



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA

**SEMÁFORO AVANZADO CON CONEXIÓN A RED INALÁMBRICA WSN
PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD
DE IBARRA**

AUTORA: IRMA KARINA YÉPEZ REYES

DIRECTOR: ING. DAVID NARVÁEZ

IBARRA – ECUADOR

2014

Semáforo Avanzado Con Conexión A Red Inalámbrica WSN Para El Mejoramiento Del Tráfico Vehicular En La Ciudad De Ibarra

Karina YÉPEZ¹, David NARVÁEZ²

¹ Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio 5-21, Ibarra, Imbabura

² Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio 5-21, Ibarra, Imbabura

kary.yepe@gmail.com, davnarvaez@hotmail.com

Resumen. El incremento del parque automotor en la ciudad de Ibarra ha sido notorio en los últimos años, por lo que el problema de congestión vehicular y peatonal ha aumentado de igual manera. En la ciudad de Ibarra se han instalado varios sistemas de semaforización los cuales han presentado diversas dificultades a lo largo de su funcionamiento y mantenimiento, todos estos sistemas se han colocado con el único objetivo de controlar y mejorar el tráfico vehicular. El Notable deterioro de algunos semáforos así como la complejidad que ellos poseen para su configuración ha impulsado al desarrollo de un nuevo sistema de semaforización fácil de manipular, configurar y que además se ajuste a las necesidades de tráfico. El presente proyecto detalla el desarrollo de un sistema de semaforización que permite la configuración de tiempos en el cambio de estado de las luces del semáforo mediante una interfaz gráfica fácil de manejar y un módulo USB.

Palabras Claves

Microcontroladores, Interfaz Humano-Máquina, interfaz USB, Comunicación Inalámbrica.

Abstract. The increase in motor vehicles in the city of Ibarra has been notorious in recent years, so that the problem of vehicular and pedestrian congestion has increased as well. In the city of Ibarra several traffic light systems which have presented various difficulties throughout its operation and maintenance, these systems have been placed with the intention of controlling and improving vehicular traffic have been installed. The Notable deterioration of some traffic lights and the complexity they possess for configuration has prompted the development of a new traffic signal system easy to manipulate, configure and also meets the needs of traffic. This project details the development of a traffic light system that allows configuration of time in the state change traffic lights using a simple graphical interface to manage and a USB.

Keywords

Microcontrollers, Human-Machine Interface, USB, Wireless Communication.

1. Sistema actual de semaforización

Hoy en día la semaforización es un factor fundamental para el control del tráfico vehicular en las calles de la ciudad de Ibarra, usar semáforos en las vías ha logrado controlar y prevenir varios accidentes no solo de vehículos que circulan a lo largo de una calle, sino que además de los peatones quienes transitan por las mismas. El desarrollo de la tecnología en los dispositivos de semaforización en los últimos años ha llevado a que los encargados de la semaforización en la ciudad de Ibarra realicen un análisis de la tecnología instalada en los mismos, con el propósito de determinar si son los más adecuados o si se los debe mejorar.

El Departamento de Tránsito y Transporte del GAD Ibarra establece que el estado de ciertos dispositivos de semaforización instalados en la ciudad de Ibarra se encuentran en estado obsoleto, los mismos que presentan problemas de funcionamiento, además uno de los inconvenientes que aqueja al personal de mantenimiento es la dificultad que cada sistema presenta al momento de su configuración para los estados de encendido y apagado de las luces.

Debido a la gran importancia que tienen los semáforos dentro de la ciudad de Ibarra, se propone el diseño e implementación de un nuevo dispositivo de semaforización eficiente que se ajuste a las necesidades del tráfico vehicular, y que ayude a la prevención de accidentes de tránsito en las calles de la ciudad de Ibarra, mediante el uso de microcontroladores y la interfaz humano-máquina.

1.1 Sistema actual de semaforización instalado en la ciudad de Ibarra

Dentro de los sistemas de semaforización instalados en la ciudad de Ibarra se mencionan dos tipos los semáforos que utilizan Logos SIEMENS y el sistema de centralización de Tráfico vehicular denominado ADIMOT los cuales se describen a continuación.

1.1.1 Semáforos programados con Logo SIEMENS

El logo SIEMENS es un módulo lógico universal utilizado para proyectos de automatización, aplicaciones industriales y de control. Contiene 34 funciones integradas que facilitan su manejo, sus funciones básicas son 8 las cuales permiten elaborar programas simples que se pueden crear desde el mismo logo o a través de un computador.

El Logo SIEMENS presenta ciertas funciones básicas las cuales se utilizan para la programación del mismo, entre las cuales podemos mencionar AND, NOT, OR, NAND NOR, XOR, cada una de las mismas permite establecer los parámetros de funcionamiento de cada una de las luces del semáforo y demás configuraciones que necesitan para el funcionamiento del mismo.

El logo SIEMENS presenta tres modos de funcionamiento, modo programación, modo RUN y modo parametrización.

- **Modo programación.-** En el cual se elaboran los programas.
- **Modo RUN.-** Para poner en marcha el logo.
- **Modo parametrización.-** Permite modificar los parámetros de algunas de las funciones La Autoras del logo como ejemplo el tiempo.

Los semáforos que se encuentran instalados en la ciudad de Ibarra además de utilizar el logo SIEMENS, contiene relés para el proceso de cambio de estado de las luces de los semáforos, existe dos tipos de relé, Camsco MK3P-1 y el relé Siemens LZK: PT370615, el uso frecuente de estos elementos produce un desgaste en los contactos causando problemas de funcionamiento en los semáforos, lo que ocasiona un sin número de dificultades en el fluido del tráfico vehicular.

La tarjeta instalada en los semáforos de algunas calles de la ciudad de Ibarra está compuesta por el logo SIEMENS PLC, el cual va colocado en una caja metálica de color blanco, mediante relés se encienden las luces de señalización del semáforo y además contiene varios elementos electrónicos como resistencias, condensadores, etc.

1.1.2 Sistema de Centralización del tráfico ADIMOT

El sistema ADIMOT es una aplicación para el control de tráfico el cual utiliza una tecnología multialgoritmica, ADIMOT proviene del inglés Adaptive Multialgorithmic

Optimisation Technique (Técnicas de Optimización Multialgoritmica Adaptativa).

Este sistema utiliza información en tiempo real, mediante la cual se ajustan de una manera continua tanto los ciclos y el cambio de estado de las luces del semáforo adaptándose a las condiciones de tráfico vehicular.

El nuevo sistema instalado en la ciudad de Ibarra está compuesto por reguladores, los cuales controlaran el encendido y apagado de las luces del semáforo en función del tráfico que existe durante el día, cuenta con cámaras aforadoras las cuales estarán conectadas mediante un cableado de red de fibra óptica y semáforos tipo LEDs, además cuenta con un centro de control y vigilancia.

El centro de control se encuentra ubicado en el antiguo edificio del 911 en la Calle Darío Egas Almeida y Alejandro Pasquel Monje, desde donde se controlará el sistema de semaforización. Según los archivos Privados del Departamento de Tránsito y Transporte del GAD Ibarra al centro de control se integrarán los semáforos mediante un cableado de fibra óptica permitiendo así que si uno de estos se rompe, por el otro anillo pueda pasar la información hasta el centro de control y detectar las fallas.

El centro de control permite el monitoreo y la gestiona de los controladores, semáforos y cámaras aforadoras que se encuentran instalados en las calles de la ciudad de Ibarra, permitiendo así brindar mayor fluidez del tráfico vehicular.

1.1.3 Comparación de los semáforos instalados actualmente

Cada uno de los semáforos instalados actualmente en las calles de la ciudad de Ibarra tiene ciertas características los cuales los hacen diferentes, las mismas que hacen que un sistema funcione de una manera u otra de acuerdo cada una de sus condiciones haciendo que se destaquen de acuerdo a su funcionamiento.

A continuación se presenta la tabla 1 en la que se indica una comparativa entre los dos sistemas instalados en la ciudad de Ibarra.

	Semáforo con Logo SIEMENS	Sistema de Semaforización ADIMOT
Programación	La programación del Logo es bastante compleja	Permite el cambio de ciclos y de encendido y apagado de las luces de acuerdo a las necesidades del tráfico.
Fuente de alimentación	Utiliza una batería	Tiene una fuente de alimentación
Tipo de Focos que soporta	Soporta Focos Incandescentes	Soporta Focos LEDs

Tabla 1. Comparación de semáforos instalados en la ciudad de Ibarra.

1.2 Zona de estudio para la implementación del proyecto

Para la implementación del proyecto se ha determinado como zona de estudio la calle Guaranda ubicada en el barrio Azaya de la parroquia de Alpachaca de la ciudad de Ibarra, en la cual se tiene prevista la instalación del plan piloto para semáforos que permitan la conexión a una red inalámbrica WSN, a continuación se presenta en la figura 1 la representación de las calles mencionadas.

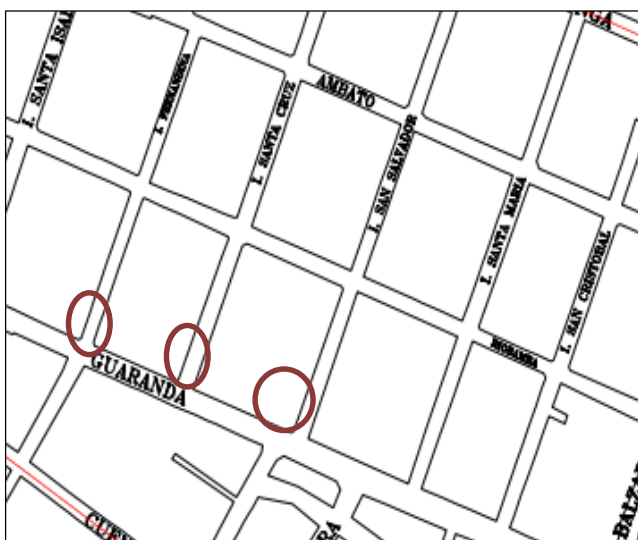


Figura 1. Calle Guaranda e intersecciones zona de estudio.

Para estudiar la situación de la zona se realizó una investigación de campo con el fin de recopilar los datos necesarios para determinar el número de vehículos que circulan por las calles antes mencionadas y así obtener el resultado de los intervalos en los cuales se produce mayor tráfico vehicular.

A continuación se presenta la figura 2 en la cual se indica un resumen de los datos obtenidos durante todo el día con los que se determina la existencia de congestión vehicular en ciertos intervalos de hora.

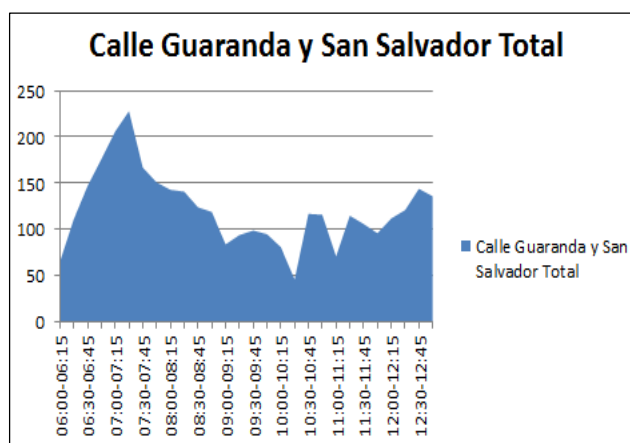


Figura 2. Resumen de datos obtenidos de la investigación.

A partir de los datos obtenidos se determina los modos en los cuales funcionará el nuevo dispositivo de semaforización

2. Diseño del semáforo basado en microcontrolador

El diseño del sistema está basado en la especificación de todos los componentes y elementos que forman parte de este nuevo sistema.

2.1 Requerimientos del Sistema

Los requisitos del nuevo sistema de semaforización se basan en ciertas condiciones del ambiente de trabajo, además de las funciones y actividades que realiza y las especificaciones de potencia, todos estos requisitos se han tomado en cuenta para el diseño del dispositivo.

2.1.1 Requisitos en base del ambiente de trabajo

- Capacidad de manejar y controlar el tráfico vehicular de acuerdo a las necesidades del tráfico en determinadas horas las cuales se considerada como hora pico.
- Impacto mínimo de implementación con respecto a otros dispositivos de semaforización instalados anteriormente.
- Capacidad de funcionamiento por fallas de energía eléctrica, es decir que no se producirá falta de sincronización con respecto al reloj en tiempo real en caso de producirse cortes de energía eléctrica.

2.1.2 Requisitos en base a especificaciones de potencia

- Protección contra conexión invertida y picos de voltaje, para evitar daños prematuros y permanentes en los módulos lógicos del dispositivo.
- Entrega de potencia eficiente por parte de los relevadores de estado sólido, para permitir el funcionamiento seguro de las luces que forman parte del dispositivo.

2.1.3 Requisitos en base al desempeño solicitado

- Alta velocidad de adquisición, procesamiento y ejecución de tareas.
- Adquisición de elementos e implementación del proyecto con costos relativamente bajos.
- Mayor vida útil del dispositivo con un mínimo mantenimiento.
- Interfaz gráfica explícita, legible y fácil de manejar para el control de opciones de cambio de estado de los semáforos.

2.2 Descripción General

El sistema de semáforo avanzado trabaja en función del tiempo y el tráfico, es decir que permite el cambio de estado de las luces del semáforo, dependiendo de las

necesidades de tráfico que se presenten en la calle Guaranda e intersecciones donde se encuentra ubicado el nuevo sistema de semaforización.

Mediante la interfaz Humano – Máquina el sistema de semaforización permite al operador modificar los tiempos en los que cada modo cambia el estado de cada una de las luces del semáforo.

El sistema se basa en una configuración Maestro – Esclavo, el Maestro permite la ejecución de diversas funciones las cuales se realizan en la interfaz gráfica, para luego enviar toda la información necesaria al Esclavo a través de una conexión inalámbrica.

2.3 Especificación de Subsistemas

Mediante la Figura 3 se presenta un diagrama de bloques, que representa el sistema de semaforización y los subsistemas en los cuales están subdivididos, los mismos que se agrupan de acuerdo a cada una de las funciones: procesamiento, control remoto, configuración, respuesta y alimentación.

