UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TEMA:

"Análisis de un sistema basado en Microcontroladores para el control Inteligente de toma corrientes y lámparas en una vivienda, apoyado en sensores y actuadores de bajo costo".

AUTOR:

LIGER ROBALINO, ERIK ANDRÉ

Trabajo de Titulación previo a la Obtención del Título de:

Ingeniería Electrónica con mención en Control y Automatismo

TUTOR:

MENDOZA MERCHAN, EDUARDO VICENTE

Guayaquil, Ecuador

12 de marzo del 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Liger Robalino Erik André,** como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo.**

TUTOR

_____

Mendoza Merchán, Eduardo Vicente

DIRECTOR DE LA CARRERA

_____

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 12 días del mes de marzo del año 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Liger Robalino, Erik André**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **"Análisis de un sistema basado en micro controladores para el control Inteligente de toma corrientes y lámparas en una vivienda, apoyado en sensores y actuadores de bajo costo"** previa a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo** , ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 12 días del mes de marzo del año 2018

EL AUTOR

f. _____
Liger Robalino, Erik André

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Yo, **Liger Robalino Erik André**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación**: "Análisis de un sistema basado en micro controladores para el control Inteligente de toma corrientes y lámparas en una vivienda, apoyado en sensores y actuadores de bajo costo"**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 12 días del mes de marzo del año 2018

EL AUTOR

_____

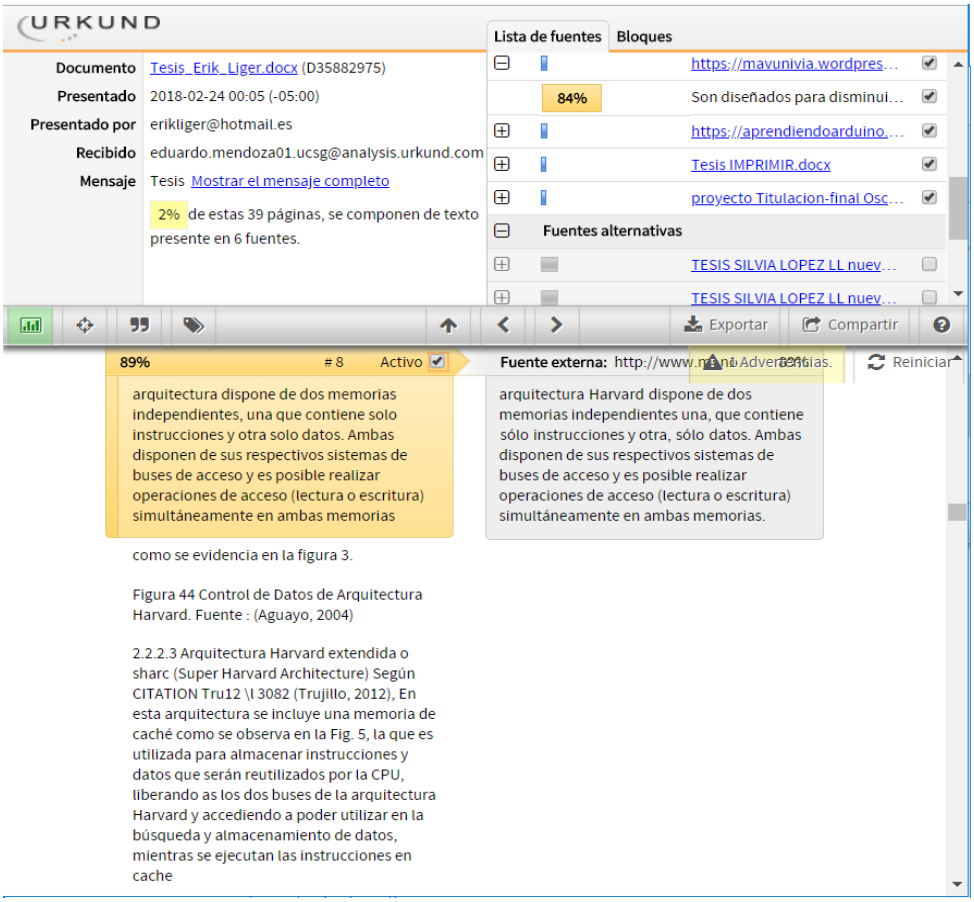
Liger Robalino, Erik André

REVISIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN CON PROGRAMA ANTI PLAGIO URKUND

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TÍTULO: "Análisis de un sistema basado en Microcontroladores para el control inteligente de tomacorrientes y lámparas en una vivienda, apoyado en sensores y actuadores de bajo costo."

AUTOR: LIGER ROBALINO ERIK ANDRÉ



El trabajo de titulación del estudiante: LIGER ROBALINO ERIK ANDRÉ, observa un porcentaje inferior al 2% de coincidencias con otros documentos encontrados en el internet.

Mendoza Merchán, Eduardo Vicente

COORDINADOR DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTO

Para empezar en esta sección dedicada a demostrar de forma literaria nuestros sentimientos desarrollados al momento de crear esta obra de arte de carácter tecnológico científico, es meritorio destacar como los jóvenes en la actualidad estamos destinados a cambiar la historia escrita por las generaciones pasadas, para así forjar un cambio digno de la globalización.

Quiero agradecer a los átomos que formaron la materia necesaria para que pueda desarrollarse este instante justo y necesario al que todos los presentes llamamos tiempo. Para continuar con esta expresión más sincera de agradecimiento, quiero agradecer totalmente a mis creadores, forjadores, ensambladores mejor conocidos por la sociedad como padres, aquellos que buscan el bien para sus semillas en este campo llamado vida. Es necesaria la mención especial hacia Valentina Alexandra, Robalino Centeno quien a pesar de no tener conocimiento de las materias que tomaba para forjar mi camino hacia la ingeniería siempre busco ayudarme y fue ahí donde encontré el sendero hacia la meta de obtener mi título.

A mi hermana que estuvo presente en mis jornadas nocturnas durante el desarrollo de mi tesis, mis amigos; Mis hermanos de la vida: Eduardo y Natalia y como olvidar a mis mascotas Princesa y Toby quienes fueron fuente fundamental anti stress para poder seguir con mi tesis.

DEDICATORIA

El desarrollo del proyecto de investigación está dedicado a mis abuelos paternos y maternos quienes me han enseñado desde el día en que nací una lección de vida muy importante, la cual es no darse por vencido ante ninguna situación. A mi padre, quien permitió que cada día de mi existencia vaya adquiriendo más conocimientos y por las facilidades que me brindo para lograr mis objetivos propuestos. Y, por último, a todo el grupo de cosas y eventos que me motivan en mi diario vivir; donde la música y mi equipo favorito: Emelec merecen una mención especial.

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M. Sc

DECANO

f. _____

ING. CÓRDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO, M. Sc

COORDINADOR DE ÁREA

f. _____

ING.VEGA URETA, NINO TELLO

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS XIII
ÍNDICE DE TABLAS XVI
RESUMEN XVII
ABSTRACT XVIII
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I: 3
1.1.Planteamiento del problema 3
1.2.Justificación 4
1.3.Delimitación 4
1.4.Objetivos 5
1.4.1.Objetivo General 5
1.4.2.Objetivos Específicos 5
1.5.Hipótesis. 5
1.6.Tipo de Investigación y Metodología de Investigación. 6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 8
2.1. Estado del Arte 8
2.2. MICROCONTROLADORES. 12
2.2.1.- Características importantes del microcontrolador 13
2.2.2. Arquitectura de Microcontroladores 14
2.2.2.1 La arquitectura tradicional, Arquitectura Von Neumann: 14
2.2.2.2 La arquitectura Harvard 15
2.2.2.3 Arquitectura Harvard extendida o sharc (Super Harvard Architecture) 15
2.2.3 Microcontroladores de 32 bits 16
2.2.4 Aplicaciones de Microcontroladores 16
2.3 ILUMINACIÓN EN ESPACIOS INTERIORES 16
2.3.1. DEFINICIONES DE ILUMINACIÓN 17
2.3.1.1 Flujo luminoso 17
2.3.1.2 Intensidad Luminosa 17
2.3.1.3 Iluminación 17
2.3.1.4 Luminancia 18
2.3.1.5 Rendimiento o Eficiencia Luminosa 18

2.3.1.6 Deslumbramiento 19
2.3.1.7 Lámparas y Luminarias 19
2.3.1.8 Temperatura del color 20
2.3.1.9 Cálculo de lúmenes para un espacio 20
2.3.10 Método del punto por punto 24
2.3.10.1 Componente directa en un punto 25
2.4. TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN LED 25
2.4.1 LED 26
2.5. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA EN SISTEMAS DOMÓTICOS 26
2.5.1 ZigBee 27
2.5.2 Wifi 28
2.5.3 Bluetooth 29
2.5.4 Infrarroja 29
2.5.5 Radio Frecuencia 30
2.6 SENSORES PARA CONTROL DE CARGA E ILUMINACIÓN 31
2.6.1 Sensor de Voltaje 31
2.6.2 Sensor de Corriente 31
2.6.3 Sensor de Lúmenes 32
2.6.4 Sensor Infrarrojo 32
2.6.7 Módulos de radiofrecuencia 33
CAPÍTULO III 34
3.1 Consideraciones generales del sistema automatizado 34
3.1.1 Descripción del proceso de automatizado de la lámpara Led y tomacorrientes 34
3.1.2 Características 36
3.1.3 Funciones 37
3.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA 38
3.2.1 Estructura del dispositivo inteligente. 39
3.2.1.1 Bloque maestro 39
3.2.1.2. Bloque de iluminación 42
3.2.1.3 Bloque de control de carga 46
3.2.2. Análisis de las comunicaciones en el dispositivo inteligentes 49
3.2.2.1. Infrarroja 49
3.2.2.2. Bluetooth 50

3.2.2.3. Radiofrecuencia 51
3.2.3. Análisis del firmware del dispositivo inteligente 53
3.2.3.1 Bloque maestro 54
3.2.3.2 Bloque de iluminación 56
3.2.3.3 Bloque de control de carga. 57
3.2.3.4 Interfaz de usuario 59
3.3 PRUEBAS DEL DISPOSITIVO INTELIGENTE 60
3.3.4.1. Infrarrojo: 61
3.3.4.2 Radio frecuencia: 62
3.2.4.3. Bluetooth 63
3.4. CÁLCULO DE COSTOS. 65
CAPÍTULO IV 66
4.1.PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 66
4.1.1.Resultados referentes al estado del arte 66
4.1.2.Resultados de Hardware 66
4.1.3.Resultados de Software 67
4.1.4.Resultados de Interfaz del usuario 67
4.1.5.Resultados de las pruebas del prototipo 68
4.1.6.Resultados Generales del sistema: Descripción, Características y funciones. .. 68
4.2.DISCUSIÓN DE RESULTADOS 69
4.3.Análisis de las características del sistema 69
4.4.Análisis de las funciones del sistema 69
4.4.1.Análisis general del sistema 70
4.5.Cumplimiento de los objetivos 70
CAPÍTULO V 73
5.1.CONCLUSIONES 73
5.2.RECOMENDACIONES 73
5.3.Trabajo Futuro 74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 75
ANEXOS 77
Anexo A: Hoja de datos del sensor NRF2401L 77
Anexo B: Hoja de datos de sensor HC05 80
Anexo C: Hoja de datos del sensor de corriente ACS7210 82

Anexo D: Hoja de datos del microcontrolador 84
Anexo E: Programación del Código C/C++ del bloque maestro 87
Anexo F: Programación del Código C/C++ del bloque de iluminación 89
Anexo G: Programación del Código C/C++ del bloque de control de carga 91
Anexo H: Hoja de datos de TSOP1738 96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes del Microcontrolador 13
Figura 2: Descripción gráfica de Arquitectura Von Neumann 15
Figura 3: Control de Datos de Arquitectura Harvard. 15
Figura 4 Descripción de tratamiento de datos de la Arquitectura SHARC. 15
Figura 5 Representación gráfica de la intensidad luminosa. 17
Figura 6 Relación de unidades de Eficiencia Luminosa 18
Figura 7 Efectos del deslumbramiento. 19
Figura 8 Difusión de lúmenes en lámparas y alumbrado. 19
Figura 9 Temperatura del Color en grados K. 20
Figura 10 Diagrama de Bloques del método de lúmenes. 21
Figura 11 Plano de Luminarias 21
Figura 12 Tabla del factor de utilización. 23
Figura 13: Distribución de la luz en un punto. 24
Figura 14 Cálculos según la distribución de luz en el sitio. 24
Figura 15 Cálculo en un sitio por el método del punto. 25
Figura 16: Control de iluminación. 26
Figura 17 Aplicaciones de Zigbee 28
Figura 18 Wi-Fi 28
Figura 19.Comunicación por Radiofrecuencia. 30
Figura 20.Sensor de Voltaje 31
Figura 21 Sensor de Corriente. 32
Figura 22 Sensor de Lúmenes. 32
Figura 23 Sensor Infrarrojo utilizado en el Prototipo 33
Figura 24 Módulos RF 33
Figura 25. Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema. 36
Figura 26. Diagrama de Bloques del Diseño del dispositivo. 38
Figura 27. Componentes Hardware del sistema del dispositivo inteligente. 39
Figura 28. Circuito de la fuente de alimentación 41
Figura 29. Diagrama de Bloques de Circuito de conexiones del Bloque Maestro. 41
Figura 30.Diseño pcb del circuito del bloque maestro. 42
Figura 31.Tarjeta electrónica del bloque maestro 42

Figura 32. Diagrama de bloques del Bloque de Iluminación. 43
Figura 33. Diseño del pcb de matriz LED. 43
Figura 34. Matriz Led 43
Figura 35. Tarjeta electrónica del bloque de iluminación. 45
Figura 36. Diagrama de bloques del circuito de conexiones del bloque de iluminación. 45
Figura 37. Esquemático del circuito de la matriz LED realizado en Proteus. 46
Figura 38. Circuito del Dimmer del bloque de iluminación. 46
Figura 39. Elementos del Bloque de Control de Carga. 47
Figura 40. Diagrama de bloques de conexiones del bloque de control de carga. 48
Figura 41. Circuito de Sensor de Voltaje para control de cargas 48
Figura 42. Tarjeta electrónica final del bloque de control de cargas. 49
Figura 43. Circuito de comunicación infrarroja de los bloques de iluminación 50
Figura 44. Circuito de comunicación infrarroja del bloque de control de carga. 50
Figura 45. Circuito de Comunicación bluetooth del bloque maestro con la interfaz. 51
Figura 46. Interfaz de usuario del dispositivo inteligente. 51
Figura 47. Circuito de comunicación de radiofrecuencia del bloque de control de carga. 52
Figura 48.Circuito de comunicación de radiofrecuencia del bloque de iluminación. 52
Figura 49. Circuito de comunicación RF del bloque maestro. 52
Figura 50 Diagrama de Flujo del Software del sistema de control. 54
Figura 51. Estrategia de control del dispositivo inteligente. 55
Figura 52.Código en Lenguaje/C++ desarrollado en la plataforma Keil. 56
Figura 53 Programación C/C++ en la plataforma Keil del Bloque de iluminación. 56
Figura 54. Estrategia de control del bloque de iluminación. 57
Figura 55 Programación en Lenguaje C/C++ de bloque de carga. 58
Figura 56 Diagrama de Flujo de la comunicación por radio frecuencia de los bloques del sistema de control. 58
Figura 57 Lógica de bloques de programación de aplicación Domolig. 59
Figura 58. Diagrama de Flujo de la estrategia de control de la interfaz de usuario. 59
Figura 59. Pruebas del Microcontrolador. 60
Figura 60 Resultado de la prueba según datos obtenidos. 61

Figura 61. Resultados de la tabla 6 _____ 63
Figura 62. Calidad de señal según distancia. _____ 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Altura de luminarias según el sitio. 21
Tabla 2: Dimensionamiento según el espacio 22
Tabla 3: Tabla con Factores de Reflexión. 22
Tabla 4: Comparativa del tiempo de Vida 26
Tabla 5 Prueba #1 Calidad de señal vs Distancia de comunicación infrarroja 61
Tabla 6 Prueba #1 Calidad de Señal vs Distancia. 62
Tabla 7 Prueba #3 Calidad de señal vs Distancia de comunicación Bluetooth 64
Tabla 8. Lista de Materiales del Prototipo 65

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se encuentra enfocado al análisis de los procesos en las actividades de control de carga e iluminación en el área de la domótica apoyados en sensores y actuadores de bajo costo que cumplan y mejoren los dispositivos inteligentes actuales en el mercado, orientado especialmente al desarrollo de dispositivos inteligentes de bajo costo que sea de fácil acceso para viviendas de clases sociales baja y media del Ecuador, esto se logró mediante el uso de sistemas embebidos en Microcontroladores para el control automático de la intensidad luminosa y del control de cargas; junto con la monitorización de las variables que influyen dentro del sistema y se visualiza en una aplicación Android. Las metodologías utilizadas fueron la bibliográfica y la experimental que permitieron analizar los fundamentos teóricos acerca de las técnicas de comunicación inalámbrica actuales. Como resultados, se diseñó y automatizo el proceso de control de la iluminación de una lámpara Led y el control de cargas en un tomacorriente, la generación de las variables de corriente, voltaje e intensidad luminosa, los cuales son visualizados y almacenados a través de una interfaz diseñada en App inventor, al cual llegan los datos de forma inalámbrica por medio de módulos NRF2401L y HC05. Todo este trabajo nos llevó deducir que el uso de Microcontroladores conlleva una gran versatilidad al momento de automatizar sistemas, pues resultan eficientes y económicos ya que los procesos en la domótica se prestan fácilmente a estos tipos de aplicaciones.

Palabras Clave: MICROCONTROLADORES; SISTEMAS DE CONTROL; CONTROL DE CARGAS; INTERFAZ DE USUARIO, APP INVENTOR, NRF2401L

ABSTRACT

The present research work is oriented towards the analysis, design and implementation of the processes in the domotics activities with low cost sensors and actuators, especially set to towards those that are affordable to middle class homes, it was achieved using embedded systems in microcontrollers for the automatic control of led lamps and outlets with the monitoring of variables that influence the system and this was visualized through a user interface at an android app. The methodologies used were bibliographical and experimental, that allowed to analyze the theoretical foundations about the current day load control and illumination techniques. As a result, the load control process and records generation of the variables of voltage, current and luminosity were designed and automated, these are visualized and stored through an interface designed in APP inventor, to which the data arrives wirelessly through Radio frequency NRF2401L and HC05 modules. All this work led us to deduce that the use of microcontrollers entails great versatility when automating systems, as they are efficient and economical since agricultural processes lend themselves easily to these types of applications.

Keywords: MICROCONTROLADORES; SISTEMAS DE CONTROL; LOAD CONTROL; USER INTERFACE, APP INVENTOR

INTRODUCCIÓN

El origen de la domótica se remonta a los años 70, luego de varias investigaciones se obtuvieron los primeros dispositivos de automatización de edificios basados en la exitosa tecnología X-10. En los próximos años la población internacional mostro un interés por la búsqueda de la casa ideal, empezando por diversos ensayos con avanzados electrodomésticos y dispositivos inteligentes para el hogar. Los primeros sistemas comerciales se limitaban a la regulación de la temperatura ambiente en los edificios de oficinas. Luego con el auge de las computadoras y por lo tanto de las comunicaciones, se ha logrado incorporar todos los automatismos destinados a edificios de oficinas a las viviendas de particulares, dando lugar a la vivienda domótica.

El uso de dispositivos inteligentes en las viviendas se intensificó con la globalización del internet y la creación de sistemas de control para el confort en las viviendas, pero todo esto era desarrollado con elementos industriales y de alto costo, lo cual originaba que los dispositivos inteligentes estuviesen al alcance de viviendas de clases sociales altas y a un precio elevado. El desarrollo de dispositivos inteligentes al inicio no tomo en consideración el hecho de desarrollar dispositivos destinados para viviendas de clase media y baja, puesto que era considerado un lujo de alta gama en sus principios, es por esta razón que se decide diseñar un prototipo apoyado en sensores y actuadores de bajo costo que brinde y mejore las funciones de los dispositivos actuales en el mercado.

La domótica es el área de la automatización que se especializa en el dominio y la supervisión de elementos que integran una edificación compuesta por oficinas o simplemente una vivienda. Es un grupo de varias tecnologías que se encuentra adaptada para ejercer el control y sistematización dentro de una vivienda, con el objetivo de proporcionar un eficiente uso de la energía, aportar seguridad y comodidad; estableciendo una comunicación entre el usuario y el sistema.

La ingeniería tiene su eje fundamental en la aplicación del conocimiento y tecnología con el objetivo de generar nuevas formas de producción. Una de sus tantas ramas, como lo es la ingeniera electrónica se encarga de llevar el control de procesos

industriales por medio de la automatización de sus sistemas, mejorando así la productividad y eficiencia. Se debe de buscar formas de implementar mejoras y mejorar procesos en los distintos campos de la industria, por lo que analizando el diseño de prototipos experimentales resultantes de la intensa búsqueda de romper esquemas de estratos sociales y económicos.

En este documento se detalla todo el proceso que se ejecutó para llevar a cabo la implementación del sistema de automatización del dispositivo inteligente para las facilidades del hogar, el cual permitirá mantener el control de cargas bajo el control del usuario sin la necesidad de tener que desconectar equipos en el sitio. Por otro lado, gracias al desarrollo de la interfaz de usuario, los supervisores podrán tener conocimiento de los valores de las variables que normalmente se encuentran afectando la vivienda y mediante esta supervisión se llegara a tener un mejor control sobre la potencia consumida dentro de la vivienda y también el control de la iluminación de la lámpara led apoyado en sensores y actuadores de bajo costo.

Se tiene presente que el trabajo de investigación incentive para estudios futuros, se sabe que es uno de los pocos trabajos enfocados en la automatización de desarrollo de dispositivos inteligentes para el control de cargas e iluminación apoyado con materiales de bajo costo en la ciudad de Guayaquil específicamente en la UCSG / Facultad Técnica para el Desarrollo, y sin más que agregar se invita a seguir con la lectura del presente trabajo de investigación, con los siguientes capítulos detallados a continuación.

CAPÍTULO I:
ASPECTOS GENERALES

En este primer capítulo se analizará los aspectos generales que permitieron seleccionar y orientar el presente trabajo de investigación. Se va a definir la problemática a tratar en conjunto con las debidas delimitaciones que se fijó en este trabajo, los objetivos que se persiguen en el trabajo y el diseño de la investigación, principalmente.

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad , el ser humano se desarrolla en un mundo industrializado que avanza cada día más y más ; que trae a disposición problemas de facilidades y de interacción con el entorno tecnológico que se presenta actualmente, lo que hace necesario plantearse y cuestionarse en como determinar la forma de implementar sistemas que permitan el crecimiento de la domótica en todas las clases sociales y económicas del Ecuador, en busca de soluciones a este problema, se comenzó a analizar el sistema de control en el área de domótica con sensores y actuadores de bajo costo.

El sistema de control en el área de domótica elaborado con elementos de bajo costo, toma en cuenta no solo la escasez de sistemas y artefactos accesibles para las diferentes clases sociales, sino que también tiene presente que la comunicación del sistema sea idónea y no presente intermitencia o latencia alguna; lo que presenta ciertos inconvenientes para ingenieros electrónicos, estudiantes, personas en general que analizan y desarrollan esta clase de sistemas.

En base a lo expuesto anteriormente, se presenta la razón del análisis del sistema de control de tomacorrientes y lámpara Led, con el fin de transferir tareas de producción, realizadas en su mayoría por seres humanos, a un conjunto de elementos tecnológicos (maquinas); con el empleo de este sistema se pretende dar una respuesta favorable y ayudar a las personas de cualquier clase social y económica , superando la brecha económica donde la automatización en el hogar solo sea un lujoso detalle del hogar para clases altas en el sector económico; por lo que se busca implementar un sistema que automatice el sistema de iluminación y control de carga, para que de esta

manera se pueda controlar eficientemente el consumo de energía eléctrica y proteger las líneas de tensión de la vivienda ,para lo cual se va a elaborar como prototipo, el desarrollo de una lámpara Led y un tomacorriente con comunicación inalámbrica controlada por microcontroladores.

Es así como en este acápite, el problema de investigación se identifica como: Los altos costos de dispositivos inteligentes domóticos actuales, los cuales no son accesibles a todos los usuarios de las diferentes clases económicas sociales del Ecuador, por lo que la investigación se procura orientar a solucionar esta problemática a través del apoyo en sensores y actuadores de bajo costo. En base al análisis desarrollado en el planteamiento del problema, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la eficacia de un dispositivo domótico inteligente inalámbrico desarrollado con componentes de bajo costo?

1.2. Justificación

La automatización ha tomado un importante lugar como herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado, así como también para facilitar el desarrollo de diversas tareas e incrementar la interacción de los individuos con los sistemas de control. El sistema de control que se analizara a través de un prototipo apoyado en sensores y actuadores de bajo costo cubre todas las características que brindan los actuales dispositivos inteligentes; este tipo de tecnología, la cual ha sido de baja aceptación a nivel nacional debido a sus altos costos dejara de ser destinada al olvido. El desarrollo del sistema automatizado que controle los diversos procesos en el hogar para facilitar el control de parámetros que involucran el manejo del aspecto económico de consumo energético en tomacorrientes y el control de iluminación integrados en un solo dispositivo inteligente y a un bajo costo para el ecuatoriano promedio apoyado en el uso de sensores y actuadores de bajo costo.

1.3. Delimitación

La electrónica y automatización como herramientas para efectuar una solución a los problemas de control de parámetros en el hogar tales como: energía, luminosidad, consumo, protección; será utilizada para crear un prototipo de lámpara con leds y un

tomacorriente “inteligente”, que a su vez serán controlados por una aplicación Android y un control infrarrojo. El sistema quedara comunicado de manera inalámbrica y recolectando datos en tiempo real de los parámetros. Los elementos que formaran parte del prototipo no deben ser de alto costo, teniendo en cuenta que el sistema debe estar al alcance de usuarios de poco poder adquisitivo.

1.4. Objetivos

Los objetivos que se establecieron para alcanzar el desarrollo total del trabajo de investigación se presentan a continuación:

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema de control basado en Microcontroladores que permita automatizar el proceso de control de luminosidad, cargas conectadas a tomacorrientes y la adquisición de datos de las diversas variables, a través del uso de sensores y actuadores de bajo costo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los requerimientos y las variables que forman parte del proceso de un sistema de control de iluminación y carga en el área de la domótica.
- Diseñar un prototipo de tarjeta de control basada en Microcontroladores, que permita la automatización, la adquisición de datos y la interfaz con el usuario en el sistema de control del hogar.
- Analizar el sistema de automatización para un control de luminosidad y cargas, a través de pruebas experimentales que permitan determinar el correcto funcionamiento del sistema de control y sus posibilidades de fallo.

