

# CUALIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PLACAS SOLARES

Alberto Cano León

Estudiante de Ingeniería Técnica en Telecomunicaciones especialidad en sistemas electrónicos de la EPSEVG

## Resumen

En este trabajo podremos observar y evaluar resultados de placas solares. Para ello diseñaremos una fuente de luz controlada por PWM y por altura con un espectro lumínico similar al del sol. Las entradas analógicas y salidas analógicas serán controladas por simulink a través de un arduino uno. Así podremos ver las curvas características de las placas y tomar decisiones sobre su comportamiento.

## 1. Introducción

Las energía solar es una fuente renovable tienen un bajo impacto en el medioambiente. Además nos proporciona una fuente casi "ilimitada" de energía.[1]. Para poder evaluarlas actuales placas solares normalmente se hacen en campo abierto y en laboratorio. Estas presentan más consumo energético que el propuesto y con precios muy elevados. Para ello lo primero que se ha evaluado es el espectro del led comparándolo con el espectro de la luz solar[2]. Para determinar el adecuado. A continuación se determino unos circuitos capaces de medir las curvas características y poder variar factores para poder testarla con un programa informático[3].

## 2. Objetivos

A la hora de efectuar el proyecto nos planteamos unos objetivos que a continuación citare:

1. Encontrar una fuente lumínica capaz de suministrar una luz con un espectro similar al del sol.
2. Que dicha luz tenga suficiente potencia para poder emitir en un espacio reducido para poder ser usada en laboratorio.
3. Diseñar o comprar una fuente alimentación adecuada para el suministro del circuito.
4. Diseñar circuito de control de potencia de dicha luz para poder emular diferentes densidades de radiación solar[5].
5. Diseñar un circuito de medición de voltaje y corriente del circuito.
6. Diseñar un circuito de adecuación de señal para el arduino uno y establecer unos criterios máximos de entrada para estas.
7. Diseñar con simulink una puesta a punto. Esta debe controlar dos salidas analógicas(PWM) y dos entradas(Voltaje y Corriente).
8. Simular gráficas características de las placas solares.
9. A ser posible tener bajo coste.

## 3. Resolución de Objetivos

Este punto está estructurado de tal manera de como he solucionado cada apartado anterior. Dando respuesta a cada uno respectivamente.

1. La fuente de luz escogida para el trabajo son tiras led de blanco frio con temperatura color 6000k de temperatura color[figura 1].

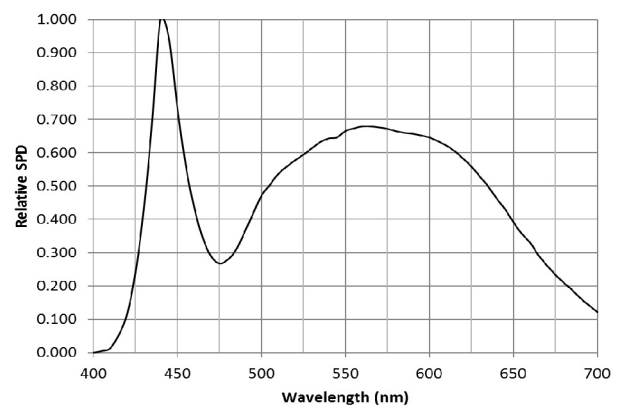


figura 1

2. Cada tira led tiene un máximo de 1050 lm. Y en total consta de 6 tiras dando un flujo luminoso máximo de 6300 lm. Situando dichas tiras led a una altura adecuada podremos emular la densidad de luz solar[figura 2]