2.3.1 Subsistema de Procesamiento

La base fundamental del subsistema de procesamiento es el microcontrolador, el cual maneja la programación serial sobre el circuito. Posee hardware y firmware precisos para realizar las siguientes funciones:

- Manejar un reloj en tiempo real mediante comunicación serial sincrónica a través de interrupciones de prioridad.
- Permitir la conexión a un módulo ZigBee a través de la comunicación serial asincrónica.
- Convertir valores para enviarlos a un sistema de visualización conformado por una pantalla LCD.

2.3.2 Subsistema de Configuración

Dentro del subsistema de configuración se encuentra un microcontrolador que administra la comunicación desde la interfaz USB hacia la interfaz Humano Máquina, así como también la comunicación asincrónica del microcontrolador hacia el dispositivo final ZigBee el cual mediante conexión inalámbrica se comunica con el transceptor ZigBee Coordinador y los esclavos.

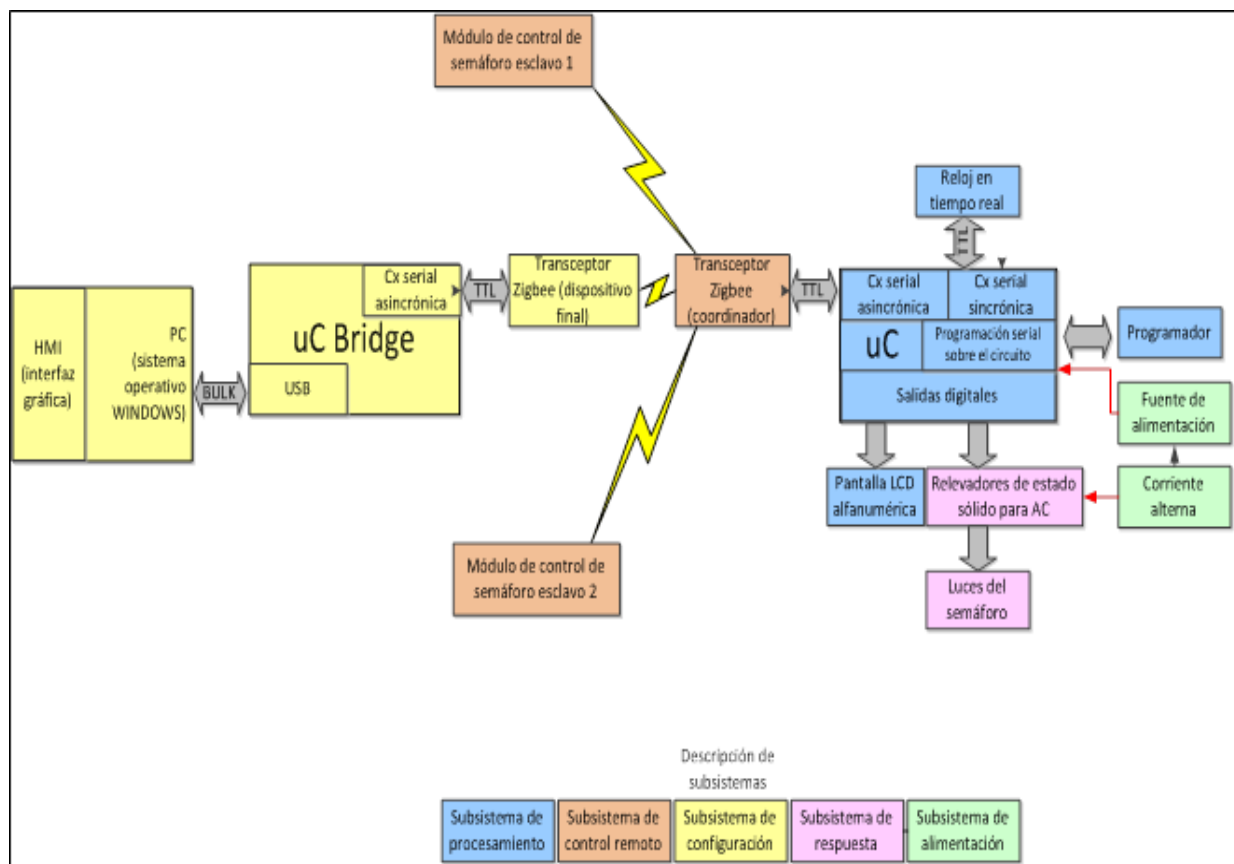


Figura 3. Diagrama de bloques del sistema de semaforización avanzado.

2.3.3 Subsistema de Respuesta

Está conformado por relevadores de estado sólido de corriente alterna, los cuales permiten conectarse a las luces del semáforo permitiendo mayores ventajas como:

- Resistencia a choques y duraciones.
- Son de respuesta rápida, silenciosos y livianos.
- No se desgastan fácilmente.

Mediante los relevadores de estado sólidos se encargan de activar o desactivar las luces del semáforo.

2.3.4 Subsistema de alimentación

Este subsistema está conformado por fuentes de alimentación conmutables de 12 V, debido a sus ventajas tales como:

- Menor tamaño y calentamiento.
- Baja emisión de EMIs.
- Su voltaje puede ser regulado sin afectar su funcionamiento.

2.4 Caracterización del Hardware

Se ha diseñado el dispositivo para que trabaje de forma que pueda acoplarse a las distintas horas donde existe mayor y poco tráfico vehicular, además de manejar una interfaz fácil de entender para la reprogramación de nuevos modos de operación al dispositivo de semaforización.

2.4.1 Subsistema de Procesamiento

Este subsistema es fundamental para el funcionamiento del dispositivo se basa en el microcontrolador PIC18F452, el cual permite manejar interrupciones de prioridad, además está compuesto por un Reloj en Tiempo Real (RTC) y una pantalla LCD que permite la visualización de ciertos datos de configuración.

El Reloj en Tiempo Real DS1307 es un dispositivo de bajo consumo de energía, posee una memoria SRAM no volátil de más de 56 bytes, los datos son transferidos a través de 2 hilos serie es decir es bidireccional, es un reloj calendario el cual contiene información de horas, minutos, segundos, fecha, día, mes, año, y además tiene año bisiesto, el microcontrolador y el RTC se comunican a través de comunicación I2C, el microcontrolador trabaja por hardware a través de interrupciones.

Para la visualización de datos se utiliza una pantalla de cristal líquido LCD que sirve como interfaz humano – máquina, para indicar los valores que se están generando, mediante los procesos que realiza el microcontrolador.

Todos los elementos descritos anteriormente forma parte del subsistema de procesamiento gobernado por el principal elemento el microcontrolador, a continuación se presenta en la figura 4 el diagrama del PIC18F452.

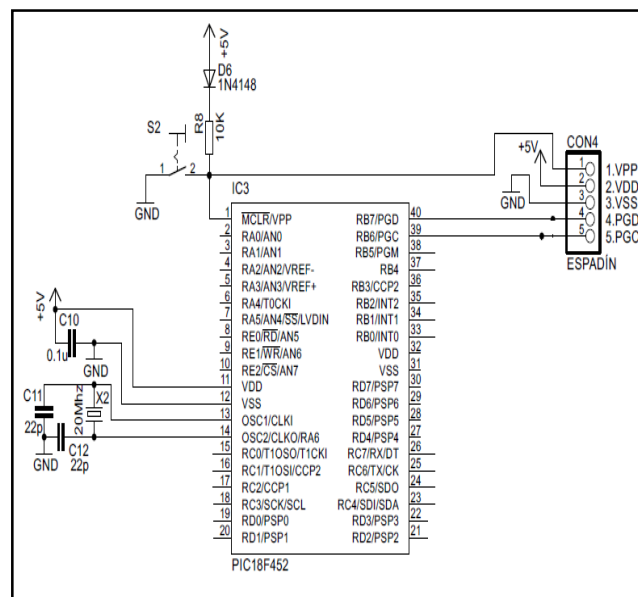


Figura 4. Diagrama del microcontrolador PIC18F452

2.4.2 Subsistema de Configuración

Este subsistema de configuración se basa en un microcontrolador, que permita el manejo de comunicación USB para la administración del sistema mediante la interfaz humana – máquina, en la que se procede a la configuración de los datos del sistema de semaforización.

El microcontrolador base para este subsistema es el PIC18F2550, se seleccionó este por que posee una de las características más importantes que es el de manejar las librerías de USB para ser programadas a través del software PIC CCS Compiler, lo cual hace que la programación resulte un poco más sencilla.

Dentro de este subsistema se realiza el envío y recepción de datos del sistema de semaforización el cual realiza a través de comunicación inalámbrica, con el fin de utilizar los recursos del trabajo de fin de carrera denominado INTERCONEXIÓN Y SINCRONIZACIÓN INALÁMBRICA DE SEMÁFOROS MEDIANTE REDES WSN BASADOS EN MÓDULOS ZIGBEE, propuesto por Pablo Alejandro Salazar Amuy de la facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas, Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación, es por ello que para realizar la administración del sistema a través de la interfaz se utiliza un módulo ZigBee el cual permite la comunicación entre el computador y el dispositivo de configuración para el funcionamiento de todo el sistema, el módulo que se utiliza es el módulo XBee PRO ZB S2 del fabricante Digi.

Los datos que se transmiten a través de esta comunicación USB se los hace mediante tramas las mismas que están formados por seis campos, cada campo contiene alrededor de 3 bytes de carga útil los cuales son manejados por partes mediante datos hexadecimales, estos datos son transmitidos a 9600 bps, todas las tramas se

A continuación se presenta la figura 5 en la que se indica la conexión del microcontrolador.

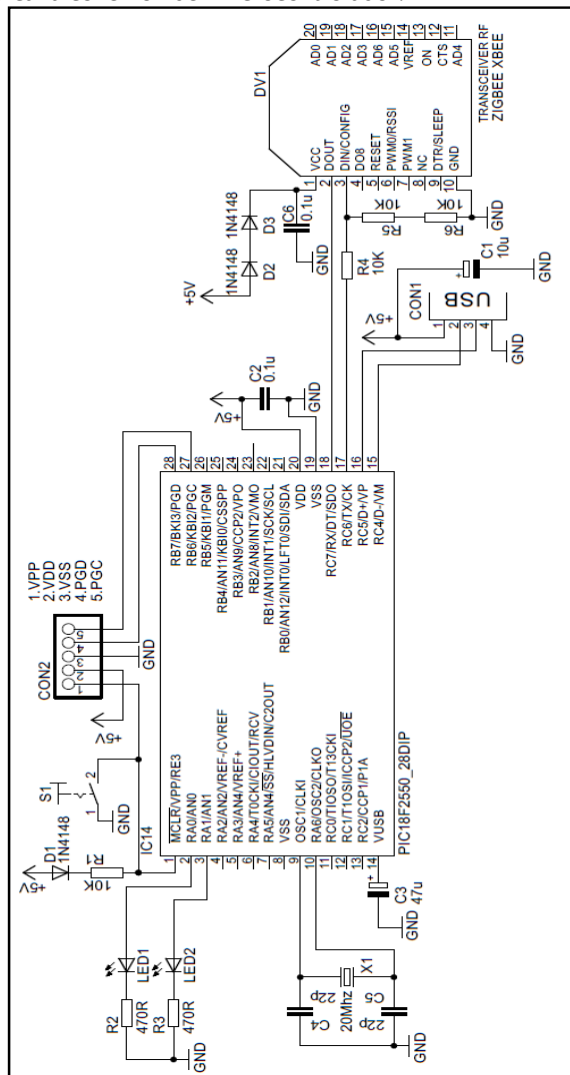


Figura 5. Conexión del microcontrolador PIC18F2550

2.4.3 Subsistema de Respuesta

El subsistema de respuesta abarca la interfaz de potencia para el control de encendido y apagado de las luces del semáforo, es decir que la información que procesa el microcontrolador se envía a través de señales digitales para posteriormente ser visualizadas a través de este subsistema.

Para manejar este subsistema es necesario utilizar el driver de potencia ULN2803 que permite obtener la tensión necesaria para activar los SSR D4840.

En la Figura 6 se observa la conexión del integrado ULN 2803 con el microcontrolador, esta parte del subsistema es la conexión entre la parte lógica del dispositivo y el segmento de potencia, es decir mediante este circuito se previene los daños en la parte lógica del dispositivo por incremento de voltaje.

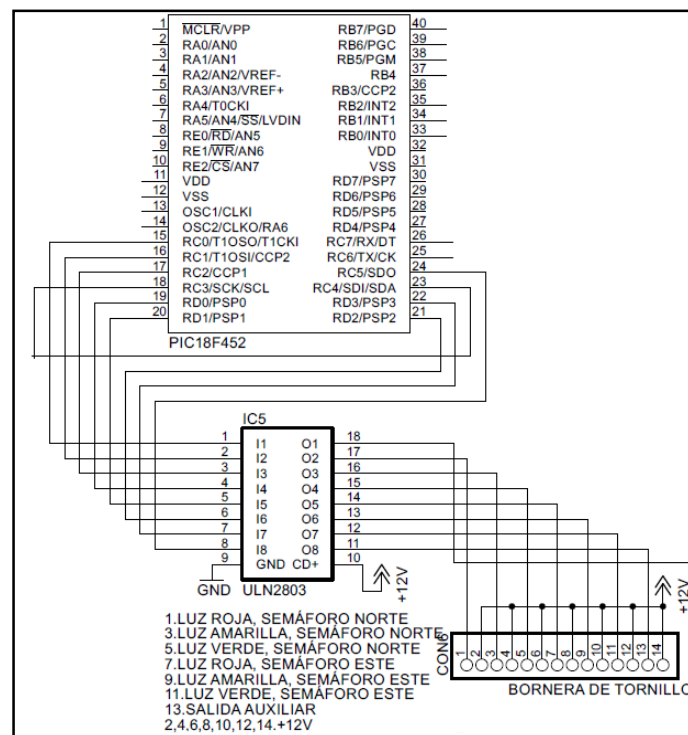


Figura 6. Conexión del integrado de potencia ULN 2803

Finalmente para terminar este subsistema de respuesta se conectan las luces del semáforo a los SSRs para así visualizar la culminación del proyecto total.

