

# Neo Ligth

Edwar Andrés Jimenez Lopez eajimenezlo@unal.edu.com

Juan Pablo Valencia Méndez jpvalenciame@unal.edu.co

Cristian David Navarro cnavarros@unal.edu.co

Electrónica Digital

Departamento de eléctrica y electrónica

Universidad Nacional de Colombia.

Bogotá. Colombia.

**Resumen**—En el siguiente documento se muestra la justificación y composición del proyecto Neo Ligth, el cual es un sistema digital programado en lenguaje Verilog e implementado en la FPGA Cyclone 4 (intel), cuya función es controlar la apertura y cierre de una cortina, además de la intensidad lumínica de una luz led, esto comunicándola a través de Bluetooth a un teléfono celular el cual nos permite programar una "alarma" que enciende la luz y abre la cortina gradualmente, además de bloquear el control manual hasta que se detecte que la persona abandono el cuarto.

## I. INTRODUCCIÓN

EL reloj biológico de los seres humanos controla los patrones de sueño y esta condicionado por la luz que recibe el cuerpo a lo largo del día, esto evoluciona por miles de años ligado a la luz del sol, pero desde la invención de luz eléctrica, estos patrones se han visto afectados generando desordenes del sueño entre otras problemáticas, en el presente documento mostraremos el desarrollo de una herramienta que permita un control preciso de la iluminación de una habitación además de usar este control para construir una alarma que permita despertar de una manera mas natural.

## II. PROBLEMÁTICA

Debido a la pandemia del Covid 19, la gente se ha visto obligada a convertir su casa en su lugar de trabajo, esto aunque ha implicado una disminución en el tiempo empleado para transportarnos, a significado para muchos una disminución en su productividad; ya que al no tener un cronograma atado a nuestras actividades es más fácil evitarlas, iniciando por apagar el despertador y continuar en la cama, cosa que puede conllevar no solo a menguar la productividad sino además a trastornos del sueño.

Y es que según Robert S. Rosenberg, doctor del Centro de Trastornos del Sueño de Prescott Valley, si posponemos la alarma, "por un lado se está fragmentando un sueño adicional, que acaba siendo de poca calidad. Por otro, se incita al cuerpo a entrar en un nuevo ciclo del sueño sin tiempo suficiente para completarlo. Por ello, esto puede ocasionar somnolencia persistente durante el día".

## III. SOLUCIÓN DESARROLLADA

Se desarrollo un dispositivo que esta ligado a una aplicación móvil a través de bluetooth y permite el control de la intensidad lumínica de una luz LED, y la apertura y cierre de una cortina, adicionalmente tiene un reloj que sincroniza su hora con la del teléfono celular y permite ajustar una hora de despertar, a la cual la luz empezara a aumentar gradualmente, este despertador luminoso se desactiva a través de un sensor de presencia, evitando así que la persona posponga la alarma una y otra vez, permitiendo así un mejor despertar.

## IV. OBJETIVOS

### Objetivo General

- Diseñar y construir un dispositivo que utilice la luz, tanto natural como artificial, para facilitar el despertar y mejorar la calidad de sueño de las personas; así como también, llevar un mayor control de las horas de sueño al desactivar el dispositivo únicamente cuando la persona despierta totalmente y sale de la habitación.

### Objetivos específicos

- Diseñar y construir un dispositivo que permita un control "inteligente" de la luminaria; enlazando la iluminación de una habitación a un aplicativo móvil con el cual se pueda controlar la intensidad lumínica, además del encendido y apagado de las mismas.
- Diseñar y construir un dispositivo que permita un control "inteligente" de cortinas; permitiendo la apertura y cierre de las mismas, a través de un aplicativo.
- Diseñar y construir un dispositivo que permita un control "inteligente" de presencia en una habitación, manteniendo un conteo de cuantas personas se encuentran dentro.
- Diseñar y construir un dispositivo tipo "reloj despertador" que usando el aumento de la luminosidad y la apertura de las cortinas despierte a una persona, además de apagarse usando el control inteligente de presencia.

## V. MARCO TEÓRICO

Para poder llevar acabo este proyecto se utilizaron diferentes módulos y dispositivos, dentro de los cuales se pueden encontrar los siguientes elementos con sus respectivas funciones:

**Módulo Bluetooth hc-05:** Este dispositivo permite realizar comunicaciones inalámbricas a través de sus puertos TxD y RxD, esta comunicación tiene un límite de distancia de 10 metros. En la mayoría de los casos estos dispositivos se manejan a través de comandos AT, los cuales con enviados a través de un puerto serial. Este módulo Bluetooth trabaja a 3.3V con una frecuencia de 2.4GHz y se utiliza principalmente en aplicaciones con microcontroladores, PIC o tarjetas arduino.

Para poder entender mejor el funcionamiento de este dispositivo, es importante resaltar que este tiene dos modos de operación: Modo esclavo y modo maestro; permitiendo así realizar conexiones, tanto de una PC o tablets, como hacia otros dispositivos bluetooth.