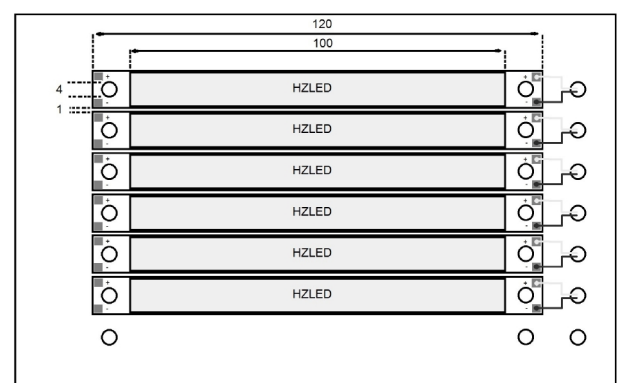


figura 2

3. Para mi proyecto me he declinado a comprar una fuente conmutada 120W ajustable pudiendo graduar el voltaje entre 10,5-14,5V óptimo para las tiras led.
4. Para controlar el flujo luminoso he utilizado dos transistores TIP120 y la señal de entrada es PWM(modulación por ancho de pulso). Es decir,

encenderemos y apagaremos led muy rápido y variaremos el tiempo de encendido y apagado del mismo.

5. Para medir la corriente y el voltaje he usado un transistor N-Mosfet. Variando una señal de control(gate) variaremos una supuesta resistencia haciendo que pase de no conducir a saturación dándonos las curvas características de las placas solares. Para ello también utilice una resistencia(0.1 ohms) para medir la corriente.

6.El arduino uno esta compuesto por un microcontrolador de Atmel[figura 3]. Este trabaja con tensiones máximas de referencia de 5 V. Por otro lado la señal de corriente llega muy atenuada pero precisa por ese motivo se tiene que ajustar las señales a las entradas del arduino uno. Y por ese este problema se resuelve amplificando o atenuando las señales de entrada.



figura 3

7. Matlab es un programa informático muy utilizado entre la comunidad científica y uno sus subprogramas es simulink. Se pueden hacer diagramas de bloques para posteriormente simularlos(figura 4). Tiene un módulo que nos proporciona para poder trabajar arduino en simulink.

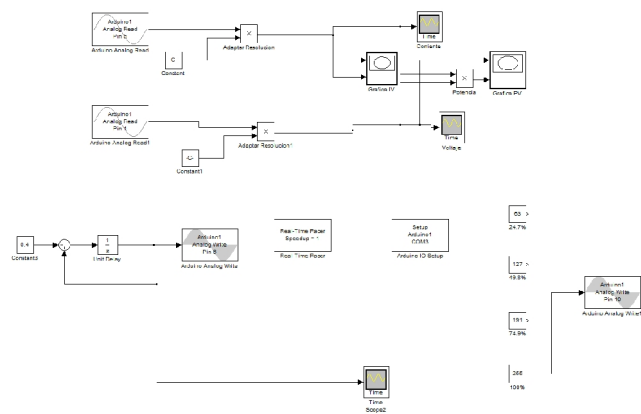


figura 4

8. Una vez aquí trabajaremos con simulink. Lo usaremos para hacer un diagrama de bloques que nos permitira observar las graficas IV y PV[figura 5] de las placas solares. También podremos trabajar y experimentar con los resultados gracias a las alta gamma que ofrece el programa. Pudiendo cambiar la duración del pulso(PWM).

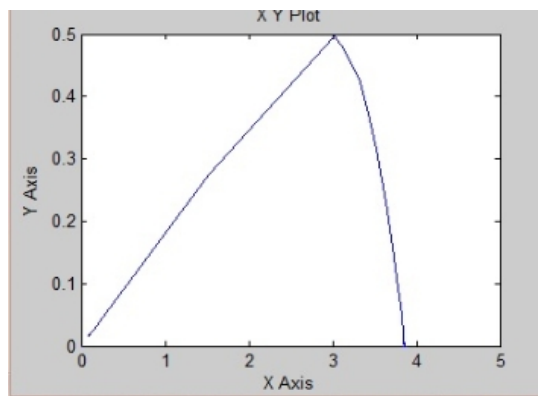


figura 5

9. Teniendo en cuenta todo el material utilizado:

- 6 HZLED 6000k 10W, 20€
- Tres placas PCB(RE520HP) para la estructura fuente de luz(160x100 mm), una PCB(160x100 mm) de cobre y dos pequeñas para otros circuitos. 15€
- Arduino uno 20€
- Sujeciones y diverso cableado 5€
- Elementos electrónicos diversos 15€
- Disipadores y ventiladores 8€

El precio total del producto es de 83€. Es un precio orientativo. Pero nos da una idea del coste orientativo.