2.4.4 Subsistema de Alimentación

El subsistema de alimentación cuenta con un regulador de voltaje LM317, este regulador maneja un rango de voltaje de salida que va desde 1,25 hasta 37 voltios, es un regulador variable al cual se le puede configurar el voltaje exacto con el que se desee trabajar a través de un potenciómetro, entre sus características principales podemos mencionar la protección por

cortocircuito es decir cuando existe exceso de consumo de corriente se protege y se apaga.

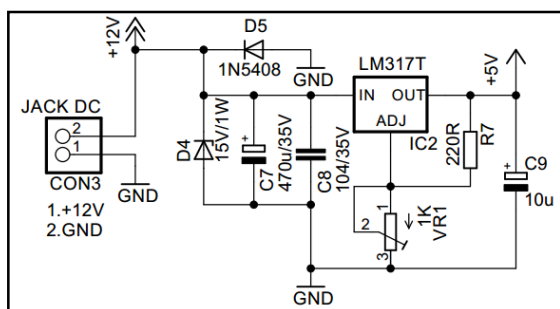


Figura 7. Circuito de regulador de voltaje para alimentación de 5v

2.5 Diagrama Esquemático General

A continuación se muestran mediante las Figuras 8 y 9 los diagramas esquemáticos generales los cuales asocian todos los subsistemas descritos anteriormente, además de ciertos elementos electrónicos que se utilizan para el funcionamiento del hardware.

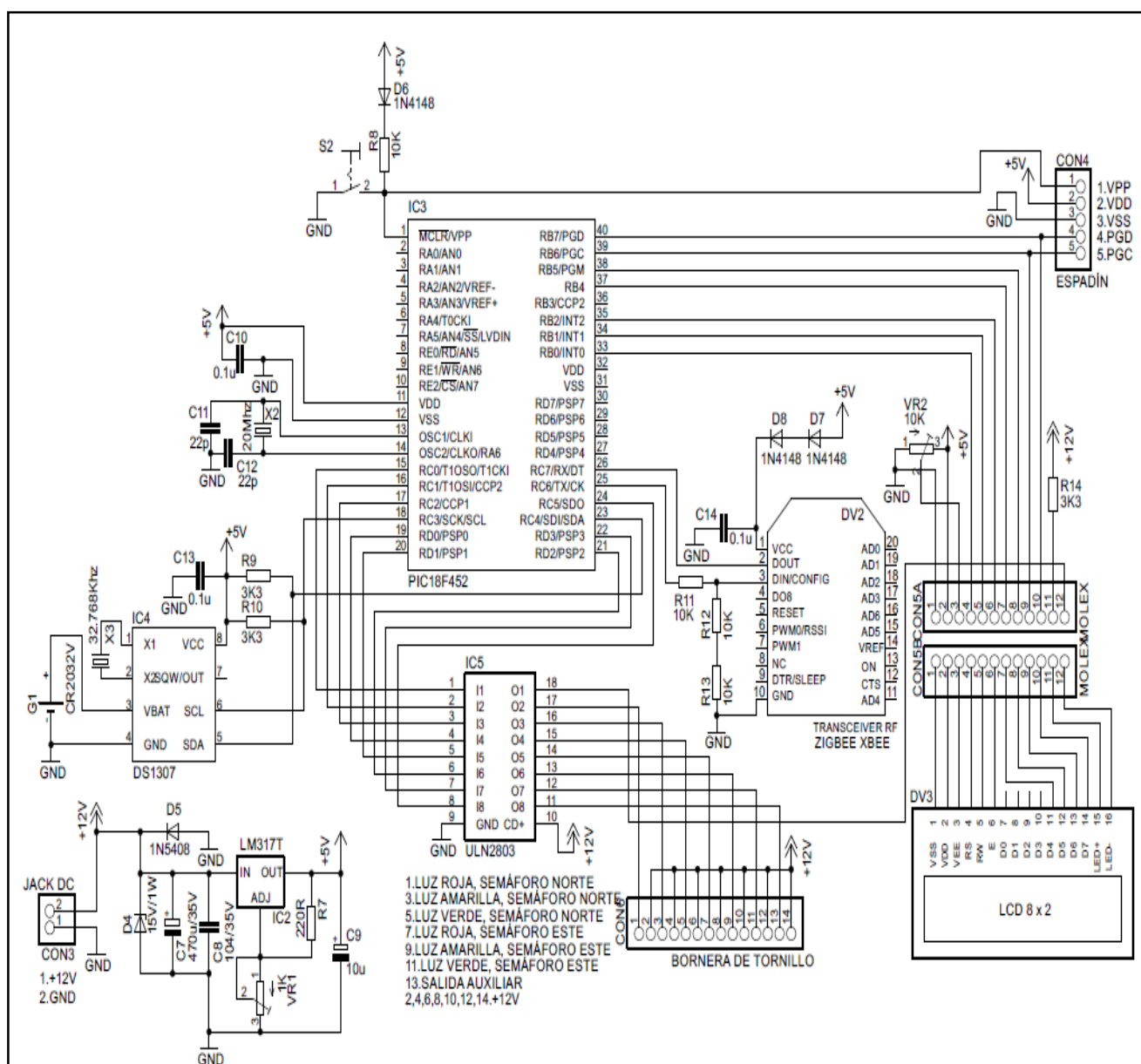


Figura 8. Diagrama esquemático General del Circuito

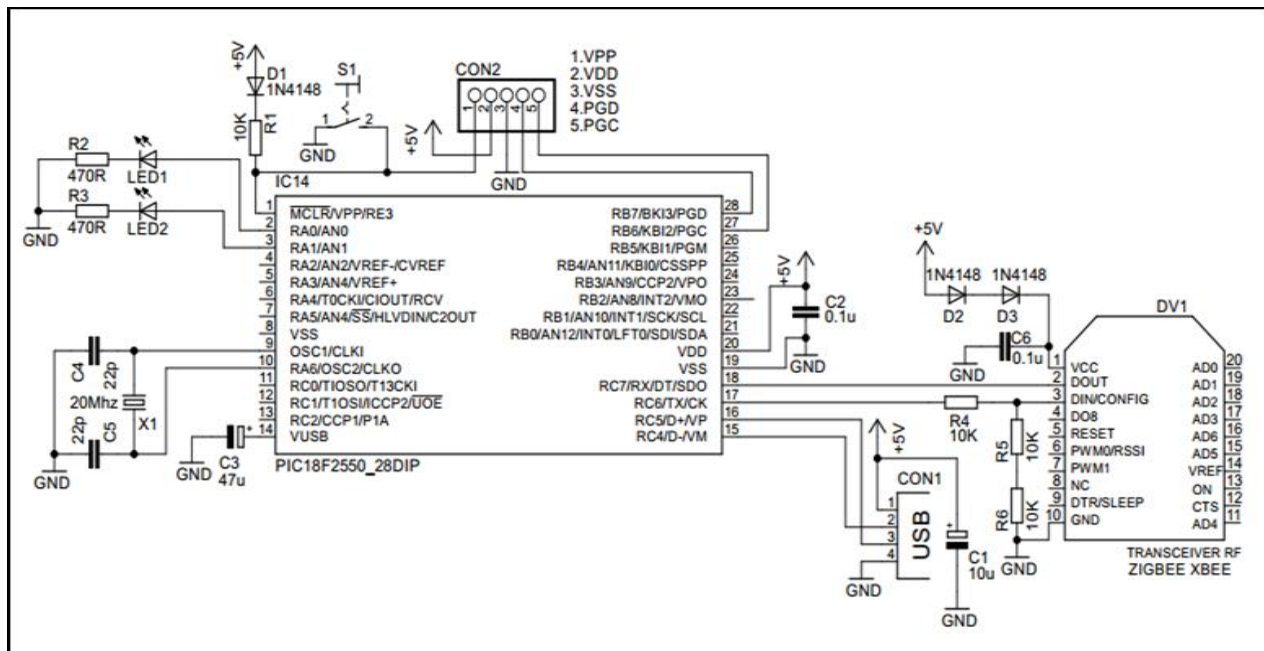


Figura 9. Diagrama General del circuito módulo USB

2.6 Descripción General del Firmware

Abarca el lenguaje de programación que se utiliza para el desarrollo del sistema, el compilador y finalmente el firmware del microcontrolador, el cual incluye las instrucciones de máquina que controlan el hardware del dispositivo. En lo que respecta al lenguaje de programación se utiliza el lenguaje C con el respectivo compilador PCW CCS el cual permite el manejo de sus bibliotecas y librerías que funcionan de interfaz entre el dispositivo hardware el programa que se desarrolla.

El diagrama de flujo presentado en la Figura 10 detalla el funcionamiento del programa principal, este abarca en su mayoría las subrutinas e interrupciones que realizan las operaciones respectivas para el funcionamiento de todo el proyecto.

El programa principal que administra el microcontrolador se basa en una máquina de estados, es decir permite realizar un cambio de estado de ejecución de alguna acción, condición o evento, este inicializa las variables y registros necesarios para seguidamente proceder a la configuración de los módulos internos del microcontrolador y a la activación de cada una de las interrupciones.

Toda acción que realice el microcontrolador en el programa principal, lo realiza mediante las rutinas especiales configuradas en el mismo, las cuales inician con la configuración de puertos E/S hasta la configuración del manejo de encendido y apagado de las luces del semáforo.

2.6.1 Interrupciones

Dentro de las interrupciones del programa podemos mencionar la interrupción por desbordamiento del Timer1 el cual se encuentra configurado para establecer una interrupción en su desbordamiento de 100ms, además se establece los modos de operación del semáforo, y la interrupción para recepción del dato mediante módulo UART la cual se encarga de la recepción y verificación de datos que vienen del módulo ZigBee XBee ZB PRO S2.

A continuación se indica mediante la tabla 2 los modos de operación en los que trabajo el sistema de señalización.

Modo de Operación	Descripción del modo
Modo Normal	Es el modo en el que trabaja cualquier semáforo utilizando los cambios de estado de las tres luces.
Modo Intermitente	Intermitente rojo
	Intermitente amarillo
Modo Intermitente Combinado	Intermitente rojo-amarillo
	Intermitente amarillo-rojo
Modo Constante	Constante Rojo
	Constante Amarillo
Modo Constante Combinado	Constante Rojo-Amarillo
	Constante Amarillo-Rojo
Apagado	Modo en el cual las luces del semáforo se encuentran apagadas

Tabla 2. Modos de Operación del semáforo.

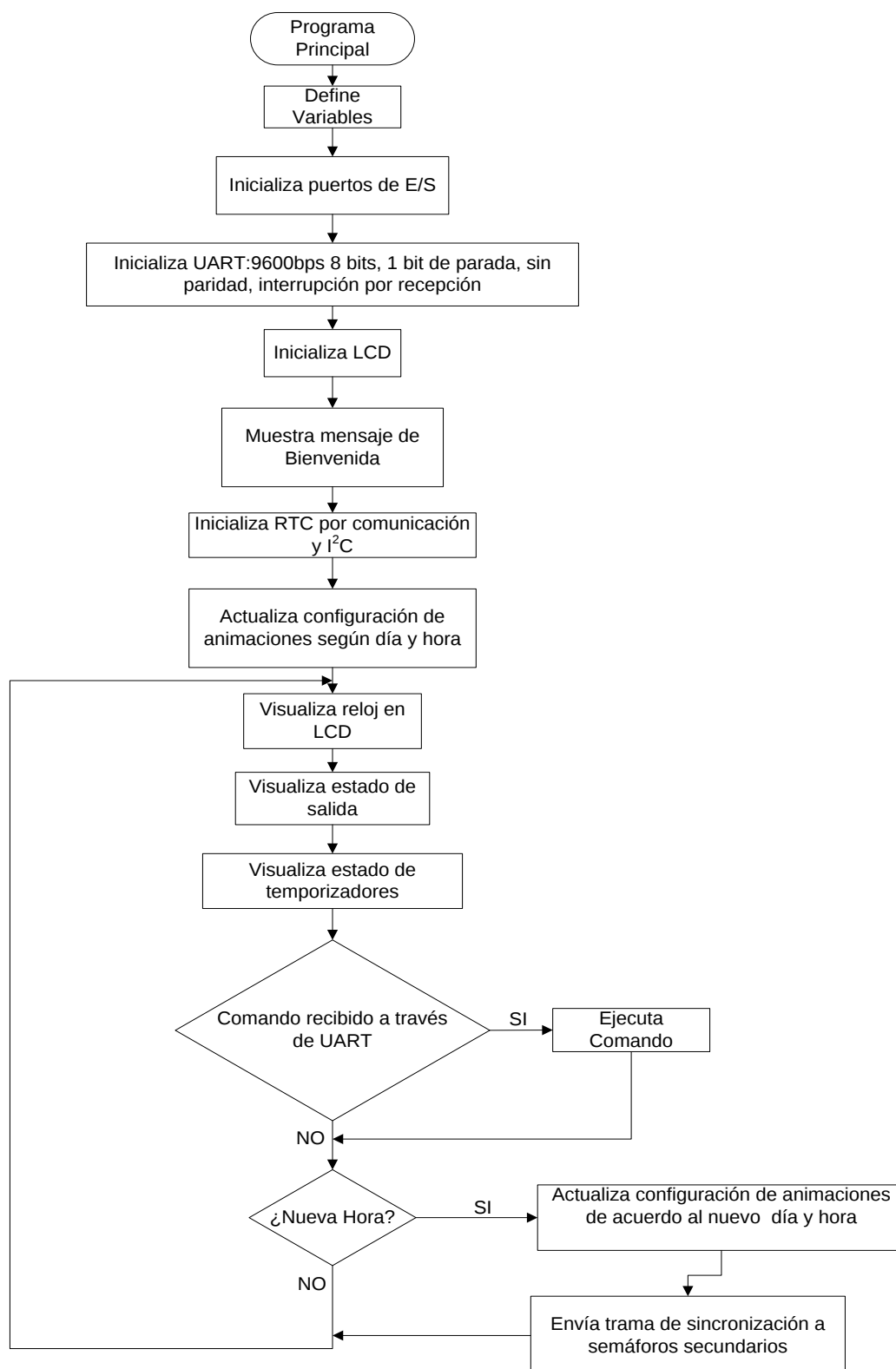


Figura 10 Diagrama de flujo del Programa Principal del microcontrolador

2.7 Diseño de las Placas del Circuito

Para el diseño de las placas de cada circuito se utilizó el programa Eagle, las placas fueron realizadas de un tamaño adecuado, fácil de instalar y manipular.