Fig. 1: [5] Módulo Bluetooth HC-05

Este módulo hc-05 tiene 4 estados que vale la pena resaltar[6]:

- Estado Desconectado: El módulo entra en este estado tan pronto se alimenta el módulo, y cuando no se ha establecido una conexión bluetooth con ningún otro dispositivo. Se caracteriza porque el LED del módulo en este estado parpadea rápidamente. En este estado el módulo HC-05 no puede interpretar los comandos AT.
- Estado Conectado o de comunicación: Se entra en este estado cuando se establece una conexión con otro dispositivo bluetooth, en este caso el LED hace un doble parpadeo. Este estado permite que todos los datos que se ingresen al HC-05 por el Pin RX se transmiten por bluetooth al dispositivo conectado, y los datos recibidos se devuelven por el pin TX.
- Modo AT 1: Este estado se presenta después de conectar el módulo y presionar el botón del HC-05, de tal manera que se permita enviar comandos AT a la misma velocidad con el que está configurado. En este caso el LED del módulo parpadea rápidamente igual que en el estado desconectado.
- Modo AT 2: Para entrar a este estado es necesario tener presionado el botón al momento de alimentar el módulo, es decir el módulo debe encender con el botón presionado, después de haber encendido se puede soltar y permanecerá en este estado. En este estado, para enviar comandos AT es necesario hacerlo a la velocidad de 38400 baudios, esto es muy útil cuando nos olvidamos

la velocidad con la que hemos dejado configurado el módulo.

El módulo viene con una velocidad de transmisión serial de entre 38400 bps a 9600 bps, y está compuesto de 1 bit de parada sin bit de paridad. Para su configuración se puede conectar a el viejo puerto serial RS232 de la computadora a través de un convertidor TTL a RS232, o mejor empleando un conversor USB a serial TTL y utilizando el Hyperterminal de Windows u otro programa similar para enviar los comandos AT.

**Puente H bts 7960:** Este tipo de controlador usa chips Infineon BTS7960 como puente H, de tal manera que se permita controlar la intensidad y dirección de los motores. Este drive tiene una capacidad máxima de corriente de 43A y una frecuencia máxima de operación de 25kHz, por lo que cuenta con un aislador que permite separar el circuito de control de la parte de potencia para mantener la integridad del dispositivo.

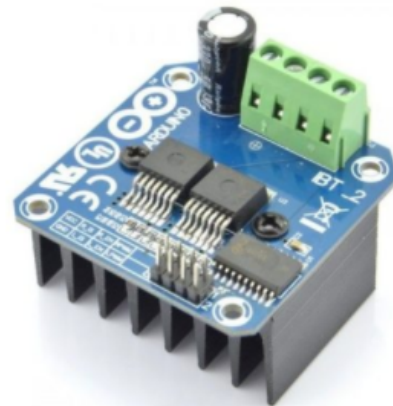


Fig. 2: [7]Puente H bts 7960

Este controlador está compuesto por dos transistores MOSFET de tipo P y N con un controlador IC en un solo paquete, permitiendo así la conexión de interfaz a un dispositivo externo de control, como lo puede ser un microcontrolador, ya que este cuenta con entrada de tipo lógico, ajuste de velocidad, generación de tiempo muerto y protección contra exceso de temperatura, sobretensión, baja tensión, sobrecorriente y corto circuito.[7]

**Fuente dc-dc step up cn6009:** Este dispositivo se encarga de entregar un voltaje de salida constante superior al voltaje de entrada frente a variaciones del voltaje de entrada o de carga. Esta fuente tiene una capacidad de corriente máxima de 2.5A, y tiene capacidad de voltaje de entrada de 5V a 32V, mientras que en la salida puede ser de 7V a 32V, de acuerdo a lo seleccionado por el potenciómetro multivuelta.

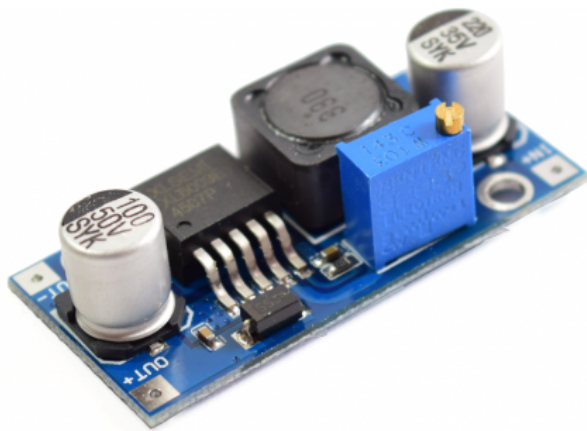


Fig. 3: [8]Fuente dc-dc step up cn6009

Existen dos tipos de convertidores DC-DC, los lineales y los conmutados. En este caso el dc-dc step up cn6009 es un regulador de tipo conmutado elevador con una alta eficiencia de conversión, excelente regulación de línea y bajo voltaje de rizado. Este dispositivo permite una reducción en el uso de componentes externos, simplificando la creación de la fuente y obteniendo una eficiencia próxima de un 94%. [8]

*Sensor ultrasónico hc-sr04:* Este dispositivo es el encargado de medir distancias, en este caso se usa para detectar la presencia de personas en la cama. Estos sensores envían una onda de sonido, de tal manera que esta rebote en un objeto y permita calcular la distancia que hay entre el sensor y el objeto. Las ondas enviadas tienen una frecuencia superior a los 20kHz, de tal manera que no puedan ser percibidas por los seres humano.

