

**ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE BURGOS**



**AVISADOR DE
ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

GRADO ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

AUTOR

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

TUTOR

Ignacio Moreno Velasco

JULIO DE 2014



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

AGRADECIMIENTOS

A Ismael Pérez, por todo su apoyo, consejos y material técnico, sin todo ello, esto no hubiese sido posible.

A mi familia y amigos, por el apoyo recibido durante el desarrollo del proyecto.

A Argiñe Cob, por aguantarme y estar siempre en los malos momentos.

Al equipo de Adaptahome, Mario y Rodrigo, por confiar en mí para desarrollar esta aventura.

A Fundación Emprendedores de Caja Burgos, en especial a Raúl Ruiz, por mostrarme una visión empresarial además de ofrecerme ayuda técnica y personal en el desarrollo del plan de empresa y viabilidad del producto.

A la OTRI-OTC de la UBU por creer en el proyecto y concederme la beca prototipo.

Al tutor Ignacio Moreno.

A los compañeros de clase de estos cuatro años.

Gracias.

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda



ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA
 - 1.1 Antecedentes y objetivo del proyecto
 - 1.2 Descripción del entorno de la obra
 - 1.3 Descripción y justificación de la solución adoptada
 - 1.4 Presupuesto
 - 1.5 Pliego de condiciones
- 2 ANEJOS
 - 2.1 Anejo de datos de partida
 - 2.2 Anejo de justificación de precios
 - 2.3 Anejo tecnología de sensores
 - 2.4 Anejo sensor de corriente
 - 2.5 Anejo medidor energía
 - 2.6 Anejo microcontrolador
 - 2.7 Anejo módulo inalámbrico
 - 2.8 Anejo fuente alimentación
 - 2.9 Anejo comunicaciones
 - 2.10 Anejo acondicionamiento de señal
 - 2.11 Anejo diseño placa PCB
 - 2.12 Anejo soldadura por refusión
- 3 PLANOS
 - 3.1 Plano esquema eléctrico
 - 3.2 Plano layout
- 4 PRESUPUESTO
- 5 PLIEGO DE CONDICIONES
 - 5.1 Pliego de prescripciones técnicas generales
 - 5.2 Pliego prescripciones técnicas particulares
- 6 CONCLUSIONES
- 7 BIBLIOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

MEMORIA DESCRIPTIVA

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO DEL PROYECTO.....	2
2. DESCRIPCIÓN DE ENTORNO DE LA OBRA	4
3. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	5
4. PRESUPUESTO.....	8
5. PLIEGO DE CONDICIONES	9

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Diagrama de bloques avisador electrodomésticos</i>	6
Figura 2. <i>Diagrama de bloques funcional</i>	7

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Población con discapacidad auditiva según comunidades autónomas</i>	2
--	---



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO DEL PROYECTO

Ante la falta de soluciones en el mercado actual, surge esta iniciativa cuyo fin es cubrir unas necesidades básicas demandadas por un colectivo de personas que hasta el momento no han sido totalmente satisfechas y anular así, las barreras que dificultan la vida de los discapacitados auditivos mediante las respuestas que nos brindan las nuevas tecnologías.

La tabla que se muestra a continuación, indica las personas con discapacidad auditiva en España:

Tabla 1. Población con discapacidad auditiva según comunidades autónomas

Unidades: porcentaje de personas con discapacidad de 15 y más años

	Personas con discapacidad para oír
AMBOS SEXOS	
Andalucía	5,9
Aragón	11,29
Asturias, Principado de	7,27
Balears, Illes	9,52
Canarias	4,49
Cantabria	6,76
Castilla y León	16,73
Castilla-La Mancha	12,5
Cataluña	8,43
Comunitat Valenciana	10,81
Extremadura	12,97



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Galicia	11,74
Madrid, Comunidad de	6,9
Murcia, Región de	5,38
Navarra, Comunidad Foral de	13,34
País Vasco	8,78
Rioja, La	9,87
Melilla	4,53

Fuente: INE 2008

Es un proyecto orientado, a ofrecer independencia a personas con discapacidad auditiva dentro del hogar, a través de la utilización y optimización de las nuevas tecnologías.

Se redacta el presente proyecto, con el propósito de realizar un dispositivo electrónico que monitorice en un Smartphone, la finalización de los procesos de los electrodomésticos de una vivienda.

El objeto de este proyecto, es el desarrollo de un prototipo que sea capaz de obtener y tratar los datos del consumo de los electrodomésticos y una vez que hayan finalizado el proceso seleccionado, enviar a través de una señal inalámbrica al terminal móvil el aviso de finalización.

El diseño del presente prototipo busca los siguientes resultados:

- Analizar la información suministrada por los sensores mediante un microcontrolador.
- Enviar una señal inalámbrica a una centralita y ésta al router, indicando que el programa ha finalizado.
- El router se comunicará con el dispositivo móvil y a través de una aplicación mostrará en la pantalla los diferentes avisos.



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

- Capacidad de configurar el dispositivo de una manera fácil y sencilla mediante un ordenador portátil.

2. DESCRIPCIÓN DE ENTORNO DE LA OBRA

Los escasos proveedores y empresas que han trabajado en éste ámbito, en la mayoría de los casos, están poco relacionadas con los; limitándose a desarrollar sus productos sin escuchar las verdaderas necesidades del cliente.

En el segmento de empresas que desarrollan tecnologías de apoyo, lo más relevante es su reducido número, a la par que los altos costes, lo que provoca que en países donde estas tecnologías no están subvencionadas ni financiadas por administraciones públicas, su implantación sea muy reducida.

Dentro de este grupo, la mayor parte se dedica a sistemas de ayudas a la movilidad, adaptando sistemas a limitaciones físicas, como el diseño de grúas, puertas, etc... Concretamente a nivel europeo, hay un solo fabricante de tecnologías de apoyo para discapacitados auditivos y a nivel español, solamente hay dos empresas dedicadas a las tecnologías de apoyo en exclusiva.

Viendo las pocas opciones que existen en la actualidad, se decide desarrollar la idea de este proyecto.

El sistema que se pretende desarrollar es innovador, tanto en cuanto, al aprovechamiento de las nuevas tecnologías como en dar mayor funcionalidad a dispositivos de los que el cliente ya dispone, en este caso los smartphones, o la misma pantalla del televisor.

Es innovador en cuanto a que, se dirige a un sector de la población, las personas con discapacidad, que pese a tener una necesidad importante y clara, no disponen en el mercado de una solución económica a su problema, si bien es cierto, que existe alguna solución desfasada, pero tienen un alto precio económico.

A su vez, la instalación no requiere ningún tipo de obras en la vivienda, por lo que, su implantación resulta mucho más simple y práctica.



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

Este prototipo, pretende eliminar cualquier problema que supone la realización de obras en la vivienda, únicamente se conectará entre el enchufe del electrodoméstico y el hogar, sin que se produzca modificación alguna, y mediante la tecnología inalámbrica evitar la instalación de cables.

Cabe destacar que el dispositivo electrónico tiene como principales bases:

- su precio que lo hace accesible a todo el abanico de público
- Su fácil instalación y que este dispositivo pueda ser utilizado en toda la gama de electrodomésticos del mercado de una forma general.

En resumen, se trata de un proyecto orientado a ofrecer independencia a personas discapacitadas dentro del hogar a través de la utilización y optimización de las nuevas tecnologías.

3. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Por todo lo explicado anteriormente se desarrolla el siguiente sistema adaptándose a las necesidades requeridas.

El prototipo consta de las siguientes partes:

1. Sensores

Mediante un sensor de corriente, otro de tensión y un medidor de energía, podemos conseguir los datos necesarios de consumos de corriente, voltaje eficaz, energía, potencia...

2. Transformación de las señales analógicas en datos.

A través de un circuito integrado (ADE7763) transformamos las señales de tensión analógicas en bits digitales.

3. Análisis y tratamiento de estos datos



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

A través de un microcontrolador, por medio del bus SPI, recogemos la información de los registros que posee el medidor de energía y la analizamos según los rangos que establecemos con anterioridad.

4. Envío de los paquetes de datos a través de una señal inalámbrica

A través de un módulo inalámbrico conectado al microcontrolador por un bus SPI, se envía una señal a la centralita, donde se indica toda la información sobre el electrodoméstico, situación del proceso y los consumos ocasionados en el proceso de trabajo del electrodoméstico.

5. Fuente de alimentación

Para la alimentación, tanto del microcontrolador como de los sensores y módulos es necesaria una corriente continua de bajo voltaje, esto nos lo proporciona una fuente de alimentación conectada a la red, que trata la señal para darnos la tensión necesaria. A su vez, cumplirá la función de darnos aislamiento galvánico entre la red y el dispositivo electrónico.

El diagrama de bloques del avisador de electrodomésticos y funcional:

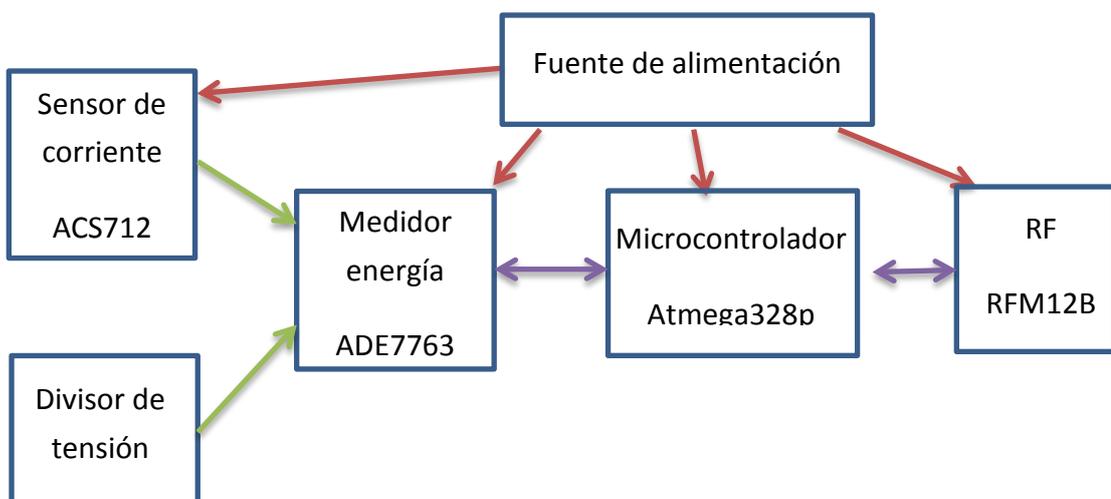


Figura 1. Diagrama de bloques avisador electrodomésticos



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

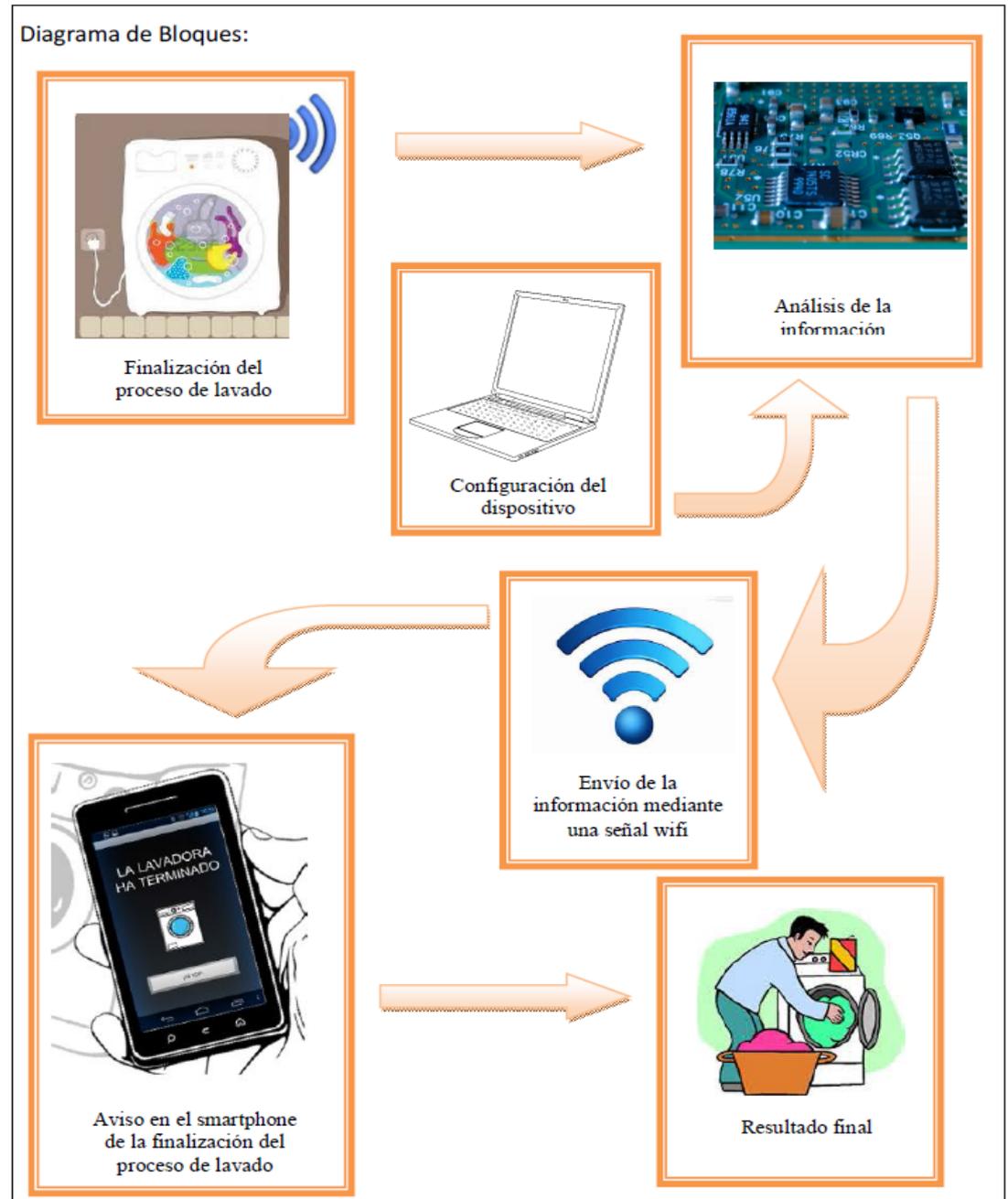


Figura 2. Diagrama de bloques funcional



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

4. PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto se detalla en el anejo de justificación de precios y en el presupuesto.

El presupuesto de ejecución material y de contrata es el que figura en las siguientes tablas.

Presupuesto de ejecución material:

Nº	Designación	TOTAL
1.	Sensor de corriente	35,84 €
2.	Medidor de energía	967,81 €
3.	Microcontrolador	1.844,15 €
4.	Módulo de radiofrecuencia	141,20 €
5.	PCB	625,99 €
6.	Fuente de alimentación	313,11 €
SUBTOTAL		3.920,10 €
Control de Calidad (1%)		39,20 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL		3.959,30 €

El presupuesto de Ejecución material asciende a la cantidad de **TRES MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE COMA TREINTA EUROS.**

Presupuesto de ejecución por contrata:

Presupuesto ejecución por contrata	
Presupuesto ejecución material	3.959,30 €
Gastos generales (13%)	514,71 €
Beneficio Industrial (6%)	237,56 €
SUBTOTAL	4.711,57 €
I.V.A. (21%)	989,43 €
TOTAL	5.701,00 €

El presupuesto de Ejecución por contrata asciende a la cantidad de **CINCO MIL SETECIENTOS UN EUROS.**



5. PLIEGO DE CONDICIONES

Las prescripciones técnicas que debe tener en cuenta el contratista para el uso del dispositivo serán las fijadas en el Pliego de Prescripciones.

Además del pliego se entiende obligatorio el marcado CE necesario para la comercialización en territorio europeo.

Los reglamentos referentes al proyecto de ámbitos nacional, europeo e internacional son de obligatorio cumplimiento.

Las partes contratantes, dirección técnica y empresa, se ratifican en el contenido del siguiente pliego de condiciones.

Burgos, 18 de Julio de 2014

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

ANEJO DE DATOS DE PARTIDA

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



CONTENIDO

1.	DATOS DE PARTIDA	2
1.1	Posibles soluciones.....	2
1.1.1	Opción de las cámaras	3
1.1.2	Opción pitidos electrodomésticos	3
1.1.3	Opción de la huella en el contador general.....	4
1.1.4	Solución adoptada.....	4



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

1. DATOS DE PARTIDA

Las personas con discapacidad auditiva, demandan diferentes soluciones tecnológicas que sean capaces de disminuir, sino eliminar, las diferentes barreras que se encuentran en su día a día.

Se desarrolla este prototipo, con la idea de facilitar las tareas comunes que se producen diariamente en los hogares.

Los agentes implicados en este caso, como son los colectivos de discapacitados, proporcionan su experiencia como usuarios e indican los aspectos más importantes a implementar.

Debido a la falta de antecedentes, el trabajo es una investigación del proyectista, tomando posibles soluciones y viendo cuál de éstas cumple mejor con las exigencias finales.

Los pilares fundamentales de la placa, es su pequeño tamaño y su bajo coste. En primer lugar, para la instalación de la placa en los electrodomésticos, no será necesaria la realización de ningún tipo de obra, ni la modificación de los electrodomésticos existentes en los domicilios, por lo cual, será de fácil instalación debido a la comodidad y tamaño.

En segundo lugar y parte principal es el precio. Para eliminar la barrera económica y poder hacer accesible el producto para todo tipo de personas, está diseñado directamente para la función que va desarrollar, pudiendo reducir costes en partes innecesarias.

Las condiciones que son necesarias para la realización del proyecto, no requieren ninguna restricción en cuanto a temperatura, presiones, perturbaciones u otros elementos externos que puedan alterar el correcto funcionamiento de nuestro dispositivo.

1.1 Posibles soluciones



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

A continuación se detallan las soluciones que se pensaron en un primer momento y los motivos por los cuales se fueron descartando:

1.1.1 Opción de las cámaras

En un primer momento se pensó en la utilización de cámaras que a través de un procesamiento digital de imagen pudiésemos ver cuando los leds de finalización del proceso estuviesen activados y de esta forma mandar los avisos.

El principal inconveniente es la situación de los diferentes electrodomésticos, pudiendo estar estos en varias zonas, como ocurre en los domicilios donde la lavadora y secadora se encuentran en un habitáculo aparte de la cocina, esto implica incluir una segunda cámara

Otro de los inconvenientes es la distribución de los espacios donde se encuentran los electrodomésticos, viéndonos obligados a instalar más de dos cámaras para tener visión controlada de todos los elementos.

Esto implica un alto coste de implementación a la vez que problemas de seguridad e intimidad en la vivienda.

Los futuros usuarios no vieron una solución a su problema, causaba sensación de vigilancia en todo momento.

1.1.2 Opción pitidos electrodomésticos

La segunda opción que se barajó fue el procesado de sonido, es decir, los electrodomésticos al acabar su proceso emiten señales acústicas avisando de la finalización de este, esto dio una idea de usar esta señal para procesarla e indicar cuál de estos electrodomésticos ha finalizado.

Los principales inconvenientes para decantarnos por esta idea fueron que muchos electrodomésticos no emiten señal acústica, y en algunos modelos de las mismas marcas, la señal es igual ya sea un lavavajillas, lavadora o secadora, resultándonos imposible distinguir la señal para cada aparato.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Y la principal de todas, para llevar a cabo esta idea, se debería realizar un estudio de cada marca y modelo de los electrodomésticos e introducir el sonido en una base de datos para posteriormente poder comparar el sonido detectado con los que hemos configurado, siendo este un trabajo laborioso complejo y de poca utilidad, por lo que finalmente se desecha la idea.

1.1.3 Opción de la huella en el contador general

Me informo sobre un proyecto que se encuentra actualmente en fase de investigación y es que, visualizando la forma de onda desde el contador general, se puede saber que dispositivos se están utilizando en cada momento, ya que estos dejan una huella que se puede registrar y posteriormente tratar.

Los principales problemas que se encuentran son similares a los anteriores, es decir, no se puede implementar esta solución de una forma general sin excepción, sino que habría que estudiar cada caso de forma particular para poder tratar la señal, lo cual, implica unos gastos elevados, y por lo tanto, algo incompatible con la idea principal del proyecto, que es una solución económica y apta para todo tipo de dispositivos.

Respecto a la tecnología de microprocesador a utilizar, se pensó en un primer momento dispositivos como puede ser Arduino, que posee numerosas librerías y los diferentes componentes tienen fácil implementación, ahora bien, su principal problema es el precio, ya que si bien es de muy fácil manejo, su precio no es ni mucho menos ajustado ni económico, por lo que, se toma la solución de realizar a medida una placa electrónica que solucione de forma exclusiva los problemas que se han planteado y que tienen que ser subsanados.

1.1.4 Solución adoptada

Esta placa final, está implementada con un microcontrolador AVR Atmega328p, que será programado con la plataforma Arduino ya que existen numerosas librerías. Por lo tanto, tenemos la opción más económica que tener un Arduino completo y con la misma simplicidad de programación.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

La diferencia del proyecto, es el uso de *hardware* y *software* libre, por lo que, el ahorro es importante.

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

ANEJO JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Contenido

1. OBJETO.....	2
1.1 Coste de la mano de obra:	4
1.2 Coste de Materiales:.....	4
1.3 Coste de maquinaria:	6
1.4 Costes indirectos:	7



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

1. OBJETO.

El objeto del presente Anejo es la determinación y justificación razonada del Coste de Ejecución Material y, por tanto, de sus sumandos:

- Coste de Mano de Obra.
- Coste de Materiales.
- Coste de Maquinaria.
- Costes Indirectos.

Coste de Mano de Obra.

Para el cálculo de los precios elementales de la mano de obra, se ha partido de los datos salariales del convenio colectivo de empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos de ámbito estatal (BOE 25-10-2013).

Coste de Materiales.

