

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**Vivienda inteligente: proyecto domótico de bajo
coste para una vivienda unifamiliar.**

**Smart home: domotic low cost project for a single
family house**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

**Autor: Pablo Jose Serna Cabeza
Febrero - 2018**



**Gracias a Francisco Javier Díaz por su ayuda.
Gracias por todo a mi familia y a su apoyo, en especial a mis padres.
Alicia Remiro Serna merece una mención especial.
Por mis amigos de Villaverde de Pontones.
A Zuleima.**

INDICE GENERAL

DOCUMENTO 1. MEMORIA.....	9
1. OBJETO.....	9
2. ALCANCE	10
3. ANTECEDENTES	10
4. REQUISITOS DEL DISEÑO	11
5. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	12
5.1. Arduino e IDE Arduino	12
5.2. Raspberry Pi	14
5.3. Sensores de corriente	15
5.3.1. Módulo ACS712	16
5.3.2. SCT-013	17
5.4. Transformador de tensión	19
5.5. Sensor PIR.....	20
5.6. Fotorresistencia LDR.....	22
5.7. Relé.....	23
5.8. Fritzing	24
6. RESULTADOS FINALES.....	25
6.1. Led dimmer	25
6.2. Sensor de presencia	30
6.3. Medidor de consumo.....	35
6.4. Resultados experimentales.....	43
6.4.1. Led dimmer.....	43
6.4.2. Sensor de presencia.....	51
7. TRABAJOS FUTUROS	53
8. DEFINICIONES.....	54
9. BIBLIOGRAFÍA	55

DOCUMENTO 2. ANEXOS	59
1. DESARROLLO DEL CÓDIGO	59
1.1. Led dimmer	59
1.2. Sensor de presencia	61
1.3. Medidor de consumo.....	64
2. HOJAS DE CARACTERÍSTICAS.....	67
2.1. Arduino Nano	67
2.2. Raspberry Pi	72
2.3. Fotorresistencia LDR.....	74
2.4. Sensor PIR.....	75
2.5. STC-013.....	77
2.6. Relé.....	79
DOCUMENTO 3. PLANOS	82
1. Medidor de consumo.....	82
2. Sensor de presencia	82
3. Led dimmer	82
4. Distribución	82
DOCUMENTO 4. PLIEGO DE CONDICIONES	87
1. DISPOSICIONES GENERALES.....	87
1.1. Resumen del proyecto	87
1.2. Alcance y aplicabilidad del pliego de condiciones.....	87
2. CONDICIONES TÉCNICAS	87
2.1. Características de los prototipos	87
2.2. Condiciones de ejecución	88
2.3. Condiciones de montaje.....	88
2.4. Precauciones de uso.....	88
3. CONDICIONES LEGALES	88



3.1. Usos permitidos	88
3.2. Propiedad intelectual.....	89
3.3. Seguridad y Salud.....	89
4. CONDICIONES ECONÓMICAS	89
DOCUMENTO 5. PRESUPUESTO.....	92
1. PRESUPUESTOS PARCIALES.....	92
1.1. Componentes.....	92
1.2. Diseño y montaje	94
2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	94
3. PRESUPUESTO TOTAL PARCIAL	95
4. PRESUPUESTO FINAL.....	95

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Domótica.....	9
Figura 2. Logotipo Arduino.....	12
Figura 3. Arduino Mega.....	13
Figura 4. IDE Arduino.....	13
Figura 5. Arduino Nano.....	14
Figura 6. Logotipo Raspberry Pi.....	15
Figura 7. Raspberry Pi 3 B.....	15
Figura 8. Módulo ACS712.....	16
Figura 9. Transformadores toroidales.....	17
Figura 10. Transformador SCT-013.....	18
Figura 11. Conexión interna SCT-013.....	18
Figura 12. Transformadores de tensión.....	20
Figura 13. Transformador para PCB.....	20
Figura 14. Sensor PIR.....	21
Figura 15. Módulo PIR destapado.....	21
Figura 16. Módulo PIR tapado.....	22
Figura 17. Partes del módulo PIR.....	22
Figura 18. Resistencias LDR.....	23
Figura 19. Módulo con relé.....	23
Figura 20. Logotipo Fritzing.....	24
Figura 21. Ciclo de trabajo.....	27
Figura 22. Conexiones led dimmer.....	28
Figura 23. Conexiones led dimmer con led.....	29
Figura 24. Prototipo led dimmer.....	30
Figura 25. Conexiones sensor de presencia.....	33
Figura 26. Conexiones sensor de presencia con led.....	34
Figura 27. Prototipo sensor de presencia.....	34
Figura 28. Conexión del transformador de corriente.....	39
Figura 29. Conexión del transformador de tensión.....	41
Figura 30. Transformación de señal de tensión.....	42
Figura 31. Conexiones del medidor de consumo.....	43
Figura 32. Señal con luz elevada.....	44



Figura 33. Señal con oscuridad total.....	45
Figura 34. Señal con iluminación adecuada.....	45
Figura 35. Señal con luz deficiente.	46
Figura 36. Reducción del ruido con plena luz	47
Figura 37. Reducción del ruido sin luz.	47
Figura 38. Reducción del ruido con un aumento de luz	48
Figura 39. Reducción del ruido con una reducción de luz.....	48
Figura 40. Reducción del ruido con variaciones rápidas	49
Figura 41. Reducción de ruido, media con 4 muestras	50
Figura 42. Reducción de ruido, media con 10 muestras	50
Figura 43. Reducción de ruido, media con 20 muestras	51
Figura 44. Distancia de detección 1.	52
Figura 45. Distancia de detección 2.	53



DOCUMENTO 1

MEMORIA

DOCUMENTO 1. MEMORIA.....	9
1. OBJETO.....	9
2. ALCANCE	10
3. ANTECEDENTES	10
4. REQUISITOS DEL DISEÑO	11
5. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	12
5.1. Arduino e IDE Arduino	12
5.2. Raspberry Pi	14
5.3. Sensores de corriente	15
5.3.1. Módulo ACS712	16
5.3.2. SCT-013	17
5.4. Transformador de tensión	19
5.5. Sensor PIR.....	20
5.6. Fotorresistencia LDR.....	22
5.7. Relé.....	23
5.8. Fritzing	24
6. RESULTADOS FINALES.....	25
6.1. Led dimmer	25
6.2. Sensor de presencia	30
6.3. Medidor de consumo.....	35
6.4. Resultados experimentales.....	43
6.4.1. Led dimmer.....	43
6.4.2. Sensor de presencia.....	51
7. TRABAJOS FUTUROS	53
8. DEFINICIONES.....	54
9. BIBLIOGRAFÍA	55

DOCUMENTO 1. MEMORIA

El compromiso por el ahorro energético está cobrando cada vez más importancia. En una sociedad basada en el consumo de recursos no renovables donde se presenta la necesidad de buscar nuevas energías o mejorar las existentes, la eficiencia es un aspecto que adquiere cada vez más interés.

1. OBJETO

El objeto de este trabajo es la realización de un proyecto domótico con el que dotar a una vivienda de mayor “inteligencia” y mejorar la eficiencia energética de la misma. En este sentido, se busca realizar una automatización parcial, monitorización del consumo eléctrico y mejora de la eficiencia en la iluminación de una vivienda unifamiliar, empleando dispositivos de coste reducido como son Arduino y Raspberry-pi. Se emplean dispositivos de bajo coste y fácil instalación, de forma que sea accesible y manejable para los usuarios, y que no quede limitado a usuarios con altos conocimientos tecnológicos.

La intencionalidad de este proyecto es unificar estas mejoras, diseñar un sistema con gran variedad de funciones, y emplear dispositivos poco complejos y baratos, de forma que aporte grandes beneficios a la vida cotidiana, tanto económicos como de confort.



Figura 1. Domótica.

2. ALCANCE

El desarrollo del trabajo se divide en dos grandes bloques: por un lado, el diseño y selección de la parte hardware, en la que se incluyen los sensores y circuitos de control empleados y, por otro lado, la parte software que aglutina el código de programación de los circuitos de control. En ambos casos, se trata de emplear dispositivos de coste bajo como Arduino, Raspberry-Pi y diferentes sensores externos, que además utilizan software libre, algo que sin duda marca una tendencia hoy en día.

El sistema de control se encarga, por un lado, de monitorizar e informar al usuario del consumo de energía eléctrica en la vivienda, con el objetivo de poder reducir su consumo. Además, será capaz de regular la intensidad lumínica de manera automática, en función de las condiciones de luz de cada momento, para garantizar un umbral mínimo de iluminación. De este modo se mejora la eficiencia energética en la iluminación de la vivienda, logrando una reducción del consumo añadida. También se le dotará de sensores de movimiento que activarán la iluminación de las zonas de paso de la vivienda, generando así una serie de mejoras en la comodidad y la eficiencia energética de la vivienda.

Una parte importante del proyecto es la parte de regulación del flujo luminoso de la vivienda. Como fuente de iluminación se utilizan lámparas LED, que es una tecnología eficiente y de fácil manejo. Como circuito de control se emplea Arduino, debido a la multitud de entradas y salidas de las que dispone, tamaño y bajo coste; este recibe la información que se obtiene de los sensores y actúa sobre los circuitos que alimentan las lámparas.

Por otro lado, la placa Raspberry-Pi se encarga de recibir toda la información de las diferentes placas Arduino, y de gestionar las órdenes de actuación. Además, desde este circuito de control se muestra la información al usuario de manera sencilla y comprensible, proporcionando gráficas y resúmenes de los datos.

3. ANTECEDENTES

Este proyecto abarca conceptos relativos al marco de la domótica, una serie de tecnologías dedicadas al control y la automatización de forma inteligente de la vivienda. Estas tecnologías gestionan eficientemente el consumo de energía, ayudan

a mejorar la seguridad y confort, y permiten mejorar la comunicación sistema-usuario. Todo este sistema se basa en la adquisición de datos a través de sensores con el fin de emitir órdenes sobre los actuadores. Los beneficios de dotar de inteligencia a una vivienda son amplios, pero pueden ser agrupados en las siguientes categorías:

- Rentabilidad a largo plazo: con el ahorro que se produce se puede amortizar la inversión inicial en el medio-largo plazo.
- Simplicidad de uso permitiendo su acceso desde cualquier lugar, ya sea dentro o fuera de la vivienda.
- Permite el registro y control del consumo energético, tanto en calefacción como en electricidad.
- Ayuda a no degradar el medio ambiente, a través del control y regulación de temperatura, iluminación y consumo eléctrico.

En los últimos años, el sector de la domótica ha evolucionado ofreciendo más soluciones a los usuarios y mejorando la calidad de vida de estos. Se trata de una nueva utilización de la tecnología en el día a día, que trata de acercarse a todo tipo de públicos. Ya sea lujo o necesidad, la realidad es que la domótica aporta grandes ventajas y son muchos los llamados a incluir estos servicios en sus hogares.

La tendencia ascendente de este sector está generando un mercado antes inexistente, con una proyección de futuro para las empresas muy prometedora. No obstante, no existe una demanda suficientemente grande que reduzca los costes de producción, con lo que las soluciones domóticas actuales no son accesibles para todas las economías.

4. REQUISITOS DEL DISEÑO

Los requisitos impuestos por el diseñador para validar la solución obtenida son los siguientes:

- Utilización de dispositivos de bajo coste, evitando soluciones comerciales.
- Fácil instalación de todas las partes del sistema, maximizando la adaptabilidad y versatilidad del mismo.

- Limitar modificaciones en la instalación existente donde se desea instaurar.

5. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

A continuación, se presentan las diferentes herramientas y dispositivos que se emplean en el desarrollo del proyecto. Incluye una descripción de los principales elementos y se justifica la selección de cada uno de ellos ante otras opciones existentes. Se debe tener en cuenta que uno de los objetivos principales de este proyecto es diseñar un sistema que cumpla con las especificaciones propuestas y el menor costo posible, por lo que ha sido uno de los principales criterios de selección.

5.1. Arduino e IDE Arduino

Marca registrada que desarrolla una familia de plataformas electrónicas de prototipado rápido. En particular, estas plataformas incluyen una placa de circuito impreso con un microcontrolador y gran cantidad de periféricos y funcionalidades, como por ejemplo: un puerto USB, un conjunto de pines de entrada y salida, o sensores de presencia. Arduino ha sido desarrollado principalmente para diseños de sistemas electrónicos y gestión de información procedente de sensores, para así poder interactuar con lo que le rodea gracias a diferentes actuadores, como relés, bombas, motores, etc.



Figura 2. Logotipo Arduino.

El principal atractivo de estos dispositivos es su precio bajo, lo que genera un fácil acceso al mismo y un desarrollo rápido de la comunidad. Además, al estar diseñado para un uso muy intuitivo y sencillo, es apto para un público con pocos conocimientos de electrónica y programación.



Figura 3. Arduino Mega.

Por otra parte, esta herramienta es de fuentes abiertas, por lo que todo usuario es libre de crearse una plataforma Arduino propia, dispone de un IDE gratuito y el código fuente es modificable, por lo que da grandes posibilidades de adaptación y ampliación.

Todo esto ha favorecido la formación de una gran comunidad de usuarios que comparten su conocimiento en internet.

La programación del Arduino se realiza a través de su IDE, donde se utiliza un lenguaje desarrollado por Arduino que consta de una mezcla de C y C++. Este IDE gratuito se descarga y utiliza en cualquier ordenador, simplemente conectando por medio de USB el Arduino. Como puede observarse, no es necesario invertir mucho esfuerzo ni dinero para diseñar y llevar a la práctica todo lo relacionado con esta plataforma.

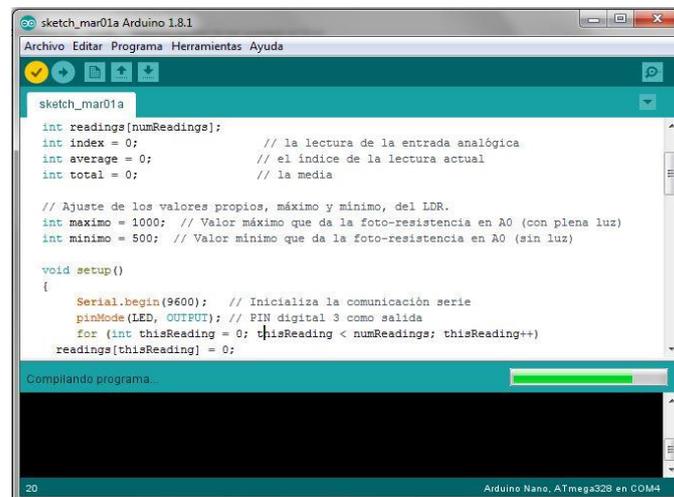


Figura 4. IDE Arduino.

Dado lo anterior, se ha optado por Arduino para la realización del presente proyecto en vez de otras plataformas de similares características.

Para la elección de la placa se ha tenido en cuenta principalmente la reducción del tamaño, la facilidad de conexión y el hecho de que, teniendo capacidad de conexión y operación suficientes para las funciones deseadas, no se esté infravalorando la placa. De entre la gran cantidad de placas Arduino existentes, se utilizará Arduino Nano, ya que es la que mejor se adaptara a los requisitos que se establecen.

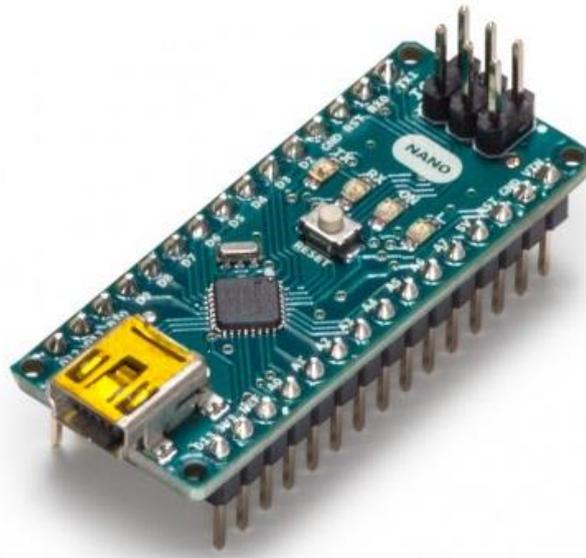


Figura 5. Arduino Nano.

5.2. Raspberry Pi

Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida y de bajo costo, creado para estimular la enseñanza de ciencias de computación en las escuelas. Está desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi y aunque tiene derecho de marca, se permite su uso libre.

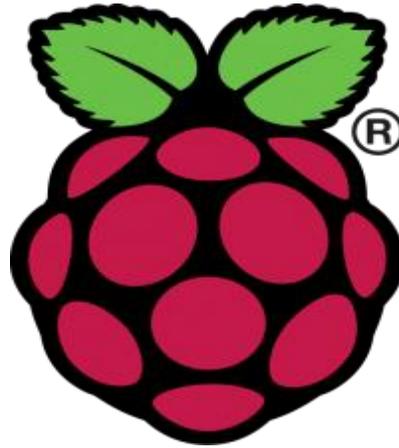


Figura 6. Logotipo Raspberry Pi.

El modelo elegido es el más reciente, Raspberry Pi 3B. Este computador reúne todas las características para ser el cerebro de una instalación como la presente y cuenta con multitud de facilidades para su utilización. Puede instalarse un sistema operativo como Linux o Windows 10 en su procesador de 4 núcleos y 64 bits a 1,2GHz, dispone de un puerto HDMI para utilizar la interfaz gráfica, conexión wifi, 4 puertos USB y bluetooth 4.0.



Figura 7. Raspberry Pi 3 B.

5.3. Sensores de corriente

Se requiere un sensor de corriente para tener una medida de la potencia consumida. En este apartado se han valorado principalmente dos opciones, ambas válidas a priori. Se busca un sensor compatible con Arduino, que sea de tamaño reducido y modifique lo menos posible la instalación existente. Los dos elementos que mejor se adaptan se detallan a continuación.

5.3.1. Módulo ACS712

El módulo ACS-712 es un medidor tanto de corriente alterna como de continua, que proporciona la corriente que atraviesa un conductor. Su funcionamiento es por efecto Hall, el campo magnético generado por el paso de la corriente a través de un conductor de cobre es convertido en tensión. Esta tensión es proporcional a la corriente y puede obtenerse de uno de los 3 pines que dispone el dispositivo. Los otros dos pines se emplean en la alimentación del dispositivo.

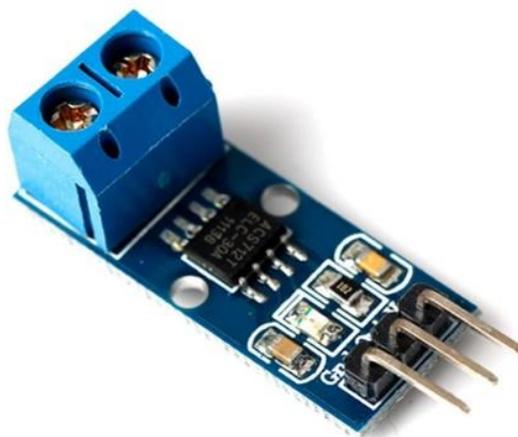


Figura 8. Módulo ACS712.

La facilidad de montaje y el reducido precio de este sensor, hizo que fuese seleccionada como primera opción, ya que no es necesario ningún circuito extra para acondicionar la señal y que Arduino pueda obtener los valores medidos. La salida es directamente un valor de tensión entre 0 y 5 V, que se corresponde con el rango de medida de Arduino.

Cabe destacar que el ACS-712 es poco dependiente de la temperatura, aspecto muy positivo a la hora de calibrar el sensor. Al no verse influenciado por las variaciones de temperatura, una vez calibrado dentro de la vivienda, el error se reduce mucho.

Existen varios modelos según la intensidad a medir, 5 A, 20 A y 30 A. Esto permite combinar varios de ellos en un mismo sistema, en función de las corrientes que se deseen medir. Este es un aspecto interesante, ya que Arduino posee un

convertidor analógico-digital que limita la cantidad de valores que puede diferenciar, en este caso dispone de una resolución de 10 bits o 1024 valores. Al disponer de varios modelos se puede ajustar el rango de medida, tratando de mejorar la precisión.

La principal desventaja del ASC-712 es que es intrusivo, es decir, se tiene que conectar en serie con el conductor. A pesar de las ventajas que presenta, al ser necesaria la inserción del mismo en un conductor, se decidió descartarlo para este proyecto ya que no se desea modificar la instalación existente.

5.3.2. SCT-013

Al quedar descartada la primera opción, fue necesario hacer una búsqueda de alternativas. El criterio de selección se fundamentó en filtrar dispositivos de bajo coste y se impuso la máxima de no alterar la instalación existente de la vivienda, aportando así un valor añadido al producto.



Figura 9. Transformadores toroidales.

Finalmente, y tras descartar diferentes sensores por una u otra razón, se encontró una tipología de sensores de corriente que se adaptan a las necesidades de este proyecto. Se trata de una gama de transformadores de corriente de tamaño reducido con la peculiaridad de ser desmontables tal y como se aprecia en la figura 10, de funcionamiento similar al de una pinza amperimétrica. De esta manera, se prescinde de tener que modificar o cortar los conductores que se desean monitorizar. Son por lo tanto dispositivos de instrumentación que proveen una señal proporcional a la que atraviesa el circuito.



Figura 10. Transformador SCT-013.

El principio de funcionamiento es el de un transformador. El conductor que deseamos medir actúa como el devanado primario y mediante un núcleo ferromagnético partido es posible realizar la instalación fácilmente. En su interior se aloja el devanado secundario arrollado sobre el núcleo. El número de vueltas del devanado secundario es lo que diferencia a cada uno de los modelos existentes, y de estas depende la intensidad máxima que es capaz de soportar. Es posible encontrar modelos con intensidad máxima desde 5A hasta 100A. Anteriormente se ha explicado las ventajas de disponer de diferentes modelos, se pueden obtener aún más con la gama STC-013 que con los previos ASC-712.

Dentro de las diferentes versiones del STC-013 se pueden encontrar dispositivos con salida en forma de intensidad o de tensión, contando con las conexiones internas mostradas en la figura 11 ya sea una versión u otra. Para este proyecto es más interesante la salida en forma de tensión de forma que Arduino la lea directamente, sin ser necesario añadir ningún circuito extra.