La Figura 11 corresponde al diseño de la placa principal del sistema, mientras que la figura 12 indica el diseño de la placa del módulo de configuración USB.

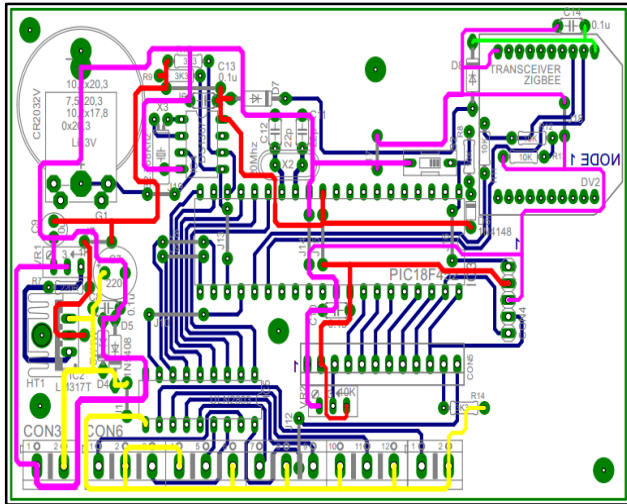


Figura 11. Diseño de la placa del dispositivo principal

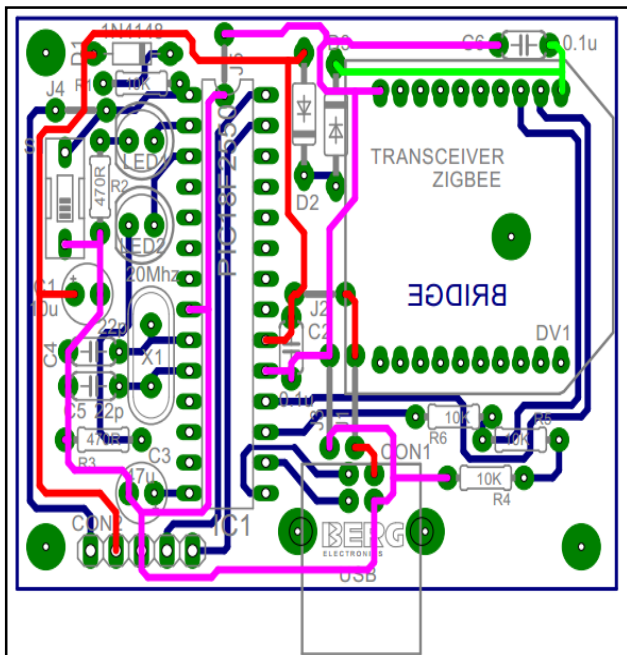


Figura 12. Diseño de la placa del dispositivo USB

2.8 Desarrollo de la Interfaz Gráfica

El diseño de la interfaz gráfica abarca la configuración, actualización de modos de operación del semáforo, manejo del reloj en tiempo real, simulación de los modos de operación, cambio de valores en los tiempos de cambio de estado de la luces del semáforo, y una base de datos elaborada en Microsoft Access que permite el almacenamiento de tablas de acuerdo al día y a la configuración deseada.

La pantalla de presentación de la interfaz es en la cual el usuario u operador manipulará los datos de configuración o actualización, a continuación se presenta la figura 13 en la que se observa la pantalla principal con cada uno de sus botones que realizan funciones diferentes.

La interfaz gráfica permite realizar diversas funciones para la configuración y actualización del funcionamiento del semáforo las que se mencionan a continuación:

- Leer tabla desde base de datos.
- Guardar Tabla en base de datos
- Leer tabla desde CPU
- Guardar tabla en CPU
- Simular funcionamiento
- Leer reloj desde CPU
- Sincronizar reloj con CPU
- Resetear CPU
- Verificar información de CPU
- Sincronizar semáforos

Además de dichas funciones la interfaz contiene los modos de operación en los cuales trabaja el nuevo sistema de semaforización.

Cada Modo de trabajo permite la configuración de valores para el cambio de estado de las luces del semáforo, los modos de trabajo son 10 y se listan a continuación:

- Modo Normal
- Modo Intermitente Rojo
- Modo Intermitente Amarillo
- Modo Intermitente Rojo – Amarillo
- Modo Intermitente Amarillo - Rojo
- Modo Constante Rojo
- Modo Constante Amarillo
- Modo Constante Rojo – Amarillo
- Modo Constante Amarillo - Rojo
- Modo Apagado

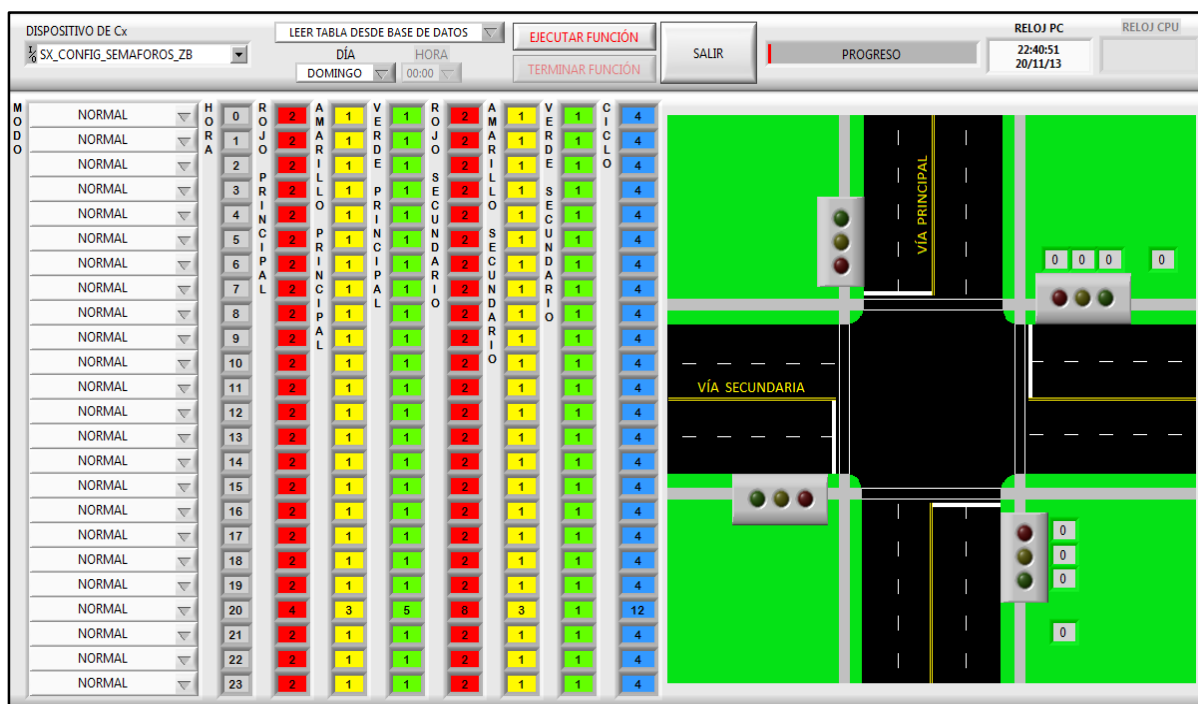


Figura 13. Pantalla Principal de la interfaz gráfica

3. Implementación y Pruebas de Funcionamiento

Se procede a realizar la implementación del sistema de semaforización así como el montaje de físico con el fin de comprobar el desempeño y funcionamiento del dispositivo de semaforización mediante las pruebas de funcionamiento.



Figura 14. Montaje de los elementos en armario metálico



Figura 15. Sistema de Semaforización trabajando en modo Normal

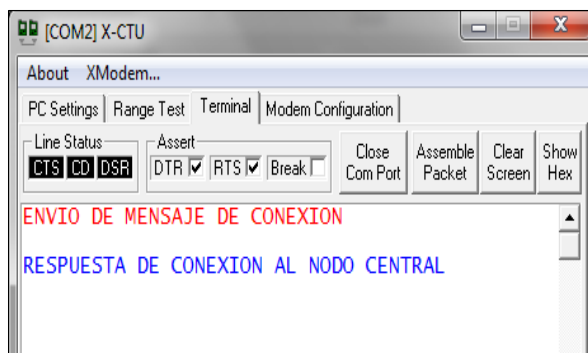


Figura 16. Comunicación entre módulos ZigBee

Finalmente se observa en la figura 17 el sistema de semaforización instalado en el Barrio Azaya Calle Fernandina de la ciudad de Ibarra.



Figura 17. Sistema de Semaforización instalado en la vía publica

4. Análisis Costo – Beneficio

Consiste en establecer los costos totales de producción así como los indicadores y todos los recursos económicos que se involucran en el desarrollo del proyecto, los mismos que permitirán determinar la factibilidad económica y social del mismo.

Una vez realizado el análisis se determina que por cada dólar que se gaste se genera un ingreso de \$4,30 ctvs., lo que significa que se obtiene una ganancia de \$3,30ctvs.

Inversión	16.545
VA 1	2.997
VA 2	8.055
VA 3	13.933
VA 4	20.321
VA 5	25.912
VAN	71.219
R C/B =	4,30

Tabla 3. Relación costo beneficio

Además brinda beneficios a la institución pública para la cual se desarrolló el proyecto, los mismos que no son estrictamente económicos sino que por el contrario permite que los encargados de semaforización trabajen de una manera más productiva y sencilla, a continuación se mencionan los beneficios con los que se aporta a la institución:

- El operador del sistema de semaforización cuenta con una interfaz gráfica fácil de manejar, la cual permite la manipulación de los datos para la configuración y actualización del sistema de semaforización mucho más rápidos.
- La revisión del sistema de semaforización resulta fácil no existen mayores complicaciones en cuanto al mantenimiento del mismo, lo que resulta para el operador una ventaja.
- El sistema de semaforización permite al operador configurar los estados de encendido y apagado de las luces del semáforo de acuerdo al tráfico que posea el lugar en el que se encuentra instalado el sistema.

- Posee una gran ventaja que es la versatilidad en el funcionamiento del sistema de semaforización.

Finalmente el proyecto también brinda beneficios a la sociedad, es decir a los habitantes del lugar en el cual se instaló el sistema de semaforización, si bien es cierto tampoco son beneficios económicos pero si sociales para ellos, dentro de estos se mencionan los siguientes.

- Mayor facilidad de movilización y seguridad para el peatón que circula por las vías, en las cuales está funcionando el sistema de semaforización.
- Fluidez en el tráfico, lo que permite a los vehículos movilizarse con mayor precaución para evitar inconvenientes e incidentes con los demás automotores y conductores.
- El sistema de semaforización brinda un beneficio para los moradores del lugar el cual ayuda a la prevención de accidentes de tránsito.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- El sistema desarrollado es eficiente debido a que realiza funciones de temporización con menos componentes electrónicos, además se realizó la placa del sistema de semaforización de forma que sea modular, es decir que es solo lógica.
- La utilización de SSRs permite brindar protección a la placa, es decir que a pesar que son más propensos a sufrir daños debido a que manejan potencia se los puede reemplazar con facilidad sin necesidad de realizar cambios ni reparaciones en la placa, ya que una placa no soporta más de dos reparaciones.
- La elaboración de la interfaz Humano – máquina mediante el programa Labview permite al operador manipular los cambios de estado de encendido y apagado de las luces del semáforo de una manera rápida y sin complicaciones.
- Mediante la interfaz gráfica es posible la programación del funcionamiento del semáforo de acuerdo a las necesidades de tráfico, es decir se puede configurar para que trabaje de una manera diferente de acuerdo a cada día de la semana y a cada una de las horas.
- ZigBee trabaja en una banda de frecuencia de 2.4 Hz que se encuentra saturada, a pesar de este inconveniente la aplicación que se desarrolló bajo este estándar no necesita estar comunicado constantemente, por lo que es suficiente para establecer la comunicación y configurar el

dispositivo del semáforo mediante el dispositivo USB.

- De acuerdo al estudio costo - beneficio realizado se puede determinar que el proyecto es viable y factible financieramente, en comparación a otros sistemas de semaforización su costo es menor.
- El prototipo realizado se encuentra en una etapa alfa lo que implica que está sujeto aun a nuevos cambios en hardware y software que pueden hacer del mismo un proyecto aún más adaptable a las necesidades de tráfico.
- Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento tanto del prototipo realizado como de la comunicación inalámbrica basada en módulos ZigBee, se concluye que el prototipo es válido pues trabaja de forma estable en condiciones comunes del medio ambiente dentro del rango de tolerancia.
- Se logró optimizar el tráfico vehicular en las calles que fue instalado el sistema de semaforización, brindado mayor seguridad al peatón y a los vehículos que transitan por dichas vías.

5.2 Recomendaciones

- Es necesario que el dispositivo USB se encuentre instalado en el computador que se vaya a utilizar mediante un driver propio que viene con el mismo, ya que si no lo está el dispositivo no funcionará y por tanto no se podrá utilizar la interfaz gráfica.
- Es importante que el operador del sistema de semaforización actualice la hora del computador con el reloj del CPU es decir del reloj en tiempo real que utiliza el dispositivo.
- Es recomendable mantener la línea de vista adecuada en el momento que se vaya a realizar cambios en el dispositivo del semáforo mediante el dispositivo USB y la interfaz gráfica, para evitar que exista problemas de comunicación y por tanto no se lleguen a establecer los cambios.
- Al momento de la instalación del sistema es importante verificar las conexiones de energía al dispositivo de semaforización para evitar fallas y corto circuitos que puedan dañar el sistema.
- Desarrollar un sistema de control integral remoto que permita el monitoreo constante del sistema de semaforización, además de proporcionar gestión y administración de manera remota.
- Para comprobar todas las prestaciones del nuevo sistema de semaforización se recomienda colocar

en toda la ciudad un solo sistema con el fin de brindar mayor fiabilidad en el funcionamiento de la semaforización.

