

**UNIVERSIDAD DE CASTILLA - LA MANCHA**

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE TOLEDO

TRABAJO FIN DE GRADO Nº 18-B-225089

ALIMENTACIÓN FLEXIBLE SIN CONTACTO ELÉCTRICO, APLICADA A JUGUETES INTERACTIVOS.

Autor:

CLARA ISABEL PRIETO FERNÁNDEZ.

Director:

FRANCISCO MOYA FERNÁNDEZ.

SEPTIEMBRE 2018

AGRADECIMIENTOS

*Quisiera agradecer el apoyo recibido por todas aquellas personas que han estado a mi lado durante este tiempo. Durante la realización del Trabajo de Fin de Grado, y durante los años de esfuerzo para sacar la carrera hacia delante.*

*Así, como agradecer principalmente a mi familia, que sin ellos nada de esto hubiese sido posible, y me han dado fuerzas y facilidades para poder llegar a presentar este Trabajo de Fin de Grado.*

*Por último y sin ser menos importante, agradecer al director de este proyecto por toda la ayuda recibida por su parte.*

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es diseñar un sistema de carga con unas características concretas, para un dispositivo electrónico que después será usado como juguete interactivo para niños.

Las características pedidas por este dispositivo son las siguientes:

* El dispositivo debe de funcionar mediante baterías para facilitar su movilidad.
* Debe de ser un producto seguro para niños, motivo por el cual, una de las principales características es que no tenga ningún tipo de contacto eléctrico.
* El dispositivo está compuesto por una Raspberry Pi para su funcionamiento (dispositivo a alimentar).

Sabiendo las necesidades básicas del producto, en este proyecto se realiza un estudio del arte de las baterías. En el cual se habla del funcionamiento de ellas, de los tipos que hay, y de la clasificación según su composición.

Lo primero que se decide es el tipo de batería a usar, ya que hay baterías recargables y baterías de un solo uso.

Viendo los antecedentes en juguetes de este tipo, la mayoría de ellos usa baterías de un solo uso (primarias), pero en este caso se ha decidido usar baterías recargables (secundarias), ya que ofrecen ventajas frente a las otras. Entre las principales ventajas están su seguridad, su vida útil, y que son menos toxicas que las primarias.

Una vez elegido el tipo de batería se estudian los tipos de batería según su composición, y de ese estudio e obtiene la conclusión de que las baterías a usar son las baterías de iones de litio, ya que son las baterías que mejores características ofrecen, viéndolo desde un punto de vista equilibrado.

Dentro de este tipo de baterías, se ofrecen diferentes tipos en función de la composición del cátodo. Realizando nuevamente un estudio de los tipo de baterías dentro de las baterías de Li-ion, se obtiene la conclusión que las baterías a usar van a ser las baterías de litio fosfato de hierro (LiFePO4).

Dicha batería es la elegida por su baja toxicidad, ciclos de vida altos, coste asequible, y sobre todo, seguridad, que es una de las principales necesidades del proyecto.

Una vez decidido el tipo de batería a usar, es necesario saber las necesidades del dispositivo a alimentar con dicha batería.

Para ello se realiza un estudio de los diferentes modelos de Raspberry Pi del mercado, obteniendo así como resultado que el mejor modelo, y el que más se adapta a este diseño es el modelo Raspberry Pi Zero.

Para la alimentación de las Raspberry Pi Zero se va a usar un HAT de alimentación diseñado por silicognitition LLC y de venta el Tindie. Es un HAT diseñado para alimentar la Raspberry Pi con una sola celda de LiFePO4. Proporciona a la Raspberry Pi Zero los 5V de alimentación necesarios.

Según los datos obtenidos en los ensayos, este módulo llamado LiFePO4wered/Pi da a la Raspberry Pi Zero una autonomía de una hora y media, que puede aumentar o disminuir dependiendo de los periféricos conectados a ella.

Una vez elegido el modelo de alimentación, se procede a decidir el proceso de carga de la celda de LiFePO4.

El HAT de alimentación incluye ya un módulo de carga diseñado para ese proyecto, con el que se le da a la celda las fases de carga que necesita para no ser dañada. Ese modulo, se carga a través de un microUSB, pero recordando, se quiere que el dispositivo sea sin cables, y para que el dispositivo no tenga ningún tipo de contacto eléctrico, hay que buscar un método de carga inalámbrica.

De todos los procesos de carga inalámbrica, se opta por el proceso de carga por inducción mediante dos bobinas que al ser acercadas producen la energía suficiente para alimentar la celda.

El módulo de carga por inducción elegido es un módulo de venta en adafruit que ofrece a la salida los 5V que requiere el LiFePO4wered/Pi para cargar la celda de LiFePO4, cuando se le da a la entrada una tensión de entre 9 y 12V.

Una vez decidido y comprado los componentes necesarios, se procede al montaje y a comprobar que las decisiones tomadas son las correctas.

Se comprueba que el HAT de alimentación funciona, haciendo que la Raspberry Pi Zero funcione alimentado solamente por ese dispositivo. Y se comprueba que la cerda se carga correctamente, con el módulo de carga inalámbrica adquirido.

Para obtener detalles más específicos sobre ello, se procede a la realización de ensayos.

Por un lado se van a obtener graficas de los datos obtenidos sobre la descarga de la celda, y por otro lado se van a obtener graficas de los datos obtenido sobre la carga de la misma celda.

Para la obtención de los datos de la descarga de la celda, así como de la tensión de alimentación que ofrece esa celda a la Raspberry Pi, se procede a la realización de programas llamados scripts.