1.5. Hipótesis.

Mediante la automatización se espera realizar el sistema de control de la intensidad de la lámpara Led y la supervisión de cargas conectadas a un tomacorriente para que el usuario controle de forma adecuada los aspectos de su hogar, esto será posible con la programación adecuada en el microcontrolador que activara la lámpara y el sistema del tomacorriente. Adicionalmente con la adaptación de varios sensores (corriente, voltaje, radio frecuencia, bluetooth, infrarrojo y luminosidad) se podrán recolectar los datos de las variables que son manejadas dentro del hogar y mediante

una interfaz se lograra recopilar toda la información a forma de crear un proceso más eficiente. En este trabajo de investigación se plantea que:

"Un dispositivo domótico inteligente inalámbrico desarrollado utilizando componentes de bajo costo, ofrece una alta eficacia en el cumplimiento de sus funciones"

1.6. Tipo de Investigación y Metodología de Investigación.

La aplicación de sistemas de control en el área domótica es un tema que está tomando mayor relevancia en los últimos tiempos, debido a la automatización de los diferentes procesos que se realizan en este tipo de entorno es algo poco tratado en los trabajos de titulación, por esta razón se realizara una investigación de tipo correlacional con un enfoque cuantitativo, lo que implicará una medición numérica y análisis de los datos , que aportarán con los ajustes y pruebas de funcionamiento del presente trabajo.

En otro ámbito, para poder conseguir los fundamentos teóricos y comprender el funcionamiento de los dispositivos que se usan en el sistema automatizado, res. Los métodos seleccionados responden a las diferentes tareas a ser desarrolladas en el desarrollo del trabajo, donde se requiere una búsqueda intensa de material bibliográfico y el requerimiento de desarrollar experimentos que permitan determinar si el sistema cumple con las características y funciones previstas. Considerando la metodología analizada en el párrafo anterior se ha propuesto el siguiente proceso que servirá como guía general para el desarrollo del trabajo de titulación:

- Diagnóstico del problema en el cual se enfocará la investigación y búsqueda de las posibles alternativas para generar una solución.
- Investigación de información relacionada al tema del proyecto, tanto en enciclopedias, libros, revistas científicas, artículos web.
- Determinar las funciones y características de las variables a controlar dentro de los procesos que tienen los sistemas en el área de domótica.
- Establecer el proceso de automatización a través de diagramas de flujo
- Selección y evaluación de los sensores y actuadores que serán parte del sistema automatizado.
- Diseño de la tarjeta electrónica y del sistema de control que permitirá la elaboración del sistema automatizado.

- Desarrollo de la programación para el microcontrolador.
- Pruebas técnicas del sistema diseñado.
- Implementación del sistema en el entorno del hogar.
- Pruebas de funcionamiento del sistema implementado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del Arte

Los sistemas de control inteligentes en el área de la domótica se mantienen en un constante avance, pero aún no logran cumplir los costos para un sector de bajo recursos por lo cual se buscará desarrollar un sistema basado en micro controladores para el control inteligente de toma corrientes e iluminación de una vivienda, apoyado en sensores y actuadores de bajo costo. En los siguientes párrafos, se describirán de forma resumida y clara los documentos encontrados con literatura científica actualizada que aportarán a el análisis de un sistema basado en micro controladores de 32 bits para el control inteligente en la domótica de una vivienda, como lo son la iluminación; control de cargas.

Según (Sánchez, 2012) en la Universidad Politécnica de Valencia, España, se elaboró un sistema domótico a través del uso de hardware libre de Arduino para crear un sistema estable de bajo precio que se adapta a las viviendas de la población regular. "El sistema a desarrollar ha sido ejecutado como una solución económica a sistemas domóticos de gama alta y dirigidos a una clase alta de la población. El presente sistema a través del hardware libre de la plataforma Arduino y elementos adaptables de bajo presupuesto se elabora un sistema domótico simple. El sistema se fortalecerá en la lógica necesaria para que puedan comunicarse las placas que estarán controlando el sistema en cada nodo de este. La arquitectura de comunicación empleada en el sistema domótico simple es un ejemplo excelente de cómo manejar la interacción de estos elementos sin consecuencias negativas. Se pudo demostrar que es posible la instalación de un sistema domótico basándose en la plataforma Arduino, disminuyendo el precio habitual de un sistema domótico.

En el Instituto Politécnico Nacional / Escuela Superior de ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Departamento de Ingeniería Eléctrica; México, manifiestan (Chargoy & Reyes, 2014) el tema de tesis Propuesta de implementación de luminarias tipo led y paneles fotovoltaicos en casa habitación; debido al común problema de consumo de energía eléctrica y de buscar una forma de generar y obtener energía renovable que cause poco o nulo impacto ambiental , se originó una propuesta de cómo se debería implementar un sistema como alternativa a la posible solución al

costo del consumo de energía eléctrica, también como una forma de reducir el impacto ecológico de las energías que posee el propio inmueble . Basándose en el estudio técnico y económico, apoyados en la teoría se observó que es eficiente y más que productivo realizar la implementación de este tipo de sistema. A través del uso de la energía renovable del sol y de las ventajas de los leds en cuanto al ahorro respecto a la iluminación. Según el estudio económico y técnico se ratificó las ventajas de utilizar la energía fotovoltaica y el uso de leds en la iluminación. Se concluyó que el uso de luminarias Led en una habitación es favorable al ahorro de energía eléctrica y mejor aún si se las combina con un sistema solar fotovoltaico.

En el artículo de carácter científico de la Revista Ingeniería y Región, se destaca un proyecto efectuado por (Mosquera & Méndez, 2016) el cual revela los detalles de la Implementación de un prototipo de sistema domótico ahorrador de energía controlado desde aplicación móvil Android. El objetivo del proyecto se centró en crear un prototipo de sistema domótico ahorrador de energía eléctrica, a través del control automático de tipo on/off, el cual permite que se activen o desactiven los elementos ahorradores de energía que están conectados al sistema de desarrollo micro controlado. Cabe destacar que la comunicación del proyecto fue realizada con el protocolo inalámbrico Bluetooth. La aplicación fue realizada en el entorno de Eclipse ADT. Entre lo más destacable del proyecto es la selección de dispositivos y diseño electrónico basados en elementos de bajo costo para efectuar el proyecto. Se llegó a la conclusión de que el proyecto se puede mejorar utilizando otros protocolos de transmisión inalámbrica debido a su corto alcance.

Dentro de la publicación de un artículo científico de miembros de IEEE (Sala, Caporal, Huerta, Rivas, & Magdaleno, 2016) La problemática a tratar se basó en la deficiente atención que se ha brindado al consumo de energía eléctrica de cada dispositivo a nivel residencial , en modo pasivo y activo ,se realizó el análisis y estudio para desarrollar un Smart Switch, con la finalidad de realizar el on/off de forma remota de cualquier aparato eléctrico conectado en una vivienda para así solventar la ausencia de un control de cargas eléctricas . El control se puede realizar a través de internet. Basándose en el auge de la automatización en el hogar, se busca una oportunidad en el sector, ofertando un sistema de bajo costo; pero que brinde todos los beneficios y hasta un plus en cuanto a los de alta gama, que se encuentran en el

mercado. Se obtuvo un contactor inteligente controlado vía internet, así se pudo cubrir la necesidad de ahorro energético y de seguridad a los usuarios; actualmente está en prototipo y se está desarrollando la etapa comercial.

Se expone un proyecto de fin de carrera en la Universidad Politécnica de Cartagena realizado por (Hernández , 2012) , Tecnología domótica para el control de una vivienda tiene como objetivo demostrar las ventajas y cualidades , también demostrar todos los tipos de tecnologías que existen en el mercado para automatizar viviendas . Conociendo que la vivienda inteligente es el resultado de la integración de sistemas y equipos que permiten cumplir necesidades a sus habitantes, las cuales son cubiertas por el desarrollo de tecnologías domóticas amigables al ser humano. Tras el análisis de las tecnologías existentes que se aplican a la vivienda y los elementos que ofrecen, se obtuvo una excelente base para lograr una tecnología domótica para el control de una vivienda. El proyecto se centró en KNX gracias a su compatibilidad entre fabricantes y su entorno de programación. Se obtuvo como conclusión que existen varias tecnologías para realizar avances en la domótica, por lo que hay que elegir el más adecuado según la problemática planteada.

Según (Hidalgo, 2011), se expone el Diseño del sistema de iluminación automatizado para una oficina en un edificio inteligente, basado en tecnología inalámbrica ZigBee. Se realizó el análisis a fondo de las condiciones de las oficinas dentro de la industria en la ciudad de Lima, donde se obtuvo como resultado que solo las nuevas construcciones tienen cierto grado de automatización y está orientado al control de la temperatura. Para atacar el problema de la incipiente automatización en este sector, se realizará el control de iluminación de las oficinas. El método por usar es a través de la realización de un prototipo de sistema que usa la tecnología inalámbrica ZigBee, que satisface el rango de alcance para con la recepción y transmisión de datos, el uso de micro controladores y elementos que abaratan costos. Las pruebas que se realizaron se basaron en la distancia de cobertura de la comunicación, las cuales fueron un éxito. Se concluyó que el proyecto es un éxito, pero que su presupuesto es algo elevado debido al precio de los balastros.

En el trabajo de fin de estudios de la Universidad de La Rioja, se desarrolló un proyecto gracias al constante esfuerzo teórico y práctico de (Fernández &Gómez,

2012) con el objetivo de realizar una instalación eléctrica combinada con un sistema de control aplicado a la domótica. Apoyándose en la crisis inmobiliaria que atraviesa España, dentro del sector, se busca como desarrollar detalles que hagan la diferencia. El proyecto toma fuerza para encontrar como eludir la crisis inmobiliaria de cada país, brindando un sistema domótico que atraiga la atención. Se realiza el estudio de cargas del sector inmobiliario y se adecua el sistema domótico lo más eficiente posible según los estándares eléctricos. Se toma en cuenta cada detalle dentro de la instalación eléctrica desde la seguridad hasta el dimensionado de cada cable, para así combinar de manera eficiente la instalación eléctrica con la domótica. Se logró instalar todo tipo de elementos necesarios en el sector inmobiliario que van a estar dominados por un controlador LOGO, el cual va a controlar cada nodo de control domótico. Como conclusión se obtuvo que las instalaciones eléctricas apoyadas en un sistema mixto fuera una buena elección para cumplir con una correcta automatización dentro de una vivienda unifamiliar.

En la Universidad Politécnica de Cartagena, Colombia; se desarrolló un proyecto expuesto por (Colmena , 2017). Donde se busca diseñar e implementar un sistema de control de iluminación basado en dispositivos móviles inteligentes y módulos empotrados ambos de bajo coste como objetivo principal. Con las antiguas limitaciones de los sistemas GPS y demás componentes de los dispositivos móviles; se veía algo distante la creación de un sistema de control de bajo coste a través de dispositivos móviles. Pero basados en la tecnología iBeacon, se brindó mayor comodidad en el ámbito de la automatización de sistemas, además del ahorro de recursos. La obtención de un diseño eficiente de un sistema automático de iluminación dentro de espacios reducidos a bajo coste es el objetivo del proyecto. Tras realizar el estudio para escoger lo dispositivos empotrados y la programación más eficiente, se tuvo en cuenta varios factores; así se seleccionó a Raspberry Pi para desarrollar el bróker MQTT y para las comunicaciones entre dispositivos, los módulos ESP8266. Con este estudio se comprobó la utilidad de los sistemas inteligentes y su creciente evolución como muestra del verdadero potencial.

En la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, se expone un trabajo de titulación a través de (Meneses & Pesantez, 2017) con el fin de desarrollar el diseño un asistente virtual inteligente para control y monitoreo de una casa

inteligente, dicho asistente efectuará un control domótico a través de aplicaciones, reconocimientos e interfaces basadas en HMI. Tomando en cuenta que la mayoría de los sistemas de control domótico son enfocados para un sector de clase alta, por ende, sus costos son muy elevados y poco accesibles para los demás sectores económicos. Las comunicaciones están basadas en UDP. Sera una implementación de IOT en un hogar con un tipo de comunicación de forma inalámbrica y topología bus. Se pudo crear un asistente virtual con un tiempo máximo de respuesta de medio segundo, siendo un tiempo eficiente para la fluidez en la comunicación con el usuario. Se concluyó que el desarrollo de sistemas inteligentes, asistentes virtuales de bajo costo es idóneo y generan el próspero avance en la domótica.

En La Pontificia Universidad Católica de Perú, se realizó una tesis conforme (Velarde & Guerra, 2014) que oriento su estudio en el diseño e implementación de un sistema domótico cuya comunicación se realiza a través del cableado de suministro de energía eléctrica de cada equipo del sistema, para reducir costes de instalación de equipos de domótica en viviendas de construcción simple. En Perú se tiene como problema a tratar la falta de información sobre los beneficios y elevados de adquisición e instalación de un sistema domótico. Se da una propuesta de solución para abaratar costos de adquisición e instalación de sistemas domóticos en Perú y además de presentar múltiples tecnologías vigentes en el mercado de la domótica en la actualidad. Se demostró la posibilidad de realizar una comunicación a una frecuencia de 120 HZ, utilizando el cableado de suministro de energía eléctrica como medio, según la verificación de la correcta interacción de los diferentes elementos implementados; se confirma que el uso de esta comunicación permite eliminar la necesidad de modificación del hogar y reducir costos de instalación.

2.2. MICROCONTROLADORES.

El microcontrolador es el resultado del constante avance tecnológico en el campo de la electrónica, gracias a este dispositivo se puede realizar un sinfín de aplicaciones; ahorrando espacio y elementos, debido a que el microcontrolador posee todo lo necesario en su interior. Aprovechando esta tecnología se desarrollan diversas aplicaciones, dispositivos en el campo de la electrónica.

2.2.1.- Características importantes del microcontrolador

Según (Cabezas, 2012) , los Microcontroladores son la ventana de la electrónica libre para el desarrollo de prototipos basados en software y hardware, donde se tiene a disposiciones diversas características sobresalientes, las cuales son:

- Estos buscan disminuir el coste económico y el consumo de energía en los sistemas.
- Memoria y periféricos de alto rendimiento el hardware ya viene integrado en un solo chip, para usar un microcontrolador se debe especificar su funcionamiento por software.
- Mejoran la velocidad y flexibilidad para facilitar su uso en diferentes aplicaciones.
- Su composición está dada por varios bloques funcionales.
- Ocupan poco espacio físico.

Un micro controlador dispone normalmente de los siguientes componentes, como se observa en la Figura 1:

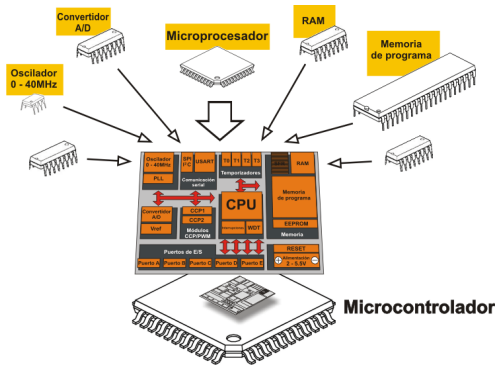


Figura 1: Componentes del Microcontrolador
Fuente: *(MikroElektronika, 2017)*

La función de cada componente es la siguiente:

- CPU: Es la unidad central de proceso del microcontrolador.
- Memoria ROM: Es aquella memoria de almacenamiento que permite solo la lectura de la información.
- Memoria RAM: Es la memoria donde se almacenan los datos y programas a los que se necesita acceso rápido.
- Líneas de entrada y salida: Es el acceso hacia el microcontrolador para con sus periféricos.
- Convertidor A/D: Es el encargado de relacionar las señales que el microcontrolador recibe o envía.

- Oscilador: Es el encargado de generar las distintas señales que ejecuta el programa del microcontrolador.

El funcionamiento de un microcontrolador es como se describe a continuación:

La integridad del hardware se haya integrado en un solo chip, el microcontrolador se debe programar su funcionamiento a través de instrucciones desarrolladas en software, líneas de código que indiquen las órdenes y comandos que el microcontrolador debe ejecutar. En el interior de una memoria se guardan los programas y la CPU que se encarga de procesar las instrucciones del programa. Los lenguajes de programación más usados para este objetivo son ensamblador y C, pero antes de grabar un programa al microcontrolador hay que compilarlo a hexadecimal que es el formato con el que se identifica el mismo.

2.2.2. Arquitectura de Microcontroladores

La arquitectura de microcontroladores es aquel que define la estructura del funcionamiento, sus arquitecturas principales usadas en la fabricación de microcontroladores van a ser tratados en los siguientes párrafos.

2.2.2.1 La arquitectura tradicional, Arquitectura Von Neumann:

La arquitectura tradicional (fig. 2) se exhibe en el esquema expuesto por Von Neumann, en el cual la CPU, está vinculada a una memoria única que posee instrucciones del programa. El tamaño de la central de los datos donde se alojan, las instrucciones están fijadas por el ancho del bus de la memoria. Los principales límites de esta arquitectura tradicional son:

- La longitud de las instrucciones está limitada por la unidad de longitud de los datos, por lo tanto, el microprocesador debe hacer varios accesos a memoria para buscar instrucciones complejas.
- La velocidad de operación (o ancho de banda de operación) está limitada por el efecto de cuello de botella que significa un bus único para datos e instrucciones que impide superponer ambos tiempos de acceso.

La arquitectura Von Neumann permite el diseño de programas con código automodificable, práctica bastante usada en las antiguas computadoras que solo tenían acumulador y pocos modos de direccionamiento, pero innecesaria, en las computadoras modernas. (Molina J. , 2014)

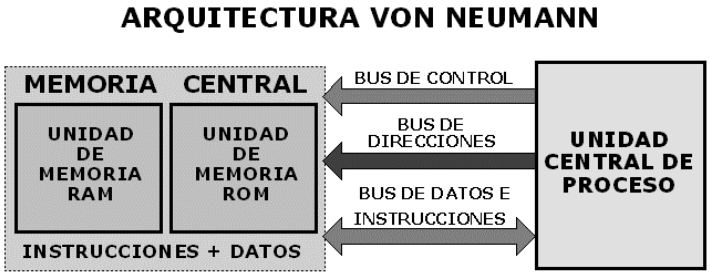


Figura 2: Descripción gráfica de Arquitectura Von Neumann
Fuente: Elaborado por *(Franco, 2012)*

2.2.2.2 La arquitectura Harvard

Según (Aguayo, 2004),Esta arquitectura tiene de dos memorias independientes, la que contiene solo instrucciones y otra que corresponde a datos. Las dos disponen de sus sistemas de buses de ingreso y es posible realizar operaciones de acceso simultáneamente en ambas memorias como se evidencia en la figura 3.

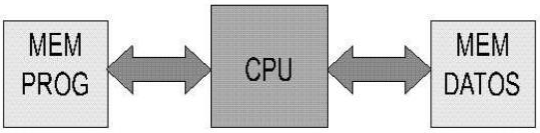


Figura 3: Control de Datos de Arquitectura Harvard.
Fuente : (Aguayo, 2004)

2.2.2.3 Arquitectura Harvard extendida o sharc (Super Harvard Architecture)

Según (Trujillo, 2012), En esta arquitectura se incluye una memoria de caché como se observa en la Fig. 4, la cual es utilizada para almacenar instrucciones y datos que serán reutilizados por la CPU, liberando as los dos buses de la arquitectura Harvard y accediendo a poder utilizar en la búsqueda y almacenamiento de datos, mientras se ejecutan las instrucciones en cache.

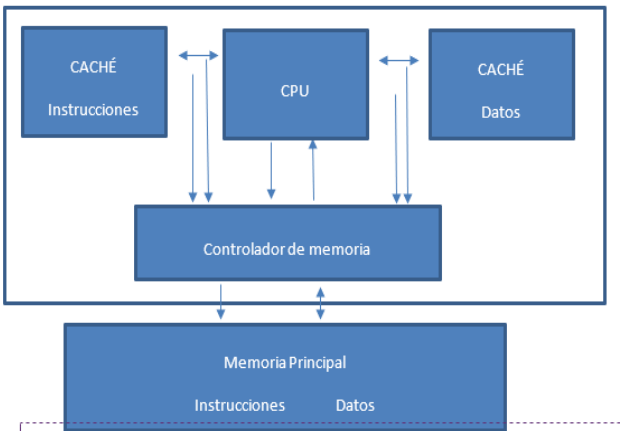


Figura 4 Descripción de tratamiento de datos de la Arquitectura SHARC.
Fuente: Elaboración del autor.

2.2.3 Microcontroladores de 32 bits

Los Microcontroladores de 32 bits nacen debido a la necesidad de productos y aplicaciones industriales de mayor complejidad. El requerimiento de rendimiento y escalabilidad han hecho que esta arquitectura de 32 bits sea casi obligatoria dentro de los sistemas industriales. Los Microcontroladores de 32 bits ocupan un lugar en puntos clave, tales como el procesamiento, direccionamiento de un alto volumen de memoria, recursos para controlar entradas y salidas, comunicaciones, etc. Los microcontroladores llegaron para descontinuar a los Microcontroladores de 8 bits, pero estos se mantienen, puesto que son una buena opción para pequeñas y medianas aplicaciones, con el beneficio de ser económicos y prácticos.(Furber, 2000)

2.2.4 Aplicaciones de Microcontroladores

A través de la interpretación del documento de (Canto, 2010) .Las aplicaciones de los Microcontroladores son tan variadas y no tiene limitación de áreas, debido a esto se han desarrollado de manera exponencial. Aunque su popularidad dentro de las aplicaciones está en el área industrial, comercial, medicina; entre otros.

Las aplicaciones de conocimiento masivo y de popularidad de los Microcontroladores radican en los dispositivos electrónicos de uso general, aquellos que son culpables de la incesante demanda de desarrollo de tecnología; permitiendo así que los Microcontroladores mejoren y se impongan en la electrónica.

Los ejemplos más representativos de aplicaciones de Microcontroladores son:

- Dentro de la industria del automóvil: Alarmas, control de motor, regulador, etc.
- Industria de los electrodomésticos
- En el sector de informática: controlador de periféricos, módems, etc.
- Industria de imagen y sonido
- Domótica e Inmotica
- Industria Alimenticia
- Equipos de instrumentación
- Robótica

2.3 ILUMINACIÓN EN ESPACIOS INTERIORES

La iluminación en espacios interiores es un punto clave en un sistema domótico, debido a su gran importancia en los aportes a las aplicaciones del sistema de control

inteligente. En base a esto se debe conocer sus conceptos y especificaciones para definir y formar un sistema de iluminación inteligente en el campo de la domótica.

2.3.1. DEFINICIONES DE ILUMINACIÓN

2.3.1.1 Flujo luminoso

Así como lo define el documento de (ITLA, 2017), Es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista.

1 watt-luz a 555 nm = 683 lm

El símbolo del flujo luminoso es φ y su unidad es el lumen (lm).

2.3.1.2 Intensidad Luminosa

Según (ITLA, 2017), Es el flujo luminoso F emitido por unidad de Angulo solido Ω, así como se observa en la figura 5. En la ecuación 1 tenemos las variables I: Intensidad luminosa, F: flujo luminoso y Ω: Ohmios.

$$I = \frac{F}{\Omega} \qquad \textbf{(1)}$$

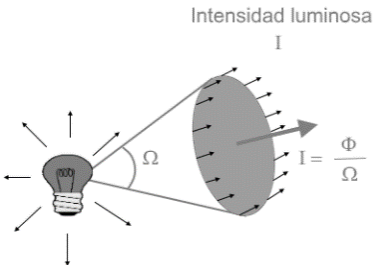


Figura 5 Representación gráfica de la intensidad luminosa.
Fuente: *(Lux, 2017)*

Su símbolo es la I y su unidad es la Candela (cd).

2.3.1.3 Iluminación

Según (ITLA, 2017), La iluminación de una superficie A se define como el flujo luminoso F por unidad de área. En la ecuación 2 tenemos las variables E: iluminación, F: flujo luminoso y A: área.

$$E = \frac{F}{A} \qquad \textbf{(2)}$$

Estas definiciones son el pilar básico en el estudio, diseño e implementación de iluminación en interiores; se obtuvo los conceptos del documento de (ITLA, 2017).

2.3.1.4 Luminancia

Según (García, 2014), La luminancia es el flujo luminoso recibido por una superficie, su símbolo es ´´E´´ y su unidad es el ´´Lux´´:
Su ecuación característica es:

$$E = \frac{\emptyset}{S} \qquad \textbf{(3)}$$

2.3.1.5 Rendimiento o Eficiencia Luminosa

Según (García, 2014), Es el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas, así como refleja la relación Watt / Lúmenes en la fig.6:

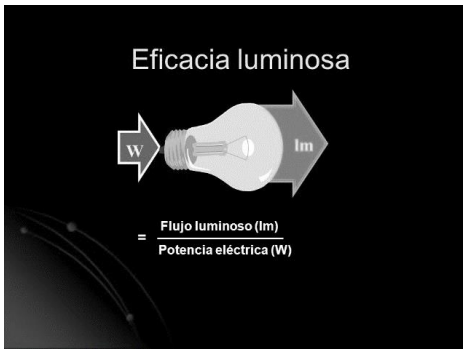


Figura 6 Relación de unidades de Eficiencia Luminosa
Fuente: Elaboración del autor.

Su símbolo es n y su unidad está dada por lm/W, donde el rendimiento es igual al flujo luminoso sobre la potencia consumida.
Su ecuación característica (fig. 6) es:

$$n = \frac{\varphi}{W} \qquad \textbf{(4)}$$

En la ecuación 4 tenemos las variables φ: flujo, W: watts

2.3.1.6 Deslumbramiento

A través de la definición de (Salazar, 2016), El deslumbramiento es una sensación molesta que se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de su entorno (fig.7). Es lo que ocurre cuando miramos directamente una bombilla o cuando vemos el reflejo del sol en el agua.

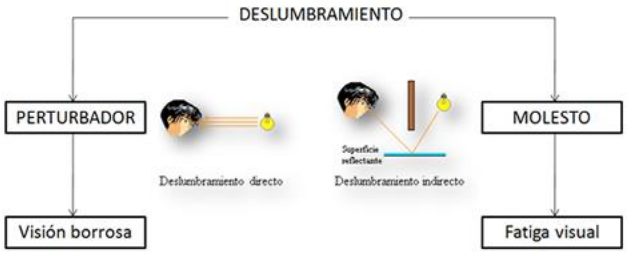


Figura 7 Efectos del deslumbramiento.
Fuente: *(Salazar, 2016)*

2.3.1.7 Lámparas y Luminarias

La definición del sitio web de (Palermo, 2016), Las lámparas utilizadas en iluminación de interiores integran casi toda la tipología existente en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, Led, etc.). Las lámparas que se seleccionan, por lo tanto, serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) mejor se adecuen a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación etc.).