Conclusión del coste producto: Nos da un producto a mi parecer de bajo coste y bajo consumo energético comparándolo con productos similares.

\*\*\*El precio del software no lo incorporo porque este sirve multitud de usos aunque pongo una referencia. MATLAB and Simulink Student Suite 82€.

#### 4. Pruebas efectuadas

Las primeras pruebas que hice fueron a la tira led para su correcta elección. Teste su funcionamiento y parámetros del fabricante. Sometí a pruebas a varias tiras led. Tenían un comportamiento similar. Los voltajes de funcionamiento no correspondían exactamente con el fabricante. Este nos proporciona realmente un valor más exacto la corriente es de funcionamiento 720mA que lo estabiliza una resistencia. Los voltajes de funcionamiento son mucho más bajos que las que indica el fabricante. Este nos facilita el máximo en 14V y 720mA. Pero yo trabajare con voltajes inferiores reduciendo el consumo y aumentando la vida útil del led.

Una vez establecido las tiras led diseñe un circuito de potencia para su control. Y hice pruebas de los comportamiento sobre placas solares con un tester(figura 6) comprobando voltaje en circuito abierto( $V_{co}$ ) y corriente en corto circuito( $I_{cc}$ ).



figura 6

Para obtener las graficas IV y PV monte un circuito test con una resistencia variable[figura 7] y después tome nota y lo represente en tabla de Microsoft Excel.

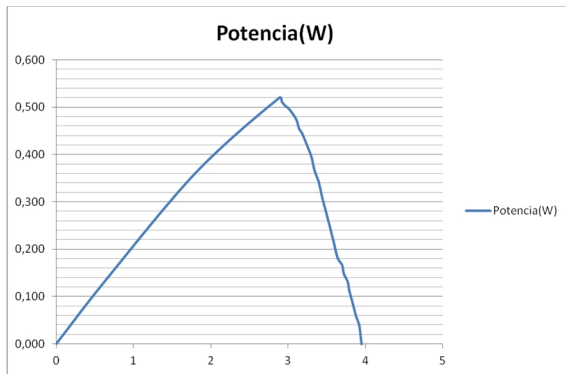


figura 7

Para acabar los ensayos acabe los circuitos de adaptación al arduino y el N-Mosfet que me ayudaran a automatizar el proceso de adquisición de datos.

## 5. Calibrado

Aquí tenemos dos partes el calibrado de la fuente de luz y el ajuste del circuito para ser interpretado.

5.1 Para el ajuste de la fuente de luz haremos el siguiente procedimiento:

Dejaremos a una altura fija la fuente de luz en condiciones mínimas de exposición externa. Insertamos la placa solar con la que haremos el ajuste[figura 8] Tomaremos un pirómetro o termómetro digital y apuntaremos las temperatura máxima que tome la placa. Una vez hecho esa medida y sin mover la placa con un tester miramos los valores en  $V_{co}$  y  $I_{cc}$  cambiando la tensión de entrada hasta que se ajuste con las características de la placa solar teniendo en cuenta las derivas térmicas. Este ajuste es muy importante y para ello tenemos que escoger una placa solar que el fabricante nos facilite todos los datos que describo anteriormente para un buen ajuste ya que sino repercute en todas las medidas que hagamos. Lo ajustaremos con la fuente porque el consumo del resto del circuito se puede considerar despreciable y no afectara apenas al ajuste.

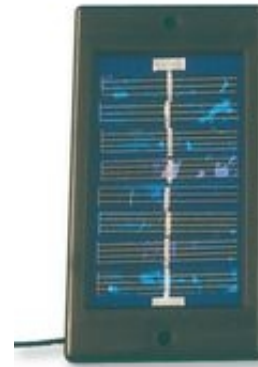


figura 8

5.2 Los voltajes y corrientes obtenidos en las placas necesitan un ajuste para poder ser interpretados por el arduino y enviados a simulink. Para ello hago dos ajustes:

a) Ajuste de voltaje y corriente al arduino. La señal máxima de entrada me la fija en 5V. Así pues ninguna señal en voltaje mayor me lo interpretara bien. En este proyecto la limitare a 5V y 500mA. Y la opción de un acoplamiento en la entrada de un circuito para poder medir voltajes superiores a 5V. Para ello solo ajustare la corriente de entrada del circuito con un amplificador operacional(esta es medida con una resistencia shunt) siendo la corriente de entrada 10 veces la real, es decir, tiene una tensión de referencia de 5V. Esto lo hago para poder tener mejor resolución.