Agradecimientos

A Dios por darme el don de la vida, por acompañarme y guiar mi camino a lo largo de todas las etapas de mi existencia, por brindarme fortaleza y sabiduría para saber enfrentar los obstáculos que se presentan en la vida y seguir adelante.

A mis padres Narcisa y Bolívar, a mis hermanos Santiago y César, a toda mi familia quienes a lo largo de mi carrera universitaria me han brindado su apoyo incondicional, gracias por su amor, cariño y comprensión que me han dado en todo momento.

Un agradecimiento especial a Diego González quien ha estado a mi lado brindándome su cariño, amistad, confianza, apoyo incondicional y la fuerza necesaria para seguir adelante y cumplir otra etapa en mi vida.

Al Ing. David Narváez, director de Tesis, por sus aportes para la elaboración de este proyecto, a todos y cada uno de los docentes de la carrera quienes supieron guiarme en mi formación académica.

Un agradecimiento especial al GAD Ibarra al Departamento de Tránsito y Transporte por haberme permitido desarrollar este proyecto de titulación, su apoyo fue fundamental para la culminación del mismo.

Referencias Bibliográficas

- [1] Sistema de Centralización de Tráfico ADIMOT (2011). Recuperado de http://www.sice.com/contenidos/productos/trafico/trafico_020.htm l?sector=11
- [2] OMROM ELECTRIC, S S.A (2012), Guía Rápida Relés de Estado Solido SSRs. Recuperado de <http://www.reitec.es/V2/Pdf/documentacion6.pdf>
- [3] Integrated Circuit Division (2013), Ventajas de los Relés de Estado Sólido respecto a los Relés Electromecánicos. Recuperado de [http://www.ixysic.com/home/pdfs.nsf/www/AN-145ES.pdf/\\$file/AN-145ES.pdf](http://www.ixysic.com/home/pdfs.nsf/www/AN-145ES.pdf/$file/AN-145ES.pdf)
- [4] XBee Pro & XBee PRO ZB (2013), Embedded RF Module Family for OEMs. Recuperado de http://www.digi.com/pdf/ds_xbeezbmodules.pdf
- [5] Datasheet ULN 2803 (2011). Recuperado de http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/90/366828_DS.pdf
- [6] CÁNOVAS, A., Manual de usuario del Compilador PCW de CCS. Recuperado de http://www.bairesrobotics.com.ar/data/Manual_Compilador_CCS_PICC.pdf
- [7] MILAN, V. (2009). PIC Microcontrollers – Programming in C. Editorial mikroElektronika; primera edición.

- [8] The Major Differences in the XBee Series 1 vs. the XBee Series 2. (Junio 2013). Recuperado de <http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdetl?id=2213>

Sobre los Autores...

Karina YÉPEZ



Nació en Ibarra provincia de Imbabura el 3 de Agosto de 1987. Realizo sus estudios primarios en el Instituto Inocencio Jácome. En el año 2005, obtuvo el título de bachiller en Ciencias especialización Informática en el Colegio Nacional Ibarra. Actualmente es egresada de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de

Comunicación en la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra.

David NARVÁEZ



Profesional en el área de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación. Oriundo de la ciudad de Ibarra, nació el 26 de Octubre de 1985. Graduado en la Universidad Técnica del Norte. Actualmente se encuentra cursando la Maestría en TICS en la Pontificia Universidad

Católica del Ecuador – PUCESE, con el tema de Investigación “Sistemas Domóticos con plataformas de Hardware Libre”. Se desempeña como Docente a nivel superior en las materias de Redes, Comunicación Inalámbrica y Matemática Aplicada. Sus áreas de interés son la Microelectrónica y Matemática Aplicada.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

SCIENTIFIC ARTICLE

THEME

**ADVANCED TRAFFIC LIGHTS WITH WIRELESS NETWORK
CONNECTION WSN FOR THE IMPROVEMENT OF THE VEHICULAR
TRAFFIC IN THE IBARRA CITY**

AUTHOR: IRMA KARINA YÉPEZ REYES

DIRECTOR: ING. DAVID NARVÁEZ

IBARRA – ECUADOR

2014

Advanced Traffic Lights With Wireless Network Connection WSN For The Improvement Of The Vehicular Traffic In The Ibarra City

Karina YÉPEZ¹, David NARVÁEZ²

¹ Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio 5-21, Ibarra, Imbabura

² Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio 5-21, Ibarra, Imbabura

kary.yepe@gmail.com, davnarvaez@hotmail.com

Summary. *The increase of the fleet in the city of Ibarra has been noticeable in recent years, and the problem of traffic congestion and pedestrian has increased in the same way. In the city of Ibarra have been installed several systems of junctions which have presented various difficulties throughout its operation and maintenance, all these systems have been placed with the sole purpose of controlling and improving the vehicular traffic. The marked deterioration in some traffic lights as well as the complexity that they possess for their configuration has been driven to the development of a new system of junctions easy to manipulate, configure, and is also responsive to the needs of traffic. This project details the development of a system of junctions that allows you to configure your times in the state change of traffic lights using a graphical interface easy to use and a USB module.*

Key Words

Microcontrollers, human-machine interface, USB interface, Wireless communication.

Abstract. *The increase of the fleet in the city of Ibarra has been noticeable in recent years, and the problem of traffic congestion and pedestrian has increased in the same way. In the city of Ibarra have been installed several systems of junctions which have presented various difficulties throughout its operation and maintenance, all these systems have been placed with the sole purpose of controlling and improving the vehicular traffic. The marked deterioration in some traffic lights as well as the complexity that they possess for their configuration has been driven to the development of a new system of junctions easy to manipulate, configure, and is also responsive to the needs of traffic. This project details the development of a system of junctions that allows you to configure your times in the state change of traffic lights using a graphical interface easy to use and a USB module.*

Keywords

Microcontrollers, Human-Machine Interface, USB, Wireless Communication.

1. Current System of junctions

Today the junctions is a key factor in the control of vehicular traffic on the streets of the city of Ibarra, use traffic lights on the tracks has been successful in controlling and preventing various accidents not only of vehicles along a street, but in addition to the pedestrians who pass through the same. The development of technology in the devices of junctions in recent years has led to the responsible of the junctions in the city of Ibarra carried out an analysis of the technology installed in the same, with the purpose of determining whether they are the most appropriate or whether it should be improving.

The Department of Transport and Transit of the GAD Ibarra establishes that the state of certain devices installed junctions in the city of Ibarra was found in the obsolete status, the same who have problems functioning, also one of the disadvantages that afflict the maintenance staff is the difficulty that each system presents the time of your settings for the states of lights on and off.

Due to the high importance of the traffic lights within the city of Ibarra, proposes the design and implementation of a new device of junctions that are efficient adjustment to the needs of the vehicular traffic, and to help the prevention of traffic accidents on the streets of the city of Ibarra, through the use of microcontrollers and the human interface-machine.

1.1 Current System of installed junctions in the city of Ibarra

Within the systems installed junctions in the city of Ibarra mentioned two types the traffic lights that use Logos

SIEMENS and the system of centralization of vehicular traffic called ADIMOT which are described below.

1.1.1 Traffic lights programmed with SIEMENS Logo

The SIEMENS logo is a universal logic module used for automation projects, control and industrial applications. It contains 34 built-in functions that ease of use, its basic functions are 8 which allow develop simple programs that can be created from the same logo or via a computer.

The SIEMENS Logo presents certain basic functions which are used for the programming of the same, among which we can mention AND, NOT, OR, NAND NOR, XOR, each one of them allows you to set the parameters of operation of each of the lights of the traffic lights and other settings that need for the operation of the same.

The SIEMENS logo presents three operation modes, programming, RUN mode and mode parameters.

- **Programming mode.** - In which programmes are elaborated.
- **RUN Mode.** - To start the logo.
- **Parameterizing Mode.** - Allows you to modify parameters of some of the features the authors of the logo as an example the time.

The traffic lights that are installed in the city of Ibarra in addition to using the SIEMENS logo, contains relays for the process of changing the status of the traffic light, there are two types of relay, Camsco MK3P-1 and the relay Siemens LZS: PT370615, frequent use of these elements produces a wear in the contacts causing operational problems at the traffic lights, which causes a number of difficulties in the fluid of vehicular traffic.

The card is installed at the traffic lights in some streets of the city of Ibarra is composed by the SIEMENS PLC logo, which is placed in a box in a white metal, using relays are turned on the lights of the traffic lights and also contains several electronic elements such as resistors, capacitors, etc.

1.1.2 System of centralization of traffic ADIMOT

The ADIMOT system is an application for the control of traffic which uses a technology multialgoritmica, ADIMOT comes from the english Adaptive Multialgorithmic Optimisation Technique (Optimization Techniques Adaptive Multialgoritmica).

This system uses information in real time, through which are adjusted in a continuous way the cycles and the change of state of traffic lights by adapting to the conditions of vehicular traffic.

The new system installed in the city of Ibarra is composed of regulators, which will control the lights on and off of the traffic light as a function of the traffic that exists during the day, with cameras aforadoras account which will be connected through a network cabling and fiber optic lights type LEDs, also has a center of control and surveillance.

The control center is located in the old building of the 911 Street in the Dario Egas Almeida and Alejandro Pasquel Monk, from where you will control the system of junctions. According to the private files of the Department of Transport and Transit of the GAD Ibarra to the control center of the traffic lights will be integrated through a fiber-optic cabling thus allowing that if one of these breaks, on the other ring can pass the information to the control center and detect failures.

The control center allows the monitoring and manages it aforadoras that are installed in the streets of the city of Ibarra, thus providing greater fluidity of traffic controllers, traffic lights and cameras.

1.1.3 Compared to the traffic lights currently installed

Each of the currently installed traffic lights in the streets of the city of Ibarra has certain characteristics which make them different, the same that make a system to operate in one way or another agreement of each of their conditions by highlighting in accordance to its operation.

Below are presented in the table 1, which indicates a comparison between the two systems installed in the city of Ibarra.

	Traffic Lights with SIEMENS Logo	System ADIMOT Junctions
Programing	The programming of the logo is quite complex	Allows you to change cycles and lights on and off according to the needs of the traffic.
Power Supply	Uses a battery	It has a power supply
Type of foci that supports	Supports incandescent bulbs	Supports LEDs Bulbs

Table 4. Comparison of traffic lights installed in the city of Ibarra.

1.2 Study Area for the implementation of the project

For the implementation of the project has been identified as an area of study the Guaranda street located in

the neighborhood of the parish Azaya of Alpachaca of the city of Ibarra, which has provided for the installation of the pilot scheme for traffic lights that allow connection to a wireless network WSN, below is presented in figure 1 the representation of the streets mentioned.

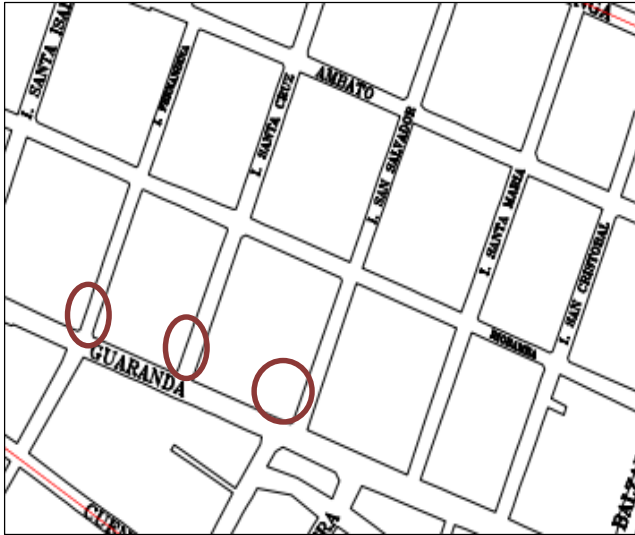


Figure 1. Guaranda and street intersections study area.

To study the situation in the area carried out a field research in order to collect the data necessary to determine the number of vehicles on the streets before mentioned and thus obtain the result of the intervals at which occurs more vehicular traffic.

Below is figure 2 which indicates a summary of the data obtained during the entire day with those who determines the existence of traffic congestion at certain intervals of time.

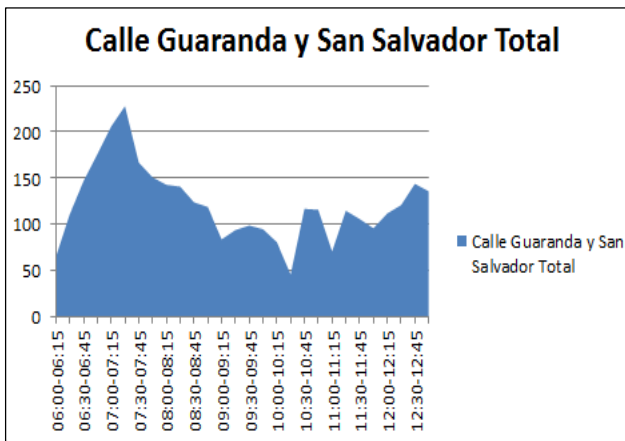


Figure 2. Summary of data obtained from the research.

From the data obtained is determined the ways in which will be the new device of junctions.

2. Design of traffic light based on microcontroller

The design of the system is based on the specification of all the components and elements that are part of this new system.

2.1 System Requirements

The requirements of the new system of junctions are based on certain conditions of the working environment, in addition to the functions and activities and power specifications, all these requirements have been taken into account in the design of the device.

2.1.1 Requirements on the basis of the working environment

- Ability to manage and control the vehicular traffic according to the needs of the traffic at certain hours which is regarded as peak time.
- Minimum impact of implementation with respect to other devices previously installed junctions.
- Ability to operate by failures of electrical energy, that is to say that there will be lack of synchronization with respect to the real-time clock in the event of power outages.

2.1.2 Requirements on the basis of specifications of power

- Protection against connection and inverted voltage spikes, to prevent premature damage and permanent in the modules of the logical device.
- Delivery efficient power on the part of the solid state relays, to allow the safe operation of the lights that are part of the device.

2.1.3 Requirements on the basis of the performance requested

- High speed of acquisition, processing and execution of tasks.
- Purchase elements and implementation of the project with relatively low costs.
- Increased life of the device with a minimum of maintenance.
- Explicit graphical interface, readable and easy to handle for the control options of change in the status of the semaphores.