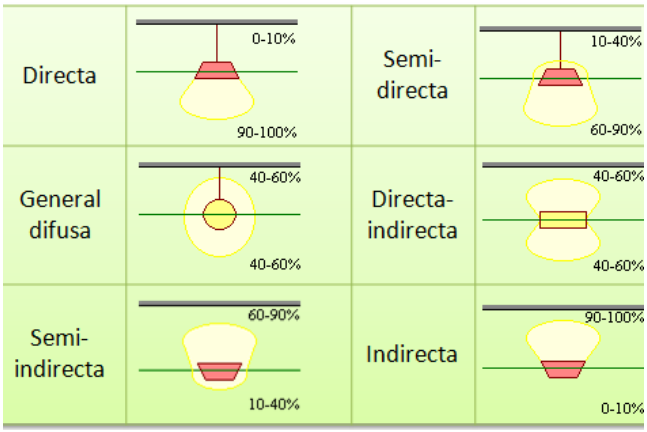


Figura 8 Difusión de lúmenes en lámparas y alumbrado.
Fuente: *(Palermo, 2016)*

La elección de las luminarias está condicionada por la lámpara utilizada y el entorno en la que va a realizar su trabajo. Hay muchos tipos de luminarias y sería difícil hacer una clasificación exhaustiva. La forma y tipo de las luminarias oscilará entre las

más funcionales donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente como pasa en el alumbrado industrial a las más formales donde lo que prima es la función decorativa como ocurre en el alumbrado doméstico. Aquí te mostramos una clasificación de las luminarias según sus características ópticas(fig.8):

2.3.1.8 Temperatura del color

Destacando la información del documento web de (Palermo, 2016), La temperatura del color es un término empleado que se refiere a la expresión de la distribución espectral de la energía de una fuente luminosa, es así como se expresa la calidad de color. Se expresa en grados Kelvin, que se obtienen sumando 273 a los grados centígrados(fig.9). La luz de la extrema roja del espectro se dice que lleva una temperatura de color baja, que va incrementando conforme se pasa hacia la región azul del mismo Esta temperatura de color no guarda, ninguna relación con la temperatura real ni con la consideración cultural del rojo como color cálido y el azul como frio.

Figura 9 Temperatura del Color en grados K.
Fuente: *(MATMATA, 2016)*

2.3.1.9 Cálculo de lúmenes para un espacio

Una excelente iluminación puede llegar a conseguir que los lugares en los que habitamos y desenvolvemos se conviertan en algo más que un simple lugar de trabajo u ocio. Gracias a un excelente diseño lumínico se pueden crear ambientes más que agradables, sin olvidar que las instalaciones lumínicas sean energéticamente sostenibles.

i) Método de los lúmenes

Según (Colmena Mateos, 2017).El objetivo de este método es calcular el valor medio en relación de la iluminancia en un sitio iluminado como se observa en la figura

11, con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores, cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos. El proceso que se debe seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques en la Figura 10, donde se observa la entrada de datos hasta su final de proceso:

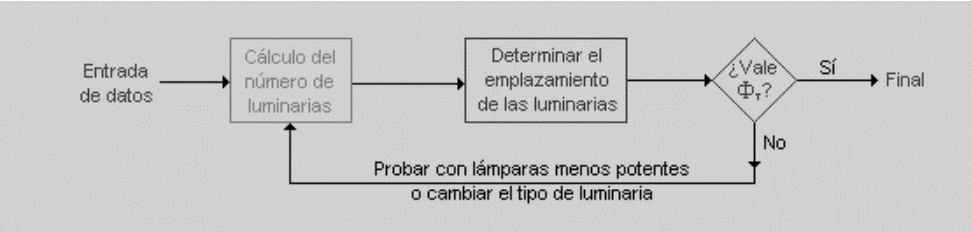
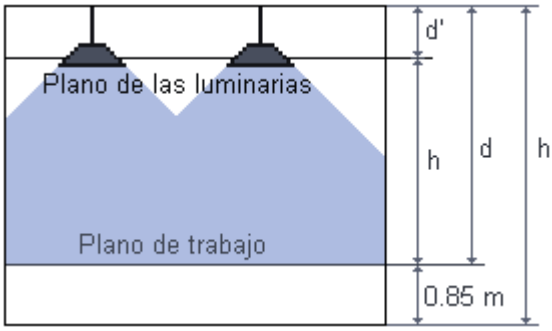


Figura 10 Diagrama de Bloques del método de lúmenes.
Fuente: *(García, 2014)*



h: altura entre el plano y las luminarias h': altura del sitio d: altura del plano al techo d': altura entre el plano y las luminarias

Figura 11 Plano de Luminarias
Fuente: (García, 2014)

En la siguiente tabla 1 se detalla las ecuaciones necesarias para determinar la altura de las luminarias en función del sitio según su iluminación.

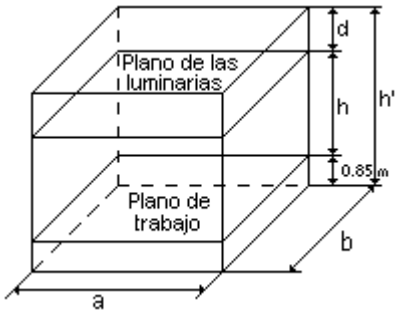
Tabla 1: Altura de luminarias según el sitio.

	Altura de las luminarias
Sitios de altura normal	Lo más altas posibles
Sitios con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Sitios con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$ $h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

Fuente: Elaboración propia.

Calcular el índice del local (k) a partir de la geometría de este. En el caso del método europeo se lo obtiene así (Tabla 2):

Tabla 2: Dimensionamiento según el espacio

	**Sistema de iluminación**	**Índice del local**
	Iluminación directa, semi directa, directa-indirecta y general difuso	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	Iluminación indirecta y semi indirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Fuente: Elaboración propia.

Como vemos en la tabla 2 k es un número entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

Obtener los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente determinados en tablas para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la siguiente tabla 3. Para efectuar el cálculo de lúmenes se debe tomar en cuenta los factores de reflexión, como observamos en la Tabla 3.

Tabla 3: Tabla con Factores de Reflexión.

	Color	**Factor de reflexión (ρ)**
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	oscuro	0.1

Fuente:(«Cálculos en iluminación de interiores», s. f.)

Determinar el factor de utilización (η, CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran en tablas y los brindan los fabricantes, así como se observa en la figura 13. En las tablas encontramos para cada sistema de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local (fig. 12).

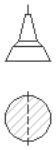
Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.59	.56	.52	= η	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Figura 12 Tabla del factor de utilización.
Autor:(«Cálculos en iluminación de interiores», s. f.)

ii) Cálculos del método de lúmenes

Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplica la fórmula

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} \qquad \textbf{(5)}$$

Dónde:

- Φ_T es el flujo luminoso total
- E es la iluminancia media deseada
- S es la superficie del plano de trabajo
- ηes el factor de utilización
- fm es el factor de mantenimiento

- Cálculo del número de luminarias.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

Redondeado por exceso

Dónde:

- N es el número de luminarias
- Φ_T es el flujo luminoso total
- Φ_L es el flujo luminoso de una lámpara
- n es el número de lámparas por luminaria

2.3.10 Método del punto por punto

Según (Cabanes, Giménez, Antón, & Villa, 2011),Si queremos obtener cual es la distribución de la iluminación en instalaciones de alumbrado general localizado o individual donde la luz no se sitúa uniformemente o cómo es exactamente la distribución en el alumbrado general. En estos casos utilizaremos el método del punto por punto que nos permite identificar los valores de la iluminancia en puntos concretos (fig. 13).

La iluminancia en un punto es la sumatoria de la luz proveniente de dos fuentes: una componente directa, producida por la luz que llega al plano directamente de las luminarias, y otra indirecta o reflejada procedente de la reflexión de la luz de las luminarias en el techo, paredes y demás superficies del local, Para mejor comprensión ver Fig.14.

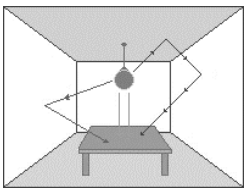
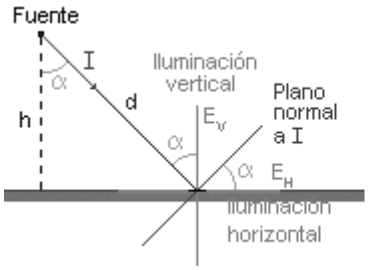


Figura 13: Distribución de la luz en un punto.
Fuente: *(García, 2014)*

En la figura anterior podemos identificar que sólo unos pocos rayos de luz serán perpendiculares al plano de trabajo mientras que el resto serán oblicuos. Esto nos indica que, de la luz incidente sobre un punto, sólo una porción servirá para iluminar el plano del sitio y el resto iluminará el plano vertical a la dirección incidente en dicho punto.



$$E_H = \frac{I \cdot \cos\alpha}{d^2}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \sin\alpha}{d^2} = E_H \cdot \tan\alpha$$

Figura 14 Cálculos según la distribución de luz en el sitio.
Autor:(«Cálculos en iluminación de interiores», s. f.)

La iluminancia horizontal en un punto se calcula como la suma de la componente de la iluminación directa más la de la iluminación indirecta. Por lo tanto:

$$E = E_{directa} + E_{indirecta} \quad \textbf{(6)}$$

2.3.10.1 Componente directa en un punto

Fuentes de luz puntuales. Podemos considerar fuentes de luz puntuales las lámparas incandescentes y de descarga que no sean los tubos fluorescentes. En este caso las componentes de la iluminancia se calculan usando las fórmulas(fig.15).

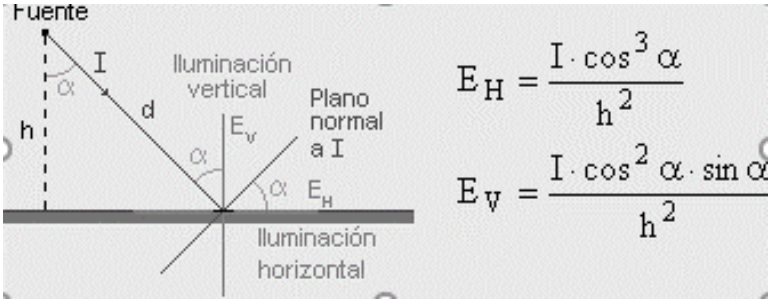


Figura 15 Cálculo en un sitio por el método del punto.
Fuente:(«Cálculos en iluminación de interiores», s. f., p. 4)

Donde I es la intensidad luminosa de la lámpara en la dirección del punto que puede obtenerse de los diagramas polares de la luminaria o de la matriz de intensidades y h la altura del plano de trabajo a la lámpara. En general, si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas:

$$E_H = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2} \quad \textbf{(7)}$$

$$E_V = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i \cdot \cos^2 \alpha_i \cdot \sin \alpha_i}{h_i^2}$$

2.4. TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN LED

Las tecnologías de iluminación LED hoy en día se han vuelto muy populares al punto de desplazar otras tecnologías de iluminación, debido a sus grandes ventajas en varios aspectos claves para un sistema domótico. Es así como se incursiona en los aspectos claves de esta tecnología, para así usarla y desarrollar un sistema domótico en base a esta tecnología(fig.16).

Figura 16: Control de iluminación.
Fuente: *(Leroy Merlin, 2017)*

2.4.1 LED

Es un diodo emisor de luz compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una o más longitudes de onda cuando es polarizado correctamente. Actualmente, se sabe que la tecnología es la forma más eficiente en cuanto a iluminación. Lo cual da un claro resultado que alrededor del 80% de la energía eléctrica se convierte en luz. Consumiendo muy poca potencia, sin emitir demasiado calor; lo que evita el daño de los elementos de un espacio y reducen la carga térmica como se evidencia en la Tabla 4.

Tabla 4: Comparativa del tiempo de Vida

Abreviatura	Porta Lámparas	Horas de Vida	Vs LED
LED		50000	1
QR-LP 111	G53	3000	17
QR CBC 51	GU 5,3	4000	13
QT 12 AX	GU 6,35	4000	13
QT DE 12	R7S	2000	25
TC DEL	G24Q1	10000	5
INCANDESCENTE	E27	1000	50

Fuente: Elaboración propia

2.5. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA EN SISTEMAS DOMÓTICOS

Las comunicaciones de forma inalámbrica en sistemas domóticos permiten la administración de diferentes aspectos del hogar, eliminando el gasto del cableado y ahorrando espacio. Cada elemento del sistema posee en su diseño tecnología de avanzada para conectarse con los demás elementos de forma inalámbrica a través de

un protocolo creando una red y controlando todos los equipos que se encuentran en el sistema. El sistema busca innovar y mantener bajos costos a la vez, puesto que se puede implementar en hogares con conexiones y arreglos eléctricos tradicionales sin necesidad de reestructurar sus cableados y su disposición en el entorno.

En la actualidad, existen multitud de tecnologías de transmisión inalámbrica de datos, como por ejemplo Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, 2G/3G/4G, entre otros. A estos sistemas más a la vanguardia, hay que añadir nuevas redes emergentes como Thread, una alternativa en el campo de la domótica, o tecnologías que utilizan la "banda blanca" liberada por la televisión digital terrestre para implementar soluciones de acceso IoT en áreas extensas. Dependiendo de la aplicación, los factores como el alcance, velocidad de transferencia, seguridad, potencia y autonomía dictarán cuál es la mejor forma de comunicación alternativa a la hora de elegir una red inalámbrica u otra. Estas son algunas de las principales tecnologías de comunicación que pueden elegir los desarrolladores:

2.5.1 ZigBee

Según (Azpiroz de Pedro, 2010),ZigBee es una tecnología inalámbrica usada en aplicaciones domóticas e industriales. Los perfiles ZigBee PRO y ZigBee Remote Control (RF4CE) se basan en el protocolo IEEE 802.15.4, esta tecnología de red inalámbrica opera a 2,4GHz en aplicaciones que necesitan comunicaciones con baja tasa de envío de datos dentro de áreas delimitadas con un alcance de 100 metros.

ZigBee/RF4CE tiene algunas ventajas significativas como el bajo consumo en sistemas complejos, seguridad superior, robustez, alta escalabilidad y capacidad para soportar un gran número de nodos tal como lo muestra la Fig.18. Así, es una tecnología bien posicionada para marcar el camino del control Wireless y las redes de sensores en aplicaciones IoT y M2M.La última versión de ZigBee es la 3.0, ha sido lanzada reciente y básicamente es la consolidación de ZigBee en un único standard, ver Fig.17.

- Estándar: ZigBee 3.0 basado en IEEE 802.15.4
- Frecuencia: 2.4GHz
- Alcance: 10-100m
- Velocidad de transferencia: 250kbps

Figura 17 Aplicaciones de Zigbee
Fuente: (druizoses, 2017)

2.5.2 Wifi

Así como lo define el artículo de la revista científica de (Azpiroz de Pedro, 2010),Es la comunicación más selecta por los desarrolladores ,dada la omnipresencia de Wifi en entornos domésticos y comerciales ;existe en la actualidad una extensa infraestructura ya instalada que transfiere datos con rapidez y permite manejar grandes cantidades de datos ; tales como se evidencian en la Fig.18.Actualmente, el standard Wifi más habitual utilizado en los hogares y en muchas empresas es el 802.11n, ofreciendo un rendimiento significativo en un rango de cientos de megabits por segundo, muy adecuado para la transferencia de archivos, pero que consume demasiada potencia para desarrollar aplicaciones IoT.

- Estándar: Basado en 802.11n
- Frecuencia: 2,4GHz y 5GHz
- Alcance: Aproximadamente 50m
- Velocidad de transferencia: hasta 600 Mbps, pero lo habitual es 150-200Mbps, en función del canal de frecuencia utilizado y del número de antenas (el standard 802.11-ac ofrece desde 500Mbps hasta 1Gbps)

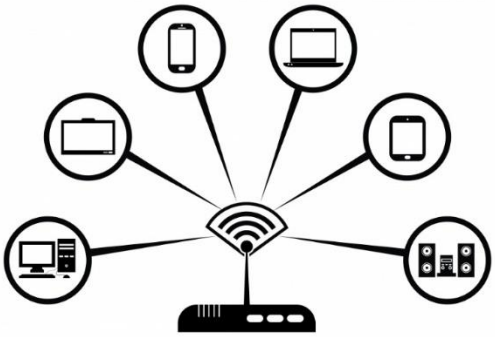


Figura 18 Wi-Fi
Fuente: («How To Connect To Wifi | Step-By-Step Guide», s. f.)

2.5.3 Bluetooth

Según (Azpiroz de Pedro, 2010),Bluetooth es una de las tecnologías de transmisión de datos de corto alcance más establecidas, muy importante en el ámbito de la electrónica de consumo. Las expectativas apuntan a que será clave para desarrollar dispositivos wearables, ya que permitirá el establecimiento de conexiones IoT, probablemente a través de un Smartphone. Los dispositivos que utilizan Bluetooth Smart incorporan el núcleo de Bluetooth en su versión 4.0 (o superior – la última versión de finales de 2014 es la 4.2) que combina transmisión de datos básicos con una configuración de bajo consumo.

Es importante destacar que la versión 4.2, gracias a la incorporación del Internet Protocol Support Profile, permite conectarse directamente a internet mediante IPv6/6LoWPAN. Esto facilita el utilizar la infraestructura IP existente para gestionar dispositivos Bluetooth Smart basado en "edge computing".

Características más relevantes:

- Estándar: Bluetooth 4.2
- Frecuencia: 2,4GHz (ISM)
- Alcance: 50-150m (Smart/LE)
- Velocidad de transferencia: 1Mbps (Smart/LE)

2.5.4 Infrarroja

Según (Zamorano, 2002), Los sistemas de comunicaciones infrarrojos ofrecen ventajas de consideración respecto a los sistemas de radio frecuencia. Al utilizar luz, los sistemas Infrarrojos de comunicaciones poseen con un canal cuyo potencial de ancho de banda es muy grande y no están regulados en ninguna parte del planeta. Además, los sistemas infrarrojos de comunicaciones son inmunes a interferencias y ruido de tipo radioeléctrico. Como la luz infrarroja no puede atravesar paredes, es posible (en comunicaciones interiores) operar al menos un 6 enlace (celda) en cada cuarto de un edificio sin interferencia con los demás, permitiendo así una alta densidad de reúso del sistema, obteniéndose una gran capacidad por unidad de área. El confinamiento de las señales infrarrojas hace difícil que escuchas clandestinos las puedan captar. La única manera de que las señales infrarrojas se pudieran captar sin permiso es a través de las ventanas, pero si estas se cubren con persianas o cortinas se

evitara tal situación de inseguridad, sin la necesidad de los complicados algoritmos de cifrado utilizados en los sistemas de RF. (Andreula L., 2015)

2.5.5 Radio Frecuencia

Según (Finkenzeller, 2010), Las ondas de radiofrecuencia se generan cuando una corriente alterna pasa a través de un conductor. Las ondas se caracterizan por sus frecuencias y longitudes. La frecuencia se mide en Hz (o ciclos por segundo) y la longitud de onda se mide en metros. Las ondas de radio son ondas electromagnéticas y viajan a la velocidad de la luz en el espacio libre. La ecuación que une a la frecuencia y la longitud de onda es la siguiente: velocidad de la luz (c) = frecuencia x longitud de onda. Se observa partir de la ecuación que, cuando la frecuencia de RF se incrementa, su longitud de onda disminuye.

La tecnología RFID utiliza cuatro bandas de frecuencia, La baja frecuencia utiliza la banda de 120-140 kilo hertzios. La alta frecuencia utiliza la tecnología RFID en 13,56 MHz. En ultra alta frecuencia RFID utiliza la gama de frecuencias de 860 a 960 mega Hertz. La RFID de microondas en general utiliza las frecuencias de 2,45 Giga Hertz y superiores. Para las cuatro bandas de frecuencia utilizadas en RFID, las frecuencias de microondas tienen la menor longitud de onda. Para mejor comprensión observe la fig.19.

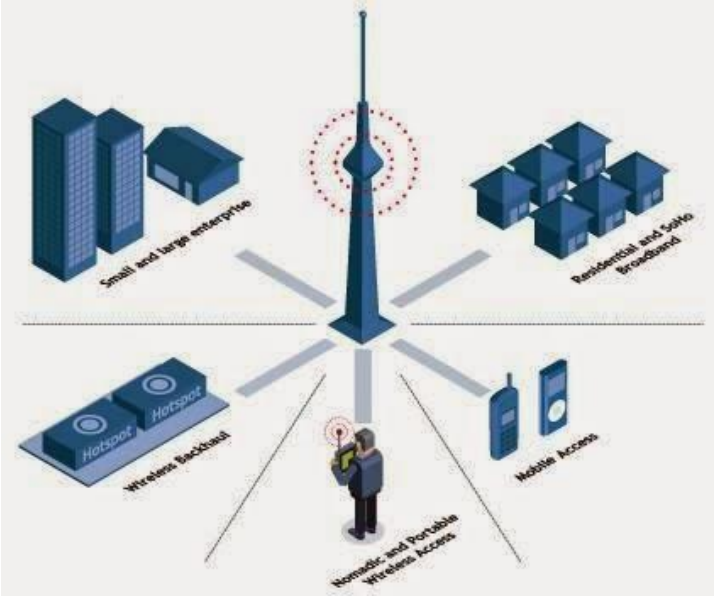


Figura 19.Comunicación por Radiofrecuencia.
Fuente:(Cole, 2014)

Las ondas electromagnéticas se componen de dos diferentes (pero relacionados campos) un campo eléctrico (conocido como el campo “E”), y un campo magnético (conocido como el campo “H”). El campo eléctrico se genera por las diferencias de voltaje. Dado que una señal de radiofrecuencia es una alternancia, el constante cambio de tensión crea un campo eléctrico que aumenta y las disminuye con la frecuencia de la señal de radiofrecuencia. El campo eléctrico irradia desde una zona de mayor tensión a una zona de menor voltaje.

2.6 SENSORES PARA CONTROL DE CARGA E ILUMINACIÓN

Debido a la necesidad de controlar el consumo de la carga eléctrica en sus diferentes manifestaciones dentro del hogar, en cuanto a la parte de la domótica, se ha decidido implementar sistemas de control que permitan mantener el control de cargas eléctricas. Empezando por las cargas en el aspecto de iluminación, debido a que es el parámetro que más genera consumo dentro de un hogar. Es así como los sensores se han desarrollado para lograr tener un control de parámetros en cuanto a las cargas eléctricas.

2.6.1 Sensor de Voltaje

Un sensor de voltaje es capaz de medir tensión en AC o DC, lo cual es ideal para situaciones en las que la calidad de energía es un problema, facilitan el seguimiento de los niveles de voltaje de alimentación. Identifican posibles fallas de su voltaje o sobre voltaje, y ayudan a proteger los motores y la salida de corriente. Uno de los sensores de voltaje más utilizado se puede observar en la Fig.20:

Figura 20.Sensor de Voltaje
Fuente :(«Sensor de Voltaje AC», s. f.)

2.6.2 Sensor de Corriente

Un sensor es un dispositivo diseñado para medir intensidad de corriente en AC y DC; obtiene variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas es asi como este sensor (fig.21) envía señales de corriente.

Figura 21 Sensor de Corriente.
Fuente: *(Electronilab, 2017)*

2.6.3 Sensor de Lúmenes

Este tipo de sensor es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera un haz de luz y un componente receptor que percibe el haz de luz generado por el emisor. Este es el principio de funcionamiento de los diferentes tipos de sensores de luz. En sí, están diseñados para la detección, clasificación y posicionamiento de objetos; la detección de siluetas, colores y diferencias en la superficie, incluso bajo condiciones ambientales de alto rigor. Estos se emplean para identificar el nivel de luz y origina una señal de salida con relación a la cantidad de luz detectada.

Estos incluyen un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica necesaria para la adecuación de la señal de salida. El sensor de luz más común es el LDR -Light Dependant Resistor o Resistor dependiente de la luz-. Un LDR (fig.22) es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz.(Pérez, Acevedo, & Silva, 2009)

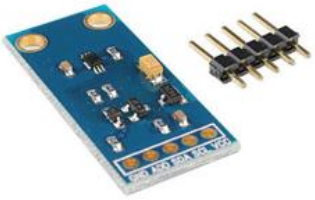


Figura 22 Sensor de Lúmenes.
Fuente: (Rawashdeh, 2018)

2.6.4 Sensor Infrarrojo

El TSOP4838 es un módulo receptor de infrarrojos(fig.23) para sistemas de control remoto por infrarrojos. Hay un diodo PIN y un preamplificador montados en el marco de conexión y el encapsulado contiene un filtro IR. La señal de salida demodulada se puede conectar directamente a un microprocesador para decodificación. Este dispositivo se utiliza ampliamente para control remoto.

Características sobresalientes según su datasheet, obtenido de (VISHAY, 2018) son las siguientes:

- Foto detector y preamplificador en un encapsulado
- Filtro interno para frecuencia PCM
- Apantallamiento contra EMI mejorado
- Rango de tensión de alimentación de 2.5V a 5.5V
- Rango de transmisión de 45m
- Inmunidad mejorada a luz ambiente
- Frecuencia portadora de 38KHz
- Directividad de 45°
- Corriente de alimentación de 950µA
- Rango de temperatura de funcionamiento de -25°C a 85°C

Figura 23 Sensor Infrarrojo utilizado en el Prototipo
Fuente:(«IC SENSOR DE INFRARROJOS TSOP4838», s. f.)

2.6.7 Módulos de radiofrecuencia

La radiofrecuencia es una tecnología de identificación remota e inalámbrica en la cual un dispositivo lector vinculado a un hardware de procesamiento de datos se comunica a través de una antena con un tag mediante ondas de radio. Esta tecnología existe a partir de los años 40, se utiliza para varias aplicaciones incluyendo domótica, parqueaderos inteligentes, identificación de elementos de valor y tarjetas electrónicas de transporte. Actualmente, la tecnología RFID ha entrado al mundo tecnológico gracias a su creciente difusión en aplicaciones de IoT(Fig.24), como lo menciona en su artículo web (Saavedra, 2007).

