

Diseño e instalación de lámparas con tecnología LED, para simulación de ciclo diurno.

Se diseñó un sistema de luces led que permitiera hacer una simulación del ciclo de luz del sol, de manera que su intensidad de luz sea lo más similar a las mediciones reales (figura 1), el objetivo de estas lámparas es que pudieran ir incrementando gradualmente su intensidad de luz para hacer la simulación desde el amanecer hasta la puesta del sol, por lo que esta simulación es del día perfecto, es decir que la intensidad de luz se ajusta la parte positiva de la curva senoidal colocando el máximo de la intensidad del día justo a la mitad del tiempo del ciclo del día y llegando al anochecer en cero de la curva.



Figura 1. Ciclo diurno real.

Otro de los factores importantes a recrear por las lámparas led es que cuenten con el espectro de longitud de onda adecuado, se buscó replicar el espectro de luz fotosintéticamente activo que comprende entre los 380 nm y 750 nm, por lo que se evaluaron diferentes tipos de leds, entre ellos encontró los full spectrum, como los más adecuados a el proyecto, logrando un espectro bastante completo dentro del rango de interés (figura 2).

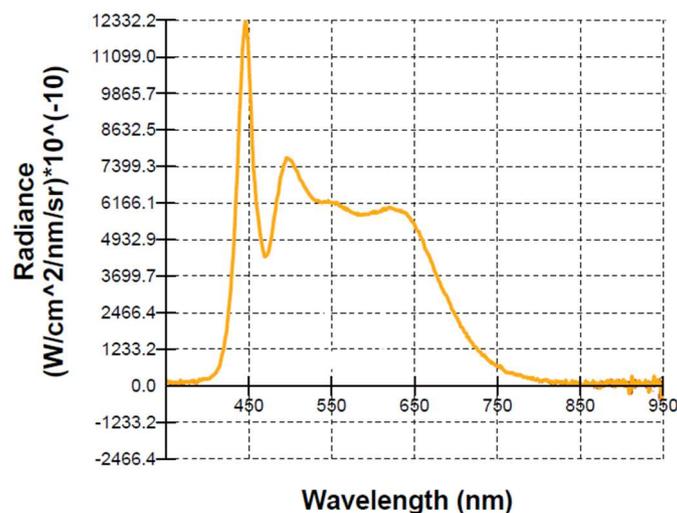


Figura 2. En amarillo el espectro de lampara LED full spectrum

fuerza del MOSFET, y el voltaje que es proporcionado a la compuerta, este pulso es el que entrega nuestro puerto digital PWM del Arduino, con esto logramos que la Placa de leds esté encendida el porcentaje indicado del ciclo a 490 Hz. La fuente de poder que proporciona la corriente de encendido a las lámparas es del tipo conmutada de $V= 48v$, y se ajustó el circuito para que pudiera tener una corriente de 2.5 Amperes durante los ciclos de encendido..

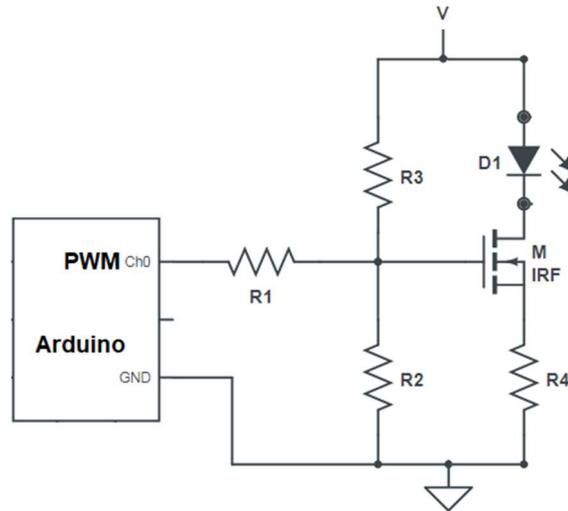


Figura 4, Circuito de potencia para manipulación por ancho de pulso de las lámparas led.

