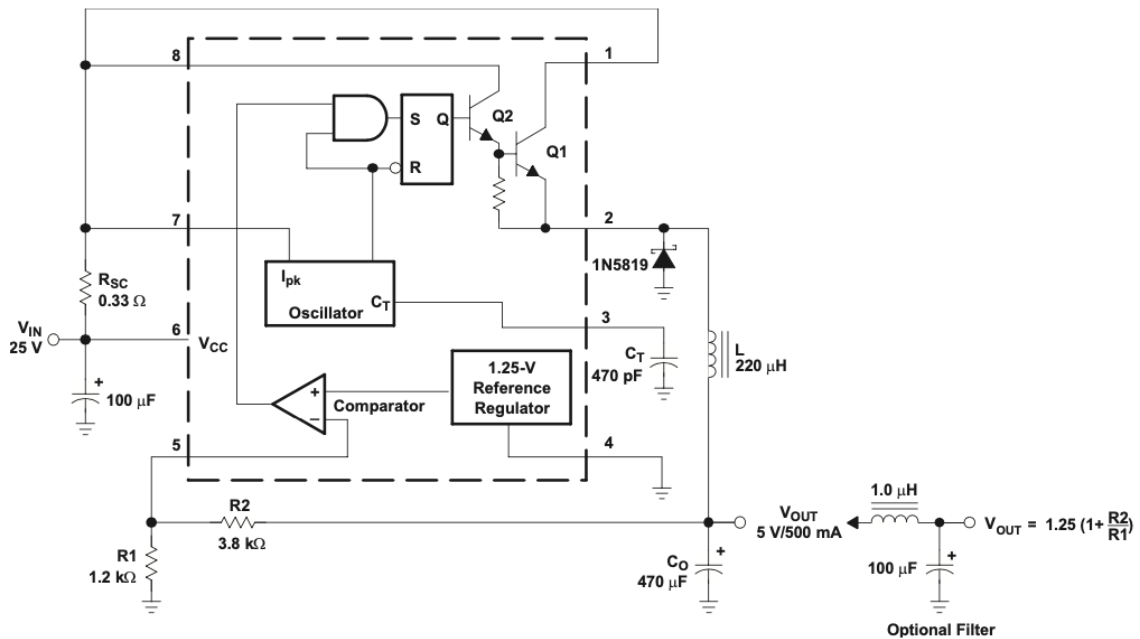


Figure 11. Step-Down Converter

9.2.3.1 Design Requirements

The user must determine the following desired parameters:

V_{sat} = Saturation voltage of the output switch

V_F = Forward voltage drop of the chosen output rectifier

The following power-supply parameters are set by the user:

V_{in} = Nominal input voltage

V_{out} = Desired output voltage

I_{out} = Desired output current

f_{min} = Minimum desired output switching frequency at the selected values of V_{in} and I_{out}

V_{ripple} = Desired peak-to-peak output ripple voltage. The ripple voltage directly affects the line and load regulation and, thus, must be considered. In practice, the actual capacitor value should be larger than the calculated value, to account for the capacitor's equivalent series resistance and board layout.

MC33063A, MC34063A

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

www.ti.com

9.2.3.2 Detailed Design Procedure

CALCULATION	STEP DOWN
t_{on}/t_{off}	$\frac{V_{out} + V_F}{V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out}}$
$(t_{on} + t_{off})$	$\frac{1}{f}$
t_{off}	$\frac{t_{on} + t_{off}}{\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1}$
t_{on}	$(t_{on} + t_{off}) - t_{off}$
C_T	$4 \times 10^{-5} t_{on}$
$I_{pk(switch)}$	$2I_{out(max)}$
R_{SC}	$\frac{0.3}{I_{pk(switch)}}$
$L_{(min)}$	$\left(\frac{(V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out})}{I_{pk(switch)}} \right) t_{on(max)}$
C_O	$\frac{I_{pk(switch)} (t_{on} + t_{off})}{8V_{ripple(pp)}}$
V_{out}	$1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$ See Figure 11

9.2.3.3 Application Performance

TEST	CONDITIONS	RESULTS
Line regulation	$V_{IN} = 15 \text{ V to } 25 \text{ V}, I_O = 500 \text{ mA}$	$12 \text{ mV} \pm 0.12\%$
Load regulation	$V_{IN} = 25 \text{ V}, I_O = 50 \text{ mA to } 500 \text{ mA}$	$3 \text{ mV} \pm 0.03\%$
Output ripple	$V_{IN} = 25 \text{ V}, I_O = 500 \text{ mA}$	120 mV_{PP}
Short-circuit current	$V_{IN} = 25 \text{ V}, R_L = 0.1 \Omega$	1.1 A
Efficiency	$V_{IN} = 25 \text{ V}, I_O = 500 \text{ mA}$	83.7%
Output ripple with optional filter	$V_{IN} = 25 \text{ V}, I_O = 500 \text{ mA}$	40 mV_{PP}



www.ti.com

MC33063A, MC34063A
SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

10 Power Supply Recommendations

This device accepts 3 V to 40 V on the input. It is recommended to have a 1000- μ F decoupling capacitor on the input.

11 Layout

11.1 Layout Guidelines

Keep feedback loop layout trace lengths to a minimum to avoid unnecessary IR drop. In addition, the loop for the decoupling capacitor at the input should be as small as possible. The trace from V_{IN} to pin 1 of the device should be thicker to handle the higher current.