Este sensor ultrasónico hc-sr04 está compuesto por dos transductores, un emisor y un receptor piezoeléctrico; Este ultimo es el encargado de recibir la señal de rebote que ha sido previamente enviada a través de 8 pulsos de ultrasonido a una frecuencia de 40kHz.

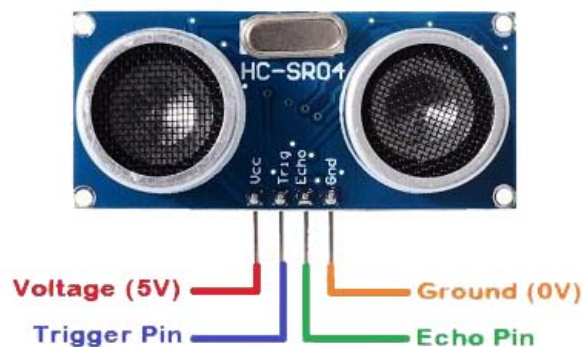


Fig. 4: [9]Sensor ultrasónico hc-sr049

Este sensor se alimenta con una tensión de 5V y tiene un rango de medición desde 2cm hasta 4 metros. Tiene una corriente de operación de 15mA y a una frecuencia de pulso de 40kHz. Para poder conectar el sensor al arduino se necesitan: 1 pines digital encargado de la salida al pin

trigger del sensor, otro pin digital conectado al pin echo como entrada, una alimentación de 5V y la conexión a tierra. [9]

*PIR hc-sr501:* Este módulo permite detectar personas y animales grandes a través de un sensor PIR (Passive Infrared). Los sensores PIR se utilizan por lo general en aplicaciones como sistemas de alarma, puertas automáticas, luces automáticas, etc.[10]



Fig. 5: [10]PIR hc-sr501

Este módulo en cuestión tiene una dimensiones de 3.2cm x 2.4cm x 1.8 cm y su voltaje de operación se ubica entre los 4.5 – 20 V, teniendo una corriente máxima de operación de 0.06mA. Tiene un Pulso lógico de salida de 3.3V, un tiempo de retardo de entre 5 a 200 Segundos y una distancia de detección de entre 3 a 7 Metros con un ángulo de detección en cono de 110°.

*MOSFET IRF840:* El IRF840 es un transistor mosfet con polaridad N y con las siguientes especificaciones máximas

- Potencia de disipación: 125 W
- Tensión drain-source  $V_{ds}$ : 500 V
- Tensión gate-source  $V_{gs}$ : 20 V
- Corriente en drain  $I_d$ : 8 A
- Temperatura máxima de operación: 150°C

Cuenta con las siguientes características eléctricas

- Tensión de umbral gate-source  $V_{gs}$ : 4 V
- Carga de gate  $Q_g$ : 63  $\mu C$
- Resistencia de drain-source  $R_{ds}$ : 0.85  $\Omega$



Fig. 6: [12]Transistor MOSFET IRF840

*Transistor 2n2222:* Es un transistor bipolar NPN de baja potencia de uso general. Es utilizado en aplicaciones tanto de amplificación como de conmutación. Cuenta con las siguientes especificaciones máximas

- Potencia de disipación: 1.2 W
- Tensión drain-source  $V_{ds}$ : 500 V
- Tensión gate-source  $V_{gs}$ : 20 V
- Corriente en drain  $I_d$ : 8 A
- Temperatura máxima de operación:  $150^{\circ}C$

*Transistor 2n3904:* Este transistor NPN es uno de los más comunes a la hora de la amplificación. Se usa por lo general en bajas intensidades, bajas potencias, tensiones medias y puede operar a velocidades altas [13].



Fig. 7: [13]Transistor 2n3904

Este dispositivo tiene un rango dinámico útil se extiende hasta 100 mA como suiche y hasta 100 MHz como amplificador. Cuenta con las siguientes especificaciones máximas:

- Potencia de disipación: 0.31 W
- Tensión drain-source  $V_{ds}$ : 60 V
- Tensión gate-source  $V_{gs}$ : 6 V
- Corriente en drain  $I_d$ : 0.2 A
- Temperatura máxima de operación:  $150^{\circ}C$

## VI. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

El proyecto Neo Ligth esta compuesto por 6 módulos principales los cuales a su vez están compuestos por varios módulos base, se enumeraran de uno en uno los módulos principales explicando sus módulos base y terminando con como se interconectan entre ellos.