Esos programas son realizados desde la ventana de comandos que ofrece Raspberry Pi (la cual usa el sistema operativo Linux), y obtiene los datos mediante la ayuda de las librerías y programas compartidos que ofrece LiFePO4wered/Pi para la obtención de datos mediante unas ordenes determinadas.

Cuando se ejecuta ese Script eso datos obtenidos se envían a un archivo .txt mediante el cual luego se procede a sacar esos datos en una gráfica con un editor llamado GNUPLOT.

Para la obtención de datos de la carga de la celda no se pueden obtener de la misma manera por las características que ofrece el LiFePO4wered/Pi, que hacen que sea imposible sacar dichos datos si la alimentación de la Raspberry Pi es la misma celda de la que queremos sacar los datos.

Por ello, se decide obtener esas muestras de una forma externa, medidas con otra Raspberry Pi mediante un conversor analógico digital que obtiene los datos de la tensión de la batería.

Para la obtención de esos datos se utiliza un software desarrollado por Ivan Valbuena Sánchez en el capítulo 4 de su proyecto “Sensores de bajo coste aplicados al campo de la contaminación atmosférica: Desarrollo de un prototipo”.

Dicho software fue diseñado para poder modificar las características necesarias del programa, y leer la tensión de cualquier dispositivo que cumpla las características, como es el caso de la celda de este proyecto.

Una vez modificados los ficheros y el código necesario para que se ajuste a la obtención de datos de dicha celda. Se ejecuta el programa y al igual que en la obtención de datos de la descarga, se guardan los datos en un archivo .txt, mediante el cual después se obtienes las gráficas de los resultados.

Con las gráficas obtenidas, se comprueba que el funcionamiento del sistema de carga diseñado para la Raspberry Pi Zero, es el correcto.

ÍNDICE GENERAL

[1 OBJETIVOS 1](#_Toc520389404)

[2 ANTECEDENTES 2](#_Toc520389405)

[3 ESTUDIO DEL ARTE DE LAS BATERÍAS 3](#_Toc520389406)

[3.1 HISTORIA 3](#_Toc520389407)

[3.2 DEFINICIÓN 4](#_Toc520389408)

[3.3 TIPOS DE CONEXIONES 5](#_Toc520389409)

[3.4 TIPOS DE BATERÍAS 5](#_Toc520389410)

[3.5 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU COMPOSICIÓN 6](#_Toc520389411)

[3.5.1 Plomo-Ácido. 6](#_Toc520389412)

[3.5.2 Níquel. 7](#_Toc520389413)

[3.5.3 Sulfuro de Sodio. 8](#_Toc520389414)

[3.5.4 Iones de Litio 9](#_Toc520389415)

[3.5.5 Comparativa 11](#_Toc520389416)

[4 ELECCIÓN DE BATERÍA 12](#_Toc520389417)

[4.1 TIPOS DE LI-ION 12](#_Toc520389418)

[4.1.1 Óxido de cobalto de litio (LiCoO2) 12](#_Toc520389419)

[4.1.2 Óxido de manganeso de litio (LiMn2O4) 13](#_Toc520389420)

[4.1.3 Fosfato de hierro y litio (LiFePO4) 13](#_Toc520389421)

[4.1.4 Óxido de aluminio de cobalto de litio y níquel (LiNiCoAIO2) 14](#_Toc520389422)

[4.1.5 Titanato de Litio (Li4Ti5O12) 14](#_Toc520389423)

[4.1.6 Comparativa 15](#_Toc520389424)

[5 ESTUDIO DE LAS NECESIDADES DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO 16](#_Toc520389425)

[5.1 DISPOSITIVO 16](#_Toc520389426)

[5.1.1 RASPBERRY PI 1 16](#_Toc520389427)

[5.1.2 RASPBERRY PI 2 MODEL B 18](#_Toc520389428)

[5.1.3 RASPBERRY PI ZERO 18](#_Toc520389429)

[5.1.4 RASPBERRY PI 3 MODEL B 19](#_Toc520389430)

[5.1.5 RASPBERRY PI ZERO W 20](#_Toc520389431)

[5.2 CARACTERÍSTICAS DE ALIMENTACIÓN 21](#_Toc520389432)

[5.3 HAT DE ALIMENTACIÓN 22](#_Toc520389433)

[5.3.1 Zero LiPo/LiPo SHIM. 22](#_Toc520389434)

[5.3.2 LiFePo4wered/Pi. 23](#_Toc520389435)

[6 DIMENSIONADO DE BATERÍAS 25](#_Toc520389436)

[6.1 DETALLES DE BATERIA LIFEPO4 25](#_Toc520389437)

[6.2 SISTEMAS DE GESTIÓN DE BATERIAS 26](#_Toc520389438)

[6.3 ELECCIÓN DE LA CELDA 26](#_Toc520389439)

[7 PROCESO DE CARGA 28](#_Toc520389440)

[7.1 ESTUDIO DE LAS FORMAS DE CARGA 28](#_Toc520389441)

[7.1.1 CARGAS INALÁMBIRCAS 28](#_Toc520389442)

[7.1.1.1 Carga por resonancia magnética. 28](#_Toc520389443)

[7.1.1.2 Carga inductiva. 28](#_Toc520389444)

[7.1.1.3 Carga por materiales piezoeléctricos. 28](#_Toc520389445)

[7.1.2 CARGA SOLAR 28](#_Toc520389446)

[7.2 ELECCIÓN DEL MODELO DE CARGA 29](#_Toc520389447)