11.2 Layout Example

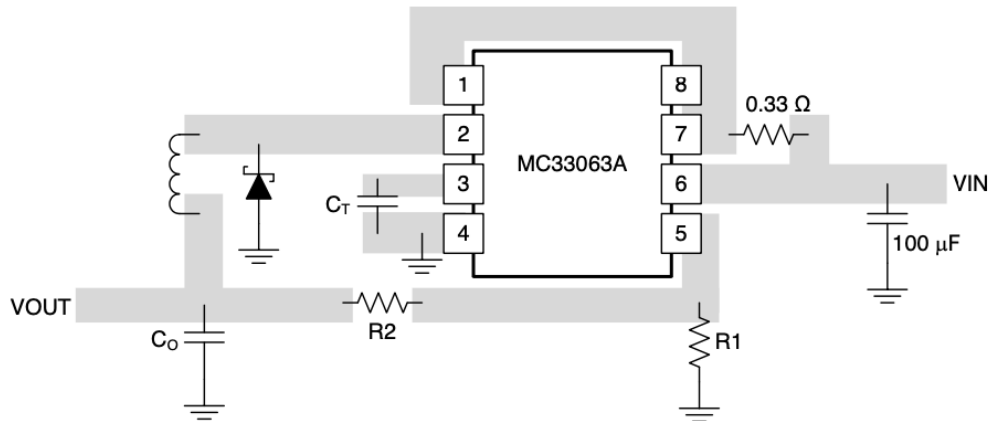


Figure 12. Layout Example for a Step-Down Converter

MC33063A, MC34063A

SLLS636N – DECEMBER 2004 – REVISED JANUARY 2015

www.ti.com

12 Device and Documentation Support

12.1 Related Links

The table below lists quick access links. Categories include technical documents, support and community resources, tools and software, and quick access to sample or buy.

Table 1. Related Links

PARTS	PRODUCT FOLDER	SAMPLE & BUY	TECHNICAL DOCUMENTS	TOOLS & SOFTWARE	SUPPORT & COMMUNITY
MC33063A	Click here	Click here	Click here	Click here	Click here
MC34063A	Click here	Click here	Click here	Click here	Click here

12.2 Trademarks

All trademarks are the property of their respective owners.

12.3 Electrostatic Discharge Caution



These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

12.4 Glossary

[SLYZ022](#) — TI Glossary.

This glossary lists and explains terms, acronyms, and definitions.

13 Mechanical, Packaging, and Orderable Information

The following pages include mechanical, packaging, and orderable information. This information is the most current data available for the designated devices. This data is subject to change without notice and revision of this document. For browser-based versions of this data sheet, refer to the left-hand navigation.

Part Number: **0473461001**

Status: **Active**

Overview: USB Connectors: USB Type-A, USB Type-B, and USB Type-C Plugs and Receptacles
Description: Micro-USB B Receptacle without Flange, Bottom Mount, Surface Mount, Lead-Free

Documents:

3D Model Product Specification PS-47346-001-001 (PDF)
Drawing (PDF) Packaging Specification PK-47346-001-001 (PDF)
3D Model (PDF) RoHS Certificate of Compliance (PDF)

Agency Certification

UL E107635

General

Product Family I/O Connectors
Series 47346
Application Wire-to-Board
Comments Signal contacts 1.0A, Power contacts 1.8A
Component Type Receptacle
Overview USB Connectors: USB Type-A, USB Type-B, and USB Type-C Plugs and Receptacles
Product Name USB
Standard USB 2.0
Type Micro-B
UPC 887191074382

Physical

Circuits (Loaded) 5
Circuits (maximum) 5
Color - Resin Black
Durability (mating cycles max) 10000
Flammability 94V-0
Gender Female
Keying to Mating Part Yes
Lock to Mating Part No
Material - Metal Copper Alloy
Material - Plating Mating Gold
Material - Plating Termination Gold
Material - Resin High Temperature Thermoplastic
Mounting Style Bottom-Mount
Net Weight 0.247/g
Number of Rows 1
Orientation Right Angle
PCB Retention None
Packaging Type Embossed Tape on Reel
Panel Mount No
Pitch - Mating Interface 0.65mm
Pitch - Termination Interface 0.65mm
Polarized to Mating Part Yes
Ports 1
Surface Mount Compatible (SMC) Yes
Temperature Range - Operating -30° to +85°C
Termination Interface: Style Surface Mount
Waterproof / Dustproof No

Electrical

Current - Maximum per Contact 1.8A, 1.0A

Grounding to Panel Yes
Shield Type Full Shield
Shielded Yes
Voltage - Maximum 30V AC (RMS)

Solder Process Data

Duration at Max. Process Temperature (seconds) 003
Lead-free Process Capability REFLOW
Max. Cycles at Max. Process Temperature 001
Process Temperature max. C 255

Material Info

Reference - Drawing Numbers

Packaging Specification PK-47346-001-001
Product Specification PS-47346-001-001
Sales Drawing SD-47346-001-001



Series image - Reference only

EU ELV

Not Relevant

EU RoHS

Compliant

China RoHS

REACH SVHC

Not Contained Per -
D(2021)4569-DC (8
July 2021)

Halogen-Free

Status

Low-Halogen

For more information, please visit Contact US

China ROHS Green Image
ELV Not Relevant
RoHS Phthalates Not Contained

Search Parts in this Series

47346 Series