La programación del Arduino es el último paso para poder traducir el ciclo diurno al Arduino, para lo cual es necesario saber algunos datos que serán proporcionados por el usuario a partir del portal web del cual se hablará más adelante en este documento, estos datos son:

- *Hora de inicio en segundos = TiempoIN = HoraIN * 60 * 60 + MinIN * 60*
EC.1
- *Hora final en segundos = TiempoFIN = HoraFIN * 60 * 60 + MinFIN * 60*
EC.2
- Porcentaje máximo de intensidad de la Luz= Porcentaje EC.3

Este último parámetro en la ecuación 3 graduar el máximo de luz en el cenit del día, teniendo como 100% el máximo de intensidad de luz que proporciona la lámpara led en un ciclo PWM del 100%. Ambos parámetros de tiempo de las ecuaciones 1 y 2 se llevarán a su equivalente en segundos para poder establecer un control de tiempo y actualización del estado que corresponda a la cantidad de luz por segundo. De tal forma que el estar midiendo en escala temporal los parámetros de inicio de ciclo y fin del mismo, es necesario incorporar al sistema del arduino un Reloj de Tiempo Real para lo que se seleccionó el modelo DS1302, el cual es programado con sus librerías de virtualización para que el Arduino pueda interpretar por sus datos como un

dato de tiempo, y con las anteriores ecuaciones es posible conocer el periodo de tiempo que permanecerá en proceso el ciclo de luz de día, así como la hora actual medida en cantidad de segundos, quedando las siguientes ecuaciones:

- *Periodo que dura el ciclo diurno = Periodo = TiempoFIN – TiempoIN* EC.4
- *Hora actual en segundos = RT = HoraActual * 60 * 60 + MinAcutual * 60 * 60* EC.5

Con las ecuaciones anteriores comenzamos un ciclo dentro de las operaciones del Arduino en el cual se realiza la primera pregunta: ¿La hora inicial es menor que la hora actual?, de así serlo, el ciclo de luz de día estaría iniciado, como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 5.

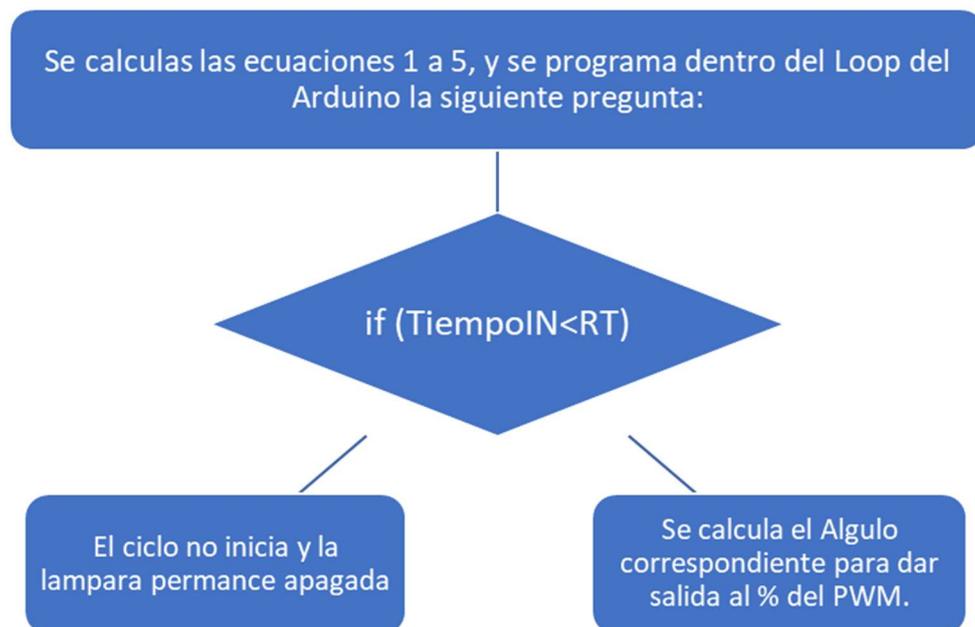


Figura 5. Diagrama de flujo del inicio del ciclo de luz diurna.

