

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática****TRABAJO FIN DE GRADO****TFG. Nº: 770G01A78****TÍTULO: DISEÑO DE UNA LUZ A LED CON PANEL SOLAR Y
BATERÍA DE LI-ION, CON SENSOR DE MOVIMIENTO****AUTOR: ANDRÉS SECO CASTRO****TUTOR: ROBERTO JOSÉ PÉREZ SERANTES****FECHA: SEPTIEMBRE DE 2015****Fdo.: EL AUTOR****Fdo.: EL TUTOR**

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO: DISEÑO DE UNA LUZ A LED CON PANEL SOLAR Y BATERÍA DE LI-ION, CON SENSOR DE MOVIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N

15405 - FERROL

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2015

AUTOR: ANDRÉS SECO CASTRO

Fdo.:

I ÍNDICE GENERAL	1
II MEMORIA.....	13
Índice del documento Memoria.....	17
Objeto.....	20
Alcance	22
Antecedentes	24
3.1 Convertidor elevador (boost).....	24
3.2 Panel fotovoltaico.....	25
3.3 Sensor de movimiento	25
3.4 Arduino	26
3.4.1 Selección Arduino.....	27
Normas y referencias	30
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	30
4.2 Bibliografía.....	31
4.2.1 Soporte digital.....	31
4.3 Programas de cálculo	32
Definiciones y abreviaturas.....	34
Requisitos del diseño	36

Análisis de las soluciones.....	39
Resultados finales	43
8.1 Librerías y variables	43
8.2 Detección de movimiento.....	47
8.2.1 Funcionamiento y descripción sensor PIR	48
8.2.2 Chip BISS0001	50
8.3 Sistema de alimentación	52
8.3.1 Regulador de carga	52
8.3.2 Panel solar y su caracterización	54
8.3.3 Batería (Sistema de acumulación).....	62
8.4 Alimentación 12V	64
8.5 Activación Luz LED	66
8.6 Detección día y noche.....	67
8.7 Panel LED.....	69
8.8 Caja y tapa.....	70
8.9 Montaje final.....	72
III ANEXOS.....	75
Índice del documento Anexos.....	79

Documentación de partida.....	81
Código.....	85
Datasheets.....	89
IV PLANOS.....	91
Índice del documento Planos.....	95
Módulo Relé SRD 5V.....	97
Módulo elevador de tensión 12V.....	99
PCM.....	101
Módulo Sensor PIR.....	103
Módulo cargador de baterías TP4056.....	105
Panel LED 12V.....	107
Caja.....	109
Tapa.....	111
Conexionado.....	113
V PLIEGO DE CONDICIONES.....	115
Índice del documento Pliego de Condiciones.....	119
Pliego de condiciones.....	121
12.1 Condiciones de uso.....	121

12.2 Componentes de sustitución	121
12.3 Requisitos de software y hardware	122
VI ESTADO DE MEDICIONES	124
Índice del documento Estado de Mediciones.....	128
Estado de mediciones	130
13.1 Componentes del dispositivo	130
13.2 Aparamenta	131
13.3 Consumo.....	131
VII PRESUPUESTO.....	134
Índice del documento Presupuesto.....	138
Presupuesto	140
14.1 Presupuesto de materiales.....	140
14.2 Presupuesto de recursos humanos.....	141

Índice de figuras

Figura 3.1.0.1 -Esquema elevador de tensión básico	24
Figura 3.3.0.1 -Sensor PIR HC-SR501	26
Figura 3.4.1.1 -Arduino Uno Rev 3	27
Figura 7.0.0.1 -Esquema alimentación Arduino	40
Figura 8.2.0.1 -Componentes HC-SR501	47
Figura 8.2.1.1 -Diagrama funcionamiento sensor PIR	48
Figura 8.2.2.1 -Sensor PIR	49
Figura 8.2.2.1 -Chip BISS0001	50
Figura 8.3.1.1 -Detalle regulador de carga	52
Figura 8.3.1.2 -Gráfica del tiempo de carga TP4046	53
Figura 8.3.2.1 -Panel solar vista frontal	55
Figura 8.3.2.2 -Panel solar vista trasera	55
Figura 8.3.2.3 -Ejemplo curva I-V	56
Figura 8.3.2.4 -Esquema medición valores I-V	57
Figura 8.3.2.5 -Montaje real medición valores I-V	57
Figura 8.3.2.6 -Montaje real medición valores I-V	58
Figura 8.3.2.7 -Curvas I-V y P-V día soleado	59

Figura 8.3.2.8- Curva I-V y P-V día nublado	60
Figura 8.3.2.9- Curva I-V y P-V Día sol con nubes	61
Figura 8.3.2.10- Curva I-V y P-V todos los días.....	62
Figura 8.3.3.1- Batería LiPo	63
Figura 8.3.3.2- Circuito de protección PCM.....	64
Figura 8.4.0.1- Elevador de tensión 12V	65
Figura 8.5.0.1- Módulo relé 5V	66
Figura 8.6.0.1- Divisor de tensión panel solar.....	68
Figura 8.7.0.1- Temperatura de la luz en grados Kelvin	69
Figura 8.7.0.2- Panel LED	70
Figura 8.7.0.1- Caja.....	71
Figura 8.7.0.1- Vista parte superior tapa	71
Figura 8.7.0.2- Vista parte inferior tapa	72
Figura 8.9.0.1- Montaje final vista inferior.....	72
Figura 8.9.0.2- Montaje final vista superior	73

Índice de tablas

Tabla 3.4.1.1-Resumen características Arduino Uno Rev3	28
Tabla 8.1.0.1-Interrupciones Arduino.....	44
Tabla 8.1.0.2-Configuración modo sleep	46
Tabla 8.2.2.1-Patillaje chip BISS0001.....	50
Tabla 8.3.1.1-Patillaje chip TP4056	53
Tabla 8.3.2.1-Valores medidos día soleado.....	59
Tabla 8.3.2.2- Valores medidos día nublado.....	60
Tabla 8.3.2.3-Valores medidos día sol con nubes	61
Tabla 12.1.0.1-Componentes del dispositivo	130
Tabla 12.2.0.1-Aparamenta utilizada	131
Tabla 13.1.0.1-Presupuesto de materiales	140
Tabla 13.2.0.1-Presupuesto de recursos humanos.....	141

MEMORIA

TÍTULO: DISEÑO DE UNA LUZ A LED CON PANEL SOLAR Y BATERÍA DE LI-ION, CON SENSOR DE MOVIMIENTO

MEMORIA

PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N
15405 - FERROL

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2015

AUTOR: ANDRÉS SECO CASTRO

Fdo.:

Índice del documento Memoria

Objeto	20
Alcance	22
Antecedentes	24
3.1 Convertidor elevador (boost)	24
3.2 Panel fotovoltaico	25
3.3 Sensor de movimiento	25
3.4 Arduino	26
3.4.1 Selección Arduino	27
Normas y referencias	30
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	30
4.2 Bibliografía	31
4.2.1 Soporte digital	31
4.3 Programas de cálculo	32
Definiciones y abreviaturas	34
Requisitos del diseño	36
Análisis de las soluciones	39
Resultados finales	43

8.1 Librerías y variables	43
8.2 Detección de movimiento.....	47
8.2.1 Funcionamiento y descripción sensor PIR.....	48
8.2.2 Chip BISS0001	50
8.3 Sistema de alimentación	52
8.3.1 Regulador de carga	52
8.3.2 Panel solar y su caracterización.....	54
8.3.3 Batería (Sistema de acumulación).....	62
8.4 Alimentación 12V	64
8.5 Activación Luz LED.....	66
8.6 Detección día y noche	67
8.7 Panel LED	69
8.8 Caja y tapa	70
8.9 Montaje final	72

Capítulo 1

Objeto

El objeto de este proyecto es el diseño e implementación de una luz LED con sensor de movimiento que utilice únicamente energía solar para su funcionamiento.

Capítulo 2

Alcance

El alcance de este proyecto debe comprender el aprendizaje, diseño e implementación de un sistema alimentado por energía solar. Para ello, se puede dividir el proyecto en los siguientes bloques:

1. Aprendizaje de programación en Arduino.
2. Diseño e implementación del circuito electrónico.
3. Elaboración de las curvas características del panel solar.

Capítulo 3

Antecedentes

3.1 Convertidor elevador (boost)

Para llevar a cabo la electrónica de potencia de nuestro circuito, es interesante conocer con antemano el circuito denominado convertidor elevador, como su nombre indica es un convertidor de tensión continua-tensión continua que permite obtener a la salida una tensión mayor que la que se le suministra a la entrada.

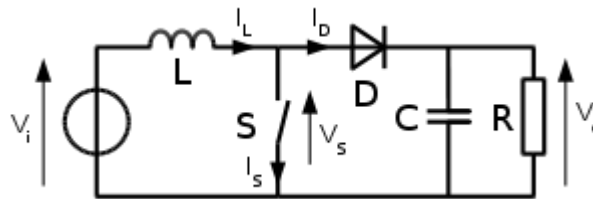


Figura 3.1.0.1-Esquema elevador de tensión básico

Generalmente, en sitio del interruptor suele colocarse un transistor MOSFET o un dispositivo de conmutación similar.

Este circuito actúa como una fuente de alimentación conmutada que cuenta como mínimo con dos interruptores conmutados (diodo y transistor) y un componente que nos permita almacenar energía (bobina, condensador...). También se le suele añadir filtros (condensadores) para disminuir el rizado y mejorar el rendimiento.

3.2 Panel fotovoltaico

Un panel fotovoltaico es un dispositivo que permite transformar la radiación solar en energía eléctrica. Está formado por un grupo de celdas (celdas fotovoltaicas) que se encargan de generar electricidad a partir de la luz que incide sobre ellas.

La principal ventaja de utilizar paneles solares es que producen energía limpia y renovable, sin tener que recurrir a los recursos fósiles y energía nuclear.

Las energías renovables (como la Energía solar, la Energía Eólica...etc) pueden permitirnos no dañar el medio ambiente y ser nuestras propias suministradores de energía y con todo ello ayudar a que la calidad de la Tierra y la vida en la Tierra sea mucho mejor.

3.3 Sensor de movimiento

El funcionamiento buscado hace indispensable el uso de este componente para realizar este proyecto debido a que se necesita reconocer el movimiento para encender la luz LED.

A este tipo de sensores se les denomina PIR (sensor de movimiento) o IR (infrarrojo). El sensor PIR casi siempre es utilizado para detectar si un ser humano se mueve dentro del rango del sensor.

El sensor PIR es un sensor piroeléctrico que puede detectar los niveles de radiación infrarroja. Todo emite algo de radiación aunque sea de poco nivel, entonces cuando aparece algo con mayor temperatura, también emite más radiación.



Figura 3.3.0.1-Sensor PIR HC-SR501

Este sensor presenta grandes ventajas, ya que presenta pequeño tamaño, tienen un bajo costo, bajo consumo de energía, fácil de usar y no tiene desgaste.

3.4 Arduino

Arduino es una plataforma de prototipado en código abierto. Fue creado para el desarrollo de proyectos electrónicos de bajo costo, como alternativa a las costosas placas de desarrollo existentes hasta su aparición.

Constituye una herramienta útil en aplicaciones de:

- Sensores, los que se conectan a sus entradas digitales y analógicas.
- Comunicación, pudiendo incluir I2C, TWI (“Two Wire Interface”), SPI o UART.
- Control de dispositivos, mediante las salidas digitales o de PWM (“Pulse Width Modulation”)

Existe una amplia gama de placas disponibles, la mayoría cuentan con microcontroladores Atmel, como en el modelo Uno, Mega o Nano que incluyen

el ATmega328 o el ATmega2560, otro podría ser el SAM3X8E ARM Cortex-M3, incluida en el Due, aunque poco a poco se van introduciendo otros de casas como Intel, con el modelo Galileo.

La programación del microcontrolador presente en estos dispositivos se hace mediante un lenguaje propio, Arduino, sencillo e intuitivo favorece un rápido aprendizaje. Este está basado en el lenguaje de alto nivel Processing y en C, por lo que soporta muchas de sus funciones.

3.4.1 Selección Arduino

En la realización del siguiente proyecto utilizamos el Arduino R3 debido a que ya lo he usado en diversos trabajos de la escuela. Este modelo de Arduino es suficientemente completo para la realización del control de sensores y actuadores, aunque también podríamos usar el Arduino Nano, que presenta consumos menores que el Arduino Uno.

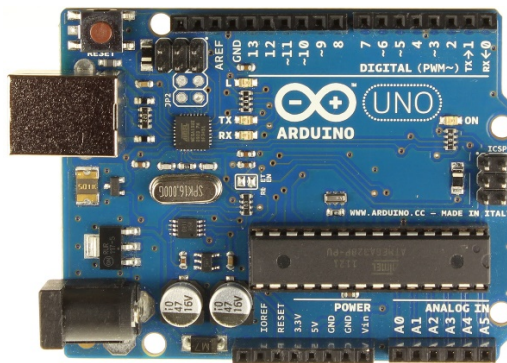


Figura 3.4.1.1-Arduino Uno Rev 3

El Arduino UNO R3 tiene microcontrolador ATmega328 y oscilador de cristal a 16 MHz. Presenta 14 pines de entrada/salida digitales, 6 de los cuales pueden ser usados como PWM. Dispone también de 6 entradas analógicas, conexión

USB e ICSP. Permite, al igual que la placa anterior comunicación serie, SPI y TWI. Mostramos una tabla con un resumen de sus características.

Microcontrolador	Atmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20V
Pines para entrada- salida digital.	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

Tabla 3.4.1.1-Resumen caraterísticas Arduino Uno Rev3

Capítulo 4

Normas y referencias

4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

En este apartado trataremos las disposiciones legales así como la normativa de obligado cumplimiento que se ha tenido en cuenta para la realización del TFG.

1. Normativa de la Escuela Universitaria Politécnica para la realización de trabajos fin de grado.
 - Reglamento del trabajo de fin de grado para la Escuela Universitaria Politécnica de Ferrol.
 - UNE-EN-ISO 216. “Papel de escritura y ciertos tipos de impresos. Formatos acabados, series A y B”.
 - UNE 50132. “Numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos”.
 - UNE 82100. “Magnitudes y unidades (partes 0 a 13)”.

2. Normativas que afectan a la calidad y exigencias de fabricación de los componentes utilizados para su comercialización y uso en la Unión Europea.
 - DIRECTIVA 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de diciembre de 2004 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

- UNE 20620-4:1980. “Materiales de base con recubrimiento metálico para circuitos impresos. Hoja de cobre”.
- UNE 21302-521:2004. “Vocabulario electrotécnico. Capítulo 521: Dispositivos semiconductores y circuitos integrados”.
- EN 123000/A1:1995. “Especificación genérica: Placas de circuitos impresos”.
- EN 123100:1992. “Especificación intermedia: placas de circuitos impresos de simple y doble cara con agujeros no metalizadas”. (Ratificada por AENOR en junio de 1996).