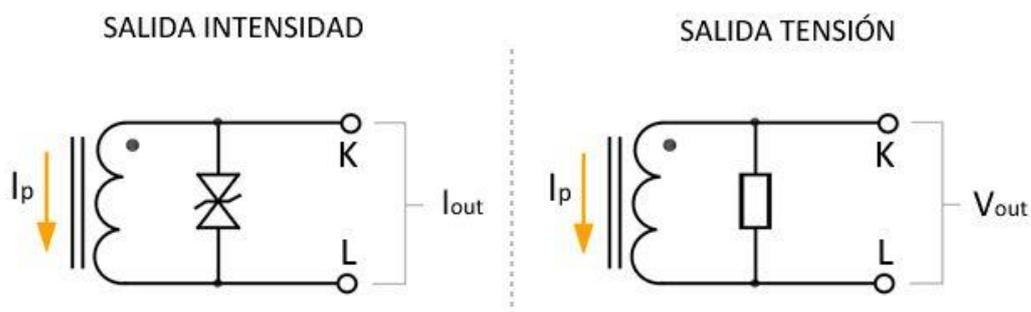


Figura 11. Conexión interna SCT-013.

La instalación es sencilla, se debe introducir el sensor rodeando el conductor y este dará la medida de la corriente que rodea. Notar que por el núcleo solo debe pasar un cable, ya que, si se introducen los dos cables de una conexión monofásica, al poseer corrientes opuestas, la lectura será nula.

Llegado el momento de seleccionar el modelo a instalar, se ha tratado de ajustarlo a la potencia de una vivienda, pudiendo elegir cualquier otro en caso de necesitar registrar una potencia superior. Todos los modelos son válidos, siempre y cuando no se supere la intensidad máxima del dispositivo y se realicen los oportunos ajustes en los cálculos de la potencia.

Se ha seleccionado el sensor de 15 A de intensidad eficaz máxima, ya que este se considera suficiente para una vivienda de tamaño normal. Si se supone una tensión de 230V, la potencia máxima que es posible medir es $P = V \cdot I = 230 \cdot 15 = 3450 \text{ W}$. Suficiente para una casa de tamaño medio, aunque puede ser extrapolado fácilmente para intensidades mayores.

A pesar de que aparentemente es suficiente con que la intensidad del sensor sea superior a la máxima que se desee medir, es importante que esta se ajuste lo máximo posible. Como se explica posteriormente, cuanto más se aproxime el rango de medida del transformador a la intensidad a medir, más precisión se obtiene.

5.4. Transformador de tensión

La medida de tensión a 230 V no es soportada por Arduino, de manera que hay que realizarla indirectamente. Además de suministrar potencia eléctrica, los transformadores son aptos para instrumentación y protegen la parte electrónica de la de potencia, ya que primario y secundario están aislados galvánicamente. A pesar de este aislamiento, existe riesgo de picos de corriente o sobrecargas, problema solucionado mediante un condensador. De esta manera, la adaptación de la señal es segura y apta para el resto de componentes.



Figura 12. Transformadores de tensión.

La elección del modelo se ha hecho en base a la facilidad de adaptación. Los transformadores son componentes ampliamente utilizados y existe gran variedad de tipologías en el mercado. El transformador seleccionado es encapsulado para montaje en PCB como el de la figura 13, de 230 VAC / 12 VAC. Destinado a realizar la medición de tensión de una red eléctrica a 230V y 50 Hz como es el caso de la red instalada en España.



Figura 13. Transformador para PCB.

5.5. Sensor PIR

Los sensores infrarrojos pasivos (PIR) son dispositivos que se utilizan para detectar movimiento. Son dispositivos de tamaño, precio y consumo reducidos, por lo que son utilizados frecuentemente en multitud de aplicaciones.

Este tipo de sensores se fundamentan en la medición de la radiación infrarroja mediante un sensor piezoeléctrico que capta esta radiación y la transforma en una señal eléctrica.

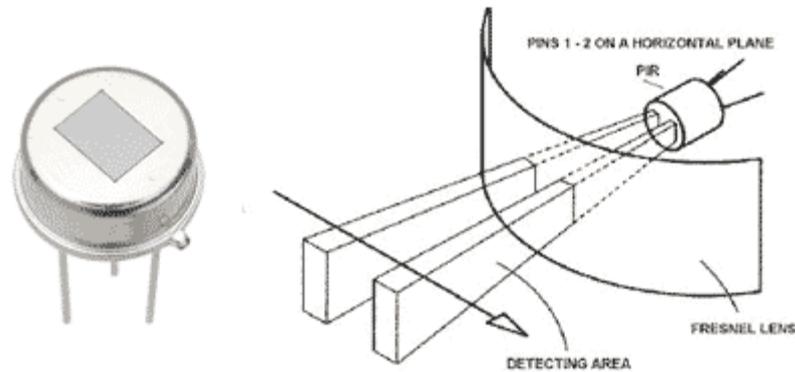


Figura 14. Sensor PIR.

Los módulos comerciales tienen la ventaja de incluir un circuito de estabilización y control para facilitar su uso. Incluyen 2 potenciómetros para ajustar tiempos internos y un jumper para elegir entre diferentes modos de funcionamiento, disparo continuo o único, según las necesidades impuestas por el diseñador.

Dado el poco ángulo de visión de los sensores PIR, llevan instalada una cúpula desmontable empleada para ampliar el ángulo de visión del sensor. Esta cúpula puede observarse en la figura 15, está formada por lentes de fresnel y mejora significativamente el funcionamiento del sensor. Puede ser interesante para algunas aplicaciones el uso del módulo sin la cúpula. El funcionamiento sería el mismo, pero para aquellas funciones que requieran una detección de movimiento más lineal, puede ser una mejor opción.

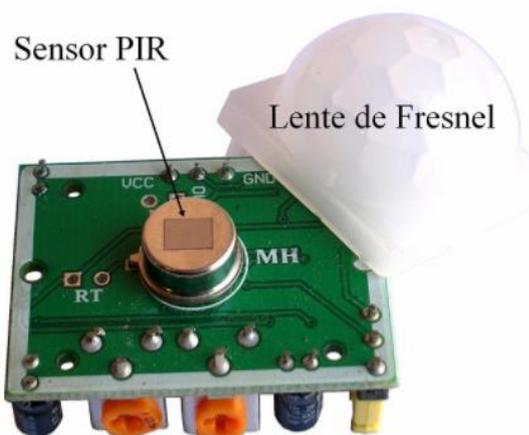


Figura 15. Módulo PIR destapado.

Dentro de los módulos comerciales, se ha seleccionado el sensor HC-SR501 ya que es el más extendido de los adaptables a una placa Arduino.



Figura 16. Módulo PIR tapado.

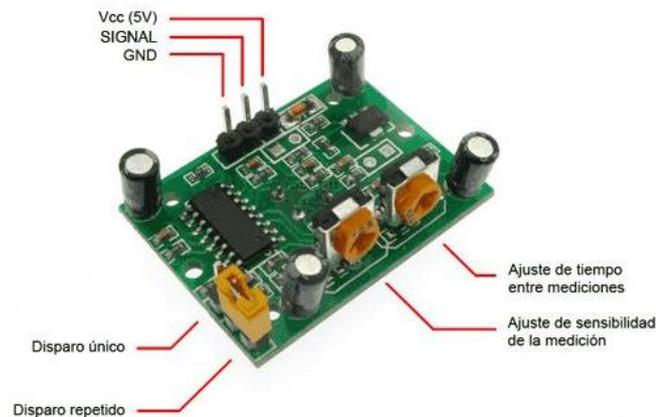


Figura 17. Partes del módulo PIR.

5.6. Fotorresistencia LDR

Para el prototipo de dimmer led se ha optado por utilizar una fotorresistencia tipo LDR (light dependent resistor) junto a un pequeño circuito que permite la obtención de datos. Debido a su facilidad de aplicación y versatilidad, sumado a un coste bajo, hace que sea la mejor opción.

Se trata de una resistencia variable con la cantidad de luz recibida. Está compuesta de un semiconductor al recibir luz absorbe alguno de los fotones, provocando que pasen electrones a la banda de conducción, lo que genera una disminución de la resistencia del semiconductor. A medida que aumenta la luz, la resistencia disminuye. El rango de valores aproximado va entre 1 M Ω para una oscuridad absoluta y 50 Ω bajo un foco de luz.

Más luz=menos resistencia eléctrica

Menos luz=más resistencia eléctrica

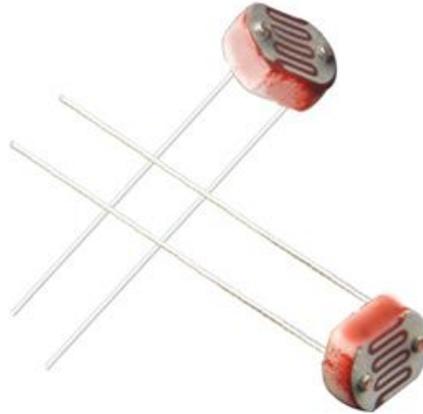


Figura 18. Resistencias LDR.

La variación de la resistencia se produce de manera relativamente lenta, en torno a 50 ms. Esto es algo que a priori parece negativo, pero que proporciona estabilidad ante las variaciones rápidas de la luz, como pueden ser las producidas por luces artificiales alimentadas en corriente alterna.

Aunque la precisión de estos dispositivos es baja, son adecuados para su utilización en el proyecto que se presenta, ya que reflejan las variaciones en la cantidad de luz recibida y aportan medidas cuantitativas sobre el nivel de luz.

5.7. Relé

El sensor de presencia requiere de actuar cargas demasiado pesadas como para hacerlo directamente con Arduino, en este caso una lámpara de iluminación. Arduino Nano no puede suministrar tanta potencia, así que el relé hace de interruptor y se encarga de esta función, gobernado por Arduino.



Figura 19. Módulo con relé.

Son componentes robustos, duraderos y existen multitud de modelos en función de las necesidades. El seleccionado se gobierna mediante una señal de 5 V y son necesarios en torno a 10 mA. La intensidad máxima que puede soportar el relé es 10 A, suficiente para iluminación y la mayoría de electrodomésticos. Las conexiones son sencillas, diferenciando dos partes:

- Circuito primario, de muy baja tensión y que cuenta con 3 pines, dos destinados a la alimentación del módulo a 0 y 5 V, y otro para la señal de control del relé conectada a Arduino.
- Circuito secundario, constituido por el interruptor que acciona la iluminación.

Como medida de seguridad, el módulo incluye un optoacoplador que aísla galvánicamente ambos circuitos. Por último existen dos modos de funcionamiento posibles, normalmente abierto (NO), o normalmente cerrado (NC). En este caso se actúa sobre la iluminación, la cual debe estar apagada en ausencia de presencia, por lo que se utilizará el modo normalmente abierto.

5.8. Fritzing

Programa open source destinado a crear esquemas eléctricos en proyectos con Arduino. Incluye bibliotecas para la mayoría de componentes y placas, además de una herramienta para producir y fabricar PCB.



Figura 20. Logotipo Fritzing.

Para finalizar, introduciendo código permite ejecutar simulaciones con los montajes realizados. Aunque el programa no se trata de una solución en sí, se ha utilizado este software para alcanzar los objetivos del proyecto.

6. RESULTADOS FINALES

El desarrollo del prototipo se desglosa en cada una de las diferentes funciones del mismo para facilitar el análisis y exposición de cada una de ellas. A pesar de que el objetivo es incluir todas las funciones en un sistema único, hay una gran independencia en el código y en los periféricos de cada una de ellas.

6.1. Led dimmer

La primera parte del proyecto que se presenta es la regulación de las lámparas led a instalar. Se desea conseguir un sistema de regulación de la iluminación en lámparas led a partir de la cantidad de luz que haya en ese instante en el ambiente, garantizando un umbral mínimo previamente fijado. Si la luz recibida por nuestro sensor disminuye, el circuito de control aumentará de forma proporcional el flujo luminoso emitido por la lámpara para mantener el grado de iluminación mínimo deseado.

En lo relativo al ahorro energético, este prototipo reduce el consumo en todas aquellas situaciones en las que se requiere de iluminación artificial pero no a su máxima potencia. Son muchas las situaciones en las que el uso todo/nada de la iluminación instalada es excesivo. En este sentido, la utilización de la instalación para todas las situaciones por debajo de la potencia máxima produce un ahorro energético, con el consecuente ahorro económico. Además, el uso de lámparas por debajo de su potencia extiende su vida útil, alargando la reposición.

El control será efectuado por Arduino, que se encargará de obtener la información de la luz que incide sobre el LDR. Su funcionamiento es el siguiente: para un nivel de luz máxima, la lámpara permanece apagada; mientras que, para un nivel de luz mínimo, la lámpara debe de proporcionar su mayor iluminación. En el resto de valores intermedios de luz, la lámpara proporciona una luminosidad inversamente proporcional a esta, variando entre los dos límites previamente establecidos. A medida que la luz disminuye, el led irá progresivamente aumentando la iluminación, desde su posición de apagado hasta su nivel de máxima luminosidad.

Por lo tanto, el funcionamiento depende de dos valores: los extremos del intervalo de iluminación en el que la lámpara pasa de estar apagada a proporcionar su máximo nivel de luz. Supongamos una situación en que la luminosidad existente

es elevada y no es necesario el encendido de la iluminación mediante lámparas led. A medida que la cantidad de luz disminuye, llega un momento en el que esta baja de un umbral de iluminación mínimo que se desea garantizar. Este valor será uno de los dos a fijar y determinará el momento en el que la lámpara se enciende. Si la iluminación externa sigue disminuyendo hasta alcanzar el nivel mínimo que se establece en el diseño, este es el momento en el que la lámpara led debe proporcionar su máximo nivel de luminosidad, y será el segundo valor a fijar. De forma que, aunque la luz externa siga disminuyendo, no será posible incrementar la luz que proporciona la lámpara led por encima de su máxima potencia. Por lo tanto, este dato ha de ser calculado experimentalmente y depende del rango de iluminación para el cual queremos que la lámpara desarrolle toda su potencia, así como de la potencia de la iluminación artificial instalada en cada situación.

Antes de detallar el funcionamiento del código que se encuentra en el anexo 2.1.1., es importante definir en qué consiste una señal modulada por ancho de pulso o PWM (pulse width modulation). Arduino no es capaz de generar señales analógicas, aunque sí cuenta con pines digitales PWM. Esto significa que solo tiene salidas digitales todo/nada, aunque existen versiones de Arduino que cuentan con convertidores digitales-analógicos. Sin embargo, con la salida PWM se puede generar un pulso cuyo valor medio (valor analógico) puede variar en el rango de funcionamiento del dispositivo, proporcionando una señal adecuada para la regulación de leds. Desde Arduino, básicamente, se varía el porcentaje de periodo que una señal digital (PWM) está activa con el objetivo de que la señal analógica equivalente tenga un valor determinado. Se trata de activar una de las salidas digitales durante un tiempo, y mantenerla apagada durante el resto del ciclo. La media del tiempo que la señal está activa será el valor analógico que se desea. En la figura 21 se muestran diferentes ciclos de trabajo y la señal analógica equivalente que producen.

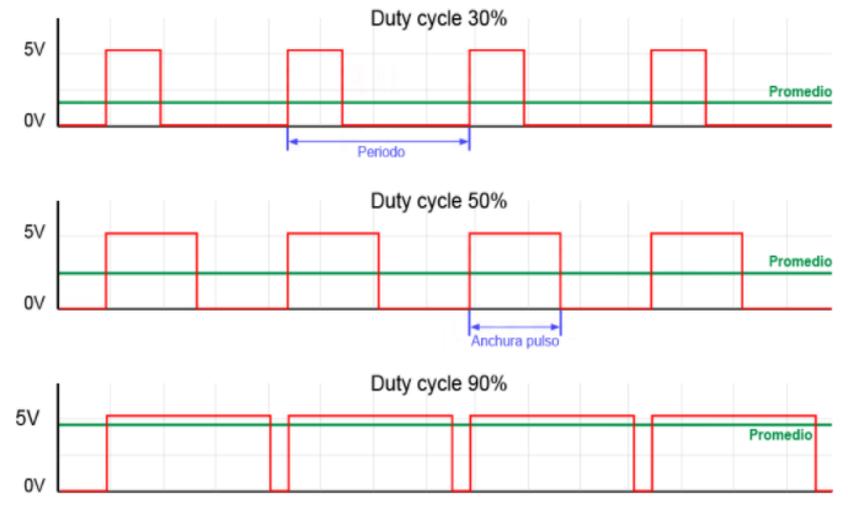


Figura 21. Ciclo de trabajo.

En este tipo de modulación la frecuencia es constante, por lo que el tiempo entre el disparo de dos pulsos consecutivos es siempre el mismo, pero se modifica la anchura de esos pulsos. El porcentaje de periodo que la señal se mantiene activa se llama “Duty cycle” o ciclo de trabajo. Por lo tanto, para un periodo fijo es el ancho del pulso lo que determina el ciclo de trabajo, como expresa la ecuación 1.

$$D = \frac{t_{on}}{T} \quad (1)$$

D es el ciclo de trabajo

t_{on} es el tiempo que la señal es positiva (ancho de pulso)

T es el periodo

Se deduce que la tensión promedio de la señal generada depende del ciclo de trabajo, y sabiendo que simplemente es el promedio de tiempo que la señal está activa se obtiene la ecuación 2.

$$V_{promedio} = V_{cc} \cdot \frac{D}{100} \quad (2)$$

V_{cc} es la tensión de salida de Arduino

Es fundamental tener en cuenta que no se trata de una señal analógica, en el caso de Arduino la tensión de salida V_{cc} tiene un valor de 5 V. Por ejemplo, no es

válido alimentar un dispositivo que funciona a 3V mediante PWM, ya que se estaría alimentando a 5V durante el 60% del ciclo y a 0V el 40% restante. Este funcionamiento probablemente dañe al dispositivo.

Al tratarse de una señal digital se trabaja con una señal discretizada, en este caso, la resolución de las salidas PWM de Arduino Nano es de 8 bits, lo que supone que la señal modulada por ancho de pulso puede tomar 256 valores diferentes, o lo que es lo mismo, un número entre 0 y 255. La función “analogwrite” es la que permite generar estas señales.

La parte importante de este prototipo reside en el código, el conexionado es sencillo ya que no son necesarios muchos componentes, tal y como se ve a continuación en la figura 22.

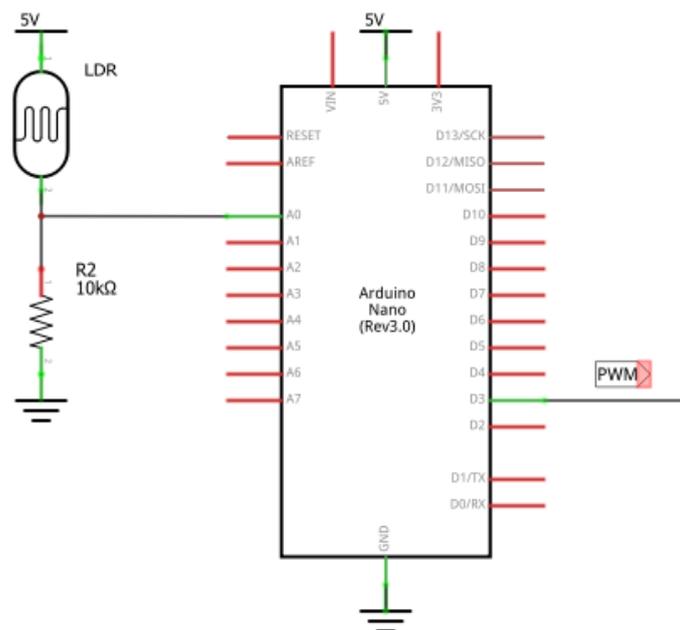


Figura 22. Conexiones led dimmer.

Cabe destacar que para la verificación del funcionamiento de este prototipo se ha trabajado en el montaje de la figura 23, sustituyendo la lámpara por un solo diodo led. Para este caso, la salida PWM alimenta un led con una resistencia en serie para limitar la corriente. A pesar de esta modificación, la base de funcionamiento es la misma y tanto el código como el montaje son igualmente válidos; la salida PWM se

conectaría a la señal de control de la fuente de alimentación de la lámpara LED, y de esta forma se modificaría su nivel de luz.

Las salidas de Arduino Nano presentan unas limitaciones a la hora de suministrar potencia. La placa no puede suministrar más de 40 mA por puerto, aunque no es recomendable trabajar sobre el límite durante un periodo prolongado ya que se calienta y deteriora. La tensión de las salidas es de 5 V, por lo que la potencia máxima recomendada es $P = V \cdot I = 5V \cdot 0.04A = 0.2W$. Para garantizar que no se exceda esta potencia, se colocan resistencias en serie en aquellos componentes con resistencia muy pequeña, como los diodos LED.

$$P = R \cdot I^2 \rightarrow R = \frac{0.2W}{0.04^2} = 125 \Omega \quad (3)$$

Conectar dispositivos con resistencias internas inferiores o iguales a 125Ω es contraproducente. Lo recomendable para periodos largos de trabajo es aproximarse, como máximo, a 20 mA. Para el caso concreto de los leds, se utilizarán resistencias de 220Ω como en la figura 23, ya que son muy comunes y se alargará la vida de los componentes.

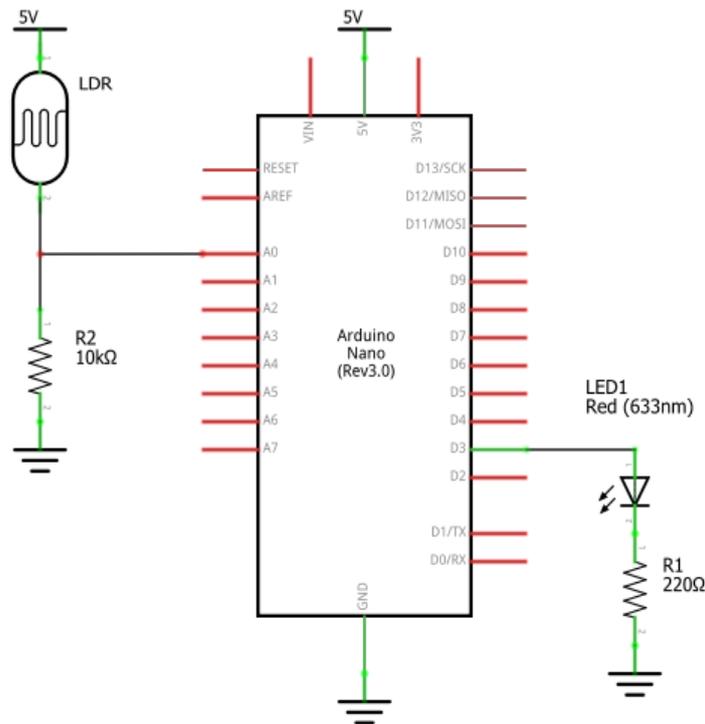


Figura 23. Conexiones led dimmer con led.

De acuerdo al diagrama de la figura 23, el montaje del prototipo realizado sobre una protoboard es mostrado en la figura 24.