Para el cálculo de los precios elementales de los materiales, se han considerado los precios de mercado y el coste de transporte de adquisición, incluyendo por tanto el precio de componentes en origen y el transporte hasta la oficina de desarrollo.

Coste de Maquinaria.

Para el cálculo de los precios de la maquinaria e instrumentos auxiliares de desarrollo, se ha partido de los precios de mercado.

Costes Indirectos.

Para la estimación de los costes directos e indirectos se han adoptado los criterios expresados en la Orden de 12 de Junio de 1.968 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

El precio de ejecución material se ha fijado de acuerdo con la fórmula expresada en dicha orden:

$$P_e = \left(1 + \frac{K}{100}\right) \cdot C_d \quad (1)$$



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Siendo:

- P_e : Precio de ejecución material de la unidad correspondiente.
- K : Porcentaje que corresponde a los costes indirectos.
- C_d : Costo directo de la unidad.

De acuerdo con los criterios de dicha Orden Ministerial, el valor del P_e sería, por tratarse de una obra terrestre y obras contratadas con el Estado, de:

$$P_e = 1,06 \cdot C_d$$

El valor de K se compone de dos sumandos:

- $K = K_1 + K_2$
- $K_1 \leq 5\%$

El artículo 12 de la Orden Ministerial de 12 de Junio de 1.968 fija el valor de K_2 en el 1%.

De acuerdo con los artículos 9, 10, 11 y 12 de la misma Orden Ministerial, se calculan los costes indirectos que gravarán los directos.

Según la citada Orden, éstos son todos aquellos que no son imputables directamente a unidades concretas, sino al conjunto de la obra, tales como instalaciones de oficina a pie de obra, almacenes, talleres y laboratorios, arreglo de caminos de acceso a la obra, indemnizaciones por ocupación temporal del terreno, o por daños ocasionados en propiedades ajenas, aparatos topográficos para replanteos, mediciones, etc.

También hay que tener en cuenta los gastos derivados del personal técnico y administrativo adscritos exclusivamente a la obra y que no intervenga directamente en la ejecución de las unidades, tales como ingenieros, ayudantes, encargados, personal de oficina, almacenes, talleres, laboratorios y sostenimiento de éstos.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

1.1 Coste de la mano de obra:

Según se indica en el convenio:

Para el año 2013, una vez incrementada la tabla salarial del año 2012 en un 0,80%, que se aplicará con efectos retroactivos del 1 de enero de 2013, los salarios pactados en el presente Convenio, en cómputo anual para un diplomado es el siguiente:

Diplomados y titulados de primer ciclo universitario. Jefe Superior.

- Salario mensual (x14) = **1.253,16€**
- Salario anual = **17.544,24€**

El sueldo que se ha propuesto en el presente proyecto se mejora en el contrato de trabajo, por lo que el sueldo final es mayor que el pactado en convenio.

El sueldo anual según contrato de trabajo asciende a **22.400€**

1.2 Coste de Materiales:

Los costes de los materiales que son necesarios para llevar a cabo el proyecto se detallan en las siguientes partidas:

1. sensor de corriente

Nº	Designación	Cantidad	Precio unitario	Total
1.1	ACS 712	1	2,70 €	2,70 €
1.2	Condensador 0.1uF	1	0,03 €	0,03 €
1.3	Condensador 1nF	1	0,09 €	0,09 €
1.4	Amplificador operacional	1	0,27 €	0,27 €
1.5	Resistencia 100kΩ	2	0,03 €	0,06 €
1.6	Resistencia 25kΩ	2	0,05 €	0,10 €
1.7	Resistencia 10kΩ	2	0,03 €	0,06 €
		TOTAL		3,31 €



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

2. Medidor energía

Nº	Designación	Cantidad	Precio unitario	Total
2.1	ADE7763	1	3 €	3,00 €
2.2	Condensador 33nF	4	0,13 €	0,52 €
2.3	Condensador 10uF electrolítico	3	0,07 €	0,21 €
2.4	Condensador 22pF	2	0,10 €	0,20 €
2.5	Condensador 100nF	3	0,03 €	0,09 €
2.6	Reloj 3.58 MHz	1	0,25 €	0,25 €
2.7	Resistencia 1kΩ	4	0,05 €	0,20 €
2.8	Resistencia 33kΩ	1	0,06 €	0,06 €
TOTAL				4,53 €

3. microcontrolador

Nº	Designación	Cantidad	Precio unitario	Total
3.1	Microcontrolador AVR ATmega328p	1	2,98 €	2,98 €
3.2	Condensador 0.1uF	2	0,03 €	0,06 €
3.3	Condensador 10uF electrolítico	1	0,07 €	0,07 €
3.4	Resistencia 220Ω	1	0,04 €	0,04 €
3.5	Resistencia 180Ω	1	0,04 €	0,04 €
3.6	Resistencia 10KΩ	1	0,03 €	0,03 €
3.7	Diodo Led verde	1	0,01 €	0,01 €
3.8	Diodo Led rojo	1	0,01 €	0,01 €
3.9	Reloj 16MHz	1	0,45 €	0,45 €
3.10	Condensador 22pF	2	0,10 €	0,20 €
3.11	Pulsador	1	0,07 €	0,07 €
TOTAL				3,96 €

4. Radiofrecuencia

Nº	Designación	Cantidad	Precio unitario	Total
4.1	Módulo RFM12B	1	2,28 €	2,28 €
4.2	Condensador 22uf	1	0,05 €	0,05 €



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

4.3	Condensador 0.1uF	1	0,03 €	0,03 €
4.4	Resistencia 4k7Ω	1	0,04 €	0,04 €
4.5	Antena	1	0,01 €	0,01 €
TOTAL				2,41 €

5. Diseño PCB

Nº	Designación	Cantidad	Precio unitario	Total
5.1	PCB cuatro capas	1	2,10 €	2,10 €
5.2	Soldadura SMD	1	0,10 €	0,10 €
5.3	Pines UART	1	0,01 €	0,01 €
TOTAL				2,21 €

6. Fuente de alimentación

Nº	Designación	Cantidad	Precio unitario	Total
6.1	Transformador 230/12V	1	3,31 €	3,31 €
6.2	Puente diodos 600V/1.5A	1	0,21 €	0,21 €
6.3	Condensador 1000uF electrolítico	1	0,31 €	0,31 €
6.4	Condensador 1uF	3	0,04 €	0,12 €
6.5	Condensador 0.68uF	2	0,05 €	0,10 €
6.6	LM7805	1	0,20 €	0,20 €
6.7	Inversor de tensión	1	1 €	1,00 €
6.8	Regulador 3.3V	1	0,14 €	0,14 €
TOTAL				5,39 €

1.3 Coste de maquinaria:

Los costes de maquinaria e instrumentos auxiliares necesarios para llevar a cabo tanto la realización del proyecto como las pruebas de testeo finales se detallan en las siguientes partidas:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Nº	Designación	TOTAL
1	Sensor de corriente	
	Equipo y herramientas	0,50 €

Nº	Designación	TOTAL
	Medidor de energía	
	Equipo y herramientas	8,50 €

Nº	Designación	TOTAL
3	Microcontrolador	
	Equipo y herramientas	0,80 €

Nº	Designación	TOTAL
4	Módulo de radiofrecuencia	
	Equipo y herramientas	0,80 €

Nº	Designación	TOTAL
5	PCB	
	Equipo y herramientas	8,80 €

Nº	Designación	TOTAL
6	Fuente de alimentación	
	Equipo y herramientas	0€

1.4 Costes indirectos:

Como se ha explicado en la introducción los costes indirectos se calculan en un 6%, estos costes se muestran en las siguientes partidas:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Nº	Designación	TOTAL
1	Sensor de corriente	
	Costes indirectos (6%)	2,03 €

Nº	Designación	TOTAL
2	Medidor de energía	
	Costes indirectos (6%)	54,78 €

Nº	Designación	TOTAL
3	Microcontrolador	
	Costes indirectos (6%)	104,39 €

Nº	Designación	TOTAL
4	Módulo de radiofrecuencia	
	Costes indirectos (6%)	7,99 €

Nº	Designación	TOTAL
5	PCB	
	Costes indirectos (6%)	35,46 €

Nº	Designación	TOTAL
6	Fuente de alimentación	
	Costes indirectos (6%)	17,72 €

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

ANEJO TECNOLOGÍA DE SENSORES

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	RESISTENCIA DE CORRIENTE SHUNT	4
2.1	Características	4
3	BOBINA ROGOWSKY	5
3.1	Características	5
4	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	7
4.1	Características	7
4.2	Efectos	8
4.3	Relación de transformación	8
5	EFFECTO HALL	9
5.1	Características	10
5.1.1	Costo	10
5.1.2	Linealidad en el rango de medida	10
5.1.3	Consumo de potencia	10
5.1.4	Problema de saturación	10
5.1.5	Variación de la salida con la temperatura	10
5.1.6	Problema de offset.....	10
5.1.7	Histéresis:.....	10
6	COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS SENSORES.....	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Medición de corriente mediante una resistencia shunt.....</i>	5
Figura 2.	<i>Medición de corriente en una bobina Rogowsky.....</i>	6
Figura 3.	<i>Conexión de un integrador para obtener la señal proporcional a la corriente</i>	6



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Figura 4. *Imagen de un transformador de corriente* 7
Figura 5. *Funcionamiento físico de un transformador*..... 8
Figura 6. *Fundamento físico de un sensor de efecto Hall* 9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Tecnologías de sensores* 3
Tabla 2. *Características de las tecnologías de sensores* 11



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

1. INTRODUCCIÓN

Un sensor o captador, no es más que un dispositivo que convierte una magnitud que capta del exterior en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular, en nuestro caso a través de un microcontrolador o cualquier circuito integrado.

A continuación se muestra una tabla resumen de los cuatro tipos de tecnologías que existen en la actualidad para sensores de corriente:

Tabla 1. Tecnologías de sensores

SENSOR	BENEFICIOS	INCONVENIENTES
Shunt	Bajo coste , buena linealidad	No soporta altas corrientes, offset de corriente continua, inductancias parasitas
Transformador de corriente	Alto rendimiento, bajo consumo	Histéresis y saturación debido a corrientes continuas, susceptible a campos magnéticos exteriores
Efecto Hall	Alto rendimiento, amplio rango dinámico	Histéresis saturación, alto coste, desvíos por temperaturas
Rogowski, Coil	Bajo coste, sin límite de saturación, inmune al offset de corriente continua, amplio rango dinámico, gama de bajas temperaturas	El voltaje de salida es una derivada temporal, por lo que tiene que ser conectada a un integrador para que la señal sea proporcional a la corriente.

Estos cuatro tipos de sensores como hemos visto tienen sus ventajas e inconvenientes, vamos a pasar a detallarlos con más detenimiento cada uno de ellos:



2. RESISTENCIA DE CORRIENTE SHUNT

Es importante seleccionar una resistencia “shunt” apropiada para usarla como sensor de corriente.

2.1 Características

La principal característica, es que debe tener un valor óhmico muy bajo para minimizar la disipación de potencia, un valor bajo de inductancia y una tolerancia pequeña para proporcionar una correcta precisión en el circuito.

Si disminuimos el valor de la resistencia, disminuye la disipación de potencia, la cual viene dada por la siguiente expresión:

$$V(V) = I \cdot R \quad (1)$$

$$P(W) = V \cdot I = I^2 \cdot R \quad (2)$$

Si analizamos la primera ecuación, observamos que también disminuye el voltaje de salida a fondo de escala. Si la resistencia shunt es muy pequeña, el offset puede hacerse porcentualmente elevado a fondo de escala.

Viendo los pros y contras de elegir el valor de la resistencia shunt, hay que evaluar los criterios que más se adecuen en nuestro circuito.

Por lo general, hay que seleccionar el valor más bajo de la resistencia para que no varíe ni modifique el valor final.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

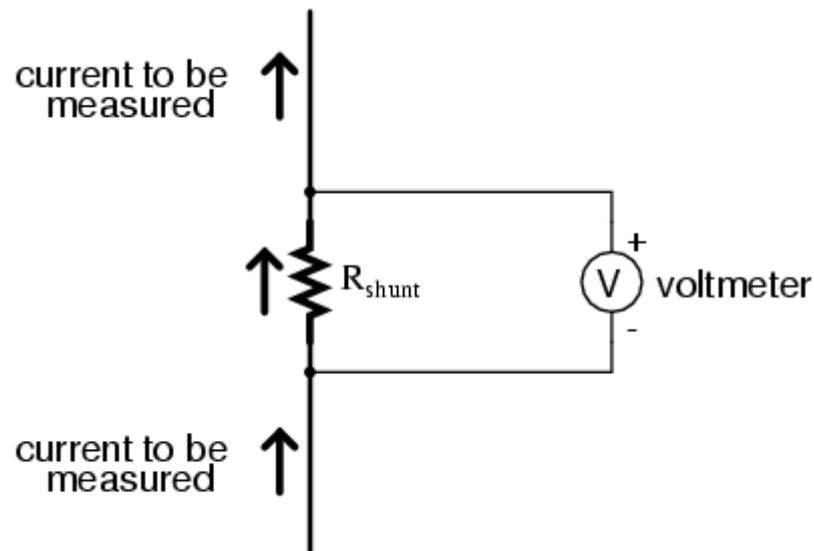


Figura 1. Medición de corriente mediante una resistencia shunt

3 BOBINA ROGOWSKY

La bobina de Rogowski, llamada así en honor a su inventor Walter Rogowski, es un transductor usado para medir corriente alterna (AC) o pulsos rápidos de corriente.

3.1 Características

Consiste en una bobina de cable sobre un núcleo no magnético (aire) de forma toroidal. La bobina se introduce alrededor del cable conductor, midiendo la corriente que pasa por el mismo. El voltaje inducido en la bobina es proporcional a la velocidad con la que varía la corriente en el cable, o lo que es lo mismo, a su derivada temporal, por lo cual, la salida de la bobina Rogowski se conecta a un integrador para obtener la señal proporcional a la corriente.

Una ventaja de la bobina de Rogowski es que, su diseño puede ser abierto y flexible. Dado que la bobina de Rogowski no tiene núcleo de hierro, sino de aire, esta permite tener una baja inductancia y buena respuesta a corrientes de rápida variación. Al ser de aire el núcleo proporciona alta linealidad, ya que, este no se



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

satura aunque se estén midiendo altas corrientes. Una bobina de Rogowski también presenta alta inmunidad a interferencia electromagnética.

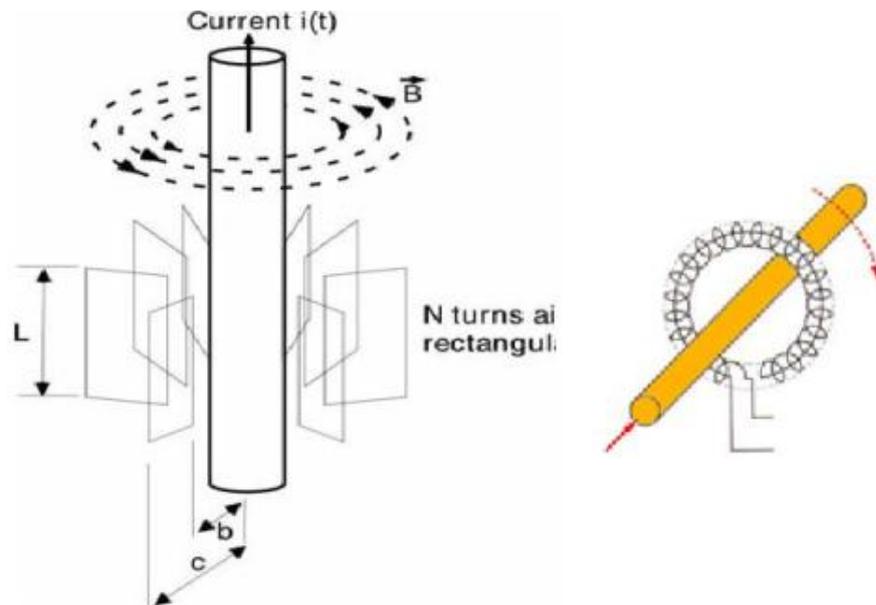


Figura 2. Medición de corriente en una bobina Rogowsky

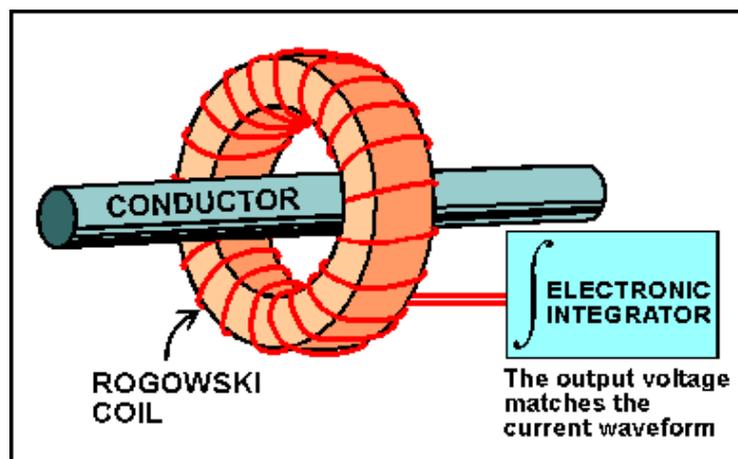


Figura 3. Conexión de un integrador para obtener la señal proporcional a la corriente



4 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Un transformador de corriente, utiliza el campo magnético de una corriente alterna a través de un circuito, para inducir una corriente proporcional en un segundo circuito. De una forma resumida, la función del transformador es modificar la corriente que obtiene del bobinado primario y por inducción electromagnética, reducirla en el secundario y así poder trabajar con corrientes mucho menores.

4.1 Características

Un transformador de corriente se construye con un núcleo, en general de acero, enrollado por bobinas primarias y secundarias que están aisladas entre sí. La bobina en contacto con la fuente principal de energía se denomina bobina primaria, la bobina secundaria es aquella con corriente inducida. El transformador idealmente conserva la potencia; el producto del voltaje y la corriente en la bobina primaria es igual al producto del voltaje y la corriente a través de la bobina secundaria

$$P_1 = P_2 \quad (3)$$

$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2 \quad (4)$$

Pero esto en la realidad no es así, ya que, se producen diferentes pérdidas dependiendo de su diseño y del tamaño de este.

Los transformadores de corriente se conectan en serie con el circuito.

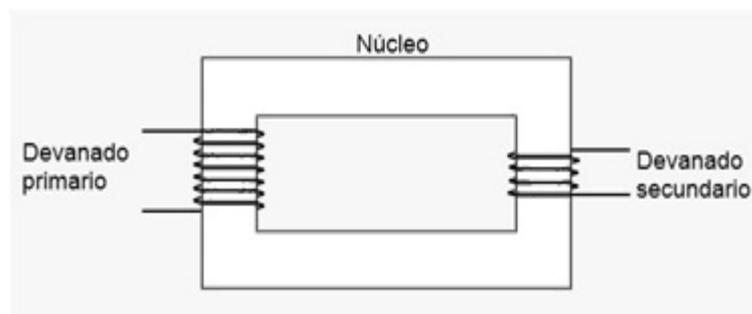


Figura 4. Imagen de un transformador de corriente



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

4.2 Efectos

Los transformadores se basan en el fenómeno de la inducción electromagnética. Al aplicar una fuerza electromotriz en el devanado primario, se origina un flujo magnético en el núcleo de hierro. Este flujo viajará desde el devanado primario hasta el secundario y originará una fuerza electromagnética en el devanado secundario.

Según la Ley de Lenz, la corriente será obligatoriamente alterna para producirse esta variación de flujo. Si por el contrario trabajamos con corriente continua el transformador no cumple su función.

4.3 Relación de transformación

La relación de transformación viene definida por la siguiente ecuación:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2} = rt \quad (5)$$

Donde N_1 es el número de espiras del devanado primario, N_2 el número de espiras del secundario, V_1 la tensión en el primario, V_2 tensión en el secundario, I_1 la intensidad en el primario, I_2 la generada en el secundario y rt la relación de transformación.

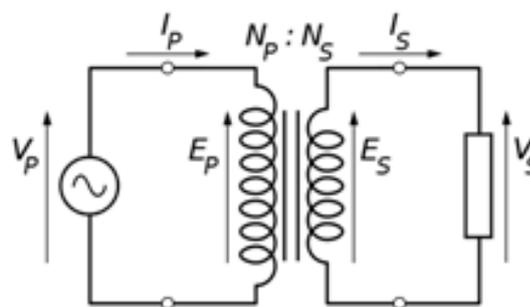


Figura 5. Funcionamiento físico de un transformador



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

5 EFECTO HALL

El efecto Hall se produce cuando se ejerce un campo magnético perpendicular sobre un conductor por el que circula corriente. La fuerza magnética que se ejerce sobre estas cargas, es transversal al campo magnético y a su velocidad, esto viene expresado en la ley de Lorentz. Al producirse esta fuerza magnética las cargas son impulsadas a los laterales del conductor por lo cual se genera en él un voltaje Hall.