4.2 Bibliografía

- [1] Banzi, M. (2012). *Introducción a Arduino*. Anaya Multimedia.
- [2] Pérez, M. Á. (2006). *Instrumentación Electrónica*. Thompson Paraninfo.
- [3] W.Hart, D. (2001). *Electrónica de Potencia*. Pearson Education.

4.2.1 Soporte digital

- [4] <http://www.electfreaks.com/>
- [5] <http://www.ermicro.com/>
- [6] <http://www.instructables.com/>
- [7] <https://www.arduino.cc/>

4.3 Programas de cálculo

- Cadence Orcad Capture 16.5
- ArduinoISP Arduino 1.6.5
- Microsoft Office 2013
- Solid Edge ST6

Capítulo 5

Definiciones y abreviaturas

- TFG : trabajo fin de grado.
- PIR : sensor de movimiento.
- BOOST: elevador.
- USB : universal serial bus.
- EUP : escuela universitaria politécnica.
- LIPO : polímero de litio.
- LED : diodo emisor de luz.
- PCM : módulo circuito de protección.
- mAh : miliamperios hora

Capítulo 6

Requisitos del diseño

En este apartado se van evaluar los requisitos previos que serán necesarios para la realización del proyecto. Se atenderá a las cuestiones de diversa índole, ya sean hardware o software, como también a cuestiones de viabilidad, ya sean físicas o económicas.

1. Se ha escogido el software y el hardware de Arduino para realizar el control de nuestro sistema. Los motivos de la elección difieren de que es una de las placas con microcontrolador más baratas, funciona en la mayoría de los sistemas operativos, posee un entorno de programación simple y sencillo y tanto hardware como software, ampliables y de código abierto.
2. El sistema deberá estar alimentado única y exclusivamente mediante energía solar. Poseerá un acumulador de energía (batería) para poder funcionar así durante períodos en los que la energía solar sea prácticamente nula.
3. El sistema debe proporcionar alimentaciones de 5Vdc y 12Vdc para sensores y actuadores.
4. Mediante el software de Arduino se realiza:
 - Control de sensores.
 - Control de actuadores.
 - Reducción consumo arduino.

5. Las baterías deben de poseer los circuitos de protección necesarios para saber si llega a su tope de carga o de descarga. Este circuito nos permite evitar que se queme o explote la batería.
6. La luz LED solo funcionará de noche, para ello se leerán los valores de tensión del panel solar para diferencia entre el día y la noche.

Capítulo 7

Análisis de las soluciones

Durante el diseño e implementación de este proyecto se han barajado múltiples posibilidades para su elaboración, debido a las grandes posibilidades que nos ofrece la tecnología hoy en día.

Para realizar el control de sensores y actuadores se buscó una placa con microcontrolador que tenga una interface y un lenguaje de programación sencillos. Además, debe ser compatible con Windows 7 y ser de código abierto. Debido a que cumple dichas funciones y es la mejor opción económica me decanté por la plataforma de hardware y software libre de Arduino.

En cuanto a la alimentación de nuestro sistema con energía solar, el mercado nos ofrece diversas soluciones pero debido a las restricciones económicas y al alto precio de los componentes en este sector, se realizó la siguiente elección.

- Batería LiPo de 1050 mAh, me gustaría poder haber dotado mi sistema de una mayor autonomía, pero debido a los altos precios de las baterías no ha sido posible. Aun así, la solución buscada está enfocada al entorno didáctico.
- Panel Solar 6V 3.5W, por motivos similares a la batería nos hemos decantado por esta opción.

Las baterías LiPo deben estar protegidas para que no se quemen o exploten. Para ello, deben poseer a su salida un circuito de protección PCM. Estos circuitos se encargan de determinar cuándo la batería ya no debe descargarse o cargarse más.

Para realizar la carga de la batería a través del panel solar, se ha optado por usar uno de los integrados más comunes en este tipo de aplicaciones y que también tiene un precio económico, el TP4056. Este es un cargador de corriente constante/tensión constante para batería LiPo o Li-ion de una sola celda.

Para la luz LED se ha seleccionado un panel de 48 LED SMD 3528/1210 de color blanco frío. El panel se alimenta a 12V y tiene un bajo consumo de energía.

Para alimentar la luz LED de 12V, se ha recurrido a un elevador de tensión (boost). Así, suministrándole en la entrada del elevador de tensión, la tensión de salida del cargador de baterías LiPo nos permitirá obtener a la salida del elevador una tensión de 12V. Hay que tener en cuenta que la batería se va agotando y cada vez entrega menos tensión. Al entregar menos tensión, el elevador también entregará una tensión menor de 12V pero será suficiente para iluminar nuestro panel LED.

Se necesita que el Arduino este alimentado correctamente, para ello se barajaron dos posibilidades, alimentar el Arduino por la patilla V_{IN} o por el jack de alimentación. Atendemos al esquema eléctrico de alimentación de la placa Arduino UNO R3.

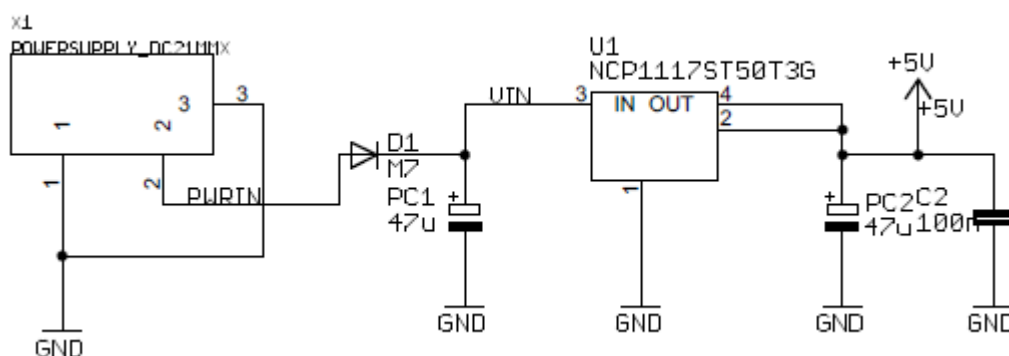


Figura 7.0.0.1-Esquema alimentación Arduino

Según el esquema, si nos disponemos alimentar el Arduino por la patilla V_{in} nos saltamos el diodo M7, el cual realiza la función de proteger la placa contra la inversión de polaridad. Pero por otra parte, utilizar el pin V_{in} también supondrá

poder utilizar una tensión de alimentación 0,7V más baja, ya que son los que caerían en el diodo.

En este caso, se escogió la opción de alimentar el Arduino por la conexión Jack. Debido que no preocupan los 0,7 V de caída de tensión y se quiere tener la placa protegida.

A la hora de realizar la caja para nuestro proyecto, la primera opción que se tuvo en cuenta fue utilizar la impresión 3D usando filamento PLA porque nos permite hacer un diseño a medida del panel solar y situar los componentes donde se crea conveniente, al igual que obtener una buena presentación del proyecto.

Capítulo 8

Resultados finales

8.1 Librerías y variables

En este apartado se incluyen las librerías y variables necesarias para la realización del proyecto. Este apartado hace referencia a las librerías expuestas en la sección 10 del anexo de código. También se explica la utilización y la función de cada variable del proyecto al igual que se define las librerías utilizadas y el motivo de dicha elección.

Variables

- *estado*: variable entera en la que almacena el valor leído de la salida digital del sensor PIR.
- *lectura*: variable tipo *float* que guarda el valor de tensión leído del panel solar.
- *voltaje_divisor*: variable tipo *float* que adquiere el valor de la operación de escalado después de la conversión A/D de 1024 bits.
- *voltaje_real*: variable tipo *float* que almacena el valor real de la tensión del panel solar.
- *V_oscuridad*: variable con valor constante tipo *float* que posee el valor de tensión del panel solar que supone la frontera entre el día y la noche. Un valor menor indicaría que es de noche.
- *pinSensor/Rele*: variables con valor constantes tipo *int* que definen el pin del sensor PIR y del relé.

Librerías

- ***#include <avr/interrupt.h>***

Incluir esta librería en el programa implica realizar el manejo de las interrupciones de arduino. Una interrupción consiste en detectar un evento y realizar algo en respuesta, en este caso interesa detectar el cambio de estado del sensor PIR para poder realizar una acción en consecuencia. Las interrupciones tienen distintos modos de activarse que se definen a continuación.

- **LOW:** La interrupción se activa cuando el valor de voltaje del pin elegido es bajo, esto es, 0V.
- **CHANGE:** La interrupción se activa cuando el pin cambia de valor, es decir, cuando pasa de LOW a HIGH o de HIGH a LOW.
- **RISING:** Se activa únicamente cuando el valor del pin pasa de LOW a HIGH.
- **FALLING:** Es el caso opuesto al modo RISING. Se activa la interrupción cuando el valor pasa de HIGH a LOW.

Se hace necesario saber las interrupciones que posee nuestro Arduino Uno, para ello nos fijamos en la tabla 8.1.0.1

Placa Arduino	Pin Digital De Cada Tipo Interrupción					
	Interrupción 0	Interrupción 1	Interrupción 2	Interrupción 3	Interrupción 4	Interrupción 5
UNO	2	3	-	-	-	-
DUE*	-	-	-	-	-	-
Leonardo	3	2	0	1	7	-
Mega	2	3	21	20	19	18
Micro	0	1	2	3	-	-
Mini	-	-	-	-	-	-
Nano	2	3	-	-	-	-
Ethernet	2	3	-	-	-	-
Esplora	-	-	-	-	-	-
Bluetooth	2	3	-	-	-	-
Fio	2	3	-	-	-	-
Pro Mini	22	3	-	-	-	-
Lilypad	-	-	-	-	-	-

* La placa DUE permite establecer interrupciones en cualquier pin poniendo el nombre del mismo

Tabla 8.1.0.1-Interrupciones Arduino

Como podemos observar en la tabla 8.1.0.1 el Arduino Uno solo tiene dos interrupciones, por lo que se decidió utilizar las interrupción 0 (se pueden usar ambas) la cual está situada en el pin 2.

Esta interrupción tiene que ser definida por software, tanto su nombre como su forma de activación, de la siguiente manera

attachInterrupt(nº int, nombre int, modo activación);

attachInterrupt(0, interrupción1, CHANGE);

Se escogió el modo de activación **CHANGE** debido a que se necesita que nuestro Arduino reciba una interrupción externa, tanto para apagar como para encender la luz LED.

- ***#include <avr/sleep.h>***

Al realizar un proyecto totalmente independiente de la red eléctrica, a menudo se hace necesario valorar la reducción de consumo de los dispositivos. Una de las principales herramientas de la que dispone Arduino para optimizar el consumo de energía es la utilización de los modos de trabajo denominados Sleep. Básicamente un modo sleep define el estado del microprocesador cuando no está trabajando, de modo que resulta útil conocer y saber manejar dichos modos de trabajo.

El microprocesador con el que trabaja Arduino Uno, el ATmega 328, dispone de seis modos distintos de trabajo que se muestran en la tabla 8.1.0.2.

Sleep Mode	Active Clock Domains					Oscillators		Wake-up Sources						Software BOD Disable	
	clk _{CPU}	clk _{FLASH}	clk _{IO}	clk _{ADC}	clk _{ASY}	Main Clock Source Enabled	Timer Oscillator Enabled	INT1, INTO and Pin Change	TWI Address Match	Timer2	SPM/EEPROM Ready	ADC	WDT		Other I/O
Idle			X	X	X	X	X ⁽²⁾	X	X	X	X	X	X	X	
ADC Noise Reduction				X	X	X	X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X ⁽²⁾	X	X	X		
Power-down								X ⁽³⁾	X				X		X
Power-save					X		X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X			X		X
Standby ⁽¹⁾						X		X ⁽³⁾	X				X		X
Extended Standby					X ⁽²⁾	X	X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X			X		X

Tabla 8.1.0.2-Configuración modo sleep

Como se observa en la tabla, cada uno de los distintos modos desactiva una cantidad diferente de recursos del microcontrolador. Se aprecia como el modo Idle es el más conservador mientras que el modo Power-down es el más agresivo. Como interesa reducir el consumo lo máximo posible y que se mantengan activas las interrupciones externas, seleccionamos el modo Power-Down.

En este modo de trabajo el oscilador externo se detiene. Las interrupciones externas y el Watchdog continúan operando si están habilitados. Este modo para todos los relojes permitiendo operar únicamente los módulos asíncronos. Es el modo de trabajo más eficiente en lo que a ahorro de energía se refiere, aunque tiene el inconveniente de ser el más restrictivo. A pesar de ello, con una buena configuración es fácil de usar y existen varias bibliotecas que permiten su uso de una manera sencilla y eficaz. Es sin duda el modo más usado en todos los diseños pensados para un bajo consumo.

8.2 Detección de movimiento

Para realizar esta función en este proyecto se utiliza el módulo sensor de presencia HC-SR501. Este tiene 3 pines de conexión +5v, OUT (3,3v) y GND, y dos resistencias variables de calibración (Ch1 y RL2).

- Ch1: Con esta resistencia podemos establecer el tiempo que se va a mantener activa la salida del sensor. Una de las principales limitaciones de este módulo es que el tiempo mínimo que se puede establecer es de más o menos 3s. Si cambiamos la resistencia por otra de 100K, podemos bajar el tiempo mínimo a más o menos 0,5 s.
- RL2: Esta resistencia variable nos permite establecer la distancia de detección que puede variar entre 3-7m.