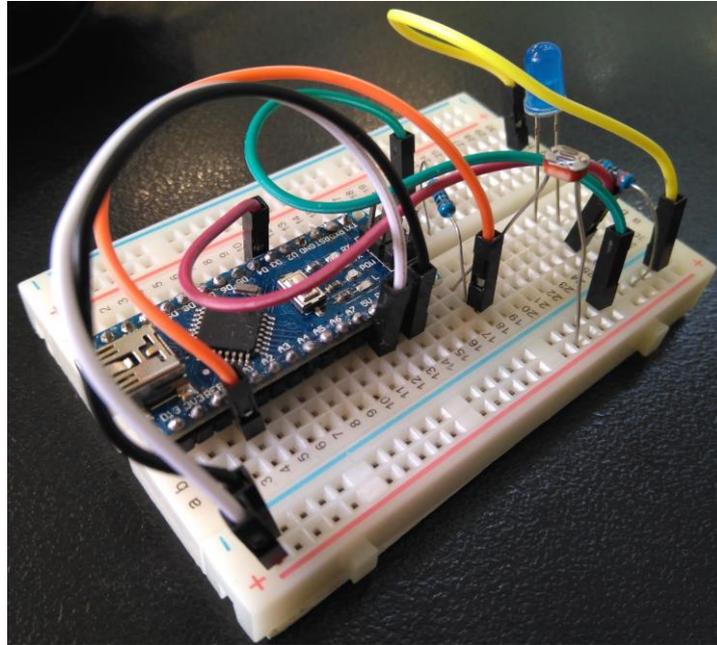


Figura 24. Prototipo led dimmer.

La parte de código ejecutado por Arduino se encarga de guardar secuencialmente un número fijado de lecturas del sensor analógico en un vector. Con cada nuevo valor se hace la suma y se divide, generando la media de los últimos valores para así suavizar el resultado. La media se calcula cada vez que entra un dato, por lo que no es necesario esperar al nuevo dato y no se producen retardos. Se lee el dato de una entrada analógica, se calcula la media de los últimos valores, y se entrega la media por el Serial.

6.2. Sensor de presencia

La función de esta parte del proyecto consiste en un prototipo de sensor de presencia, orientado al ahorro energético en la iluminación de zonas de paso.

Ciertas áreas de una vivienda necesitan iluminación durante un periodo de tiempo muy corto, quedándose en muchas ocasiones iluminadas sin necesidad y consecuentemente se crea un consumo innecesario que se desea evitar. Se trata de habitáculos de paso o aquellos en los que la iluminación es siempre durante un periodo de tiempo aproximadamente constante. Estas zonas pueden ser pasillos,

zonas de acceso como puertas, alacenas que necesiten iluminación, garajes, escaleras de comunidades o baños públicos.

Además de reducir el consumo eléctrico derivado de la iluminación, se sustituyen los interruptores por sensores de presencia junto a un relé, siendo el coste de estos similar o incluso inferior, con lo que no supone una inversión extra. Por tanto, la instalación de estos dispositivos en los citados espacios existentes en cualquier vivienda, con su consecuente estudio y ajuste del tiempo preestablecido de encendido, puede conllevar importantes ahorros en el consumo.

Aunque este estudio se ha centrado en utilizar la detección de movimiento para la iluminación, el principio de funcionamiento del dispositivo sería el mismo si se utiliza en el encendido de una alarma o cualquier otra función que se deba efectuar tras la detección de movimiento.

Su funcionamiento se basa en detectar movimiento mediante un sensor PIR, y a través de Arduino actuar sobre un relé de forma automática. El sensor manda una señal todo/nada dependiendo de si detecta movimiento o no y Arduino actúa en consecuencia.

El módulo HC-SR501 ha sido seleccionado por su facilidad de integración con Arduino, su reducido coste y la cantidad documentación existente.

El módulo incluye un sensor PIR y un circuito de acondicionamiento de señal. Este circuito estabiliza y mejora la señal de salida, pero es necesario integrarlo adecuadamente mediante software para que se adapte completamente al planteamiento del proyecto. Una vez detecta presencia, mantiene una señal activa durante un periodo de tiempo variable mediante un potenciómetro. Al estar todo integrado, el usuario se tiene que adaptar a las limitaciones temporales que vienen determinadas por las características constructivas del módulo. En este caso, el sensor no es capaz de mantener la señal por debajo de un periodo inferior a 2,5 segundos.

Este tiempo es demasiado largo para el funcionamiento que se esperaba del módulo. Hay que añadir que una vez el módulo pasa a mandar una señal baja, no es capaz de volver a registrar un movimiento hasta pasado un periodo de tiempo fijo de unos 3,5 segundos. Por lo tanto, todo movimiento producido en el área de detección del sensor desde de que este deja de mandar señal activa, y hasta unos 3,5 segundos

después, no es notificado a Arduino y aparece un inconveniente con la utilización del dispositivo en una situación como la siguiente.

Supongamos que se desea activar la luz de un pasillo en el que el dispositivo se encuentra situado. El sensor detecta una presencia y se activa la luz hasta que el usuario se va del área que el sensor es capaz de detectar. El módulo mantiene una señal activa durante 2,5 segundos desde el último movimiento y pasa al estado de reposo. Si después de esos 2,5 segundos se produce movimiento, no será registrado hasta pasados 3,5 segundos. Es decir, el sensor no detecta movimientos entre 2,5 y 6 segundos (sumando ambos periodos) desde el último movimiento detectado. Una vez pasado este periodo, el sensor volvería a estar disponible y se repite la misma situación. Si se produce movimiento cuando el dispositivo se encuentra desactivado, por ejemplo, a los 3 segundos del último movimiento, será imposible detectarlo y la luz se mantendrá apagada.

Debido a que a pesar de este problema el sensor seguía siendo el más apto para las funciones esperadas, se decidió seguir con él y buscar una solución para integrarlo en el sistema cumpliendo los objetivos propuestos.

Para solucionar este inconveniente, se ha realizado una mejora mediante el software, modificando el código desde Arduino. Al ser necesario mantener la iluminación durante el tiempo que el usuario vaya a necesitarla, la señal que domina el relé se mantiene durante un periodo superior a todo el proceso de “reseteo” del módulo. En definitiva, el relé solo será abierto si la señal del módulo PIR no es detectada durante un periodo superior a los 3,5 segundos. En ese caso se puede afirmar que el sensor está activo y no detecta presencia, por lo que el relé debe abrirse para detener la iluminación. A efectos prácticos es como si el programa asume que se está produciendo movimiento constante durante esos periodos de reposo.

Con esta sencilla solución se evitan cortes en la iluminación entre dos movimientos separados por un corto espacio de tiempo. Además, cumple otro requisito de cualquier sistema de detección de presencia, ya que es necesario un retardo en el tiempo de iluminación para que los usuarios realicen las acciones pertinentes con la iluminación requerida.

El circuito que forma el diseño se refleja en la figura 25. En este caso solo son necesarios los dos módulos, el del relé y el del sensor PIR.

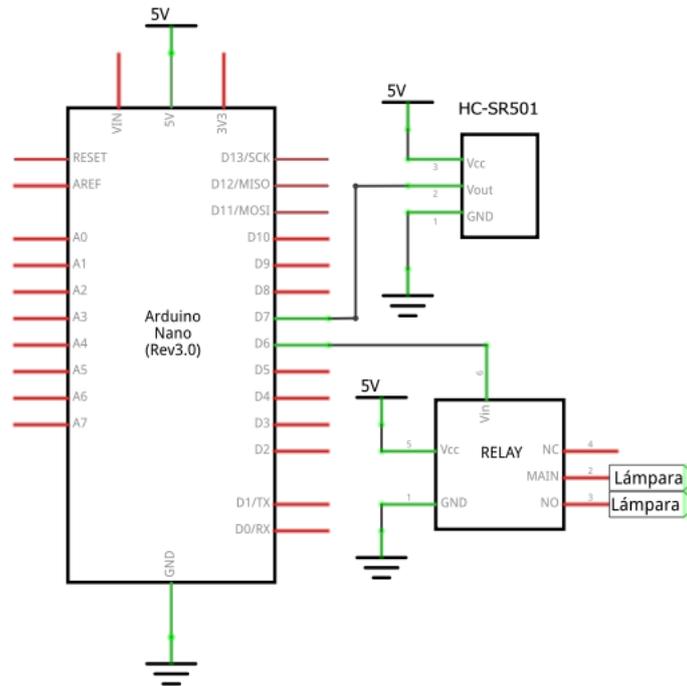


Figura 25. Conexiones sensor de presencia.

Al igual que en el caso anterior, para realizar la verificación del funcionamiento, se ha comprobado la activación y desactivación del relé utilizando un led indicador, junto con una resistencia limitadora de corriente. Como se observa en la figura 26, simplemente consiste en sustituir el relé por el led, por lo que la base de funcionamiento es la misma. El momento en el que el led se ilumina corresponde con el cierre del relé, normalmente abierto, y la automática conexión de la iluminación. Por el contrario, si el led se encuentra apagado significa que no se detecta presencia y la zona de paso permanecerá sin iluminación.

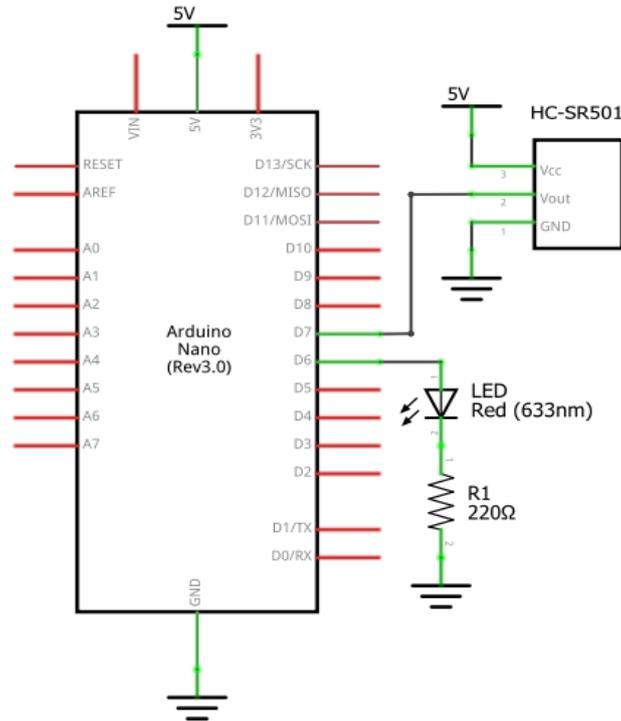


Figura 26. Conexiones sensor de presencia con led.

Por otro lado, el montaje en protoboard relativo a la figura 26 para el detector de presencia, consiste simplemente en realizar las conexiones previamente vistas en el diagrama.

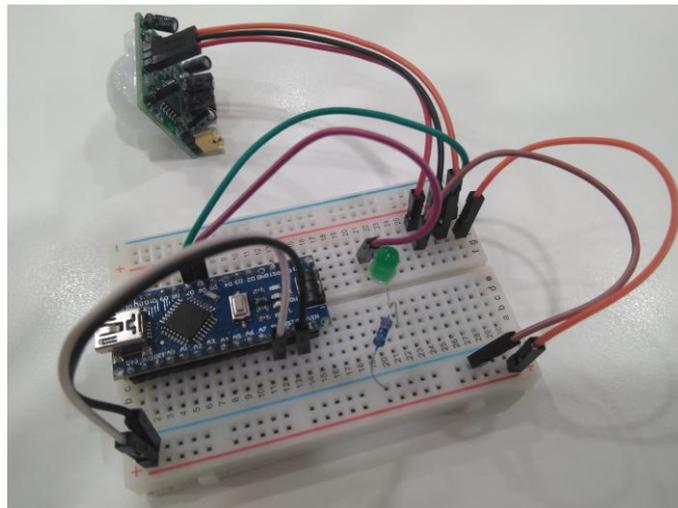


Figura 27. Prototipo sensor de presencia.

6.3. Medidor de consumo

El objetivo de esta parte del proyecto es diseñar un contador inteligente que realice continuamente medidas del consumo eléctrico de una instalación. Este contador se ha orientado al uso doméstico y a aumentar el conocimiento de los usuarios sobre el consumo de la vivienda. Se trata de realizar un contador inteligente de bajo coste y fácil instalación, de forma que pueda ser utilizado por personas sin altos conocimientos eléctricos. Además de esto, toda la información recogida puede ser gestionada como se desee, obteniendo gráficas diarias, semanales, mensuales o anuales, así como momentos de mayor consumo, o distribución del consumo eléctrico dentro de la vivienda.

Dado que este estudio trata de diseñar un prototipo de contador eléctrico, es necesario definir una serie de cuestiones antes de continuar. Seguidamente se abordan los conceptos de potencia instantánea, potencia real, potencia aparente, factor de potencia, tensión eficaz y corriente eficaz, así como el método para calcularlos con Arduino a partir de la señal discretizada.

La potencia real o potencia activa consumida por una instalación es la potencia que se convierte en trabajo y es equivalente al valor medio de la potencia instantánea, matemáticamente definida por la siguiente integral.

$$P = \frac{1}{T} \int u(t) \cdot i(t) dt = U \cdot I \cdot \cos(\varphi) \quad (4)$$

P – Potencia real (W)

U – Tensión eficaz o RMS (V)

I – Intensidad eficaz o RMS (A)

T – Periodo

$u(t)$ – tensión instantánea

$i(t)$ – corriente instantánea

$\cos(\varphi)$ – factor de potencia

Al operar con los valores discretizados de las ondas, la ecuación se transforma en la media de los productos instantáneos tal y como aparece en la ecuación 5.

$$P = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} u(n) \cdot i(n) \quad (5)$$

$u(n)$ – muestra de la tensión instantánea

$i(n)$ – muestra de la corriente instantánea

N – número de muestras

El cálculo de la potencia aparente viene dado por el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad reflejados en la ecuación 6.

$$S = U \cdot I \quad (6)$$

S – Potencia aparente

La tensión eficaz o RMS es el valor medio cuadrático de la onda, matemáticamente la raíz cuadrada de la media de los valores instantáneos al cuadrado durante un ciclo completo. De forma discreta es igual a:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} u^2}{N}} \quad (7)$$

El caso de la corriente eficaz es análogo al de la tensión, introduciendo corriente en vez de tensión.

$$I = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} i_n^2}{N}} \quad (8)$$

Para acabar, se define el concepto de factor de potencia en la ecuación 9. Se asume que las cargas conectadas son lineales, con lo que factor de potencia y el $\cos(\varphi)$ son equivalentes.

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{S} \quad (9)$$

Una vez introducidos los conceptos fundamentales, la primera parte de este prototipo es la adquisición de datos de tensión y corriente. Ambas magnitudes son

variables y el procedimiento es similar, posteriormente será necesario una etapa de gestión y cálculo para obtener información relevante de ellas.

La adquisición de datos de la intensidad se apoya en un sensor que mide periódicamente la señal junto con Arduino, para analizarla y realizar los cálculos necesarios. Previo estudio de las opciones disponibles, se ha seleccionado el sensor de corriente SCT-013 015.

Arduino solo es capaz de medir tensión, y los SCT-013 son transformadores de intensidad, por lo que la salida es en forma de tensión proporcional a la intensidad que tiene el cable. Para adaptar ese nivel de corriente a un nivel de tensión adecuado para Arduino, se instala una resistencia a la salida del transformador (resistencia burden) para transformar la intensidad en tensión. El modelo de transformador seleccionado (SCT-013 015) incluye dicha resistencia para que la salida sea en forma de tensión de 1V, por lo que no es necesario incluir nada en este aspecto. Aunque no sea necesario añadir esta resistencia, es importante conocer de su existencia para explicar el funcionamiento del dispositivo y conocer su funcionamiento interno a la hora de calibrarlo.

Además, conviene mencionar que la corriente alterna que se puede medir es hasta 15 A en valor RMS, y por tanto los valores con los que se trabaja son RMS. En el secundario del transformador se induce una corriente también alterna, que a su paso por la resistencia crea una diferencia de potencial alterna. Por lo tanto, la salida de 1V es en forma de tensión alterna y en valor RMS. Arduino puede medir de 0 a 5 V como máximo, que midiendo tensión alterna se trata de valores pico a pico. La relación entre ambas es la siguiente.

$$V_{pico} = \sqrt{2} \cdot V_{rms} = R \cdot I_{pico} = \sqrt{2} \cdot R \cdot I_{rms} \quad (10)$$

$$V_{pico \ a \ pico} = 2 \cdot V_{pico} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{rms} = R \cdot I_{pico \ a \ pico} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot R \cdot I_{rms} \quad (11)$$

De la ecuación 11 se deduce que aunque aparentemente nuestro sensor posee una salida de $\pm 1V$, al tratarse de valor RMS, la tensión pico de salida será $\pm 1,414V$ y la tensión pico a pico 2,828V.

Para poder realizar la medida de esta tensión alterna desde Arduino, que únicamente puede medir tensiones positivas, se han valorado varias opciones:

- Rectificar la tensión con un puente de diodos y así medirla como positiva. Esta opción se descarta por la alta caída de tensión en los diodos comparada con la tensión de salida, sumado a desconocer el signo real de la señal al no saber si se encuentra en el semiperiodo positivo o en el negativo.
- Añadir un ADC de entrada diferencial, lo que da la posibilidad de medir las tensiones negativas. Esta opción se descarta también por la necesidad de incluir un módulo más al dispositivo y porque existe una solución que se adapta mejor.
- Finalmente se decide introducir una tensión continua a modo de offset entre GND y V_{cc} . De esta forma, se suma un nivel de tensión constante para que, sin modificar la onda, todos los valores de la misma sean positivos. Esto se lleva a cabo mediante un divisor de tensión formado por dos resistencias y un condensador con baja impedancia, encargado de facilitar una derivación a la corriente alterna para que evite la resistencia. El offset se aplica de forma que la referencia de tensión quede en $\frac{V_{cc}}{2}$, en este caso 2,5V.

Para generar un punto con tensión de 2,5 V a partir de los 5 V suministrados por Arduino simplemente se conectan en serie dos resistencias iguales entre V_{cc} y GND . El punto medio, lugar donde se conectan ambas resistencias entre sí, posee la tensión media entre ambas conexiones $\frac{V_{cc}}{2} = 2,5V$. Con el objetivo de crear un camino de menor resistencia para la corriente alterna, se conecta a lo anterior un condensador de 10 μF .

Por otro lado, se presenta un problema en la adaptación del rango de tensión. Arduino es capaz de realizar mediciones entre los valores de 0 V y V_{cc} . Dado que la precisión del ADC en la medida de tensión es de 10 bits solo puede leer 1024 valores, por lo que cuanto más pequeño sea el rango medido, más precisión se pierde. Para obtener la mayor precisión posible es necesario adaptar todo lo posible la tensión de salida del transformador al rango de lectura de Arduino.

Como se ha comentado anteriormente, la tensión pico es de 1,414 V, valor que hay que desplazar a la nueva tensión de referencia de 2,5 V. Esto supone que el rango final de la tensión de salida del transformador es de 1,086 a 3,914V. Este rango se encuentra dentro del de las entradas analógicas de Arduino, de 0 a 5V.

En la figura 28 se representa el circuito de adaptación de la señal para la medida de la corriente. A modo de resumen, para el montaje se conecta el transformador al conductor que se desea medir, solo a un cable. Uno de los dos extremos es conectado a la tensión de offset de DC de 2,5V y otro a una entrada analógica de Arduino para que este pueda leer los valores de tensión.

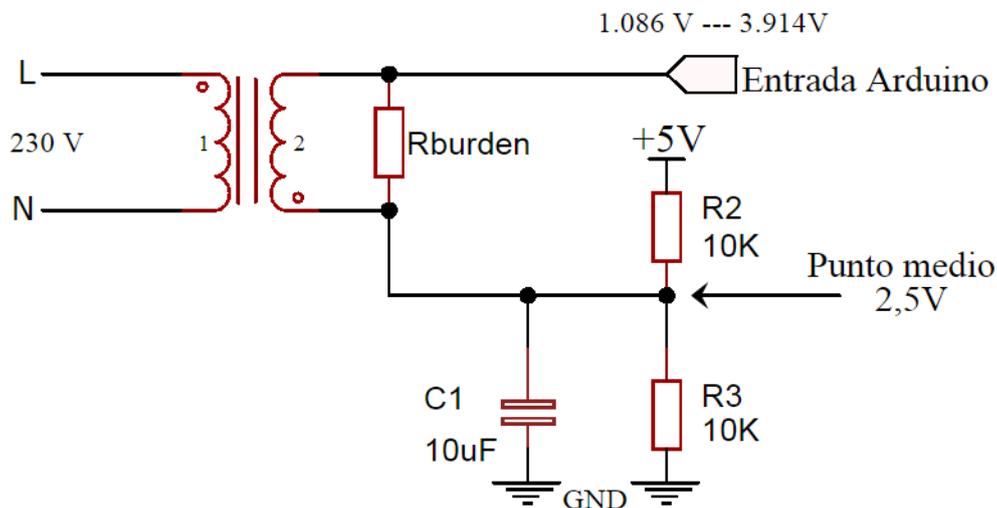


Figura 28. Conexión del transformador de corriente.

Cabe la posibilidad de incluir un amplificador a la tensión de salida para aproximarla más al rango de medida de Arduino y con ello ganar algo de precisión, aunque no la suficiente como para justificar el cambio en el diseño. Además, esto sirve como medida de seguridad extra ante variaciones en el suministro, aportando protección a Arduino, que opera como eje del prototipo.

Una vez se ha acondicionado y adaptado la señal a Arduino, es posible que la placa obtenga valores de esta, aunque aún es necesaria una etapa de procesamiento de los datos para que estos aporten información al usuario. El proceso continúa con la gestión de los datos, ya que en un primer momento se registran gran cantidad de valores resultado de la discretización de la señal alterna. En cambio, como se aprecia

en la ecuación 4 se requiere el valor RMS de la intensidad para el cálculo de la potencia.

Existen diferentes algoritmos para conseguir este valor a partir de la señal discretizada, en este caso se ha optado por realizar la media cuadrática de todos los valores obtenidos durante 500 ms. De esta forma no se producen retardos y cada medio segundo se obtiene un valor. Este periodo es lo suficientemente grande para generar un valor RMS sin mucho error, y a la vez suficientemente pequeño para registrar fielmente la evolución del consumo. La frecuencia del suministro eléctrico en España es de 50Hz, lo que supone la medida de unos 25 ciclos para cada resultado. Según la hoja de características de Arduino Nano el ADC tiene una frecuencia de muestreo de 10 KHz, o lo que es lo mismo, convierte 10 valores de una señal analógica cada milisegundo. Para la frecuencia de 50 Hz el periodo de la corriente es de 20 ms, por lo que el ADC procesa 200 datos por ciclo. Según el teorema de Nyquist-Shannon, con muestrear al doble de la frecuencia de la onda es suficiente para discretizar fielmente la onda continua. Aunque entre dos muestreos consecutivos se realizan cálculos y la frecuencia de muestreo es inferior a la teórica, en este caso se supera con creces la frecuencia crítica que marca el teorema, por lo que existe margen para implementar otras funciones paralelas sin que afecte a la calidad de la discretización.