[7.3 ESTUDIO DE CARGA PARA BATERIAS LIFEPO4 30](#_Toc520389448)

[7.4 PARÁMETROS DE UNA BATERÍA 31](#_Toc520389449)

[7.4.1 Capacidad 31](#_Toc520389450)

[7.4.2 Corriente de carga 31](#_Toc520389451)

[7.4.3 Capacidad especifica 31](#_Toc520389452)

[7.4.4 Energía específica 31](#_Toc520389453)

[7.4.5 Potencia específica 31](#_Toc520389454)

[7.4.6 Vida media 31](#_Toc520389455)

[7.4.7 Efecto memoria 31](#_Toc520389456)

[7.4.8 Estado de salud (SoH) 32](#_Toc520389457)

[7.4.9 Estado de carga (SoC) 32](#_Toc520389458)

[7.4.10 Estado de función (SoF) 32](#_Toc520389459)

[7.4.11 Autodescarga 32](#_Toc520389460)

[7.4.12 Eficiencia 32](#_Toc520389461)

[7.4.13 Profundidad de descarga 32](#_Toc520389462)

[7.4.14 C-Rates 32](#_Toc520389463)

[7.5 ELECIÓN DEL CONJUNTO DE CARGA INDUCTIVA 32](#_Toc520389464)

[8 DISEÑO Y MONTAJE DEL PROTOTIPO 33](#_Toc520389465)

[8.1 SISTEMA DE CARGA 33](#_Toc520389466)

[8.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN 35](#_Toc520389467)

[8.2.1 INSTALACIÓN HARDWARE 35](#_Toc520389468)

[8.2.2 INSTALACIÓN SOFTWARE 37](#_Toc520389469)

[8.2.2.1 Linux 38](#_Toc520389470)

[8.2.2.2 Instalación de Bibliotecas 38](#_Toc520389471)

[9 ENSAYOS 39](#_Toc520389472)

[9.1 RECOGIDA DE DATOS DE LA ALIMENTACION DE RASPBERRY PI 39](#_Toc520389473)

[9.1.1 Shell Scripts 43](#_Toc520389474)

[9.1.1.1 Shell Script Descarga 43](#_Toc520389475)

[9.1.1.2 Shell Scripts Alimentación 44](#_Toc520389476)

[9.1.2 Resultados 45](#_Toc520389477)

[9.1.2.1 Descarga 45](#_Toc520389478)

[9.1.2.2 Alimentación 47](#_Toc520389479)

[9.2 RECOGIDA DE DATOS DE CARGA DE LA BATERÍA 47](#_Toc520389480)

[9.2.1 Lenguaje y construcción del Software 48](#_Toc520389481)

[9.2.2 Estructura 49](#_Toc520389482)

[9.2.3 Protocolo de comunicación 49](#_Toc520389483)

[9.2.4 Descripción de ficheros 49](#_Toc520389484)

[9.2.5 Resultados 65](#_Toc520389485)

[9.2.6 CONEXIONES 66](#_Toc520389486)

[10 CONCLUSIONES 68](#_Toc520389487)

[11 BIBLIOGRAFÍA 70](#_Toc520389488)

[12 ANEXOS 72](#_Toc520389489)

[ANEXO I. LIFEPO4WERED/PI. 73](#_Toc520389490)

[ANEXO II. LIFEPO4WERED/USB. 74](#_Toc520389491)

[ANEXO III. IFR14500EC (DATA SHEET) 78](#_Toc520389492)

[ANEXO IV. ADS1118 (DATA SHEET) 90](#_Toc520389493)

ÍNDICE DE TABLAS

[Tabla 1. Tipos de baterías de Li-ion. Fuente: [11]. 9](#_Toc520389494)

[Tabla 2. Características de las baterías. Fuente: [10]. 11](#_Toc520389495)

[Tabla 3. Tabla Comparativa LI-ION 15](#_Toc520389496)

[Tabla 4. CORRIENTES ALMINETACION RPI. 21](#_Toc520389497)

[Tabla 5. CONFIGURACION DE BIT DEL ADS1118. 63](#_Toc520389498)

[Tabla 6. CONEXIÓN CONVERSOR ads1118. 67](#_Toc520389499)

ÍNDICE DE FIGURAS

[Fig 1. Proceso Electrolítico. Recuperado de https://lidiaconlaquimica.wordpress.com/tag/celda-electrolitica/ 4](#_Toc520389500)

[Fig 2. Tipos de Conexión de Celdas. Recuperado de https://bateriasyamperios.com/guia-e-instalacion/baterias-en-serie-y-paralelo-como-debo-conectar/ 5](#_Toc520389501)

[Fig 3. Raspberry Pi modelo 1. Recuperado de https://www.luisllamas.es/modelos-de-raspberry-pi/ 17](#_Toc520389502)

[Fig 4. Raspberry Pi modelo 2. Recuperado de https://www.luisllamas.es/modelos-de-raspberry-pi/ 18](#_Toc520389503)

[Fig 5. Raspberry Pi Zero. Recuperado de https://www.luisllamas.es/modelos-de-raspberry-pi/ 18](#_Toc520389504)

[Fig 6. Raspberry Pi modelo 3. Recuperado de https://www.luisllamas.es/modelos-de-raspberry-pi/ 19](#_Toc520389505)

[Fig 7. Raspberry Pi Zero W. Recuperado de https://www.luisllamas.es/modelos-de-raspberry-pi/ 20](#_Toc520389506)