Figura 24 Módulos RF
Fuente: *(Xataka Smart Home, 2017)*

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DOMÓTICO DE LÁMPARAS LED Y TOMACORRIENTES

La domótica es un conjunto de varias técnicas que se orientan a automatizar una vivienda, a través de la integración de tecnologías de sistemas de seguridad, gestión energética, bienestar y las comunicaciones. Por estos motivos la domótica se ha ido implementando desde la iluminación hasta la función más mínima dentro de la vivienda como el riego o apertura y cierre de persianas. Es así como se impulsó el proyecto de automatizar las lámparas LED y el tomacorriente de las viviendas de forma única e inclusiva para todas las clases sociales, elaborando el sistema con elementos de bajo costo. En el presente capitulo se detallará el análisis y la implementación del sistema de control integrado por la Lámpara LED y Tomacorrientes inteligente.

3.1 Consideraciones generales del sistema automatizado

Para entrar en materia se debe abordar el apartado del diseño del sistema automatizado, se empezará con un detalle de la descripción del proceso de automatización, las características que poseen los elementos a utilizarse y las funciones que cumplirán todos los elementos en el sistema.

3.1.1 Descripción del proceso de automatizado de la lámpara Led y tomacorrientes

El sistema que se ha desarrollado corresponde a un dispositivo que permite controlar la iluminación y las cargas para un sistema de control domótico, en el que se ha incluido por cuestiones de compatibilidad, el diseño de un prototipo de lámpara Led, utilizando diodos Led de potencia de 4500k y 6500k respectivamente para luz blanca y luz incandescente. En las siguientes líneas se describe de forma general el sistema desarrollado, de tal forma que permita tener en estas instancias, una visión clara de lo que se pretende solucionar y desarrollar en este trabajo de investigación. El sistema de control domótico de las lámparas leds y tomacorrientes son desarrollados para que se puedan instalar en cualquier vivienda que cumpla con los detalles técnicos necesarios para que estos puedan desenvolverse de forma libre.

Es así como la lámpara led fue desarrollada con una matriz de leds adecuada a la distribución de la iluminación directa y el flujo luminoso total de la lámpara. Para el tomacorriente se diseñó de forma idónea el circuito de control de cargas, que permita la correcta conmutación de los equipos a controlar y medir. El sistema posee un controlador principal, el cual va a ejecutar la función de tratamiento de señales y datos enviados desde los puntos a controlar a través de comunicación inalámbrica (bluetooth, radio frecuencia). Los elementos que se van a automatizar en la vivienda son los que dan vida a los parámetros de iluminación y energizan cargas, estos van a ser adaptados al entorno de la domótica a través de sensores y actuadores de bajo costo de conocimiento popular en el mundo de la programación.

La lámpara Led contiene una mezcla de leds de luz blanca e incandescente, que fueron puestos a disposición dentro de una matriz Led, la cual armonizara el ambiente con la intensidad de lúmenes necesario a través del análisis del sensor de lúmenes. Además de buscar la correcta armonía con la intensidad de luz, se buscó crear una matriz de leds que brinde una lámpara Led de calidad y que no consuma mucha potencia y evite la perdida de los leds totalmente, como ocurre en las lámparas con leds en serie.

El tomacorriente controlará las diferentes cargas en la vivienda y dispondrá a través de una interfaz el monitoreo del control de cargas eléctricas; tras el análisis de las funciones más idóneas para el tomacorriente en un ambiente domótico se encontró que el control de cargas es la más necesitada y poco explotada en el mercado de gadgets. Ambos elementos del sistema de control van a estar conectados al controlador principal y a una interfaz que nos permita mantener los parámetros de control fijados y vigilados a nuestra disposición.

Con la ayuda de los diagramas de flujo se accede al funcionamiento de cualquier proceso, por tal razón se usará uno para explicar el sistema de automatización del control domótico de lámparas Led y tomacorrientes. Los sensores tendrán una lectura permanente de la intensidad de lúmenes, carga (corriente, voltaje); infrarrojo. Si detectan un dato ausente dentro del sistema, se enviará una alarma para reconocer el error dentro del sistema. El sistema buscara mantener el equilibrio ideal para el ser humano, evitando así la constante supervisión humana del sistema. Todo el proceso se

monitorizará a través de la información que se enviará de los elementos hacia el microcontrolador a través de los módulos de bluetooth; infrarrojo y radio frecuencia.

El sistema funciona como se ilustra en la figura 25, donde se entiende que el inicio del sistema comienza al esperar comandos por ejecutar, tras evaluar las condiciones de recepción de datos, verificar conexión con las comunicaciones: Infrarrojo, bluetooth y si es positivo el enlace se ejecutan los comandos en cada bloque del sistema de control:

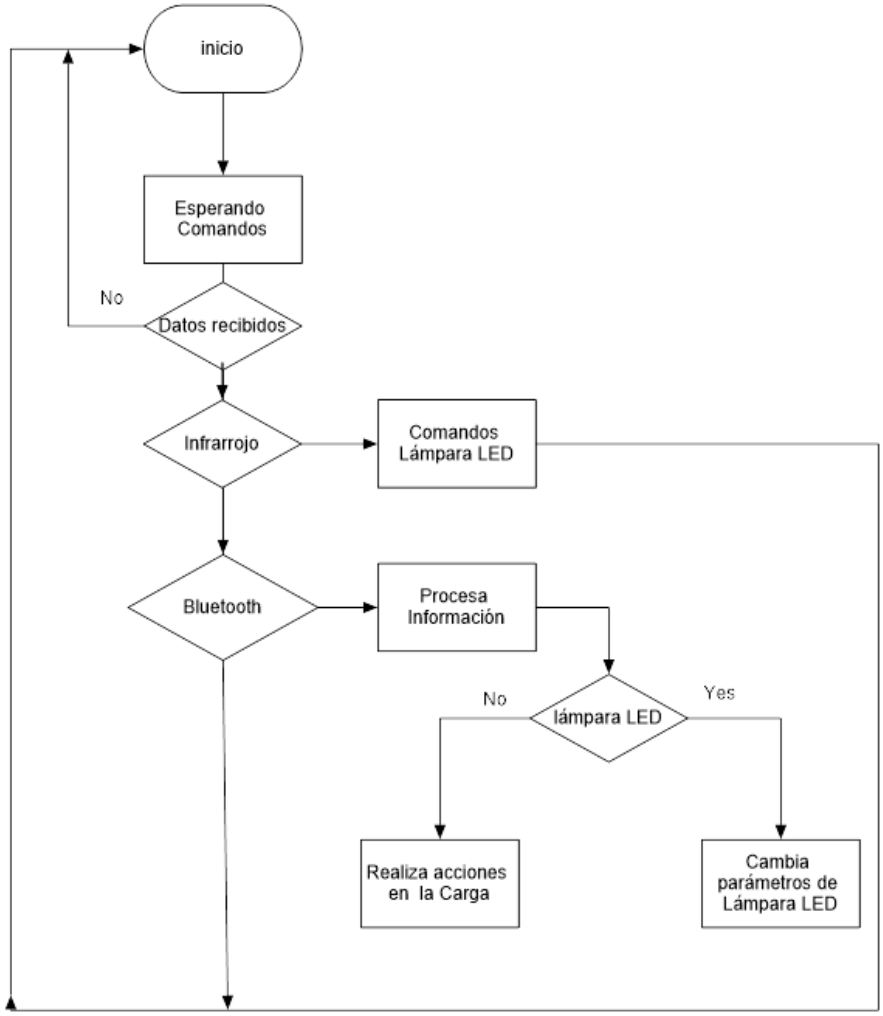


Figura 25. Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema.
Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Características

El objetivo del proyecto de investigación considera lograr la automatización de los procesos que se dan en el hogar de forma experimental, tomando en cuenta las características de una vivienda de clase baja/media en cuanto a clases sociales que

habitan en Ecuador, para esto se diseñará un sistema de control que contará con las siguientes características:

- El sistema que se implantará será manipulado por un microcontrolador STM32F030F4, el cual trabaja A 48 MHz de frecuencia y con una capacidad de procesamiento de hasta 90 MIPS, también tiene 16 kb de memoria Flash y su resolución pwm es de 16 bits. Ofrece conectividad SPI, USART y 12bit ADC; 15 I/Os.
- Para establecer la comunicación inalámbrica se utilizará el sensor de radio frecuencia NRF24L01 que es un chip de comunicación inalámbrica que integra un transceptor a una frecuencia entre 2.4 GHz a 2.5 GHz, una banda libre para uso gratuito. Su velocidad de transmisión es configurable entre 250 kbps a 2 Mbps y permite la conexión simultánea de hasta 6 dispositivos.
- La interfaz desarrollada para el usuario se vinculará a través del módulo de bluetooth HC05 que posee 6 pines, su interface es serial, puede ser configurado como maestro o esclavo. Trabaja en la zona de 2.4 GHZ y su alcance es de 5 a 10 m.
- Para el encendido y apagado de los equipos dentro del sistema se utiliza el sistema infrarrojo muy conocido, a través de un transmisor IR de 38 KHz que emite una luz infrarroja que origina la comunicación inalámbrica. Trabaja hasta temperaturas de -15 a +80 ªC y su frecuencia es de 30 KHz.
- Para el control de cargas en el sistema de control de los tomacorrientes se tiene como elemento crucial a un relé de estado sólido SSR-25 DA, puesto que este puede ser conmutado por un voltaje mucho menor y con una corriente menor que la mayoría de los relés mecánicos. Además, permite el control de circuitos AC con un tiempo de conmutación de 10ms, soporta una corriente de salida de 24 A.
- Para el desarrollo de los circuitos en su parte de potencia se utilizaron transistores TIP122, puesto que son los más indicados para soportar las altas intensidades y las potencias a disipar. Forma parte de la conmutación y amplificación de señales.

3.1.3 Funciones

El sistema de control que se desea diseñar contará con 3 funciones principales, que permitirán facilitar los procesos que se realizan en el hogar de forma cotidiana.

- Monitorización de las variables (voltaje, corriente, lúmenes) que manejan el sistema: a través de la programación desarrollada en el microcontrolador STM32F103C8T6, el cual dará las ordenes a los sensores que capten los valores de las variables y la envíen a la interfaz de la App Android
- Encendido y apagado de lámpara LED
- Control de carga AC
- Control remoto de lámpara LED vía infrarrojo.
- Control remoto vía dispositivo móvil para lámpara LED y tomacorriente inteligente.
- Supervisión constante del sistema: el microcontrolador se mantendrá supervisando las variables que se encuentren dentro de los rangos establecidos en la programación, el usuario podrá realizar una acción, puesto que ya tiene el control de cargas en tiempo real; evitando el uso de instrumentación de medición alguna.

3.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA

En este acápite se va a hacer el primer análisis del sistema desarrollado, partiendo de una subdivisión de sistema, así como se observa en la Fig.26, 27, que nos indica que el microcontrolador inicia el bucle donde el programa ejecuta instrucciones anteriormente programadas hasta que los sensores y actuadores cumplan su objetivo.

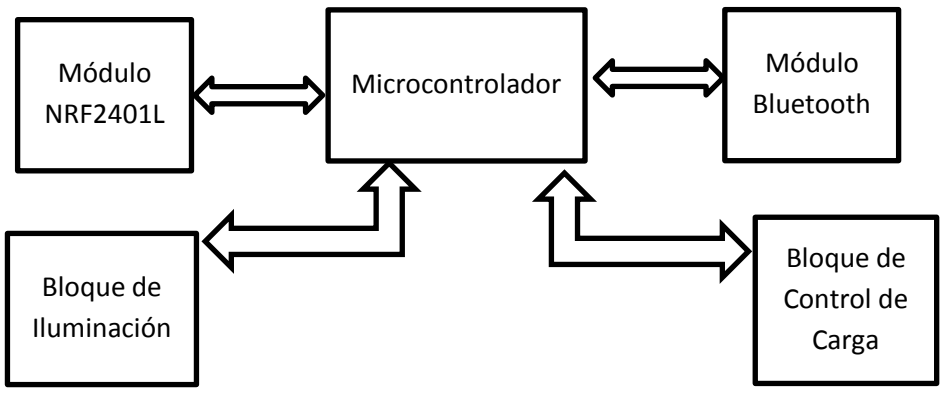


Figura 26. Diagrama de Bloques del Diseño del dispositivo.
Fuente: Elaboración Propia.

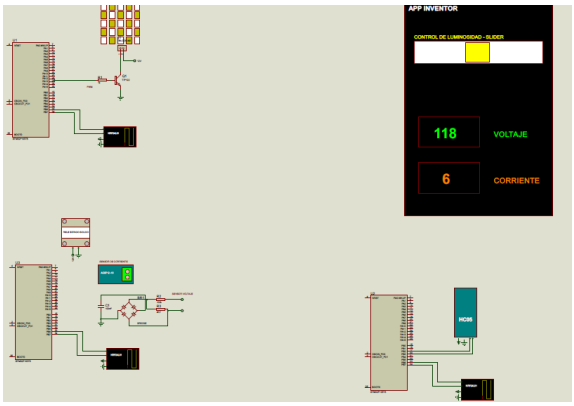


Figura 27. Componentes Hardware del sistema del dispositivo inteligente.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.1 Estructura del dispositivo inteligente.

Para el análisis del sistema desarrollado, se hace necesario dividir el dispositivo en subsistemas que permitan abordar de forma sistemática y con mayor detalle el análisis. La estructura del dispositivo inteligente: el bloque maestro, bloque de iluminación y el bloque de control de carga. Donde el bloque maestro será el encargado de enviar las instrucciones para con el bloque de iluminación y el bloque de control de carga, estos bloques recibirán las instrucciones y las ejecutarán según se interactúa en el interfaz diseñado para el usuario. En los siguientes párrafos se analizará cada uno de ellos.

3.2.1.1 Bloque maestro

En este bloque se realiza el control del sistema del dispositivo inteligente tal y como se analiza más adelante en el análisis de conexiones, él se encarga de las funciones principales, tales como: el enlace entre los módulos NRF24L01 y el módulo Bluetooth que permite comunicar de forma inalámbrica los elementos del sistema, también analiza y realiza el tratamiento de la adquisición de datos obtenidos por los sensores que integran el sistema de control; cabe destacar que la distancia en que se podrán comunicar los bloques de iluminación y control de carga va a depender del sistema de control maestro , puesto que este bloque es el origen de la comunicación del dispositivo inteligente. Los pines PB2 y PB3 serán utilizados para el módulo HC05, mientras que los pines PB6 y PB7 para el módulo NRF2401L encargado de la comunicación de radiofrecuencia.

i) Análisis de la selección del microcontrolador

Para el diseño del bloque maestro se decidió utilizar el microcontrolador stm32F030F4 por sus características y bajo costo, puesto que dichas características se adaptan de forma eficiente a los requerimientos del dispositivo inteligente y se va a detallar el análisis de la selección del microcontrolador en los siguientes párrafos.

- Según velocidad de procesamiento: Con la arquitectura ARM se tiene una relativa simplicidad de los procesadores que los hace ideales para aplicaciones de baja potencia, bajo consumo y bajo costo. Destacando sus 32 bits RISC de ancho de bus de datos, que operan a una frecuencia de 48 MHz, que permite que cada ciclo de instrucción se ejecute cada 21 nanosegundos.
- Según requerimientos de e/s: Contiene la cantidad necesaria de pines de entradas / salidas (15 I/Os). Los pines son tolerables a 5 voltios y dispuestos a ciertas modificaciones a favor del usuario.
- Según requerimientos de memoria RAM y ROM: El microcontrolador ofrece 4 kB de RAM, 16 Kbyte de ROM, 16 Kbyte de memoria flash par la lectura y escritura de datos de forma rápida según las instrucciones que contiene el bloque.
- Según requerimientos de conversor A/D: Para ejecutar las conversiones A/D ofrecen 12 bits de resolución que permiten ahorrar tiempo en procesamiento de las señales.
- Según consumo de energía: Opera con rangos de 2.4 a 3.6 Voltios facilitando el bajo consumo y mantener un rango de voltajes similar para evitar aumentar reguladores de voltaje o circuitos de energía externo.
- Según costo: Su costo es una gran ventaja, puesto que ofrece varias características a un costo sumamente bajo en comparación a otros Microcontroladores.

ii) Esquema del circuito de energía del microcontrolador

La alimentación de la tarjeta electrónica que contiene al bloque maestro está diseñada para suministrar voltajes regulados de 12 voltios a rangos comprendidos entre los 3.3 a 5 Voltios y 2 A de intensidad, así como se observa en los esquemáticos de la Fig.28.

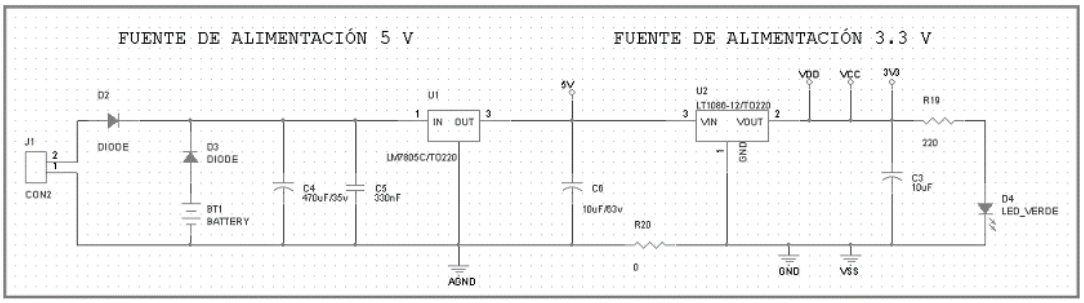


Figura 28. Circuito de la fuente de alimentación
Fuente: Elaboración propia

iii) Análisis de las conexiones de los módulos del bloque maestro

Luego de realizar el estudio y establecer el diseño del dispositivo inteligente se elaboró el circuito dedicado a las conexiones para: comunicaciones, adquisición de datos, programación del microcontrolador y salidas de control. Tras realizar el análisis correcto de la distribución de las conexiones, se realizó el circuito como se puede observar en la Fig.29

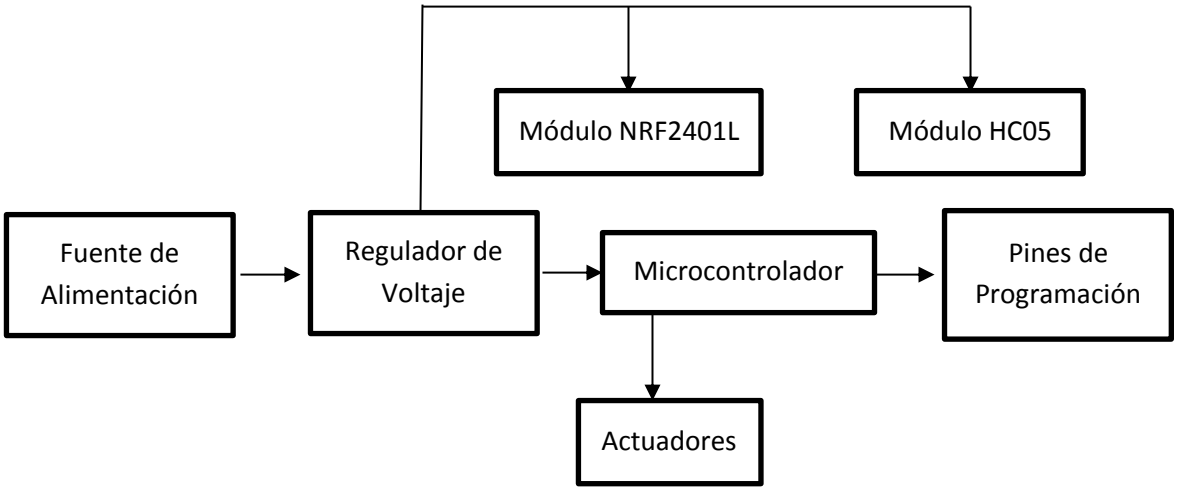


Figura 29. Diagrama de Bloques de Circuito de conexiones del Bloque Maestro.
Fuente: Elaboración propia.

El diseño del PCB (Ver Fig.30) del bloque maestro fue efectuado en el software PROTEUS, tras realizar el circuito necesario para energizar, establecer comunicaciones; eliminar interferencias y proteger de corto circuitos a los elementos.

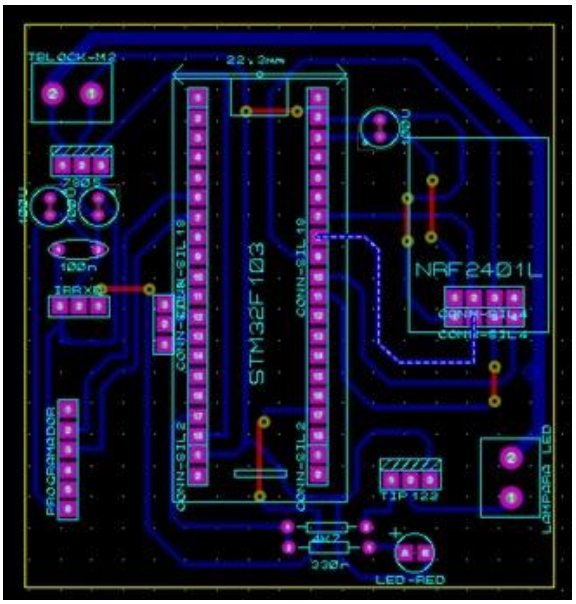


Figura 30.Diseño pcb del circuito del bloque maestro.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se obtuvo la siguiente tarjeta electrónica, luego de realizar el oportuno análisis y diseño de la distribución de conexiones y demás, observar el resultado en la Fig.31.

Figura 31.Tarjeta electrónica del bloque maestro
Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2. Bloque de iluminación

A partir de este bloque se realiza el control de una lámpara LED de creación propia con Leds de 1 watt de potencia y 110 lm. Este bloque interactúa con los módulos de comunicaciones inalámbricas, tales como: Infrarrojo, Bluetooth, Radio Frecuencia. Destacando la comunicación vía radio frecuencia que asigna los dos nodos de comunicaciones(fig.32).

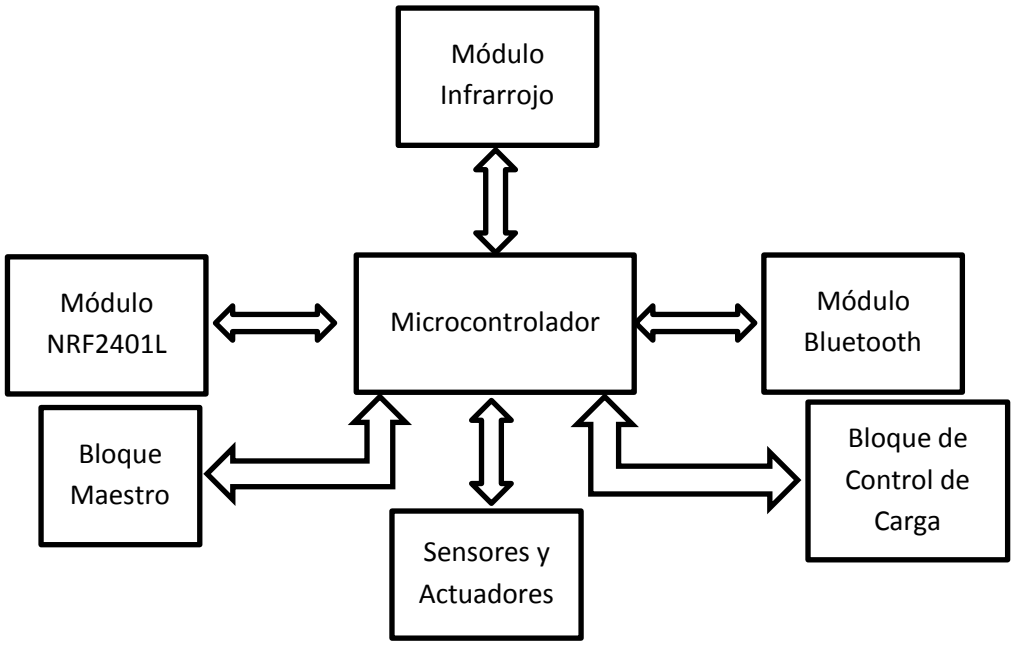


Figura 32. Diagrama de bloques del Bloque de Iluminación.
Fuente: Elaboración propia.

El diseño del PCB de la matriz LED empleada en la lámpara LED fue diseñado en el software Proteus como se observa en la Fig.33

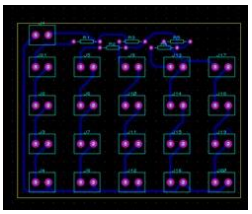


Figura 33. Diseño del pcb de matriz LED.
Fuente: Elaboración propia

El resultado final de la impresión de la PCB se puede observar en la Fig.34, así será ubicada dentro de la lámpara LED que es controlada por el bloque de iluminación.

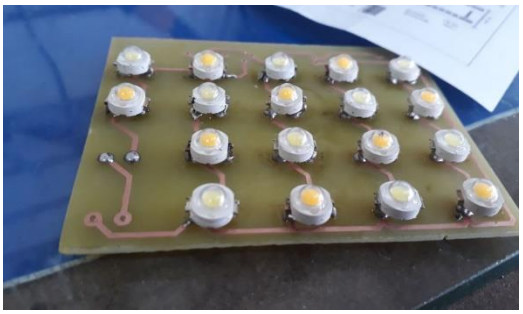


Figura 34. Matriz Led
Fuente: Elaboración propia

i) Cálculo de la lámpara

La matriz Led que forma parte de la lámpara Led que es controlada por el bloque de iluminación contiene 20 Led de 1 Watt de potencia, 350 mA de corriente y 3.3

voltios de operación y cada uno brinda una eficacia de 55lm/W; cumplen una vida promedio de 50,000 horas. Se tiene por estándar que los lúmenes se dividen para el área y así se obtienen los lux que tenemos por dispositivo.

Tenemos que 20 watt por su eficacia es igual a 11.020 lúmenes, para obtener los lux:

$$Lux = \frac{lm}{m^2}$$

Es así como obtenemos:

$$Lux = \frac{11{,}020}{30\ m^2}$$

La cantidad de lux que vamos a obtener en la lámpara Led es de 367,33 Lux.

ii) Análisis de la selección del microcontrolador

Para el diseño del bloque de iluminación se decidió utilizar el microcontrolador stm32F030F4 por sus características, puesto que dichas características se adaptan de forma eficiente a los requerimientos del dispositivo inteligente y es así como se va a detallar el análisis de la selección del microcontrolador en los siguientes párrafos.