### MODULO TIME:

#### A. Modulo Uart rx

Se encarga de recibir 8 bits en serie a una velocidad de 9600 baudios y los integra en un solo dato.

##### Entradas:

- **clk:** Reloj interno de la FPGA.
- **rx:** Recibe datos del tx provenientes del modulo hc-05.
- **init:** señal que cuando esta en alto habilita recepción de datos.

##### Salidas:

- **dato:** contiene de manera ordenada los 8 bits que vienen en serie del tx del modulo hc-05.

##### Diagrama de flujo:

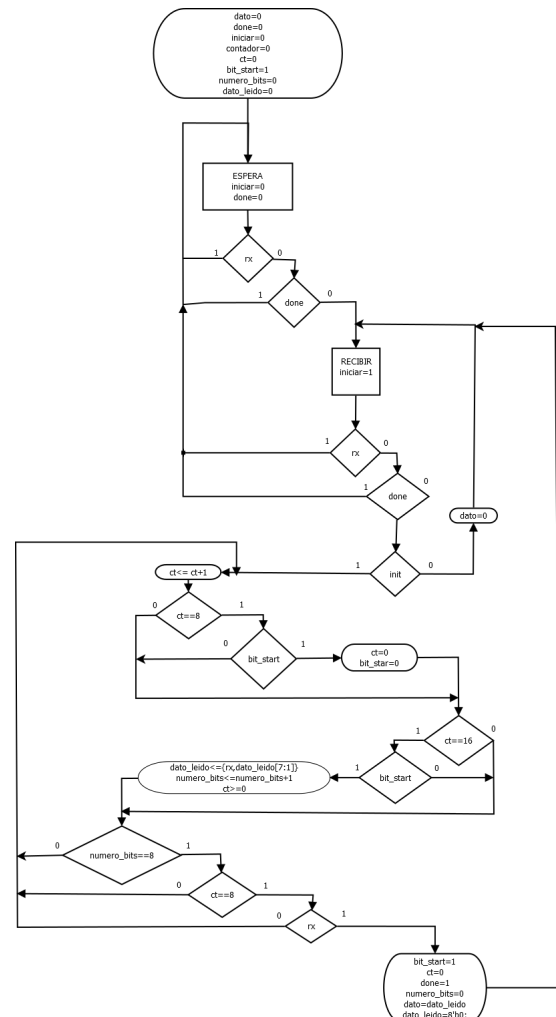


Fig. 8: Diagrama de flujo Uart rx



## Diagrama de flujo:

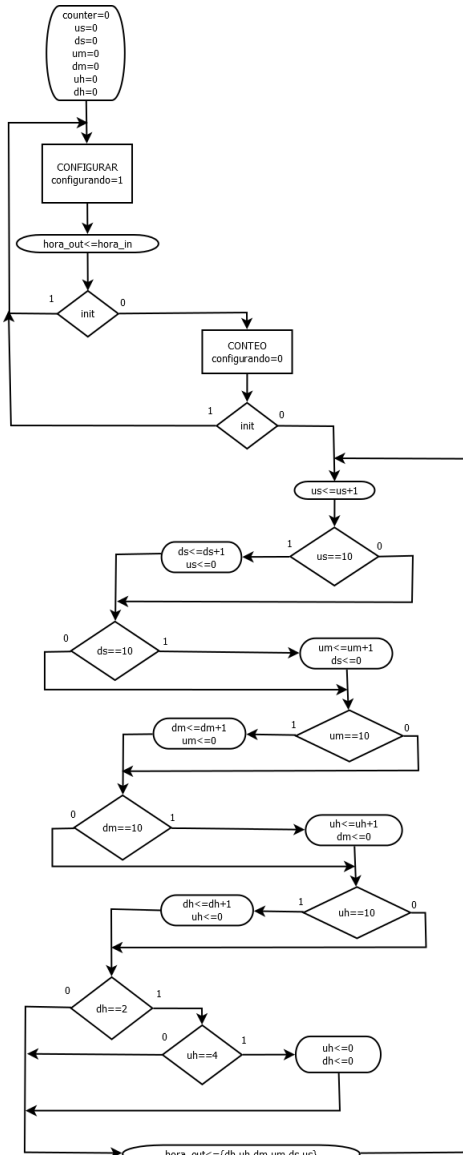


Fig. 10: Diagrama de flujo Reloj

## F. Display

Recibe un numero en BCD de hasta 32 bits y convierte cada 4 bits en su representación en siete segmentos además coordina que dígito debe verse en cada uno de los 8 displays de 7 segmentos.

### Entradas:

- **clk**: Clock de la FPGA.
- **dato**: 32 bits provenientes del modulo reloj. .

### Salidas:

- **an**: Señal que secuencia la activación de los displays.
- **sseg**: Dígito en formato siete segmentos.

## G. Modulo BCD2sseg

convierte un numero BCD de 4 bits a su equivalente en siete segmentos.

### Entradas:

- **BCD**: Dígito de 4 bits en codigo BCD.

### Salidas:

- **sseg**: Siete bits que representan el encendido o apagado de un display de siete segmentos.