[Fig 8. LiPo SIM. Recuperado de pimorini.com 22](#_Toc520389507)

[Fig 9. LiFePo4 Wered/Pi. Recuperado de tindie.com 23](#_Toc520389508)

[Fig 10. Funcionamiento de baterías de ion-litio. Recuperado de aficionadosalamecanica.com 25](#_Toc520389509)

[Fig 11. Conjunto carga inductiva 1. Recuperado de https://www.adafruit.com/product/1407 30](#_Toc520389510)

[Fig 12. Conjunto carga inductiva 2. Recuperado de http://slideflix.net/doc/868974/baterias-inductivas 30](#_Toc520389511)

[Fig 13. Módulo de carga inalámbrico. 33](#_Toc520389512)

[Fig 14. Módulo de carga. Recuperado de Tindie. 34](#_Toc520389513)

[Fig 15. Conexión carga micro USB. Recuperado de Tindie. 35](#_Toc520389514)

[Fig 16. GPIO Raspberry Pi Zero 36](#_Toc520389515)

[Fig 17. LiFePO4wered/Pi conectado a Raspberry Pi Zero 37](#_Toc520389516)

[Fig 18. Datos descarga 1. 45](#_Toc520389517)

[Fig 19. Datos descarga 2. 46](#_Toc520389518)

[Fig 20. Datos alimentación. 47](#_Toc520389519)

[Fig 21. Datos de carga 1. 65](#_Toc520389520)

[Fig 22. Datos de carga 2. 65](#_Toc520389521)

[Fig 23. Conexiones conversor ads1118. 66](#_Toc520389522)

[Fig 24. Pines SPI RPi Zero. Recuperado de https://pinout.xyz/# 67](#_Toc520389523)

# ANEXOS

En éste capítulo se incluyen las hojas de datos de los dispositivos utilizados en el proyecto sacadas de su distribuidor.

ANEXO I. LIFEPO4WERED/PI.

Debido a la extensión de las especificaciones de este producto, este anexo se incluye en el CD como archivo LiFePO4wered-Pi-Product-Brief.pdf

ANEXO II. LIFEPO4WERED/USB.

Introduction



*LiFePO4wered/USB™ is a convenient power module that makes it easy for makers and engineers to integrate LiFePO4 battery technology into their 3.3 V powered circuits.*

*What are LiFePO4 batteries?*

LiFePO4 or “Lithium iron phosphate”, is a relatively new Lithium-ion chemistry that offers some distinct advantages:

* 3.2 V nominal voltage.
* 3.6 V maximum voltage during the charge cycle.
* Stable and safe chemistry, significantly reducing risk of fire and explosion compared to other Lithium-ion batteries.
* Long shelf-life and calendar life.
* No memory effect.
* High charge/discharge cycle count (>1000).
* Wide temperature range (-20 ºC - 60 ºC).
* High power density.
* Low internal resistance.
* Environmentally friendly and RoHS compliant.

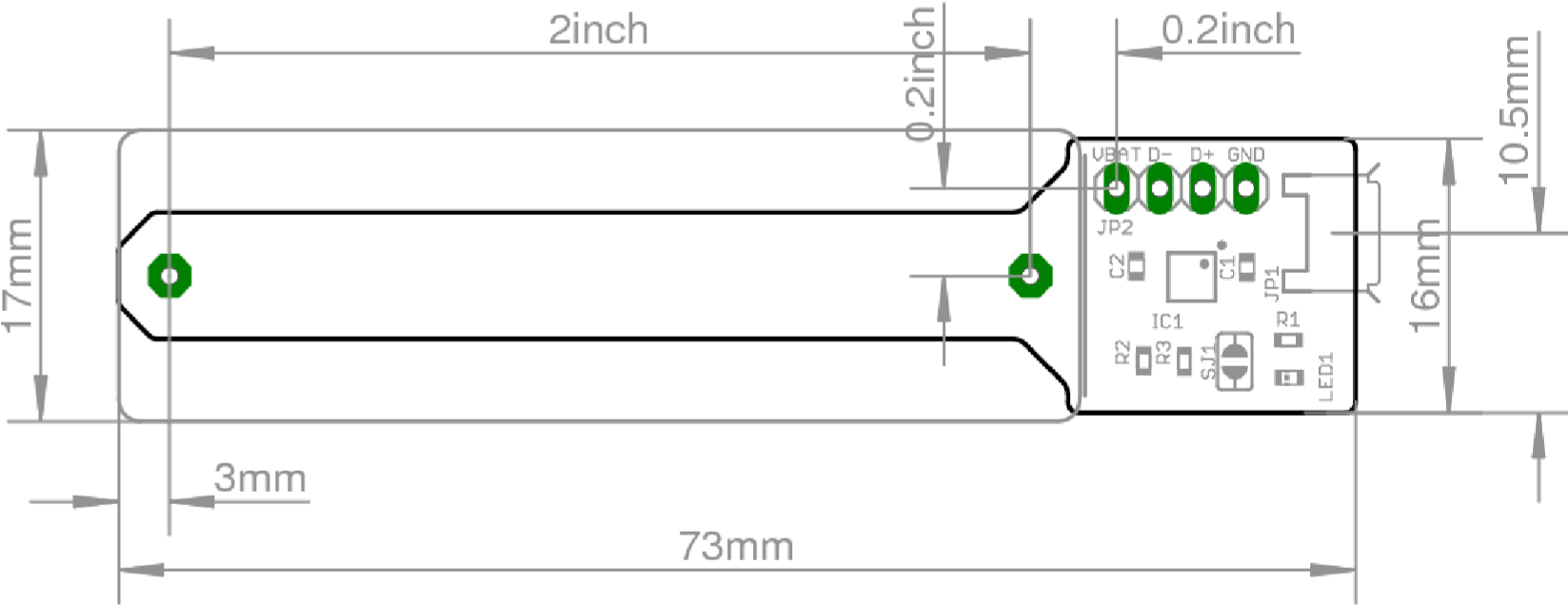
*What is LiFePO4wered/USB™?*

Short answer: a convenient module to get you started with LiFePO4 battery technology.