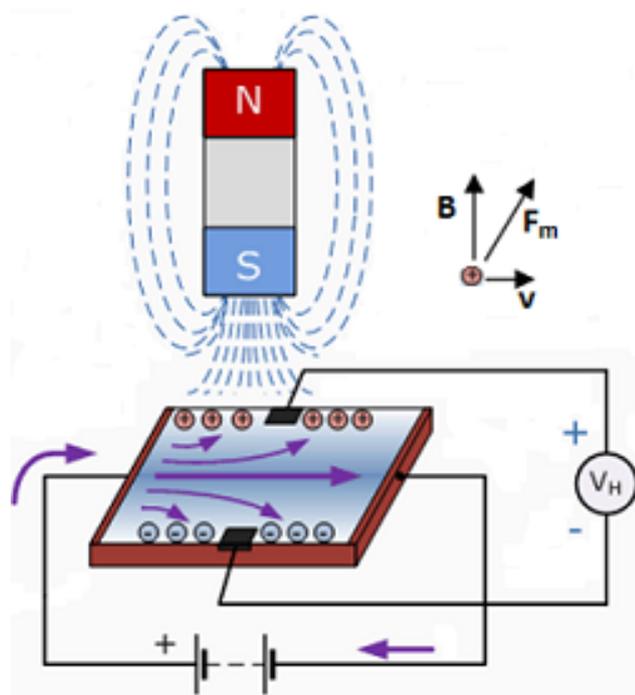


Figura 6. *Fundamento físico de un sensor de efecto Hall*

En la figura 6, podemos ver un montaje cuya finalidad es medir el voltaje Hall. Sobre un conductor eléctrico por el que circula una corriente actúa un imán que produce un campo magnético. La fuerza magnética produce que las cargas se desplacen hacia los laterales del cable, cargando con signos opuestos los dos lados del conductor. Por lo tanto, entre ambos extremos del cable se establece un campo eléctrico y la diferencia de potencial existente, produce un voltaje Hall.



5.1 Características

5.1.1 Costo

Es el precio del sensor y por lo tanto, cuanto menor sea el costo, el producto final será más barato.

5.1.2 Linealidad en el rango de medida

Esto significa que ante una variación de la magnitud medida en la entrada del sensor, la salida varía de forma proporcional, es decir, podemos saber la sensibilidad del sensor para calcular los valores en la salida según los datos de entrada o viceversa.

5.1.3 Consumo de potencia

Es un dato suministrado por el fabricante el cual nos da información de la potencia necesaria para proporcionar el dato de salida o medición.

5.1.4 Problema de saturación

Ante entradas elevadas de corriente el sensor se satura y nos da una información errónea, hay que tener en cuenta el rango de medida para que el sensor no llegue a zonas de saturación

5.1.5 Variación de la salida con la temperatura

El sensor tiene pequeñas fluctuaciones respecto a la temperatura de funcionamiento, los datos suministrados por el fabricante suelen ser temperaturas de trabajo de 25°C, las cuales no se cumplen muchas veces. Cuanto menor sean estas variaciones el sensor nos dará más precisión en la medida final.

5.1.6 Problema de offset

Es la desviación en la medida debido a efectos magnéticos. Hay que conseguir que el nivel de offset sea lo más próximo a cero.

5.1.7 Histéresis:

Es importante que el sensor no posea saturación por histéresis, ya que, nos saturaría la salida antes de llegar al fondo de escala y tendríamos valores erróneos.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

6 COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS SENSORES

En la siguiente tabla se muestran las diferentes tecnologías existentes que se han explicado anteriormente y con las características de cada una de ellas, ya sea precio comportamiento ante entradas analógicas y continuas:

Tabla 2. Características de las tecnologías de sensores

Tecnología del sensor	Shunt de corriente	Transformador de corriente	Sensor de efecto Hall	Bobina Rogowski
Costo	Muy bajo	Medio	Alto	Bajo
Linealidad en el rango de la medición	Muy buena	Buena	Pobre	Muy buena
Capacidad de medición de alta corriente	Muy pobre	Buena	Buena	Muy buena
Consumo de potencia	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Problema de saturación de corriente DC	No	Si	Si	No
Variación de la salida con respecto a la temperatura	Medio	Bajo	Alto	Muy bajo
Problema offset de DC	Si	No	Si	No
Problema de saturación e histéresis	No	Si	Si	No

La tecnología de los sensores anteriormente explicados corresponde a su fabricación en bruto. Los circuitos integrados incorporan elementos pasivos y activos que acondicionan la señal, mejorando notablemente las características eléctricas de los sensores.

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

ANEJO SENSOR DE CORRIENTE

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CARACTERÍSTICAS	3
3. DIAGRAMA DE BLOQUES	4
4. CONEXIÓN EELÉCTRICA.....	5
5. PATILLAS.....	5
6. PRECISIÓN	6
7. GRÁFICAS	8

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Encapsulado del sensor de corriente.....</i>	2
Figura 2. <i>Diagrama de bloques del ACS712</i>	4
Figura 3. <i>Conexión eléctrica del sensor</i>	5
Figura 4. <i>Patillas del módulo</i>	5
Figura 5. <i>Precisión según áreas del ACS712.....</i>	7
Figura 6. <i>Salida de voltaje respecto la intensidad medida</i>	8
Figura 7. <i>Desviación de voltaje respecto a la temperatura ambiente</i>	9
Figura 8. <i>Sensibilidad respecto a la temperatura ambiente</i>	9
Figura 9. <i>Falta de linealidad respecto a la temperatura ambiente</i>	10



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

1. INTRODUCCIÓN

El sensor elegido, es uno de efecto Hall. Su elección, está basada en su simplicidad a la hora de medir la corriente, ya que, únicamente tenemos que conectar los terminales de entrada de la fase y del integrado, salen los terminales de salida de fase, internamente transforma estos amperios con una sensibilidad de 100mV/A y nos proporciona una salida en voltios que varía de 0,5V a 4,5V, cuando la corriente entrante es cero, la salida del ACS712 tiene un valor de referencia de 2,5V.

La salida del sensor es un pequeño inconveniente para nuestro montaje, ya que, el medidor de energía sólo admite una entrada de $\pm 0,5V$, por lo que, se ha tenido que implementar un amplificador operacional que, acondicione la señal para el rango necesario.

Quitando este pequeño inconveniente, el resto de características del sensor son óptimas para el funcionamiento en nuestra placa.

El diseño, conexión y diagrama de bloques es muy simple, por lo que, no tiene complicación ninguna a la hora de entender su forma de operar.



Figura 1. Encapsulado del sensor de corriente



2. CARACTERÍSTICAS

Las características del circuito interno que incorpora el sensor de corriente por efecto Hall son las siguientes:

- Rango de medida de -20A a 20A.
- Regulación de la tensión de salida a través de la variación de la temperatura
- Mejora de la linealidad de la tensión de salida
- Eliminación de la tensión offset DC
- El error total del dispositivo es de +/- 1,5%
- Aislamiento entre el primario y secundario de 2.1KVRMS
- Fuente de alimentación de 5V
- Resistencia interna de 1.2m Ω
- Sensibilidad de 100mV/A
- Tensión de referencia de 2.5V
- Rango de trabajo de 0.5-4.5V
- Tensión de salida de offset extremadamente estable
- Histéresis cercana a cero



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

3. DIAGRAMA DE BLOQUES

El diagrama de bloques que incorpora en su interior para mejorar la señal de salida:

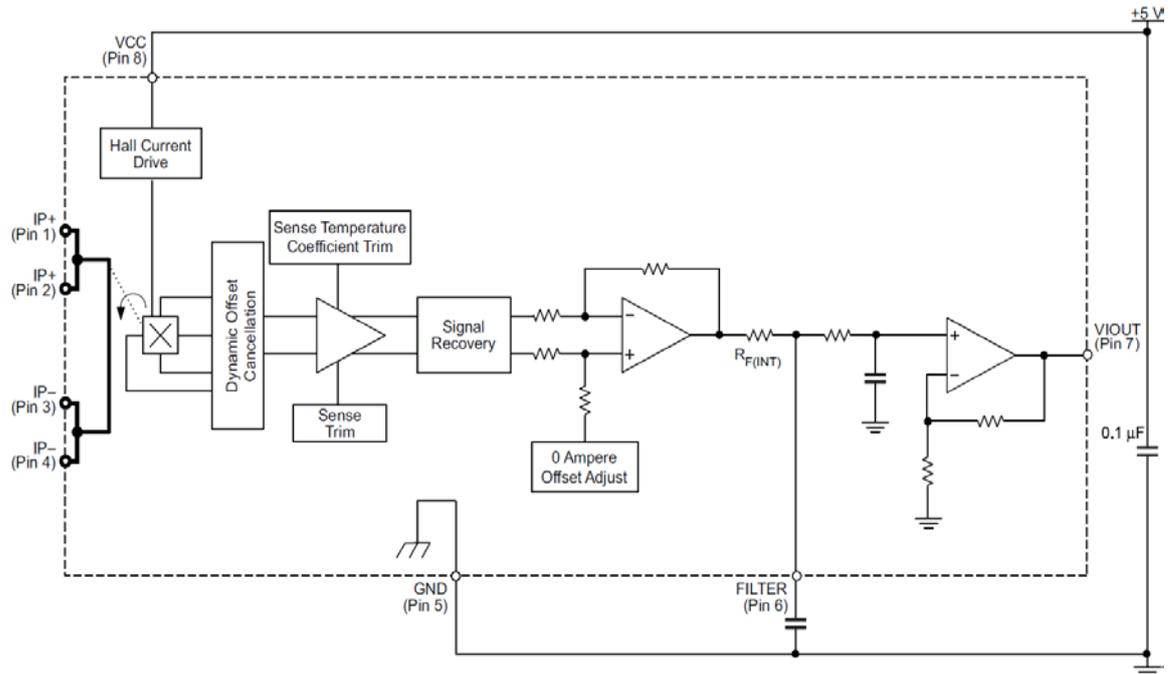


Figura 2. Diagrama de bloques del ACS712



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

4. CONEXIÓN EELÉCTRICA

La conexión del integrado para aplicaciones típicas de medición de corriente es la siguiente:

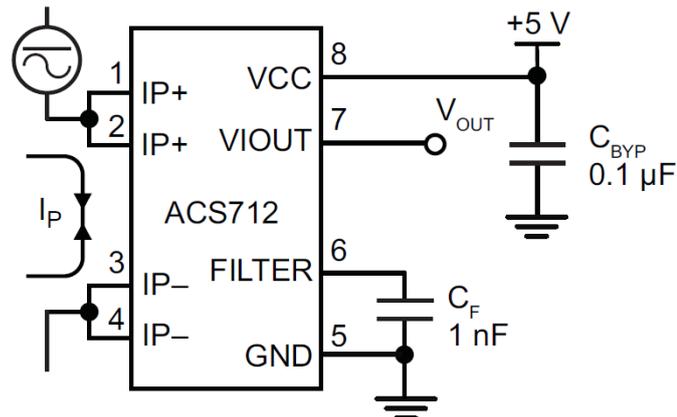


Figura 3. Conexión eléctrica del sensor

Es recomendable el uso del condensador Cf para la administración y reducción de ruido que pueda tener el integrado con la base de masa.

5. PATILLAS

El pin-out se corresponde de la siguiente forma:

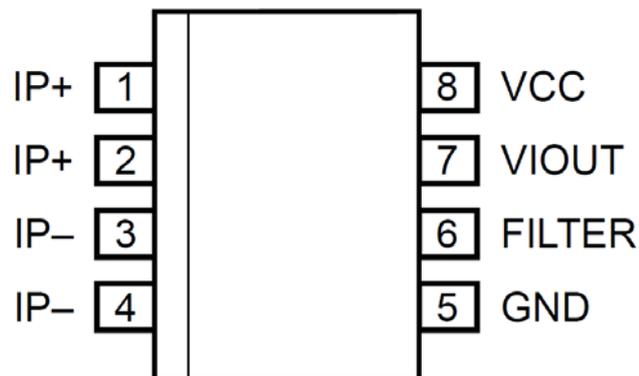


Figura 4. Patillas del módulo



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- Contacto 1 y 2 (IP+): conexión de entrada de los terminales, en él se muestrea la corriente entrante, dispone de fusible interno para sobre intensidades.
- Contacto 3 y 4 (IP-): conexión de salida de los terminales, en él se muestrea la corriente entrante, dispone de fusible interno para sobre intensidades.
- Contacto 5 (GND): Terminal de tierra
- Contacto 6 (FILTER): terminal para el condensador externo que establece el ancho de banda
- Contacto 7 (VIOUT): señal de salida analógica
- Contacto 8 (VCC): terminal de alimentación del dispositivo

Hay que tener en cuenta para luego crear la huella de este componente en la PCB que el encapsulado que monta el ACS712 es el estándar SOIC-8.

6. PRECISIÓN

La precisión representa la desviación máxima de la salida respecto su valor ideal. Esto también se conoce como el error de salida total. La precisión se ilustra gráficamente a través de la tensión de salida y la intensidad de entrada en el eje de coordenadas y,x respectivamente.

La precisión se divide en cuatro áreas:

- 0 Amperios y 25°C. Precisión cuando la corriente de entrada es de 0 amperios y 25 ° C, sin los efectos de la temperatura.
- 0 Amperios e incrementos de temperatura. Precisión cuando la corriente de entrada es de 0 amperios pero incluyendo efectos de temperatura.
- Fondo de escala a 25°C. Precisión cuando la corriente está a fondo de escala y 25°C, sin los efectos de la temperatura.
- Fondo de escala y con incrementos de temperatura. Precisión cuando la corriente está a fondo de escala incluyendo efectos de la temperatura.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

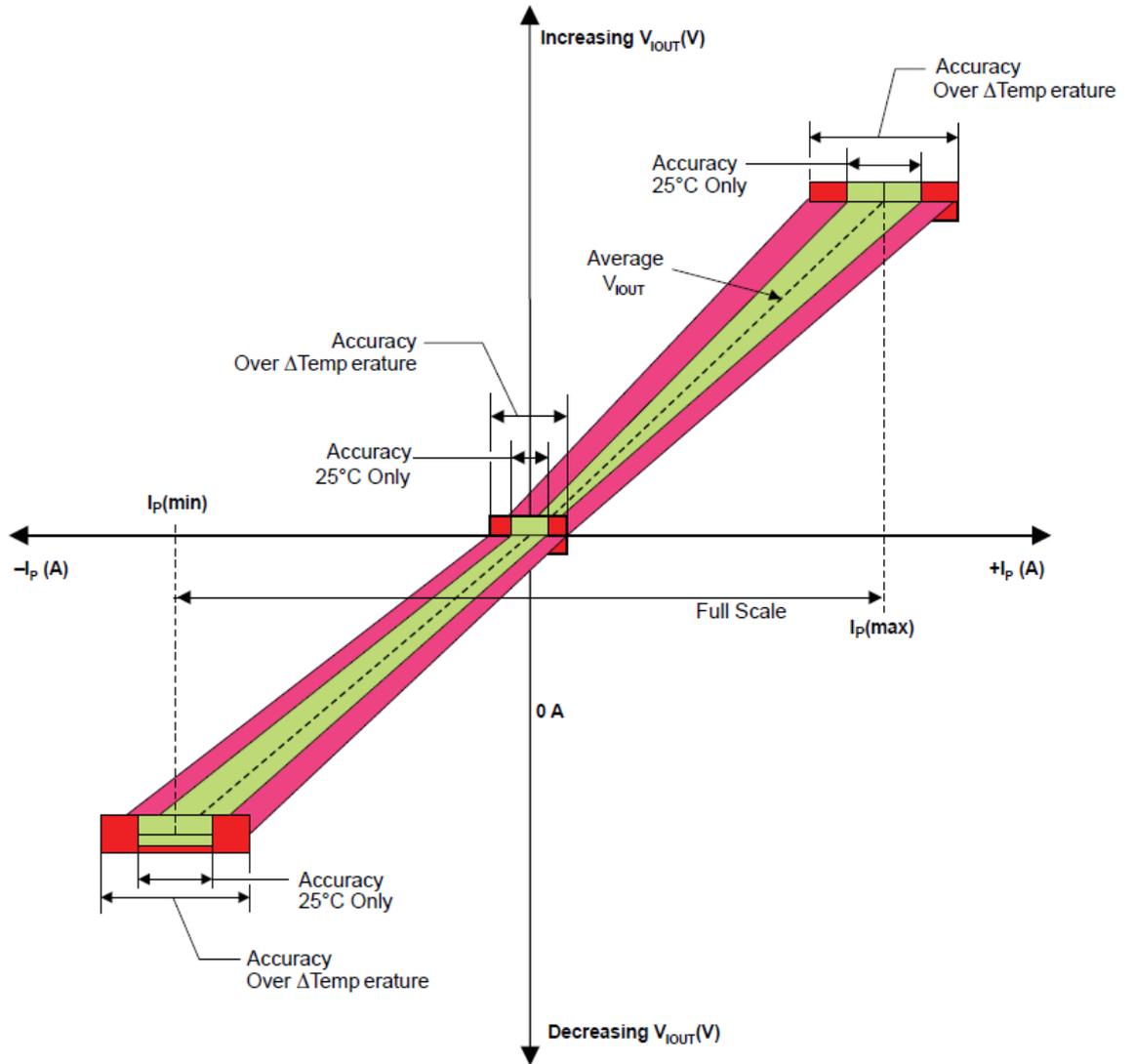


Figura 5. Precisión según áreas del ACS712



7. GRÁFICAS

Rango de medida de intensidad y la salida que nos proporciona el sensor de corriente:

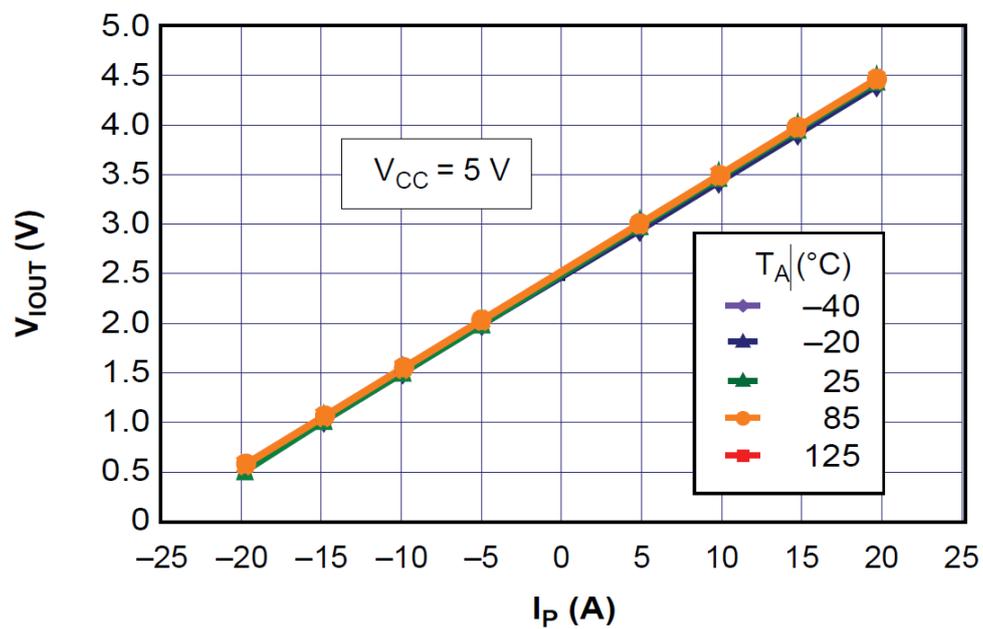


Figura 6. Salida de voltaje respecto la intensidad medida

Prestaciones del sensor de corriente y sus características:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