Una vez calculado el valor de la corriente falta obtener el de la tensión. El planteamiento es similar al anterior, requiriendo un transformador AC-AC para reducir la tensión y aislar la parte electrónica de la tensión de 230 V. El transformador utilizado será de 230V/12V y al igual que en el caso anterior, es necesario adaptar la señal para poder conectarlo a una entrada de Arduino. En este caso son necesarias dos operaciones.

- Escalar la señal al rango 0 - 5V para Arduino.
- Añadir un offset para suprimir valores negativos de la señal, tal y como en el caso anterior.

El offset efectúa la misma función que en el caso anterior y constructivamente es idéntico. Por otro lado, se debe adaptar el rango de tensiones a valores aptos para la electrónica. En España la tensión de red es de $230V \pm 7\%$ 50Hz, por lo que la tensión eficaz puede encontrarse entre 214-246V. Acorde a lo anterior, la máxima tensión de pico y de pico a pico admisible es:

$$V_{pico} = \sqrt{2} \cdot V_{rms} = \sqrt{2} \cdot 246 \approx 350 V \quad (12)$$

$$V_{pico \ a \ pico} = 2 \cdot V_{pico} = 700 V \quad (13)$$

La salida del transformador de 12V en esta situación tendrá un pico de tensión de 18,66V y un pico a pico de 37,34V. El escalado de la salida del transformador de tensión es imprescindible para la medida con Arduino, y se necesita establecer el rango. Se emplea un divisor de tensión resistivo con una relación de 1:11 conectando dos resistencias de 100 K Ω y 10 K Ω .

$$V_{pico \ salida} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_{pico \ entrada} = \frac{10k}{10k + 100k} \cdot 18,66V = 1,7V \quad (14)$$

Con Arduino $V_{CC} = 5 V$, y al igual que en el transformador de corriente la onda resultante está desplazada desde el punto de offset de continua de 2,5V. En este caso el rango final es de 0,8V a 4,2V, también apto para las entradas analógicas de Arduino.

Como medida de seguridad, idéntico que en el caso del transformador de corriente, se introduce un condensador con baja impedancia como derivación a *GND*, situado entre el divisor de tensión para el offset y el transformador. Al cumplir la misma función, el condensador seleccionado es igualmente de 10 μF .

En la figura 29 se observa el circuito necesario para hacer posible la medida de la tensión con Arduino.

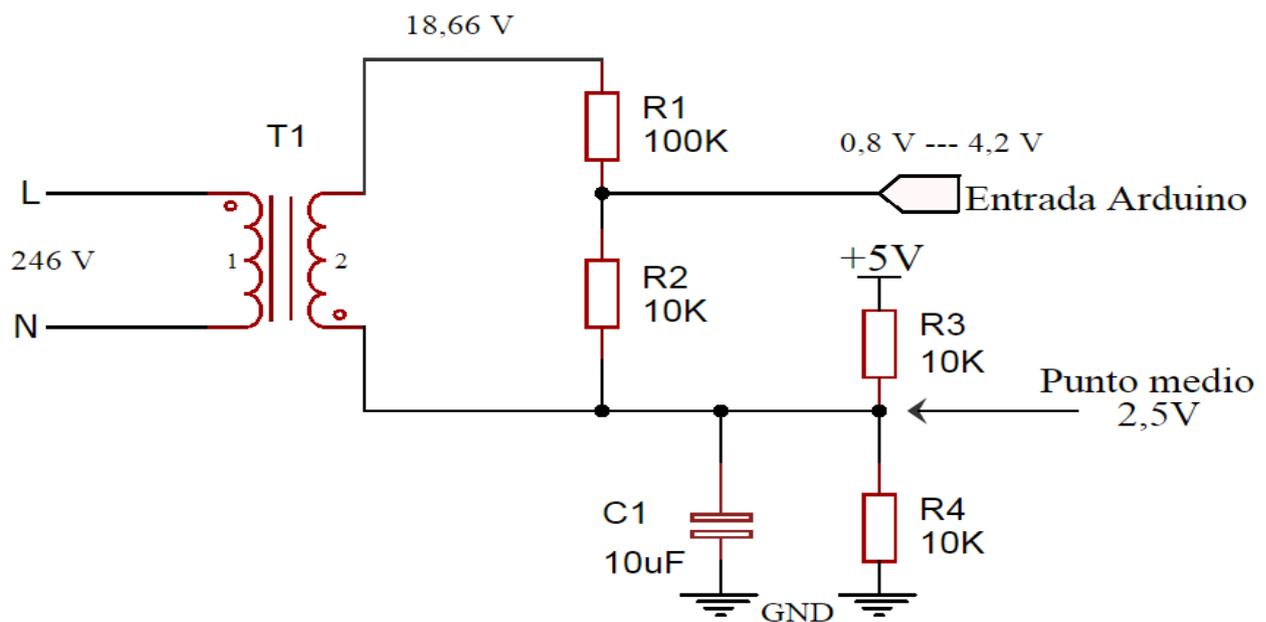


Figura 29. Conexión del transformador de tensión.

En la figura 30 se grafica el procesamiento efectuado a la señal para adecuarla a las entradas analógicas de Arduino, desde la salida del transformador de tensión con salida eficaz de 12V hasta la conexión con Arduino.

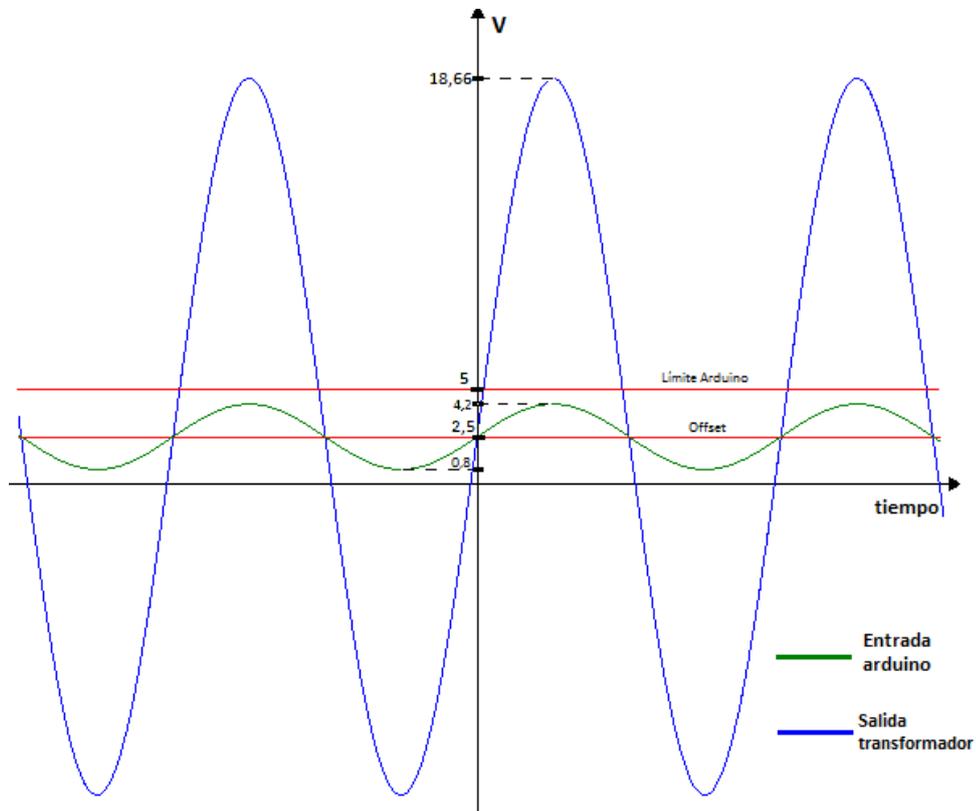


Figura 30. Transformación de señal de tensión

Los montajes de las figuras 28 y 29 juntos forman el total de la parte externa del prototipo de contador eléctrico. En la figura 31 se aprecian las conexiones completas del prototipo.

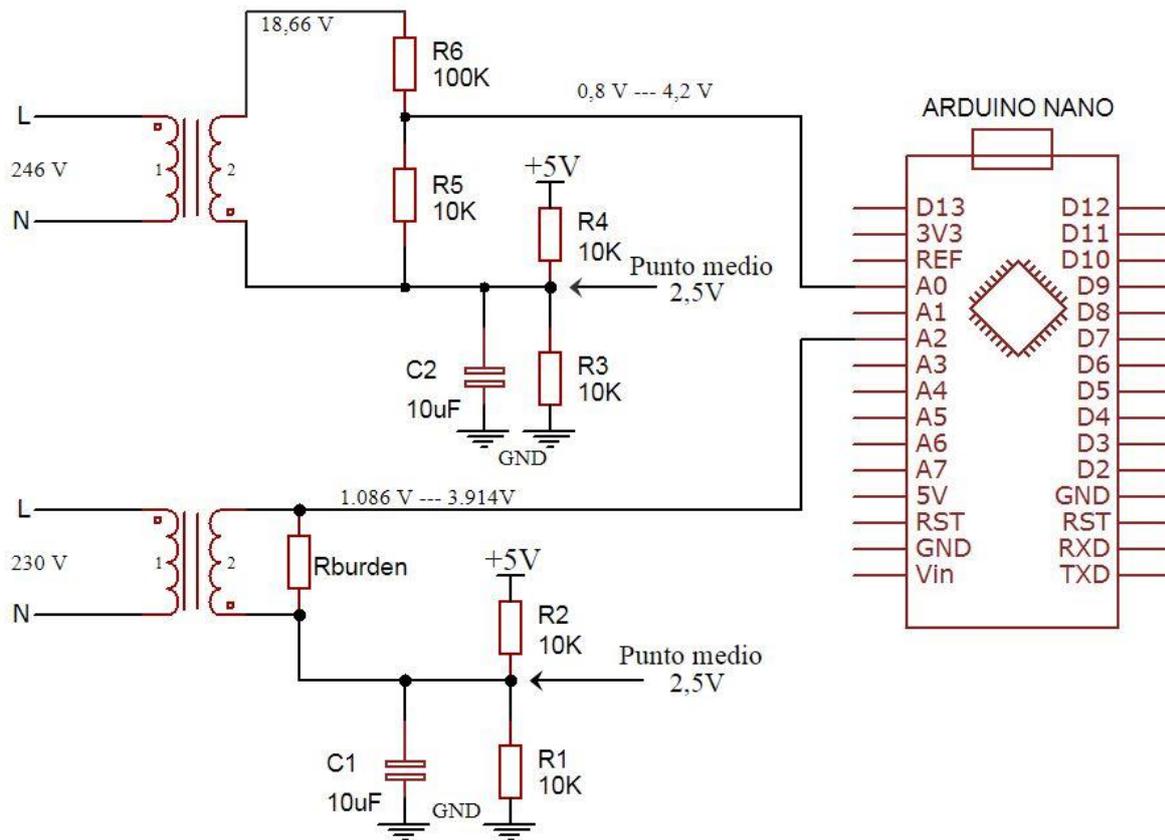


Figura 31. Conexiones del medidor de consumo.

6.4. Resultados experimentales

Una vez se han seleccionado los componentes y completado los montajes, se procede a la puesta en funcionamiento, detección de errores y mejora de los prototipos. Las pruebas realizadas han formado parte del proceso de diseño al ser el método de validación de los prototipos.

6.4.1. Led dimmer

Su funcionamiento depende de los valores de iluminación que se necesiten. Para el regulador led se realizan tres pruebas principalmente, la determinación del rango en el que se desarrolla la señal PWM, del número de datos incluidos en la media y la amplitud de la reducción del ruido.

El resultado de la primera prueba busca fijar dos niveles de iluminación, por una parte, cuando debe activarse la señal PWM, y por otra cuando está debe llegar a su máximo valor. La prueba consiste en analizar la señal de tensión proveniente del LDR para fijar los valores anteriormente mencionados. La señal declarada en el código del presente prototipo como "media" es la que se ha de estudiar, ya que es la

posteriormente ajustada entre el máximo y el mínimo. En la figura 32 se representa el valor de esa señal en un espacio iluminado de forma artificial y con un nivel de iluminación elevado. En el eje vertical se representa la señal con una escala de 0 a 1024 valores, proveniente del ADC. Aunque se corresponde con una medida real de 0 a 5V y puede ser transformada a voltaje, no se transforma ya que necesitamos el valor comprendido entre 0 y 1024. El eje horizontal es representado en baudios, en este caso equivalente a bits por segundo (bps), a una velocidad de 9600 baudios. Si bien es cierto que las unidades del eje horizontal no influyen en el análisis, es importante conocer que se trata de un eje temporal para entender la representación.

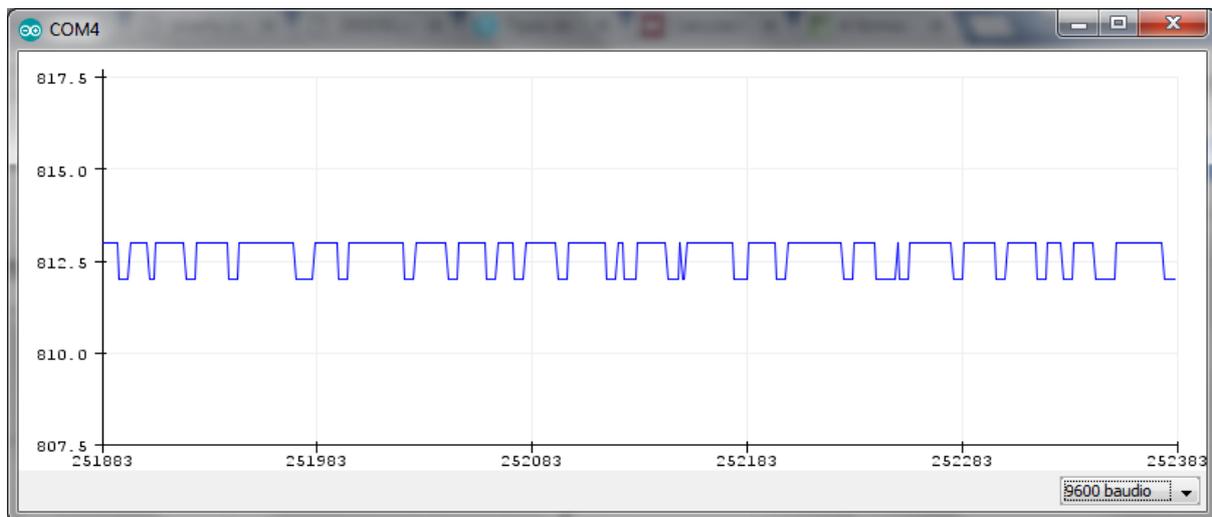


Figura 32. Señal con luz elevada

Como se observa en la figura 32, el valor aproximado de la señal con una luz intensa es de 812,5. A pesar de que la luz recibida es constante la señal presenta ruido, el cual posteriormente se reduce mediante código.

Para el caso opuesto, la figura 33 representa la misma señal cuando se tapa completamente el fotorresistor, observándose los valores mínimos de la señal.

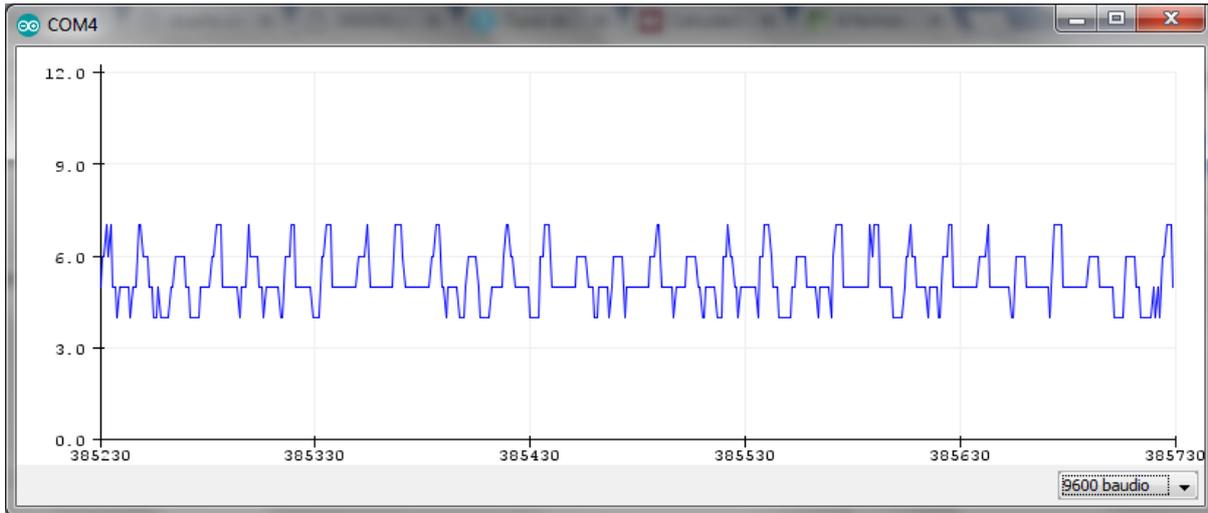


Figura 33. Señal con oscuridad total.

Como se observa, el mínimo valor de la señal está en torno a 5. Una vez conocidos los límites de la señal, se plantean dos escenarios relativos a los dos valores a obtener. El primero consiste en determinar en qué momento la iluminación externa existente se torna deficiente y es necesario activar la iluminación. La figura 34 está tomada al nivel de iluminación que se desea mantener como mínimo para el desempeño de labores cotidianas en una vivienda. A partir de esta imagen se obtiene el valor para el que la iluminación debe encenderse.

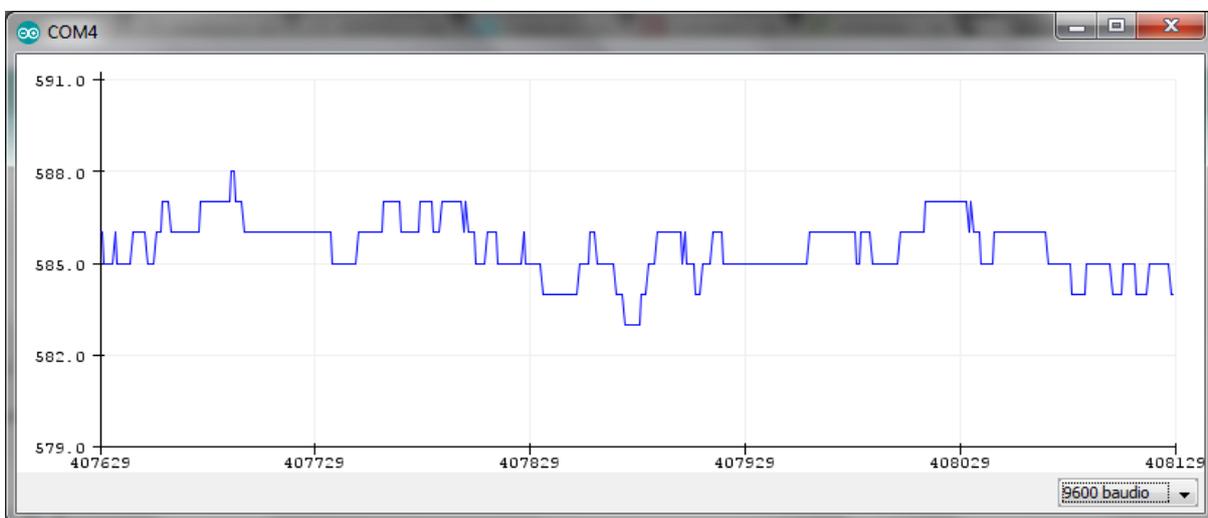


Figura 34. Señal con iluminación adecuada.

El valor medio de la señal en estas condiciones es de 585 aproximadamente. Se fija como valor máximo 600 para añadir una iluminación ligeramente superior, valor por debajo del cual será necesario accionar la iluminación para compensar la pérdida de luz.

El segundo escenario aborda el caso contrario, determinar el momento en el que la iluminación externa llega a ser totalmente deficiente y es necesario que la lámpara trabaje con la potencia máxima. En esta situación se generan los siguientes datos.

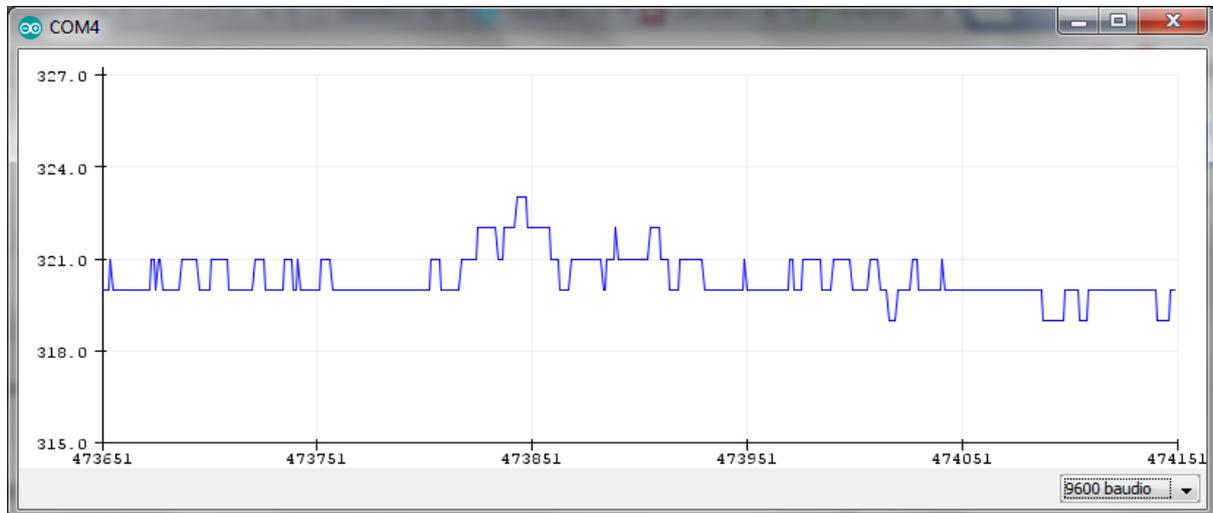


Figura 35. Señal con luz deficiente.