2.2 Overview

The semaphore system advanced works as a function of time and the traffic, that is to say that it allows for a change of state of traffic lights, depending on the needs of

traffic that may be present in the street Guaranda and intersections where is located the new system of junctions.

Through the human interface - Machine junctions of the system allows the operator to change the times in which each mode changes the status of each of traffic lights.

The system is based on a configuration Master - Slave, the Master allows the execution of various functions which are in the graphical interface, and then send all the necessary information to the slave through a wireless connection.

2.3 Specification of subsystems

Through the Figure 3 shows a block diagram, which represents the system of junctions and the subsystems in the which are subdivided, the same that are grouped together according to each one of the following functions: processing, remote control, configuration, power and response.

2.3.1 Processing Subsystem

The fundamental basis of the processing subsystem is the microcontroller, which manages the serial programming on the circuit. It has precise hardware and firmware to perform the following functions:

- Manage a clock in real time using synchronous serial communication through disruption of priority.
- Allow connection to a ZigBee module through the asynchronous serial communication.
- Convert values to send to a display system consisting of a LCD screen.

2.3.2 Configuration Subsystem

Within the configuration subsystem is a microcontroller that manages the communication from the USB interface toward the Human Machine Interface, as well as asynchronous communication of the microcontroller to the end device ZigBee which wirelessly communicates with the transceiver and the ZigBee Coordinator slaves.

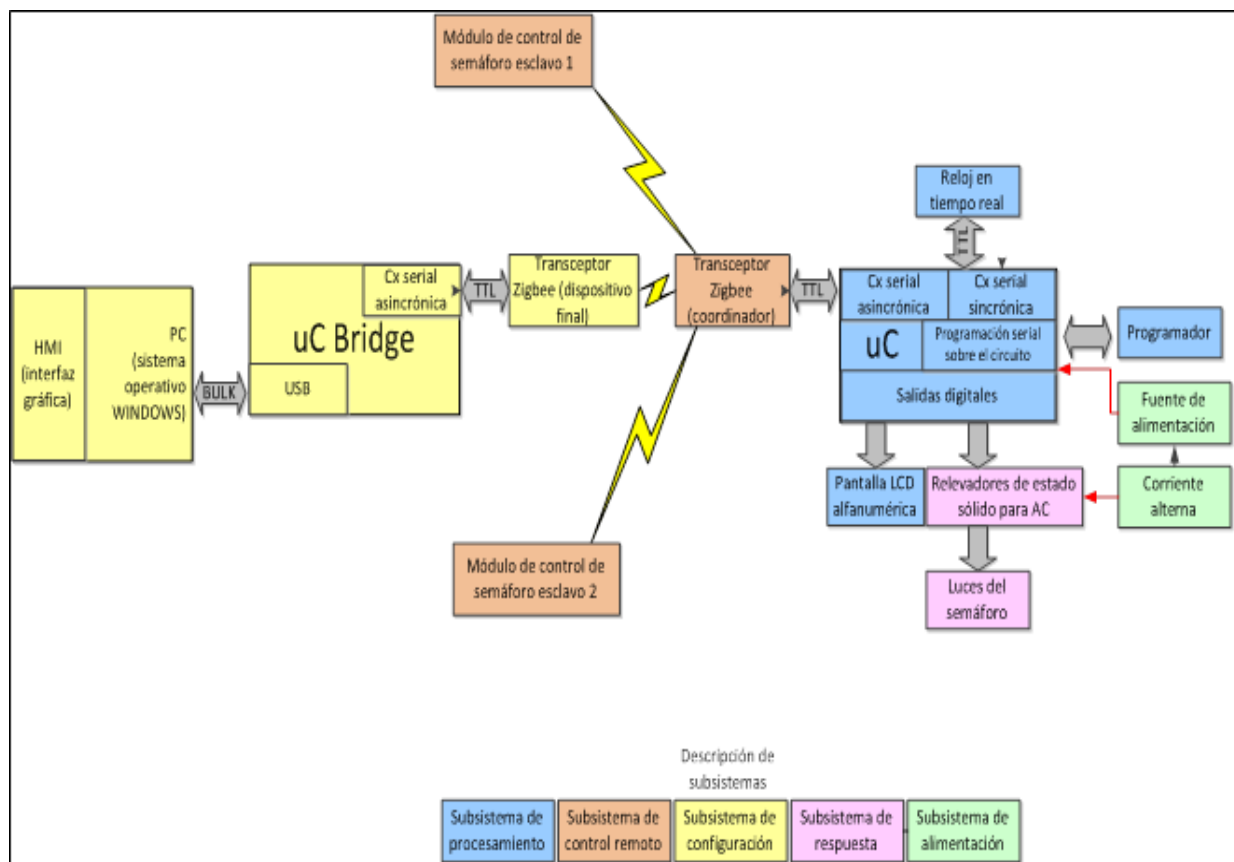


Figure 3. Block diagram of the system advanced junctions.

2.3.3 Subsystem Response

It is composed of solid state relays of alternating current, which allow you to connect to traffic lights allowing greater benefits such as:

- Resistance to shock and durations.
- Are quick-response, quiet and lightweight.
- Do not wear out easily.

Using the solid state relays are responsible for enable or disable traffic lights.

2.3.4 Power Subsystem

This subsystem is composed of switchable power supplies 12V, due to its advantages such as:

- Less size and heating.
- Low emission of EMIs.
- Its voltage can be regulated without affecting its operation.

2.4 Characterization of the Hardware

We designed the device to work so it can be coupled to the various hours where there is greater and little vehicular traffic, in addition to handling a easy-to-understand interface for the reprogramming of new modes of operation of the device junctions.

2.4.1 Processing Subsystem

This subsystem is essential for the functioning of the device is based on the microcontroller PIC18F452, which allows you to handle interruptions of priority, in addition is composed of a Real Time Clock (RTC) and an LCD screen that allows the display of certain configuration data.

The Real Time Clock DS1307 device is a low-power consumption, has a non-volatile SRAM memory of more than 56 bytes, the data are transferred via 2-wire series that is to say it is bi-directional, it is a calendar clock which contains information on hours, minutes, seconds, date, day, month, year, and in addition has leap year, the microcontroller and the RTC will communicate via I2C communication, works by the microcontroller hardware through interruptions.

For the display of data using a liquid crystal display LCD interface that serves as human - machine, to indicate the values that are being generated, through the processes that performed by the microcontroller.

All the elements described above is part of the processing subsystem governed by the main element the microcontroller, below is presented in figure 4 the diagram of the PIC18F452

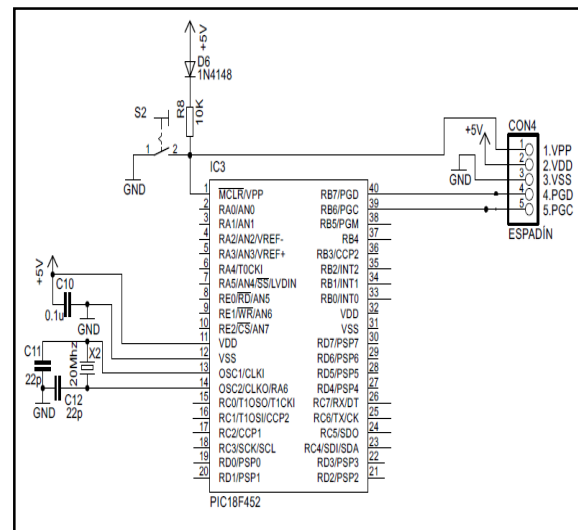


Figure 4. Microcontroller Diagram PIC18F452

2.4.2 Configuration Subsystem

This configuration subsystem is based on a microcontroller, which allows the handling of USB communication for the management of the system through the human interface - machine, which proceed to the configuration of the system of traffic data.

The basis for this microcontroller subsystem is the PIC18F2550, was selected by which possesses one of the most important features is that of managing the libraries from USB to be scheduled through the PIC software CCS compiler, which makes programming a little easier.

Inside of this subsystem is the sending and receiving data from the system of junctions which performs through wireless communication, in order to use the resources of the work of so called career AND INTERCONNECTION OF SYNCHRONISE WIRELESSLY SEMAFOROS) HAD LED THROUGH NETWORKS WSN BASED ON ZIGBEE MODULES, proposed by Paul Alejandro Salazar Amuy as saying of the Faculty of Applied Science in Engineering, Career in Electronic Engineering and communication networks, it is for this reason that to perform the system administration through the interface uses a ZigBee module which enables communication between the computer and the device configuration for the functioning of the system as a whole, the module that is used is the XBee module PRO ZB S2 of manufacturer Digi.

Data that is transmitted through this USB communication is done through the frames the same that are composed of six fields, each field contains around 3 bytes of payload which are managed by parties using hexadecimal data, these data are transmitted at 9600 bps, all frames are transmitted 3 times in order to avoid the loss of any of them, which is handled as a mechanism of

security this forwarding of frame and as well not have loss of information.

Below are presented in figure 4 which indicates the connection between the microcontroller.

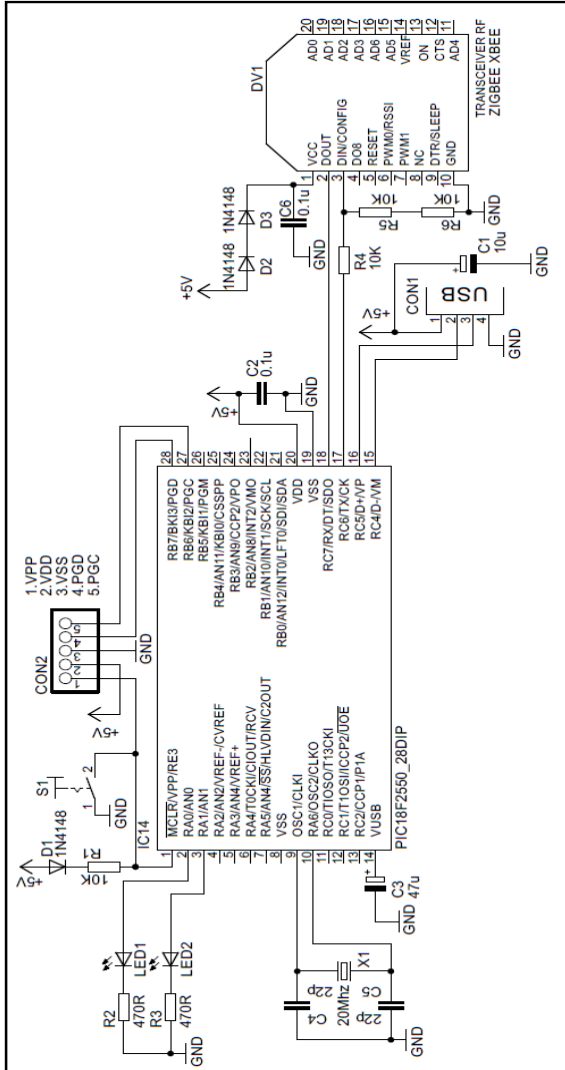


Figure 5. Connecting PIC18F2550 microcontroller

Finally this subsystem is composed of the HMI through the graphical interface that allows you to configure operation modes of the phases of the traffic lights, the time, date, in addition to several functions such as: reset the device, save values in the database and in microcontroller, reading values both the database and the microcontroller, simulate the operation of the lights on and off of the traffic light in accordance to the configuration of the mode, check the information that is stored on the microcontroller, synchronize the PC clock with the clock of the device, and finally allows you to synchronize traffic lights.

2.4.3 Subsystem Response

The subsystem of response includes the interface of power for the on-off control of traffic lights, that is to say that the information being processed by the microcontroller is sent through digital signals to subsequently be displayed through this subsystem.

To handle this subsystem is necessary to use the power driver ULN2803 that allows you to get the voltage required to activate the SSR D4840.

Figure 6 shows the connection of the ULN 2803 integrated with the microcontroller, this part of the subsystem is the connection between the logical part of the device and the power segment, that is to say through this circuit prevents the damage to the logical part of the device by increase of voltage.

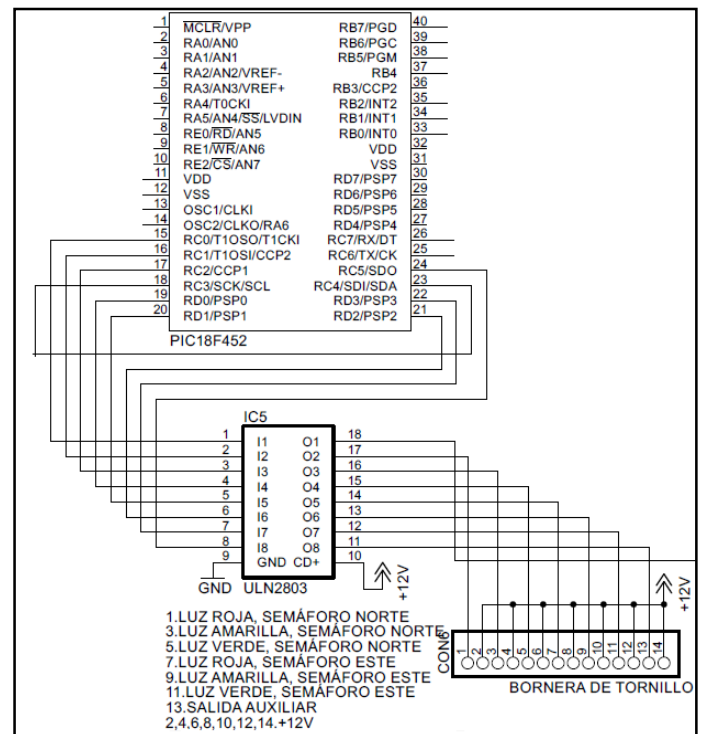


Figure 6. Connection of the integrated power of ULN 2803

Finally to end this response subsystem traffic lights are connected to the display and SSRs for the completion of the overall project.

2.4.4 Power Subsystem

The power subsystem account with a voltage regulator TERM LM317, this regulator handles a range of output voltage that goes from 1.25 to 37 volts, is a regulator variable to which can be set up the exact voltage with which you want to work through a potentiometer, among its main features we can mention the protection by short circuit that is to say when there is excess of current consumption is protected and shuts down.