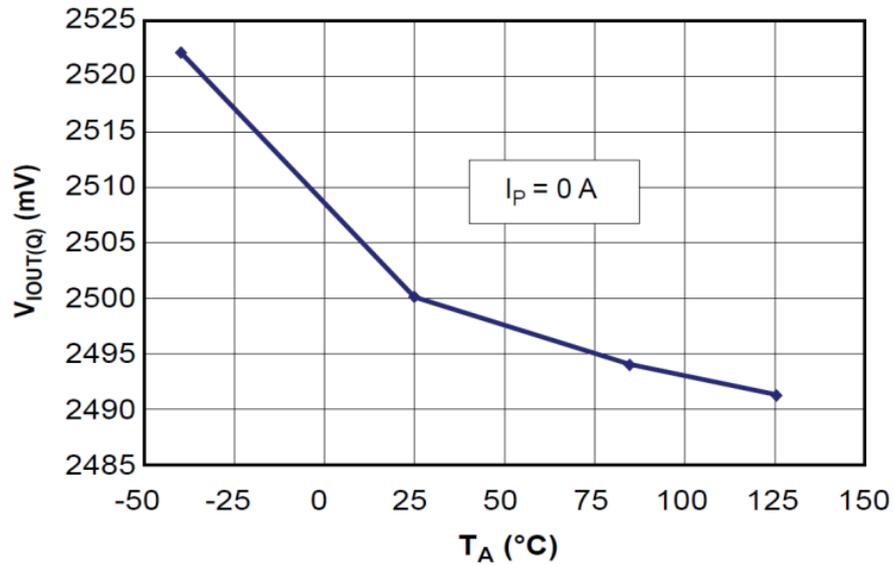


Figura 7. Desviación de voltaje respecto a la temperatura ambiente

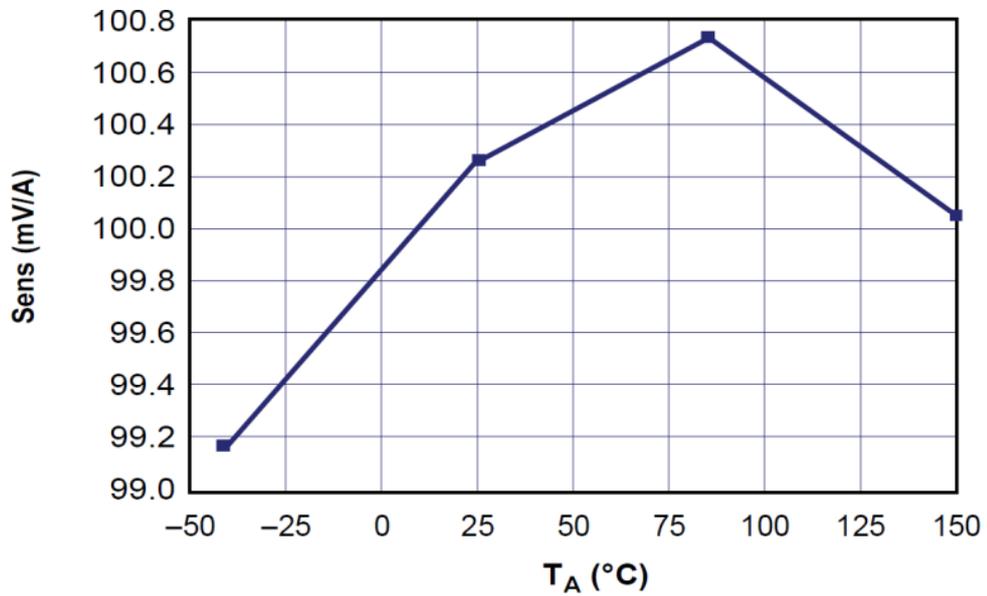


Figura 8. Sensibilidad respecto a la temperatura ambiente



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

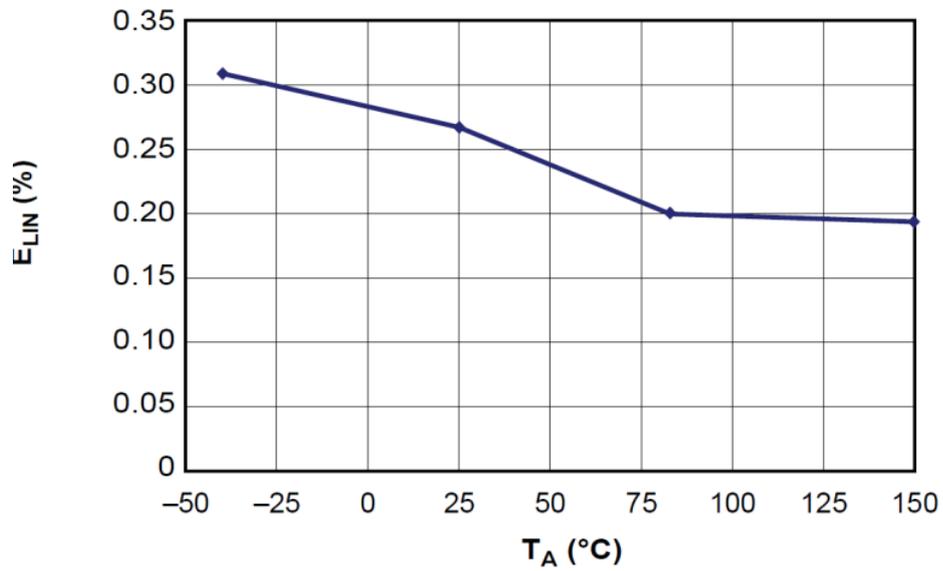


Figura 9. Falta de linealidad respecto a la temperatura ambiente

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

ANEJO MEDIDOR ENERGÍA

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PATILLAS.....	5
3.	ENTRADAS ANALÓGICAS.....	8
4.	Monitor de fuente de alimentación en el ADE7763.....	12
5.	Interrupciones en el ADE7763	12
6.	Conversión analógica a digital (CAD).....	13
6.1	Filtro <i>antialiasing</i> :.....	14
6.2	Función de transferencia del CAD	15
6.3	Circuito de referencia	16
7	Filtro pasa alto (HPF1).....	17
8	Compensación de fase	17
9	CAD canal 1	18
9.1	Cálculo RMs en el canal 1	19
9.2	Compensación del offset del canal 1.....	20
10	Cálculo de potencia Activa en el ADE7763	21
11	Cálculo de energía en el ADE7763	26
12	Detección de cruce por cero	28
12.1	Suspensión del circuito analógico y digital.....	29
13	Interfaz serial o SPI.....	30
13.1	Operación de escritura en el ADE7763.....	32
13.2	Operación de lectura SPI	33
14	Características del ADE7763.	34
15	Registros ADE7763	35
16	Descripción de los registros.....	43



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

17	Registro Modo (0x09).....	44
18	Registro de estados de interrupción (0x0B)	46
19	Registro CH1OS (0x0D).....	48

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Diagrama de bloques ADE7763 (Hoja de datos)</i>	4
Figura 2.	<i>Configuración de pines</i>	5
Figura 3.	<i>Ganancia del canal 1</i>	8
Figura 4.	<i>Registro de ganancia analógico</i>	9
Figura 5.	<i>Efectos del offset al calcular potencia activa</i>	10
Figura 6.	<i>Rango de corrección de offset en el canal 1 (ganancia=1)</i>	11
Figura 7.	<i>Interrupciones</i>	13
Figura 8.	<i>CAD de primer orden</i>	14
Figura 9.	<i>ADC y procesamiento de señales en el canal 1</i>	15
Figura 10.	<i>Salida del circuito de referencia</i>	16
Figura 11.	<i>CAD y procesamiento de señal canal 1</i>	19
Figura 12.	<i>Proceso de cálculo RMS señal 1</i>	20
Figura 13.	<i>Cálculo de potencia activa</i>	24
Figura 14.	<i>Cálculo de energía activa</i>	25
Figura 15.	<i>Rango de salida dl cálculo de potencia activa</i>	26
Figura 16.	<i>Escala completa de potencia para un tiempo de reinicio del registro de energía</i>	28
Figura 17.	<i>Detección de cruce por cero del canal 2</i>	29
Figura 18.	<i>Direccionamiento de registros del ADE7763</i>	31
Figura 19.	<i>Lectura de datos desde el ADE7763 vía interfaz serie</i>	31
Figura 20.	<i>Escritura de datos del ADE7763 vía interfaz serie</i>	32
Figura 21.	<i>Tiempos de escritura interfaz serie</i>	33
Figura 22.	<i>Operación serie de escritura de 12 bits</i>	33
Figura 23.	<i>Tiempos de la interfaz serie para una operación de lectura</i>	34
Figura 24.	<i>Registro MODE</i>	46
Figura 25.	<i>Registro STATUS INTERRUPT</i>	48



Figura 26. *Registro CH1OS* 49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Registros ADE7763* 35

Tabla 2. *Registro de acceso* 43

Tabla 3. *Información Registro de acceso* 43

Tabla 4. *Registro MODE* 44

Tabla 5. *Registro STATUS INTERRUPT* 46

Tabla 6. *Registro CH1OS* 48



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

1. INTRODUCCIÓN

Para la medición de los datos eléctricos recogidos por los sensores de tensión e intensidad (potencia, tensión eficaz, intensidad eficaz, etc), se utiliza el circuito integrado de Analog Devices ADE7763. Todos estos datos los va guardando en sus respectivos registros internos que posteriormente accederemos a ellos mediante el bus SPI para obtener la información necesaria en cada momento.

El diagrama de bloques interno de dicho integrado se muestra a continuación:

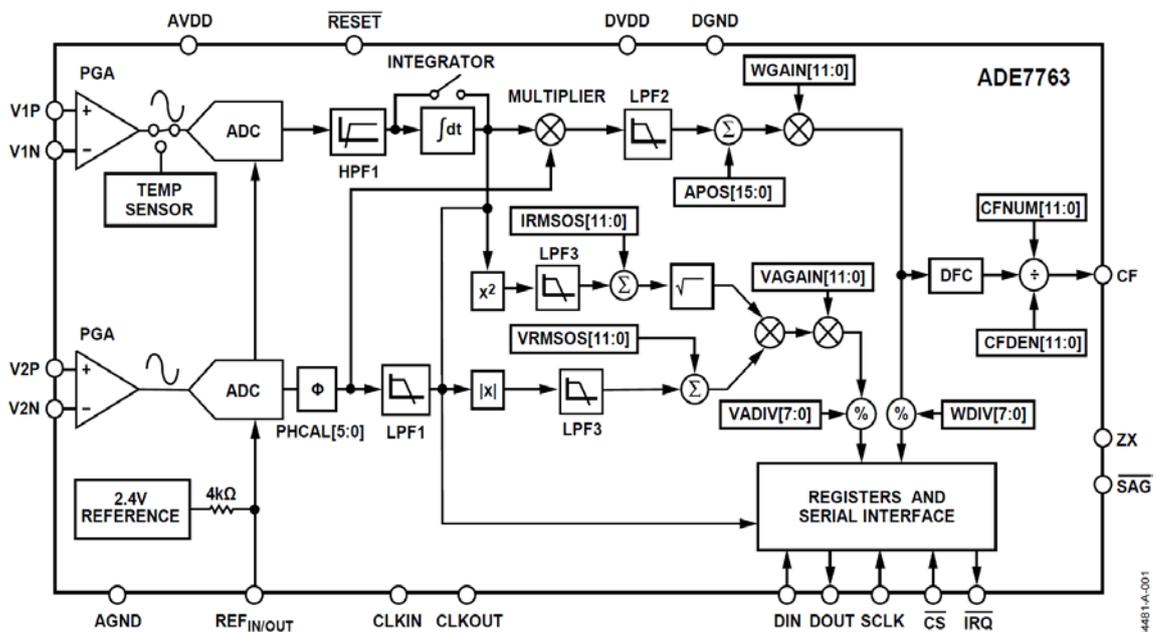


Figura 1. Diagrama de bloques ADE7763 (Hoja de datos)

Los principales bloques que tenemos en el circuito son dos entradas analógicas, con sus respectivos convertidores analógicos-digitales, dos filtros, uno paso-bajo y otro paso-alto, la parte de cálculo de las señales, y por último, los registros con sus accesos a los datos por el bus digital SPI.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

La parte de calibración por frecuencia no se va implementar en este caso, ya que no dispongo de una fuente lo suficientemente estable y de calidad para usarla de referencia.

2. PATILLAS

El *pinout* del componente se muestra a continuación junto con una breve descripción del uso de cada patilla:

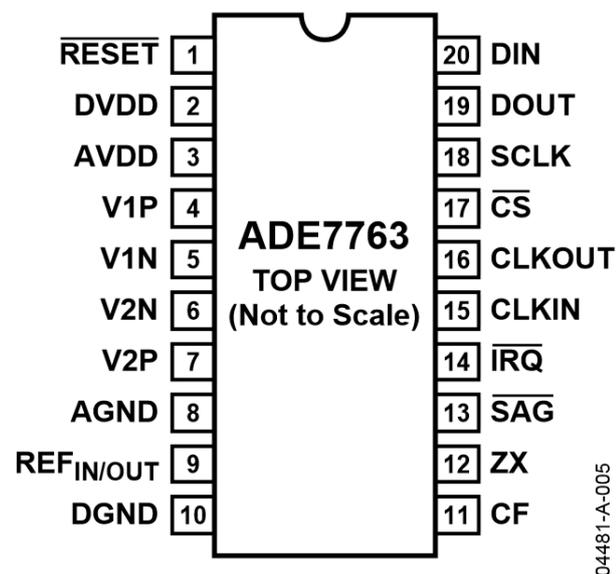


Figura 2. Configuración de pines

- 1 (RESET): Patilla de *reset* del ADE7763. Un nivel bajo en este pin mantiene los CADs y al circuito digital (incluyendo SPI) en condiciones de reseteo.
- 2 (DVDD): Fuente de alimentación digital. Este contacto proporciona una fuente de voltaje para el circuito digital. El voltaje se debe mantener en 5 voltios \pm 5%
- 3 (AVDD): Fuente de alimentación analógica. Este contacto proporciona una fuente de voltaje para el circuito analógico. El voltaje se debe mantener en 5 voltios \pm 5%



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- 4,5 (V1P, V1N): Entrada analógica para el canal 1. Este canal está implementado para su uso con un sensor de corriente, es decir, una bobina Rogowski u otro sensor como un transformador o efecto Hall. Estas entradas son del tipo voltaje diferencial, con niveles máximos de $\pm 0.5V$, $\pm 0.25V$ y $\pm 0.125V$, dependiendo de la escala seleccionada en el registro ganancia. El nivel máximo de la señal entre estos contactos con respecto a AGND es de $\pm 0.5V$. Ambas entradas tienen protección ESD y pueden soportar una sobretensión de $\pm 6V$ sin riesgo de daño permanente.
- 6,7 (V2P, V2N): Entrada analógica para el canal 2. Este canal está pensado para la entrada de voltaje. Estas entradas son de tensión diferencial soportando un máximo de $\pm 0.5V$. El nivel máximo de la señal entre estos contactos con respecto a AGND es de $\pm 0.5V$. Ambas entradas tienen protección ESD y pueden soportar una sobretensión de $\pm 6V$ sin riesgo de daño permanente.
- 8 (AGND): Referencia de tierra analógica. Este pin proporciona la referencia de tierra para todos los componentes del circuito analógico. Se debe utilizar para todos los circuitos tales como los filtros antialiasing, sensores de corriente y de voltaje.
- 9 (REF_{IN/OUT}): Voltaje de referencia del circuito integrado. Tiene un valor nominal de $2.4V \pm 8\%$ y un coeficiente de temperatura de $30 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$. También se puede conectar una fuente de referencia externa, en cualquier caso, este contacto se debe desacoplar a AGND con un condensador cerámico de $1\mu\text{F}$.
- 10 (DGND): Referencia de tierra digital. Este contacto proporciona la referencia de tierra para el circuito digital, es decir, multiplicador, filtros y convertidor digital de frecuencia. Como los lazos de corriente son pequeños, es admisible conectar este pin con el plano de tierra analógico del sistema. Sin embargo, la alta capacitancia del bus del contacto DOUT podría dar lugar a ruido, que llegaría afectar el correcto funcionamiento.
- 11 (CF): Salida lógica de frecuencia de calibración. La salida CF proporciona información de la potencia activa. Esta salida está pensada para ser usada en los operacionales y la calibración. La frecuencia a escala completa de salida puede ser ajustada escribiendo en los registros CFDEN y CFNUM.
- 12 (ZX): Salida de cruce por cero. Esta salida acciona un alto lógico y un bajo lógico alternativamente cuando el voltaje cruza por el nivel cero.



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

- 13 (SAG): Es una salida lógica que se muestra activa en estado bajo cuando no se detecta ningún cruce por cero.
- 14(IRQ): Salida para activar las interrupciones. Se activa a nivel bajo cuando se activa una interrupción. Una interrupción enmascarada hace reiniciar el registro de energía activa, el nivel medio de energía activa y la llegada de nuevas muestras de formas de onda.
- 15(CLKIN): Reloj principal para los CADs y el procesamiento de señal digital. Puede conectarse un reloj externo en esta entrada. Otra opción es conectar en paralelo un cristal entre CLKIN y CLKOUT y así tener un reloj para el ADE7763. La frecuencia del reloj especificada es 3.579545 MHz.
- 16 (CLKOUT): El cristal se puede conectar entre este pin y CLKIN, según lo descrito en el contacto 15, y así proporcionar una fuente de reloj para el ADE7763. El contacto CLKOUT puede manejar una carga CMOS cuando no se use ningún reloj externo en CLKIN o cuando un cristal este siendo utilizado.
- 17 (CS): Selección del Chip. Es una de las 4 partes del protocolo SPI. Esta entrada se activa con un nivel bajo que permite al ADE7763 compartir el bus serie con varios dispositivos.
- 18 (SCLK): Entrada de reloj para sincronizar la interfaz serie. Todas las transferencias serie de datos se sincronizan a este reloj. El SCLK tiene un disparador Schmitt en la entrada para el uso con la fuente de reloj que tenga un tiempo lento de transición de flanco, tal como una salida de un opto acoplador.
- 19 (DOUT): Salida de datos de la interfaz serie. Los datos se desplazan en este pin en cada uno de los flancos ascendentes del SCLK. Esta salida lógica está normalmente en un estado de alta impedancia, a menos que esté transportando datos en el bus.
- 20 (DIN): Entrada de información de datos. Los datos se desplazan en este pin en cada uno de los flancos descendentes del SCLK



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

3. ENTRADAS ANALÓGICAS

El ADE7763 contabiliza la energía consumida por una carga en una línea de distribución a partir de las señales proporcionales de voltaje y corriente en dicha línea.

El ADE7763, tiene dos canales diferenciales de entrada analógica. La máxima entrada diferencial para ambos canales es de $\pm 0.5V$. Además el máximo nivel de la señal respecto a masa de estos dos canales es de $\pm 0.5V$.

Cada canal tiene un amplificador programable con diferentes selecciones, 1, 2, 4, 8, 16.

Las ganancias se configuran en el registro correspondiente que se muestra en la siguiente figura:

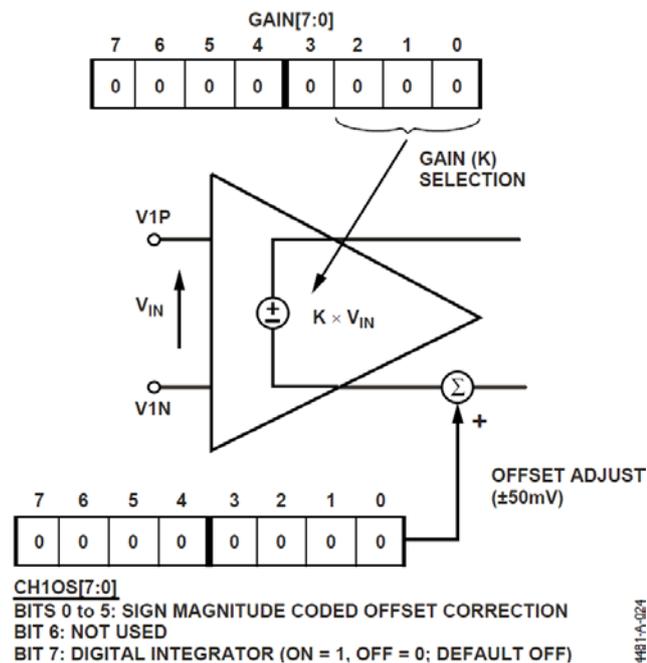


Figura 3. Ganancia del canal 1

Los bits del 0-2 indican la ganancia del canal que se quiere seleccionar. Si se desea seleccionar la ganancia del canal 2 se deben modificar los bits 5-7.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Los bits 3-4 nos indican la selección a fondo de escala del ADC, este puede variar desde 0.125, 0.25 y 0.5V

El ADC tiene una entrada máxima a fondo de escala. Para saber la amplificación que debemos introducir al registro oportuno, debemos de conocer el rango de entrada analógica:

Max Signal Channel 1	ADC Input Range Selection		
	0.5 V	0.25 V	0.125 V
0.5V	Gain = 1	–	–
0.25 V	Gain = 2	Gain = 1	–
0.125 V	Gain = 4	Gain = 2	Gain = 1
0.0625 V	Gain = 8	Gain = 4	Gain = 2
0.0313 V	Gain = 16	Gain = 8	Gain = 4
0.0156 V	–	Gain = 16	Gain = 8
0.00781 V	–	–	Gain = 16

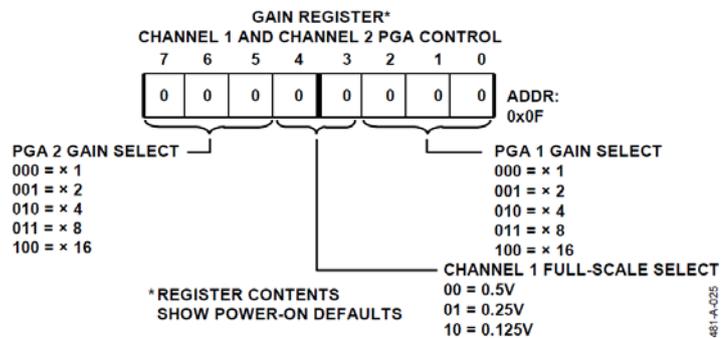


Figura 4. Registro de ganancia analógico

Podemos observar los bits de cada canal y sus diferentes opciones de selección.

En nuestro caso, la selección de entrada de los dos canales es de $\pm 0.5V$, por lo que, el registro se dejaría tal cual viene por defecto, es decir, los 8 bits a cero.

También es posible corregir el error por offset del canal 1 y 2, modificando los registros CH1OS y CH2OS respectivamente. Las variaciones de estos registros dependerán de la ganancia seleccionada anteriormente.

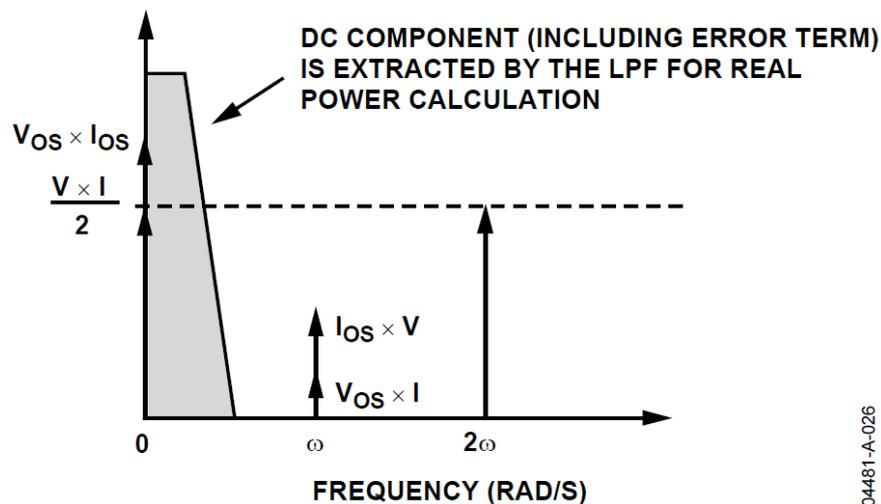


AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

No es necesario efectuar una rectificación de offset en una aplicación de medición de energía si HPF(filtro paso alto) en el canal 1 está activado. La siguiente figura indica el efecto de las compensaciones sobre el cálculo de potencia real. Como se puede ver en la figura 5, una compensación sobre el canal 1 y el canal 2 aporta una componente DC después de la multiplicación.

Este componente DC es eliminado por HPF2 (filtro paso alto canal 1), las compensaciones aportan un error al cálculo de potencia activa. Este problema se evita fácilmente habilitando el HPF en el canal 1.