Al igual que para el anterior límite, se suma un pequeño margen para mejorar las condiciones de la iluminación, por lo que se establece 300 como valor mínimo.

Como resultado de esta práctica se introducen en el código los dos extremos del intervalo en el que se debe desarrollar la señal PWM.

La segunda prueba incluye una mejora en el código para reducir el ruido que puede observarse en la señal de salida, como se ve en las figuras 32, 33, 34 y 35. El ruido presente en la señal se encuentra en torno a 2 unidades sobre el límite superior de la señal (254), llegando a un valor máximo de ruido de 3. La reducción impuesta para asegurar que no haya ruido es de 4. El filtro utilizado compara el valor calculado con el anterior, si la variación entre uno y otro es igual o menor que el ruido, el nuevo valor no se muestra, sino que se sustituye por el anterior. Se suprime el ruido con pocos cálculos de manera efectiva, pero se produce un pequeño escalonamiento de la señal igual al ruido que se desea eliminar. El escalonamiento de la señal no presenta ningún problema ya que es muy pequeño, por lo que no produce variaciones visibles en la luz.

Las siguientes figuras muestran la implementación de este filtro en diferentes situaciones. La figura 36 corresponde con la situación de plena luz, para la que se comprueba el valor esperado de la señal PWM, igual a 0.

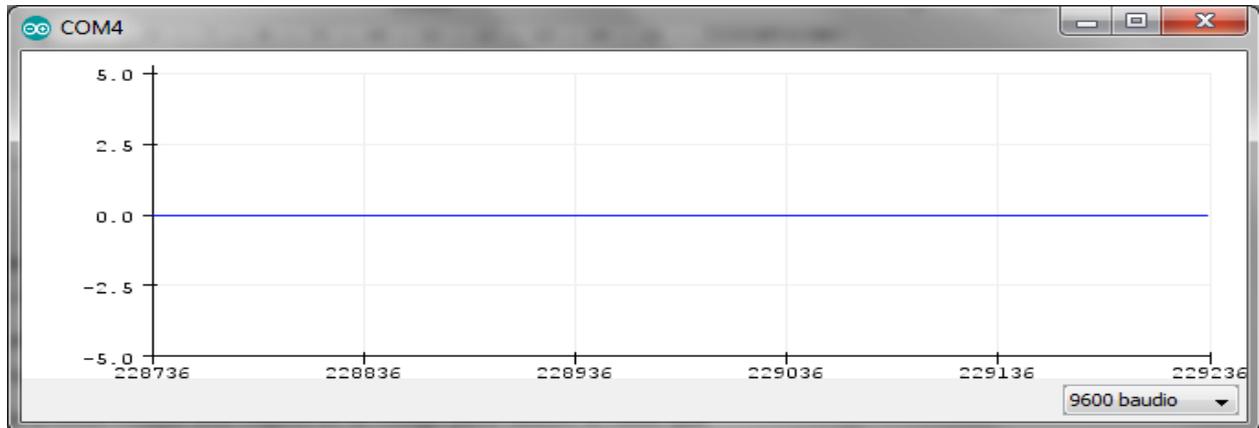


Figura 36.Reducción del ruido con plena luz

La situación contraria se encuentra cuando el sensor LDR no recibe suficiente luz y la señal PWM debe ser máxima e igual a 254, tal y como aparece en la figura 37.

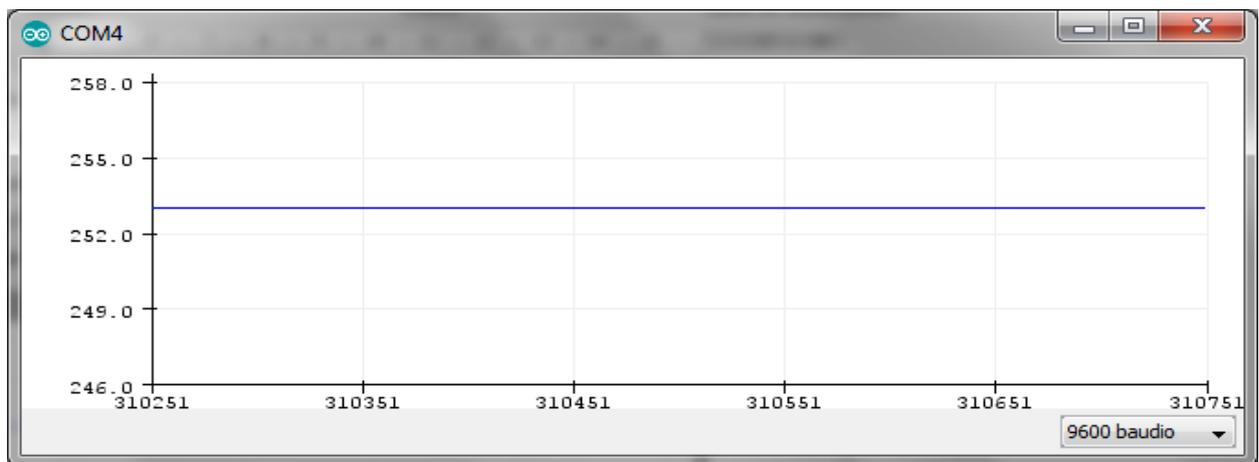


Figura 37.Reducción del ruido sin luz.

Las figuras 38 y 39 reflejan la evolución de la señal para una variación rápida de la cantidad de luz, donde se observa el escalonamiento producido por el filtro en las situaciones intermedias de estas variaciones.



Figura 38. Reducción del ruido con un aumento de luz

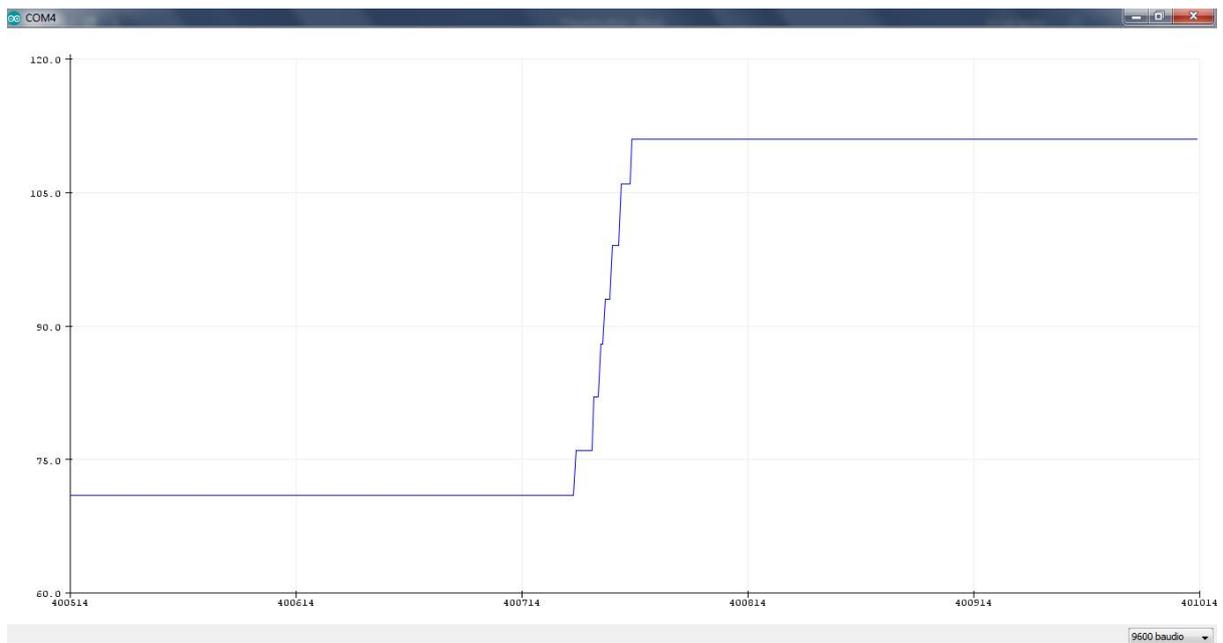


Figura 39. Reducción del ruido con una reducción de luz

La figura 40 muestra la estabilidad ante variaciones rápidas de gran amplitud y una posterior estabilización de la iluminación recibida. La respuesta visual ante las variaciones se produce de forma instantánea, sin retardos ni parpadeos tras ellas.

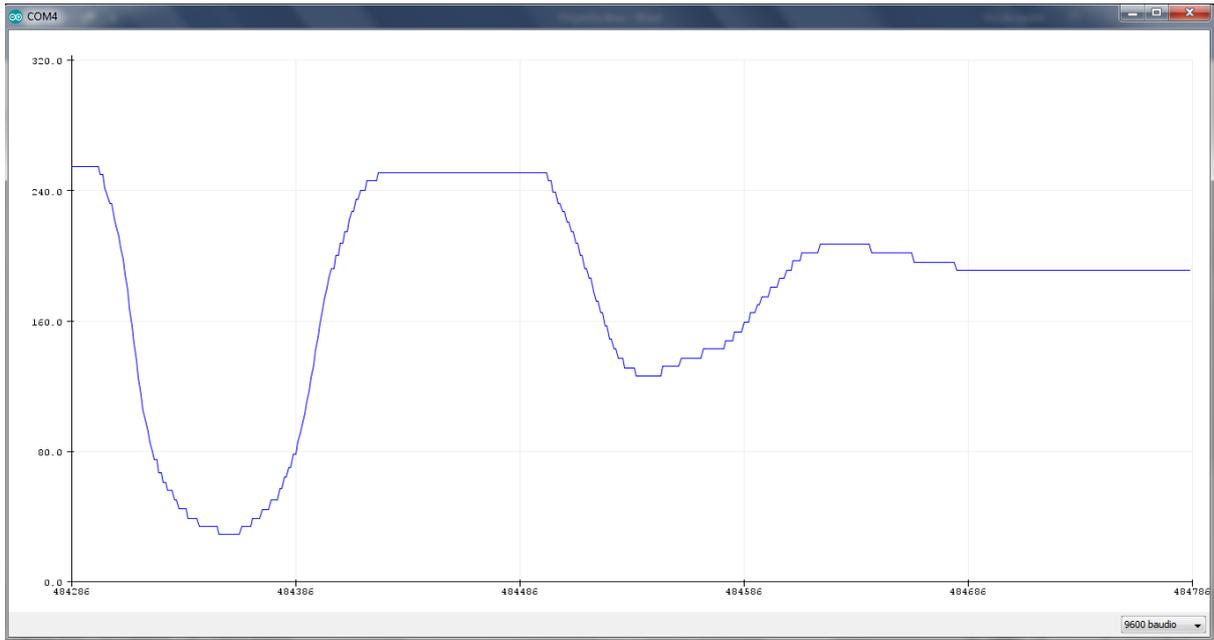


Figura 40. Reducción del ruido con variaciones rápidas

La tercera y última prueba busca determinar el valor óptimo de muestras incluidas en la media para estabilizar la función proveniente del LDR. Se encuentra el punto intermedio entre la estabilidad de la señal a mayor número de muestras, y el retardo computacional que implican tantas muestras.

La figura 41 es el resultado de hacer la media de las últimas 4 medidas tomadas. El ruido presente es menor que sin el filtro, pero aun aparece, se gana algo de estabilidad pero no es suficiente.

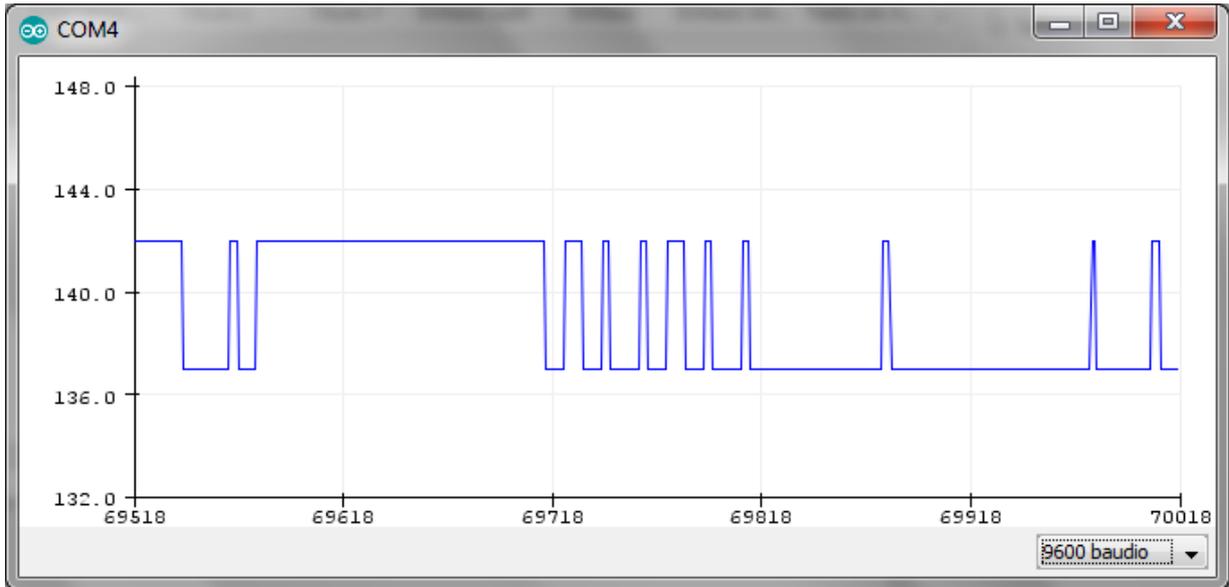


Figura 41. Reducción de ruido, media con 4 muestras

La figura 42 muestra la misma situación que la anterior cambiando el número de muestras tomadas para la media a 10. El ruido se reduce casi completamente, pero la señal no acaba de mantenerse constante cuando la iluminación sí lo es.

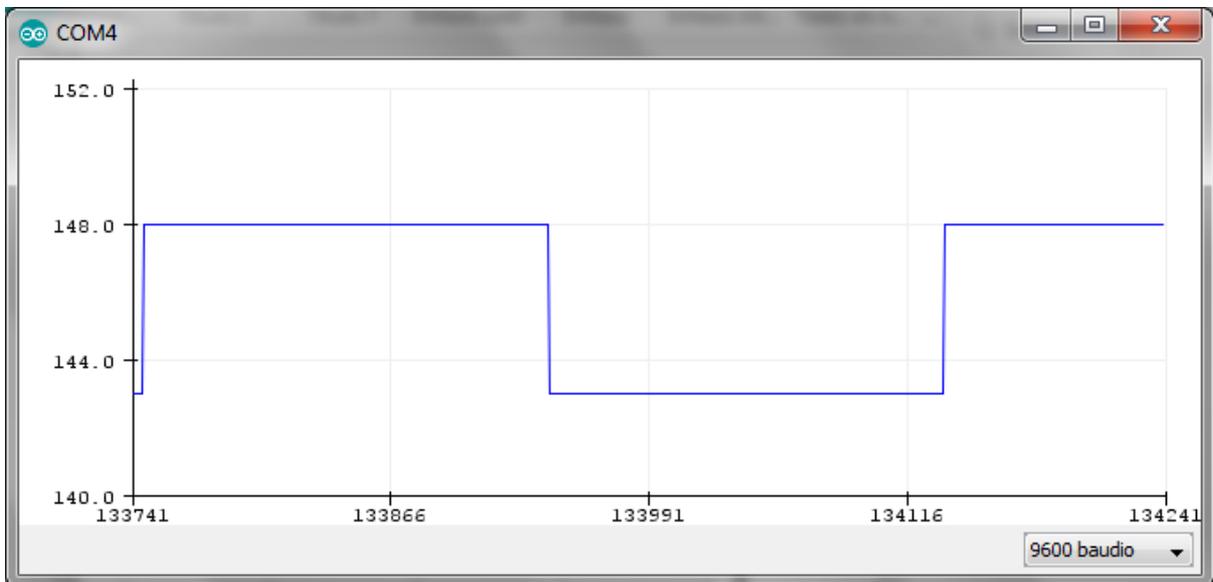


Figura 42. Reducción de ruido, media con 10 muestras

El mejor resultado se obtiene para 20 muestras, número que finalmente se incluye en el código. En la figura 43 puede observarse como la señal se equilibra totalmente cuando la iluminación es constante.

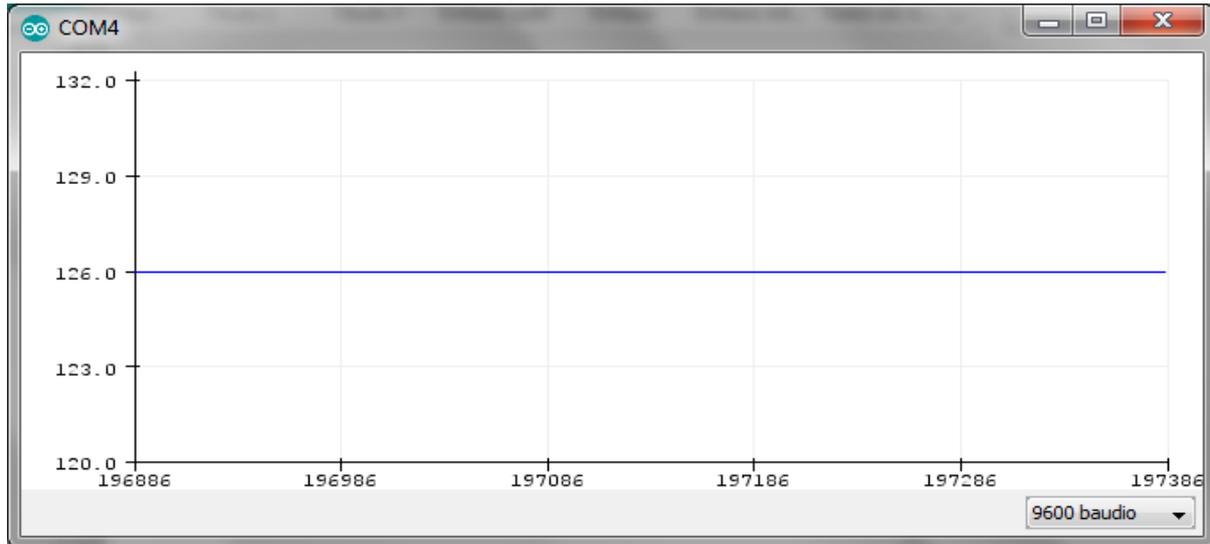


Figura 43. Reducción de ruido, media con 20 muestras

Para medias con más muestras el cálculo empieza a retardarse y no es el efecto deseado. Si se sigue aumentando llega a saturarse y la señal resultante no posee valor.

6.4.2. Sensor de presencia

Como parte de la validación del prototipo del sensor de presencia, se ha realizado la siguiente prueba. Consiste en medir experimentalmente el rango de la distancia de detección del módulo PIR.

La prueba busca aproximarse más al rango de detección real del módulo para conseguir una distancia más exacta que la expresada en la hoja de características. La motivación para realizar este ensayo es el interés por conocer mejor los límites reales del dispositivo, para posteriormente adaptarlo a cualquier situación en el menor tiempo posible. Las dimensiones del espacio que se desee iluminar imponen el número de detectores necesarios, por lo que es necesario conocer los límites exactos de detección. Cada dispositivo es diferente en sí mismo, sumado a que la temperatura ambiente, el tipo de iluminación y la posición del prototipo modifican su sensibilidad ante la radiación infrarroja. Por todo ello, se procede a su ensayo y ajuste en una situación real.

Tal y como se observa en la imagen 44, se mide la distancia a la que se detecta a una persona dirigiéndose directamente hacia el sensor. La hoja de características del apartado 2.4 del documento Planos de este proyecto, indica que la distancia máxima de detección es de 7 metros.

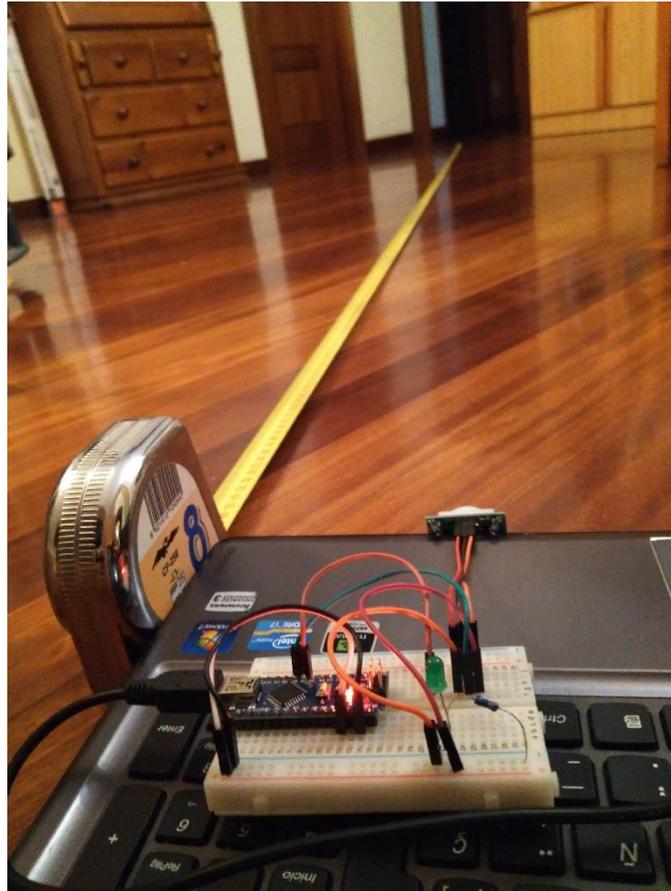


Figura 44. Distancia de detección 1.

Para calcular la distancia máxima de detección se ajusta el potenciómetro interno del módulo al máximo. La mayor distancia a la que detecta una persona en movimiento medida experimentalmente es de 7,60 m. Esta distancia es algo superior a la mostrada en la hoja de características del módulo, aunque sigue siendo superior a la necesaria para una vivienda.

Por otro lado, se ajusta el potenciómetro interno al mínimo para conocer el valor mínimo de la sensibilidad del módulo. La mínima distancia de detección es de 3,10 m.



Figura 45. Distancia de detección 2.

El sensor del módulo adquiere un ángulo de detección de 120° ya que tiene acoplada una cúpula formada por lentes de Fresnel. Si se sitúa el módulo en el centro geométrico del techo de cualquier vivienda, los 7,6m de distancia máxima de detección junto con un ángulo de visión de 120° son suficientes para cualquier espacio.

7. TRABAJOS FUTUROS

Una vez finalizado el proyecto se es consciente del potencial del mismo y de hasta dónde puede llegar. En este caso los resultados son satisfactorios, el diseño cumple los requisitos iniciales y el gasto de materiales es reducido. En el presente apartado se plantean dos posibles trabajos futuros que permiten darle continuidad a este proyecto.