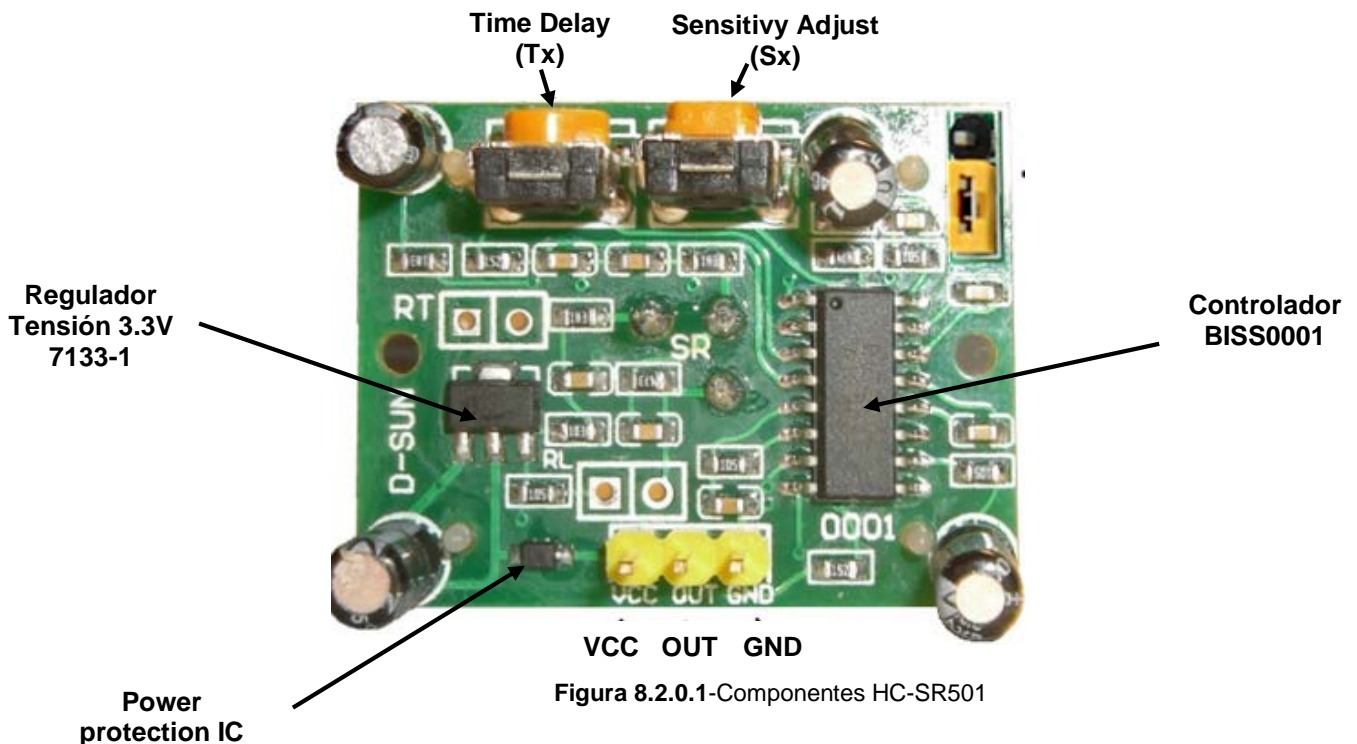


Figura 8.2.0.1-Componentes HC-SR501

La posibilidad de mantener activa la salida del módulo durante un tiempo determinado nos permite poder usarlo directamente para prácticamente cualquier aplicación.

El módulo incluye el sensor, lente, controlador PIR BISS0001, regulador y todos los componentes de apoyo para una fácil utilización. Su rango de detección es de 3 m a 7 m, ajustable mediante trimmer (Sx). Posee una lente fresnel de 19 zonas, ángulo = 140°. Su salida es TTL a nivel alto a 3.3 V. El tiempo en estado activo de la salida configurable mediante trimmer (Tx). Su consumo de corriente en reposo es menor que 50 μ A y su voltaje de alimentación debe estar entre 4.5 VDC a 20 VDC.

8.2.1 Funcionamiento y descripción sensor PIR

Para comenzar a explicar cómo funciona un sensor básico, vamos a utilizar este diagrama:

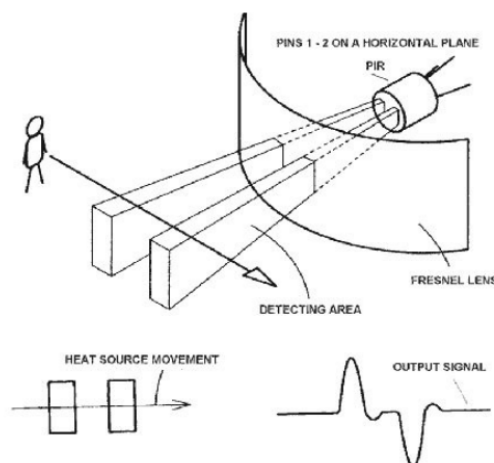


Figura 8.2.1.1-Diagrama funcionamiento sensor PIR

El sensor PIR tiene dos ranuras, cada ranura está hecha de un material especial que es sensible a IR. Estas pueden "ver" hacia fuera cierta distancia (sensibilidad del sensor). Cuando el sensor está inactivo, ambas ranuras detectan la misma cantidad de IR. Cuando un cuerpo caliente pasa por delante, primero intercepta la mitad del sensor PIR, lo que provoca un cambio diferencial positivo entre las dos mitades. Cuando el cuerpo caliente sale de la zona de detección, sucede lo contrario, por lo que el sensor genera un cambio diferencial negativo. Estos pulsos de cambio son lo que se detectan.

El PIR esta fabricado de un material cristalino que genera carga eléctrica cuando se expone a la radiación infrarroja. Los cambios en la cantidad de radiación producen cambios de voltaje, que son medidos por un amplificador. Este sensor contiene unos filtros especiales llamados LENTES FRESNEL, que enfocan las señales infrarrojas sobre el elemento sensor. Cuando las señales infrarrojas del ambiente donde esta el sensor cambian, el amplificador activa las salidas. Para indicar movimiento esta salida permanece activa durante unos segundos lo que permite que el microcontrolador sepa si es que hubo movimiento.

El propio sensor IR se encuentra cubierto de un metal herméticamente sellado para mejorar el ruido / temperatura / humedad. Hay una ventana hecha de material IR-transmisivo (silicio normalmente) que protege el elemento sensor. Detrás de la ventana están los dos sensores equilibradas.

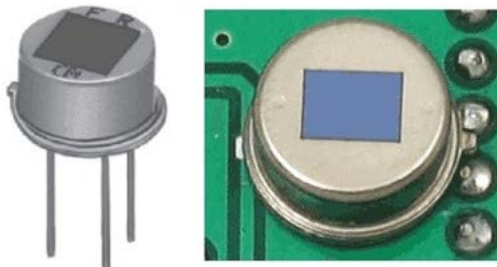


Figura 8.2.2.1-Sensor PIR

El sensor PIR se encuentra cubierto por unos filtros especiales llamados lentes Fresnel que enfocan las señales infrarrojas sobre el elemento sensor. Cuando las señales infrarrojas del ambiente donde esta el sensor cambian, el amplificador activa las salidas, para indicar movimiento esta salida permanece activa durante unos segundos lo que permite que el microcontrolador sepa si es que hubo movimiento.

8.2.2 Chip BISS0001

- Utiliza tecnología CMOS de baja potencia (ideal para pilas dispositivos PIR).
- CMOS alta impedancia de entrada de los amplificadores operacionales.
- Detector de nivel bi-direccional y excelente inmunidad al ruido .
- Incorpora deshabilitación de encendido y lógica de control del pulso de salida.
- Modo dual: redisparable y no redisparable.

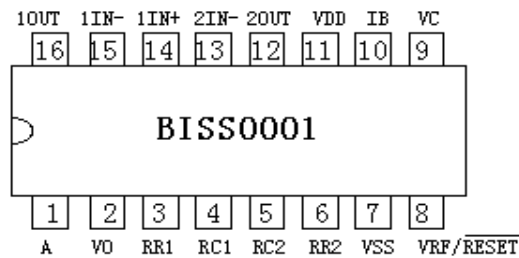


Figura 8.2.2.1-Chip BISS0001

Nº	Nombre	Descripción
1	A	A=1 Redisparable A=0 no redisparable
2	VO	Detector pin de salida (activo a nivel alto)
3	RR1	Control de ancho de pulso de salida (Tx)
4	RC1	Control de ancho de pulso de salida (Tx)
5	RC2	Control de inhibición de disparo (Ti)
6	RR2	Control de inhibición de disparo (Ti)
7	VSS	Tierra
8	VRF/R	Entrada de tensión de referencia y RESET
9	VC	Entrada de deshabilitación de disparo
10	IB	Entrada de ajuste de corriente del Op-amp
11	VDD	Tensión de alimentación
12	2OUT	Salida del Op-amp de la segunda etapa
13	2IN-	Entrada inversora del Op-amp de la segunda etapa
14	1IN+	Entrada no inversora del Op-amp de la 1ª etapa
15	1IN-	Entrada inversora del Op-amp de la 1ª etapa
16	1OUT	Salida del Op-amp de la primera etapa

Tabla 8.2.2.1-Patillaje chip BISS0001

T_x = Es la duración del tiempo durante el cual el pin de salida (VO) sigue siendo alta después del disparo.

T_i = Durante este período de tiempo, el disparo es inhibido.

8.3 Sistema de alimentación

8.3.1 Regulador de carga

A la hora de realizar la carga de la batería lipo, se escogió un circuito basado en el chip TP4056. En esta apartado se hace referencia al plano05 de los Anexos. El TP4056 es un cargador lineal de corriente constante / voltaje constante para las baterías de iones de litio se una sola celda. La retroalimentación térmica regula la corriente de carga para limitar la temperatura durante la operación a alta potencia o alta temperatura ambiente. La tensión de carga se fija en 4,2V y la corriente de carga puede ser programada externamente con una sola resistencia. El TP4056 termina automáticamente el ciclo de carga cuando la corriente de carga se reduce a 1/10 del valor programado después de que se alcance la tensión de flotación final.



Figura 8.3.1.1-Detalle regulador de carga

En la siguiente gráfica podemos observar el tiempo que lleva cargar una batería de 1000mA con una tensión VCC de 5V y cómo va variando la relación corriente/voltaje durante el tiempo de carga. Para el caso que concierne en este proyecto sería tal cual se muestra en el gráfico.

Complete Charge Cycle (1000mAh Battery)

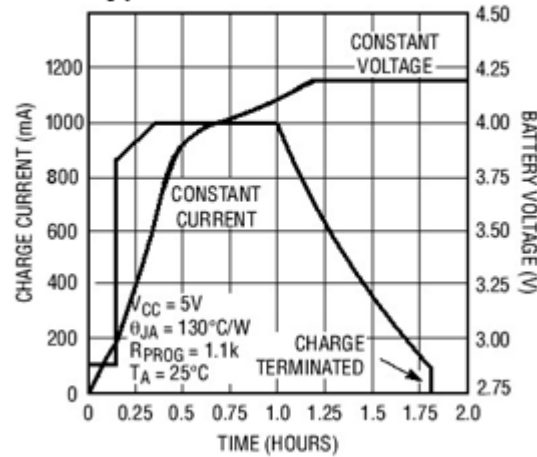


Figura 8.3.1.2-Gráfica del tiempo de carga TP4046

En cuanto al chip TP4056, mostramos la descripción del patillaje obtenido de su datasheet.

Nº	Nombre	Descripción
1	TEMP	Entrada sensor de temperatura. Conexión pin TEMP a la salida del termistor NTC en baterías de iones de litio. Si el voltaje del pin TEMP está por debajo de 45% o por encima de 80% de VIN (tensión de alimentación durante) más de 0.15s, esto significa que la temperatura de la batería es demasiado alta o demasiado baja, se suspende de carga. La función de detección de temperatura se puede desactivar poniendo a tierra el pin TEMP.
2	PROG	Ajuste de corriente constante de carga
3	GND	Terminal de tierra Rprog
4	VCC	Entrada positiva de la tensión de alimentación, VIN es la fuente de alimentación al circuito interno. Cuando VIN cae 30mV por debajo de la tensión pin BAT, TP4056 entra en modo sleep, cayendo la corriente del pin BAT por debajo de 2uA.
5	BAT	Pin de conexión de la batería. Pin BAT consume menos de la corriente 2uA en modo sleep. Pin BAT proporciona corriente de carga a la batería y proporciona tensión de regulación de 4.2V.
6	STDBY'	Cuando se termina de cargar la batería, el pin se pone a nivel bajo mediante un interruptor interno, de lo contrario se encuentra en estado de alta impedancia.
7	CHRG'	Cuando la batería está cargando, el pin se pone a nivel bajo mediante un interruptor interno, de lo contrario se encuentra en estado de alta impedancia.
8	CE	Entrada de habilitación activa a nivel alto

Tabla 8.3.1.1-Patillaje chip TP4056

Las patillas 6 y 7, solo se utilizan como indicadores luminosos. Se conecta un LED de bajo consumo a cada una para saber si está cargando o ya terminó la carga. La patilla 8, va conectada directamente a VCC así siempre estará habilitado el chip.

8.3.2 Panel solar y su caracterización

Se ha seleccionado un panel solar fabricado con tecnología policristalina y con una potencia nominal de 3,5w. Dispone de una salida de voltaje en bornes de 6V y dicha salida se conecta directamente a la entrada del regulador de carga. Las características que definen el panel solar y propiciaron su elección son las siguientes:

- Potencia máxima: 3,5w
- Tensión en el punto de máxima potencia: 6V
- Corriente en el punto de máxima potencia: 0,583 A
- Tensión en circuito abierto: 7,2V
- Corriente de cortocircuito: 0,62 A
- Eficiencia: 13%
- Rango de temperatura: -40 a 85 °C



Figura 8.3.2.1-Panel solar vista frontal

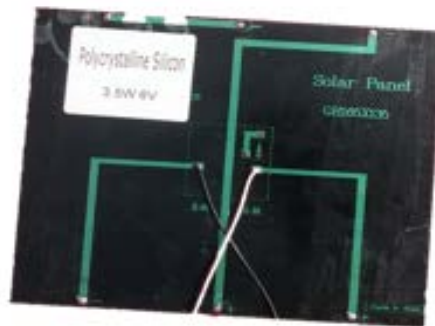


Figura 8.3.2.2-Panel solar vista trasera

Se puede observar que en la parte trasera del panel solar, se puede colocar un diodo de bloqueo, para impedir que la batería se descargue a través de los paneles fotovoltaicos en ausencia de luz solar. También evitan que la corriente se invierta entre bloques de paneles conectados en paralelo, cuando en uno o más de ellos se produce una sombra. Generalmente se utilizan diodos tipo Schottky porque tienen una caída de tensión mucho menor que los diodos rectificadores ordinarios, así se desperdiciaría menor cantidad de energía.

En este caso, se decidió no utilizar diodo de bloqueo en el panel solar debido a que la descarga de la batería sería mínima. Además, ya tenemos un circuito específico para la protección de la batería.

Caracterización del panel solar

La representación estándar de un dispositivo fotovoltaico es la curva característica corriente-tensión. La curva, representa las posibles combinaciones de corriente y voltaje para un dispositivo fotovoltaico bajo unas condiciones ambientales determinadas. El punto en concreto de corriente y voltaje en el que el dispositivo fotovoltaico trabajará, vendrá determinado por la carga a la que esté conectado. También es conveniente realizar las gráficas P-V, ya que esto nos va permitir obtener el punto de máxima potencia.

A la hora de obtener los valores de tensión corriente se hace necesario el uso de una resistencia de carga externa, generalmente, variable. Variando esta resistencia, se pueden medir diversos valores I-V que interpolándolos forman la curva I-V característica.