Long answer: a complete USB chargeable LiFePO4 battery system with these great features:

* Convenient “battery holder with USB connector” form factor for easy PCB integration.
* Single sided design enables mounting flush with a carrier PCB.
* Connections are on a 0.1” grid for easy use with solderless breadboard or prototype PCBs.
* Uses micro-USB charge connector, for compatibility with ubiquitous cell phone chargers.
* Ultra low leakage of only 0.5 μA when the charger is disconnected.
* Smart charger IC keeps battery topped up as long as USB power is present while preventing overcharge, and provides features such as preconditioning and battery short protection.
* 3.3 V circuits can connect directly to the battery without the need for a voltage regulator.
* Extra 0.1” connector provides access to USB signals as well as alternative access to the battery power.
* Status LED indicates when the battery is charging.
* The battery can be charged while it is powering a circuit.
* Bridging solder jumper SJ1 turns on fast charge mode, requiring only half the normal charge time.

**Mechanical characteristics**



The overall height of the device from the bottom of the PCB to the top of the battery is less than 20 mm. The battery terminals are typically 7.5 or 11.5 mm long and 0.7 or 0.8 mm in diameter, depending on the particular battery holder installed.

**Electrical characteristics**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unless otherwise indicated, all characteristics apply for VUSB = 4.5 V to 6.5V and TA = -20 ºC to 60 ºC. Typical values are at 25 ºC and VUSB = 5 V. | | | | | | |
| Parameter | Sym | Min | Typ | Max | Unit | Conditions |
| USB charge voltage | VUSB | 4.2 | 5.0 | 6.5 | V |  |
| Battery leakage current | IDISCHARGE |  | 0.5 | 2 | μA | USB voltage absent |
| 6 | 17 | μA | USB voltage present |
| Battery charge current | ICHARGE |  | 245 |  | mA | SJ1 open |
| 480 | mA | SJ1 bridged |
| Maximum output voltage | VREG | 3.58 | 3.6 | 3.62 | V | TA = -5 °C to 55 °C |
| Battery short protection threshold | VSHORT |  | 1.45 |  | V |  |
| Battery short protection current | ISHORT |  | 25 |  | mA |  |
| Precondition voltage threshold | VPTH | 1.9 | 2.0 | 2.1 | V |  |
| Precondition current ratio | IPRE /  ICHARGE |  | 10 |  | % | TA = -5 °C to 55 °C |
| Auto recharge voltage ratio threshold | VARECH / VREG | 93 | 95 | 97 | % |  |
| Thermal shutdown | TSD |  | 150 |  | °C | @ charge controller die |

**Sales and support**

To buy the LiFePO4wered/USB™, please visit [http://lifepo4wered.com.](http://lifepo4wered.com/) To order in quantity and for volume discounts, please contact sales@lifepo4wered.com.

For technical support, please contact support@lifepo4wered.com.

© 2014 Silicognition LLC. All rights reserved.

ANEXO III. IFR14500EC (DATA SHEET)

**Specification Approval Sheet**

**Model**：**IFR14500EC-600mAh**

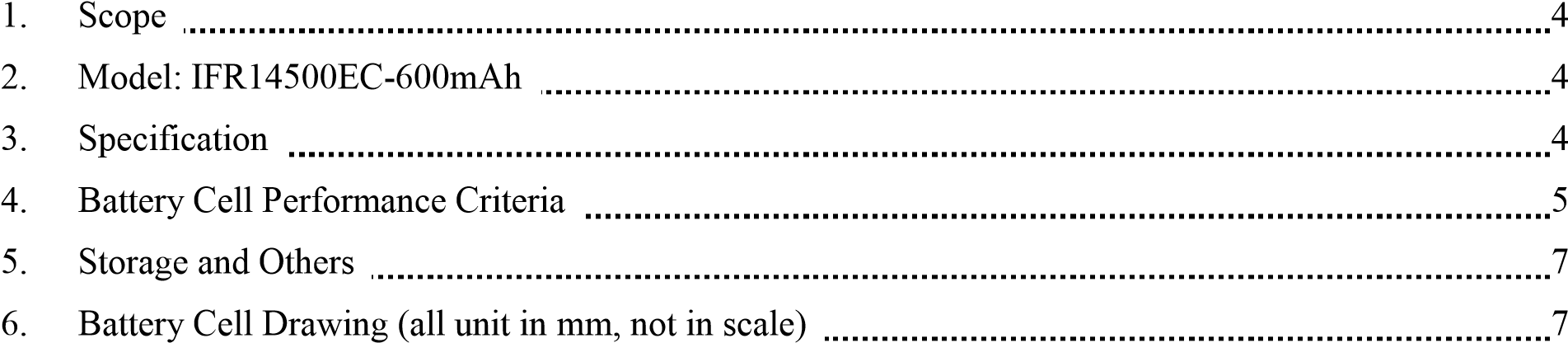
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Prepared by** | **Approved by R&D** | **Approved by SALES** | **Approved by QA** |
|  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Customer**  **Approval** | **Signature** | **Date** |
|  |  |
| **Company Name** ： |  |
| **Company Stamp** ： |  |