- Según velocidad de procesamiento: Con la arquitectura ARM se tiene una relativa simplicidad de los procesadores que los hace ideales para aplicaciones de baja potencia, bajo consumo y bajo costo. Destacando sus 32 bits RISC de ancho de bus de datos, que operan a una frecuencia de 48 MHz, que permite que cada ciclo de instrucción se ejecute cada 21 nanosegundos.
- Según requerimientos de e/s: Contiene la cantidad necesaria de pines de entradas / salidas (15 I/Os). Los pines son tolerables a 5 voltios y dispuestos a ciertas modificaciones a favor del usuario.
- Según requerimientos de memoria RAM y ROM: El microcontrolador ofrece 4 kB de RAM, 32 Kbyte de SRAM con HW parity, 16 Kbyte de memoria flash par la lectura y escritura de datos de forma rápida según las instrucciones que contiene el bloque.
- Según requerimientos de conversor A/D: Para ejecutar las conversiones A/D ofrecen 12 bits de resolución que permiten ahorrar tiempo en procesamiento de las señales.
- Según consumo de energía: Opera con rangos de 2.4 a 3.6 Voltios facilitando el bajo consumo y mantener un rango de voltajes similar para evitar aumentar reguladores de voltaje o circuitos de energía externo.

- Según costo: Su costo es una gran ventaja, puesto que ofrece varias características a un costo sumamente bajo en comparación a otros Microcontroladores.

iv) Esquema del circuito de energía del microcontrolador

La alimentación de la tarjeta electrónica que contiene al bloque de iluminación está diseñada para suministrar voltajes regulados de 12 voltios comprendidos entre los 3.3 a 5 Voltios y 2 A de intensidad para energizar todos los elementos del bloque, así como se observa en los esquemáticos del bloque maestro. La tarjeta electrónica resultante es apropiada y distribuida de tal forma que el circuito de conexiones y de energía se pueda acoplar de forma sencilla, así como se observa en la Fig. 35.

Figura 35. Tarjeta electrónica del bloque de iluminación.
Fuente: Elaboración propia.

v) Análisis de las conexiones de los módulos del bloque de iluminación

Luego de realizar el estudio y establecer el diseño indicado para el circuito del bloque de iluminación, se elaboró el diseño del circuito dedicado a las conexiones para: comunicaciones, adquisición de datos, programación del microcontrolador y salidas de control. Tras realizar el análisis correcto de la distribución de las conexiones, se realizó el circuito como se puede observar en la Fig.36

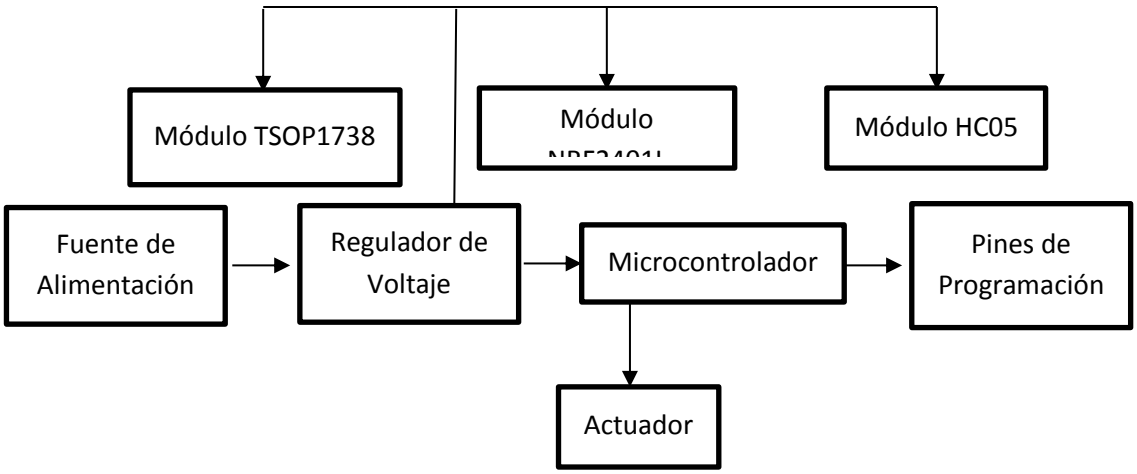


Figura 36. Diagrama de bloques del circuito de conexiones del bloque de iluminación.
Fuente: Elaboración propia.

vi) Análisis del bloque de iluminación

El diseño de la matriz de LED compuesta por 10 LED de luz blanca y 10 LED de luz incandescente se diseñó siguiendo un exhaustivo análisis para determinar cómo controlar la potencia de los LED en su máxima capacidad y como conectarlos para evitar funcionamientos erróneos de la lámpara, es así como se decidió distribuirlos en serie y paralelo, como se observan en las Fig.37.

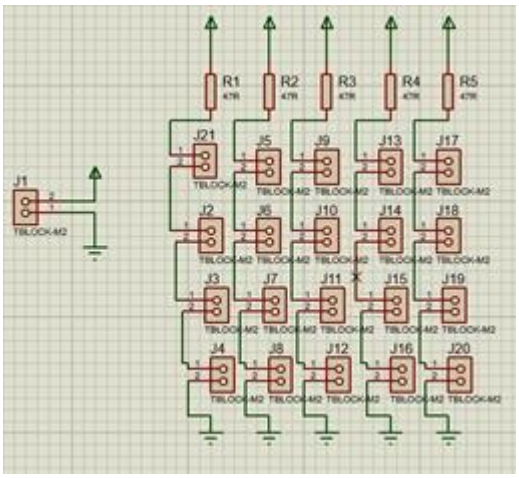


Figura 37. Esquemático del circuito de la matriz LED realizado en Proteus.
Fuente: Elaboración propia

El circuito del dimmer del bloque de iluminación quedo establecido para el pin PA12 y es muy eficiente al momento de realizar su función(fig.38).

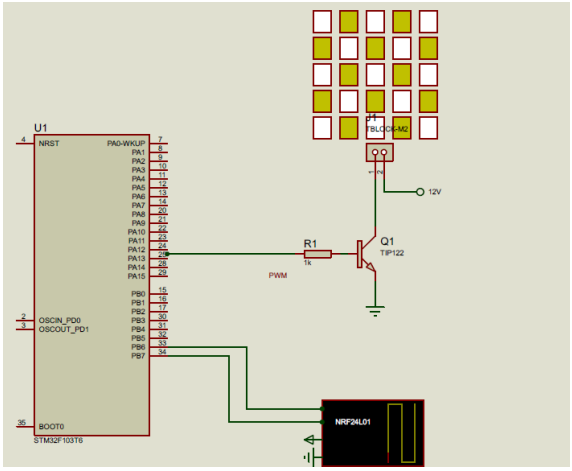


Figura 38. Circuito del Dimmer del bloque de iluminación.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.3 Bloque de control de carga

Este bloque está encargado de realizar el control de cargas en los tomacorrientes, a través del uso de los sensores de voltaje y corriente; estos datos serán analizados por

el bloque y posteriormente se enviarán los datos hacia el bloque maestro para que se proyecten en la interfaz del usuario(fig.39)

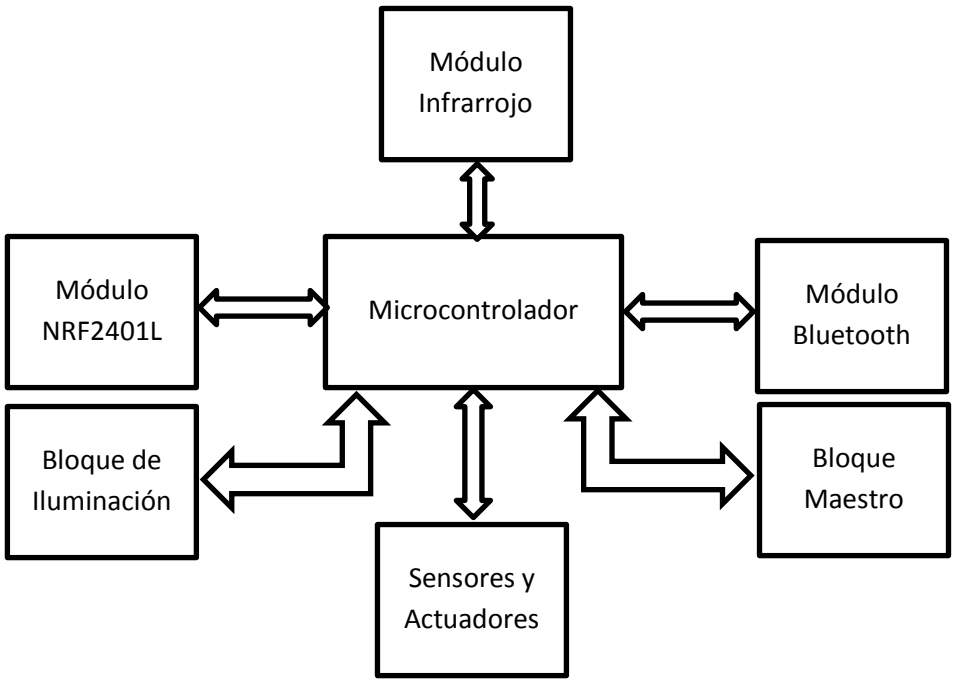


Figura 39. Elementos del Bloque de Control de Carga.
Fuente: Elaboración propia.

El análisis de las comunicaciones radio frecuencia y otras, serán analizadas en los siguientes subtemas más adelante en el capítulo 3, ahí se destacarán cada detalle que sobresale y las hace eficaces.

i) Análisis de la selección del microcontrolador

En el bloque de control de carga se decidió utilizar el microcontrolador stm32F030F4 por sus características, puesto que dichas características se adaptan de forma eficiente a los requerimientos del dispositivo inteligente y sus características que confirman su selección ya fue realizada en el Análisis del bloque maestro.

II) Esquema del circuito de energía del micro

La alimentación de la tarjeta electrónica que contiene al bloque de control de carga está diseñada para suministrar voltajes comprendidos entre los 3.3 a 5 Voltios y 2 A de intensidad para energizar todos los elementos del bloque, así como se observa en los esquemáticos de la Fig.33.

iii) Análisis de las conexiones de los módulos de comunicación.

Luego de realizar el estudio y establecer el diseño indicado para el circuito del bloque de iluminación, se elaboró el diseño del circuito dedicado a las conexiones para: comunicaciones, adquisición de datos, programación del microcontrolador y salidas de control. Tras realizar el análisis correcto de la distribución de las conexiones, se realizó el circuito como se puede observar en la Fig.40

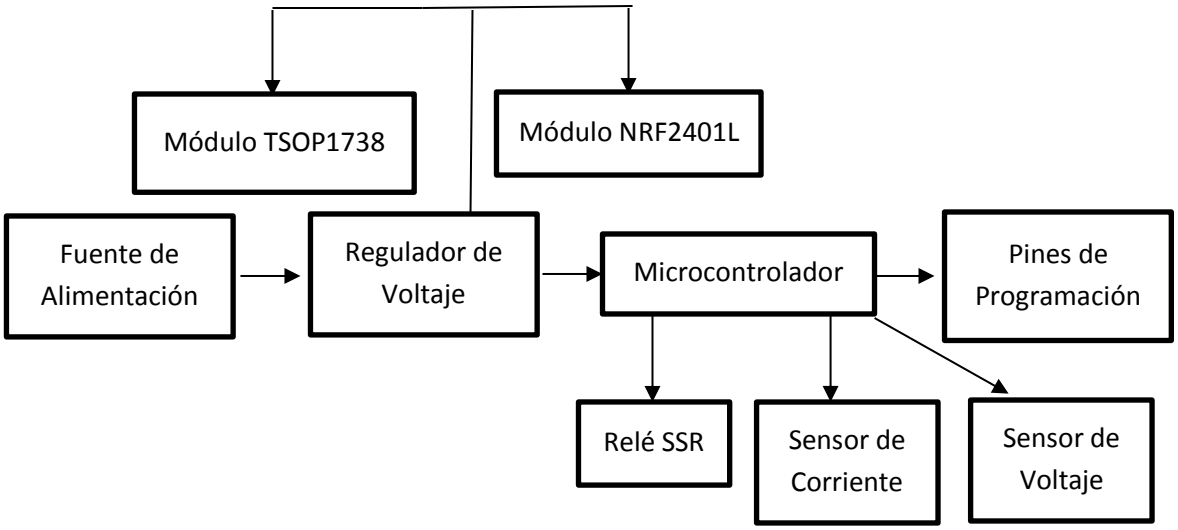


Figura 40. Diagrama de bloques de conexiones del bloque de control de carga.

Fuente: Elaboración propia.

iv) Análisis del bloque de control de carga.

Se diseñó un circuito para controlar el voltaje, tal como lo haría un sensor de voltaje; pero con la particularidad de que el circuito del sensor de voltaje está adaptado de manera eficiente para el bloque de control de cargas(fig.41).

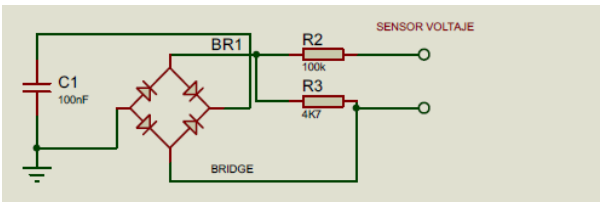


Figura 41. Circuito de Sensor de Voltaje para control de cargas
Fuente: Elaboración propia

En la Fig.42 se puede observar el resultado final del correcto análisis y distribución de circuitos especiales que forman parte del bloque de control de cargas.

Figura 42. Tarjeta electrónica final del bloque de control de cargas.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Análisis de las comunicaciones en el dispositivo inteligentes

La comunicación del dispositivo inteligente será de manera inalámbrica y se dispondrá de las 3 formas de comunicación inalámbrica más comunes y conocidas, tales como: infrarrojo, bluetooth y radio frecuencia. Se determinó emplear este tipo de comunicaciones debido a las distancias que se contemplan en el hogar y para romper el esquema tradicional de las comunicaciones físicas. Para exponer de la manera más eficiente la interacción de las comunicaciones con los bloques del dispositivo inteligente, lo detalla a continuación:

3.2.2.1. Infrarroja

La comunicación infrarroja tiene como propósito comunicar el control remoto y los bloques de iluminación y control de carga para efectuar el control del estado de encendido o apagado de los bloques. La estructura de la comunicación infrarroja en el dispositivo inteligente está dispuesta de la siguiente forma:

- El bloque maestro interpreta el estado on / off de los bloques de control de carga e iluminación para proceder a ejecutar sus instrucciones.
- El bloque de iluminación actúa de manera independiente, es decir que el estado de encendido y apagado es efectuado de manera unidireccional.
- El bloque de control de carga también actúa de forma independiente en relación con el bloque maestro dentro de la comunicación infrarroja, puesto que solo se manipula el encendido y apagado del bloque según se ejecute las órdenes en el control remoto.

En la Fig. 43 y 44 se pueden observar las conexiones del receptor infrarrojo al pin correspondiente del microcontrolador y su respectovp control infrarrojo, para asi desarrollar la comunicación infrarroja del prototipo.

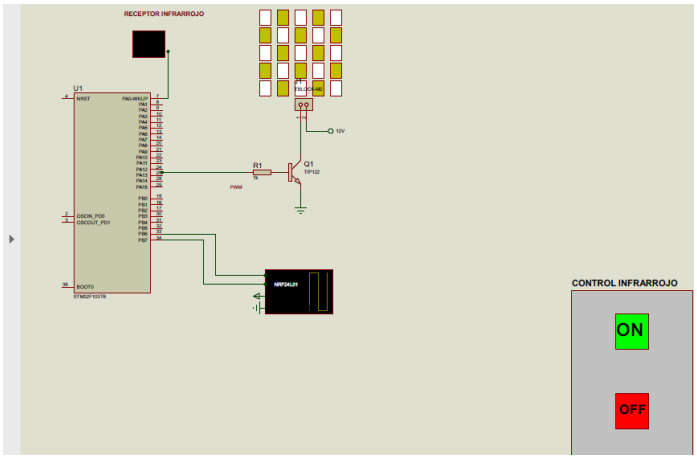


Figura 43. Circuito de comunicación infrarroja de los bloques de iluminación
Fuente: Elaboración propia

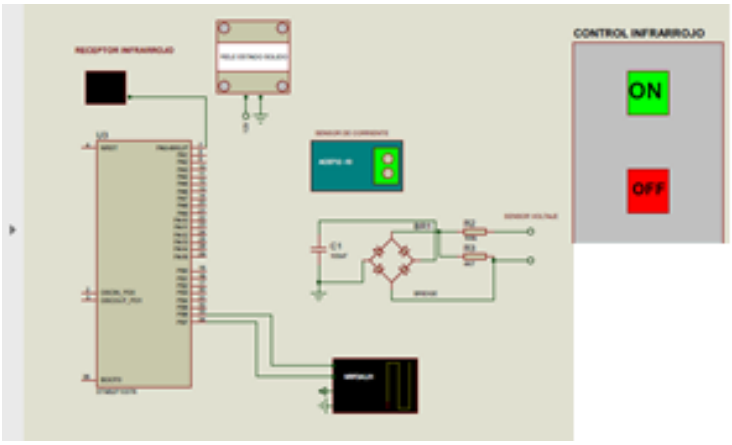


Figura 44. Circuito de comunicación infrarroja del bloque de control de carga.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.2. Bluetooth

Está encargada de efectuar el enlace de los bloques para con la interfaz del usuario. Fue establecido que la comunicación vía bluetooth ejecute las instrucciones de entregar y recibir datos de todos los sensores y ordenes de los bloques hacia la aplicación Android.

La comunicación bluetooth se efectua en el pin PB2 y PB3 como se observa en la Fig.45 .

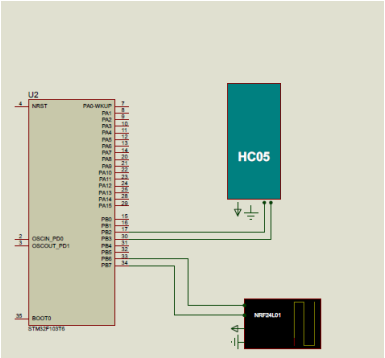


Figura 45. Circuito de Comunicación bluetooth del bloque maestro con la interfaz.
Fuente: Elaboración propia

El receptor de la comunicación bluetooth será la interfaz de usuario que fue desarrollada en App inventor, que es un sitio de desarrollo de aplicaciones en línea, que controlara los bloques de iluminación y control de carga, como se observa en la Fig. 46.

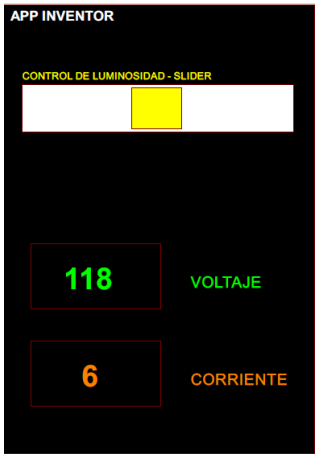


Figura 46. Interfaz de usuario del dispositivo inteligente.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.3. Radiofrecuencia

Esta comunicación inalámbrica es la encargada de mantener conectada a los bloques de iluminación y control de carga con el bloque maestro, debido a su mayor rango de alcance y cobertura. Es decir, esta comunicación inalámbrica es la encargada de mantener enlazados a los bloques de iluminación y control de carga, para así mantener siempre total control de los bloques, siempre y cuando se haya realizado el on/off en primer lugar de dichos bloques a través de la comunicación infrarroja y para el caso del control de luminosidad de la lámpara Led es efectuado por comunicación bluetooth.

El circuito de comunicación de radiofrecuencia se encuentra conectado al pin PB6, PB7 del microcontrolador del bloque de control de carga, así como se observa en la Fig.47

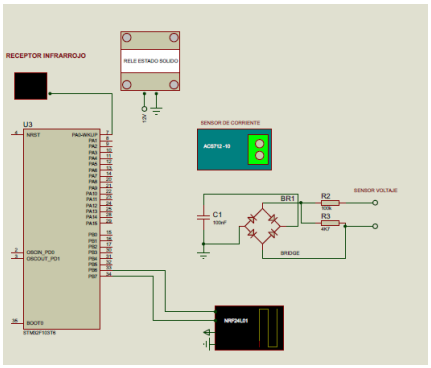


Figura 47. Circuito de comunicación de radiofrecuencia del bloque de control de carga.
Fuente: Elaboración propia

El circuito de comunicación de radiofrecuencia se encuentra conectado al pin PB6, PB7 del microcontrolador del bloque de control de iluminación, así como se observa en la Fig.48.

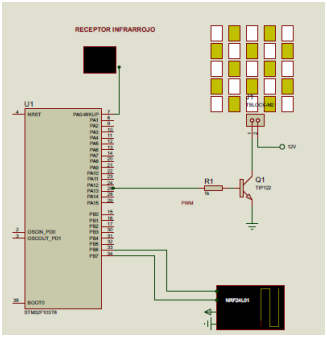


Figura 48.Circuito de comunicación de radiofrecuencia del bloque de iluminación.
Fuente: Elaboración propia

El circuito de comunicación de radiofrecuencia se encuentra conectado al pin PB6, PB7 del microcontrolador del bloque maestro, así como se observa en la Fig.49.

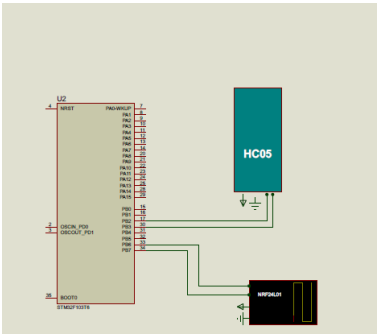


Figura 49. Circuito de comunicación RF del bloque maestro.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Análisis del firmware del dispositivo inteligente

En este apartado se realizará el análisis de los programas que controlaran el dispositivo inteligente, es decir de cada uno de los bloques del sistema de control para ser más específico el análisis del firmware. Se elaboró el firmware adecuado para que el prototipo cumpla con las instrucciones del sistema de control, el firmware consta de lógica secuencial e interpretativa de las instrucciones enviadas por los elementos del control, se describe los pasos que sigue el sistema de control.

- Primero el microcontrolador del bloque maestro analiza el estado de los bloques de iluminación y control de carga.
- El controlador del bloque de iluminación empieza a ejecutar su ciclo de instrucciones, luego del encendido vía infrarrojo con el control remoto.
- El controlador del bloque de control y carga comienza a procesar instrucciones luego del encendido con el control remoto vía infrarrojo.
- Después el controlador se mantendrá en un bucle infinito dentro del cual pregunta por las instrucciones y si ya es momento de realizar cambios en la intensidad de luminosidad, en caso de ser el momento se manda la señal de accionamiento del dimmer y se varia la intensidad en la lámpara LED, para el caso de control de carga se procesan datos que corresponden al tomacorriente en ese orden para lograr su correcto funcionamiento. Se mantendrán encendido el bloque maestro según el estado on/off de cada bloque de iluminación y control de carga para así mantener el bucle.
- En caso contrario el microcontrolador de cada bloque es encargado de leer las variables de luminosidad, voltaje; comunicación infrarroja y corriente vía sus sensores respectivos y mostrarlas al usuario mediante su impresión en la interfaz del usuario en la App Android, siempre y cuando el bloque maestro haya tratado los datos y aprobado su envió a la interfaz.
- En el siguiente diagrama de flujo de la Fig.50 se observa cómo funciona el sistema de control utilizado para la comunicación por radiofrecuencia.

Para lograr el funcionamiento deseado se hizo uso de librerías como las de los sensores NRF2401L, HC05, las cuales se encargan de la comunicación de los sensores con el microcontrolador; en cuanto al sensor infrarrojo, este se manejaba por medio de conversión análoga digital. Las señales de control se envían por salidas digitales a relés que se encargan de los actuadores.

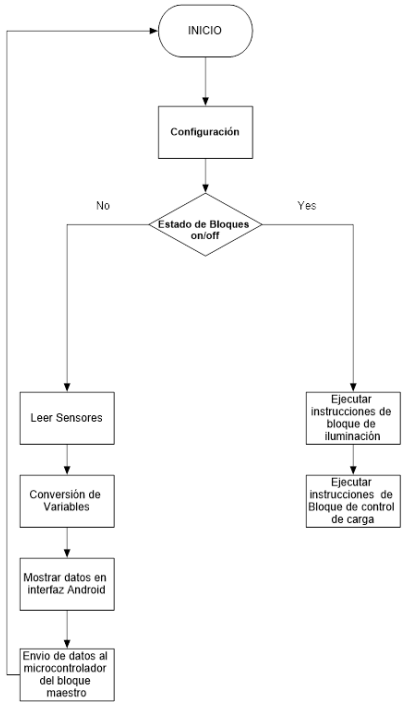


Figura 50 Diagrama de Flujo del Software del sistema de control.
Fuente: Elaboración propia

Para la interfaz se hizo uso de la Aplicación Android desarrollada en app inventor que se maneja por los enlaces efectuados vía bluetooth. Y la librería de comunicación serial para el envío de datos a través del módulo de radiofrecuencia. En el ordenador se hizo uso de App Inventor para la recepción de datos, lo cual se logra al parear correctamente los bloques entre sí. Todo el programa del microcontrolador se escribió en lenguaje C++ y se compiló en el software Keil uVision5.

3.2.3.1 Bloque maestro

Los requerimientos que se van a controlar dentro del sistema de control son: comunicación bluetooth, radio frecuencia; procesamiento de datos de diversos sensores y ejecución de instrucciones. Las variables para intervenir en el bloque de control son: distancia, tiempo de respuesta de comunicaciones, confirmación de estados de flases de control de carga e iluminación.

i) Estrategia de control del Bloque Maestro

La estrategia de control que se plantea para el dispositivo inteligente está fijada en el control realimentado para el caso del bloque de iluminación y control anticipado para el bloque de control de carga. Se puede observar de mejor forma la estrategia de control en la Fig. 51.

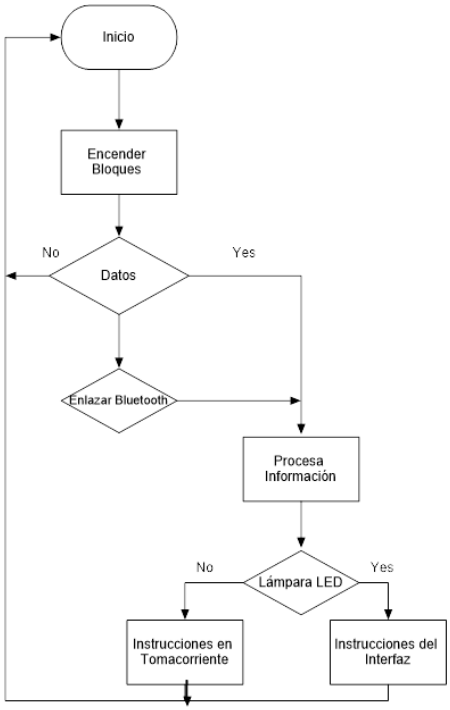


Figura 51. Estrategia de control del dispositivo inteligente.
Fuente: Elaboración propia

El bloque maestro necesita de 4 pines para ejecutar las instrucciones de comunicaciones con los bloques de control de carga e iluminación, necesita una fuente de alimentación de 3.3 / 5 voltios que suministre 2 amperios. Para efectuar la comunicación principal a cargo del módulo de radiofrecuencia se necesita un bus spi.