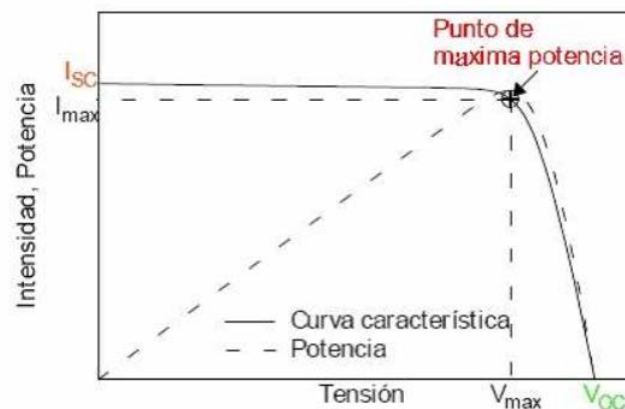


Figura 8.3.2.3-Ejemplo curva I-V

En este caso, se ha usado un potenciómetro de 0-100 Ω y 50w de potencia para realizar la medición de los valores y obtener la curva característica. Este potenciómetro variará de 10 Ω a 100 Ω en valores de 5 Ω . Se atendió al siguiente esquema para realizar las mediciones.

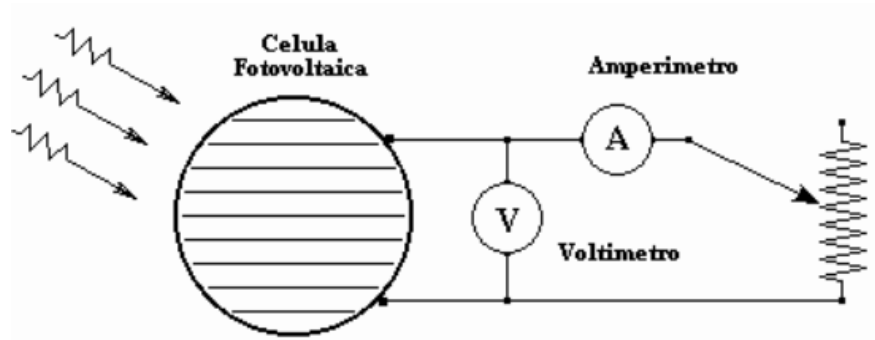


Figura 8.3.2.4-Esquema medición valores I-V

El montaje real para realizar la medición es el siguiente:

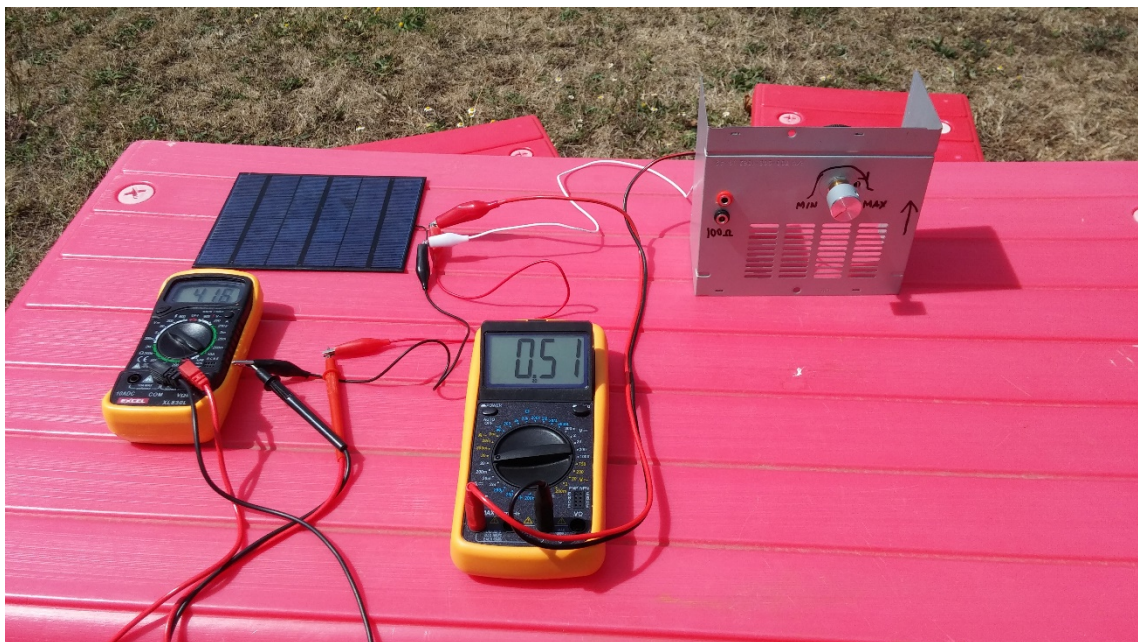


Figura 8.3.2.5-Montaje real medición valores I-V



Figura 8.3.2.6-Montaje real medición valores I-V

El multímetro pequeño, se ha usado para realizar las medidas de los valores de tensión y el grande, para llevar a cabo las medidas de corriente. El amperímetro está conectado en serie con la resistencia y el cable positivo del panel solar. El cable negativo del panel solar, está conectado a la otra parte de la resistencia variable y el voltímetro, está conectado en paralelo al panel solar, es decir, el cable rojo con el rojo y el negro con el negro.

Debido a que no interesa un estudio exhaustivo sobre el panel solar, se ha decidido realizar la medición en tres días diferentes: soleado, nublado y sol con nubes, para conocer el comportamiento en una zona geográfica muy distinta de las condiciones del fabricante y así saber aproximadamente el rendimiento en las diversas condiciones en As Pontes. Durante la medición se han obtenido los siguientes valores:

DÍA SOLEADO			
R(ohmios)	V(V)	I(A)	P(W)
100	6,91	0,05	0,346
95	6,88	0,05	0,344
90	6,86	0,05	0,343
85	6,84	0,06	0,410
80	6,83	0,06	0,410
75	6,81	0,06	0,409
70	6,79	0,07	0,475
65	6,76	0,08	0,541
60	6,74	0,08	0,539
55	6,71	0,09	0,604
50	6,69	0,1	0,669
45	6,66	0,11	0,733
40	6,63	0,13	0,862
35	6,58	0,15	0,987
30	6,51	0,17	1,107
25	6,37	0,23	1,465
20	6,16	0,29	1,786
15	5,72	0,38	2,174
10	3,46	0,46	1,592

Tabla 8.3.2.1-Valores medidos día soleado

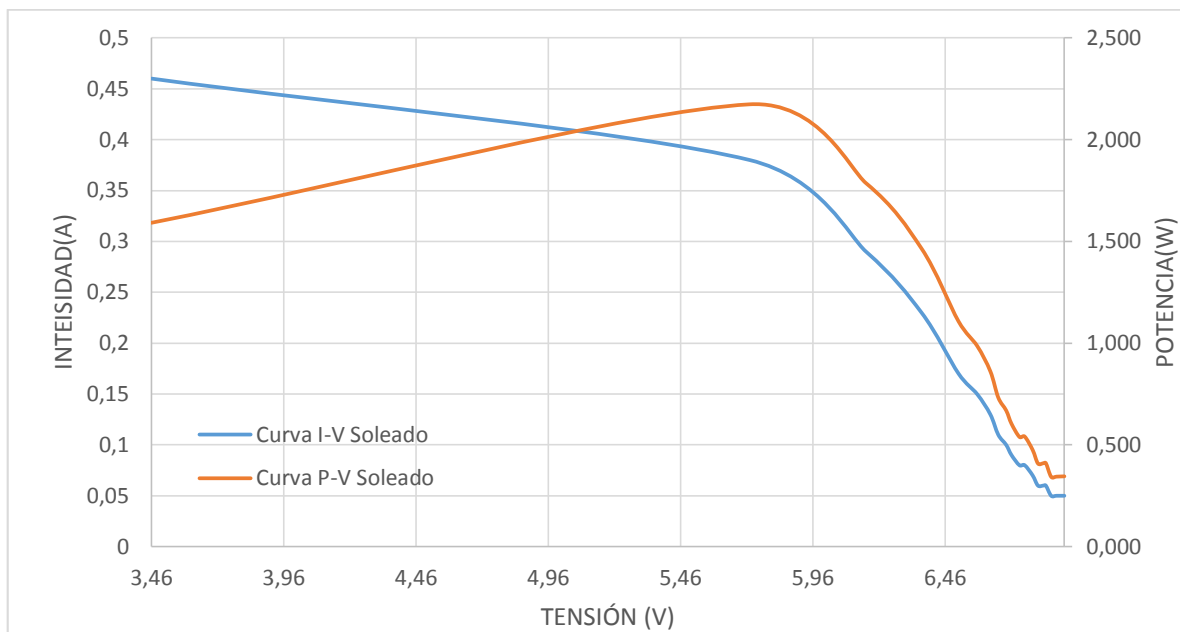


Figura 8.3.2.7-Curvas I-V y P-V día soleado

DIA NUBLADO			
R(ohmios)	V(V)	I(A)	P(W)
100	6,57	0,04	0,263
95	6,54	0,05	0,327
90	6,53	0,05	0,327
85	6,51	0,06	0,391
80	6,49	0,07	0,454
75	6,46	0,07	0,452
70	6,44	0,08	0,515
65	6,4	0,08	0,512
60	6,32	0,09	0,569
55	6,21	0,1	0,621
50	6,09	0,11	0,670
45	5,98	0,12	0,718
40	5,84	0,13	0,759
35	5,63	0,14	0,788
30	5,26	0,15	0,789
25	4,56	0,16	0,730
20	3,58	0,16	0,573
15	2,48	0,16	0,397
10	1,26	0,16	0,202

Tabla 8.3.2.2- Valores medidos día nublado

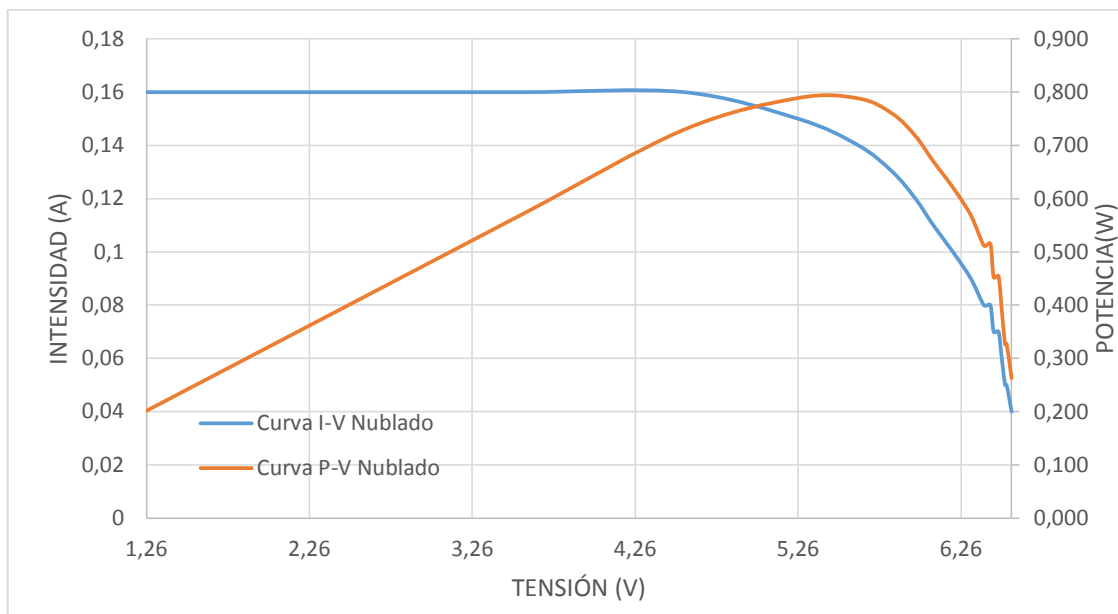


Figura 8.3.2.8- Curva I-V y P-V día nublado

DÍA SOL CON NUBES			
R(ohmios)	V(V)	I(A)	P(W)
100	6,74	0,05	0,303
95	6,71	0,05	0,336
90	6,695	0,05	0,335
85	6,675	0,06	0,401
80	6,66	0,07	0,433
75	6,635	0,07	0,431
70	6,615	0,08	0,496
65	6,58	0,08	0,526
60	6,53	0,09	0,555
55	6,46	0,10	0,614
50	6,39	0,11	0,671
45	6,32	0,12	0,727
40	6,235	0,13	0,811
35	6,105	0,15	0,885
30	5,885	0,16	0,942
25	5,465	0,20	1,066
20	4,87	0,23	1,096
15	4,1	0,27	1,107
10	2,36	0,31	0,732