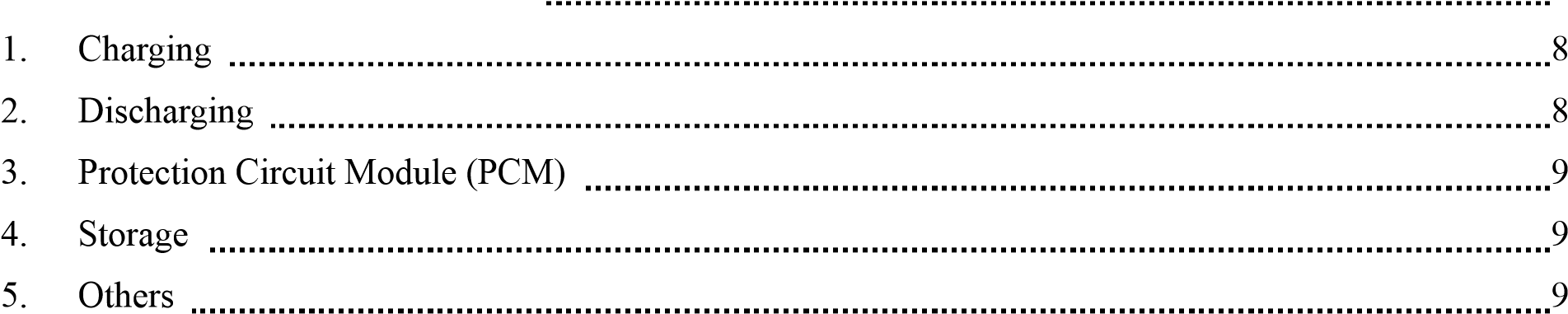
**AMENDMENT RECORDS**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Revision** | **Description** | **Prepared** | **Approval** | **Date** |
| A0 | First Edition |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**Content**



Handling Precautions and Guideline 8



Customer Inquiry 11

1. Scope

This document describes the Product Specification of the Lithium-ion rechargeable battery cell supplied by

O’CELL (O’cell Technology CO., LTD).

**2. Model**：**IFR14500EC-600mAh**

3. Specification

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Items | Specifications |
| 1 | Charge cut-off voltage | 3.65V |
| 2 | Nominal voltage | 3.2V |
| 3 | Minimal capacity | 550mAh @ 0.2C Discharge |
| 4 | Nominal capacity | 600mAh @ 0.2C Discharge |
| 5 | Charge current | 0.5C |
| 6 | Standard charging method | 0.5C CC (constant current) charge to 3.65V, then CV (constant voltage  3.65V) charge till charge current decline to  0.05C |
| 7 | Charging time | Standard charge: 3.0 hours Ref |
| 8 | Max. charge current | 1C |
| 9 | Max. continue discharge current | 2C (Cell skin temperature cannot exceed 80°C) |
| 10 | Discharge cut-off voltage | 2.0V |
| 11 | Operating temperature | Charging: -10°C ~ 45°C  Discharging: -20°C ~ 60°C  (Cell skin temperature cannot exceed 80°C) |
| 12 | Storage temperature/humidity | Temperature -10°C ~ +35°C  Humidity 65%±20%RH  (Recommended to store 23 ± 5°C for long term storage) |
| 13 | Cell Weight | 18.0g±1.0g |
| 14 | Cell Dimension | Length: 50.0±0.3 mm  Width: 14.2±0.2 mm |

4. Battery Cell Performance Criteria

4.1. Electrical characteristics

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Items | Test Method and Condition | | | Criteria |
| 1 | Standard Charge | Charging the cell initially with constant current at 1C and then with constant voltage at 3.65V till charge current declines to  0.05C. | | | N.A. |
| 2 | Rated Cap 0.2C | Capacity measured with discharge current of 0.2C with 2.0V cut-off voltage after the standard charge. | | | 600mAh |
| Rated Cap 0.5C | Capacity measured with discharge current of 0.5C with 2.0V cut-off voltage after the standard charge. | | | 550mAh |
| Rated Cap 1C | Capacity measured with discharge current of 1C with 2.0V cut-off voltage after the standard charge. | | | 450mAh |
| Rated Cap 2C | Capacity measured with discharge current of 2C with 2.0V cut-off voltage after the standard charge. | | | 400mAh |
| Rated Cap 3C | Capacity measured with discharge current of 3C with 2.0V cut-off voltage after the standard charge. | | | 400mAh |
| 3 | Cycle Life | Test condition：  Temperature: 23±5°C  Charge: 1C CC to 3.65V, and CV to 0.05C cut off  Discharge: 1C discharge to 2.0V  80% or more of 1st cycle capacity at 1C discharge of operation | | |  2000 times |
| 4 | Storage Performance | Battery cell stored at 25°C with 50% SOC | | |  |
|  | 1Month | 3Month | 6Month |
| Cap Retention | 90% | 85% | 80% |
| Cap Recovery | 95% | 90% | 85% |
| 5 | Initial Impedance | Internal resistance measured at AC 1KHz after 50% charge | | |  100 mohm |
| 6 | Cell Voltage | As of shipment | | | 3.3V ~ 3.4V |