El primero de ellos es relativo a la gestión de los datos suministrados por el medidor de consumo eléctrico. Con un buen procesado de los mismos pueden obtenerse datos muy útiles del consumo, como gráficas, picos u horas valle. La propuesta de mejora de este aspecto consiste en la ejecución automática del procesado y su implantación en una página web. Sin cambiar la idea ni las funciones del trabajo realizado, se crea un enfoque más dinámico y atractivo para el usuario.

Por otro lado, si se enfoca el proyecto como una solución domótica real y competitiva dentro del actual mercado, la segunda ampliación del trabajo surge debido a que se echa en falta una carcasa contenedora de todos los componentes de cada prototipo. Junto con las características de funcionamiento, la apariencia externa del producto es todo lo que un cliente valora, de ahí que la estética es el siguiente paso del diseño. Se trata de un aspecto delicado, ya que los prototipos diseñados están pensados para una instalación en el interior de cualquier vivienda ya construida, necesitando ser de tamaño reducido y fácil instalación. Los materiales han de ser buenos aislantes eléctricos para garantizar la seguridad de los usuarios y a su vez proporcionar protección para los propios componentes.

8. DEFINICIONES

A continuación, en este apartado de la Memoria se enumeran todas las definiciones, abreviaturas, etc. empleadas en el documento y se describe su significado:

1. **IDE**- Entorno de desarrollo integrado (del inglés *Integrated Development Environment*).
2. **Arduino** - Placa de desarrollo hardware.
3. **Raspberry Pi** - Computador de reducido tamaño.
4. **LDR** - Fotorresistor (del inglés *Light-Dependent Resistor*).
5. **PIR** - Sensor infrarrojo.
6. **V** – Voltios.
7. **A** – Amperios.
8. **W** – Vatios.
9. **RMS** - Valor medio cuadrático o eficaz (del inglés *Root Mean Square*).
10. **ADC** - Conversor analógico-digital (del inglés *Analog-to-Digital Converter*).
11. **GND** - Tierra (del inglés *ground*).
12. **Vcc** - Tensión de alimentación CC.
13. **Dimmer** - Regulador de tensión o intensidad.

14. PCB - Placa de circuito impreso (del inglés *Printed Circuit Board*).

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] AliExpress en español – *Compra online Electrónica, Moda, Casa y Jardín, Juguetes, Deportes, Motor y mucho más de China*. Recuperado de: **<https://best.aliexpress.com/es.htm>**
- [2] ALLDATASHEET.COM. *Electronic Components Datasheet Search* (2018). Recuperado de: **www.alldatasheet.com**
- [3] *Arduino Home* (2017). Recuperado de: **<https://www.arduino.cc>**
- [4] Banggood.com *Official Gadget Blog And Latest News Reel*. (2018). Recuperado de: **<https://www.banggood.com>**
- [5] Banzi, M. and Shiloh, M. (2016). *Introducción a Arduino*. Madrid: Anaya Multimedia.
- [6] Blum, J. (2018). *Exploring Arduino: tools and techniques for engineering wizardry*. Wiley & Sons Canada.
- [7] DealeXtreme - *Great Gadgets, Price & Service* (2018). Recuperado de: **<http://www.dx.com>**
- [8] Dennis, A. (n.d.). *Raspberry Pi home automation with Arduino: automate your home with a set of exciting projects for the Raspberry Pi*.
- [9] Fadisel SL. *Innovation, electronics, renewable energy and robotics for teaching* (2014). Recuperado de: **<http://fadisel.com/>**
- [10] *Fotorresistor (LDR) (2017)*. Recuperado de: **<https://es.wikipedia.org/wiki/Fotorresistor>**
- [11] Fritzing. *Electronics made easy* (2018). Recuperado de: **<http://fritzing.org/home/>**
- [12] Gear Best. *Compras en línea. Mejores Equipos al Mejor Precio*. (2018). Recuperado de: **<https://es.gearbest.com/>**
- [13] Geeky Theory. *Cursos online de programación* (2017). Recuperado de: **<https://geekytheory.com/>**
- [14] GitHub. *Build for developers. A better way to work together* (2018).

<https://github.com/>

- [15] Llamas, L. *Ingeniería, informática y diseño* (2017). Recuperado de:
<https://www.luisllamas.es>
- [16] *Modulación por ancho de pulsos (PWM)* (2017). Recuperado de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_ancho_de_pulsos
- [17] Monk, S. (n.d.). *Programming Arduino: getting started with Sketches*.
- [18] Monk, S. (n.d.). *Programming Arduino next steps: going further with Sketches*.
- [19] Monk, S. (2013). *12 proyectos Arduino + Android: controle Arduino con su teléfono inteligente o su tableta*. Madrid: Estribor.
- [20] Monk, S. (2012) *30 proyectos con Arduino*. Madrid: Estribor
- [21] Open Energy Monitor. *User guide* (2017). Recuperado de:
<https://openenergymonitor.org/>
- [22] Raspberry Pi. *Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi* (2017). Recuperado de: **<https://www.raspberrypi.org/>**
- [23] RS Components International (2017). Recuperado de: **<http://www.rs-components.com/raspberrypi>**
- [24] W3Schools. *The world's largest web developer site* 2018. Recuperado de:
<https://www.w3schools.com/>



DOCUMENTO 2

ANEXOS

INDICE ANEXOS

DOCUMENTO 2. ANEXOS	59
1. DESARROLLO DEL CÓDIGO	59
1.1. Led dimmer	59
1.2. Sensor de presencia	61
1.3. Medidor de consumo.....	64
2. HOJAS DE CARACTERÍSTICAS.....	67
2.1. Arduino Nano	67
2.2. Raspberry Pi	72
2.3. Fotorresistencia LDR.....	74
2.4. Sensor PIR.....	75
2.5. STC-013.....	77
2.6. Relé.....	79

DOCUMENTO 2. ANEXOS

A continuación se presentan todos los documentos anexos, donde se incluye el código, pruebas realizadas y las hojas de características.

1. DESARROLLO DEL CÓDIGO

1.1. Led dimmer

```
//Programa que realiza una media de las lecturas de iluminación
y genera una señal PWM proporcional a la media.

//Se asigna la fotorresistencia(LDR) al pin analógico A0
int LDR = A0;

int LUZ = 3;           //Se asigna el pin digital 3 al LED

//En esta variable se guarda el valor de la entrada analógica
A0
int valor;

//Variable auxiliar utilizada para eliminar ruido
int valor_ant=0;

//Variable donde se guarda el valor del ruido que queremos
evitar
int ruido=4;

//número de datos tomados para la media
const int numLecturas = 20;

// declara un vector de las medidas
int medidas[numLecturas];

int indice = 0;       //indice del array
int media = 0;        //media de las medidas
int total = 0;        //total para la media

// Determinación de los valores máximo y mínimo del
fotoresistor

int maximo = 600;    // Máximo valor que da el LDR con plena luz
int minimo = 300;    // Mínimo valor que da el LDR sin luz
```

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);    //Se inicializa la conexión por
  puerto serie

  pinMode(LUZ, OUTPUT); //Asigna como salida al PIN digital 3

  //Se inicializan todas las lecturas a 0
  for (int lectura = 0; lectura < numLecturas; lectura++){
    medidas[lectura] = 0;
  }
}

void loop()
{
  total= total - medidas[indice];    //Resta la última
  lectura del total

  medidas[indice] = analogRead(LDR); //Guarda el valor del
  LDR

  total= total + medidas[indice];    //Suma el último valor
  al total

  indice = indice + 1;                //Se avanza a la
  siguiente posición del array

  if (indice >= numLecturas){        //Si llega al final del
  array, vuelta al inicio

    indice = 0;
  }
  media = total / numLecturas;        //Se calcula la media

  //Se sitúa el dato entre el máximo y el mínimo
  //Si la media es menor que el mínimo, devuelve el mínimo
  //Si la media está entre mínimo y máximo, devuelve la media
  //Si la media es mayor que el máximo, devuelve el máximo

  valor = constrain(media, minimo, maximo);

  //Solo para el ajuste se muestra a través del monitor serie
  el valor
  //Serial.println(valor);

```

```
//Se ubica el valor leído y ajustado en el rango entre 0 y
255 para poder utilizar "analogWrite"
//Cuando hay plena luz (máximo), valor = 0
//Cuando no hay luz (mínimo), valor = 255

valor = map(valor, maximo, minimo, 0, 255);

//Evita que quede permanentemente luciendo en valores bajos
sin llegar al 0

if (valor==0){
    valor_ant=valor;
}
if (abs(valor-valor_ant)<=ruido){ //Si el nuevo dato está
muy cerca del anterior, se mantiene el anterior
    valor=valor_ant;
}
valor_ant=valor; //Se guarda el valor para eliminar
el ruido en el siguiente ciclo

Serial.println(valor); //Se muestra el valor final por el
puerto de serie para analizar la señal

// Se aplica el valor obtenido al controlador de la lámpara
LED mediante PWM
analogWrite(LUZ, valor);

delay(40); //Corte para estabilizar el proceso
}
```

1.2. Sensor de presencia

```
//El programa detecta la presencia mediante una señal entrante
y actúa en consecuencia. Cada vez que detecta presencia activa
el relé y lo mantiene hasta que deja de haber movimiento.

//Tiempo de calibración para el sensor (10-60 segundos de
acuerdo con la hoja de características)
int calibracion = 30;

//Variable que registra el tiempo en el que el sensor deja de
mandar señal activa
long unsigned int baja;
```

```
//Tiempo que el sensor tiene que estar desactivado para asumir
que no va a haber más movimiento
long unsigned int pausa = 7000;

boolean bloqueo = true; //declara variable de comprobación
boolean tiempobaja; //variable de comprobación
int pirPin = 7; //pin digital conectado a la
salida del módulo PIR

int rele = 6; //pin digital que controla al relé

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Inicia la comunicación por puerto
de serie

  pinMode(pirPin, INPUT); //define "pirPin" como entrada
pinMode(rele, OUTPUT); //define "rele" como salida
digitalWrite(pirPin, LOW); //referencia para iniciar el
sensor

  //tiempo de inicialización para el sensor
  Serial.print("Calibrando sensor ");
  for(int i = 0; i < calibracion; i++){

    Serial.print(".");
    delay(1000);
  }
  Serial.println("hecho.");
  Serial.println("Sensor activo.");
  delay(50);
}

void loop()
{
  if(digitalRead(pirPin) == HIGH){ //Si el sensor manda señal
alta

  digitalWrite(rele, HIGH); //enciende el led

  //asegurar que no se hace nada antes de que el sensor
pase a mandar una señal baja
  if(bloqueo){
```

```

    bloqueo = false;           //Bloquea la detección de
    movimiento
    Serial.println("---");

    //registro de movimientos
    Serial.print("Movimiento detectado a los ");
    Serial.print(millis()/1000);
    Serial.println(" seg");
    delay(50);
}
tiempobaja = true;           //Al estar encendido, permite
el apagado
}

if(digitalRead(pirPin) == LOW){           //Si el sensor manda
señal baja

    if(tiempobaja){           //Si el apagado es posible
        baja = millis();       //Almacena el tiempo desde el
        que la señal deja de estar activa

        tiempobaja = false;     //Se asegura que esto solo
        se hace al empezar un periodo sin señal del módulo
        PIR para reducir el proceso
    }

    //si el sensor manda señal baja durante más tiempo que la
    pausa, se asume que no hay más movimiento
    if(!bloqueo && millis() - baja > pausa){

        //se asegura que este código solo se ejecuta después
        de un nuevo registro de movimiento
        bloqueo = true;

        digitalWrite(rele, LOW); //Se apaga la luz

        //registro de apagados
        Serial.print("movimiento detenido a los ");
        Serial.print((millis() - pausa)/1000);
        Serial.println(" seg");
        delay(5);
    }
}
}
}

```

1.3. Medidor de consumo

```
//Mide la tensión instantánea de los dos transformadores y la
transforma a los valores equivalentes de tensión y corriente,
manda un valor eficaz (RMS) cada 500 ms

const float MODELO = 15; // Modelo de transformador 15A/1V
const float VRED = 246; //Tensión máxima de suministro 246V

const float VMINC = 1.086; //Límite inferior del intervalo de
medida de corriente

const float VMAXC = 3.914; //Límite superior del intervalo de
medida de corriente

const float VMINT = 0.8; //Límite inferior del intervalo de
medida de tensión

const float VMAXT = 4.2; //Límite superior del intervalo de
medida de tensión

const float Vcc = 5.0; //Valor de Vcc
float medidac; //Variables para adquisición de
datos

float medidat;
float corriente; //Valor instantáneo de corriente
float tension; //Valor instantáneo de tensión
float corrienteRMS; //Corriente eficaz
float tensionRMS; //Tensión eficaz
float paparente; //Potencia aparente (S)
float preal; //Potencia real (P)
float factor; //factor de potencia

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Inicializa conexión por puerto de
  serie
}

void loop()
{
  float sumac = 0; //Para la media de corrientes
  float sumat = 0; //Para la media de tensiones
```

```

float sumap = 0;           //Para la potencia real.
long tiempo = millis(); //Guarda el tiempo
int contador = 0;         //Registro de ciclos

//El contador registra el número de datos incluidos en la
media, y esta se calcula para todas las muestras tomadas en
500 ms, con una frecuencia de 50Hz son unos 25 ciclos.
while(millis() - tiempo < 500) {

    //Se mide la corriente y se calcula el valor real
    medidac = analogRead(A2) * Vcc / 1023.0;

    //Se mide la tensión y se calcula el valor real
    medidat = analogRead(A0) * Vcc / 1023.0;

    //Se escala la tensión a su rango real
    corriente = escalar (medidac, VMINC, VMAXC, -MODELO,
MODELO);

    //Se escala la tensión a su rango real
    tension=escalar (medidat, VMINT, VMAXT, -VRED, VRED);

    //Suma de corrientes al cuadrado
    sumac += sq(corriente);

    //Suma de tensiones al cuadrado
    sumat += sq(tension);

    //Suma de productos instantáneos
    sumap += tension*corriente;
    contador = contador + 1; //Cuenta el número de valores
    delay(1);
}
//Valor de la corriente RMS
corrienteRMS = sqrt(sumac / contador);

//Valor de la tensión RMS
tensionRMS = sqrt(sumat / contador);

//Valor de la potencia real
preal = sumap / contador;

//Cálculo de la potencia aparente
paparente = tensionRMS * corrienteRMS;

```

```

//Cálculo del factor de potencia
factor = paparente / preal;
Serial.print("Irms: ");           //Muestra la corriente
Serial.print(corrienteRMS);
Serial.println(" A.");
Serial.print("Vrms: ");           //Muestra tensión
Serial.print(tensionRMS);
Serial.println(" V.");
Serial.print("S: ");              //Muestra potencia aparente
Serial.print(paparente);
Serial.println(" VA.");
Serial.print("FP: ");             //Muestra factor de potencia
Serial.print(factor);
Serial.println(" W.");
Serial.print("Pactiva: ");        //Muestra potencia real
Serial.print(preal);
Serial.println(" W.");

delay(500);
}

//Existe una función encargada de escalar valores dentro de un
rango a otro rango diferente pero lo hace operando con
variables tipo "long", mientras que para trabajar con
decimales la pérdida de información es menor con variables
tipo "float".
//cambio de escala para variables tipo float
float escalar (float entr, float emin, float emax, float smin,
float smax){