## H. Time

Este modulo obtiene la hora actual a través de rx mantiene su conteo y la muestra en un display de 7 segmentos.

### Entradas:

- **clk**: Clock de la FPGA.
- **init**: Se encarga de iniciar el conteo una vez ya se obtuvo la hora.
- **rx**: Recibe los datos enviados en serie por le modulo hc-05.

### Salidas:

- **done**: inicialmente es cero y se hace uno en caso de recibir la hora de manera exitosa.
- **an**: Señal que secuencia la activación de los displays.
- **sseg**: Dígito en formato siete segmentos.

### Diagrama RTL:

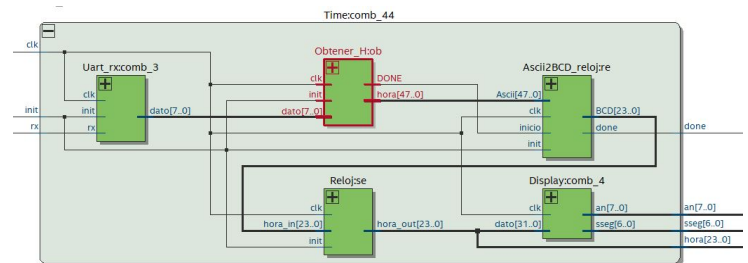


Fig. 11: Diagrama RTL Time

## MODULO CONTROL

### I. Control motor

Interpreta señales en Ascii provenientes de Uart rx y con esto habilita y coordina el tiempo que permanece activo el motor dirigiendo entre los sentidos en los que gira.

### Entradas:

- **clk**: Reloj de la FPGA.
- **dato**: Dato Ascii que puede ser A(65) o B(66) donde "A" sube la cortina y "B" la baja.
- **init**: Cuando esta en estado alto habilita el modulo.

### Salidas:

- **acción**: Indica la direccion en la que se va a mover el motor siendo:
  - 00 NO GIRA
  - 01 GIRA EN SENTIDO HORARIO.
  - 10 GIRA EN SENTIDO ANTIHORARIO.

### Diagrama de flujo:



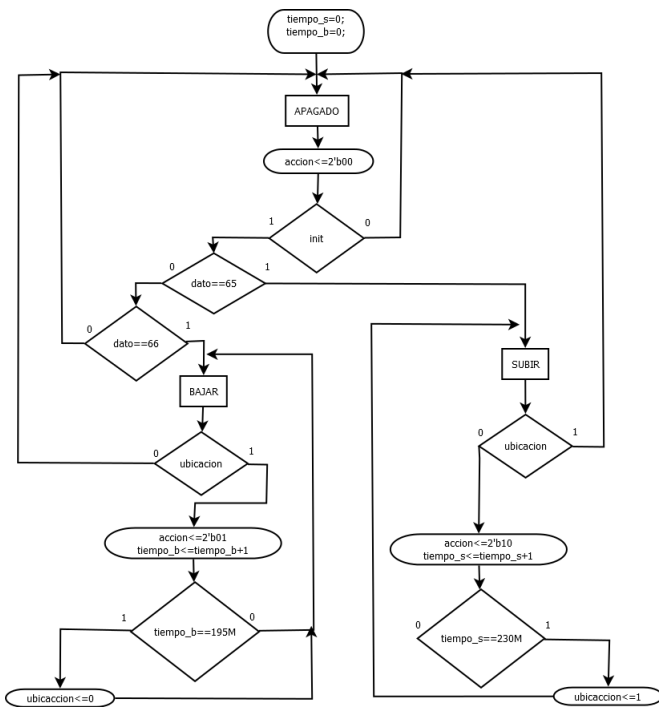


Fig. 12: Diagrama de flujo Control motor

#### J. Control Luz

Interpreta un dato Ascii entre a(97) y y(121) y le asigna un tiempo duty entre 0-50000.

##### Entradas:

- clk: Clock de la FPGA.
- init: Habilita el modulo.
- dato: dato Ascii de 8 bits.

##### Salidas:

- duty: Tiempo ciclo de trabaja de un pulso.

#### K. Control

Condensa los modulos: Control Motor, Control Luz y un receptor Uart rx.

##### Entradas:

- clk: Clock de la FPGA.
- rx: Recibe datos del tx provenientes del modulo hc-05.
- init: Habilita el modulo.

##### Salidas:

- accion: Indica la direccion en la que se va a mover el motor siendo:
  - 00 NO GIRA
  - 01 GIRA EN SENTIDO HORARIO.
  - 10 GIRA EN SENTIDO ANTIHORARIO.
- duty: Tiempo ciclo de trabaja de un pulso.
- Ubicacion: Ubicación actual de la cortina donde un esta alto representa que se encuentra arriba.