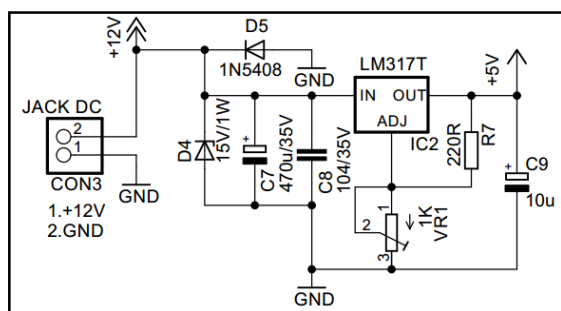


Figure 7. Voltage regulator circuit for 5v supply

2.5 General Schematic

Below are shown by figures 8 and 9 the general schematics which associated all the subsystems described above, in addition to certain electronic components that are used for the operation of the hardware.

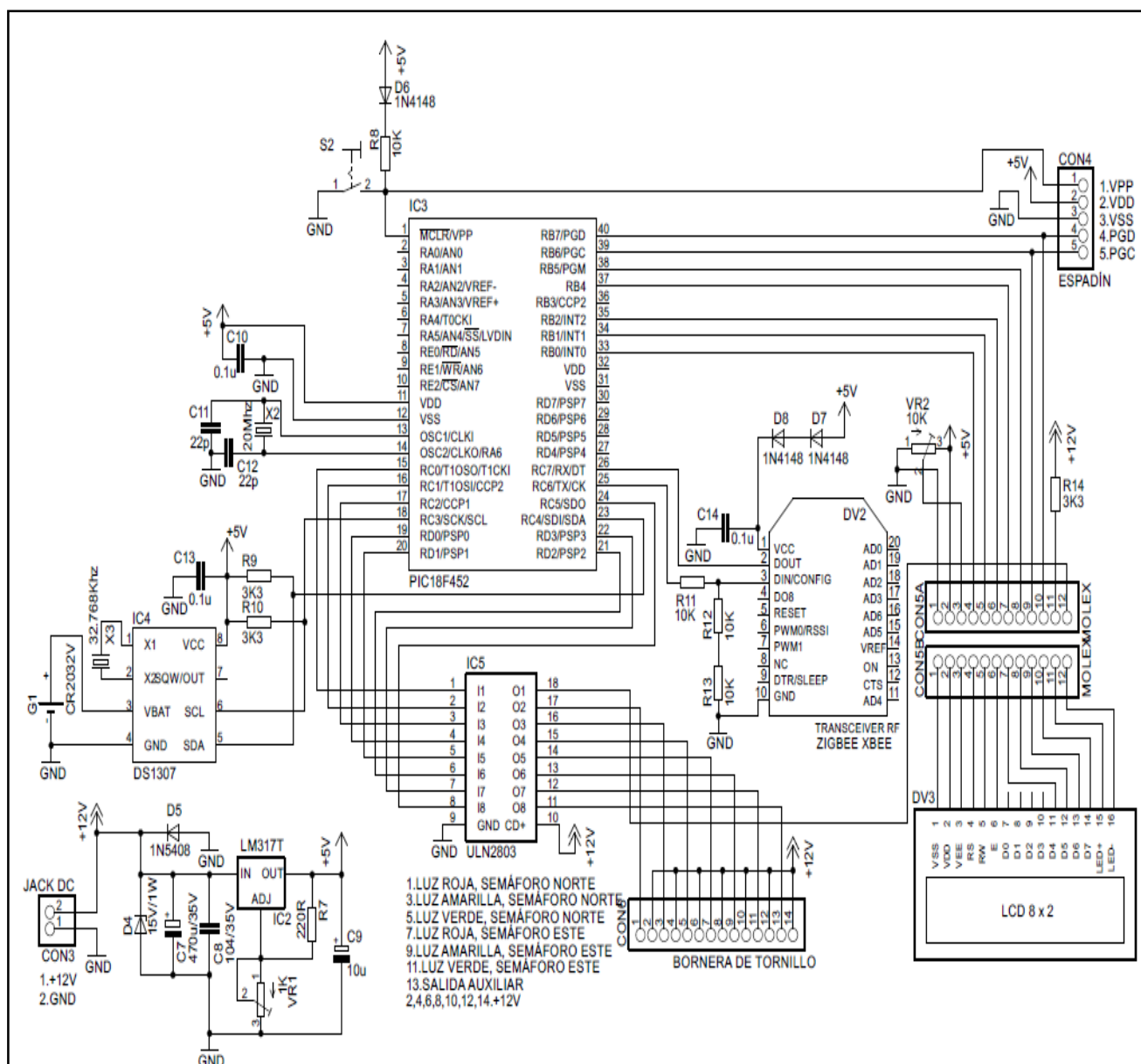


Figure 8. . Schematic of the Circuit

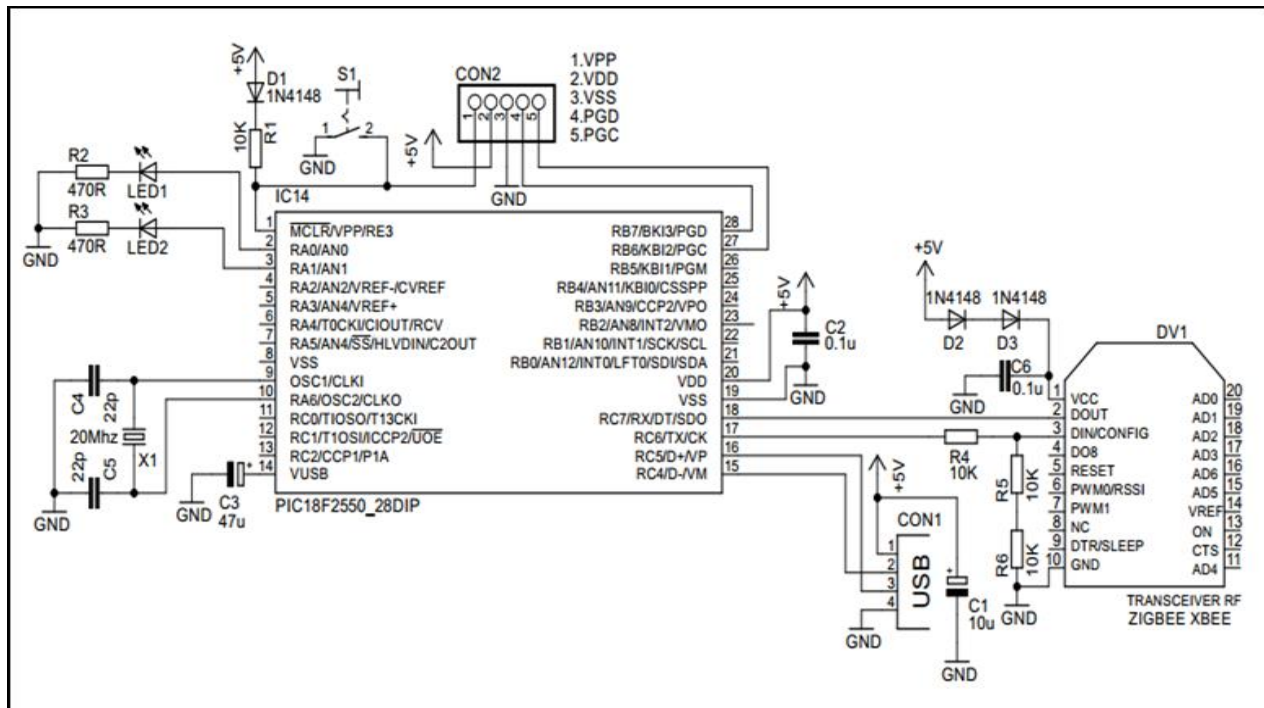


Figure 9. Overview Diagram of the circuit module USB

2.6 General description of the Firmware

Covers the programming language that is used for the development of the system, the compiler and finally the firmware of the microcontroller, which includes the machine instructions that control the hardware of the device. As far as the programming language is used the C language compiler with the respective CCS PCW which allows the handling of their libraries and bookstores that operate as an interface between the hardware device that the program develops.

The flow diagram presented in Figure 10 details the operation of the main program, this covers most of the subroutines and disruptions that perform the respective operations for the operation of the entire project.

The main program that manages the microcontroller is based on a state-machine, i.e. allows you to perform a change of state of implementation of any action, condition or event, this initializes the variables and necessary records and then proceed to the configuration of the internal modules of the microcontroller and the activation of each of the interrupts.

Any action taken by the microcontroller in the main program, it does this using the special routines configured in the same, which start with the configuration of I/O ports to the configuration of the handling on and off of traffic lights.

2.6.1 Interruptions

Within the interruptions of the program we can mention the interruption by the Timer1 overflow which is configured to set a breakpoint in your overflow of 100ms, it also establishes the modes of operation of the traffic lights, and the interrupt for reception of the data using the UART module which is responsible for the receipt and verification of data, which comes from the XBee ZigBee module ZB PRO S2.

Below is indicated by table 2 modes of operation in the work that the signalling system.

Mode of Operation	Description of the way
Normal Mode	It is the way that works any traffic lights using the changes of state of the three lights.
Intermittent Mode	Flashing red
	Yellow Flashing
Intermittent Mode Combined	Flashing red-yellow
	Flashing yellow - red
Constant Mode	Constant red
	Constant Yellow
Constant Mode Combined	Constant red - yellow
	Constant yellow - red
Off	Mode in which traffic lights are off

Table 5. Modes of Operation of the traffic light.

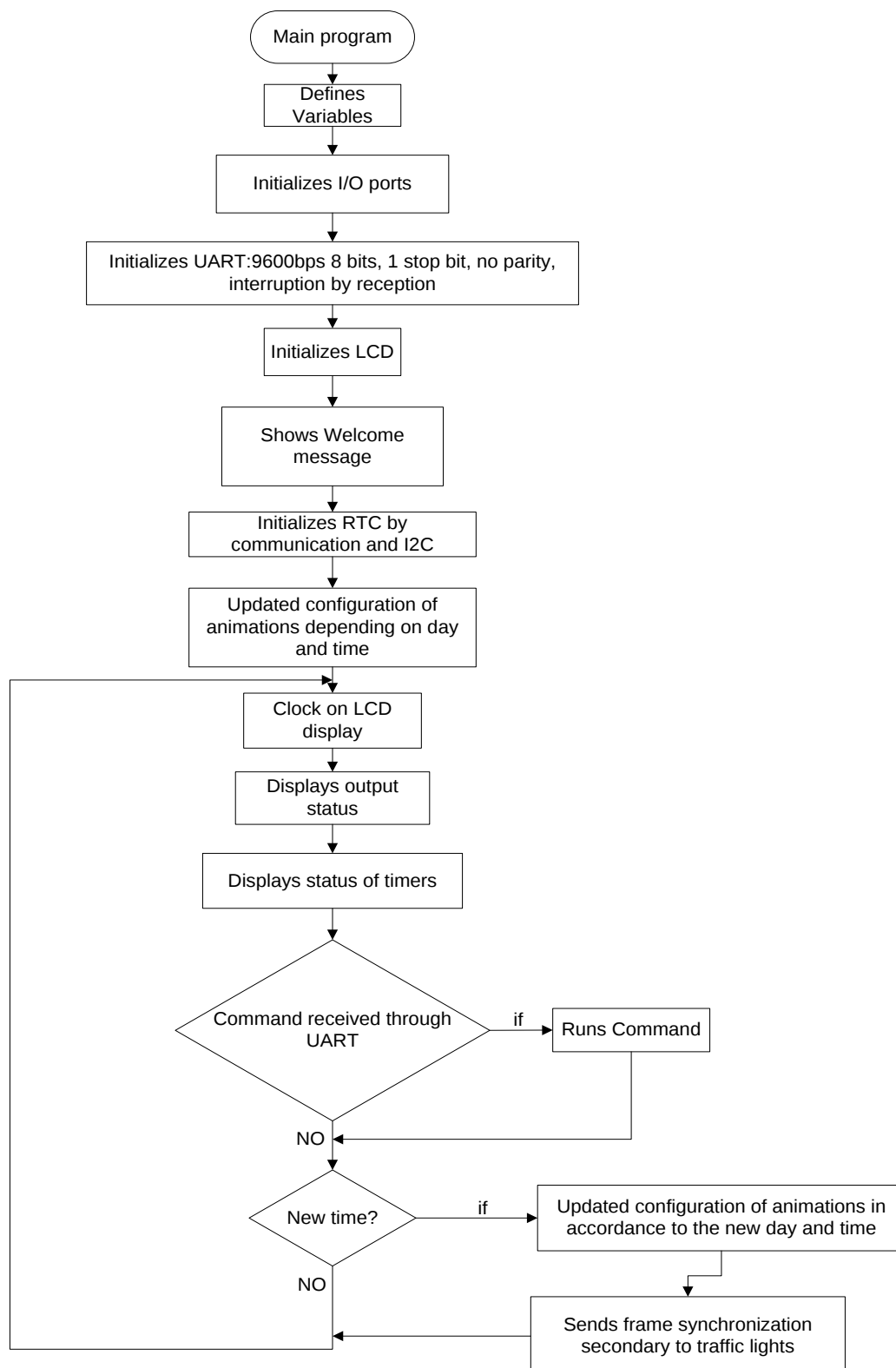


Figure 10. Flow diagram of the Main Program the microcontroller

2.7 Design of the circuit boards

For the design of the plates of each circuit used the Eagle program, the plates were made of a suitable size, easy to install and handle.

Figure 11 corresponds to the design of the main board of the system, while figure 12 indicates the design of the plate of the configuration module USB.