El programa desarrollado (fig.52) para el microcontrolador del bloque maestro está diseñado para enlazar las comunicaciones e instrucciones de los bloques de iluminación y control de carga como se puede observar en la figura 31 y 33, cabe destacar que este bloque está encargado del procesamiento de datos de los bloques del sistema, por lo cual tiene un bucle para la comunicación bluetooth y la comunicación por radio frecuencia (véase Fig.32). Donde la comunicación vía bluetooth tiene una parte dedicada en (Saavedra, 2007) el cual se ejecuta instrucciones específicamente con la interfaz del usuario y con la comunicación de radio frecuencia se establece el procesamiento de datos de cada elemento del sistema de control.

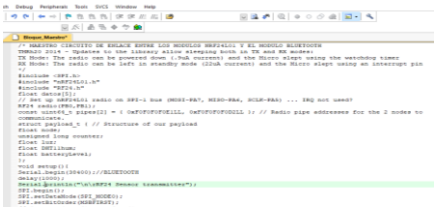


Figura 52.Código en Lenguaje/C++ desarrollado en la plataforma Keil.
Fuente: Elaboración propia.

ii) Análisis final del programa

El programa del bloque maestro ejecuta las instrucciones asignadas de manera eficiente según el interfaz de usuario lo solicita, pero tiene latencia en el tiempo de respuesta de la comunicación con el interfaz de usuario a partir de distancias mayores a 9 metros y si hay ruido provocado por red Wifi u otros dispositivos electrónicos.

3.2.3.2 Bloque de iluminación

El bloque de iluminación está encargado de ejecutar las instrucciones de control de la lámpara LED, su lógica (fig.53) se desarrolla desde el control on/off (ver fig.35), dimmer y ejecución de instrucciones desde la interfaz de usuario. Cabe destacar el uso de la misma librería del módulo RF usado en el bloque maestro y además de la librería SPI. Se establecen las direcciones para los 2 nodos para la comunicación (ver fig.34).

```
/*
Autor : Erik Liger Robalino
Receiver + DIMMER.
Each sensor modue has a unique ID.
TMRh20 2014 - Updates to the library allow sleeping both in TX and RX modes:
TX Mode: The radio can be powered down (.9uA current) and the Arduino slept using the watchdog timer
RX Mode: The radio can be left in standby mode (22uA current) and the Arduino slept using an interrupt pin
*/
#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
// Set up nRF24L01 radio on SPI-1 bus (MOSI-PA7, MISO-PA6, SCLK-PA5) ... IRQ not used?
RF24 radio(PB0,PB1);
const uint64_t pipes[2] = { 0xF0F0F0F0E1LL, 0xF0F0F0F0D2LL }; // Radio pipe addresses for the 2 nodes to communicate.
int dim;
int stdim=0;
int st=0;//control para ir on off
struct payload_t { // Structure of our payload
float node;
unsigned long counter;
float luz;
float batteryLevel;
};
```

Figura 53 Programación C/C++ en la plataforma Keil del Bloque de iluminación.

Elaborado por: Autor

i) Estrategia de control del bloque de iluminación

La estrategia de control que se plantea para el bloque de iluminación está fijada en el control realimentado. Se puede observar de mejor forma la estrategia de control en la Fig. 54.

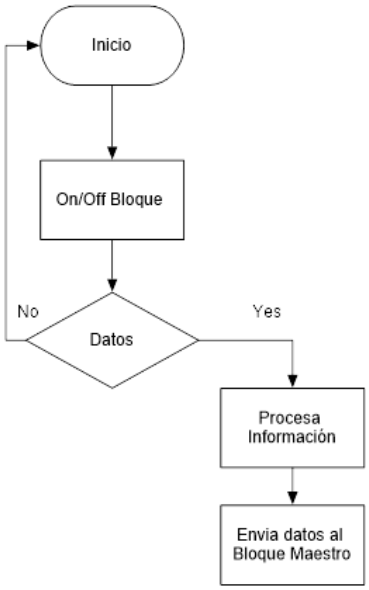


Figura 54. Estrategia de control del bloque de iluminación.
Fuente: Elaboración propia

ii) Análisis final del programa

El programa está diseñado para ejecutar instrucciones de manera secuencial, pero tiene la limitante de que debe estar en estado encendido a través del control remoto infrarrojo y solo tiene un alcance de 4 metros. Sus funciones están divididas en el estado del bloque on/off, instrucciones del dimmer y la comunicación de radiofrecuencia.

3.2.3.3 Bloque de control de carga.

El bloque de control de carga está destinado a vigilar los parámetros asociados al control de cargas, tales como: voltaje y corriente. Estos parámetros serán controlados a través de la interfaz de usuario en la aplicación Android. La lógica (fig.55) dentro de la programación de este bloque tiene como funciones: El tratamiento de datos de los sensores de voltaje y corriente (ver Fig.37), control del relé conectado al tomacorriente, estado on/off y seguir las instrucciones del bloque maestro (ver fig.36).

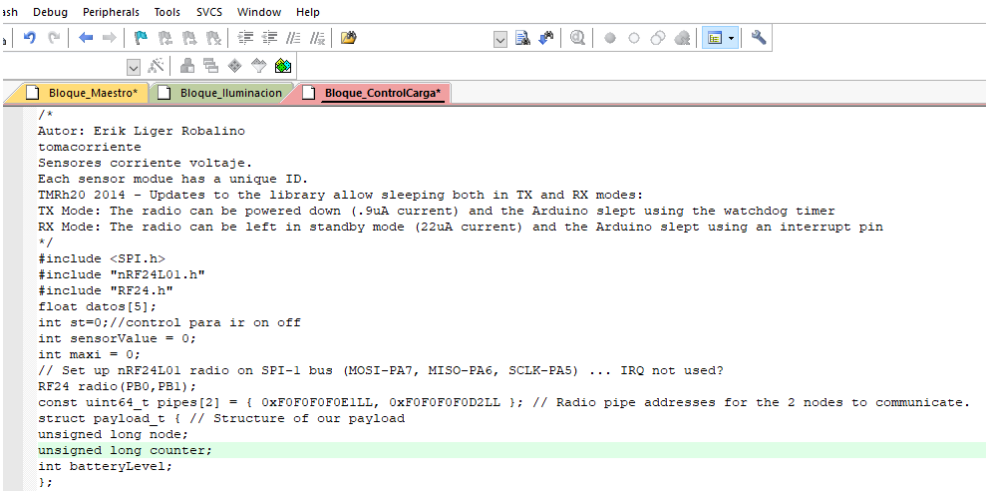


Figura 55 Programación en Lenguaje C/C++ de bloque de carga.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.3.1 Estrategia de control

La estrategia de control que se plantea para el bloque de iluminación está fijada en el control realimentado. Se puede observar de mejor forma la estrategia de control en la Fig. 56.

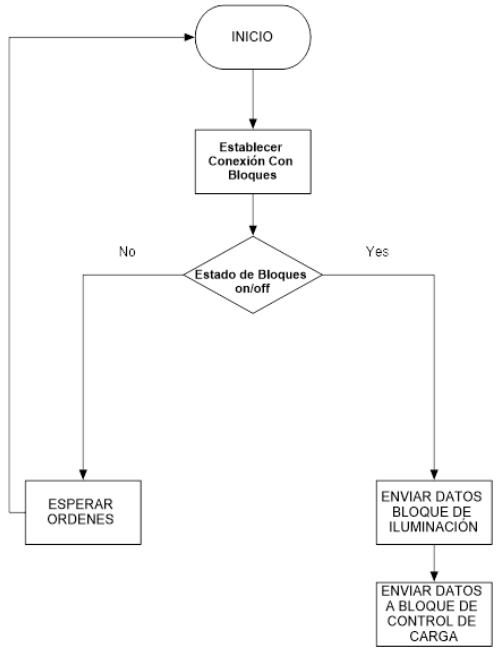


Figura 56 Diagrama de Flujo de la comunicación por radio frecuencia de los bloques del sistema de control.
Fuente: Elaboración propia

i) Análisis del programa del bloque de control de carga

El programa está diseñado para ejecutar instrucciones de manera secuencial, pero tiene una limitante y esta implica que debe estar en estado encendido a través del

control remoto infrarrojo y solo tiene un alcance de 4 metros. Sus funciones están divididas en el estado del bloque on/off, instrucciones del relé de estado sólido y la comunicación de radiofrecuencia.

3.2.3.4 Interfaz de usuario

La interfaz de usuario (fig.57) es desarrollada en APP inventor en línea a través de lógica de bloques, donde se genera el control de procesamiento de datos recibidos por los bloques, enlace de comunicación vía bluetooth y la ejecución de comandos hacia el bloque de iluminación (control de intensidad luminosa).

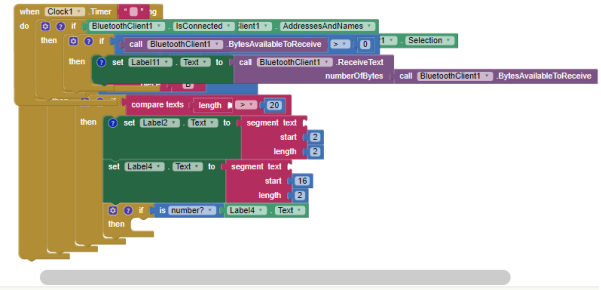


Figura 57 Lógica de bloques de programación de aplicación Domolig.
Elaborado por: Autor

i) Estrategia de control

La estrategia de control que se plantea para la interfaz de usuario está fijada en el control realimentado. Se puede observar de mejor forma la estrategia de control en la Fig. 58.

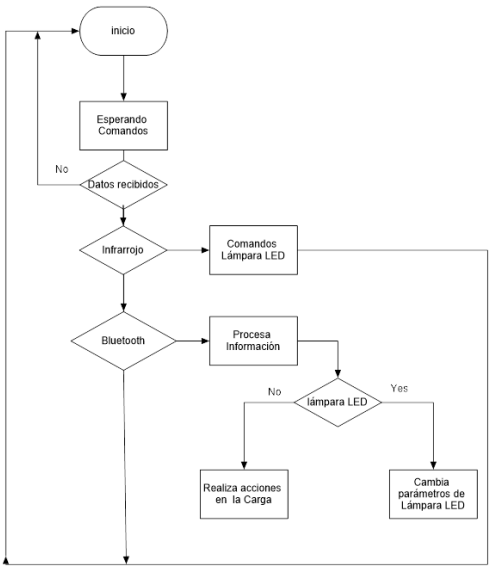


Figura 58. Diagrama de Flujo de la estrategia de control de la interfaz de usuario.
Fuente: Elaboración propia

ii) Análisis del programa

El programa está diseñado para ejecutar instrucciones de manera cíclica, la limitante y esta implica que debe estar en estado encendido a través del control remoto infrarrojo y solo tiene un alcance de 4 metros. Sus funciones están divididas en el estado del bloque on/off, instrucciones del relé de estado sólido y la comunicación de radiofrecuencia.

3.3 PRUEBAS DEL DISPOSITIVO INTELIGENTE

En este apartado se desarrollarán algunas pruebas (fig.59) del sistema desarrollado, que permiten determinar si el prototipo cumple con la descripción y funciones asignadas al inicio del capítulo. Las funciones del sistema definen de forma general el comportamiento del dispositivo y constituyen un conjunto de requerimientos que el prototipo cumpla para resolver el problema de investigación que se ha planteado en este trabajo. En este acápite se realizan diferentes pruebas o ensayos experimentales que permiten determinar el cumplimiento real de las funciones básicas definidas al inicio de este capítulo.

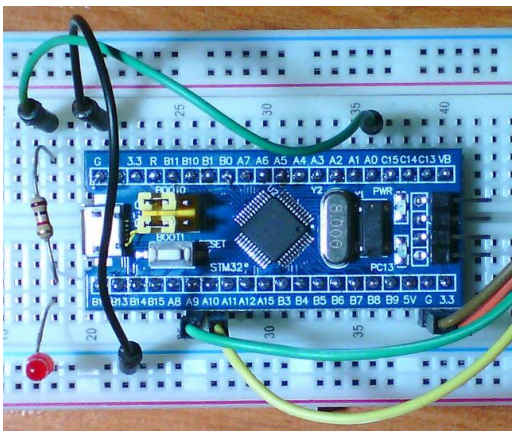


Figura 59. Pruebas del Microcontrolador.
Fuente: Elaboración propia

Sus funciones son:

- Monitorización de las variables a través de la aplicación Android
- Encendido y apagado de lámpara Led
- Control de carga AC
- Control remoto de lámpara Led vía infrarrojo.
- Control remoto vía dispositivo móvil para lámpara Led y tomacorriente inteligente.
- Supervisión constante del sistema

3.3.4.1. Infrarrojo:

Prueba 1 de Todas las Funciones

Objetivo de la prueba:

Confirmar la ejecución de instrucciones a cargo de la comunicación infrarroja según la distancia.

Variables que intervienen:

Distancia, Cobertura de señal, Tiempo de Respuesta, Efectividad

Desarrollo del experimento.

Para realizar la prueba número 1 se procedió a efectuar 10 muestras, donde cada muestra corresponde a una distancia que incrementa 1 metro a la vez, se va a registrar la calidad de la respuesta que se obtiene a medida que se va a incrementar la distancia de distancia.

Tabla 5 Prueba #1 Calidad de señal vs Distancia de comunicación infrarroja

Numero de Pruebas	Distancia	Calidad de Respuesta (0 a 10)
1	1m	10
2	2m	10
3	3m	10
4	4m	10
5	5m	3
6	6m	1
7	7m	0
8	8m	0
9	9m	0
10	10m	0

Fuente: Elaboración propia

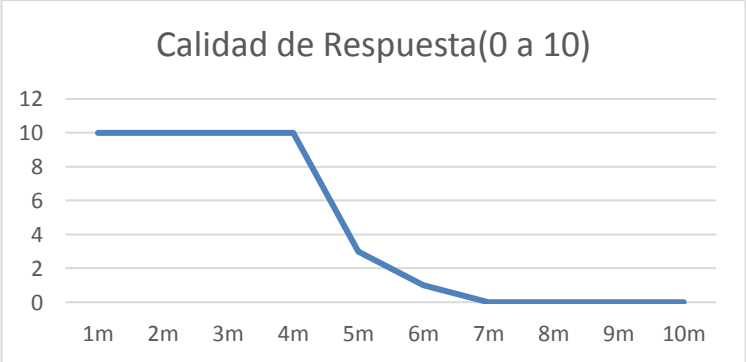


Figura 60 Resultado de la prueba según datos obtenidos.
Fuente: Elaboración propia

Análisis de resultados.

Se pudo evidenciar que la comunicación infrarroja funciona de manera eficiente teniendo en cuenta el rango de funcionamiento que tiene el alcance de la comunicación infrarroja, es decir que tenemos cobertura de la ejecución de instrucciones del control remoto hacia los bloques dentro de ese límite.

3.3.4.2 Radio frecuencia:

PRUEBA 2: Comunicación vía Radiofrecuencia

Objetivo de la prueba:

Analizar la calidad de respuesta de la comunicación vía radio frecuencia del dispositivo inteligente según la distancia.

Variables que intervienen:

Distancia, Calidad de señal

Desarrollo del experimento.

Para poner en marcha esta prueba se moverán los bloques de tal manera que se alejen del bloque maestro 1 metro por cada muestra, para así evaluar cómo responde el módulo NRF2401L en la calidad de señal según la distancia de ejecución de instrucciones.

Tabla 6 Prueba #1 Calidad de Señal vs Distancia.

Número de Pruebas	Distancia	Calidad de Respuesta (0 a 10)
1	1m	10
2	2m	10
3	3m	10
4	4m	10
5	5m	10
6	6m	9
7	7m	9
8	8m	9
9	9m	7
10	10m	7

Fuente: Elaboración propia

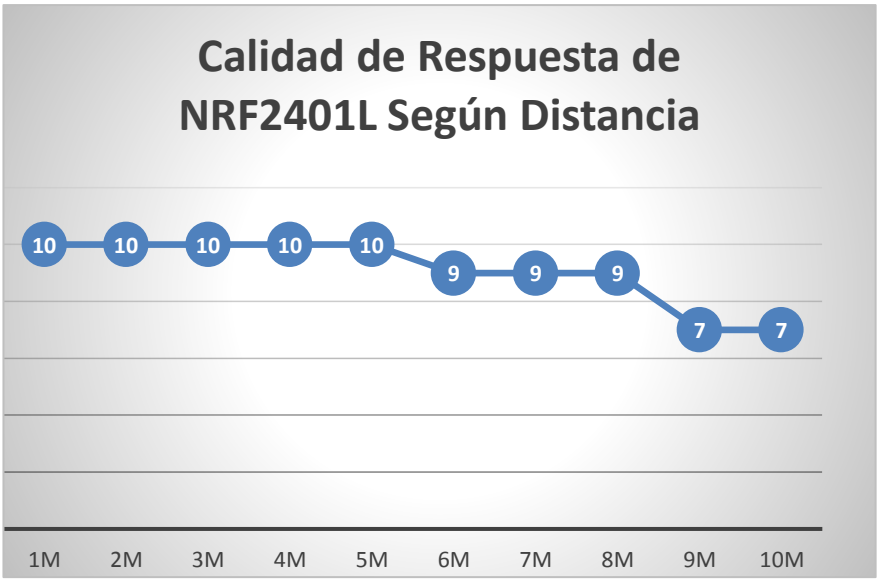


Figura 61. Resultados de la tabla 6
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados.

Se obtuvo como análisis según los datos adquiridos, que a partir de los 6 metros la calidad de la señal de estos módulos se ven atenuados, a esto se le suma el ruido e interferencia común que se tiene dentro de una vivienda. Lo cual asegura una excelente elección a la hora de buscar un módulo de comunicación inalámbrica.

3.2.4.3. Bluetooth

Prueba 3: Comunicación vía Bluetooth

Objetivo de la prueba:

Verificar la correcta ejecución de instrucciones del bloque maestro con la interfaz de usuario mientras se incrementa la distancia de envió de instrucciones.

Variables que intervienen:

Distancia, Cobertura de Señal

Desarrollo del experimento

Esta prueba es realizada entre el bloque maestro y la interfaz de usuario, cabe recalcar que los demás bloques están activos, pero el encargado del procesamiento de datos es el bloque maestro. Es así como se procede a ejecutar la prueba entre la interfaz y el bloque maestro; se desplazó un metro por cada prueba, donde se ejecutaba una instrucción y se verificaba el correcto accionar de cada instrucción en la interfaz.

Tabla 7 Prueba #3 Calidad de señal vs Distancia de comunicación Bluetooth

Número de Pruebas	Distancia	Calidad de Respuesta (0 a 10)
1	1m	10
2	2m	10
3	3m	10
4	4m	10
5	5m	9
6	6m	8
7	7m	8
8	8m	8
9	9m	8
10	10m	8

Fuente: Elaboración propia

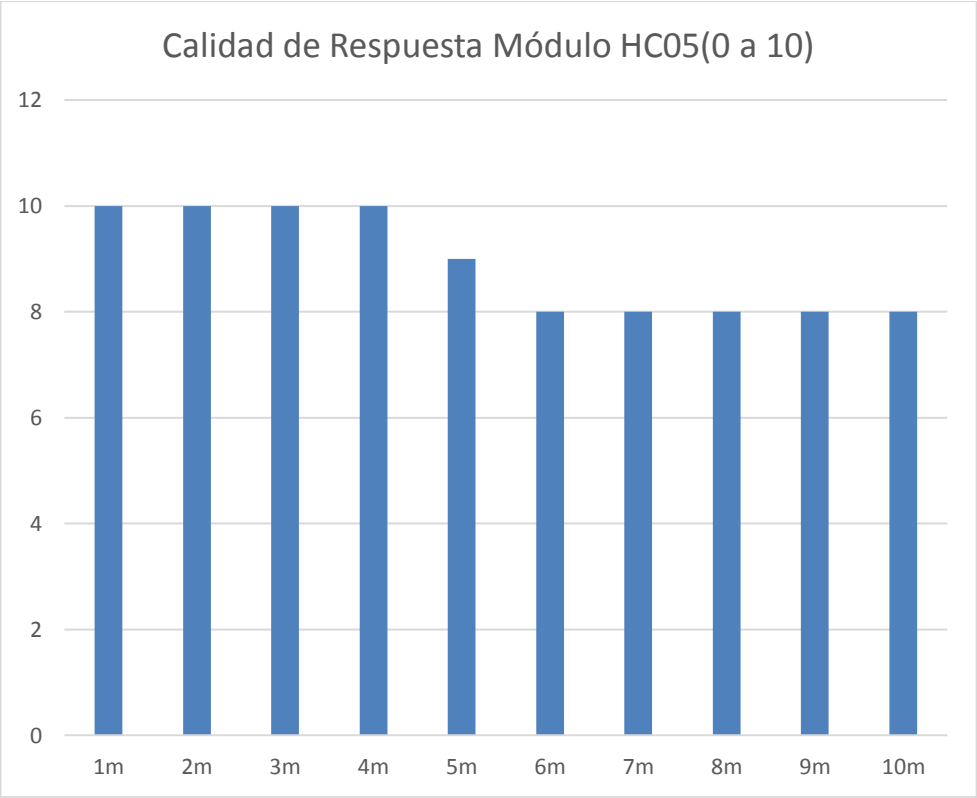


Figura 62. Calidad de señal según distancia.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados.

La comunicación vía bluetooth que enlaza la interfaz de usuario con el bloque maestro se establece de manera efectiva dentro del rango de alcance de la señal bluetooth, se debe evitar cualquier interferencia / ruido cerca del bloque maestro.

3.4. CÁLCULO DE COSTOS.

En este apartado se procederá a identificar cada uno de los elementos de los cuales se hizo uso para el desarrollo del prototipo del dispositivo inteligente, en conjunto con su valor correspondiente, para poder encontrar un costo aproximado del prototipo y así poder compararlos con los costos de los dispositivos inteligentes similares existentes en el mercado.

Tabla 8. Lista de Materiales del Prototipo

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIDAD	P. TOTAL
3	Microcontrolador 32 bits	$ 1.37	$ 4.11
1	Relé de estado sólido ssr fotek	$ 5.00	$ 5.00
1	Sensor de Voltaje	$ 0.50	$ 0.50
1	Módulo NRF2401L	$ 0.50	$ 0.50
3	Módulo Infrarrojo de 38 KHz	$ 0.32	$ 0.96
1	Control Infrarrojo	$ 0.50	$ 0.50
3	Módulo HC05	$ 0.70	$ 2.10
10	Jumpers	$ 0.05	$ 0.50
1	Elementos Varios	$ 1.00	$ 1.00
3	Fuente 12 V - 2 A	$ 2.00	$ 6 .00
20	LEDS de Alta Potencia	$ 0.30	$ 6.00
3	Caja Acrílica (OPCIONAL)	$ 3.00	$ 9.00
3	Puente Rectificador	$ 0.34	$ 1.02
1	Soporte de lámpara	$ 3.00	$ 3.00
2	Transistor TIP122	$ 0.10	$ 0.20
2	Enchufes	$ 0.80	$ 1.60
		TOTAL	$ 42.95

Fuente: Elaboración propia

Luego de obtener el total de $42.95 como resultado de la elaboración del prototipo, se tiene claro el cumplimiento de la hipótesis, puesto que marcas como TP-Link, Bticino y Osram ostentan precios de $40.00 solo por el control de un foco Led o Tomacorriente.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las actividades realizadas para llevar a cabo el diseño del prototipo del dispositivo inteligente y su sistema de control para la automatización de los procesos a ejecutar en el control domótico fueron expuestas en el capítulo anterior. En el actual capítulo se realizará la presentación de los resultados al finalizar la implementación del sistema automatizado y se realizará un breve análisis de estos.

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En primer lugar, se realizará una presentación de los resultados referentes a investigaciones científicas realizadas, posteriormente se presentará el diseño del hardware del dispositivo, el software empleado para el sistema automatizado (sensores y actuadores) y la interfaz realizada, lo que permitirá hacer el análisis de cada uno de los puntos, explicando si se logró llegar al resultado deseado.

4.1.1. Resultados referentes al estado del arte

La búsqueda de información científico técnica realizada para obtener información y orientación en el desarrollo del presenta, ha permitido obtener un acopio de información relevante para el diseño de dispositivos de control domésticos inteligentes, que sirve como referente o fuente de información para trabajos de características similares. cabe destacar de este trabajo realizado por (Mosquera & Méndez, 2016) el cual revela los detalles de la Implementación de un prototipo de sistema domótico ahorrador de energía controlado desde una aplicación móvil Android , el mismo que detalla información de metodologías, desarrollos y errores que se deben evitar en el desarrollo de interfaz de usuario.

4.1.2. Resultados de Hardware

Para la implementación total del sistema de automatización se diseñó y construyó una caja acrílica para cada bloque que forma parte del dispositivo inteligente que se utiliza para encofrado con medidas adecuadas para cada bloque, donde destaca el bloque de control de carga porque tiene integrado el relé y el tomacorriente, esto debido a que se debe proteger la pcb de forma indicada y no se deseaba interferir con la estructura del hogar donde van a ser instaladas.

Se desarrolló una tarjeta máster:

La construcción del bloque maestro dio origen a la tarjeta máster encargada de efectuar el procesamiento de datos de los bloques esclavos y vincularlos a la interfaz de usuario.

Tarjeta de iluminación:

Para realizar el control del bloque de iluminación se elaboró una tarjeta que contenga al dimmer, fuente de alimentación, microcontrolador y módulos de comunicación.

Matriz Led:

El conjunto de 20 leds divididos a la mitad para luz blanca e incandescente es pieza clave de la lámpara Led.

Tarjeta de control de carga:

El control inteligente del tomacorriente dio origen al desarrollo de esta tarjeta que contiene el relé de estado sólido, módulos, Microcontroladores y fuente de alimentación.