##### Diagrama RTL:

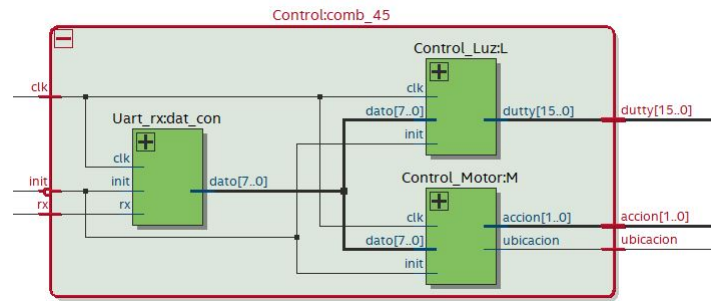


Fig. 13: RTL Control motor

#### CORTINA

Coordina la velocidad de subida y de bajada usando PWM y la acción Proveniente del modulo control motor.

##### Entradas

- clk: Clock de la FPGA.
- accion: Recibe la accion que debe ejecutar el motor.

##### Salidas

- dirección: Salida que coordina la dirección, en la que se mueve el motor.
- pwm: pulso enviado a el motor para que realice su acción, se difiere entre el ancho de pulso de subida y el de bajada.

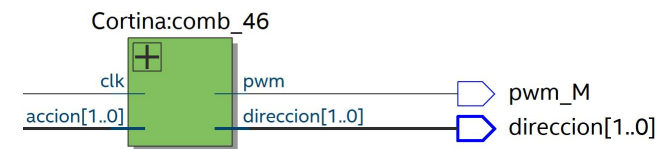


Fig. 14: Modulo Cortina

#### LUZ

Recibe un duty o tiempo de ciclo de trabajo siendo 50000 el 100% y devuelve un pulso de 1kHz con este ancho.

##### Entradas

- clk: Clock de la FPGA.
- duty: tiempo de ciclo de trabajo 0-50000.

##### Salidas

- PWM: Pulso de 1kHz modulado entre un 0 o un 100%.

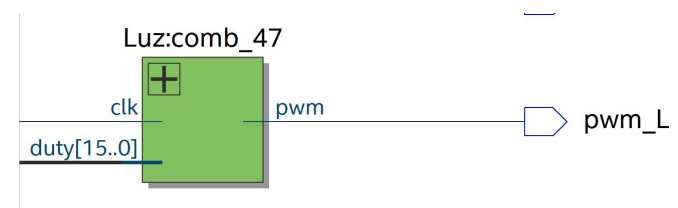


Fig. 15: Modulo Luz

#### ALARMA

### *L. sensor ultrasónico*

Modulo que se encarga de controlar e interpretar el sensor ultrasónico HC-SR04 y entrega un uno en caso de detectar un obstáculo a una distancia menor a 40cm y un 0 en cualquier otro caso.

## Entradas

- `clk`: Clock de la FPGA.
- `eco`: señal TTL que se mantiene en alto el mismo numero de microsegundos que le tomo retornar a la señal de trigger.

## Salidas

- **trigger:** Señal que activa la bocina del modulo HC-SR04 durante un periodo de 10us.
- **Interferencia:** Señal que se pone en 1 en caso de que perciba un obstáculo a menos de 40 cm.

**Diagrama de flujo:**

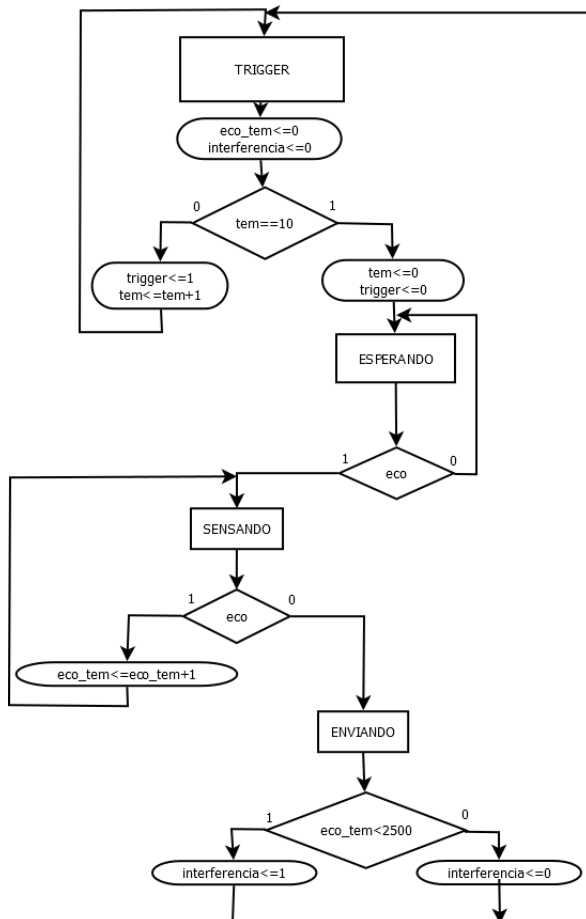


Fig. 16: Diagrama de flujo modulo Sensor Ultrasónico

*M. Contador de aforo*

Usa el modulo sensor ultrasónico y el pir para determinar si una persona entra o sale de una habitación.