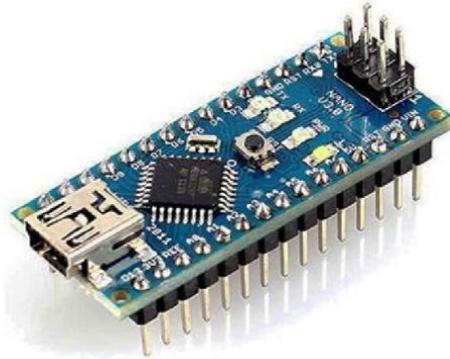
    return (x - emin) * (smax - smin) / (emax - emin) + smin;
}

```

2. HOJAS DE CARACTERÍSTICAS

2.1. Arduino Nano

MB0016: OEM ARDUINO NANO V3.0



Descripción:

Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328 (Arduino Nano 3.0) que se usa conectándola a una Protoboard. Tiene funcionalidad similar al Arduino UNO, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez del cable estándar.

Especificaciones

Microcontrolador: ATmega328.
Tensión de Operación (nivel lógico): 5 V.
Tensión de Entrada (recomendado): 7-12 V.
Tensión de Entrada (límites): 6-20 V.
Pines E/S Digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM).

Entradas Analógicas: 8.

Corriente máx por cada PIN de E/S: 40 mA.

Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 2KB son usados por el bootloader.

SRAM: 2 KB (ATmega328).

EEPROM: 1 KB (ATmega328).

Frecuencia de reloj: 16 MHz.

Dimensiones: 18.5mm x 43.2mm

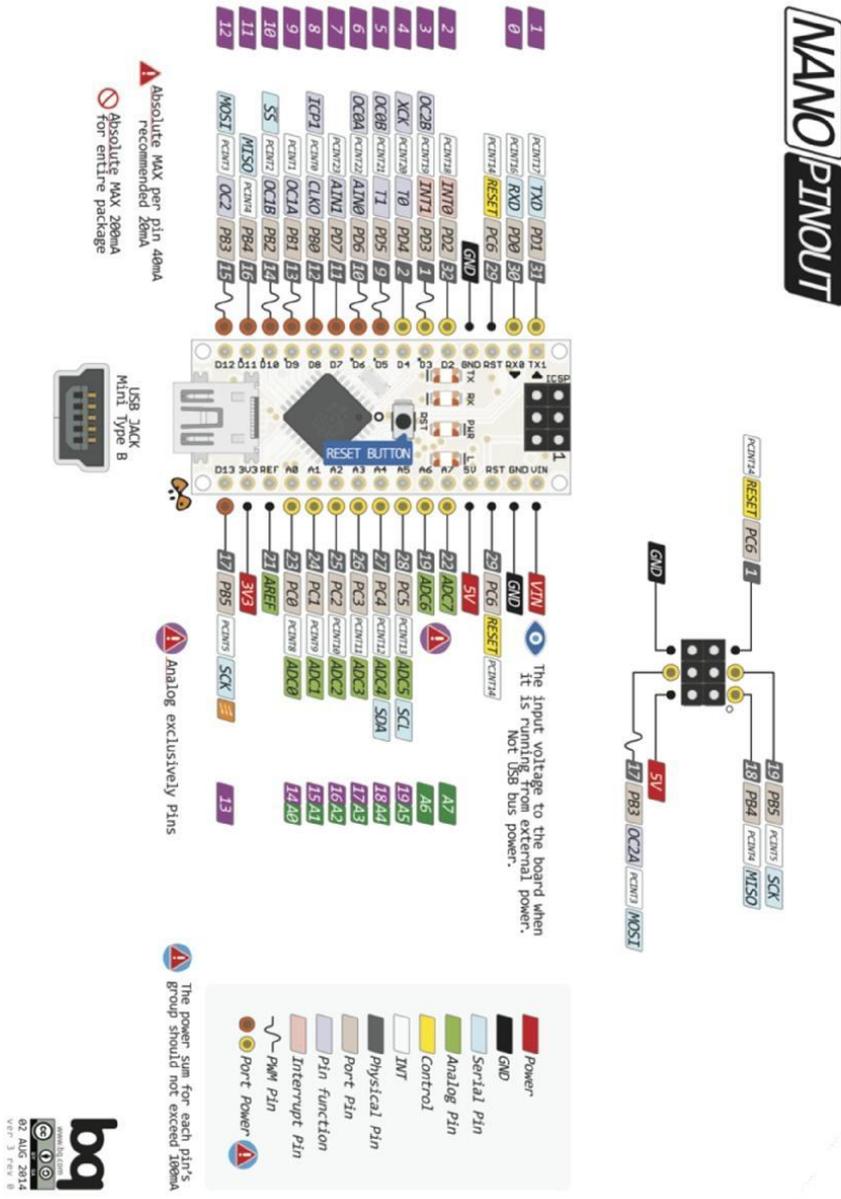
Alimentación

El Arduino Nano puede ser alimentado usando el cable USB Mini-B, con una fuente externa no regulada de 6-20V (pin 30), o con una fuente externa regulada de 5V (pin 27). La fuente de alimentación es seleccionada automáticamente a aquella con mayor tensión.

El chip FTDI FT232RL que posee el Nano solo es alimentado si la placa está siendo alimentada usando el cable USB.

Cuando se utiliza una fuente externa (no USB), la salida de 3.3V (la cual es proporcionada por el chip FTDI) no está disponible y los pines 1 y 0 parpadearán si los pines digitales 0 o 1 están a nivel alto.

Distribución de Pines





8-bit AVR Microcontrollers

ATmega328/P

DATASHEET SUMMARY

Introduction

The Atmel® picoPower® ATmega328/P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR® enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega328/P achieves throughputs close to 1MIPS per MHz. This empowers system designer to optimize the device for power consumption versus processing speed.

Feature

High Performance, Low Power Atmel®AVR® 8-Bit Microcontroller Family

- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions
 - Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program Memory
 - 1KBytes EEPROM
 - 2KBytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data Retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® Library Support
 - Capacitive Touch Buttons, Sliders and Wheels
 - QTouch and QMatrix® Acquisition
 - Up to 64 sense channels

Atmel-42735B-328/P_Datasheet_Summary-11/2016

- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Two Master/Slave SPI Serial Interface
 - One Programmable Serial USART
 - One Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - One On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 105°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4MHz @ 1.8 - 5.5V
 - 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V
 - 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 0.2mA
 - Power-down Mode: 0.1µA
 - Power-save Mode: 0.75µA (Including 32kHz RTC)

2.2. Raspberry Pi

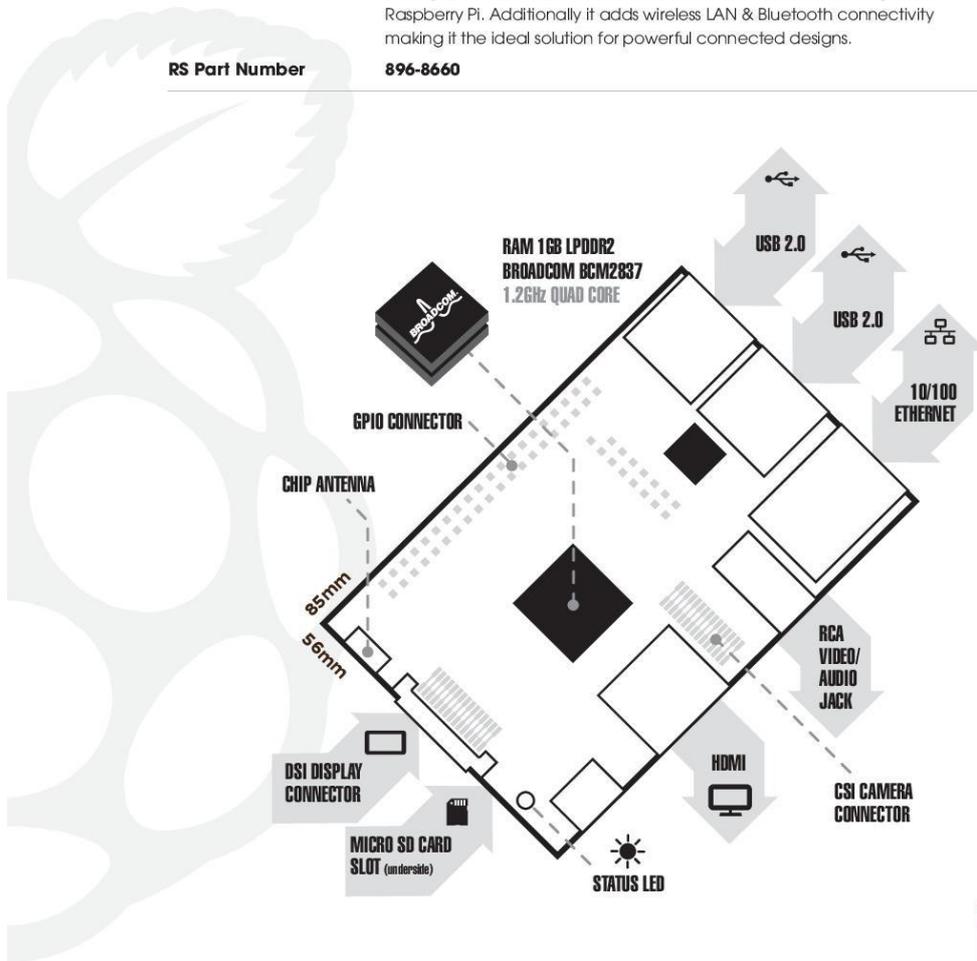


Raspberry Pi 3 Model B

Product Name Raspberry Pi 3

Product Description The Raspberry Pi 3 Model B is the third generation Raspberry Pi. This powerful credit-card sized single board computer can be used for many applications and supersedes the original Raspberry Pi Model B+ and Raspberry Pi 2 Model B. Whilst maintaining the popular board format the Raspberry Pi 3 Model B brings you a more powerful processor, 10x faster than the first generation Raspberry Pi. Additionally it adds wireless LAN & Bluetooth connectivity making it the ideal solution for powerful connected designs.

RS Part Number 896-8660



www.rs-components.com/raspberrypi



Raspberry Pi 3 Model B

Specifications

Processor	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode. Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V1, 2.5A

Connectors:

Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	Audio Output 3.5mm jack, HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Push/pull Micro SDIO

Key Benefits

- Low cost
- 10x faster processing
- Consistent board format
- Added connectivity

Key Applications

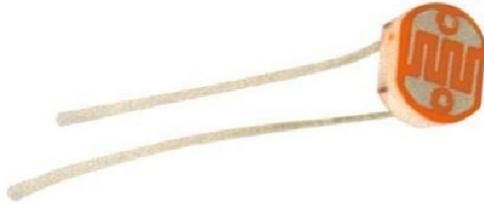
- Low cost PC/tablet/laptop
- Media centre
- Industrial/Home automation
- Print server
- Web camera
- Wireless access point
- Environmental sensing/monitoring (e.g. weather station)
- IoT applications
- Robotics
- Server/cloud server
- Security monitoring
- Gaming



2.3. Fotoresistencia LDR



FOTORRESISTENCIA LDR 4,3mm x Ø 5,1mm C-2795



CARACTERISTICAS TECNICAS

Valores máximos

Tensión 25 °C (VDC) 150
Potencia disipable (mW) 90
Temperatura ambiente (°C) -25 a 75

Fotorresistencia o resistencia dependiente de la luz, consistente en una célula de Sulfuro de Cadmio, altamente estable, encapsulada con una resina epoxi transparente, resistente a la humedad. La respuesta espectral es similar a la del ojo humano. Su nivel de resistencia aumenta cuando el nivel de luz disminuye.

Aplicaciones: Control de contraste en televisores y monitores, control automático de la iluminación en habitaciones, juguetes y juegos electrónicos, controles industriales, interruptores crepusculares, boyas y balizas de encendido automático, auto-flash, etc...

CARACTERISTICAS a 25°C (nota E)

Características a 25°C (nota E)						
Resistencia (notaA)		? (notaC)		Tiempos de respuesta a 10 lx (notaD)		Respuesta espectral
10 lux (2856K)	0 lux (notaB)	100-10 lx		t. subida	t. bajada	(pico)
Min.(K?)	Max.(K?)	Min.(M?)	(M?)	(ms)	(ms)	(nm)
50	140	20	0.9	60	25	570

Notas: A) Medido con una fuente luminosa formada por una lámpara de tungsteno, trabajando a una temperatura de color de 2856K.

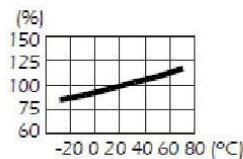
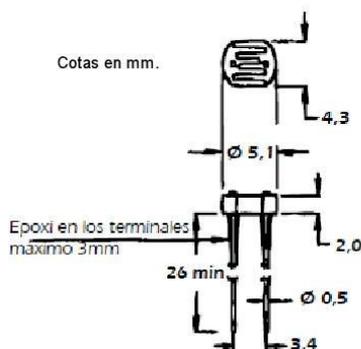
B) Medición efectuada 10 segundos después de retirar una iluminación incidente de 10 lux.

C) Sensibilidad entre 10 y 100 lux, dada por:

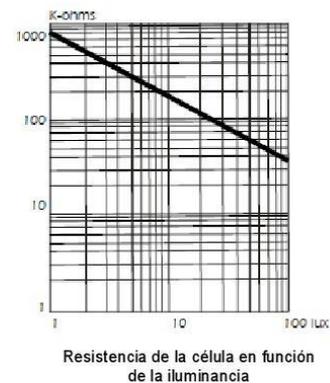
$$? = \log(E100) - \log(E10) \\ \log(R100) - \log(R10)$$

donde R100, R10 son las resistencias a 100 y 10 lux respectivamente, y E100, E10 las iluminancias de 100 y 10 lx respectivamente.
D) Tiempo de subida es el tiempo necesario para alcanzar el 63% del nivel de saturación. Tiempo de bajada es el necesario para que la célula alcance el 37% desde el nivel saturación.

E) Todas las características están medidas con la célula LDR expuesta a la luz (100-500 lux) durante 1 o 2 horas.



Variación de la resistencia de la célula iluminada en función de la temperatura



Resistencia de la célula en función de la iluminancia



Cebek[®] es una marca Registrada del Grupo Fadisel

www.cebek.com - sat@cebek.com

2.4. Sensor PIR

HC-SR501 PIR MOTION DETECTOR

Product Discription

HC-SR501 is based on infrared technology, automatic control module, using Germany imported LHI778 probe design, high sensitivity, high reliability, ultra-low-voltage operating mode, widely used in various auto-sensing electrical equipment, especially for battery-powered automatic controlled products.

Specification:

- Voltage: 5V – 20V
- Power Consumption: 65mA
- TTL output: 3.3V, 0V
- Delay time: Adjustable (.3->5min)
- Lock time: 0.2 sec
- Trigger methods: L – disable repeat trigger, H enable repeat trigger
- Sensing range: less than 120 degree, within 7 meters
- Temperature: – 15 ~ +70
- Dimension: 32*24 mm, distance between screw 28mm, M2, Lens dimension in diameter: 23mm

Application:

Automatically sensing light for Floor, bathroom, basement, porch, warehouse, Garage, etc, ventilator, alarm, etc.

Features:

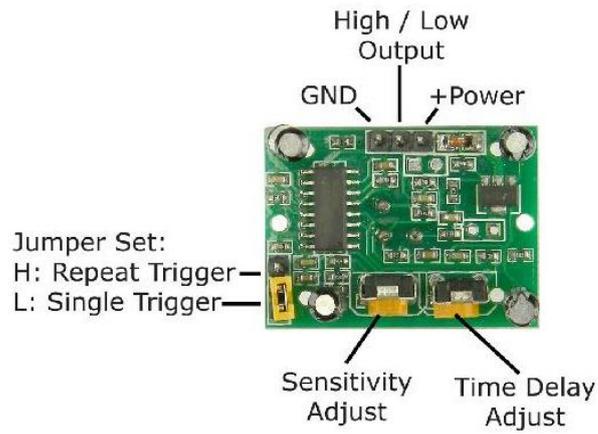
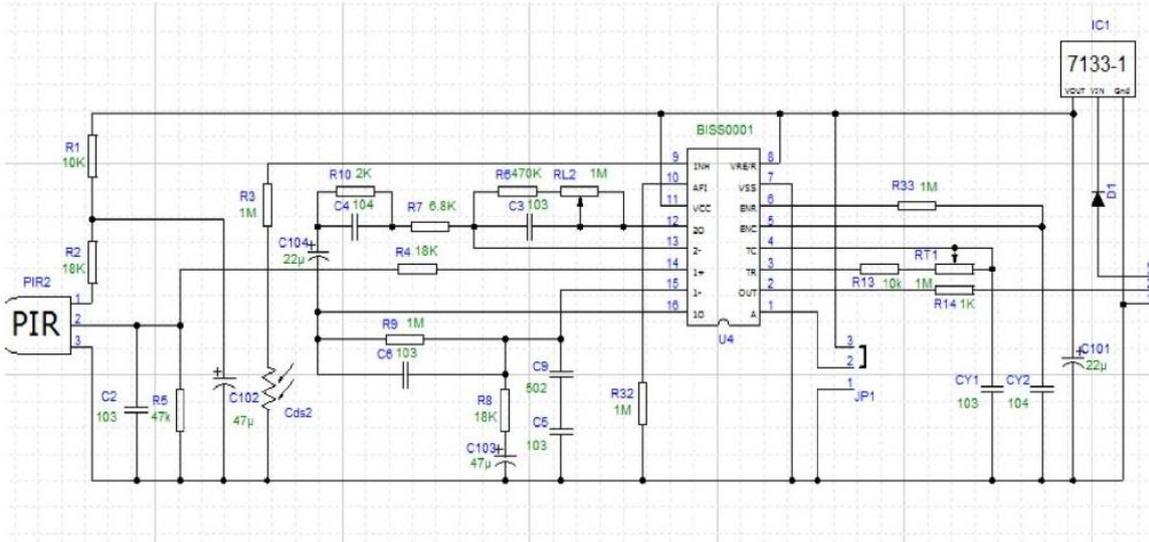
- Automatic induction: to enter the sensing range of the output is high, the person leaves the sensing range of the automatic delay off high, output low.
- Photosensitive control (optional, not factory-set) can be set photosensitive control, day or light intensity without induction.
- Temperature compensation (optional, factory reset): In the summer when the ambient temperature rises to 30 ° C to 32 ° C, the detection distance is slightly shorter, temperature compensation can be used for performance compensation.
- Triggered in two ways: (jumper selectable)
 - non-repeatable trigger: the sensor output high, the delay time is over, the output is automatically changed from high level to low level;
 - repeatable trigger: the sensor output high, the delay period, if there is human activity in its sensing range, the output will always remain high until the people left after the delay will be high level goes low (sensor module detects a time delay period will be automatically extended every human activity, and the starting point for the delay time to the last event of the time).
- With induction blocking time (the default setting: 2.5s blocked time): sensor module after each sensor output (high into low), followed by a blockade set period of time, during this time period sensor does not accept any sensor signal. This feature can be achieved sensor output time "and" blocking time "interval between the work can be applied to interval detection products; This function can inhibit a variety of interference in the process of load switching. (This time can be set at zero seconds – a few tens of seconds).
- Wide operating voltage range: default voltage DC4.5V-20V.
- Micropower consumption: static current <50 microamps, particularly suitable for battery-powered automatic control products.
- Output high signal: easy to achieve docking with the various types of circuit.

Adjustment:

- Adjust the distance potentiometer clockwise rotation, increased sensing distance (about 7 meters), on the contrary, the sensing distance decreases (about 3 meters).
- Adjust the delay potentiometer clockwise rotation sensor the delay lengthened (300S), on the contrary, shorten the induction delay (5S).

Instructions for use:

- Sensor module is powered up after a minute, in this initialization time intervals during this module will output 0-3 times, a minute later enters the standby state.
- Should try to avoid the lights and other sources of interference close direct module surface of the lens, in order to avoid the introduction of interference signal malfunction; environment should avoid the wind flow, the wind will cause interference on the sensor.
- Sensor module with dual probe, the probe window is rectangular, dual (A B) in both ends of the longitudinal direction
 - so when the human body from left to right or right to left through the infrared spectrum to reach dual time, distance difference, the greater the difference, the more sensitive the sensor,
 - when the human body from the front to the probe or from top to bottom or from bottom to top on the direction traveled, double detects changes in the distance of less than infrared spectroscopy, no difference value the sensor insensitive or does not work;
- The dual direction of sensor should be installed parallel as far as possible in inline with human movement. In order to increase the sensor angle range, the module using a circular lens also makes the probe surrounded induction, but the left and right sides still up and down in both directions sensing range, sensitivity, still need to try to install the above requirements.





- 1 working voltage range :DC 4.5-20V
- 2 Quiescent Current :50uA
- 3 high output level 3.3 V / Low 0V
4. Trigger L trigger can not be repeated / H repeated trigger
5. circuit board dimensions :32 * 24 mm
6. maximum 110 ° angle sensor
7. 7 m maximum sensing distance

Product Type	HC--SR501 Body Sensor Module
Operating Voltage Range	5-20VDC
Quiescent Current	<50uA
Level output	High 3.3 V /Low 0V
Trigger	L can not be repeated trigger/H can be repeated trigger(Default repeated trigger)
Delay time	5-300S(adjustable) Range (approximately .3Sec -5Min)
Block time	2.5S(default)Can be made a range(0.xx to tens of seconds
Board Dimensions	32mm*24mm
Angle Sensor	<110 ° cone angle
Operation Temp.	-15-+70 degrees
Lens size sensor	Diameter:23mm(Default)

Application scope

- Security products
- Body induction toys
- Body induction lamps
- Industrial automation control etc

Pyroelectric infrared switch is a passive infrared switch which consists of BISS0001 ,pyroelectric infrared sensors and a few external components. It can open all kinds of equipments, including incandescent lamp, fluorescent lamp, intercom, automatic, electric fan, dryer and automatic washing machine, etc. It is widely used in enterprises, hotels, stores, and corridor and other sensitive area for automatic lamp, lighting and alarm system.

Instructions

Induction module needs a minute or so to initialize. During initializing time, it will output 0-3 times. One minute later it comes into standby.

Keep the surface of the lens from close lighting source and wind, which will introduce interference.

Induction module has double -probe whose window is rectangle. The two sub-probe (A and B) is located at the two ends of rectangle. When human body r to right, or from right to left, Time for IR to reach to reach the two sub-probes differs.The larger the time difference is, the more sensitive this module is. Wh body moves face-to probe, or up to down, or down to up, there is no time difference. So it does not work. So instal the module in the direction in which most activities behaves, to guarantee the induction of human by dual sub-probes. In order to increase the induction range, this module uses round lens which ca from all direction. However, induction from right or left is more sensitivity than from up or down.

2.5. STC-013

Split core current transformer



Model: SCT-013

Rated input current: 5A/100A

Characteristics: Opening size: 13mm*13mm,
 Non-linearity±3% (10%—120% of rated input current)
 1m leading wire, standard Φ3.5 three core plug output.
 Current output type and voltage output type (voltage output type built-in sampling resistor)

Purpose: Used for current measurement, monitor and protection for AC motor, lighting equipment, air compressor etc