Eliminando el offset de al menos un canal, no se genera ningún componente de error en corriente continua debido a la multiplicación. Los términos de error como $\cos(\omega t)$ son eliminados por LPF2 y por la integración de la señal de potencia activa en el registro de energía activa (energía [23: 0])



04481-A-026

Figura 5. Efectos del offset al calcular potencia activa

Los contenidos de los registros de corrección de compensación son de seis bits, bit de signo y la magnitud codificada. El peso del menos significativo depende del ajuste de ganancia, dependiendo de si es 1, 2, 4, 8, ó 16. La siguiente tabla indica la compensación de corrección para cada uno de los ajustes de ganancia y los bit menos significativo (milivoltios) para los registros de compensación.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Table 6. Offset Correction Range—Channels 1 and 2

Gain	Correctable Span	LSB Size
1	±50 mV	1.61 mV/LSB
2	±37 mV	1.19 mV/LSB
4	±30 mV	0.97 mV/LSB
8	±26 mV	0.84 mV/LSB
16	±24 mV	0.77 mV/LSB

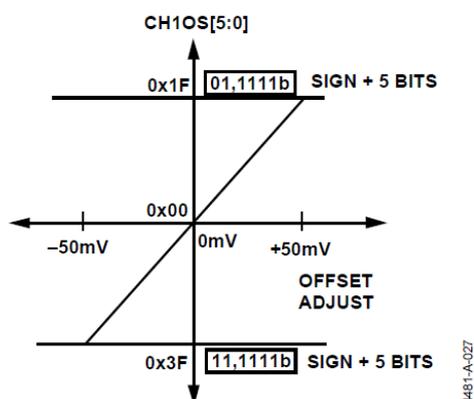


Figura 6. Rango de corrección de offset en el canal 1 (ganancia=1)

Para llevar a cabo un ajuste de offset, se conectan las entradas analógicas a AGND; no debe haber ninguna señal sobre el canal 1 o el canal 2. Una lectura desde el canal 1 o el canal 2 usando el registro de forma de onda muestra el offset en el canal. Este offset puede ser eliminado escribiendo un valor de offset igual y opuesto al que está en el registro de offset del canal 1, o igual al registro de offset del canal 2. Para saber si hemos corregido dicho offset únicamente debemos realizar otra lectura en el registro.

Se tiene que tener en cuenta que cuando ajustamos el offset del canal 1, el integrador digital y el HPF tienen que estar desactivados.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

4. MONITOR DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN EN EL ADE7763

El ADE7763 contiene en el integrado una fuente de alimentación. La alimentación analógica se controla continuamente, si la alimentación es menor de $4V \pm 5\%$ el ADE7763 se desactivará, se volverá inoperativo y no habrá acumulación de energía. Esto sirve para asegurarnos el óptimo funcionamiento durante las etapas de encendido y apagado. Además, posee una función de histéresis y filtrado que nos ayuda a prevenir falsos niveles de voltaje debidos al ruido.

El contacto SAG se puede usar para monitorizar la fuente de alimentación en una entrada del microcontrolador. El contacto SAG se pone en estado bajo cuando el ADE7763 está inactivo. La fuente de alimentación en AVDD no debe exceder de $5V \pm 5\%$, para una correcta operación.

5. INTERRUPCIONES EN EL ADE7763

Las interrupciones se gestionan a través del registro de estado de interrupción (STATUS[15: 0]) y el registro habilitador de interrupción (IRQEN [15: 0]). Cuando ocurre un evento de interrupción, el indicador o bandera correspondiente en el registro de estado de interrupción se pone a 1. Si el bit para esta interrupción en el registro habilitador de interrupciones se configura a un alto lógico, la salida de IRQ se activará a 0. Los bit que representan los flags de las interrupciones en el registro STATUS se activan independientemente de la habilitación de las interrupciones, sólo que, si no han sido habilitadas, no habrá una variación en la salida del pin interrupcion IRQ.

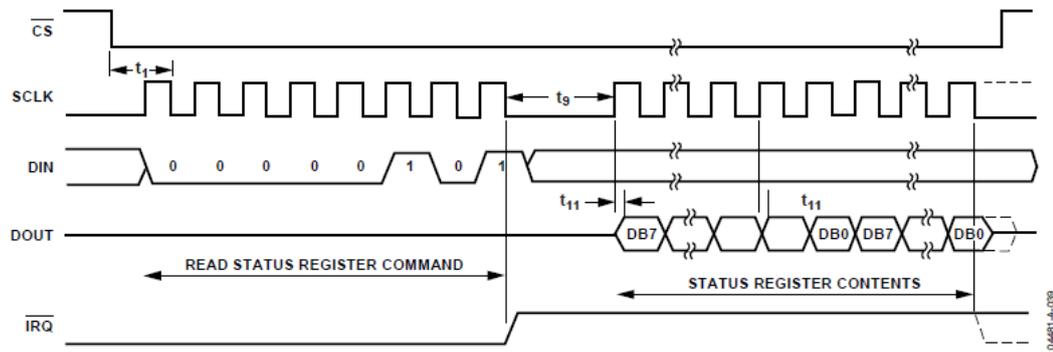
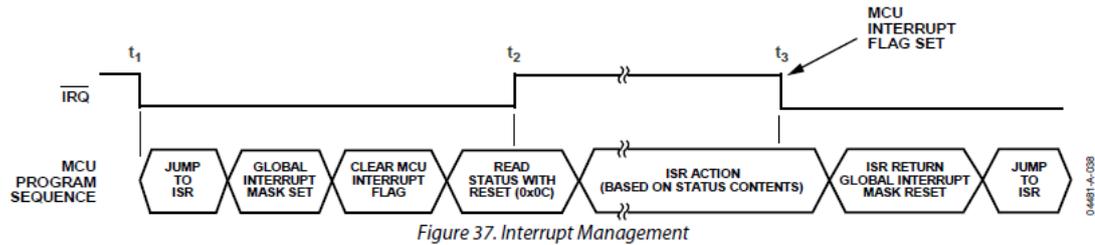
Para determinar el origen de la interrupción, un sistema central (MCU o microcontrolador) debe llevar a cabo una lectura del registro de interrupción con reset (RSTSTATUS [15: 0]). Esto se puede conseguir haciendo una lectura de la dirección (0x0Ch) hex.

La salida IRQ se coloca a 1 después de finalizar la lectura del registro STATUS de interrupción con reset. El ADE7763 está diseñado para asegurar que ningún evento de interrupción se pierda. Si ocurre un evento de interrupción cuando se está



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

leyendo el registro STATUS, el evento no se pierde, la salida de IRQ se mantiene en un estado lógico alto mientras dura la transferencia de datos del registro STATUS después, se volverá activar la interrupción para mostrar el evento que activó la nueva bandera.



En la figura 8, se muestra un diagrama de tiempos con una sugerencia para la implementación de la gestión de interrupciones del ADE7763 usando un microcontrolador.

En el instante t_1 , la línea IRQ se activa a nivel bajo, lo que indica que se ha producido uno o varios eventos de interrupción. La salida IRQ produce una interrupción externa por flanco negativo en la MCU.

6. CONVERSIÓN ANALÓGICA A DIGITAL (CAD)

El convertidor se compone de dos partes, una es el modulador y otra es el filtro pasa bajo.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

El modulador, convierte la señal de entrada en una corriente continua de serie de 1s y 0s a una velocidad determinada por el reloj de muestreo. En el ADE7763, el reloj de muestreo es igual $CLKIN / 4$. La salida del DAC se resta de la señal de entrada. Si la ganancia de bucle es lo suficientemente alta, el valor medio de salida del DAC se aproximará al nivel de la señal de entrada. A la salida del CAD se encuentra un filtro pasa bajo que produce palabras de 24 bit de datos proporcional a la señal de entrada.

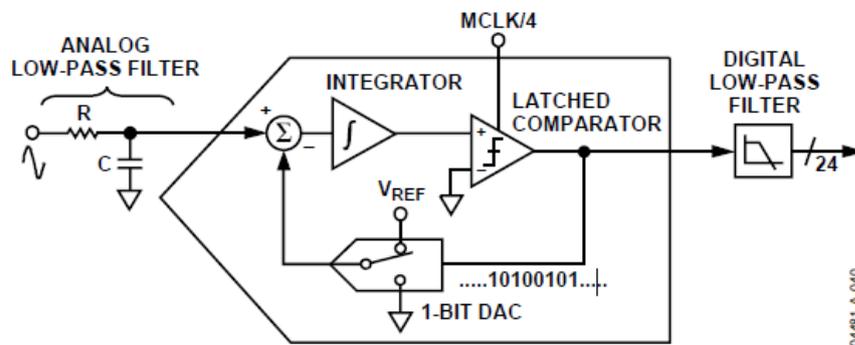


Figura 8. CAD de primer orden

El ADE7763 posee por cada canal de entrada un CAD. En esta sección se lleva a cabo la conversión de las señales analógicas a digital del canal 1 (corriente) y del canal 2 (voltaje). Dentro del ADE esto se lleva a cabo usando dos CADs de segundo orden. En el CAD puede obtenerse un resultado significativo sólo cuando se procesa un gran número de muestras. Para conseguir una alta resolución el CAD usa el sobremuestreador. Sobremuestrear significa que una señal es muestreada a una frecuencia muchas veces mayor al ancho de banda de interés. Por ejemplo la frecuencia de muestreo en el ADE7763 $CLKIN/4$ (894KHz) y la banda de interés es de 40 HZ a 2KHz.

6.1 Filtro *antialiasing*:

La figura 8 también muestra un filtro paso bajo analógico (RC) en la entrada al modulador. Este filtro impide el *aliasing*, que es un defecto de todos los sistemas muestreados. El *aliasing* indica, que las componentes de frecuencia en la señal de entrada al ADC, que son superiores a la mitad de la frecuencia de muestreo del ADC, aparecen en la señal muestreada a una frecuencia por debajo de la mitad de la



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

frecuencia de muestreo, provocando un solapamiento de la señal, lo que conlleva a tener errores en la salida del dato. La Figura 9 ilustra el efecto. Componentes de frecuencia por encima de la mitad de la frecuencia de muestreo (también conocida como la frecuencia de Nyquist, es decir, 447 kHz) son imágenes.

Esto sucede con todos los DACs, independientemente de la arquitectura. En el ejemplo mostrado, sólo las frecuencias cercanas a la frecuencia de muestreo, es decir, 894 kHz, se mueven en la banda de interés para la medición de 40 Hz a 2 kHz. Para atenuar alta frecuencia (cerca de 900 kHz) de ruido se usa un simple LPF (filtro paso bajo), y se evita la distorsión en la banda de interés. Para los sensores de corriente convencionales, un simple filtro RC (unipolar LPF) con una frecuencia de corte de 10 kHz produce una atenuación de aproximadamente 40 dB a 894 kHz - véase la Figura 9-. 20 dB por década de atenuación suele ser suficiente para eliminar los efectos del *aliasing* en sensores de corriente convencionales. Un enfoque simple, es poner en cascada dos filtros RC para producir el doble de atenuación, es decir, 40dB por década.

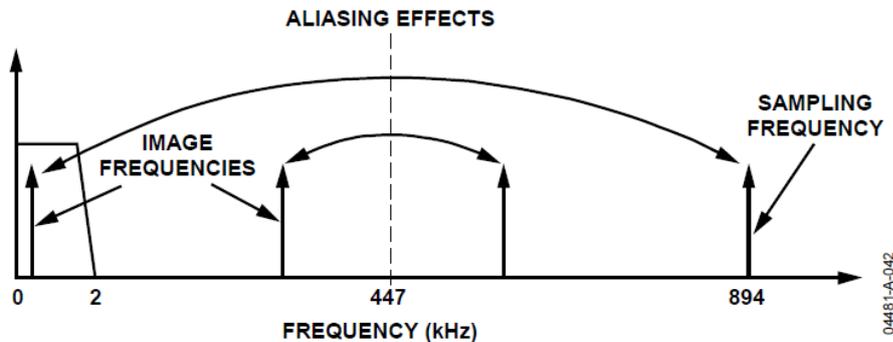


Figura 9. ADC y procesamiento de señales en el canal 1

6.2 Función de transferencia del CAD

La siguiente expresión muestra la salida del filtro pasa bajo a la salida del CAD para una entrada analógica. Ambos CADs en el ADE7763 están diseñados para producir la misma salida para el mismo nivel de entrada.

$$Code (CAD) = 3.0492 \cdot \frac{V_{in}}{V_{out}} \cdot 262.144 \quad (1)$$



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Por lo tanto, con una señal a escala completa sobre la entrada de $\pm 0.5V$ y una referencia interna de $2.42V$, el CAD a la salida tiene una cifra nominal de $\pm 165,151$, o $0x2851F$. El valor máximo del CAD es $\pm 262,144$; es equivalente a un nivel de entrada de $\pm 0.794V$. Sin embargo, por el rendimiento especificado en la hoja técnica, este no excede los $0.5V$ en la señal de entrada.

6.3 Circuito de referencia

La figura 10 muestra una versión simplificada del circuito de referencia del ADE. El voltaje de referencia en el contacto REF_{IN/OUT} es de $2.42V$. Este es el voltaje de referencia usado para los CADs. Sin embargo, el canal 1 tiene tres opciones de rango de entrada, que se seleccionan mediante la división entre el valor de referencia. El valor de referencia utilizado para el Canal 1 se divide a $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ del valor nominal mediante un divisor interno de resistencias, como se muestra en la figura 10.

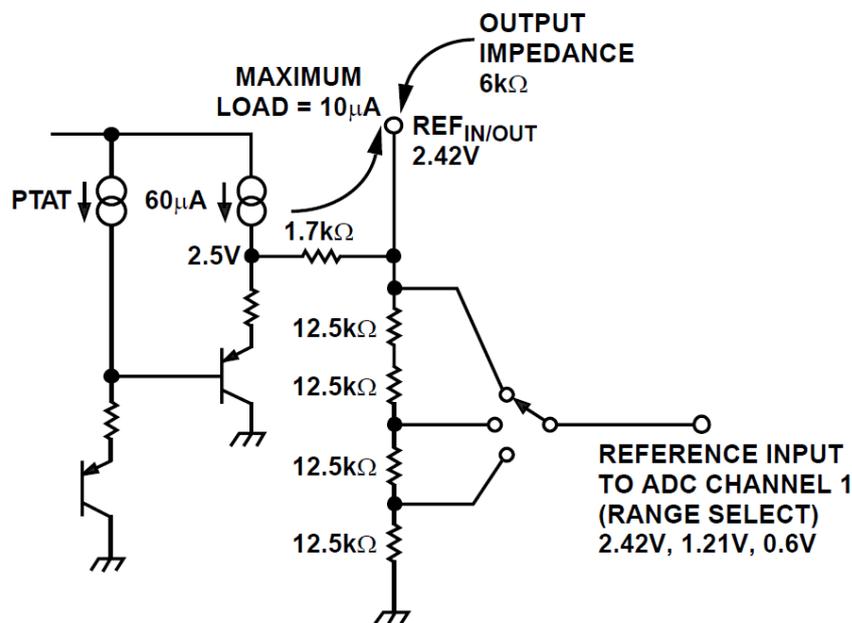


Figura 10. Salida del circuito de referencia

El contacto REF_{in/out} se puede conectar a una fuente externa de $2.5V$ de referencia. El valor de referencia que tienen los CADs es de $2.5V$, no de $2.42V$, lo



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

cual incrementa el rango de señal de la entrada analógica por $2.5/2.42 \cdot 100\% = 3\%$ ó desde 0.5V a 0.5165V.

El voltaje de referencia del ADE7763 varía ligeramente con los cambios de temperatura. Como la referencia se usa para ambos CADs, canal 1 y 2, cualquier desviación en el voltaje de referencia se multiplica por dos en la medición. La desviación producida por la temperatura en la referencia es muy pequeña, mucho más pequeña que la desviación debido a otros componentes del medidor.

Sin embargo, si se necesita un rendimiento garantizado de temperatura, hay que utilizar una referencia de tensión externa.

7 FILTRO PASA ALTO (HPF1)

En el momento en que la señal de corriente se haya digitalizado mediante el CAD del canal 1, el filtro HPF1 elimina el offset de esta señal, permitiendo que el cálculo de potencia no se vea afectado por dicho offset.

8 COMPENSACIÓN DE FASE

Cuando el filtro HPF1 está inhabilitado, el error de fase entre el canal 1 y el canal 2 para una señal de corriente continua hasta 3.5 KHz es cero. Cuando HPF1 está activado, el canal 1 entre 45 Hz a 1 KHz tiene un desfase cercano a cero, lo cual no genera inconvenientes para aplicaciones típicas de medición de energía en la red comercial.

Sin embargo, a pesar de compensarse en fase interna, el ADE7763 debe funcionar con transductores que pueden tener errores de fase. Por ejemplo, un error de fase para un transformador de corriente (CT) está entre 0.1° y 0.3° . Los errores de fase pueden variar y deben ser corregidos para poder llevar a cabo los cálculos exactos de potencia. Los errores relacionados con la falta de coincidencia de fases, son particularmente perceptibles en factores de baja potencia. Para calibrar digitalmente estos errores, el ADE7763 permite introducir un tiempo de retraso o



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

avance en la cadena de procesamiento de señales. Como la compensación es en el tiempo, esta técnica solamente se puede usar para los pequeños errores de fase que están entre 0.1° a 0.5° .

El registro que se utiliza para la calibración de la fase es el PHCAL [5: 0]. El PHCAL o registro de calibración está en complemento a dos, con signo y tiene un rango de valores desde $0x21$ (- 31d) a $0x1F$ (+31d).

El registro toma el valor $0x0DH$ como punto medio, por lo que, si escribimos en el registro $0x0DH$ éste, no produce ningún cambio. Cambiando el registro PHCAL, el tiempo de retraso en la señal del canal 2 cambia desde -102.12 microsegundos a 39.96 microsegundos ($CLKIN = 3.579545$ MHz). El *LSB* equivale a un tiempo de retraso o de avance de 2.2 microsegundos ($CLKIN/8$). Una frecuencia de línea de 50 HZ en la parte fundamental, proporciona una resolución de fase de 0.048° ($360^\circ \cdot 2.22\mu s \cdot 50Hz$).

9 CAD CANAL 1

La figura 11 muestra el CAD y la cadena de procesamiento de señal para el canal 1. En la toma de muestras de la forma de onda, el CAD da en la salida una palabra de datos de 24 bits con un máximo de 27,9 kSPS ($CLKIN/128$) con signo en complemento a dos. Con la señal de la entrada analógica a escala completa (0,5 V), el CAD produce en la salida un código que se encuentra entre $0x28\ 51EC$ (2.642.412 d) y $0xD7\ AE14$ (-2.642.412 d).



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

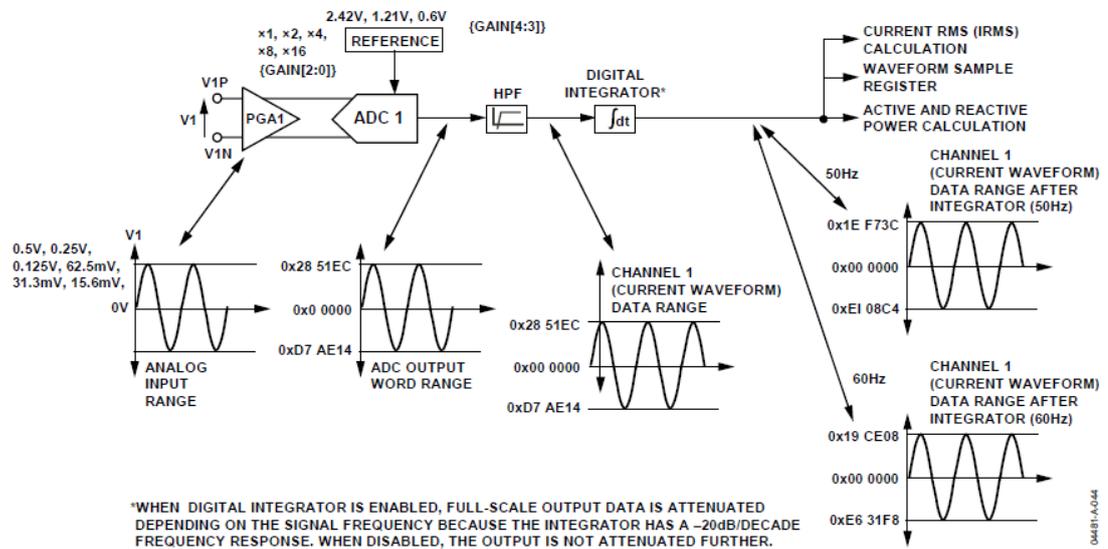


Figura 11. CAD y procesamiento de señal canal 1

9.1 Cálculo RMs en el canal 1

La media cuadrática (rms) del valor de una señal continua $I(t)$ se define como:

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T I^2(t) dt} \quad (2)$$

La figura 12 muestra en el Canal 1 la cadena de procesamiento de la señal para el cálculo rms. A partir de las muestras utilizadas en el canal 1 de la forma de onda se procesa el valor rms. Dicho valor se almacena en un registro de 24 bits sin signo (IRMS). Un LSB del canal 1 rms es equivalente a 1 LSB de la forma de onda del canal 1. La tasa de actualización del canal de medición 1 rms es $CLKIN / 4$.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

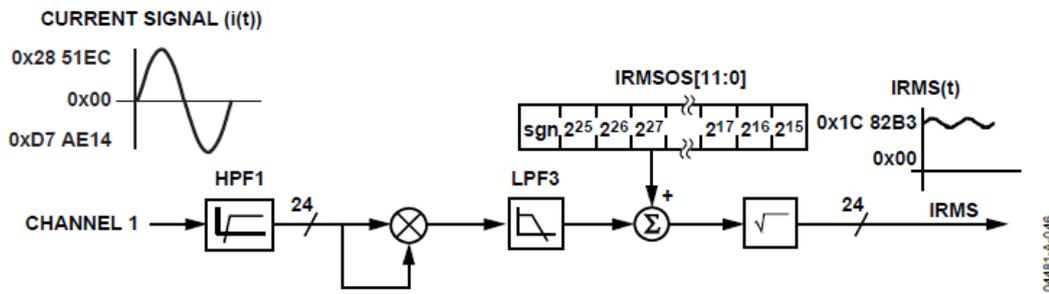


Figura 12. Proceso de cálculo RMS señal 1

Con la señal de entrada analógica a escala completa (0,5V), el CAD devuelve un código de salida aproximadamente de $\pm 2.642.412d$. El valor eficaz equivalente a una señal de corriente alterna a escala completa es $1.868.467d$ (0x1C82B3). La medición de corriente eficaz en el ADE7763 ofrece una exactitud de 0,5% entre la entrada a escala completa y escala/100. Para convertir el valor del registro a su equivalente en amperios, hay que realizar los cálculos en el microcontrolador mediante conversión en A/LSB. Para minimizar el ruido, se recomienda sincronizar la lectura RMS con el cruce por cero de la tensión de entrada y tomar el promedio de un número de lecturas.