Tabla 8.3.2.3-Valores medidos día sol con nubes

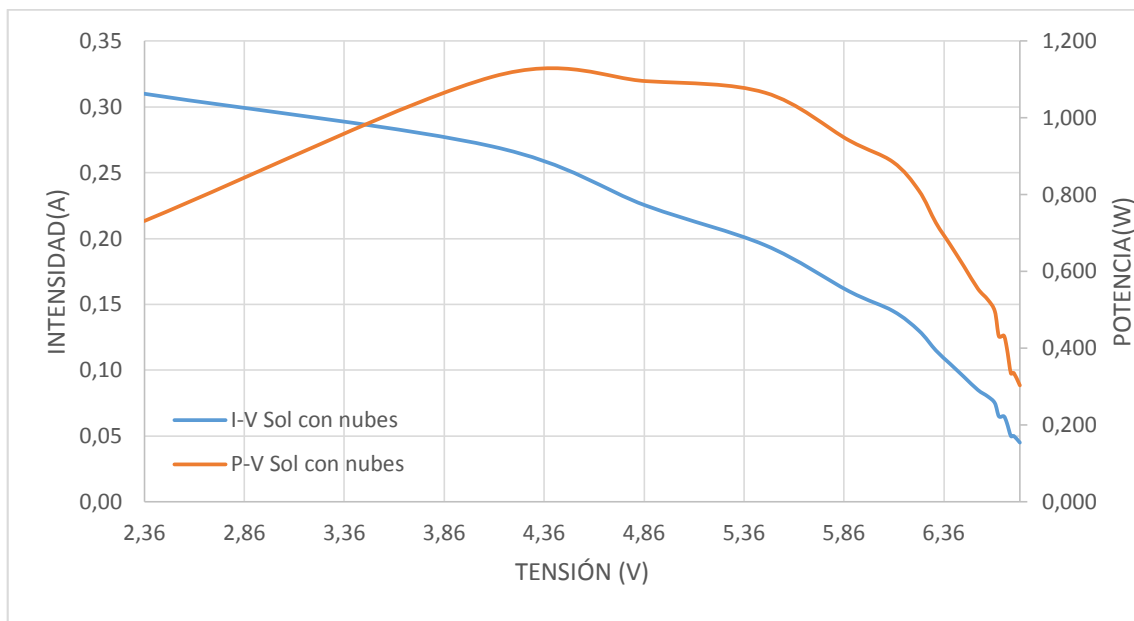


Figura 8.3.2.9- Curva I-V y P-V Día sol con nubes

SUPERPOSICIÓN DE LAS GRÁFICAS

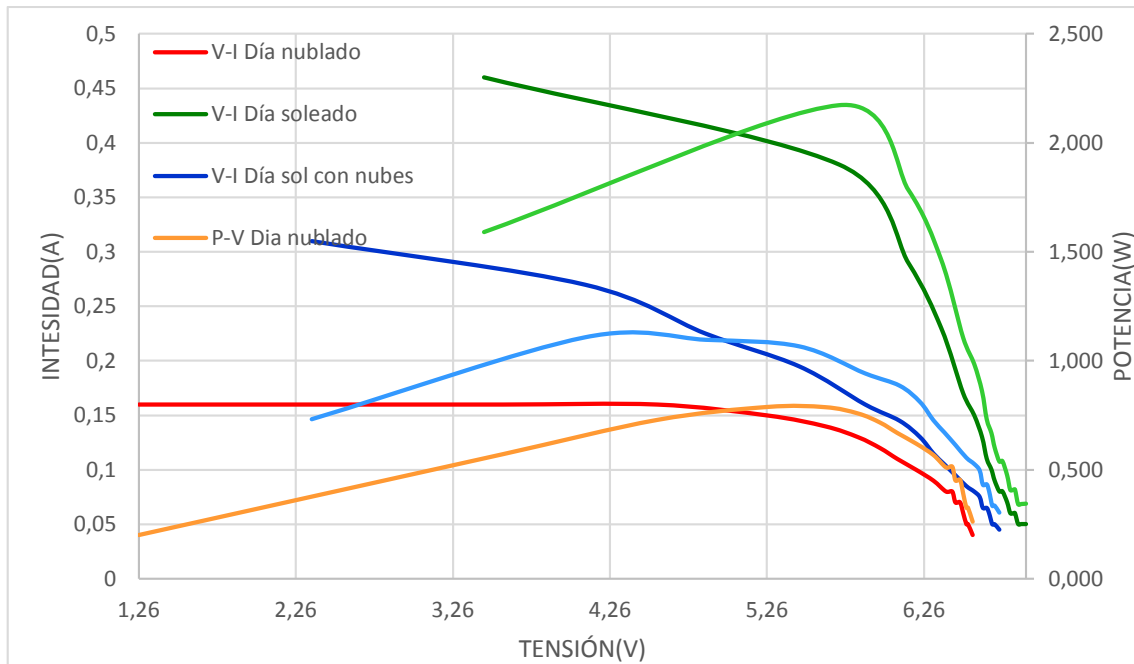


Figura 8.3.2.10- Curva I-V y P-V todos los días

8.3.3 Batería (Sistema de acumulación)

La elección del sistema de acumulación se ha basado en dos criterios: proporcionar la suficiente autonomía para que el sistema se mantenga operativo durante al menos tres horas sin sol incidente y, por otro lado, reducir al máximo la circuitería necesaria para la alimentación.

El tipo de batería elegido es el modelo BAT525, ampliamente utilizada en baterías de portátiles e incluso en coches eléctricos. El modelo utilizado en este proyecto se corresponde al de la imagen que se encuentra a continuación. Estas baterías están fabricadas con la tecnología de Li-Po (litio-polímero).



Figura 8.3.3.1-Batería LiPo

Su voltaje mínimo de operación es de 3.7V y la máxima capacidad es de 1050mAh.

Es indispensable que las baterías incorporen un circuito de protección para evitar que destruyan, uno de los más habituales para batería de 3,7V es el circuito PCM (módulo circuito de protección). Estos circuitos se encargan de determinar cuándo la batería ya no debe descargarse más, cortando la tensión, y en qué momento se ha cargado suficientemente, cortando la tensión excesiva. También permite que circule tensión de la batería a la carga hasta que la tensión disminuya a valores peligrosos para la vida de la misma para cada célula de 3,7v. En ese momento, el PCM impide que se descargue por más tiempo y la alimentación queda cortada.

En el momento de la carga funciona al contrario. Cuando cada una de las células de 3,7v ha alcanzado la tensión suficiente (4,2v), el circuito corta la entrada de corriente, permitiendo la descarga pero no la carga. Establece un equilibrio sobre cuándo se admite carga y descarga a la batería.

La tensión de cada célula es de 2.5 a 4.235 voltios, fuera de esos límites, si las descargamos o sobrecargamos se destruyen y no se pueden recuperar.

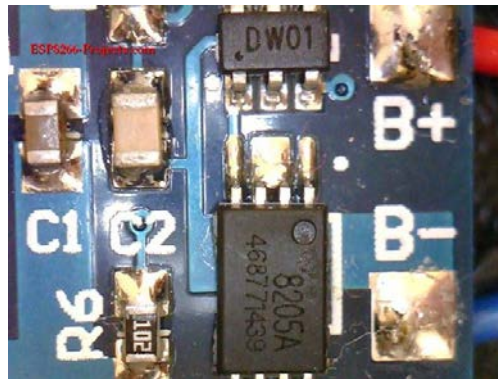


Figura 8.3.3.2-Circuito de protección PCM

Este es un pequeño circuito que interpondremos entre cada una de las baterías para la carga y descarga. En esta sección se hace referencia al plano03 de los Anexos. Uno de los circuitos más utilizados para la protección de baterías de 3,7V, es el que forman el chip 8205A, que es un doble MOSFET que realizará la función de conmutación y el DW01, el cual está diseñado para proteger la batería de daños o degradar la vida debido a la sobrecarga, descarga profunda o de sobre corriente para sistemas alimentados por baterías de una sola célula.

8.4 Alimentación 12V

Una vez que se estableció el sistema de alimentación mediante energía solar, se hace necesario conseguir una tensión de alimentación superior tanto para la luz LED como para el Arduino. Para conseguir la tensión deseada, se decidió utilizar un circuito elevador de tensión, el cual es un convertidor DC a DC que obtiene a su salida una tensión continua mayor que a su entrada. Se escogió un elevador de tensión que permite tensiones de entrada de 2,6-6V y permite obtener una tensión de salida de 12V aproximadamente.

Este circuito es un tipo de fuente de alimentación en modo conmutado que contiene dos semiconductores (un diodo y un transistor) y un elemento de almacenamiento de energía (bobina). También utiliza filtros hechos de los

condensadores que se añaden a la salida del convertidor para estabilizar la tensión de salida. Este circuito, se muestra en la siguiente imagen y está basado en el chip SD6271.

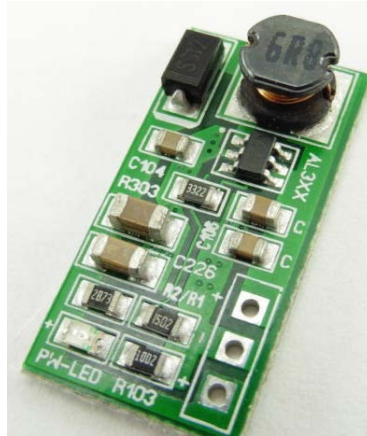


Figura 8.4.0.1-Elevador de tensión 12V

El SD6271 es un convertidor elevador controlado en modo corriente. La frecuencia de conmutación constante es 1MHz y opera con modulación de ancho de pulso (PWM). La arquitectura de lazo de control es el control de pico de modo corriente; por lo tanto, el circuito de compensación de la pendiente se añade a la señal de corriente para permitir el funcionamiento estable para ciclos de trabajo más grandes que 50%. Este apartado hace referencia al plano n°2 de los ANEXOS.

Este chip realiza diversas funciones que se explican a continuación.

- Integra **función de arranque suave** para evitar la irrupción de corriente de entrada durante el encendido.
- Posee **programa de límite de corriente**, se coloca una resistencia entre OC y GND de valor entre 10k y 100k. El límite de corriente se puede ajustar desde 2.5A a 0.5A.

- **Protección de sobre voltaje (OVP).** El MOSFET de potencia se apagará de inmediato, cuando la tensión del interruptor de alimentación supere los 27V.
- **Protección de la temperatura (OTP).** Se apagará el MOSFET de potencia automáticamente cuando la temperatura de la unión interna sea superior a 150 °C. El MOSFET despierta cuando la temperatura de la unión cae 30 °C.

8.5 Activación Luz LED

A la hora de encender la luz LED, es necesario contar con un dispositivo que nos permita darle alimentación (12V) cuando se active el sensor PIR y que desconecte la alimentación cuando el sensor se desactive. Para ello, se utilizó un módulo con un relé de 5V para Arduino. Esta sección hace mención al plano01 de los Anexos.



Figura 8.5.0.1-Módulo relé 5V

Este módulo tiene tres entradas, dos de alimentación a 5V y una entrada IN en la que se recibe el pulso de activación. El pin IN está conectado a una resistencia R1, que se usa para controlar la corriente en el terminal de la base del transistor, que hacen que este en saturación o corte. Este pin es activo a nivel bajo. El transistor en realidad funciona como un amplificador de corriente;

cualquier corriente aplicada al terminal de base se multiplica por el factor de ganancia de corriente del transistor.

El diodo en el circuito de carga inductiva, es necesario para proteger el transistor de la FEM (Fuerza electromotriz), es decir, del voltaje generado por el componente inductor cuando el transistor se conecta y desconecta rápidamente, este voltaje es opuesto al voltaje de la fuente. El diodo se utiliza para absorber los picos de corriente de la bobina y se puede usar cualquier diodo de uso general como 1N4001, 1N4007, etc.

8.6 Detección día y noche

A la hora de realizar el proyecto, una de las condiciones básicas impuestas es la distinción del día y la noche mediante la lectura de voltaje del panel solar. En esta sección hacemos referencia al capítulo 10 Código de los Anexos. Para ello, se decidió realizar la lectura de la tensión del panel solar a través de una entrada analógica de Arduino. Como el voltaje de nuestro panel solar es del 6V, no se puede hacer una lectura directa con Arduino porque este solo acepta entradas analógicas de entre 0-5V.

La solución adoptada para realizar esta medición fue utilizar un simple divisor de tensión como el que se muestra a continuación en la figura:

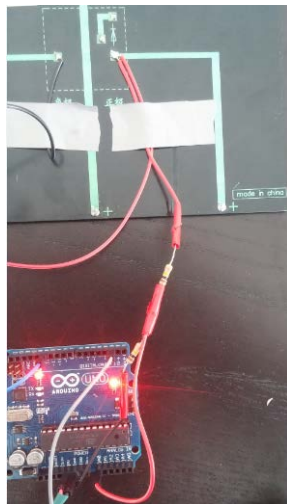


Figura 8.6.0.1-Divisor de tensión panel solar

Como se observa en la imagen, se conecta un divisor resistivo formado por dos resistencias de 100k. De esta manera, se consigue dividir el voltaje del panel solar a la mitad, es decir, de 6V a 3V para que así pueda ser leído por la entrada analógica A0 del arduino. La lectura se ordena por software mediante la siguiente instrucción.

```
lectura=analogRead(0);
```

Una vez que se tiene el resultado de la conversión A/D de 1024 se procede a realizar el escalado de la señal con la siguiente instrucción.

```
voltaje_divisor= ((5*float(lectura))/1024);
```

```
voltaje_real=2*float(voltaje_divisor);
```

Primero, escalamos la señal analógica del pin A0 para obtener el valor de la señal en el rango de 0-5V. Luego se multiplica este valor por dos para poder obtener el valor original de tensión del panel solar, es decir, “se deshace el divisor de tensión”.

De esta manera, conseguimos obtener el valor de tensión real del panel solar y poder así realizar las comparaciones necesarias por software para conseguir el correcto funcionamiento del proyecto.

8.7 Panel LED

Antes de realizar la elección de la luz LED, es necesario entender las características que poseen para escoger el color adecuado y la potencia necesaria para nuestro sistema. Las dos principales características se definen a continuación:

- La **temperatura de color** se mide en grados Kelvin y se refiere a las distintas tonalidades que puede tener una luz. Las más comunes son estas tres: Blanco Cálido, Blanco Neutro y Blanco Frío.

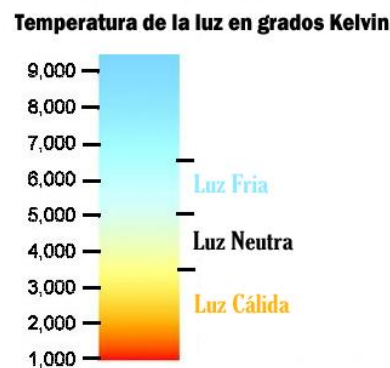


Figura 8.7.0.1-Temperatura de la luz en grados Kelvin

- Se define el **flujo luminoso** como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible y su unidad es el lumen (LM).

Atendiendo a las características anteriores y a la razón económica del mercado, se decidió escoger la siguiente luz LED, que posee las siguientes características.