4.2 Safety Performance

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No. | Items | Test Method and Condition | Criteria |
| 1 | Overcharge  (3C/10V) | Charge the cell with current of 3C, till the voltage of the cell reach 10V and current reduce to 0A. Monitor the variation of the cell’s temperature in the process of the test. Stop the test when the temperature of the cell falls to value 10ºC lower than the peak value. | No explosion  No fire |
| 2 | Over Discharge | Charge: 1C CC to 3.65V and CV to 0.05C cut off, Discharge the cell with 1C current for 2.5 hours. | No explosion  No fire  No leakage |
| 3 | Nail test | Charge: 1C CC to 3.65V, and CV to 0.05C cut off, Standby for 1 hour, then measure OCV, A nail is penetrated vertically through the center of the cell and left for over 1h. The diameter of the nail is  2.5~3.5 mm. | No explosion  No fire |
| 4 | Short test  (25°C) | The battery to be fully charged with standard charging condition, and short the positive and negative terminals for 4 hrs with wire resistance = 30mOhm at 25°C. | No explosion  No fire |
| 5 | Short test  (55°C) | The battery to be fully charged with standard charging condition, and short the positive and negative terminals for 4 hrs with wire resistance = 30mOhm at 55°C. | No explosion  No fire |
| 6 | Heating test  (130°C) | The battery to be fully charged with standard charging condition, and put into the chamber for heating at 130°C / 30mins. | No explosion  No fire |

4.3 Environmental and Mechanical Test

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No. | Items | Test Method and Condition | Criteria |
| 1 | Vibration test | After standard charging, fixed the cell to vibration table and subjected to vibration cycling that the frequency is to be varied at the rate of 1Hz per minute between 10Hz and 55Hz, the excursion of the vibration is 1.6mm. The cell shall be vibrated for 30 minutes per axis of x, y axes. | No leakage  No fire  No explosion |
| 2 | Drop test | The battery to be fully charged with standard charging condition, and dropped from a height of 1m to concrete floor for 6 times (+/- direction on x, y axes). | No leakage  No fire  No explosion |
| 3 | Impact test | The battery to be fully charged with standard charging condition, and put a rod with diameter = 15.8mm on the cell, and then heavy block | No explosion  No fire |
|  |  | (weight = 9.1Kg) crash on the cell from a certain height (height = 61.0cm). |  |
| 4 | Crush test | Cell is to be crushed between two flat surfaces, the crushing is to be continued until applied force of 13 kN, and once the maximum force has been obtained it is to be released. Measure its temperature and observe event. | No explosion  No fire |
| 5 | Shock test | The battery to be fully charged with standard charging condition, and subjected to 6 shocks/axis, 18 total, of peak acceleration of 150g and pulse duration of 6 ms. | No explosion  No fire  No leakage |

4.4 Visual inspection

There shall be no such defect as scratch, flaw, crack, and leakage, which may adversely affect commercial value of the cell.

4.5 Standard environmental test condition

Unless otherwise specified, all tests stated in this Product Specification are conducted at below condition:

Temperature: 23  5°C Humidity: 65  20% RH

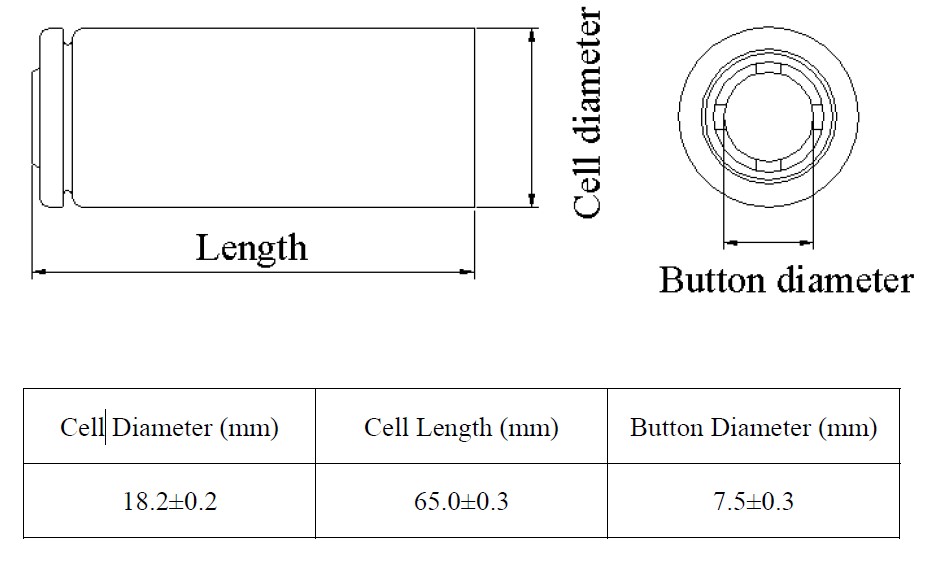
**5 Storage and Others**

5.1 Long Time Storage

If the Cell is stored for a long time, the cell’s storage voltage should be 3.2V ~ 3.4V and the cell is to be stored in a condition as No. 4.4. **5.2 Others**

Any matters that this specification does not cover should be conferred between the customer and O’CELL.

6 Battery Cell Drawing (all unit in mm, not in scale)



Handling Precautions and Guideline

**For Lithium-Ion Rechargeable Batteries**

Preface

This document of ‘Handling Precautions and Guideline’ shall be applied to the battery cells manufactured by

O’CELL (O’cell Technology CO., LTD). Note (1):

The customer is requested to contact O’CELL in advance, if and when the customer needs other applications or operating conditions than those described in this document. Additional experimentation may be required to verify performance and safety under such conditions.