9.2 Compensación del offset del canal 1

El ADE7763 incorpora un canal compensación de offset (IRMSOS). Es un registro de 12 bits, con signo que se puede utilizar para eliminar el offset en el Canal 1. Puede aparecer un offset en el cálculo RMS debido al ruido de la componente de corriente continua de $V^2(t)$ en la entrada del integrador. La calibración del offset elimina la influencia del ruido en la medición RMS.

$$IRMS = \sqrt{IRMSO^2 + IRMSOS \cdot 32768} \quad (3)$$

Donde IRMSO es la medición rms sin corrección de offset.

Para medir el offset de la lectura RMS, se necesitan dos valores de entrada distintos de cero, por ejemplo, la corriente de base, I_b , e $I_{max}/100$. El offset puede calcularse



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

a partir de estas mediciones. Hay que tener en cuenta que para su correcto funcionamiento, sólo se deben escribir los valores positivos en el registro IRMSOS.

10 CÁLCULO DE POTENCIA ACTIVA EN EL ADE7763

Una señal senoidal, tensión o corriente, se expresa matemáticamente en función del tiempo en la siguiente ecuación.

$$a(t) = A_o \cdot \text{sen}(\omega t + B) \quad (4)$$

Donde:

A_o es la amplitud en voltios o amperios (también llamado valor máximo de pico), ω es la velocidad angular (rad/seg) y B es el ángulo de desfase inicial, el cual se asume como cero.

El valor eficaz de una señal se expresa matemáticamente en la siguiente ecuación:

$$A_o = \sqrt{2} \cdot A \quad (5)$$

Donde:

A es el valor eficaz

A_o es la amplitud

Suponiendo que a una carga se le aplica una tensión $V(t)$.

$$v(t) = v \cdot \text{sen}(\omega t) \quad (6)$$

Donde:

v es un valor pico de voltaje

ω es la velocidad angular

Esto produce una corriente



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

$$i(t) = i \cdot \text{sen}(\omega t) \quad (7)$$

Donde:

i es un valor pico de corriente

La potencia instantánea vendrá dada como el producto de las expresiones 6y7. La unidad de la potencia se da en vatios o julios/s.

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) \quad (8)$$

Donde $p(t)$ = es la potencia instantánea.

Sustituyendo los valores pico por valores eficaces en la ecuación 8

$$v = \sqrt{2} \cdot V \quad (9)$$

$$i = \sqrt{2} \cdot I \quad (10)$$

Donde:

V es el valor eficaz o RMS del voltaje

I es el valor eficaz o RMS de la corriente

Queda que:

$$p(t) = \sqrt{2} \cdot V \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot \sqrt{2} \cdot I \cdot \text{sen}(\omega t) \quad (11)$$

La potencia promedio sobre un número de ciclos de línea (n) es dado por la expresión en la ecuación 12.

$$P = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} p(t) dt = V \cdot I \quad (12)$$



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Donde:

T es el periodo ciclo de la señal

P es potencia activa o potencia real o potencia promedio

Se observó que la potencia activa es igual a la componente DC de la señal de potencia instantánea en la ecuación 11.

Potencia Activa

$$P = V \cdot I \quad (13)$$

Potencia Instantánea

$$p(t) = (V \cdot I) - (V \cdot I \cdot \cos(2\omega t)) \quad (14)$$

Esta relación se usa para calcular la potencia activa en el ADE7763. La señal de potencia instantánea $p(t)$ se genera, al multiplicar las señales de corriente y voltaje. La componente DC de las señal de potencia instantánea, se elimina en el HPF1 (filtro pasa alto) para obtener la información de potencia activa. Este proceso se muestra en la figura 13.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

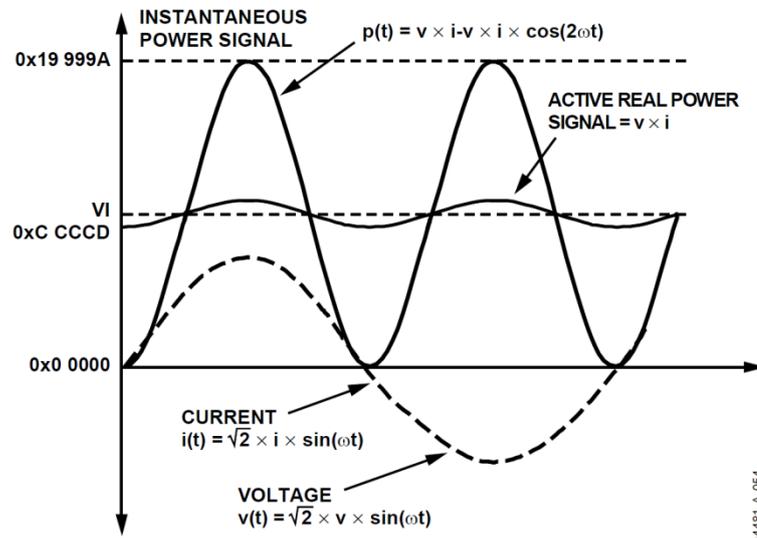


Figura 13. Cálculo de potencia activa

Como HPF1 no posee una respuesta en frecuencia ideal, la señal de potencia activa tiene un rizado debido a la señal de potencia instantánea.

Este rizado, es sinusoidal y tiene una frecuencia igual al doble de la línea de red. Se elimina al integrar la potencia activa para el cálculo de energía. La figura 14 muestra la cadena de procesamiento de señal que se realiza internamente para el cálculo de potencia activa.

La potencia activa, se calcula filtrando la señal de potencia instantánea en un filtro pasa bajo. La ganancia de la energía activa se puede ajustar usando el multiplicador y el registro ganancia de vatio (WGAIN [11:0]). La ganancia, se ajusta escribiendo una palabra de 12 bits en el registro de ganancia de vatio en complemento a dos.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

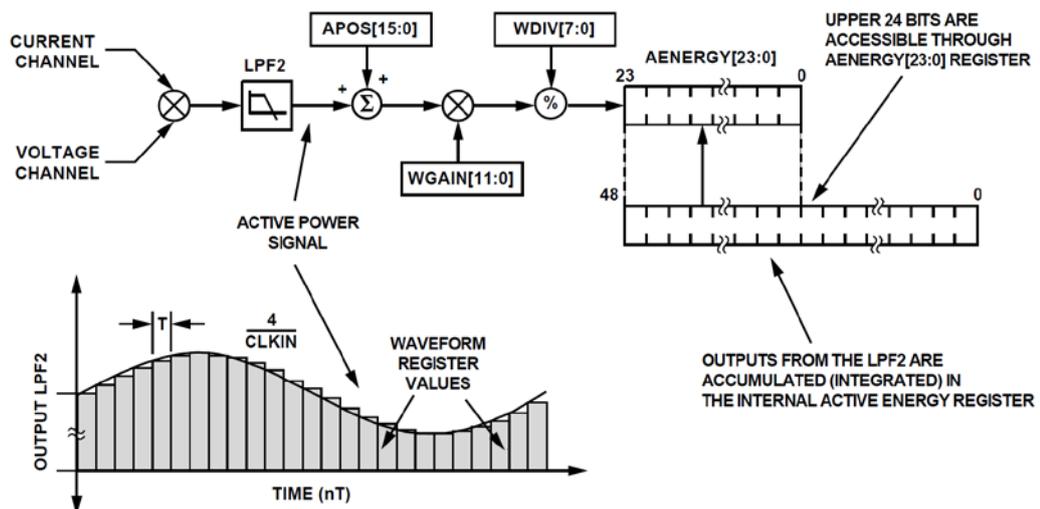


Figura 14. Cálculo de energía activa

La ecuación 15 muestra cómo la ganancia puede ser ajustada con relación al contenido en el registro de ganancia de vatio.

$$\text{Salida } WGAIN = \left(\text{Potencia Activa} \cdot \left\{ 1 + \frac{WGAIN}{2^{12}} \right\} \right) \quad (15)$$

Por ejemplo, cuando se escribe 0x7FF en el registro de ganancia de vatio, la potencia de salida asciende un 50 %. $0x7FF = 2047d$, $2047/2^{12} = 0.5$.

Del mismo modo, 0x800 = -2048d (complemento a dos) y la potencia de salida por 0.0244%.

En la figura 15, se muestra el máximo valor (hexadecimal) del rango de salida para la señal de potencia activa (LPF2). Se observa que, el rango de salida cambia dependiendo del contenido del registro de ganancia de potencia.

El mínimo rango de salida ocurre cuando, el registro de ganancia de potencia tiene un valor de 0x800, y el máximo cuando es 0x7FF. Éste, puede ser usado para calibrar el cálculo de potencia activa (o energía).



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

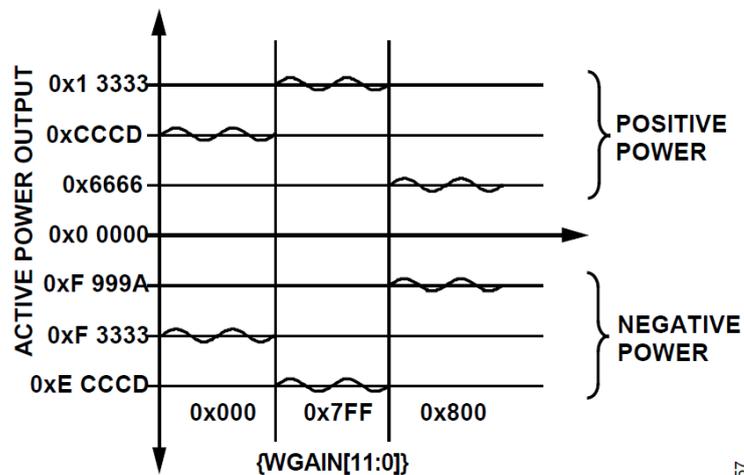


Figura 15. Rango de salida dl cálculo de potencia activa

11 CÁLCULO DE ENERGÍA EN EL ADE7763

Como la potencia está definida por la velocidad de energía que circula, la relación se expresa matemáticamente en la ecuación 16.

$$P = \frac{dE}{dt} \tag{16}$$

Donde:

P es igual a la potencia

E es igual a la energía

Despejando, la energía es dada como la integral de la potencia.

$$E = \int P \cdot dt \tag{17}$$

El ADE7763, consigue la integración de la señal de potencia activa, mediante la acumulación continua de la señal de potencia activa en un registro interno de 49 bits. Solo tenemos acceso a los 24 bits superiores del registro de energía activa (AENERGY[23:0]). Esta acumulación en tiempo discreto o sumatoria, es equivalente a la integración continua del tiempo. En la ecuación 16, se expresa esta relación.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

$$E = \int p(t)dt = \lim_{t_0} \sum_{n=1}^{\infty} p(nT) \cdot T \quad (18)$$

Donde:

n es el número muestra de tiempo discreto.

T es el periodo de muestra.

El periodo de muestra para el registro de acumulación es de 1.1us (4/clkin). Además de calcular la energía, esta integración elimina cualquier componente sinusoidal que pueda ir en la señal de potencia activa.

La señal de potencia activa, se añade constantemente al registro interno de energía activa. Es una suma con signo; por lo tanto, la energía negativa se resta del contenido de energía activa. La excepción a esto es cuando, se selecciona POAM en el registro MODE [15:0], en cuyo caso sólo la energía positiva contribuye a la acumulación de la energía activa.

La salida del multiplicador se divide por WDIV. Si el valor del registro WDIV es igual a 0, la energía activa se divide por 1. WDIV es un registro de 8 bits.

Después de dividir por WDIV, la energía activa se acumula en un registro interno de acumulación de energía de 49 bits. Los 24 bits más significativos de este registro, son accesibles a través de una lectura del registro de energía activa (AENERGY [23:0]). Una lectura al registro RAENERGY reinicia el contenido del registro AENERGY, y los 24 BIT más significativos del registro interno se borran.

La figura 16, indica la acumulación de la energía para las señales totales (sinusoidal) en las entradas analógicas. Las tres curvas ilustran el tiempo que el registro de energía es capaz de almacenar cuando, el registro de ganancia de potencia activa contenga 0x7FF, 0x000, y 0x800. Para llevar a cabo la calibración de potencia, se usa el registro de ganancia de vatio. Como se muestra en la figura, el tiempo más rápido de integración se produce cuando, el registro de ganancia de vatio se ajusta al máximo, es decir, 0x7FF.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Hay que tener en cuenta que, el contenido del registro de energía se renueva al nivel máximo negativo (0x80 0000) y se incrementa cuando, el flujo de potencia o energía fluye con signo positivo – ver la figura 16. Por el contrario, si la potencia es negativa, el registro de energía llegaría al máximo positivo (0x7F FFFF) y continuaría disminuyendo el valor.

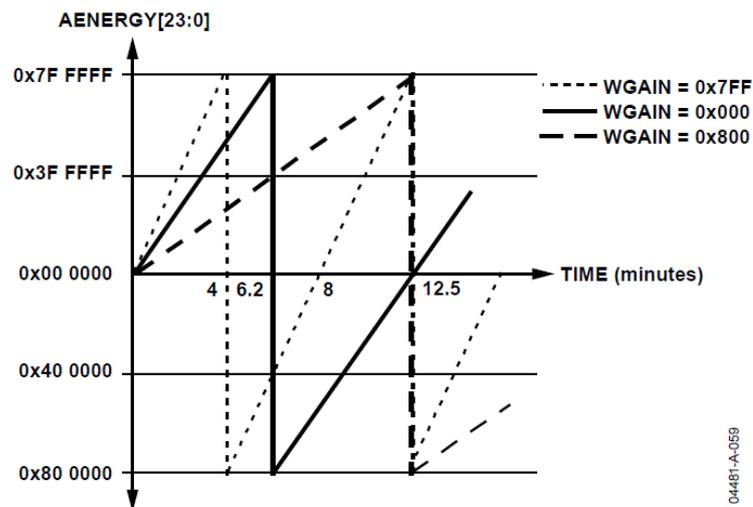


Figura 16. Escala completa de potencia para un tiempo de reinicio del registro de energía

Usando el registro habilitador de interrupción, el ADE7763 puede configurarse para emitir una interrupción (IRQ) cuando el registro de energía activa llega a la mitad de la capacidad (positivo o negativo), o cuando llegue al máximo.

12 DETECCIÓN DE CRUCE POR CERO

El ADE7763 posee un circuito detector de cruce por cero en el canal 2. Este cruce por cero es de gran utilidad para realizar las mediciones de voltaje e intensidad y tener ciclos completos. Esta señal también se usa para iniciar la medición de temperatura.

En la figura 17, se muestra cómo es la señal de cruce por cero, generada por la salida LPF1.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

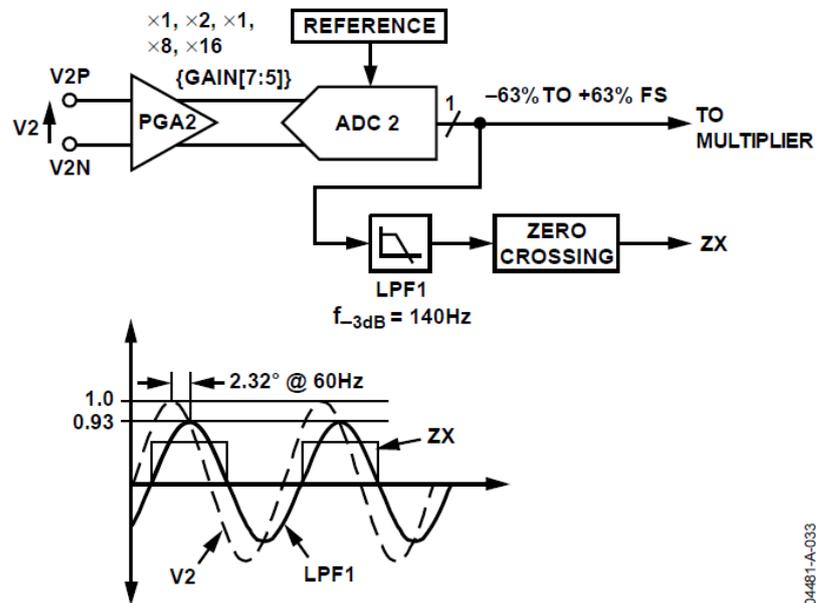


Figura 17. Detección de cruce por cero del canal 2

04481-A-033

La señal ZX va a nivel alto cuando, en la línea se detecta un cruce por cero y la señal es ascendente, por el contrario, es un nivel bajo cuando, en la medición se detecta un cruce por cero y la señal es descendente.

La detección del cruce por cero también provoca la interrupción ZX en el registro STATUS.

La bandera ZX se activa en 1 lógico en el flanco ascendente y descendente de la onda de tensión. Sigue siendo alto hasta que el registro de estado se lee con un *reset*.

Si las interrupciones han sido habilitadas anteriormente, provoca un flanco descendente en la salida IRQ. Para resetear este flag, hay que leer el registro mediante el comando RSTATUS.

12.1 Suspensión del circuito analógico y digital



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Los circuitos analógico y digital, pueden ser apagados por separado. La parte analógica, se puede apagar al configurar el bit ASUSPEND (bit 4) del registro MODE.

En el modo de suspensión, todas las muestras de forma de onda de los DACs, se colocan a 0. La parte digital, se puede apagar al quitar la entrada CLKIN y colocar un 1 ó 0 en la patilla CLKIN.

El ADE7763 puede reactivar las funciones, restaurando la entrada CLKIN y estableciendo de nuevo el bit de ASUSPEND.

13 INTERFAZ SERIAL O SPI

Se puede acceder a todos los registros del ADE7763 a través de un puerto digital – ver la figura 18. El contenido de estos registros se puede actualizar o leer usando la interfaz SPI. Cuando se coloca el pin CS a nivel bajo, el ADE7763 se configura en modo comunicación. En este modo, el ADE7763 espera una orden de escritura para saber cual es el registro que se desea leer o escribir. Los datos escritos en el bus de comunicación, determinan si la operación de transferencia de datos es de lectura o escritura y cual es el registro deseado.

El registro de comunicación del SPI tiene 8 bits. Los bits más significativos determinan si la próxima operación de transferencia de datos es una lectura o una escritura. Los 6 bits menos significativos contienen la dirección del registro acceder.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

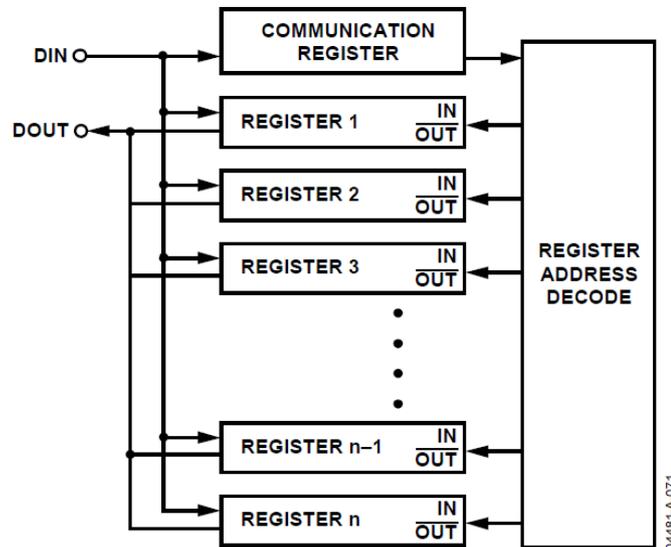


Figura 18. Direccionamiento de registros del ADE7763

En las figura 19 y 20, se muestra la secuencia de transferencia de datos para la operación de lectura o escritura respectivamente. Se considera finalizada una transferencia de datos cuando el bit menos significativo del registro seleccionado del ADE7763 se transfiere hacia o desde el ADE7763.

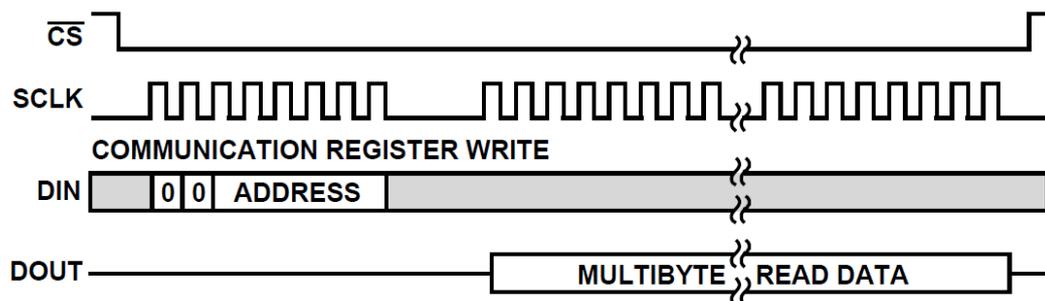


Figura 19. Lectura de datos desde el ADE7763 vía interfaz serie



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

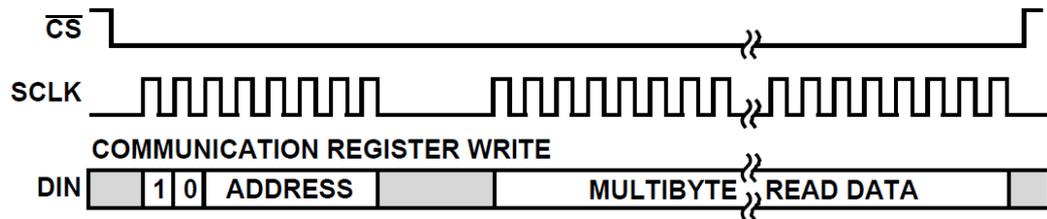


Figura 20. Escritura de datos del ADE7763 vía interfaz serie

El SPI del ADE7763 está formado por cuatro señales: SCLK, DIN, DOUT y CS. El reloj para la transferencia de datos SCLK depende del microcontrolador al ser este dispositivo un esclavo. Esta entrada posee una estructura schmitt-trigger, que permite usar flancos de bajada y de subida. Todas las operaciones de transferencia de datos están sincronizadas con el reloj. Los datos modificados dentro de la entrada DIN del ADE7763 se realizan en cada flanco de bajada del SCLK. La transferencia de datos de salida del ADE7763 en el pin DOUT se realiza en cada flanco de subida. El pin CS es la entrada de selección de chip. Esta entrada se usa cuando múltiples dispositivos utilizan el mismo bus SPI.