Una vez que la pregunta anterior resultó ser confirmada, se requiere hacer el cálculo del tiempo que llevamos dentro del ciclo para saber el porcentaje que corresponde al segundo donde los encontramos, esto se realiza con una simple diferencia:

- *Tiempo en segundos dentro del ciclo = Tact = RT – TiempoIN* EC.6

Este Tact de la EC.6, será comparado cada iteración con que sea menor que el Periodo de la EC.4, para poder garantizar que la duración del ciclo es únicamente durante el intervalo de tiempo configurado. Por lo que solo quedaría hacer el cálculo correspondiente a la equivalencia

en ángulo de acuerdo al tiempo en el que nos encontremos, esto lo realizamos con las siguientes ecuaciones:

- $\text{Ángulo en radianes} = \text{Ang} = (\text{Tact} * \pi) / \text{Periodo}$ EC.7
- $\text{Amplitud máxima del ciclo sinusoidal} = \text{Porcentaje}$ EC.8

Con las EC.7 y EC. 8 sustituimos en EC. 9

- $\text{Salida de modulación de ancho de pulso} = \text{PWM} = \sin(\text{Ang}) * ((\text{Amp} * 255) / 100)$ EC.9

Lo que nos permite calcular la salida del pulso PWM, la cual es un número de una salida de 8 bits, es decir que el cálculo se un número de 2 elevado a la potencia 8, o bien un número de 256 elementos, pero se calcula desde el 0 a 255, es decir que si el resultado del dato del seno(x), es un número entre 0 y 1 donde x va desde el ángulo 0 a 180 grados o su equivalente en radianes de 0 a π radianes, el dato de PWM para el máximo 1 tiene que ser 255. Este proceso del ciclo de programación del arduino se realizó como se muestra en la figura 6.

```
if (HoraInS < Rt) {  
  Tact = Rt - HoraInS;  
  if (Tact < periodo) {  
    Ang = (Tact * 3.1416) / periodo;  
    Amp = Porcen.toInt();  
    Serial.print("Porcentaje:");  
    Serial.print(Amp);  
    PWM = sin(Ang) * ((Amp * 255) / 100);  
    PWM = 255 - ((int) PWM);  
  } else {  
    PWM = 255; }  
} else {  
  PWM = 255; }
```

Figura 6. Cálculo del ciclo de luz en el arduino.

El sistema cuenta con una interfaz de usuario a través de una página web, la cuál permite hacer la programación del ciclo diario vía web, figura 7, se muestran las opciones de hora inicial, la cual corresponde a la salida del sol y la hora final es la hora que finaliza el día, otro parámetro importante es el máximo que permite controlar la máxima intensidad del día en un porcentaje, por los que este último parámetro ayudaría a hacer simulaciones de diferentes profundidades por la intensidad máxima que sucederá a la mitad del ciclo.



Figura 7. Página Web para programación de ciclo diurno

La forma en que opera el sistema es a través de tarjetas de desarrollo Arduino Mega con una tarjeta complementaria Ethernet, lector de tarjeta Micro SD. Esta tarjeta de desarrollo cumple la función de un servidor FTP, de tal forma que cada vez que se decide hacer un cambio en horas de inicio o programación del ciclo, la página web tiene las credenciales para entrar al servicio FTP ligado una ip interna al puerto 21, dejando escritura de un archivo llamada DATOS.txt el cual contiene los datos requeridos ya anteriormente descritos en la EC.1, EC.2 y EC.3, para la curva de luz .

El conjunto de lámparas será montado sobre los acuarios de manera que permita repartir la intensidad de la luz de forma homogénea, con la capacidad de cambiar las alturas de las lámparas para permitir calibrar las intensidades. Para lograr la validación de las curvas del ciclo diurno, se instalarán sensores por acuario que mantengan un monitoreo constante de la radiación emitida por los leds, de forma que también el usuario valide gráficamente en tiempo real la cantidad de luz que se está dando a cada acuario.