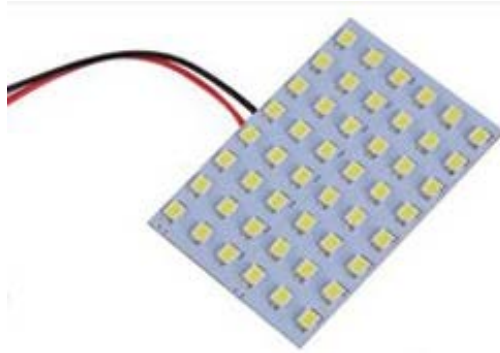


Figura 8.7.0.2-Panel LED

- Voltaje: 12V DC
- Granos de la lámpara: SMD 3528/1210
- Temperatura de color: 6000-8000K (Blanco Frío)
- Flujo luminoso: 190 LM
- Tiempo de vida: 50000h

8.8 Caja y tapa

A la hora de realizar el diseño de la caja, se buscó un diseño simple y práctico, que nos permitiera usar nuestro dispositivo ante situaciones de lluvia. Se realizó el hueco del sensor PIR porque se consideró que es el único componente que necesita tener salida exterior de la caja. También se creó un agujero de 1cm de diámetro en la parte inferior, para poder sacar la luz led y sustituirla si es necesario. Se muestra la imagen de la caja en la siguiente imagen:

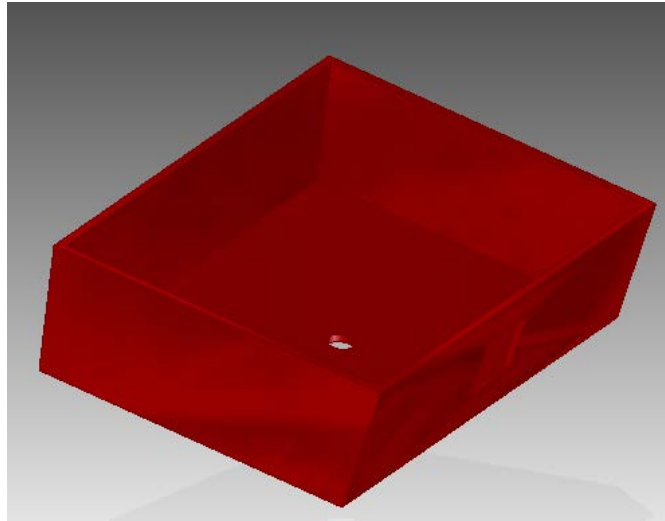


Figura 8.7.0.1-Caja

Una vez finalizada la caja, se hace necesario crear una tapa para poder situar el panel solar encima. Entonces, se decidió realizar una tapa rectangular con un borde de 1cm y hueca por el medio, ya que así llegaría para poder establecer el panel solar encima y poder fijarlo correctamente. Dicha tapa tiene un borde inferior para que realice la función de encajar en la caja. La tapa se muestra en las siguientes imágenes:

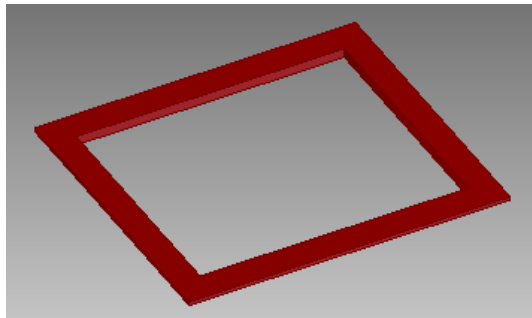


Figura 8.7.0.1-Vista parte superior tapa

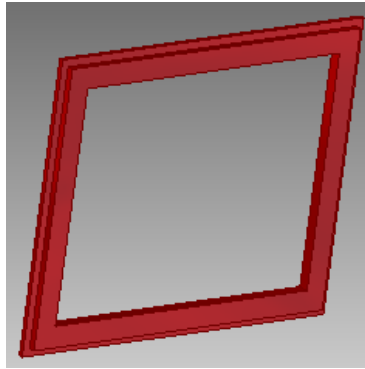


Figura 8.7.0.2-Vista parte inferior tapa

8.9 Montaje final

Una vez explicadas todas las características del dispositivo y los componentes utilizados, se procedió a elaborar un esquema de conexionado general que abarca todos los puntos anteriores de este apartado. Este esquema es el plano09 de los Anexos.

Después de elaborar el esquema de conexionado general se procedió a realizar el montaje del circuito en el interior de la caja. A continuación, se muestra el resultado final del montaje:



Figura 8.9.0.1-Montaje final vista inferior



Figura 8.9.0.2-Montaje final vista superior

ANEXOS

TÍTULO: DISEÑO DE UNA LUZ A LED CON PANEL SOLAR Y BATERÍA DE LI-ION, CON SENSOR DE MOVIMIENTO

ANEXOS

PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N

15405 - FERROL

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2015

AUTOR: ANDRÉS SECO CASTRO

Fdo.:

Índice del documento Anexos

Documentación de partida.....	81
Código.....	85
Datasheets.....	89

Capítulo 9

Documentación de partida



ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

ASIGNACIÓN DE TRABAJO FIN DE GRADO

En virtud de la solicitud efectuada por:
En virtud da solicitude efectuada por:

APELLIDOS, NOMBRE: Seco Castro, Andres
APELIDOS E NOME:

DNI: [REDACTED] **Fecha de Solicitud:** FEB2015
DNI: *Fecha de Solicitud:*

Alumno de esta escuela en la titulación de Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, se le comunica que la Comisión de Proyectos ha decidido asignarle el siguiente Trabajo Fin de Grado:

O alumno de esta escola na titulación de Grado en Enxeñería en Electrónica Industrial e Automática, comunícaselle que a Comisión de Proxectos ha decidido asignarlle o seguinte Traballo Fin de Grado:

Título T.F.G.: Diseño de una luz a LED con panel solar y batería Li-ion, con sensor de movimiento.

Número TFG: 770G01A78

TUTOR: (Titor) Perez Serantes, Roberto Jose

COTUTOR/CODIRECTOR: Francisco Javier Pérez Castelo

La descripción y objetivos del Trabajo son los que figuran en el reverso de este documento:

A descrición e obxectivos do proxecto son os que figuran no reverso deste documento.

Ferrol a Miercoles, 4 de Marzo del 2015

Retírei o meu Traballo Fin de Grado o día _____ de _____ do ano _____

Fdo: Seco Castro, Andres

DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO: Diseño de una luz a LED con panel solar y batería Li-ion, con sensor de movimiento.

Se trata de realizar el diseño de una luz a LED, que estará apagada durante el día, utilizando la propia tensión del panel solar como sensor noche/día, cargando una batería Li-ion o Li-Po durante el día, por la noche la luz estará levemente encendida y cuando detecte la presencia de una persona en el campo de acción de un detector PIR se encenderá la luz LED durante un tiempo prefijado.

Capítulo 10

Código

```

//*****Librerias*****

#include <avr/sleep.h>
#include <avr/interrupt.h>

//*****Declaracion de variables*****

const int pinSensor=2;
const int rele=12;
const float V_oscuridad=1;
int estado;
float lectura;
float voltaje_divisor=0;
float voltaje_real=0;

//*****Configuración*****

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  //Configuro el Modo Power Down

  SMCR=(0<<3) | (1<<2) | (0<<1) | (0<<0);

  //Defino la interrupcion

  attachInterrupt(0,interrupcion1,CHANGE);

  //Establezco entradas y salidas

  pinMode(pinSensor, INPUT);
  pinMode(rele, OUTPUT);
}

//*****Programa*****

void loop() {

  //Inicializamos el modo bajo consumo

```



```

sleep_enable();//inicializamos el modo bajo consumo

//Leemos la salida del Sensor PIR

estado=digitalRead(pinSensor);

//Leemos la tension del panel solar dividida por 2

lectura=analogRead(0);

//Realizo la conversion del A/D

voltaje_divisor= ((5*float(lectura))/1024);

//Calculamos el voltaje original

voltaje_real=2*float(voltaje_divisor);
Serial.println(voltaje_real);

if (estado==HIGH & voltaje_real<V_oscuridad){
  digitalWrite(rele,LOW); //Relé activo a nivel bajo
  Serial.println("LED ON");
} else{
  digitalWrite(rele,HIGH);
  Serial.println("LED OFF");
}
Serial.println("Sleep ON");
delay(250);
sleep_mode(); //Establezo modo sleep
} //Power Down

//*****Interrupcion1*****

void interrupcion1(){
  Serial.println(estado);
  Serial.println("Sleep OFF");
  delay(250);
  sleep_disable(); //Desactivo modo sleep
}

```


Capítulo 11

Datasheets

Los datasheets de los componentes descritos se encuentran en la carpeta ANEXOS del CD.

PLANOS

TÍTULO: DISEÑO DE UNA LUZ A LED CON PANEL SOLAR Y BATERÍA DE LI-ION, CON SENSOR DE MOVIMIENTO

PLANOS

PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N

15405 - FERROL

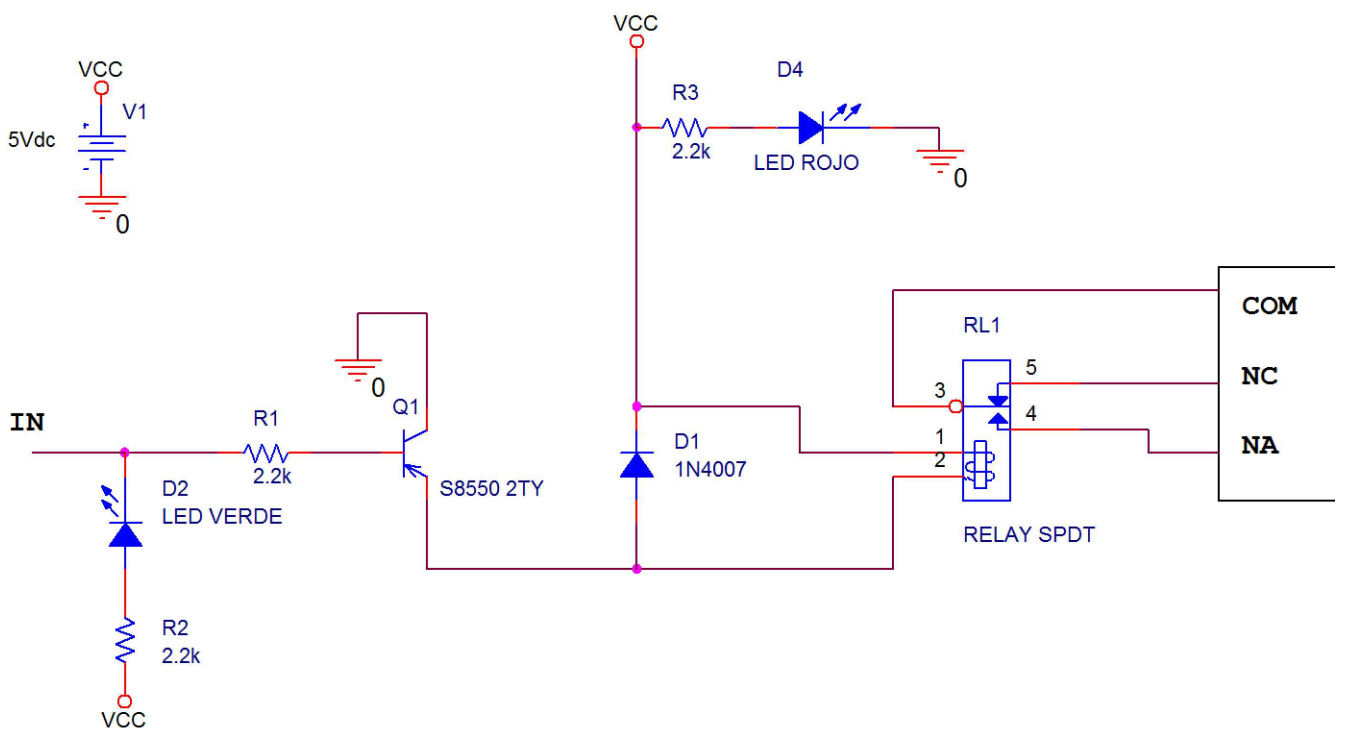
FECHA: SEPTIEMBRE DE 2015

AUTOR: ANDRÉS SECO CASTRO

Fdo.:

Índice del documento Planos

Módulo Relé SRD 5V	97
Módulo elevador de tensión 12V	99
PCM	101
Módulo Sensor PIR	103
Módulo cargador de baterías TP4056.....	105
Panel LED 12V	107
Caja.....	109
Tapa.....	111
Conexionado	113



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG Nº: 770G01A78

TÍTULO DEL TFG:

Diseño dunha luz a LED con panel solar e batería de Li-ion, con sensor de movemento

TÍTULO DEL PLANO:

MÓDULO RELÉ SRD 5V

FECHA: SEPTIEMBRE-2015

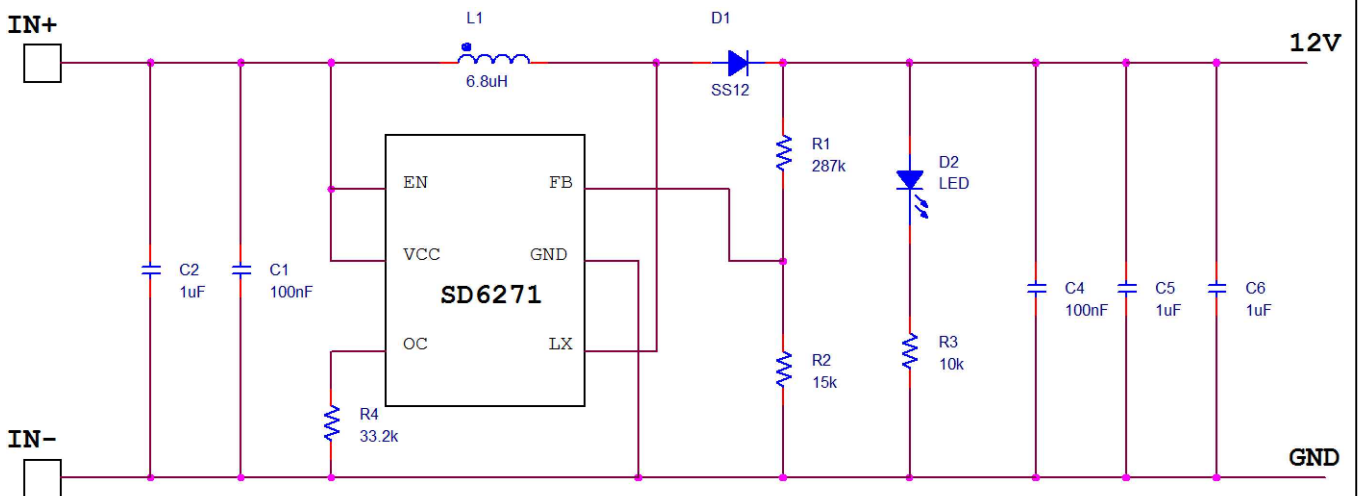
ESCALA:

AUTOR:

ANDRÉS SECO CASTRO

FIRMA:

PLANO Nº: 01



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG N°: 770G01A78

TÍTULO DEL TFG:

Diseño dunha luz a LED con panel solar e batería de Li-ion, con sensor de movemento

TÍTULO DEL PLANO:

MÓDULO ELEVADOR DE TENSIÓN 12V

FECHA: SEPTIEMBRE-2015

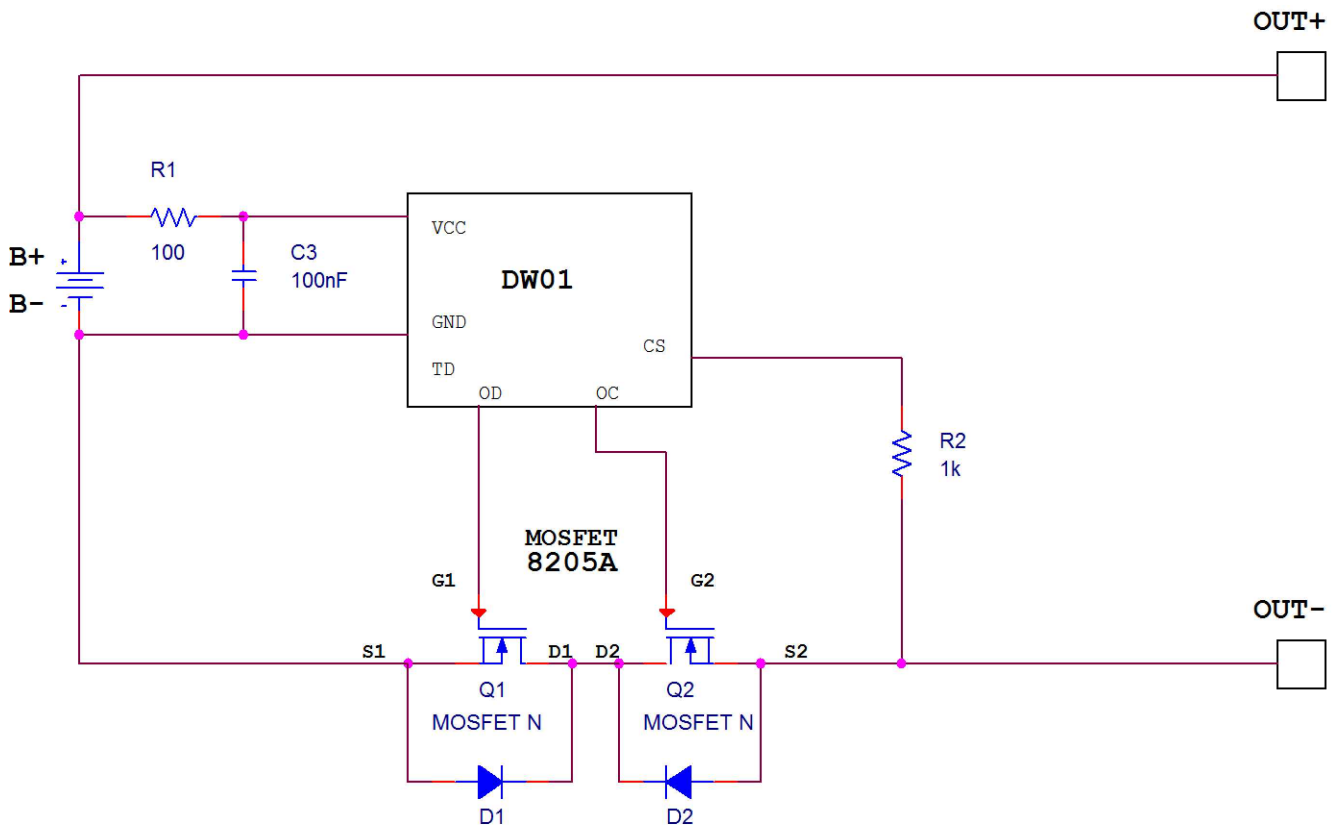
ESCALA:

AUTOR:

ANDRÉS SECO CASTRO

FIRMA:

PLANO N°: 02



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG Nº: 770G01A78

TÍTULO DEL TFG:

Diseño dunha luz a LED con panel solar e batería de Li-ion, con sensor de movemento

TÍTULO DEL PLANO:

PCM

FECHA: SEPTIEMBRE-2015

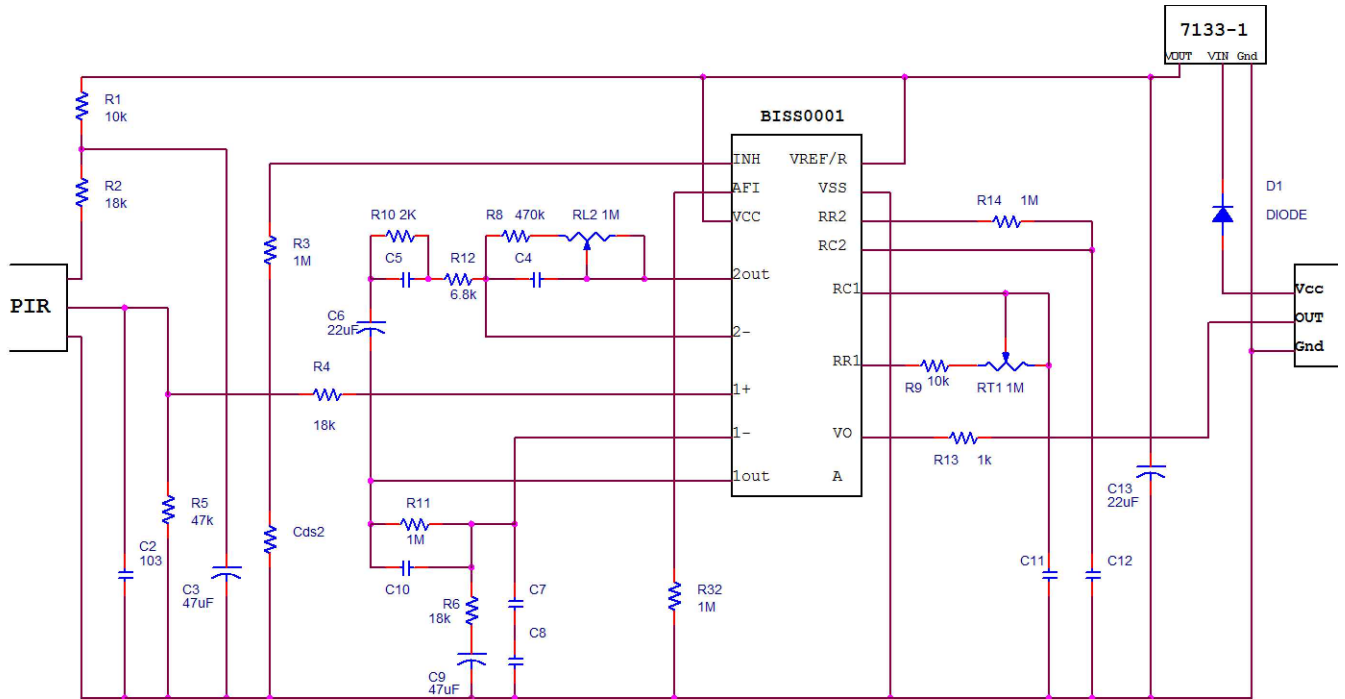
ESCALA:

AUTOR:

ANDRÉS SECO CASTRO

FIRMA:

PLANO Nº: 03



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG N°: 770G01A78

TÍTULO DEL TFG:

Diseño dunha luz a LED con panel solar e batería de Li-ion, con sensor de movemento

TÍTULO DEL PLANO:

MÓDULO SENSOR PIR

FECHA: SEPTIEMBRE-2015

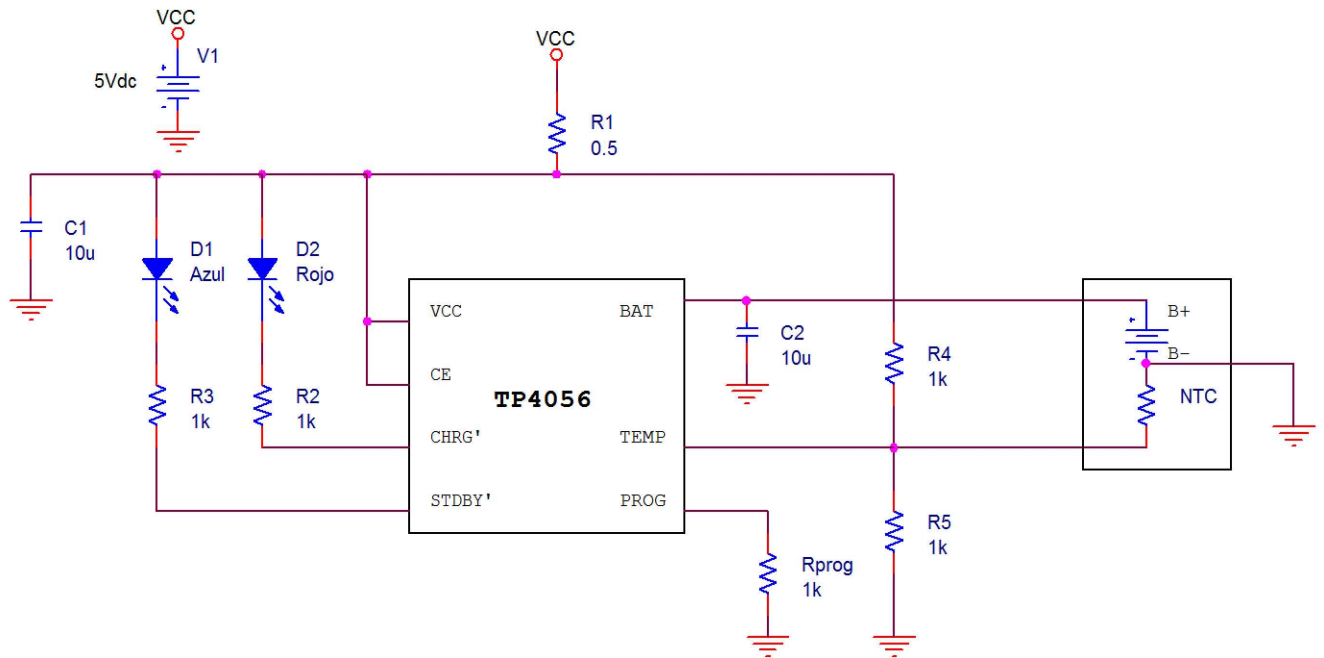
ESCALA:

AUTOR:

ANDRÉS SECO CASTRO

FIRMA:

PLANO N°: 04



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG N°: 770G01A78

TÍTULO DEL TFG:

Diseño dunha luz a LED con panel solar e batería de Li-ion, con sensor de movemento

TÍTULO DEL PLANO:

MÓDULO CARGADOR DE BATERÍAS TP4056

FECHA: SEPTIEMBRE-2015

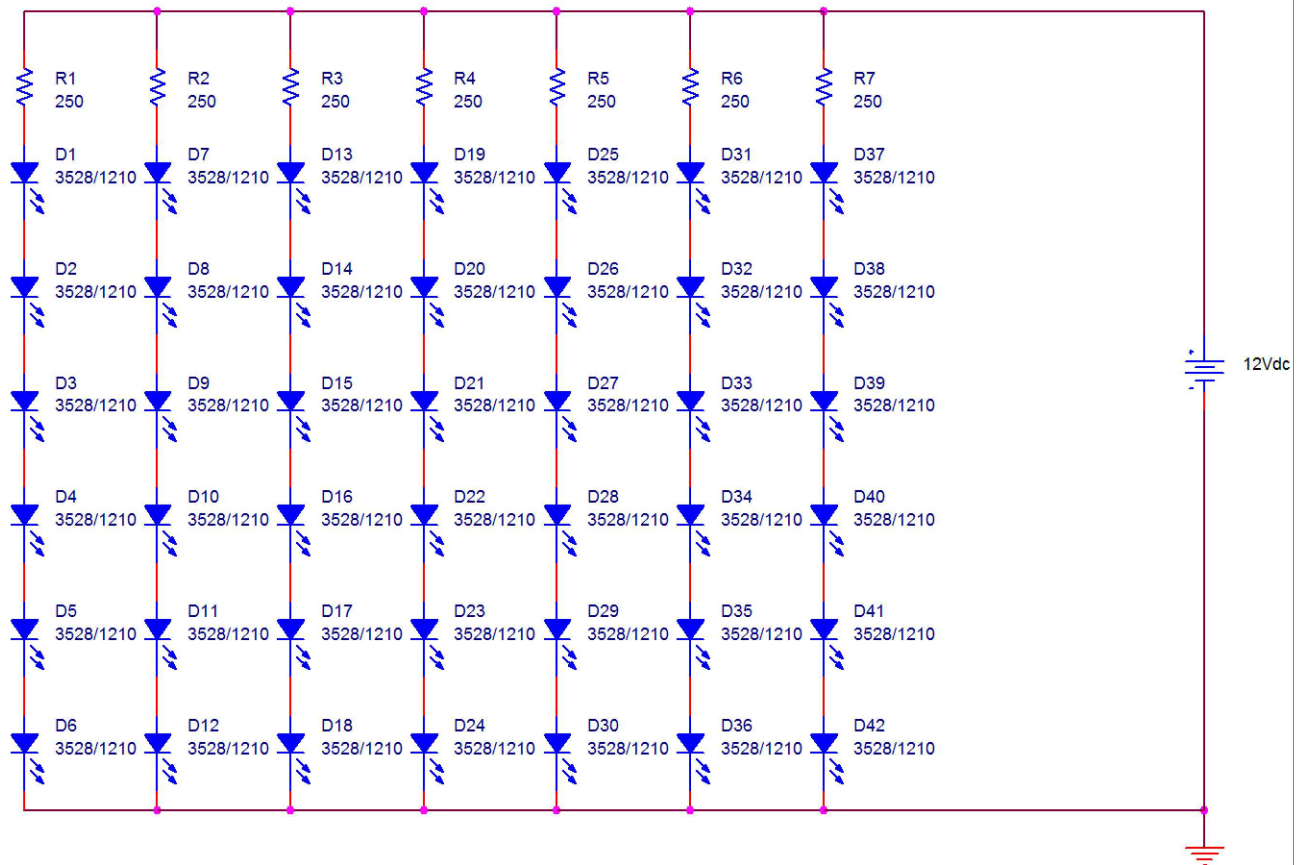
ESCALA:

AUTOR:

ANDRÉS SECO CASTRO

FIRMA:

PLANO N°: 05



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG N°: 770G01A78

TÍTULO DEL TFG:

Diseño dunha luz a LED con panel solar e batería de Li-ion, con sensor de movemento

TÍTULO DEL PLANO:

PANEL LED 12V

FECHA: SEPTIEMBRE-2015

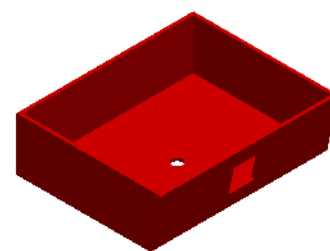
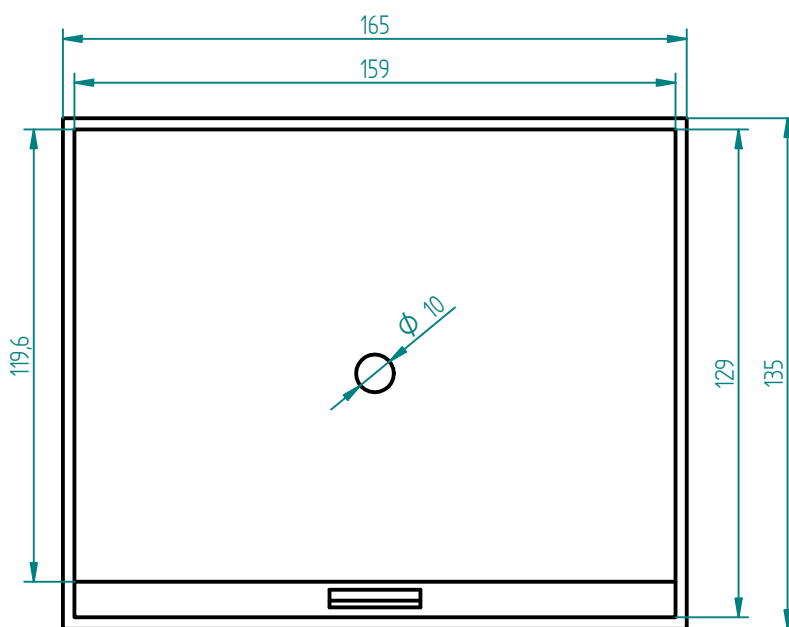
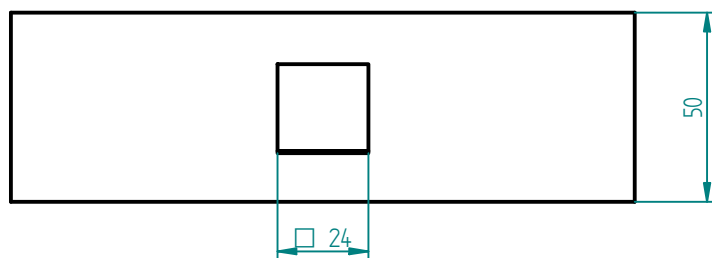
ESCALA:

AUTOR:

ANDRÉS SECO CASTRO

FIRMA:

PLANO N°: 06



1:5



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG Nº.770G01A78

TÍTULO DEL TFG:

Diseño dunha luz LED con panel solar e batería de Li-ion, con sernsor de movemento

TÍTULO DEL PLANO:

CAJA

FECHA: SEPTIEMBRE-2015

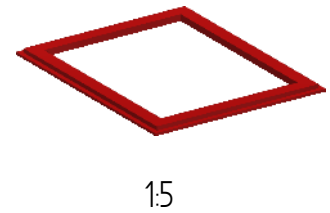
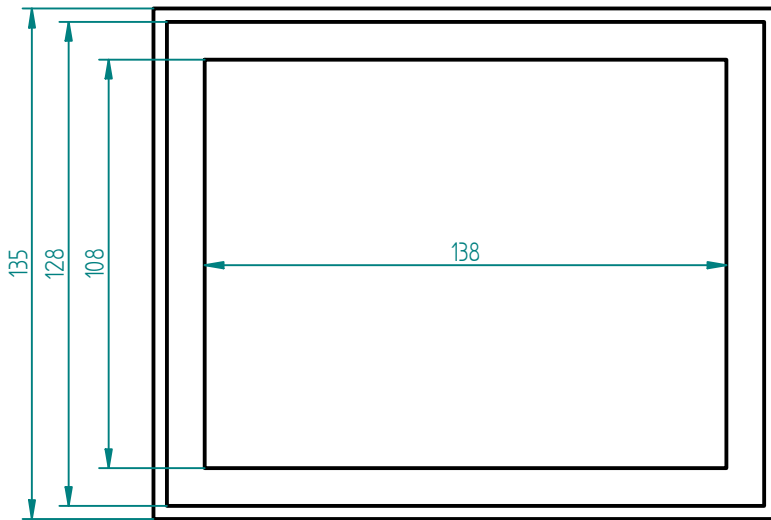
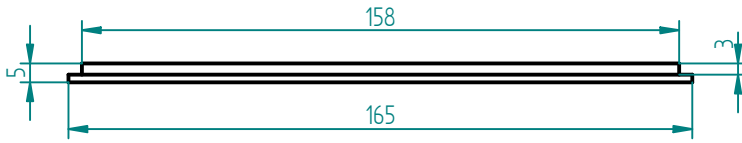
AUTOR:

ANDRÉS SECO CASTRO

FIRMA:

ESCALA: 1:2

PLANO Nº: 07



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG Nº.770G01A78

TÍTULO DEL TFG:

Diseño dunha luz LED con panel solar e batería de Li-ion, con sernsor de movemento

TÍTULO DEL PLANO:

TAPA

FECHA: SEPTIEMBRE-2015

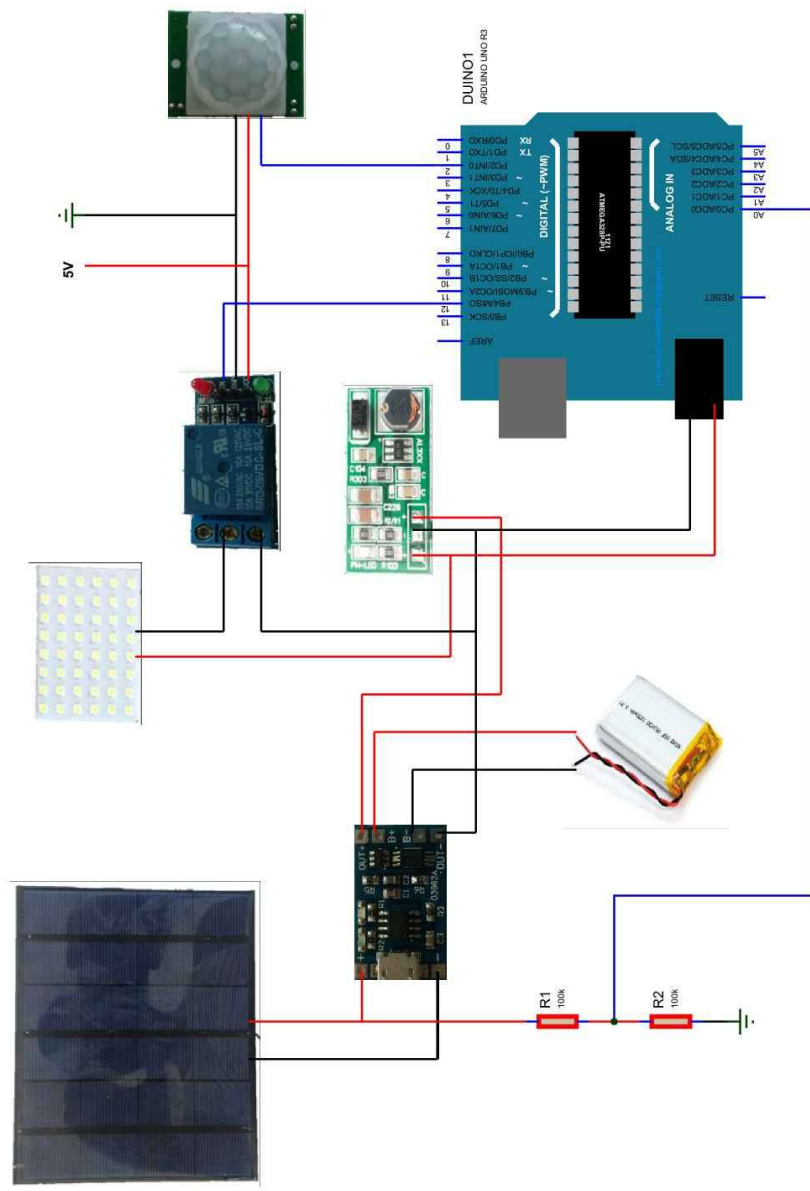
AUTOR:

ANDRÉS SECO CASTRO

FIRMA:

ESCALA: 1:2

PLANO Nº: 08



ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG Nº: 770G01A78

TÍTULO DEL TFG:

Diseño dunha luz a LED con panel solar e batería de Li-ion, con sensor de movemento

TÍTULO DEL PLANO:

CONEXIONADO

FECHA: SEPTIEMBRE-2015

ESCALA:

AUTOR:

ANDRÉS SECO CASTRO

FIRMA:

PLANO Nº: 09

PLIEGO DE CONDICIONES

TÍTULO: DISEÑO DE UNA LUZ A LED CON PANEL SOLAR Y BATERÍA DE LI-ION, CON SENSOR DE MOVIMIENTO

PLIEGO DE CONDICIONES

PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N

15405 - FERROL

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2015

AUTOR: ANDRÉS SECO CASTRO

Fdo.:

Índice del documento Pliego de Condiciones

12.1 Condiciones de uso.....	121
12.2 Componentes de sustitución	121
12.3 Requisitos de software y hardware	122

Capítulo 12

Pliego de condiciones

12.1 Condiciones de uso

Este dispositivo debe ser utilizado en zonas exteriores donde la iluminación sea abundante, se debe comprobar con certeza la situación exacta del producto, ya que se podrían obtener rendimientos bastante dispares a la hora de su utilización.

Se hay que asegurar de colocarlo en una zona donde no de la sombra a lo largo del día, por el mismo motivo que el anterior. También es importante que se encuentre en una zona libre de árboles, porque si las hojas de los árboles o cualquier otro elemento puede caer encima del panel solar, esto implicará que tenga un rendimiento inadecuado.

12.2 Componentes de sustitución

En el caso de observar un incorrecto funcionamiento del sistema o que directamente no funcione, se debe abrir la caja y comprobar que los componentes están correctamente alimentados y asegurarse que realizan correctamente su función. El componente que no funcione correctamente se puede sustituir por otro igual que funcione correctamente. Simplemente con poner cualquier referencia del componente en google te encontrases con cientos de tiendas on-line que comercian con este tipo de piezas.

12.3 Requisitos de software y hardware

El software recomendado para el tratamiento del dispositivo, es el ArduinoISP Arduino 1.6.5, ya que con él se pueden realizar comprobaciones, como por ejemplo, la lectura de los valores de tensión del panel solar. También se puede realizar futuras modificaciones en el programa para modificar el funcionamiento y obtener otro deseado.

El PC debe poseer las características mínimas necesarias para poder ejecutar el software. En la creación del proyecto se utilizó Windows 7.

ESTADO DE MEDICIONES

**TÍTULO: DISEÑO DE UNA LUZ A LED CON PANEL SOLAR Y
BATERÍA DE LI-ION, CON SENSOR DE MOVIMIENTO**

ESTADO DE MEDICIONES

PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N

15405 - FERROL

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2015

AUTOR: ANDRÉS SECO CASTRO

Fdo.:

Índice del documento Estado de Mediciones

13.1 Componentes del dispositivo	130
13.2 Aparamenta	131
13.3 Consumo.....	131

Capítulo 13

Estado de mediciones

13.1 Componentes del dispositivo

Componente	Descripción	Unidades
Relé	Relé SRD-05VDC-SL-C activo a nivel bajo	1
Elevador de tensión	Elevador de tensión a 12 V	1
Conector Jack	Conector macho con ficha de 5,5 x 2,1mm	1
Arduino Uno	Arduino Uno Rev 3	1
Cable USB	Cable USB tipo A-B	1
Batería	Batería LiPo de 1050mAh, incluye PCM	
Sensor PIR	Sensor de presencia por infrarrojos basado en el chip BISS0001	1
Cargador baterías	Cargador de baterías basado en chip TP4056, incluye PCM	1
Panel LED	Lámpara Panel 48 LED SMD 3528/1210 Luz Blanco frío	1
Ficha	Ficha de dos terminales de 5,5 x 2,1mm y 3A	2
Panel solar	Panel solar 6V 3,5W 600mA	1
Resistencia	Resistencia 100k 0,25w	2
Cable jumper	Cable dupont jumper macho a hembra	40
Tubo termoretractil	Tubo termoretractil 3mm de diámetro	2

Tabla 12.1.0.1-Componentes del dispositivo

13.2 Aparamenta

Componente	Descripción	Unidades
Potenciómetro	Resistencia variable 0-100Ω 50w	1
Multímetro	Polímetro DT9205A Digital	1
Soldador	Soldador 30w 220V	1
Desoldador	Desoldador manual	1
Pelacable	Pelacable	1

Tabla 12.2.0.1-Aparamenta utilizada

13.3 Consumo

En este apartado se realiza la medición del consumo total del dispositivo para poder obtener una autonomía aproximada de funcionamiento. Para realizar la medición se utilizó un polímetro DT9205A que se conectó en serie con la batería para obtener los siguientes valores.

Consumo LED apagado  190mA

Consumo LED encendido  570mA

A la hora de establecer la autonomía de nuestro dispositivo, hay que tener en cuenta que no se puede calcular el tiempo que el LED esta encendido o apagado porque esto depende de la presencia humana y de la duración seleccionada en el sensor PIR.

La autonomía de la batería si el LED se mantiene apagado sería de 5h y 30'. En cambio, si el LED estuviera encendido todo el tiempo sería de 2 horas aproximadamente.

Teniendo en cuenta que el encendido será esporádico y de duración relativamente corta, una autonomía aproximada con un funcionamiento real del dispositivo sería entre unas 3 ó 4 horas. Para aumentar la autonomía llegaría con sustituir la batería actual por una con más capacidad, situación que se descartó para su diseño debido a los elevados costes de las mismas.

.

PRESUPUESTO

TÍTULO: DISEÑO DE UNA LUZ A LED CON PANEL SOLAR Y BATERÍA DE LI-ION, CON SENSOR DE MOVIMIENTO

PRESUPUESTO

PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N

15405 - FERROL

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2015

AUTOR: ANDRÉS SECO CASTRO

Fdo.:

Índice del documento Presupuesto

14.1 Presupuesto de materiales.....	140
14.2 Presupuesto de recursos humanos.....	141

Capítulo 14

Presupuesto

14.1 Presupuesto de materiales

En este apartado se definen la totalidad de costes asumidos durante la elaboración del proyecto, tanto los coste de mano de obra como de materia prima.

Componente	Unidades	Precio Unitario	Total
Módulo relé 5V	1	2,89 €	2,89 €
Módulo elevador de tensión	1	5,39 €	5,39 €
Módulo cargador de baterías	1	2,25 €	2,25 €
Batería LiPo	1	13,20 €	13,20 €
Módulo sensor PIR	1	2,95 €	2,95 €
Panel Solar	1	14,45 €	14,45 €
Resistencia	2	0,15 €	0,30 €
Panel LED	1	2,40 €	2,40 €
Arduino Uno Rev 3	1	8,77 €	8,77 €
Conector Jack	1	2,25 €	2,25 €
Cables jumper	40	0,0985 €	3,94 €
Cable termoretáctil	2	0,70 €	1,40 €
Filamento PLA, rojo	1	19,66	19,66
TOTAL			79,85 €

Tabla 13.1.0.1-Presupuesto de materiales

14.2 Presupuesto de recursos humanos

Concepto	Nº horas	Precio Hora	Total
Ingeniería	50	30 €	1500 €
Montaje	20	15 €	300 €
TOTAL			1800 €

Tabla 13.2.0.1-Presupuesto de recursos humanos