La entrada CS debe mantenerse a nivel bajo durante la operación de transferencia de datos. Si ponemos CS a nivel alto durante una operación de transferencia de datos abortamos la transferencia, lo que conlleva la pérdida de información.

13.1 Operación de escritura en el ADE7763

La secuencia de escritura SPI se realiza de la siguiente forma: con el ADE7763 en modo de comunicación (la entrada lógica CS en bajo), primero se realiza una escritura en el registro SPI. El bit más significativo de esta transferencia es 1, indicando que la operación es de escritura. Los bits menos significativos del byte contienen la dirección del registro que será escrito.

Para que la información se reciba correctamente, es necesario dejar unos tiempos entre cada lectura y escritura del registro, es decir, desde que acabamos la escritura de un registro y queremos hacer otra escritura o lectura deben pasar al menos 4 microsegundos para que no se solapen las lecturas y los datos puedan ser erróneos o incluso se pierdan, lo que ello conlleva que, la información recibida sea incorrecta.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

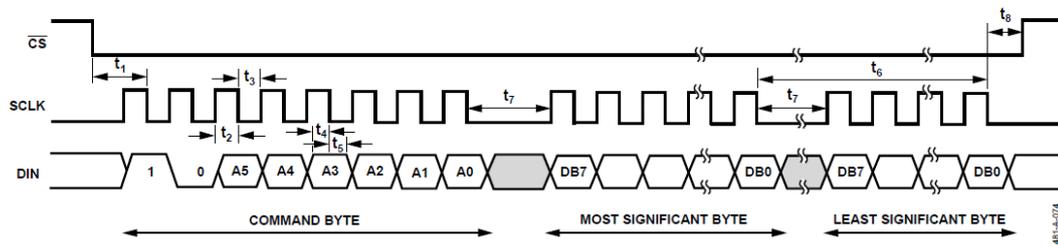


Figura 21. Tiempos de escritura interfaz serie

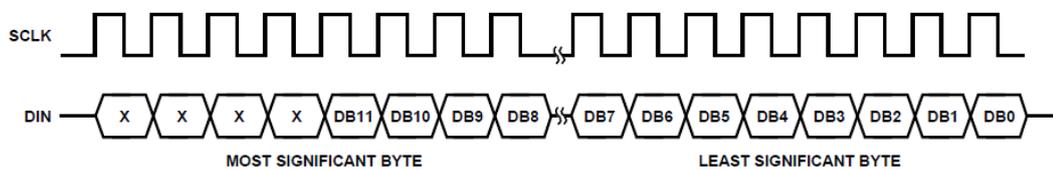


Figura 22. Operación serie de escritura de 12 bits

El registro destino puede tener hasta 3 bytes. Por lo tanto, el primer byte enviado en el puerto SPI es transferido hacia los bits más significativos del registro destino. Por ejemplo, si el registro dirección tiene 12 bits, en este caso los 4 bits más significativos del primer byte se omitirían y los 4 menos significativos del primer byte del ADE7763 serían los 4 bits más significativos de la palabra de 12 bits. Figura 22 (Operación de escritura de 12 bits).

13.2 Operación de lectura SPI

Durante una operación de lectura de datos del ADE7763, el dato enviado a la salida DOUT se transfiere en cada flanco de subida del SCLK. Como en el caso de escritura de datos, una escritura al registro de comunicación debe preceder a una lectura de datos.

Con el ADE7763 en modo comunicación (CS en bajo lógico), primero se escriben los 8 bits del registro que vamos a leer. El bit más significativo de este byte es cero, indicando que la operación de transferencia de datos es una lectura. Los bits menos significativos de este byte contienen la dirección del registro.

En este momento, la salida DOUT cambia su estado de alta impedancia y empieza a enviar datos. Todos los bits del registro de datos son enviados a la salida en cada



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

flanco ascendente del SCLK. El SPI vuelve a entrar en modo comunicación cuando, la lectura del registro ha finalizado. Luego, la salida DOUT entra nuevamente en un estado de alta impedancia. La operación de lectura, puede ser abortada por la entrada CS al ponerse a nivel alto antes de que los datos se transfieran completamente.

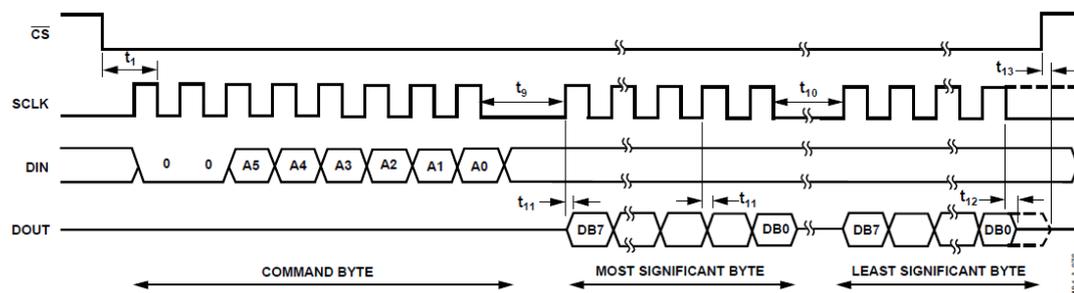


Figura 23. Tiempos de la interfaz serie para una operación de lectura

Cuando se selecciona un registro del ADE7763 para una operación de lectura, el contenido de este registro se transfiere al puerto SPI. Esto permite al ADE7763 modificar los registros del integrado sin poner en riesgo los datos durante una transferencia. Cuando una operación de lectura sigue a una operación de escritura, deben pasar al menos 4 μ s después del final de la operación de escritura. Si el comando de lectura es enviado antes de 4 μ s, el último byte de la operación de escritura podría perderse.

14 CARACTERÍSTICAS DEL ADE7763.

- Umbral de no carga: El ADE7763 incluye una característica de umbral de no carga en el medidor de la energía activa que elimina cualquier efecto de fluencia. Esto se debe a que, la energía no se acumula si la salida del multiplicador está por debajo del umbral de no carga.
- Tiempos de integración: Como se menciona en la sección de cálculo de energía en el ADE7763, para el registro de acumulación, el periodo de muestreo es de 1.1 μ s (4/CLKIN). Con máximas señales sinusoidales sobre la



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

entrada analógica y el registro WAIN colocado en 0x000, el valor medio de LPF2 de cada palabra es 0xC CCCD. El tiempo de integración bajo estas condiciones con WDIV=0 se calcula a continuación.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de integración} &= \frac{0xFFFF - FFFF - FFFF}{0xC - CCCD} \cdot 1.2\mu s = 375.8s \\ &= 6.26min \end{aligned}$$

Cuando se pone WDIV a un valor diferente de 0, el tiempo de integración varía, como se muestra en la ecuación.

$$\text{Tiempo de integración} = (\text{Tiempo } wdiv = 0) \cdot (Wdiv)$$

- Frecuencia CLKIN: En la hoja de características, se muestran los aspectos más representativos del ADE7763 cuando la frecuencia CLKIN es igual a 3.579545MHz. Sin embargo, el ADE7763 está diseñado para tener la misma precisión con cualquier frecuencia en CLKIN. Si la frecuencia CLKIN no es 3.579545 Mhz, será necesario redefinir varios tiempos y características de filtros con la nueva frecuencia CLKIN. Por ejemplo, todos los cortes de los filtros, tanto como LPF1, LPF2, o HPF1, cambian en proporción al cambiar la frecuencia CLKIN. En cambio, la frecuencia CLKIN no afecta al tiempo de transferencia SPI porque los datos transferidos están sincronizados con la señal de reloj (SCLK).

15 REGISTROS ADE7763

Tabla 1. Registros ADE7763

DIRECCIÓN	NOMBRE	E/L	BITS	DEFECTO	DESCRIPCIÓN
0X01	WAVEFORM	L	24	0	Registro de forma de onda. Este registro de lectura contiene los datos de la forma de onda muestreada del canal 1, canal 2, o de la señal de potencia activa.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

					La fuente de datos y la longitud del registro de forma de onda se seleccionan por los bits 14 y 13 en el registro modo (MODE).
0X02	AENERGY	L	24	0	Registro de energía activa. La potencia activa se acumula (integrada) en un tiempo en estos 24 bits, registro de lectura.
0x03	RAENERGY	L	24	0	Es lo mismo que el registro de energía activa, excepto que el registro se resetea a cero seguido de la operación de lectura.
0x04	LAENERGY	L	24	0	Registro de acumulación de energía activa de ciclos de línea. La potencia activa instantánea se acumula en este registro de lectura en el número de medios ciclos de línea LINECYC.
0x05	VAENERGY	L	24	0	Registro de energía aparente. La potencia aparente se acumula en el tiempo en este registro de lectura.
0x06	RVAENERGY	L	24	0	Igual que en el registro VAENERGY, excepto que el registro se resetea a cero seguido de una operación de lectura.
0x07	LVAENERGY	L	24	0	Registro de acumulación de energía aparente de la línea. La potencia real instantánea se



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

					acumula en este registro de lectura LINECYC.
0x08	RESERVADO				
0x09	MODE	L,E	16	000C	Registro modo. Este es un registro de 16 bits en donde se configuran la mayor parte de las funcionalidades del ADE7763. La frecuencia de muestreo de señal, habilitación del filtro, y los modos de calibración se seleccionan escribiendo en este registro. Los contenidos se pueden leer en cualquier momento.
0x0A	IRQEN	L,E	16	40	Registro habilitador de interrupciones. Las interrupciones del ADE7763 se pueden desactivar en cualquier momento poniendo el correspondiente BIT a cero lógicos en este registro de 16 bits. El registro está continuamente detectando un evento de interrupción incluso si está inhabilitado; sin embargo, la salida IRQ no está activada.
0x0B	STATUS	L	16	0	Registro de estados de interrupción. Este es un registro de 16 bits de lectura que contiene información respecto al origen de la interrupción del ADE7763.
0x0C	RSTATUS	L	16	0	Igual que el registro de estados de interrupciones, excepto que el contenido del registro es



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

					reseteado a 0 (todas las banderas borradas) después de la operación de lectura.
0x0D	CH1OS	L,E	8	0	Ajuste del offset o compensación del canal 1. El bit 6 no se usa. Escribiendo en los bits del 0 al 5 permite corregir el offset del canal 1. Escribiendo un 1 lógico en el BIT más significativo de este registro se habilita el integrador digital en el canal 1; Escribiendo un 0 lógico deshabilita el integrador. El valor por defecto de este bit es 0.
0x0E	CH2OS	L,E	8	0	Ajuste de compensación del canal 2. Bits 6 y 7 no se usan. Escribiendo en los bits del 0 al 5 podemos eliminar el offset del canal 2.
0x0F	GAIN	L,E	8	0	Ajuste de ganancia del PGA. Este registro de 8 BIT se usa para ajustar la selección de ganancia del PGA en el canal 1 y 2.
0x10	PHCAL	L,E	6	0D	Registro de calibración de fase. La relación de fase entre el canal 1 y 2 se puede ajustar escribiendo en este registro de 6 Bits. El contenido de este registro es en complemento a dos, está entre 0x1D a 0x21.
0x11	APOS	L,E	16	0	Corrección del offset de



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

					potencia activa. Este registro de 16 bits permite una pequeña compensación en el cálculo de potencia activa que se puede eliminar.
0x12	WGAIN	E	12	0	Ajuste de la ganancia de potencia. Este registro de 12 bits calibra el cálculo de potencia activa. El rango de calibración es $\pm 50\%$ del total nominal de la potencia activa. La resolución del ajuste de ganancia es de 0.0244%/LSB.
0x13	WDIV	L,E	8	0	Registro divisor de energía activa. El registro de energía activa interno está dividido por el valor de este registro antes de ser guardado en el registro AENERGY.
0x14	CFNUM	L,E	12	3F	Registro numerador del divisor de frecuencia CF. Ajusta la salida de frecuencia sobre el contacto CF escribiendo en este registro de 12 bits de lectura/escritura.
0x15	CFDEN	L,E	12	3F	Registro denominador del divisor de frecuencia CF. Escribiendo en este registro de 12 bits de lectura/escritura se ajusta la salida de frecuencia sobre el contacto CF.
0x16	IRMS	L	24	0	Valor RMS del canal 1 (canal de corriente).



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

0x17	VRMS	L	24	0	Valor RMS del canal 2 (canal de voltaje).
0x18	IRMSOS	L,E	12	0	Registro de corrección de la compensación (offset) del RMS del canal 1.
0x19	VRMSOS	L,E	12	0	Registro de corrección de la compensación (offset) del RMS del canal 2.
0x1A	VAGAIN	L,E	12	0	Registro de ganancia aparente. Escribiendo en este registro se calibra el cálculo de potencia aparente.
0x1B	VADIV	L,E	8	0	Registro divisor de energía aparente. El registro de energía aparente interno está dividido por el valor de este registro antes de ser almacenado en el registro VAENERGY.
0x1C	LINECYC	L,E	16	FFFF	Registro de los ciclos de línea en modo de acumulación de energía. Este registro de 16 bits se usa durante el modo de acumulación de energía de ciclo de línea para poner el número de medios ciclos de línea.
0x1D	ZXTOUT	L,E	12	FFF	Tiempo muerto de cruce por cero. Si no hay un cruce por cero detectado en el canal 2 dentro de un tiempo específico en este registro de 12 bits, la interrupción (IRQ) se activaría.
0x1E	SAGCYC	L,E	8	FF	Registro de la caída del ciclo de línea. Este registro de 8 bits



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

					especifica el número de ciclos de la línea consecutivos debajo de SAGVL que es necesario en el canal 2 antes que la salida SAG este activa
0x1F	SAGGLVL	L	8	0	Caída del nivel de voltaje. El valor de 8 bits de este registro determina en qué nivel de señal del canal 2 el contacto SAG se pone activo. La señal debe permanecer a nivel bajo durante el número de ciclos especificado en el registro SAGCYC antes que el contacto SAG este activo.
0x20	IPKLVL	L,E	8	FF	Umbral de nivel máximo del canal 1 (canal de corriente). Este registro fija el nivel de detección máxima. Si la entrada del canal 1 supera este nivel, el indicador de PKI en el registro de estado se pone en alto.
0x21	VPKLVL	L,E	8	FF	Umbral de nivel máximo de amplitud en el canal 2 (canal de voltaje). Este registro fija el nivel de voltaje de detección máximo. Si el canal 2 supera este nivel, el indicador de PKV en el registro de estado se pone en alto.
0x22	IPEAK	L	24	0	Registro de máxima amplitud del canal 1. El máxima valor de entrada de corriente, desde la



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

					última lectura del registro es almacenado en este registro.
0x23	RSTIPEAK	L	24		Igual que en el registro de máxima amplitud del canal 1, excepto que el contenido del registro se resetea a cero después de leerse.
0x24	VPEAK	L	24	0	Registro de máxima de amplitud del canal 2. El valor máximo de entrada del canal de voltaje, desde la última lectura del registro se guarda en el registro.
0x25	RSTVPEAK	L	24	0	Registro máxima amplitud del canal 2. Excepto que el contenido del registro se resetee o se ponga a cero después de una lectura.
0x26	TEMP	L	8	0	Registro de temperatura. Este es un registro de 8 bits que contiene el resultado de la temperatura.
0x27	PERIOD	L	16	0	Periodo de la entrada del canal 2 (canal del voltaje) estimado por el proceso de cruce por cero. El bit más significativo de este registro es siempre cero.
0x28					RESERVADO
0x3C					RESERVADO
0x3D	TMODE	L,E	8	-	Registro modo de prueba.
0x3E	CHKSUM	L	6	0	Registro de chequeo rápido. Este registro de 6 bits, de lectura es igual al resumen de todos aquellos registros leídos



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

					anteriormente.
0x3F	DIEREV	L	8	-	Registro de revisión de terminación. Este registro de 8 bits de lectura contiene el número de revisión del silicio.

16 DESCRIPCIÓN DE LOS REGISTROS

Todas las funciones del ADE7763 se pueden leer y modificar en los registros.

Se accede a cada registro escribiendo primero el byte de dirección y luego los datos que se quieren modificar.

Registro de comunicación: El registro de comunicación, es un registro de escritura de 8 bits que, controla la transferencia de datos entre el ADE7763 y el microcontrolador. Todas las operaciones de transferencia de datos deben empezar con una escritura del registro de comunicación. Los datos escritos en el registro de comunicación determinan si la próxima operación es una lectura o una escritura y en que registro. La siguiente tabla da una idea general de las funciones de cada bit para el registro de comunicación.

Tabla 2. Registro de acceso

DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
LECTURA/ESCRITURA	0	A5	A4	A3	A2	A1	A0

Tabla 3. Información Registro de acceso

Localidad de bit	Nominación de bit	Descripción
0 a5	A0 a A5	Los 6 BIT menos significativos del registro de comunicación especifica el registro que se quiere acceder.
6	Reservado	Este BIT no se usa y debe permanecer a 0.
7	Lectura/Escritura	Cuando este bit está a 1, la operación de



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

		transferencia de datos es de escritura de un registro con dirección A5:A0 en el ADE7763. Cuando este bit está a 0, la operación de transferencia de datos indica que es una operación de lectura.
--	--	---

17 REGISTRO MODO (0X09)

Registro Modo (0x09): Las funciones del ADE7763 se configuran escribiendo en el registro modo. La siguiente tabla muestra las funciones de cada bit.

Tabla 4. Registro MODE

Localidad del bit	Nomenclatura bit	Valor por defecto	Descripción
0	DISHPF	0	HPF (filtro pasa alto) En el canal 1 se deshabilita cuando se activa este BIT.
1	DISLPF2	0	LPF (filtro pasa bajo) después de multiplicar (LPF2) se deshabilita cuando este bit está activo.
2	DISCF	1	Salida de frecuencia CF se deshabilita cuando este bit está activo.
3	DISSAG	1	La detección de caída de voltaje en la línea se deshabilita cuando este bit está activado.
4	ASUSPEND	0	Poniendo este bit a uno lógico, ambos convertidores analógico-digitales son apagados.
5	TEMPSEL	0	Cuando se pone este bit a uno comienza la medición de temperatura. Este bit es automáticamente reseteado a 0 después de la conversión de temperatura.
6	SWRST	0	Reseteado del software del chip. No se debe realizar una transferencia de datos en el ADE7763 al menos 18 μ s después de un



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

			reseteado de software.			
7	CYCMODE	0	Poner este bit en 1 lógico pone el integrado en modo de acumulación de energía.			
8	DISCH1	0	Las entradas del CAD 1 (canal 1) son inmediatamente cortocircuitadas.			
9	DISCH2	0	Las entradas del CAD 2 (canal 2) son inmediatamente cortocircuitadas.			
10	SWAP	0	Poniendo este bit en 1 lógico, las entradas analógicas V2p y V2N son conectadas al CAD 1 y las entradas analógicas V1P y V1N son conectadas a CAD 2.			
11,12	DTRT1,0	00	Este bit sirve para seleccionar el registro de forma de onda a la frecuencia actual.			
			DTRT1	DTRT0	Frecuencia actual	
			0	0	CLKIN/128	
			0	1	CLKIN/256	
			1	0	CLKIN/512	
			1	1	CLKIN/1024	
13,14	WAVSEL 1,0	00	Usar estos bits para seleccionar el origen de los datos muestreados para el registro de forma de onda.			
15	POAM	0	Escribiendo 1 lógico en este bit permite solo la acumulación de potencia positiva. El valor por defecto de estos bits es 0.			



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

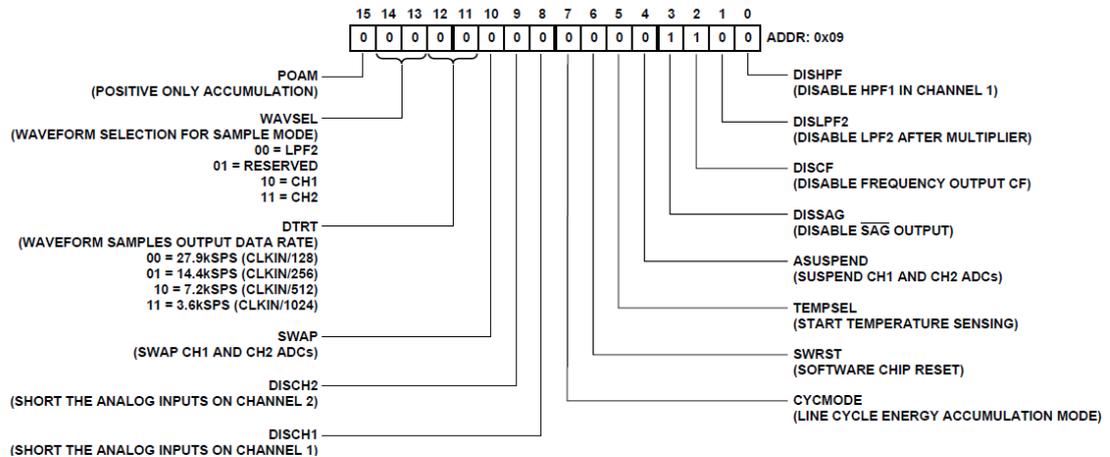


Figura 24. Registro MODE

18 REGISTRO DE ESTADOS DE INTERRUPCIÓN (0X0B)

Registro de estados de interrupción (0x0B): Registro de reseteado de interrupciones (0x0C); Registro Habilitador de interrupciones (0x0A):

El microcontrolador, usa el registro estado para determinar el origen de una solicitud de interrupción (IRQ). Cuando ocurre un evento de interrupción, el indicador correspondiente en el registro de estado de interrupción se pone a 1 lógico. Si en el registro habilitador de interrupciones se ha configurado esa interrupción, la salida IRQ estará activa a nivel bajo. Cuando el microcontrolador atiende la interrupción, primero lee el registro de estado de interrupción para determinar el origen de la interrupción. En la tabla 12 se muestran todas las interrupciones de este registro.