**Entradas:**

- `clk`: Clock de la FPGA.
- `piro`: señal TTL entregada por el sensor pir.

- **eco:** señal TTL que se mantiene en alto el mismo numero de microsegundos que le tomo retornar a la señal de trigger.

**Salidas:**

- **trigger:** Señal que activa la bocina del modulo HC-SR04 durante un periodo de 10us.
- **Numero p:** Contador que mantiene el numero de personas en la habitación.

**Diagrama de flujo:**

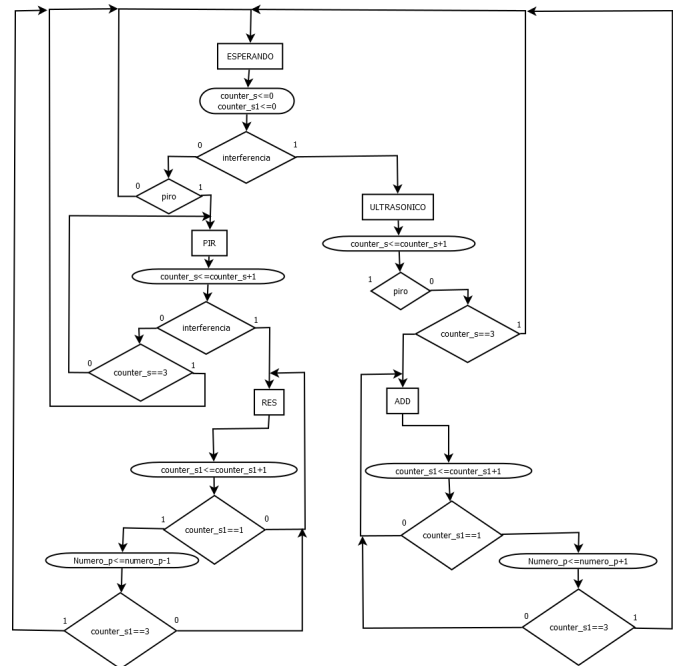


Fig. 17: Diagrama de flujo modulo Contador de aforo

### N. Modulo Alarma FSM

Modulo encargado de coordinar las acciones de la alarma; Activada, Desactivada, Sonando y en función del estado en que se encuentre envía acciones a los módulos Luz y cortina.

**Entradas:**

- **clk:** Clock de la FPGA.
- **Hora actual:** Hora proveniente del modulo Time.
- **Hora alarma:** hora que es asignada en la aplicación y es enviada a el modulo Obtener h que lo transfiere a este modulo.
- **Sensores:** Señal coordinada en base al contador de aforo se hace 1 cuando hay cero personas en el cuarto.

**Salidas:**

- **Activada:** Señal que se pone en 1 si la alarma esta activada.
- **Sonando:** Señal que se pone en 1 si la alarma esta sonando.
- **acción:** datos que determinan el movimiento del motor.
- **dutty:** tiempo enviado a el modulo luz.

### Diagrama de Flujo:



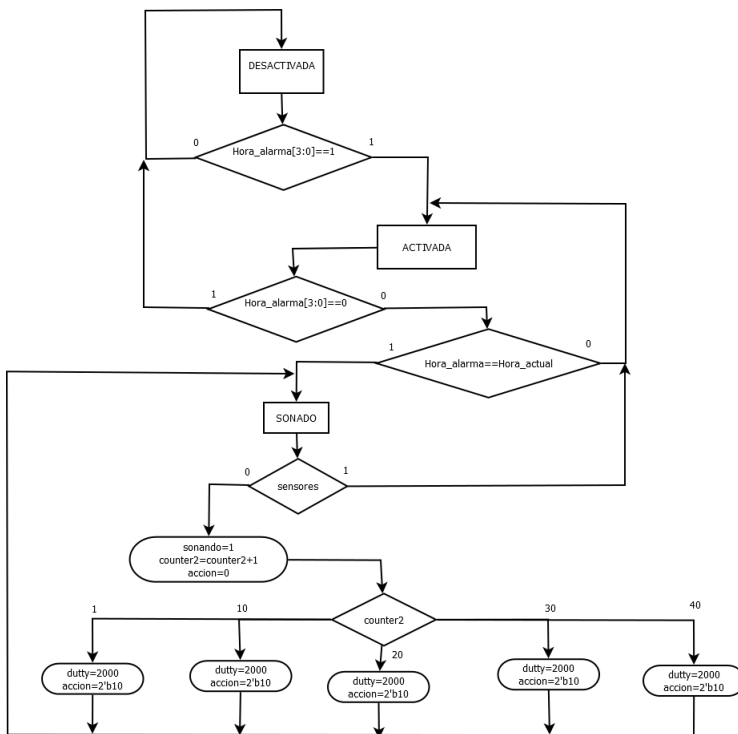


Fig. 18: Diagrama de flujo módulo Alarma FMS

### O. Módulo Alarma

Condensa y coordina los módulos que permiten la asignación y el funcionamiento de la alarma y su salida a display.