Core material: ferrite

Mechanical strength: the number of switching is not less than 1000 times(test at 25°C)

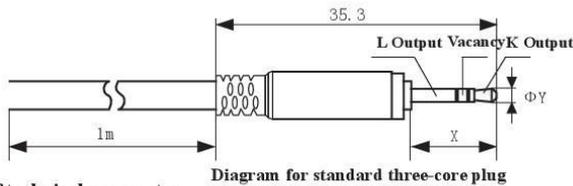
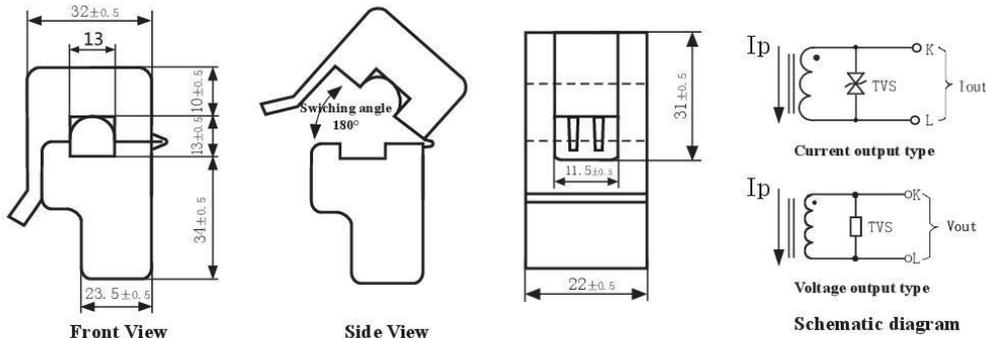
Safety index: Dielectric strength(between shell and output)1000V AC/1min

Fire resistance property: In accordance with UL94-V0

Work temperature: -25°C~+70°C



Outline size diagram: (in mm)



Three-core plug size

	X	Y	
2.5mm Audio Plug	11.9	2.5	Optional
3.5mm Audio Plug	15.0	3.5	standard

Table of technical parameter:

Model	SCT-013-000	SCT-013-005	SCT-013-010	SCT-013-015	SCT-013-020
Input current	0-100A	0-5A	0-10A	0-15A	0-20A
Output type	0-50mA	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V
Model	SCT-013-025	SCT-013-030	SCT-013-050	SCT-013-060	SCT-013-000V
Input current	0-25A	0-30A	0-50A	0-60A	0-100A
Output type	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V

※ Output type: voltage output type built-in sampling resistor, current output type built-in protective diode.

Tel: 86-13933609279 Fax: 86-7929499-804 skype:macymeng1
 Web (China): www.yhdc.com Web (Latvia): www.yhdc.lv

2.6. Relé

SONGLE RELAY

	RELAY ISO9002	SRD
---	---------------	------------



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

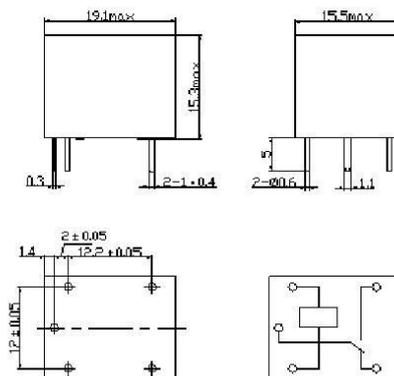
3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
SRD	03、05、06、09、12、24、48VDC	S:Sealed type	L:0.36W	A:1 form A
		F:Flux free type	D:0.45W	B:1 form B C:1 form C

4. RATING

CCC	FILE NUMBER:CH0052885-2000	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER:CH0036746-99	10A/250VDC
UL /CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R9933789	10A/240VAC 28VDC

5. DIMENSION (unit:mm) DRILLING (unit:mm) WIRING DIAGRAM



6. COIL DATA CHART (AT20°C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) $\pm 10\%$	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75%Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
SRD (Standard)	48	48	7.5	6400	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	03	03	150	20				
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280	abt. 0.51W			
	48	48	10	4500				

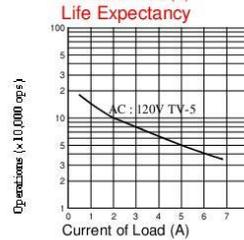
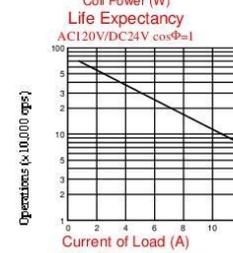
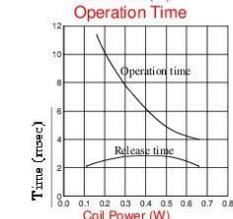
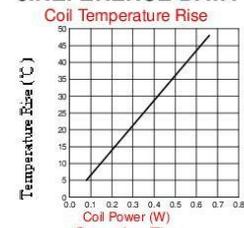
7. CONTACT RATING

Item	Type	SRD
		FORM C FORM A
Contact Capacity		7A 28VDC 10A 125VAC 7A 240VAC
Resistive Load ($\cos\Phi=1$)		10A 28VDC 10A 240VAC
Inductive Load ($\cos\Phi=0.4$ L/R=7msec)		3A 120VAC 3A 28VDC
Max. Allowable Voltage		5A 120VAC 5A 28VDC
Max. Allowable Power Force		250VAC/110VDC 250VAC/110VDC
Contact Material		800VAC/240W 1200VA/300W
		AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

Item	Type	SRD
Contact Resistance		100m Ω Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength		
Between coil & contact		1500VAC 50/60HZ (1 minute)
Between contacts		1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance		100 M Ω Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching		
Mechanically		300 operation/min
Electrically		30 operation/min
Ambient Temperature		-25°C to +70°C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Vibration		
Endurance		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Error Operation		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock		
Endurance		100G Min.
Error Operation		10G Min.
Life Expectancy		
Mechanically		10 ⁷ operations. Min. (no load)
Electrically		10 ⁵ operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight		abt. 10grs.

9. REFERENCE DATA



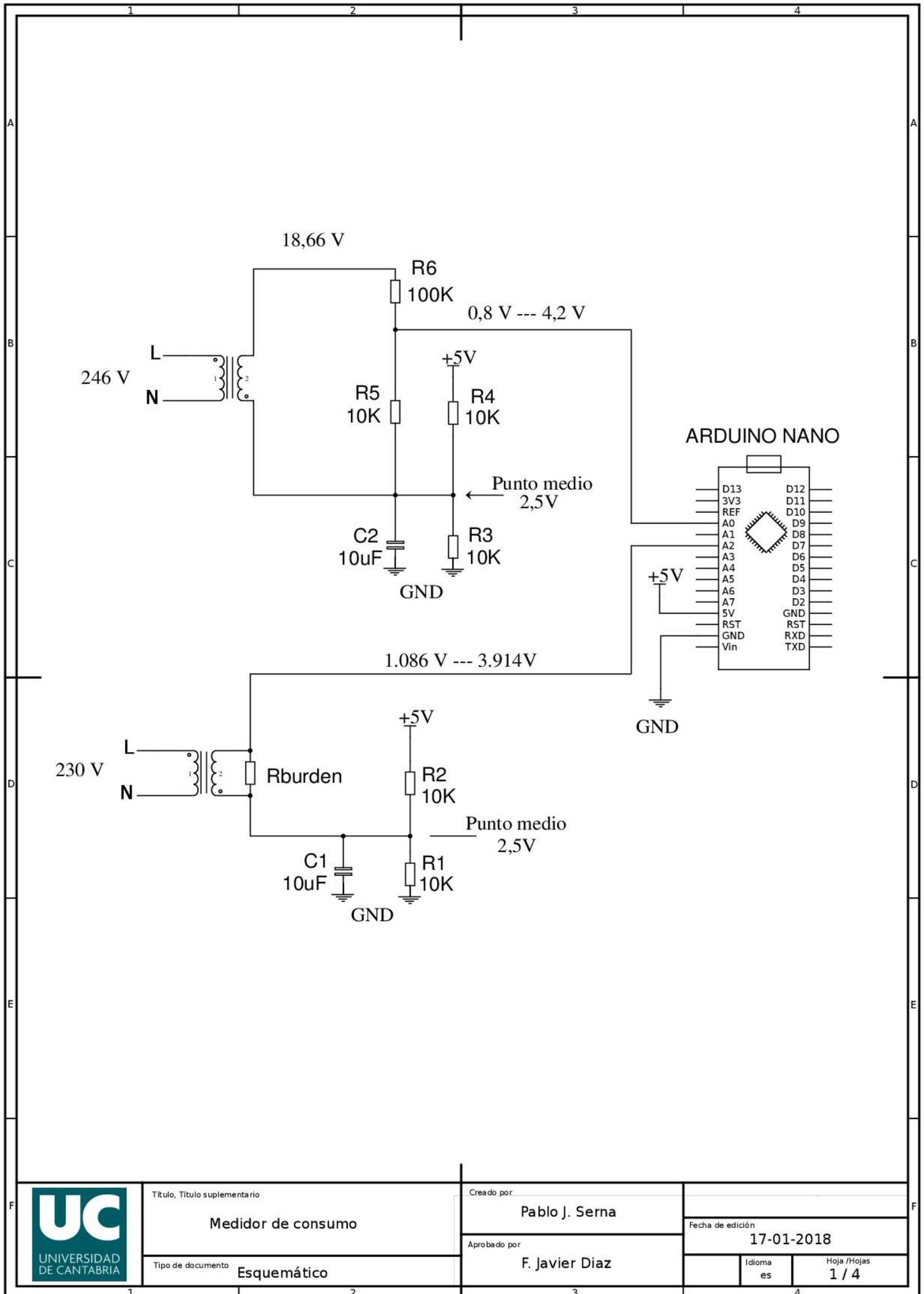
DOCUMENTO 3

PLANOS



INDICE PLANOS

DOCUMENTO 3. PLANOS	82
1. Medidor de consumo.....	83
2. Sensor de presencia	84
3. Led dimmer	85
4. Distribución	86



Título, Título suplementario
Medidor de consumo

Tipo de documento
Esquemático

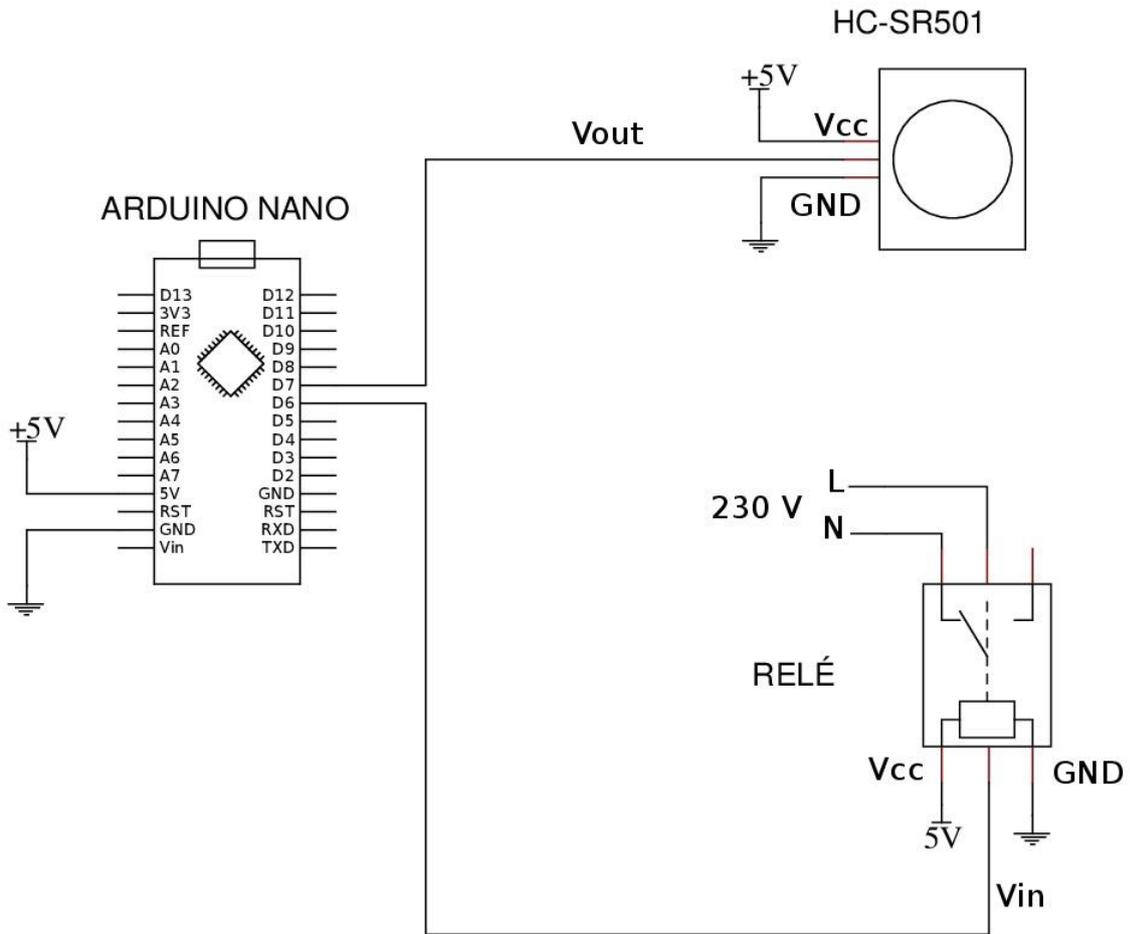
Creado por
Pablo J. Serna

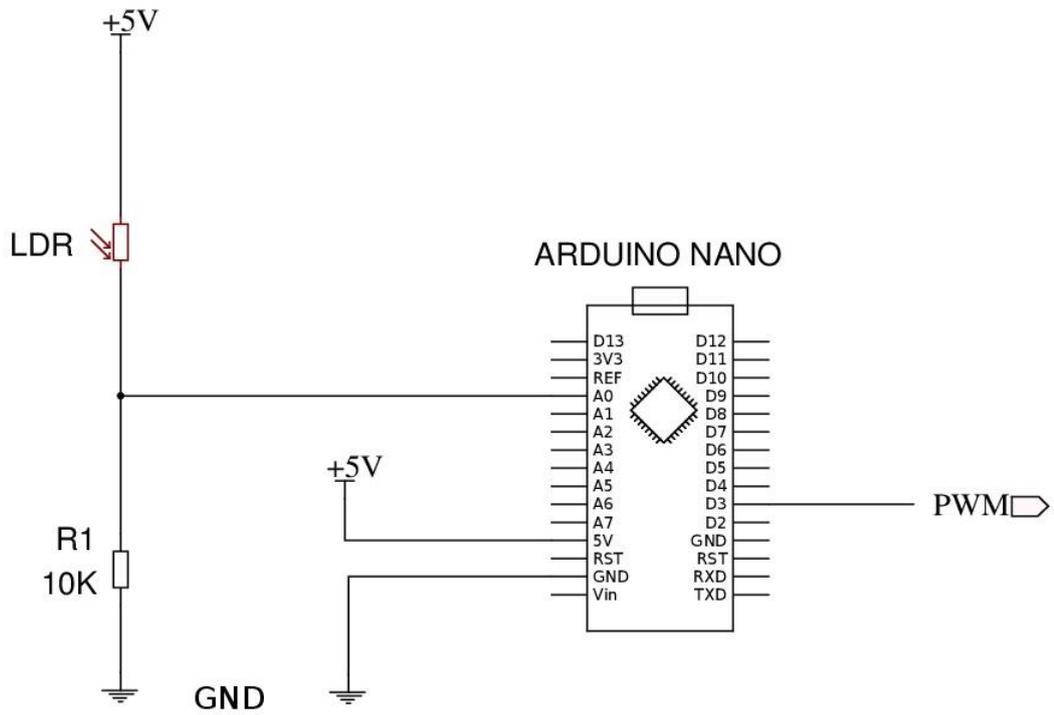
Aprobado por
F. Javier Diaz

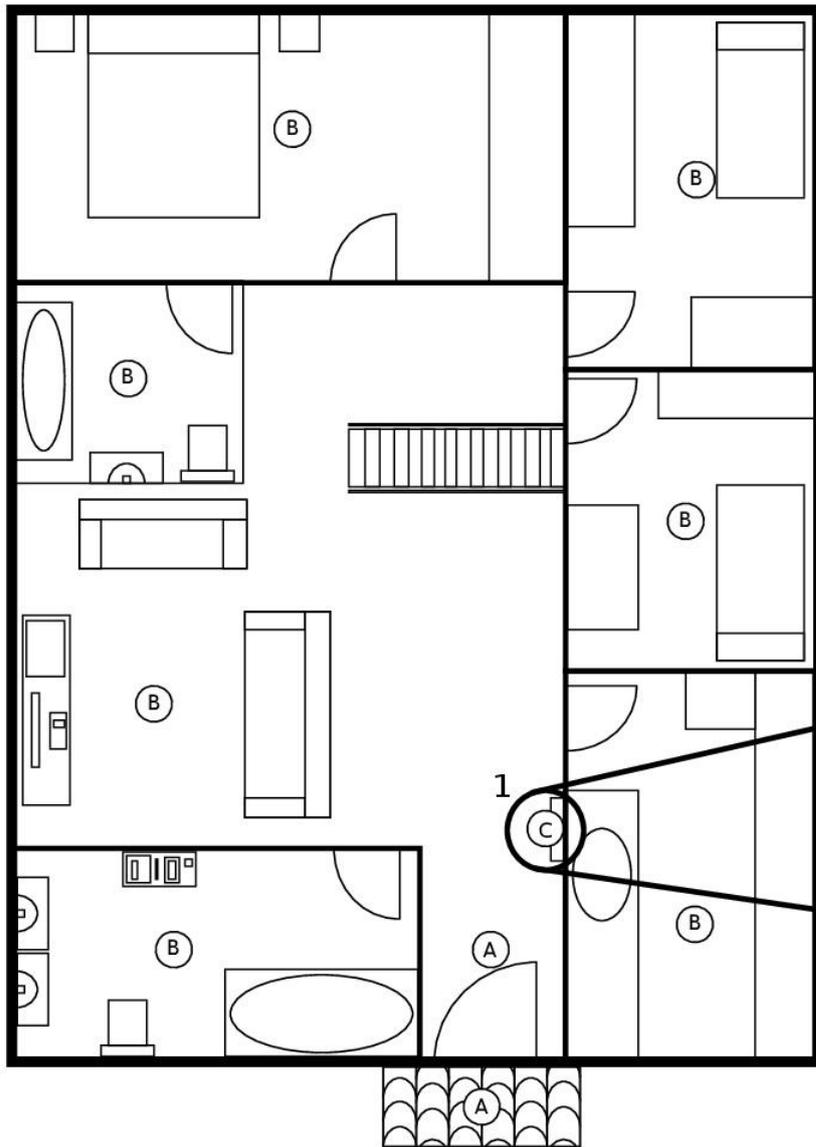
Fecha de edición
17-01-2018

Idioma
es

Hoja /Hojas
1 / 4







Cuadro eléctrico

1

1

(A)	Sensor de presencia
(B)	Dimmer led
(C)	Medidor de consumo



Título, Título suplementario
Sensor de presencia

Tipo de documento
Esquemático

Creado por
Pablo J. Serna

Aprobado por
F. Javier Diaz

Fecha de edición
31-01-2018

Escala 1/50	Idioma es	Hoja /Hojas 4 / 4
-----------------------	---------------------	-----------------------------

DOCUMENTO 4

PLIEGO DE

CONDICIONES

INDICE PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 4. PLIEGO DE CONDICIONES	87
1. DISPOSICIONES GENERALES	87
1.1. Resumen del proyecto	87
1.2. Alcance y aplicabilidad del pliego de condiciones	87
2. CONDICIONES TÉCNICAS	87
2.1. Características de los prototipos	87
2.2. Condiciones de ejecución	88
2.3. Condiciones de montaje	88
2.4. Precauciones de uso	88
3. CONDICIONES LEGALES	88
3.1. Usos permitidos	88
3.2. Propiedad intelectual	89
3.3. Seguridad y Salud	89
4. CONDICIONES ECONÓMICAS	89

DOCUMENTO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1. Resumen del proyecto

El proyecto se basa en el diseño de un sistema de domotización parcial orientado al ahorro energético. El campo de aplicación de esta tecnología es una vivienda unifamiliar, donde existen muchas situaciones en las que el uso de esta tecnología es realmente útil. El sistema de domotización está formado por los siguientes prototipos:

- Dimmer led
- Sensor de presencia
- Medidor de consumo

Los prototipos de componen de elementos básicos como módulos de sensores, resistencias o condensadores, contando también con otros de complejidad mayor como Arduino o Raspberry Pi.

Las conexiones internas de los prototipos se realizan con cables de cobre. Las conexiones con Arduino mediante cable Serial (USB – micro USB). Los prototipos se alimentan a 5V mediante transformadores conectados directamente a la red.

1.2. Alcance y aplicabilidad del pliego de condiciones

El pliego de condiciones fija la legalidad que se debe de satisfacer para la ejecución del proyecto. Las condiciones incluidas se entienden aplicables al ámbito del diseño.

2. CONDICIONES TÉCNICAS

2.1. Características de los prototipos

El sistema está diseñado para ser alimentado directamente a 5V. También se puede realizar a alimentación mediante los siguientes métodos:

- Conexión entre 7-12V mediante los pines de alimentación.
- Pilas portátiles AA.
- Baterías portátiles.



Los materiales empleados pueden ser sometidos a diversas pruebas y ensayos para asegurar su calidad y su funcionamiento. En caso de ser sustituidos por otros similares o nuevos, estos deben tener las mismas características que los originales.

2.2. Condiciones de ejecución

Los prototipos deben ejecutarse siguiendo el diseño previamente detallado en la Memoria. Cualquier modificación parcial puede inducir en un mal funcionamiento del sistema o de los prototipos.

2.3. Condiciones de montaje

La coordinación del montaje estará dirigida completamente por el diseñador, prestando atención a los documentos presentes en los anteriores apartados.

En caso de ser necesaria alguna modificación para adaptar los prototipos, se debe realizar bajo el consentimiento del propio diseñador

2.4. Precauciones de uso

Cualesquiera de los componentes empleados no pueden ser conectados a tensiones superiores a las definidas como máximas para la alimentación. En cualquier otro caso, se puede acortar la vida útil o llegar a destruir los prototipos o alguna de sus partes.

El montaje y puesta en marcha de los prototipos que componen el sistema debe seguir las indicaciones, conexiones y recomendaciones expuestas a lo largo de los diferentes apartados de este documento. La vida útil de los prototipos y de la totalidad de sus partes estará condicionada a aquella dada por el fabricante, siempre y cuando se sigan sus recomendaciones de mantenimiento.

El deterioro de los componentes instalados puede ser debido al propio envejecimiento de los materiales frente al tiempo.

3. CONDICIONES LEGALES

3.1. Usos permitidos

El proyecto define el diseño de un sistema de domotización parcial apoyado en la tecnología Arduino. Posee carácter de prototipo, por lo que no dispone de los permisos pertinentes para ser aplicado formalmente en aplicaciones comerciales finales.

Los prototipos pueden ser utilizados en pruebas experimentales en un ámbito seguro y controlado de laboratorio, realizadas por usuarios con conocimientos de la materia y bajo su propia responsabilidad. En cualquier caso, se deben respetar las características técnicas y cumplir las precauciones de aplicación impuestas anteriormente.

El uso inadecuado de los prototipos es responsabilidad directa y única del usuario, careciendo de ningún tipo de responsabilidad civil o penal por parte del diseñador.

3.2. Propiedad intelectual

La propiedad intelectual reside tanto en el diseñador como en su institución. Asimismo, los componentes involucrados en el diseño forman parte de trabajos externos, por lo que la propiedad intelectual corresponde a su autor original.

3.3. Seguridad y Salud

Las disposiciones mínimas de seguridad y salud para el uso de los diferentes prototipos por parte de los usuarios se establecen en el Real Decreto 1801/2003, el cual forma parte de la Ley General de Sanidad y la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios.

4. CONDICIONES ECONÓMICAS

El sistema resultante del presente proyecto posee carácter de prototipo, por lo que no se encuentra disponible para su comercialización.

Por otra parte, se valora una futura explotación de los prototipos, siempre que se encuentre enmarcada en la investigación o en la mejora del sistema diseñado. Las posibles partidas presupuestarias fruto de esa posible explotación se definirán en el marco de esa futura investigación.



DOCUMENTO 5

PRESUPUESTO



INDICE PRESUPUESTO

DOCUMENTO 5. PRESUPUESTO.....	92
1. PRESUPUESTOS PARCIALES.....	92
1.1. Componentes.....	92
1.2. Diseño y montaje	94
2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	94
3. PRESUPUESTO TOTAL PARCIAL	95
4. PRESUPUESTO FINAL.....	95

DOCUMENTO 5. PRESUPUESTO

En este documento se detallan todos los componentes que forman cada uno de los diferentes prototipos expuestos anteriormente, precios unitarios y totales. Con el presente análisis económico se fija el coste de materializar el prototipo. Finalmente se hace una estimación del precio de venta para una producción inicial de 100 unidades.

1. PRESUPUESTOS PARCIALES

1.1. Componentes

Prototipo	Componente	Precio unitario (€)	Cantidad	Precio total (€)
Común	Raspberry Pi 3 B	33,74	1	33,74
Común	Fuente de alimentación Raspberry Pi 3 B	5,32	1	5,32
Común	Cables de conexión	0,0814	25	3,545
Común	Gastos comunes para todos los prototipos			42,61
Led dimmer	Arduino Nano V3.0	4,07	1	4,07
Led dimmer	Fuente de alimentación para Arduino Nano V3.0	2,68	1	2,68
Led dimmer	Resistencia 10kΩ	0,039	1	0,039
Led dimmer	Fotorresistencia LDR	0,052	1	0,052
Led dimmer	Protoboard 400 contactos	1,41	1	1,41
Led dimmer	Prototipo completo			8,25

Sensor de presencia	Arduino Nano V3.0	4,07	1	4,07
Sensor de presencia	Fuente de alimentación para Arduino Nano V3.0	2,68	1	2,68
Sensor de presencia	Módulo HC-SR501	2,34	1	2,34
Sensor de presencia	Módulo Relé	1,71	1	1,71
Sensor de presencia	Protoboard 400 contactos	1,41	1	1,41
Sensor de presencia	Prototipo completo			12,21
Medidor de consumo	Arduino Nano V3.0	4,07	1	4,07
Medidor de consumo	Fuente de alimentación para Arduino Nano V3.0	2,68	1	2,68
Medidor de consumo	Transformador de corriente SCT-013 015	7,39	1	7,39
Medidor de consumo	Transformador de tensión 230ac/12ac	4,08	1	4,08
Medidor de consumo	Resistencia 10kΩ	0,039	5	0,156
Medidor de consumo	Resistencia 100kΩ	0.042	1	0.042
Medidor de consumo	Condensador 10μF	0,11	2	0,22
Medidor de	Protoboard 400 contactos	1,41	1	1,41

consumo		
Medidor de consumo	Prototipo completo	20,00
TOTAL		
Unidad (€)		83,05
TOTAL 100		
unidades (€)		8.305,00

1.2. Diseño y montaje

El presente apartado contabiliza la partida de presupuesto destinada a la mano de obra del diseño y al montaje de los prototipos.

Concepto	Sueldo(€/hora)	Horas	Total (€)
Trabajo de ingeniero	20	250	5.000

2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

El presupuesto de ejecución material hace referencia al gasto directo en mano de obra en el diseño y la construcción de los prototipos, junto con el coste de todos los componentes necesarios para la producción.

$$\text{Presupuesto de ejecución material}(PEM) = \sum \text{presupuestos parciales} \quad (15)$$

$$PEM = 8.305 + 5.000 = 13.305 \text{ €} \quad (16)$$

3. PRESUPUESTO TOTAL PARCIAL

El presupuesto total parcial es el relativo a añadir los gastos generales y el beneficio industrial al presupuesto de ejecución material. Los gastos generales incluyen todos aquellos que no se corresponden directamente con el montaje de los prototipos, siendo los más significativos:

- Equipos
- Transporte
- Útiles diarios

Concepto	Valor (€)
Presupuesto de ejecución material(PEM)	13.305,00
Gastos generales (5% PEM)	665,25
Beneficio industrial (5% PEM)	665,25
TOTAL (100 unidades)	14.635,50

4. PRESUPUESTO FINAL

El presupuesto total final incluye el presupuesto total parcial y el impuesto sobre el valor añadido (IVA) que corresponde.

$$\text{Presupuesto final} = \text{Presupuesto total parcial} + I.V.A(21\%) \quad (17)$$

Concepto	Valor (€)
Presupuesto total parcial	14.635,50

I.V.A(21%)	3.073,46
TOTAL (100 unidades)	17.708,96

El presupuesto final para una producción de 100 unidades y contemplando todos los costes de producción directos e indirectos asciende a: **17.708,96€**

El precio de venta del producto se obtiene de repartir el coste total entre el tamaño del lote.

$$P_{venta} = \frac{\text{Presupuesto final}}{\text{unidades/lote}} = \frac{17.708,96}{100} = 177,09€ \quad (18)$$

Se considera importante destacar que no es necesaria una inversión inicial como la reflejada en el presupuesto general de producción de las 100 unidades, sino que simplemente es una estimación con el fin de estimar el precio de venta.