b) El ajuste en simulink. Este interpreta voltajes por tramos, es decir, es discontinua. En concreto la señal de entrada tiene 10 bits de resolución. Es decir 1024 valores. El salto de cada tramo es de  $(5/1024)=4,8828\text{mV/salto}$ . Esto quiere decir que cuando hagamos el diagrama de bloques tendremos que invertir la operación.

## 6. Señales I/O arduino

En este apartado describiré los puertos de entrada(I) y de salida(O) del arduino[figuras 3 y 4]. Entre paréntesis viene expresado el puerto.

Entradas:

- Señal de Referencia(Aref): Esta es la señal máxima de referencia puede tomar valores entre 0 y 5 V. En mi caso 5V.
- GND(GND): Es la masa del circuito. Tiene que ser común.
- Corriente(A05): Es la corriente de la placa convertida a voltaje. Toma valores entre 0 y 5 V(5V equivalen a 500mA)
- Voltaje(A01): Voltaje de la placa solar. Toma valores entre 0 y 5V.

Salidas:

- Emulación de Resistencia(~6): Es una señal PWM convertida a VC con un doble filtro paso bajo a 16hz[figura 9] para controlar el paso(Gate) del transistor. Toma valores entre 2,5V y 4,5V

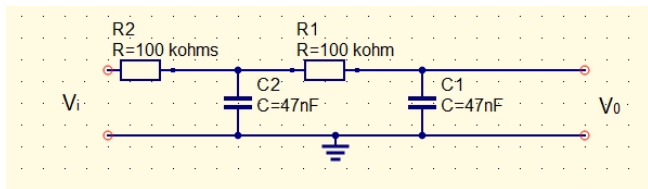


figura 9

b)Control lumens de los leds(~10): Es una señal PWM que nos permite cambiar el ciclo de trabajo y así graduar de 0 a 100% nuestra fuente de luz.

## 6. Conclusión

Se ha conseguido los objetivos que se habían establecido en el proyecto. Además hemos dejado a libre disposición diferentes posibles usos de nuestro instrumento de medida. Cada tramo es independiente y trabajan para hacer un conjunto. Es de bajo coste y bajo consumo(apenas 56W de potencia). Además tiene larga vida útil. Los niveles de trabajo son:

Voltaje: 0-5V (pudiendo añadir un adaptador para más altas, y solo tendríamos que adaptar la señal en simulink).

Corriente: 0-500mA

Temperatura: 0° a 50°

## 7. Agradecimientos

Doy las gracias a mi ponente Antonio Miguel López Martínez y Antonio Valerio Lozano Serrano por el apoyo que me han depositado.

## Referencias

[1] Javier Martín Jiménez, "ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y ENERGÍA EÓLICA", ed. Antonio Madrid Vicente, 2014, 204págs

[2] Andreev, V. M. , "Photovoltaic conversion of concentrated sunlight", chichester [etc. ] : John Wiley & sons, cop. 1997, xiv, 294 p.

[3] Mario de la Horra Köllmer, "Sistemas de Adquisición de Datos basados en la plataforma Arduino. Aplicaciones a Matlab, Simulink y Android", Leganés, 2013

figura 1, Photosynthesis-FIG-3.jpg, fuente: <http://agi32.com/blog/wp-content/uploads/2014/11/Photosynthesis-FIG-3.jpg>

figura 3, ArduinoUno\_R3\_Front\_450px.jpg, [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc), fuente: [https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoUno\\_R3\\_Front\\_450px.jpg](https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoUno_R3_Front_450px.jpg)

figura 8, 42250923.jpg, BP SOLAR MSX-005F PANEL SOLAR, 0,5W, fuente: <http://es.farnell.com/bp-solar/msx-005f/panel-solar-0-5w/dp/654000>