#### Entradas:

- **clk**: Clock de la FPGA.
- **rx**: recibe los datos enviados por eltx del modulo blue-tooth hc-05.
- **Hora actual**: Hora proveniente del modulo Time.
- **Hora alarma**: hora que es asignada en la aplicación y es enviada a el modulo Obtener h que lo transfiere a este modulo.
- **Sensores**: Señal coordinada en base al contador de aforo se hace 1 cuando hay cero personas en el cuarto.

#### Salidas:

- **Activada**: Señal que se pone en 1 si la alarma esta activada.
- **Sonando**: Señal que se pone en 1 si la alarma esta sonando.
- **acción**: datos que determinan el movimiento del motor.
- **duty**: tiempo enviado a el modulo luz.
- **done**: señal que se activa cuando se configura exitosamente la alarma.
- **an**: Señal que secuencia la activación de los displays.
- **sseg**: Dígito en formato de 7 segmentos.

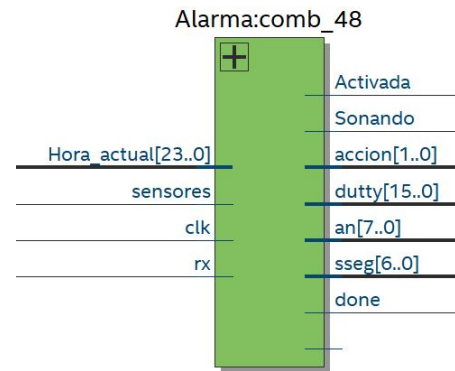


Fig. 19: Diagrama del módulo Alarma

**MODULO NEO LIGTH** Integra y cordina los modulos; Time, Control, Cortina, Luz, Contador de aforo y Alarma para obtener los resultados mostrados en el proyecto.

## VII. CONCLUSIONES

- Se evidencio la utilidad de implementar la FPGA para controlar diferentes dispositivos electrónicos de acuerdo a su programación.
- La utilizaciones de herramientas computacionales como Quartus Prime y ModelSim como herramientas de simulación es de vital importancia para esbozar el comportamiento de cada uno de los dispositivos y solucionar problemas ante eventuales cambios.
- El lenguaje de programación Verilog es un lenguaje muy robusto que puede usarse en proyectos muy complejos que traten de solucionar algún problema.

## VIII. REFERENCIAS

- [ 1 ] D. R. E. Marmolejo, Hetpro-store, 24 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://n9.cl/0z9pg> [Último acceso: 15 Noviembre 2020].
- [ 2 ] Patagoniatec, Patagoniatec, [En línea]. Available: <https://saber.patagoniatec.com/2019/07/como-funciona-el-pwm/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2020].
- [ 3 ] Jalegsa, Alegsa, 20 noviembre 2010. [En línea]. Available: <https://www.alegsa.com.ar/Dic/seC3-B1al-de-reloj.php>. [Último acceso: 15 Noviembre 2020].
- [ 4 ] "Posponer o respetar la alarma: sólo una es correcta a la hora de despertarse", infobae, 2020. [Online]. Available: <https://www.infobae.com/tendencias/2017/10/04/posponer-o-respetar-la-alarma-solo-una-es-correcta-a-la-hora-de-despertarse/>. [Accessed: 13- Dec- 2020].
- [ 5 ] Electronicos caldas, Electronicos caldas, [En línea]. Available: <https://www.electronicoscaldas.com/es/modulos-rf/452-modulo-bluetooth-hc-05.html>. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
- [ 6 ] Nayplamp Mechatronics, Nayplamp Mechatronics, [En línea]. Available: <https://www.naylampmechatronics.com/24-configuracion-del-modulo-bluetooth-hc-05-usa.html>. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].

- [ 7 ] Vistrónica, Vistrónica, [En línea]. Available: <https://cutt.ly/JhDsEAq>. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
- [ 8 ] Naylamp machatronics, [En línea]. Available: <https://cutt.ly/bhDd5PN>. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
- [ 9 ] Proyecto arduino , Proyecto arduino, [En línea]. Available: <https://cutt.ly/NhDjY9W>. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
- [ 10 ] Geek Factory, Geek Factory, [En línea]. Available: <https://cutt.ly/HhDlmB2>. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
- [ 11 ] "irf840 1.pdf PDF datasheet. ALL TRANSISTORS DATASHEET. POWER MOSFET, IGBT, IC, TRIACS DATABASE. Electronic Supply. INNOVATION CATALOG. Service", Alltransistors.com, 2020. [Online]. Available: <https://alltransistors.com/es/pdf/view.php?doc=irf840-1.pdf-dire=philips>. [Accessed: 14-Dec- 2020].
- [ 12 ] "IRF840 MOSFET Canal N 500V - 8A TO-220", Ferretrónica, 2020. [Online]. Available: <https://cutt.ly/ChDDt2P>. [Accessed: 14-Dec- 2020].
- [ 13 ] Tostatronic, [En línea]. Available: <https://cutt.ly/ehF52M7>. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].