4.1.3. Resultados de Software

Firmware para tarjetas de control

La programación del microcontrolador en el sistema del bloque maestro que provee el bucle de control demostró funcionar de manera correcta y sin problema alguno en la vinculación con la comunicación bluetooth / radio frecuencia, lectura de datos de los sensores de los bloques de iluminación y control de carga, muestra de datos en la aplicación Android.

Interfaz de usuario

El desarrollo de la interfaz de usuario realizado en App Inventor origino un método muy interactivo de supervisar y monitorear las variables que controla el dispositivo inteligente.

4.1.4. Resultados de Interfaz del usuario

La comunicación entre los módulos HC05, NRF2401L y la utilización del software APP inventor permitieron realizar la interfaz de manera exitosa; el usuario recibió de manera correcta la información proveniente del microcontrolador, ayudándolo con su tarea de supervisión de las variables dentro del dispositivo inteligente.

4.1.5. Resultados de las pruebas del prototipo

Las pruebas del prototipo fueron exitosas debido al alto porcentaje de eficacia de calidad de señal cuando se ejecutó la prueba 1,2,3 ; donde se destaca la correcta comunicación inalámbrica del dispositivo inteligente ; lo cual es base pilar del proyecto de investigación , recordando que se utilizaron módulos de bajo costo .La efectividad que se obtuvo en las muestras realizadas en las diferentes comunicaciones que vinculan cada bloque del sistema de control, se encontró una pequeña particularidad; las ondas de Wifi y otros aparatos generan interferencia en el sistema; pero no es de gran relevancia.

4.1.6. Resultados Generales del sistema: Descripción, Características y funciones.

Al dar por finalizado el proyecto que está enfocado al proceso de automatización de una lámpara Led y control de carga en un tomacorriente, las características planteadas al inicio se analizan en los siguientes párrafos:

Se utilizó un microcontrolador STM32F030F4, a una frecuencia de 48 MHz, cuyo rendimiento y desempeño no han generado ningún problema hasta el momento. En cuanto a la estabilidad, la fuente utilizada proporciona una corriente y voltaje estable, que permite al microcontrolador y a los módulos de comunicación inalámbrica trabajar normalmente. Los recursos utilizados fueron los puertos de salida PB; la comunicación bluetooth a través del módulo HC05 para envió/recepción de datos con la interfaz de usuario y el Bus SPI.

El sistema tenía planteadas funciones las cuales se lograron de la siguiente manera:

- La monitorización de las variables se logró mediante el uso del sensor de voltaje de elaboración propia y el sensor ACS7112-10 para determinar corriente, el TIP 122 para generar el dimmer, los cuales son procesados por el controlador y enviados a la interfaz en la aplicación Android donde pueden ser leídos por cualquier persona.
- Se logró la automatización del proceso de control de facilidades del hogar, en donde el usuario todos los días puede accionar la lámpara LED y controlar la carga en él toma corriente.

- La supervisión de las variables se da en la interfaz con el usuario, ahí es donde se realizará la supervisión con parámetros de control de carga y el control de luminosidad.
- La adquisición de datos es provista por el módulo NRF2401L y HC05 el cual se encarga de enviar la información generada por los sensores a la aplicación de la persona encargada del dispositivo inteligente, se proporcionará esta información mediante una interfaz realizada en App inventor y se almacenará en históricos para facilitar su uso.
- El control remoto infrarrojo realiza el cambio de estado de los bloques de control de carga e iluminación en un tiempo satisfactorio.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el resultado de las pruebas del prototipo diseñado se genera una discusión en cuanto a ellos, es por esto por lo que al lector para que tenga una idea más clara de los alcances del sistema, a través de la descripción del análisis de características y funciones que realiza el sistema.

4.3. Análisis de las características del sistema

Al finalizar el proyecto que está orientando al proceso de automatización de las facilidades del hogar, las características planteadas inicialmente, se analizan en los siguientes párrafos:

Se empleó un microcontrolador STM32F030F4, a una frecuencia de 48 MHz, cuyo rendimiento y desempeño no han dado ningún problema hasta el momento; teniendo en cuenta su bajo costo y su fácil programación si se cuenta con los principios básicos de programación. Los módulos utilizados para establecer la comunicación cumplieron con lo que se necesitaba para poder desarrollar un sistema de control con comunicaciones inalámbricas de bajo costo, en el área de sensores y actuadores se buscó usar elementos precisos y es así como se elaboró un sensor de voltaje.

4.4. Análisis de las funciones del sistema

El sistema tenía planteadas funciones las cuales se lograron y su resultado nos indica lo siguiente:

- La monitorización de las variables se logró de manera casi efectiva al 100%, pero no se contempló las posibles fuentes de ruidos y por ende no se elaboró un circuito que proteja del ruido al dispositivo; sin embargo, los datos pueden ser leídos por cualquier persona con una resolución muy cercana a la realidad.
- Se logró la automatización del proceso de control de cargas AC con un relé activado por una señal dc de manera exitosa.
- La supervisión de las variables se da en la interfaz con el usuario, ahí es donde se evidencia la interacción del usuario para con el dispositivo.
- La adquisición de datos es provista por el módulo NRF2401L y HC05 que fueron elegidos por su popularidad en el mercado y su bajo costo, es notorio que se debió hacer pruebas con otros elementos; pero se procedió a confiar en ellos.

4.4.1. Análisis general del sistema

El sistema de automatización implementado, controlado por el microcontrolador STM32F030F4, desarrolla un control automatizado de manera ideal tomando en cuenta el uso de elementos de bajo costo, sin embargo, existen ciertos detalles que pueden mejorar; pero son detalles extras que no son necesidades fijas en el sistema de control.

4.5. Cumplimiento de los objetivos

Se pudieron cumplir con los objetivos planteados en casi su totalidad, tan solo desviándose 10% de un éxito rotundo debido a las limitantes de usar elementos de bajo costo.

Objetivos específicos

Se había planteado la determinación de los requerimientos que se llevan a cabo para el control de las facilidades del hogar tales como iluminación y control de cargas; las variables que influyen sobre este. Y se logró determinar que, si es necesario un sistema de control de iluminación y control de cargas para mantener un control en el aspecto económico y de confort, también para que las variables que afectan el ambiente del hogar sean controladas.

En cuanto al diseño de un prototipo de tarjeta de control, se logró mediante el uso del microcontrolador STM32F030F4 el cual controla el sistema del dispositivo inteligente por medio del accionamiento de relé y otros actuadores, lee las variables mediante los sensores previamente mencionados para después ser mostradas en la aplicación Android. Tomando en cuenta la evaluación realizada al sistema de automatizado del dispositivo inteligente se llegó a las siguientes consideraciones para evitar fallos:

- Se detiene la lectura de los sensores durante el proceso de estado off para evitar su interferencia con la comunicación con la interfaz.
- Se diseñó cada caja de forma que los pcb se encuentren por dentro de este para proteger el sistema electrónico.

Objetivo general

Una vez comprobado el cumplimiento de los objetivos específicos, se alcanzó el objetivo general del trabajo de investigación, pues se logró desarrollar un sistema de control el cual se basa en el microcontrolador STM32F030F4 el cual controla las facilidades del hogar mencionadas en el trabajo.

Análisis de la metodología

Para realizar un trabajo de investigación es necesario establecer el tipo de metodología que será empleada, lo que permitirá la adecuada descripción de los objetivos, así también como la forma mediante la cual será llevada el trabajo a realizar.

Análisis de la metodología y el tipo de investigación empleadas

Todos los objetivos establecidos se alcanzaron gracias a la metodología empleada en el transcurso del trabajo de investigación. La metodología bibliográfica fue uno de los pilares fundamentales de la investigación, se necesitó de una gran cantidad de material bibliográfico para encontrar las librerías y las funciones de cada sensor para poder realizar la programación y así obtener la adquisición de valores, también para determinar el grado de alcance con respecto a las investigaciones desarrolladas anteriormente en el país.

La implementación del sistema se fundamentó en la metodología experimental debida a que se necesitaron de pruebas en diferentes fases para constatar el

funcionamiento armónico de todos los elementos. En base a lo analizado, se puede afirmar que la metodología propuesta al inicio del trabajo ha sido elegida adecuadamente, puesto que se pudo consolidar el proyecto de investigación de manera ejemplar.

Análisis de la hipótesis

La hipótesis planteada al comienzo del trabajo se verifico al realizar las pruebas en el capítulo 3, donde se comprobó que los sistemas desarrollados con microcontroladores de 32 bits y con elementos de bajo costo son de alta eficacia y cumplen con las expectativas de los usuarios para con los dispositivos inteligentes de uso diario en una vivienda.

Análisis de la solución del problema

El proyecto presenta una solución al facilitar y optimizar el costo de dispositivos inteligentes para las facilidades del hogar en relación con el consumo de cargo, mediante el automatizado de la lámpara Led, tomacorriente y la monitorización de variables, lo cual permite brindar pruebas verdaderas a la persona encargada ya que tiene como sustentar su consumo real ante la empresa eléctrica; según los datos de las variables en la interfaz de usuario.

Mediante la interfaz se ahorra tiempo en la recolección de las variables que influyen en el control de cargas, ya que ahora solo habrá necesidad de acercarse al dispositivo inteligente en caso de alertas como cambios bruscos de clima o falta de datos, se podría decir que mediante la ayuda provista por el dispositivo automatizado la persona encargada tendría una mayor facilidad al controlar las facilidades del hogar y de por si aumentaría su control de cargas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Al término del presente trabajo de investigación desarrollado, después de haber analizado y discutido los resultados alcanzados, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Las comunicaciones inalámbricas, son un camino muy viable para la comunicación entre dispositivos inteligentes en aplicaciones domótica, tanto por su versatilidad como por su costo.
- A través del uso de Microcontroladores se puede automatizar las diferentes actividades del hogar, tales como los que se encuentran en edificios inteligentes de forma que los sistemas resulten robustos, eficientes y económicos.
- Los sensores de aplicaciones generales funcionan de manera correcta y con la precisión requerida en la adquisición de datos dentro de procesos domóticos, lo que permiten abaratar costos y reduce los tiempos de desarrollo.
- Los sistemas basados en los Microcontroladores facilitan el diseño de procesos de automatización muy versátiles, que se ajustan fácilmente a los requerimientos y exigencias de los procesos en las viviendas.
- El diseño de una buena interfaz de usuario es fundamental para que el operario pueda interpretar correctamente la información de las variables dentro del hogar, reduciendo en lo posible los errores debido a la fatiga.
- Dentro del proceso de automatización de la lámpara Led y el tomacorriente, se controlan los lux generados por área y el monitoreo de cargas conectadas al tomacorriente.
-

5.2. RECOMENDACIONES

Según lo observado durante el desarrollo del trabajo de investigación se examinaron ciertos puntos en cuanto al diseño, funcionamiento y manteamiento del sistema automatizado, que se detallan a continuación:

- En el caso de conexiones eléctricas (110V), se recomienda el uso de calibre de cable adecuado y así evitar posibles daños y accidentes.

- Realizar la instalación de los bloques del dispositivo inteligente en una zona firme, robusta y que se encuentre bajo techo para prevenir fallos en las tarjetas debido a perturbaciones climáticas.
- Debe asegurarse que la caja cerrada herméticamente para el almacenamiento de la tarjeta electrónica se mantenga en buen estado para evitar filtraciones de agua y humedad.
- Se recomienda revisar y analizar el registro histórico de las variables, al menos una vez a la semana. Esto permitirá estimar cambios en el ambiente, y verificar el funcionamiento de los sensores.
- Revisar semestralmente el estado del dispositivo inteligente, para determinar daños en la estructura y la cubierta, lo que podría ocasionar daños al controlador y al sistema electrónico en general.
- Realizar periódicamente revisiones de las conexiones del tomacorriente y la lámpara led debido a que su uso puede causar luego de varias horas de funcionamiento daños en la fuente de alimentación.

5.3. Trabajo Futuro

Luego de realizada las pruebas de funcionamiento del proceso de automatización del dispositivo inteligente que comprende a la lámpara Led y el tomacorriente, y constatar que cumple con las expectativas planteadas al inicio, se considera que este no es el fin de esta investigación sino, más bien abre nuevas líneas tanto en el área domótica como de automática. Siempre hay espacio para expandir o mejorar, como es el caso de poder implementar un sistema energizado mediante energías renovables con el uso de paneles solares. También se podría facilitar la supervisión con la instalación de la interfaz dentro de un servidor para que su monitorización pueda realizarse desde cualquier locación con acceso a internet.

Este proyecto se realizó enfocado a la automatización de un solo dispositivo inteligente, por lo que mediante el uso de la información obtenida se podría expandir el sistema de control para lograr cubrir todas las actividades en una vivienda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguayo, P. (2004). Introducción al Microcontrolador. Artıculo, noviembre.

Azpiroz de Pedro, P. (2010). Integración de Radio Mobile y NS-3 para la planifcación de redes rurales híbridas WiMAX+ WiFi (Master's Thesis).

Cabanes, N. C., Giménez, V. B., Antón, A. M., & Villa, R. M. P. (2011). LUMINOTECNIA: Cálculo según el método de los lúmenes.

CItcea. (2016, enero 2). Cálculos en iluminación de interiores. Recuperado 27 de noviembre de 2017, a partir de http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html Cole, D. (2014, septiembre 1). Comunicación inalámbrica por radiofrecuencia: Comunicación Inalámbrica? ¿Qué es?... Recuperado 25 de noviembre de 2017, a partir de http://comunicacion-inalambrica-1.blogspot.com/2014/09/comunicacion-inalambrica-que-es.html

Colmena Mateos, A. (2017). Diseño e implementación de un sistema de control de iluminación basado en dispositivos móviles inteligentes y módulos empotrados de bajo coste.

Druizoses. (2017, mayo 27). Zigbee y XBee. Recuperado 4 de febrero de 2018, a partir de http://www.davidruizoses.com/zigbee-y-xbee/

Finkenzeller, K. (2010). RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication. John Wiley & Sons.

Furber, S. (2000). ARM system-on-chip architecture (2. ed). Harlow: Addison-Wesley.

Hernández Balibrea, R. (2012). Tecnología domótica para el control de una vivienda.

Hidalgo Alcalá, M. E. (2011). Diseño del sistema de iluminación automatizado para una oficina en un edificio inteligente, basado en tecnología inalámbrica Zigbee.

How To Connect To Wifi | Step-By-Step Guide. (s. f.). Recuperado 25 de noviembre de 2017, a partir de https://www.digitalunite.com/guides/using-internet-0/connecting-internet/how-connect-wifi

Intplus. (2013, marzo 3). IC SENSOR DE INFRARROJOS TSOP4838. Recuperado 25 de noviembre de 2017, a partir de http://www.superrobotica.com/S320170.htm

Mosquera, J. J. M., & Méndez, A. G. (2016). Implementación de un prototipo de sistema domótico ahorrador de energía controlado desde aplicación móvil Android. Ingeniería y Región, 15(0), 65-74.

Pérez, E. M., Acevedo, J. M., & Silva, C. F. (2009). Autómatas programables y sistemas de automatización. Marcombo.

Sala, J. E. G., Caporal, R. M., Huerta, E. B., Rivas, J. J. R., & Magdaleno, J. de J. R. (2016). A Smart Switch to Connect and Disconnect Electrical Devices at Home by Using Internet. IEEE Latin America Transactions, 14(4), 1575–1581.

Sensor de Voltaje AC. (2013, marzo 23). Recuperado 24 de noviembre de 2017, a partir de http://cdtechnologia.net/sensores/490-sensor-de-voltaje-ac.html

Velarde, R. A. B., & Guerra, M. R. G. (2014). Sistema Domótico de Control Centralizado con Comunicación por Linea de Poder.

ANEXOS

Anexo A: Hoja de datos del sensor NRF2401L

SEMICONDUCTOR

Single chip 2.4 GHz Transceiver **nRF2401**

FEATURES

- True single chip GFSK transceiver in a small 24-pin package (QFN24 5x5mm)
- Data rate 0 to1Mbps
- Only 2 external components
- Multi channel operation
  - 125 channels
  - Channel switching time <200ϟs.
  - Support frequency hopping
- Data slicer / clock recovery of data
- Address and CRC computation
- DuoCeiver™ for simultaneous dual receiver topology
- ShockBurst™ mode for ultra-low power operation and relaxed MCU performance
- Power supply range: 1.9 to 3.6 V
- Low supply current (TX), typical 10.5mA peak @ -5dBm output power
- Low supply current (RX), typical 18mA peak in receive mode
- 100 % RF tested
- No need for external SAW filter
- World wide use

APPLICATIONS

- Wireless mouse, keyboard, joystick
- Keyless entry
- Wireless data communication
- Alarm and security systems
- Home automation
- Surveillance
- Automotive

- Telemetry
- Intelligent sports equipment
- Industrial sensors
- Toys

GENERAL DESCRIPTION

nRF2401 is a single-chip radio transceiver for the world wide 2.4 - 2.5 GHz ISM band. The transceiver consists of a fully integrated frequency synthesizer, a power amplifier, a crystal oscillator and a modulator. Output power and frequency channels are easily programmable by use of the 3-wire serial interface. Current consumption is very low, only 10.5mA at an output power of -5dBm and 18mA in receive mode. Built-in Power Down modes makes power saving easily realizable.

QUICK REFERENCE DATA

Parameter	Value	Unit
Minimum supply voltage	1.9	V
Maximum output power	0	dBm
Maximum data rate	1000	kbps
Supply current in transmit @ -5dBm output power	10.5	mA
Supply current in receive mode	18	mA
Temperature range	-40 to +85	°C
Sensitivity	-90	dBm
Supply current in Power Down mode	400	nA

Table 1 nRF2401 quick reference data

Type Number	Description	Version
NRF2401 IC	24 pin QFN 5x5, saw	A
NRF2401G IC	24 pin QFN 5x5, punch, lead free	A
NRF2401-EVKIT	Evaluation kit (2 test PCB, 2 configuration PCB, SW)	1.0

Table 2 nRF2401 ordering information

BLOCK DIAGRAM

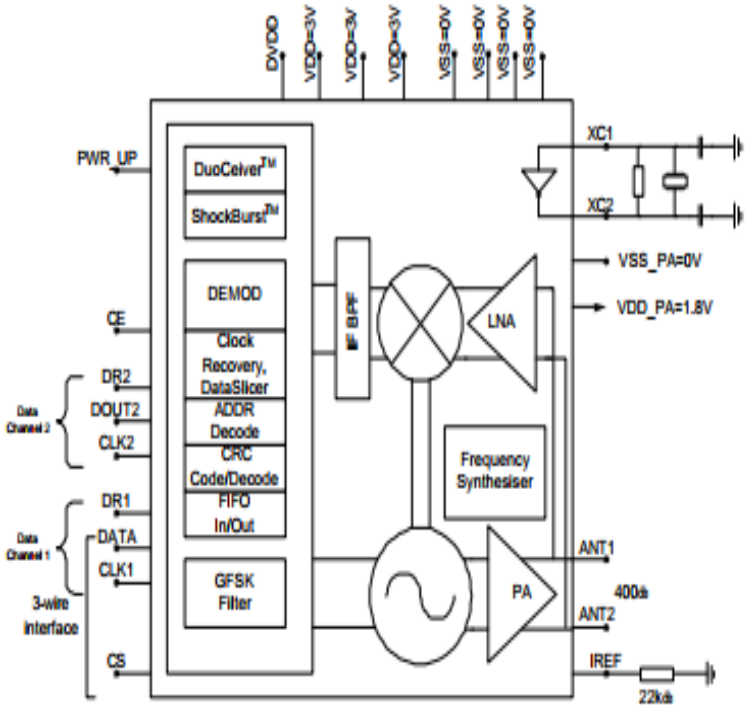


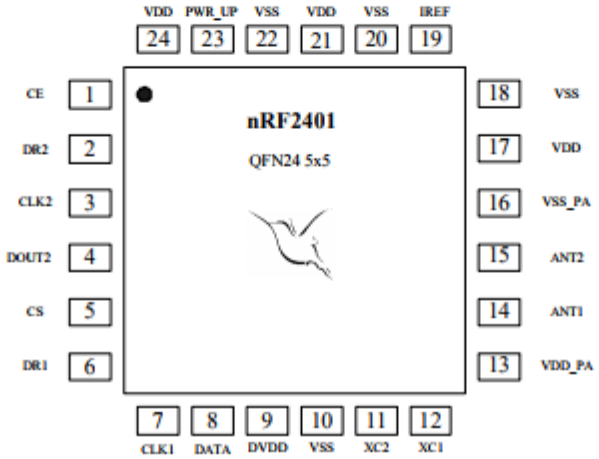
Figure 1 nRF2401 with external components.

PIN FUNCTIONS

Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	DR2	Digital Output	RX Data Ready at Data Channel 2 (ShockBurst™ only)
3	CLK2	Digital I/O	Clock Output/Input for RX Data Channel 2
4	DOUT2	Digital Output	RX Data Channel 2
5	CS	Digital Input	Chip Select Activates Configuration Mode
6	DR1	Digital Output	RX Data Ready at Data Channel 1 (ShockBurst™ only)
7	CLK1	Digital I/O	Clock Input (TX) & Output/Input (RX) for Data Channel 1 3-wire interface
8	DATA	Digital I/O	RX Data Channel 1/TX Data Input/ 3-wire interface
9	DVDD	Power Output	Positive Digital Supply output for de-coupling purposes
10	VSS	Power	Ground (0V)
11	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
12	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
13	VDD_PA	Power Output	Power Supply (+1.8V) to Power Amplifier
14	ANT1	RF	Antenna interface 1
15	ANT2	RF	Antenna interface 2
16	VSS_PA	Power	Ground (0V)
17	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
18	VSS	Power	Ground (0V)
19	IREF	Analog Input	Reference current
20	VSS	Power	Ground (0V)
21	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
22	VSS	Power	Ground (0V)
23	PWR_UP	Digital Input	Power Up
24	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)

Table 3 nRF2401 pin function

PIN ASSIGNMENT



Anexo B: Hoja de datos de sensor HC05

DATASHEET
BLUETOOTH TO SERIAL PORT MODULE
HC05

Overview

HC-05 module is an easy to use Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) module, designed for transparent wireless serial connection setup.
Serial port Bluetooth module is fully qualified Bluetooth V2.0+EDR (Enhanced Data Rate) 3Mbps Modulation with complete 2.4GHz radio transceiver and baseband. It uses CSR Bluecore 04-External single chip Bluetooth system with CMOS technology and with AFH (Adaptive Frequency Hopping Feature). It has the
footprint as small as 12.7mmx27mm. Hope it will simplify your overall design/development cycle.

Specifications

Hardware features

- **Typical -**80dBm sensitivity.
- **Up to +4dBm RF transmit power.**
- **Low Power 1.8V Operation, 3.3 to 5 V I/O.**
- **PIO control.**
- **UART interface with programmable baud rate.**
- **With integrated antenna.**
- **With edge connector.**

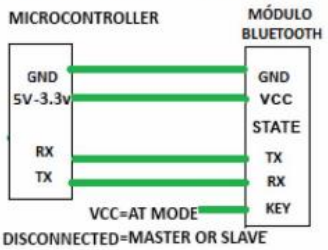
Software features

- **Slave default Baud rate: 9600, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity.**
- **PIO9 and PIO8 can be connected to red and blue led separately. When master and slave are paired, red and blue led blinks 1time/2s in interval, while disconnected only blue led blinks 2times/s.**
- **Auto-**connect to the last device on power as default.
- **Permit pairing device to connect as default.**
- **Auto-**pairing **PINCODE:"1234" as default.**
- **Auto-**reconnect in 30 min when disconnected as a result of beyond the **range of connection.**

www.electronica60norte.com
electronica60norte@hotmail.com

Pin out configuration

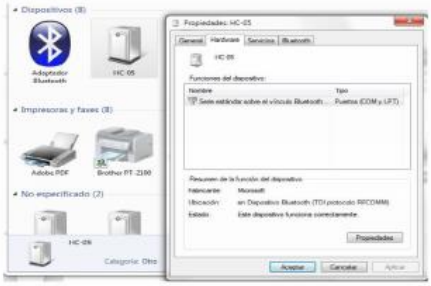
Typical Application Circuit



www.electronica60norte.com
electronica60norte@hotmail.com

After connect the Bluetooth module, scan for new devices from the PC and you will find the module with the device name "HC-05", after that, click to connect, if some message appears asking about "Pairing code" just put "1234" as default code.

BLUE LED = ACTIVE (Blinking 500ms period inactive connection, change 1seg with active connection)



Open a serial terminal and select the serial COM x port number that assigned Windows to Bluetooth Module.