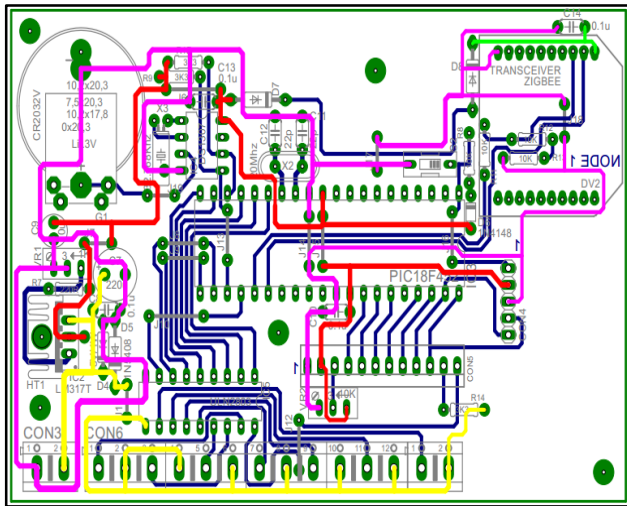


Figure 11. Design of the plate of the main device

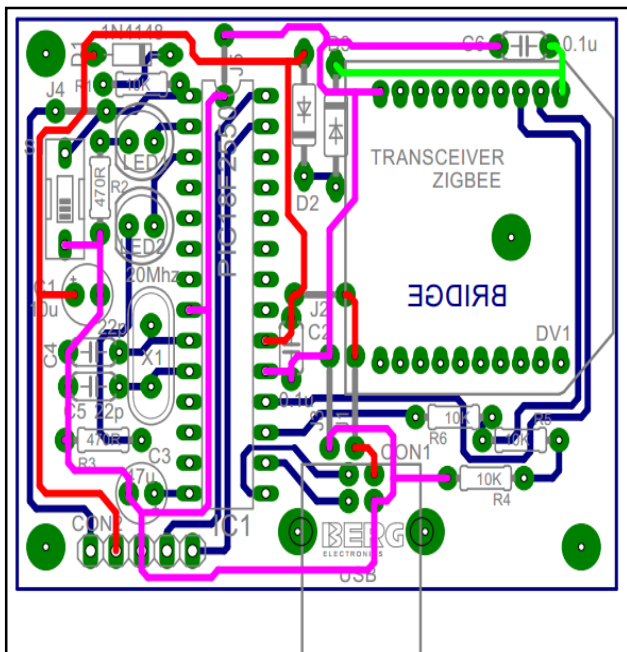


Figure 12. Diseño de la placa del dispositivo USB

2.8 Development of the Graphical User Interface

The GUI design stretches configuration, update of modes of operation of the traffic lights and the management of real-time clock, simulation of the modes of operation, changing values in the times of change of state of the lights of the traffic lights, and a database developed in Microsoft Access that allows the storage of tables according to the day and to the desired configuration.

The splash screen of the interface is in which the user or operator handled the configuration data or update, below is the figure 13 which shows the main screen with each one of its buttons that perform different functions.

The graphical interface allows you to perform various functions for the configuration and update of the operation of the traffic lights mentioned below:

- Read table from database
- Save Table in database
- Read table from CPU
- Save table in CPU
- Simulate operation
- Read clock from CPU
- Synchronize clock with CPU
- Reset CPU
- Verify CPU information
- Synchronize traffic lights

In addition to those functions the interface contains the modes of operation in which the new system works for junctions.

Each working mode allows the configuration of values for the change of state of traffic lights; the modes of work are 10 and are listed below:

- Normal Mode
- Intermittent Mode Red
- Intermittent Mode Yellow
- Intermittent Mode Red – Yellow
- Intermittent Mode Yellow – Red
- Mode Constant Red
- Mode Constant Yellow
- Mode Constant red – yellow
- Mode Constant Yellow – Red
- Shutdown Mode

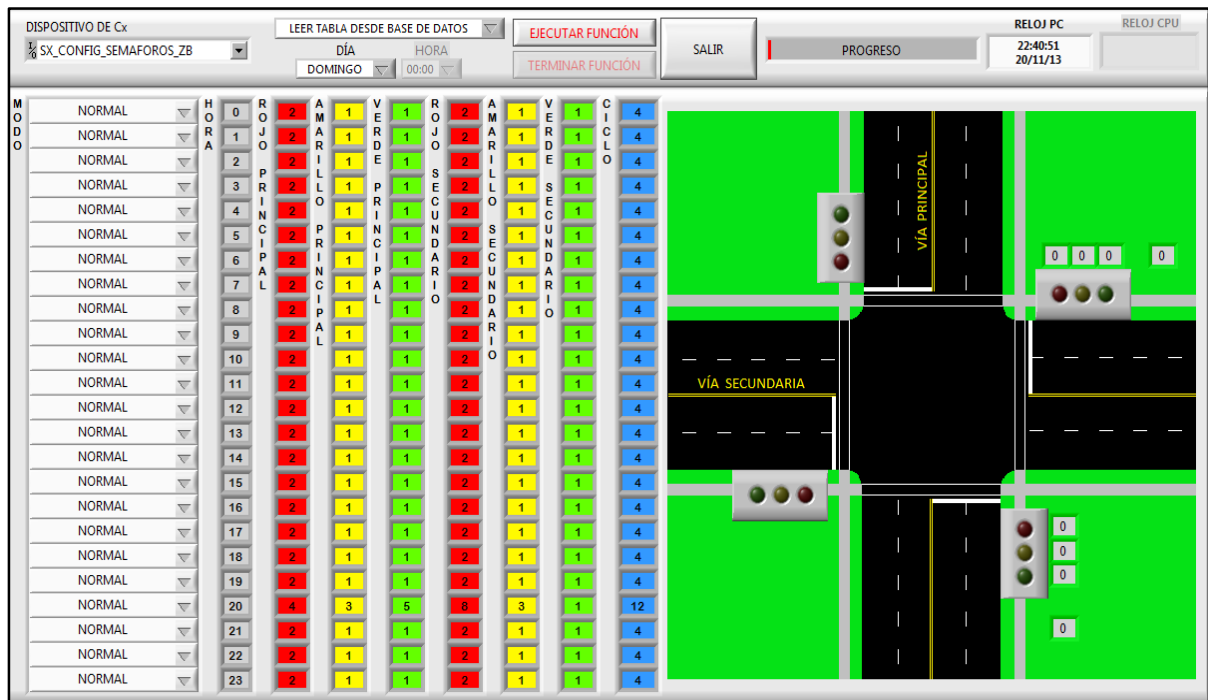


Figure 13. Main Screen of the graphical user interface

3. Deployment and operation

It is appropriate to perform the deployment of the system of junctions as well as the physical mounting in order to verify the performance and operation of the device of junctions using the operation tests.



Figure 14. Assembly of the components in metal cabinet



Figure 15. Junctions system working in Normal mode

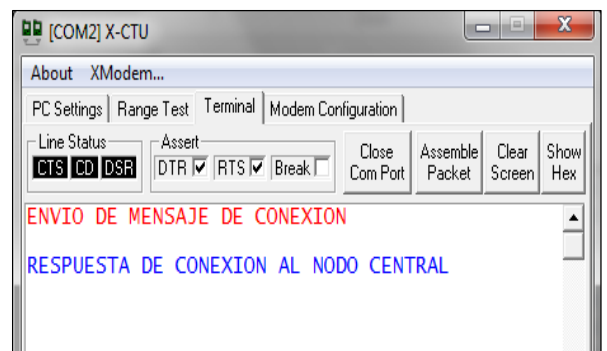


Figure 16. Communication between ZigBee modules

Finally, it was seen in figure 17 the system installed in the junctions Azaya Neighborhood Street Fernandina in the city of Ibarra.



Figure 17. Junctions system installed on the public highway

4. Cost-benefit-analysis

Is to establish the total costs of production as well as the indicators and all the economic resources that are involved in the development of the project, the same which will determine the economic feasibility and social of the same.

Once the analysis is determined that for every dollar that is spent is generated an income of \$4.30 ctvs, which means you get a profit of \$3.30 ctvs.

Investment	16.545
VA 1	2.997
VA 2	8.055
VA 3	13.933
VA 4	20.321
VA 5	25.912
VAN	71.219
R C/B =	4,30

Table 6. Cost-benefit relationship

In addition provides benefits to the public institution for which the development of the project, the same that are not strictly economic but on the contrary it allows those responsible for junctions work in a more productive way and simple, the following are some of the benefits that brings to the organization:

- The system operator of junctions account with a graphical interface easy to handle, which allows the manipulation of data to the configuration of the system and update of junctions much faster.
- The revision of the system of junctions is easy there are no major complications with regard to the maintenance of the same, which is for the operator an advantage.
- The junctions system allows the operator to set the states of on and off of traffic lights in accordance to the traffic that holds the place in which it is installed the system.
- Has a great advantage that it is the versatility in the operation of the system of junctions.

Finally, the project also provides benefits to the society, that is to say to the inhabitants of the place in which the system was installed to junctions, while it is true there are economic benefits but if social for them, within these mentioned the following.

- Greater ease of mobilization and security for the pedestrian that circulates in the way in which the system is functioning of junctions.
- Fluidity in the traffic and allows vehicles to be mobilized with utmost care to avoid inconveniences and incidents with the other cars and drivers.
- The junctions system provides a benefit to the residents of the place which aid in the prevention of traffic accidents.

5. Conclusions and Recommendations

5.1 Conclusions

- The developed system is efficient because it performs timer functions with less electronic components, in addition was the plate of the system of junctions so that it is modular, which means that it is only logical.
- The use of SSRs enables it to provide protection to the plate, that is to say that in spite of the fact that they are more prone to damage due to handling power can be replace with ease without the need to make changes or repairs on the plate, as a board does not support more than two repairs.
- The drawing of the human interface - machine using the Labview program allows the operator to manipulate the changes on-off state of traffic lights in a fast way and without complications.
- Using the graphical interface is possible the programming of the functioning of the traffic light in accordance to the needs of traffic, i.e. it can be configured to work in a different way according to each day of the week and each one of the hours.
- ZigBee works in a frequency band of 2.4 Hz that is saturated, in spite of this drawback the application that was developed under this Standard does not need to be communicated constantly changing, so it is sufficient to establish communication and configure the device from the traffic lights using the USB device.
- According to the study cost - benefit made you can determine that the project is financially viable and feasible, in comparison to other systems of junctions its cost is less than.

- The prototype is made in an alpha stage which means that is still subject to further changes in hardware and software that can do the same a draft even more adaptable to the needs of traffic.
- Once carried out the tests of operation of both the prototype and the wireless communication based on ZigBee modules, it is concluded that the prototype is valid because it works at a stable common conditions of the environment within the tolerance range.
- Achieved optimize the vehicular traffic in the streets that the system was installed to junctions, provided greater security to the pedestrian and vehicles that pass along these routes.

5.2 Recommendations

- It is necessary that the USB device is installed on your computer to be used by a driver that comes with the same, since if it is not the device will not work and therefore may not be used the graphical interface.
- It is important that the system operator of junctions update time of the computer with the clock of the CPU that is to say of the real time clock that uses the device.
- It is advisable to maintain the proper line of sight at the time that go to make changes to the device of the traffic lights using the USB device and the graphical interface, to avoid that there is communication problems and therefore will not arrive to make the changes.
- At the time of the installation of the system it is important to check the connections of power to the device of junctions to avoid failures and short-circuits that may damage the system.
- Develop a comprehensive system of remote control that allows for constant monitoring of the system of junctions, in addition to providing management and administration of remotely.
- To check all the features of the new system of junctions it is recommended that you place in the entire city a single system in order to provide greater reliability in the operation of the junctions.

My parents Narcisa and Bolivar, to my brothers James and Cesar, my whole family who over my college career have provided me with their unconditional support, thank you for your love, affection and understanding that i have been given at all times.

A special thanks to Karina Yepez who has been on my side are gratefully acknowledged her love, friendship, trust, unconditional support and the force required to move forward and fulfill another stage in my life.

Ing. David Narvaez, director of the thesis, for his contributions to the development of this project, to each and every one of the teachers of the race who succeeded guided in my academic training.

A special thanks to the GAD Ibarra to the Department of transit and transportation by allowing me to develop this project for titration, its support was crucial to the completion of the same.

Bibliographic References

- [1] Sistema de Centralización de Tráfico ADIMOT (2011). Recuperado de http://www.sice.com/contenidos/productos/trafico/trafico_020.htm?sector=11
- [2] OMROM ELECTRIC, S.A (2012), Guía Rápida Relés de Estado Sólido SSRs. Recuperado de <http://www.reitec.es/V2/Pdf/documentacion6.pdf>
- [3] Integrated Circuit Division (2013), Ventajas de los Relés de Estado Sólido respecto a los Relés Electromecánicos. Recuperado de [http://www.ixysic.com/home/pdfs.nsf/www/AN-145ES.pdf/\\$file/AN-145ES.pdf](http://www.ixysic.com/home/pdfs.nsf/www/AN-145ES.pdf/$file/AN-145ES.pdf)
- [4] XBee Pro & XBee PRO ZB (2013), Embedded RF Module Family for OEMs. Recuperado de http://www.digi.com/pdf/ds_xbeezbmodules.pdf
- [5] Datasheet ULN 2803 (2011). Recuperado de http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/90/366828_DS.pdf
- [6] CÁNOVAS, A., Manual de usuario del Compilador PCW de CCS. Recuperado de http://www.bairesrobotics.com.ar/data/Manual_Compilador_CCS_PICC.pdf
- [7] MILAN, V. (2009). PIC Microcontrollers – Programming in C. Editorial mikroElektronika; primera edición.
- [8] The Major Differences in the XBee Series 1 vs. the XBee Series 2. (Junio 2013). Recuperado de <http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdetl?id=2213>

Acknowledgments

To God for giving me the gift of life, for joining me and guide my way throughout all the stages of my life, for giving me strength and wisdom to know how deal with the obstacles that are presented in the life and move forward.

About the Authors...

Karina YÉPEZ



Born in Ibarra Imbabura province on August 3, 1987. She completed his primary studies in the Institute Inocencio Jácome. In 2005, obtained the title of Bachelor in Computer Science specialization at the National College Ibarra. Currently is a graduate of the career of Ingeniería

Electrónica y Redes de Comunicación at the Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador.

David NARVÁEZ



Professional in the field of Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación. A native of the Ibarra city, born on October 26, 1985. Graduated from the Universidad Técnica del Norte. Currently pursuing a Masters in TICS in the Pontificia Universidad Católica del Ecuador – PUCESI, with Research theme “Sistemas Domóticos con

plataformas de Hardware Libre”. He serves as a Professor at senior level in the areas of Networking, Wireless Communications and Applied Mathematics. His areas of interest are the Microelectronics and Applied Mathematics.