Note (2):

O’CELL will take no responsibility for any accident when the cell is used under other conditions than those described in this document.

Note (3):

O’CELL will inform, in a written form, the customer of improvement(s) regarding proper use and handling of the cell if it is necessary.

1. Charging
   1. Charging current:

Charging current should be less than the maximum charge current specified in the Product Specification. Charging with higher current than recommended value may cause damage to cell electrical, mechanical and safety performance and could lead to heat generation or leakage.

* 1. Charging voltage:

Charging shall be done by voltage less than that specified in the Product Specification (3.65V/cell). Charging beyond 3.70V, which is the absolute maximum voltage, must be strictly prohibited. The charger shall be designed to comply with this condition. Charging with higher voltage than maximum voltage may cause damage to the cell electrical, mechanical safety performance and could lead to heat generation or leakage.

* 1. Charging temperature:

The cell shall be charged within -10°C ~ 45°C range in the Product Specification.

* 1. Prohibition of reverse charging:

Reverse charging is prohibited. The cell shall be connected correctly. The polarity has to be confirmed before wiring. In case of the cell is connected improperly, the cell cannot be charged. Reverse charging may cause damage to the cell which may lead to degradation of cell performance and damage the cell, which will cause heat generation or leakage.

1. Discharging
   1. Discharging current

The cell shall be discharged at less than the maximum discharge current specified in the Product Specification.

High discharging current may reduce the discharging capacity significantly or cause over-heat.

* 1. Discharging temperature

The cell shall be discharged within -20°C ~ 60°C range specified in the Product Specification.

* 1. Over-discharging

It should be noted that the cell would be at an over-discharged state by its self-discharge characteristics in case the cell is not used for long time. In order to prevent over-discharging, the cell shall be charged

Periodically to maintain between 3.2V and 3.4V. Over-discharging may causes loss of cell performance, characteristics, or battery functions. The charger shall be equipped with a device to prevent further discharging exceeding a cut-off voltage specified in the Product Specification. Also the charger shall be equipped with a device to control the recharging procedures as follows:

The cell battery pack shall start with a low current (0.01C) for 15 - 30 minutes, i.e. pre-charging, before rapid charging starts. The rapid charging shall be started after the (individual) cell voltage has been reached above 3V within 15 - 30 minutes that can be determined with the use of an appropriate timer for pre-charging. In case the (individual) cell voltage does not rise to 3V within the pre-charging time, then the charger shall have functions to stop further charging and display the cell/pack is at abnormal state.

1. Protection Circuit Module (PCM)

The cell/battery pack shall be with a PCM that can protect cell/battery pack properly. PCM shall have functions of (1) overcharging prevention, (2) over-discharging prevention, and (3) over current prevention to maintain safety and prevent significant deterioration of cell performance. The over current can occur by external short circuit.

* 1. Overcharging prohibition:

Overcharging prevention function shall stop charging if any one of the cells of the battery pack reaches 3.70V.

* 1. Over-discharge prohibition:

Over-discharging prevention function shall work to avoid further drop in cell voltage of 2.0V or less per cell in any cell of the battery pack. It is recommended that the dissipation current of PCM shall be minimized to

0.5uA or less with the over-discharge prevention.

The protection function shall monitor each bank of the battery pack and control the current all the time.

1. Storage

The cell shall be storied within -10°C ~ 35°C range environmental conditions. If the cell has to be stored for a long time (Over 3 months), the environmental condition should be:

Temperature: 23 ± 5°C

Humidity: 65 ± 20%RH

The voltage for a long time storage shall be 3.3V ~ 3.4V range.

1. Others
   1. Prevention of short circuit within a battery pack

Enough insulation layers between wiring and the cells shall be used to maintain extra safety protection. The battery pack shall be structured with no short circuit within the battery pack, which may cause generation of smoke or firing.

* 1. Prohibition of disassembly
     1. Never disassemble the cells

The disassembling may generate internal short circuit in the cell, which may cause gassing, firing, or other problems.

* + 1. Electrolyte is harmful

LIP battery should not have liquid from electrolyte flowing, but in case the electrolyte come into contact with the skin, or eyes, physicians shall flush the electrolyte immediately with fresh water and medical advice is to be sought.

* 1. Prohibition of dumping of cells into fire

Never incinerate nor dispose the cells in fire. These may cause firing of the cells, which is very dangerous and is prohibited.

* 1. Prohibition of cells immersion into liquid such as water

The cells shall never be soaked with liquids such as water, seawater, and drinks such as soft drinks, juices, coffee or others.

* 1. Battery cells replacement

The battery replacement shall be done only by either cells supplier or device supplier and never be done by the user.

* 1. Prohibition of use of damaged cells

The cells might be damaged during shipping by shock. If any abnormal features of the cells are found such as damages in a plastic envelop of the cell, deformation of the cell package, smelling of an electrolyte, an electrolyte leakage and others, the cells shall never be used any more.

The Cells with a smell of the electrolyte or a leakage shall be placed away from fire to avoid firing.

Customer Inquiry

Model:

Version:

The customer is requested to write down your information and contact O’CELL in advance, if and when the customer needs applications or operating conditions other than those described in this document. O’CELL could design and build such products according to your special request.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Special Request | Criteria |
| 1 |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| 4 |  |  |
| 5 |  |  |

Company Name： Signature： Date： \_\_

ANEXO IV. ADS1118 (DATA SHEET)

Debido a la extensión de las especificaciones de este producto, este anexo se incluye en el CD como archivo ads1118.pdf.