Configure the serial terminal with these parameters:

- Baud rate: 9600.
- Data bits:8.
- Stop bit:1.
- Parity: No parity.

www.electronica60norte.com
electronica60norte@hotmail.com

Anexo C: Hoja de datos del sensor de corriente ACS7210

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 µs output rise time in response to step input current
- 50 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at T_A = 25°C, and 4% at –40°C to 85°C
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 mΩ internal conductor resistance
- 2.1 kV_{RMS} minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

Package: 8 pin SOIC (suffix LC)

Approximate Scale 1:1

Description

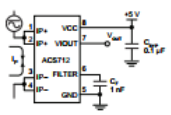
The Allegro® ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, automotive, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which is sensed by the integrated Hall IC and converted into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope (>$V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 mΩ typical, providing low power

Continued on the next page…

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT}, that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC

Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T_{OP} (°C)	Optimized Range, I_P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	–40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	–40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	–40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

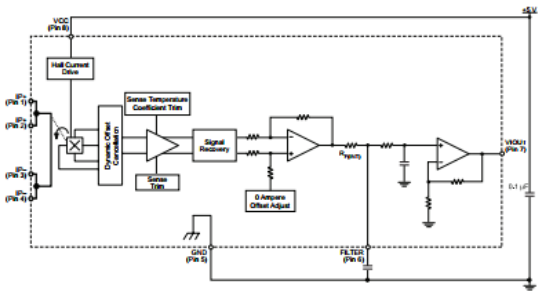
Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V_{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V_{RCC}		–0.1	V
Output Voltage	V_{IOUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V_{RIOUT}		–0.1	V
Output Current Source	$I_{IOUT(Source)}$		3	mA
Output Current Sink	$I_{IOUT(Sink)}$		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I_P	100 total pulses, 250 ms duration each, applied at a rate of 1 pulse every 100 seconds.	60	A
Maximum Transient Sensed Current	I_P(max)	Junction Temperature, $T_J < T_J$(max)	60	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T_A	Range E	–40 to 85	°C
Maximum Junction	T_J(max)		165	°C
Storage Temperature	T_{stg}		–65 to 170	°C

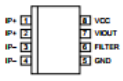
TÜV America
Certificate Number:
U8V 06 05 54214 010

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP–	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

Anexo D: Hoja de datos del microcontrolador

life.augmented

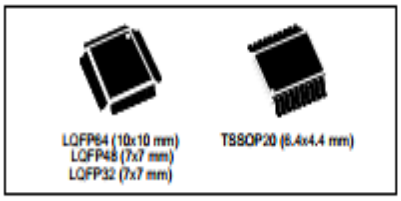
STM32F030x4 STM32F030x6 STM32F030x8 STM32F030xC

Value-line ARM®-based 32-bit MCU with up to 256 KB Flash, timers, ADC, communication interfaces, 2.4-3.6 V operation

Datasheet - production data

Features

- Core: ARM® 32-bit Cortex®-M0 CPU, frequency up to 48 MHz
- Memories
  - 16 to 256 Kbytes of Flash memory
  - 4 to 32 Kbytes of SRAM with HW parity
- CRC calculation unit
- Reset and power management
  - Digital & I/Os supply: V_{DD} = 2.4 V to 3.6 V
  - Analog supply: V_{DDA} = V_{DD} to 3.6 V
  - Power-on/Power down reset (POR/PDR)
  - Low power modes: Sleep, Stop, Standby
- Clock management
  - 4 to 32 MHz crystal oscillator
  - 32 kHz oscillator for RTC with calibration
  - Internal 8 MHz RC with x6 PLL option
  - Internal 40 kHz RC oscillator
- Up to 55 fast I/Os
  - All mappable on external interrupt vectors
  - Up to 55 I/Os with 5V tolerant capability
- 5-channel DMA controller
- One 12-bit, 1.0 µs ADC (up to 16 channels)
  - Conversion range: 0 to 3.6 V
  - Separate analog supply: 2.4 V to 3.6 V
- Calendar RTC with alarm and periodic wakeup from Stop/Standby
- 11 timers
  - One 16-bit advanced-control timer for six-channel PWM output
  - Up to seven 16-bit timers, with up to four IC/OC, OCN, usable for IR control decoding
  - Independent and system watchdog timers
  - SysTick timer



LQFP64 (10x10 mm)
LQFP48 (7x7 mm)
LQFP32 (7x7 mm)

TSSOP20 (6.4x4.4 mm)

- Communication interfaces
  - Up to two I^2C interfaces
    - Fast Mode Plus (1 Mbit/s) support on one or two I/Fs, with 20 mA current sink
    - SMBus/PMBus support (on single I/F)
  - Up to six USARTs supporting master synchronous SPI and modem control; one with auto baud rate detection
  - Up to two SPIs (18 Mbit/s) with 4 to 16 programmable bit frames
- Serial wire debug (SWD)
- All packages ECOPACK®2

Table 1. Device summary

Reference	Part number
STM32F030x4	STM32F030F4
STM32F030x6	STM32F030C6, STM32F030K6
STM32F030x8	STM32F030C8, STM32F030R8
STM32F030xC	STM32F030CC, STM32F030RC

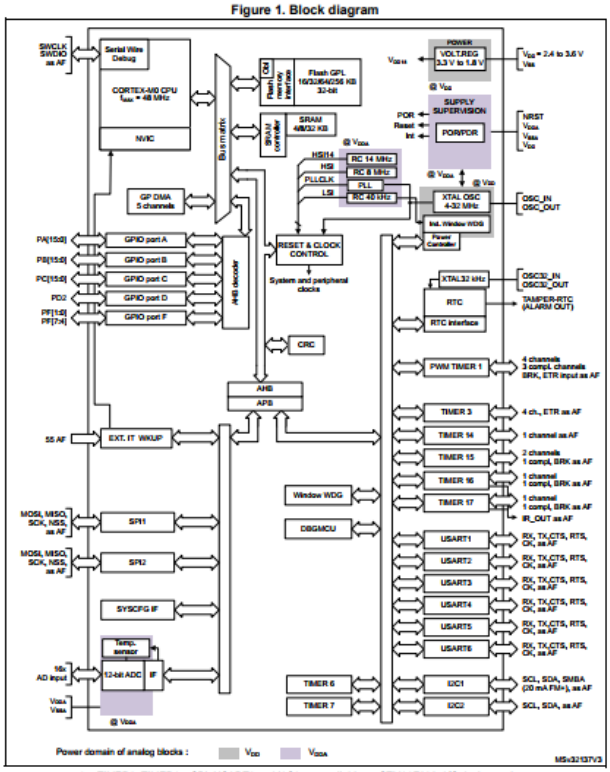
This is information on a product in full production. www.st.com

Table 2. STM32F030x4/x6/x8/xC family device features and peripheral counts

Peripheral		STM32 F030F4	STM32 F030K6	STM32 F030C6	STM32 F030C8	STM32 F030CC	STM32 F030R8	STM32 F030RC
Flash (Kbytes)		16	32	32	64	256	64	256
SRAM (Kbytes)		4			8	32	8	32
Timers	Advanced control	1 (16-bit)						
	General purpose	4 (16-bit)(1)			5 (16-bit)			
	Basic	-			1 (16-bit)(2)	2 (16-bit)	1 (16-bit)(2)	2 (16-bit)
Comm. interfaces	SPI	1(3)			2			
	I^2C	1(4)			2			
	USART	1(5)			2(6)	6	2(6)	6
12-bit ADC (number of channels)		1 (9 ext. +2 int.)	1 (10 ext. +2 int.)	1 (10 ext. +2 int.)	1 (10 ext. +2 int.)	1 (10 ext. +2 int.)	1 (16 ext. +2 int.)	1 (16 ext. +2 int.)
GPIOs		15	26	39	39	37	55	51
Max. CPU frequency		48 MHz						
Operating voltage		2.4 to 3.6 V						
Operating temperature		Ambient operating temperature: -40°C to 85°C Junction temperature: -40°C to 105°C						
Packages		TSSOP20	LQFP32	LQFP48			LQFP64	

1. TIM15 is not present.
2. TIM7 is not present.
3. SPI2 is not present.
4. I2C2 is not present.
5. USART2 to USART6 are not present.
6. USART3 to USART6 are not present

Figure 1. Block diagram



1. TIMER6, TIMER15, SPI, USART2 and I2C2 are available on STM32F030x8/C devices only.
2. USART3, USART4, USART5, USART6 and TIMER7 are available on STM32F030xC devices only.

3 Functional overview

3.1 ARM®-Cortex®-M0 core with embedded Flash and SRAM

The ARM® Cortex®-M0 processor is the latest generation of ARM processors for embedded systems. It has been developed to provide a low-cost platform that meets the needs of MCU implementation, with a reduced pin count and low-power consumption, while delivering outstanding computational performance and an advanced system response to interrupts.

The ARM® Cortex®-M0 32-bit RISC processor features exceptional code-efficiency, delivering the high-performance expected from an ARM core in the memory size usually associated with 8- and 16-bit devices.

The STM32F0xx family has an embedded ARM core and is therefore compatible with all ARM tools and software.

Figure 3 shows the general block diagram of the device family.

3.2 Memories

The device has the following features:

- 4 to 32 Kbytes of embedded SRAM accessed (read/write) at CPU clock speed with 0 wait states and featuring embedded parity checking with exception generation for fail-critical applications.
- The non-volatile memory is divided into two arrays:
  - 16 to 256 Kbytes of embedded Flash memory for programs and data
  - Option bytes

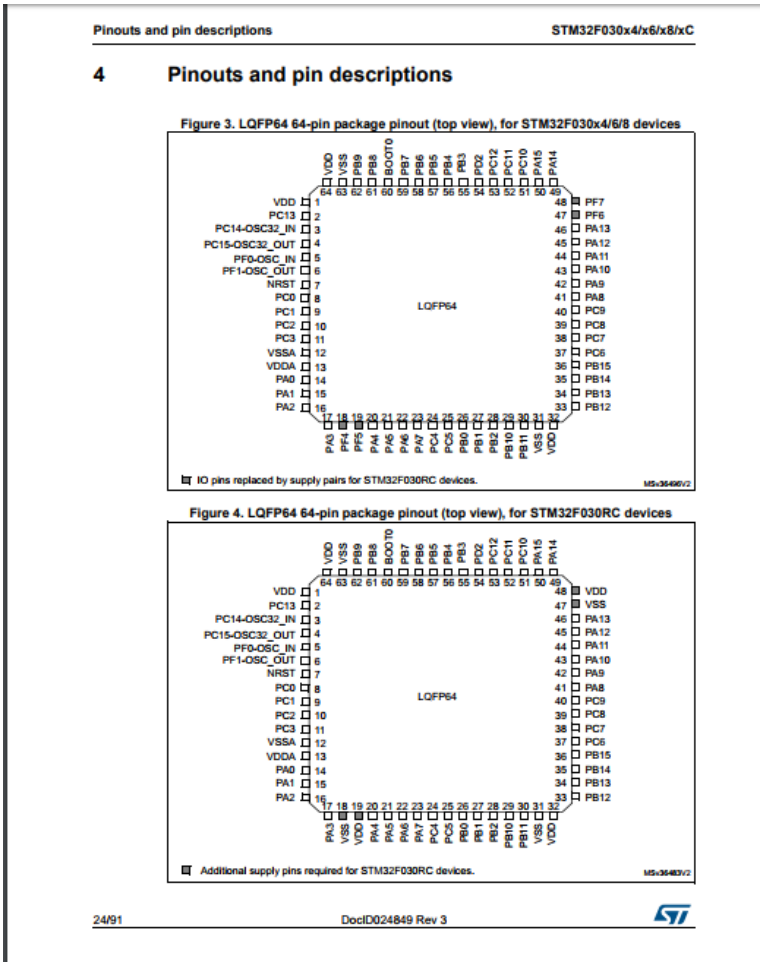
  The option bytes are used to write-protect the memory (with 4 KB granularity) and/or readout-protect the whole memory with the following options:
  - Level 0: no readout protection
  - Level 1: memory readout protection, the Flash memory cannot be read from or written to if either debug features are connected or boot in RAM is selected
  - Level 2: chip readout protection, debug features (Cortex®-M0 serial wire) and boot in RAM selection disabled

3.3 Boot modes

At startup, the boot pin and boot selector option bit are used to select one of the three boot options:

- Boot from User Flash
- Boot from System Memory
- Boot from embedded SRAM

The boot loader is located in System Memory. It is used to reprogram the Flash memory by using USART on pins PA14/PA15 or PA9/PA10.



Pinouts and pin descriptions STM32F030x4/x6/x8/xC

4 Pinouts and pin descriptions

Figure 3. LQFP64 64-pin package pinout (top view), for STM32F030x4/6/8 devices

Figure 4. LQFP64 64-pin package pinout (top view), for STM32F030RC devices

24/91 DocID024849 Rev 3

Anexo E: Programación del Código C/C++ del bloque maestro

```
/* MAESTRO CIRCUITO DE ENLACE ENTRE LOS MODULOS NRF24L01 Y EL MODULO BLUETOOTH
TMRh20 2014 - Updates to the library allow sleeping both in TX and RX modes:
TX Mode: The radio can be powered down (.9uA current) and the Arduino slept using the watchdog timer
RX Mode: The radio can be left in standby mode (22uA current) and the Arduino slept using an interrupt pin
*/
#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
float datos[5];
// Set up nRF24L01 radio on SPI-1 bus (MOSI-PA7, MISO-PA6, SCLK-PA5) ... IRQ not used?
```

```
RF24 radio(PB0,PB1);
const uint64_t pipes[2] = { 0xF0F0F0F0E1LL, 0xF0F0F0F0D2LL }; // Radio pipe addresses for the 2 nodes to
communicate.
struct payload_t { // Structure of our payload
float node;
unsigned long counter;
float luz;
float DHT11hum;
float batteryLevel;
};
void setup(){
Serial.begin(38400);//BLUETOOTH
delay(1000);
Serial.println("\n\rRF24 Sensor transmitter");
SPI.begin();
SPI.setDataMode(SPI_MODE0);
SPI.setBitOrder(MSBFIRST);
// Setup and configure rf radio
radio.begin();
// optionally, increase the delay between retries & # of retries
radio.setRetries(15,15);
radio.setChannel(0x4c);
radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
// Open pipes to other nodes for communication
// This simple sketch opens two pipes for these two nodes to communicate
// back and forth.
// Open 'our' pipe for writing
// Open the 'other' pipe for reading, in position #1 (we can have up to 5 pipes open for reading)
radio.openWritingPipe(pipes[0]);
radio.openReadingPipe(1,pipes[1]);
// Start listening
```

Anexo F: Programación del Código C/C++ del bloque de iluminación

```
/*
Autor : Erik Liger Robalino
Receiver + DIMMER.
Each sensor modue has a unique ID.
TMRh20 2014 - Updates to the library allow sleeping both in TX and RX modes:
TX Mode: The radio can be powered down (.9uA current) and the Arduino slept using the watchdog timer
RX Mode: The radio can be left in standby mode (22uA current) and the Arduino slept using an interrupt pin
*/
#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
// Set up nRF24L01 radio on SPI-1 bus (MOSI-PA7, MISO-PA6, SCLK-PA5) ... IRQ not used?
RF24 radio(PB0,PB1);
const uint64_t pipes[2] = { 0xF0F0F0F0E1LL, 0xF0F0F0F0D2LL }; // Radio pipe addresses for the 2 nodes to communicate.
int dim;
int stdim=0;
int st=0;//control para ir on off
struct payload_t { // Structure of our payload
float node;
unsigned long counter;
float luz;
float batteryLevel;
};
void setup(){
Serial.begin(9600);
delay(1000);
pinMode(PC15, INPUT);
Serial.println("\n\rRF24 Sensor Receiver");
SPI.begin();
```

```
SPI.setDataMode(SPI_MODE0);
SPI.setBitOrder(MSBFIRST);
// Setup and configure rf radio
radio.begin();
// optionally, increase the delay between retries & # of retries
radio.setRetries(15,15);
radio.setChannel(0x4c);
radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
// Open pipes to other nodes for communication
// This simple sketch opens two pipes for these two nodes to communicate
// back and forth.
// Open 'our' pipe for writing
// Open the 'other' pipe for reading, in position #1 (we can have up to 5 pipes open for reading)
radio.openWritingPipe(pipes[1]);
radio.openReadingPipe(1,pipes[0]);
// Start listening
radio.startListening();
// Dump the configuration of the rf unit for debugging
radio.printDetails();
}
void loop(){
if(digitalRead(PC15)==LOW){//RECEPTOR INFRARROJO
if(st==0){
st=1;
}else{
analogWrite(PB9,0);
st=0;
}
delay(1000);
}
payload_t packet;
// Receive each packet, dump it out
if ( radio.available() ) { // if there is data ready
```

```
radio.read( &packet, sizeof(packet) ); // Get the payload, and see if this was the last one.
Serial.print("Received from Sensor: "); Serial.print(packet.node);
Serial.print(" #:"); Serial.println(packet.counter);
Serial.print("LUZPORCENT = "); Serial.print(packet.luz);
Serial.print(" Batt = "); Serial.println(packet.batteryLevel);
if(packet.node==1.00){
Serial.print(" **********DIMMER = "); Serial.println(packet.luz);
dim=packet.luz;
dim=dim*28;//0-9 *28 252 pwm
if(st==1){
analogWrite(PB9,dim);//ESCRITURA DEL PWM
}else{
analogWrite(PB9,0);
}
}
}
//Serial.print("Reading");
}
```

Anexo G: Programación del Código C/C++ del bloque de control de carga

```
/*
tomacorriente
Sensores corriente voltaje.
Each sensor modue has a unique ID.
TMRh20 2014 - Updates to the library allow sleeping both in TX and RX modes:
TX Mode: The radio can be powered down (.9uA current) and the Arduino slept using the watchdog timer
RX Mode: The radio can be left in standby mode (22uA current) and the Arduino slept using an interrupt pin
*/
#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
float datos[5];
```

```
int st=0;//control para ir on off
int sensorValue = 0;
int maxi = 0;
// Set up nRF24L01 radio on SPI-1 bus (MOSI-PA7, MISO-PA6, SCLK-PA5) ... IRQ not used?
RF24 radio(PB0,PB1);
const uint64_t pipes[2] = { 0xF0F0F0F0E1LL, 0xF0F0F0F0D2LL }; // Radio pipe addresses for the 2 nodes to communicate.
struct payload_t { // Structure of our payload
unsigned long node;
unsigned long counter;
float DHT11temp;
float DHT11hum;
int batteryLevel;
};
void setup(){
Serial.begin(38400);
delay(1000);
pinMode(PC15, INPUT);
pinMode(PB9, OUTPUT);
Serial.println("\n\rRF24 Sensor transmitter");
SPI.begin();
SPI.setDataMode(SPI_MODE0);
SPI.setBitOrder(MSBFIRST);
// Setup and configure rf radio
radio.begin();
// optionally, increase the delay between retries & # of retries
radio.setRetries(15,15);
radio.setChannel(0x4c);
radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
// Open pipes to other nodes for communication
// This simple sketch opens two pipes for these two nodes to communicate
// back and forth.
// Open 'our' pipe for writing
```

```
// Open the 'other' pipe for reading, in position #1 (we can have up to 5 pipes open for reading)
radio.openWritingPipe(pipes[0]);
radio.openReadingPipe(1,pipes[1]);
// Start listening
//radio.startListening();
// Dump the configuration of the rf unit for debugging
radio.printDetails();
}
int maxv;
void loop(){
maxv=0;
for(int x=1;x<100;x++){
sensorValue = analogRead(PA0);//leo el sensor de voltaje
if(sensorValue>maxv){
maxv=sensorValue;
}
delay(5);
}
maxv=map(maxv,0,1650,0,120);
Serial.print("maxvolt:");
Serial.print(maxv);
maxi=0;
for(int x=1;x<100;x++){
sensorValue = analogRead(PA1);//leo el sensor de corriente
if(sensorValue>maxi){
maxi=sensorValue;
}
delay(5);
}
maxi=maxi-3060;//resto el dafault de la corriente
maxi=maxi*4;
if(maxi<=0){
maxi=0;
```

```
}
//maxv=map(maxv,0,1650,0,120);
Serial.print("maxi:");
Serial.print(maxi);
for(int x=1;x<200;x++){
if(digitalRead(PC15)==LOW){
if(st==0){
st=1;
digitalWrite(PB9,HIGH);
}else{
digitalWrite(PB9,LOW);
st=0;
}
delay(600);
}
delay(1);
}
payload_t packet;
// toggleLED();
// First, stop listening so we can talk.
//radio.stopListening();
// Take the time, and send it. This will block until complete
datos[0]=2;
datos[1]=5;
if(st==0){
datos[3]=0;//CORRIENTE
datos[4]=0; //VOLTAJE
}else{
datos[3]=maxi;//CORRIENTE
datos[4]=maxv; //VOLTAJE
}
//enviamos los datos
bool ok = radio.write(datos, sizeof(datos));
// bool ok = radio.write( &time, sizeof(unsigned long) );
```

```
if (ok){
Serial.print("Datos enviados: ");
Serial.print(datos[0]);
Serial.print(" , ");
Serial.print(datos[1]);
Serial.print(" , ");
Serial.print(datos[2]);
Serial.print(" , ");
Serial.print(datos[3]);
Serial.print(" , ");
Serial.println(datos[4]);
Serial.println("ok...\r\n");
}else{
Serial.println("failed.\r\n");
}
// Now, continue listening
delay(800);
```

VISHAY

TSOP17..

Vishay Telefunken

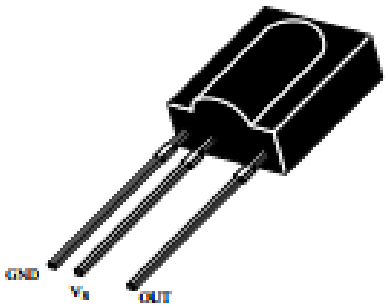
Photo Modules for PCM Remote Control Systems

Available types for different carrier frequencies

Type	fo	Type	fo
TSOP1730	30 kHz	TSOP1733	33 kHz
TSOP1736	36 kHz	TSOP1737	36.7 kHz
TSOP1738	38 kHz	TSOP1740	40 kHz
TSOP1756	56 kHz		

Description

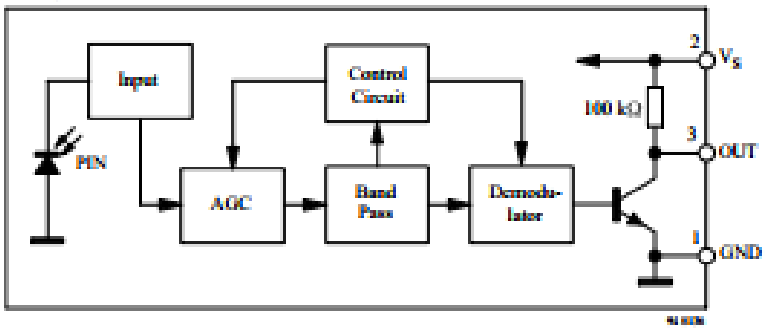
The TSOP17.. – series are miniaturized receivers for infrared remote control systems. PIN diode and preamplifier are assembled on lead frame, the epoxy package is designed as IR filter.
The demodulated output signal can directly be decoded by a microprocessor. TSOP17.. is the standard IR remote control receiver series, supporting all major transmission codes.



Features

- Photo detector and preamplifier in one package
- Internal filter for PCM frequency
- Improved shielding against electrical field disturbance
- TTL and CMOS compatibility
- Output active low
- Low power consumption
- High immunity against ambient light
- Continuous data transmission possible (1200 bit/s)
- Suitable burst length ≥10 cycles/burst

Block Diagram



TSOP17..

Vishay Telefunken

VISHAY

Absolute Maximum Ratings

T_{amb} = 25°C

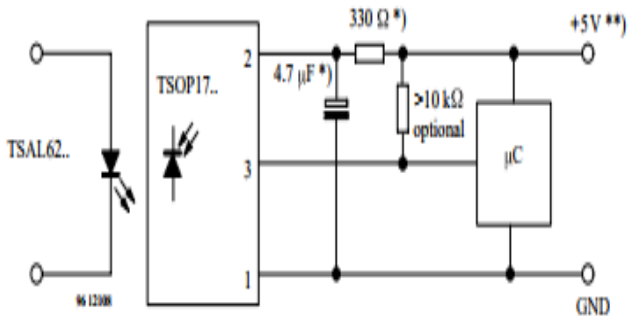
Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	(Pin 2)	V_S	–0.3...6.0	V
Supply Current	(Pin 2)	I_S	5	mA
Output Voltage	(Pin 3)	V_O	–0.3...6.0	V
Output Current	(Pin 3)	I_O	5	mA
Junction Temperature		T_j	100	°C
Storage Temperature Range		T_{stg}	–25...+85	°C
Operating Temperature Range		T_{amb}	–25...+85	°C
Power Consumption	(T_{amb} ≦ 85 °C)	P_{tot}	50	mW
Soldering Temperature	t ≦ 10 s, 1 mm from case	T_{sd}	260	°C

Basic Characteristics

T_{amb} = 25°C

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Current (Pin 2)	V_S = 5 V, E_v = 0	I_{SD}	0.4	0.6	0.8	mA
	V_S = 5 V, E_v = 40 klx, sunlight	I_{SH}		1.0		mA
Transmission Distance	E_v = 0, test signal see fig.7, IR diode TSIP5201, I_F = 400 mA	d		35		m
Output Voltage Low (Pin 3)	I_{OSL} = 0.5 mA, E_e = 0.7 mW/m², f = f_o, t_p/T = 0.4	V_{OSL}			250	mV
Irradiance (30 – 40 kHz)	Pulse width tolerance: $t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$, test signal (see fig.7)	$E_{e\,min}$		0.35	0.5	mW/m²
Irradiance (56 kHz)	Pulse width tolerance: $t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$, test signal (see fig.7)	$E_{e\,min}$		0.4	0.6	mW/m²
Irradiance		$E_{e\,max}$	30			W/m²
Directivity	Angle of half transmission distance	$\varphi_{1/2}$		±45		deg

Application Circuit



*) only necessary to suppress power supply disturbances

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Liger Robalino Erik André**, con C.C: # 0503392201 autor del trabajo de titulación: "Análisis de un sistema basado en Microcontroladores para el control Inteligente de toma corrientes y lámparas en una vivienda, apoyado en sensores y actuadores de bajo costo" previo a la obtención del título de **Ingeniería Electrónica con Mención en Control y Automatismo** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **12** de marzo de **2018**

f. _____

Nombre: **Liger Robalino, Erik André**

C.C: **0503392201**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	"Análisis de un sistema basado en Microcontroladores para el control Inteligente de toma corrientes y lámparas en una vivienda, apoyado en sensores y actuadores de bajo costo"		
AUTOR(ES)	**Erik André Liger Robalino**		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Eduardo Vicente Mendoza Merchán		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	12 de Marzo de 2018	**No. DE PÁGINAS:**	115
ÁREAS TEMÁTICAS:	Microcontroladores, Diseño Electrónico Industrial, Domótica e Inmótica.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Microcontroladores; sistemas de control; control de cargas; interfaz de usuario, App Inventor, NRF2401L		

RESUMEN/ABSTRACT:
El presente trabajo de titulación se encuentra enfocado al análisis e implementación de los procesos en las actividades de control de carga e iluminación en el área de la domótica, orientado especialmente a aquellos que se dan dentro de los hogares de clases sociales media y baja, esto se logró mediante el uso de sistemas embebidos en Microcontroladores para el control automático de la intensidad luminosa y del control de cargas; junto con la monitorización de las variables que influyen dentro del sistema, esto se visualizó mediante una interfaz de usuario. Las metodologías utilizadas fueron la bibliográfica y la experimental que permitieron analizar los fundamentos teóricos acerca de las técnicas de comunicación inalámbrica actuales. Como resultados, se diseñó y automatizo el proceso de control de la iluminación de una lámpara Led y el control de cargas en un tomacorriente, la generación de las variables de corriente, voltaje e intensidad luminosa, los cuales son visualizados y almacenados a través de una interfaz diseñada en App inventor, al cual llegan los datos de forma inalámbrica por medio de módulos NRF2401L y HC05. Todo este trabajo nos llevó deducir que el uso de Microcontroladores conlleva una gran versatilidad al momento de automatizar sistemas, pues resultan eficientes y económicos ya que los procesos en la domótica se prestan fácilmente a estos tipos de aplicaciones.

ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	**Teléfono:** +593-985161391	E-mail: **erikliger@hotmail.es**
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	**Nombre:** Mendoza Merchán, Eduardo Vicente	
	Teléfono: +593-9-85086815	
	E-mail: eduardo.mendoza@cu.ucsg.edu.ec	