Tabla 5. Registro STATUS INTERRUPT

Localidad de bit	Nominación de bit	Descripción
0	AEHF	Indica que ha ocurrido una interrupción alcanzando más de la mitad de la energía activa.



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

1	SAG	Indica una interrupción por la caída de voltaje en la línea.
2	CYCEND	Indica el final de acumulación de energía.
3	WSMP	Indica que hay nuevos datos presentes en el registro de forma de onda.
4	ZX	El estado de este bit muestra el estado de la salida lógica ZX.
5	TEMP	Indica que la temperatura está disponible en el registro de temperatura.
6	RESET	Indica el final de un reseteo por software y del reseteo por hardware. Este bit no puede ser habilitado. Por lo tanto este bit siempre ocurre al final de un reseteo.
7	AEOF	Indica que el registro de energía activa ha rebosado.
8	PKV	Indica que la forma de onda muestreada del canal 2 ha excedido el valor VPKLVL.
9	PKI	Indica que la forma de onda muestreada del canal 1 ha excedido el valor de IPKLVL.
10	VAEHF	Indica que ha ocurrido una interrupción porque el registro de energía aparente, VAENERGY, ha alcanzado más de la capacidad máxima.
11	VAEOF	Indica que el registro de energía aparente ha sobrepasado el máximo.
12	ZXTO	Indica que la interrupción ha sido por la ausencia de un cruce por cero durante un número específico de ciclos.
13	PPOS	Indica que la potencia ha ido de negativa a positiva.
14	PNEG	Indica que la potencia ha ido de positiva a negativa.
15	RESERVED	Reservado



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

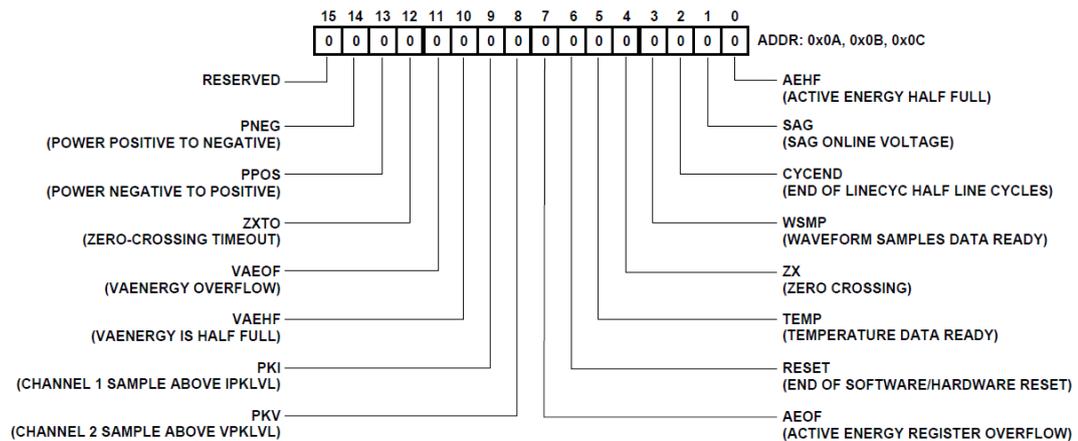


Figura 25. Registro STATUS INTERRUPT

19 REGISTRO CH1OS (0X0D)

Registro CH1OS (0x0D): El registro CH1OS es un registro de 8 bits, habilitado para Lectura / Escritura. El bit más significativo de este registro se usa para habilitar y deshabilitar el integrador digital en el canal 1, y los bits de 0 a 5 indica la cantidad de corrección de compensación en el canal

La tabla 13 suministra las funciones de los registros.

Tabla 6. Registro CH1OS

Localidad del BIT	Nomenclatura del BIT	Descripción
0 a 5	OFFSET	Los 6 bits menos significativos del registro de CH1OS controlan la corrección de compensación continua en el CAD del canal 1.
6	No usado	Este bit no se usa.
7	Integrador	Este BIT se usa para activar el integrador digital del canal 1. El integrador digital se activa por medio de este bit. Este bit se pone a 0 lógico por defecto.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

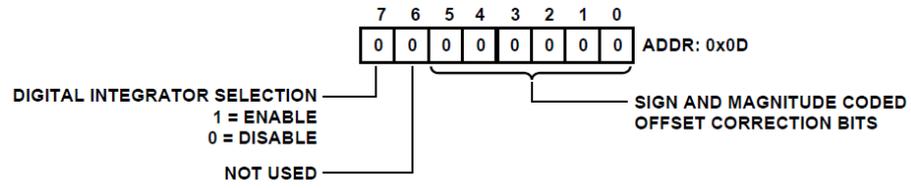


Figura 26. Registro CH10S

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

ANEJO

MICROCONTROLADOR

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1.	SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR	3
2.	AVR ATMEGA328P	3
2.1	Características	5
2.2	Encapsulado.....	6
2.3	Diagrama de bloques.....	6
2.4	Atmega328p en Arduino	8
2.4.1	Especificaciones:	8
2.4.2	Memoria.....	10
2.4.3	Entradas y Salidas.....	10
2.4.4	Programación	11
2.4.5	Reset Automático (Software).....	11
2.5	Instalar <i>bootloader</i> Atmega328p mediante un Arduino Nano	11
3	PIC 18f25k50 MICROCHIP	14
3.1	Características:	14
3.2	Encapsulado.....	15
3.3	Diagrama bloques oscilador interno	15
4	ELECCIÓN DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.....	17
4.1	Ensamblador.....	17
4.1.1	Ventajas.....	17
4.1.2	Desventajas	17
4.2	Lenguaje C	17
4.2.1	Ventajas.....	17
4.2.2	Desventajas	18
5	PROGRAMADORES UTILIZADOS.....	18
5.1	PIC18IDE	18
5.2	MikroC y CCS.....	18



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

5.2.1	Programador Mikroe764.....	19
5.3	Arduino.....	21
5.3.1	Programador Arduino.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Encapsulado TQFP-32</i>	6
Figura 2.	<i>Diagrama de bloques Atmega328p</i>	7
Figura 3.	<i>Patillas de la librería Arduino</i>	8
Figura 4.	<i>Programación microcontrolador a través de Arduino Nano</i>	12
Figura 5.	<i>Cargar ArduinoISP</i>	13
Figura 6.	<i>Arduino como programador ISP</i>	13
Figura 7.	<i>Grabar bootloader</i>	14
Figura 8.	<i>Patillas PIC18f25k50</i>	15
Figura 9.	<i>Diagrama de bloques del reloj interno del microcontrolador</i>	16
Figura 10.	<i>Programador Mikroe764</i>	19
Figura 11.	<i>Conector IDC10</i>	20
Figura 12.	<i>Placa creada para programar PIC</i>	20
Figura 13.	<i>Conexión Conector-PIC</i>	21
Figura 14.	<i>Vista superior CP2102</i>	22
Figura 15.	<i>Vista inferior CP2102</i>	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Características del Atmega328p</i>	5
Tabla 2.	<i>Especificaciones Atmega328p en Arduino</i>	9



1. SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR

En primer lugar, se optó por el uso de un PIC. El principal motivo fue, porque ya había usado anteriormente otros PIC y no tenía que empezar de cero.

Estuve barajando las diferentes posibilidades de programadores y finalmente me decidí por MikroC, que tiene una parte gratuita, y existen bastantes librerías para el uso de SPI.

Otro problema, es que el micro que se había seleccionado era nuevo, ya que su modelo suprimía el oscilador externo e incorporaba oscilador interno para todas sus funciones, incluido el *bootloader*. El programador hardware que más dispositivos soportaba, era de la misma empresa de MikroC, con las facilidades que ello conlleva.

A mitad del proyecto hubo cambio de planes, el micro tenía compatibilidad con el módulo inalámbrico de 2.4GHz y éste tenía su propia librería para su funcionamiento con PIC, hasta ahí todo correcto.

El problema al crear un protocolo especial para el dispositivo, hizo tener que desechar la librería del módulo inalámbrico de 2.4GHz, y se planteó la opción de cambiar éste también. La solución final, fue cambiar el módulo inalámbrico por otro de radiofrecuencia de 868MHz.

La librería de manejo de este módulo y la que más funcionalidades da con sus correspondientes modificaciones de protocolo es JeeLabs, el único problema que había era que su uso está restringido a microprocesadores AVR.

2. AVR ATMEGA328P

Finalmente, se ha implementado un microcontrolador AVR Atmega 328p, que es similar al que usan muchos de los conocidos Arduino.

El microcontrolador ATMega 328 sigue la arquitectura AVR. Los AVR son una familia de microcontroladores RISC de Atmel.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

El AVR, es una CPU de arquitectura Harvard. Tiene 32 registros de 8 bits. Algunas instrucciones sólo operan en un subconjunto de estos registros. La concatenación de los 32 registros, los registros de entrada/salida y la memoria de datos conforman un espacio de direcciones unificado, al cual se accede a través de operaciones de carga/almacenamiento. A diferencia de los microcontroladores PIC, el stack se ubica en este espacio de memoria unificado, y no está limitado a un tamaño fijo.

El AVR, fue diseñado desde un comienzo para la ejecución eficiente de código C compilado. Como este lenguaje utiliza punteros para el manejo de variables en memoria, los tres últimos pares de registros internos del procesador, son usados como punteros de 16 bit al espacio de memoria externa, bajo los nombres X, Y y Z. Por otro lado, hacer que todo el banco superior de 16 registros de 8 bit tenga un comportamiento alterno como un banco de 8 registros de 16 bit, complicaría mucho el diseño, violando la premisa original de su simplicidad.

El set de instrucciones AVR, está implementado físicamente y disponible en el mercado en diferentes dispositivos que comparten el mismo núcleo AVR, pero tienen distintos periféricos y cantidades de RAM y ROM: desde el microcontrolador de la familia Tiny AVR ATtiny11 con 1KB de memoria flash y sin RAM (sólo los 32 registros), y 8 pines, hasta el microcontrolador de la familia Mega AVR ATmega2560 con 256KB de memoria flash, 8KB de memoria RAM, 4KB de memoria EEPROM, conversor análogo digital de 10 bits y 16 canales, temporizadores, comparador analógico, JTAG, etc. La compatibilidad entre los distintos modelos, es preservada en un grado razonable.

Los registros 0 al 15 tienen diferentes capacidades de direccionamiento que, los registros 16 al 31.

Las registros de I/O 0 al 31 tienen distintas características que, las posiciones 32 al 63.

Como los PIC, tiene una comunidad de seguidores principalmente debido a la existencia de herramientas de desarrollo gratuitas o de bajo coste. Estos microcontroladores están soportados por tarjetas de desarrollo de costo razonable, capaces de descargar el código al microcontrolador, y por una



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

versión de las herramientas GNU. Esto último es posible por su uniformidad en el acceso al espacio de memoria, propiedad de la que carecen los procesadores de memoria segmentada o por bancos, como el PIC o el 8051 y sus derivados.

El ATmega 328 cuenta con 32KB de memoria flash, 2KB de memoria RAM y 1KB de memoria EEPROM (el doble que el ATmega 168)

2.1 Características

Algunas de las principales características del ATmega 328p son las siguientes:

Tabla 1. Características del Atmega328p

Parámetros	Valor
Memoria Flash (Kbytes)	32Kbytes
Número de pines	32
Máxima frecuencia de operación	20MHz
CPU	8-bit
Máximas entradas salidas	23
Interrupciones externas	24
Interfaz USB	No
SPI	2
I2C	1
UART	1
Canales ADC	8
Resolución en bits de ADC	10
Velocidad ADC (ksps)	15
Comparadores analógicos	1
Sensor de temperatura	Si
SRAM (Kbytes)	2
EEPROM (Bytes)	1024
Memoria auto programable (bootloader)	Si
Rango de temperatura funcionamiento	-40 a 85 °C
Voltaje de funcionamiento	1.8 a 5.5V
Contadores	3



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Canales PWM	6
Oscilador RC calibrado	Si
Watchdog	Si

2.2 Encapsulado

El encapsulado que más convenía a la hora de hacer el prototipo es el siguiente:

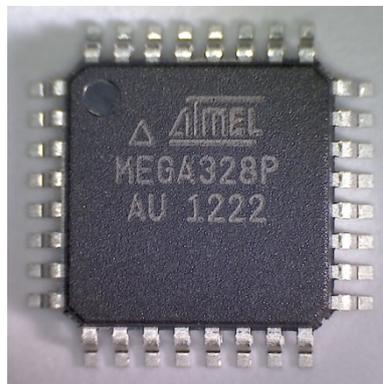


Figura 1. Encapsulado TQFP-32

Es un encapsulado TQFP de 32 patillas.

El motivo de la elección de este encapsulado, es tener mayor facilidad a la hora de realizar el prototipo en la PCB, es decir, al tener que pegar este componente a la placa es más fácil soldar las patillas que sobresalen, que las patillas interiores como pueden ser los encapsulados QFN.

2.3 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques del microcontrolador se ha obtenido de la hoja de datos del fabricante:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

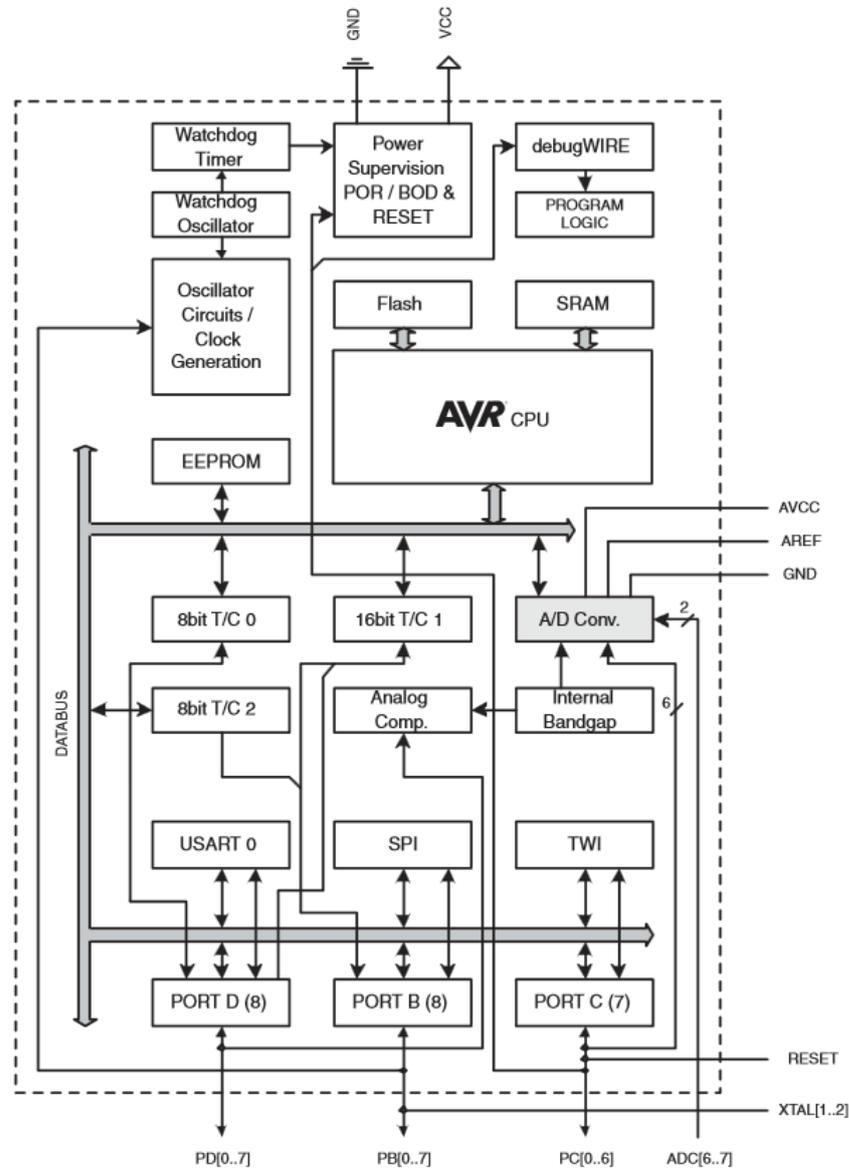


Figura 2. Diagrama de bloques Atmega328p

La forma de implementarse interiormente es muy similar a la que usan los PIC, como principal diferencia, el stack se ubica en un espacio de memoria unificado y no está limitado a un tamaño fijo.

Esto, no tiene mucha importancia para nosotros ya que al programar en un lenguaje de alto nivel, no tenemos que utilizar de forma específica la arquitectura Hardware.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

También, gracias a las numerosas librerías existentes, simplifican de forma muy significativa la comunicación entre el lenguaje máquina y el lenguaje de alto nivel, en nuestro caso C y C++.

2.4 Atmega328p en Arduino

En la siguiente figura se muestra el microcontrolador Atmega328p que se ha implementado en un Arduino Nano, en él se muestra el patillaje interno con sus correspondencia en el nano que es el patillaje externo, a su vez, se indica en color rojo y en color amarillo, las entras analógicas/digitales y las entradas que se usan exclusivamente digitales.

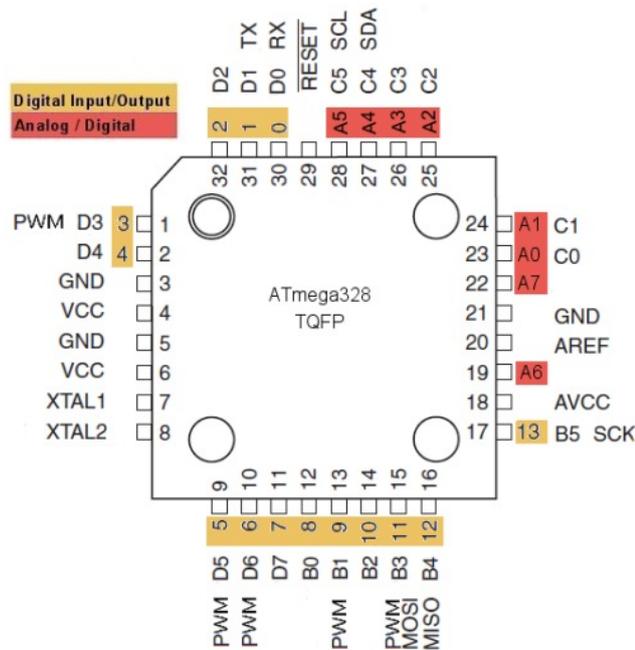


Figura 3. Patillas de la librería Arduino

Al implementarlo la librería Arduino.h para tener el patillaje y las funciones del mismo, algunas características cambian, de forma resumida se comentan a continuación:

2.4.1 Especificaciones:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

En el siguiente cuadro, se muestran las especificaciones que vienen en la página de Arduino para el microcontrolador que hemos elegido. Al introducir en el programa la librería de Arduino debemos tener especial cuidado al nombrar las patillas y los números de entradas, ya que son diferentes a como las denomina AVR.

Tabla 2. Especificaciones Atmega328p en Arduino

Microcontrolador	ATmega328p
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
Microcontrolador	ATmega328p
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



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Frecuencia de reloj	16 MHz
Dimensiones	18,5mm x 43.2mm

2.4.2 Memoria

El ATmega328p, posee 32KB de memoria flash para almacenar el código (de los cuales 2KB son usados por el *bootloader*). El ATmega328, posee 2 KB de SRAM y 1KB de EEPROM.

2.4.3 Entradas y Salidas

Cada uno de los 14 pines digitales del Nano puede ser usado como entrada o salida, usando las funciones *pinMode()*, *digitalWrite()*, y *digitalRead()*. Operan a 5 voltios. Cada pin puede proveer o recibir un máximo de 40mA y poseen una resistencia de *pull-up* (desconectada por defecto) de 20 a 50 k Ω . Además algunos pines poseen funciones especializadas:

- **Serial: 0 (RX) y 1 (TX).** (RX) usado para recibir y (TX) usado para transmitir datos TTL vía serie.
- **Interrupciones Externas: pines 2 y 3.** Estos pines pueden ser configurados para activar una interrupción por paso a nivel bajo, por flanco de bajada o flanco de subida, o por un cambio de valor. La función a usar es *attachInterrupt()*.
- **PWM: pines 3, 5, 6, 9, 10, y 11.** Proveen de una salida PWM de 8-bits cuando se usa la función *analogWrite()*.
- **SPI: pines 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** Estos pines soportan la comunicación SPI.

El micro posee 8 entradas analógicas, cada una de ellas provee de 10 bits de resolución (1024 valores diferentes). Por defecto miden entre 5 voltios y masa, sin embargo es posible cambiar el rango superior usando la función *analogReference()*. También, algunos de estos pines poseen funciones especiales:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- **I²C: Pines 4 (SDA) y 5 (SCL).** Soporta comunicación I²C (TWI) usando la librería Wire.

Hay otros pines en la placa como son:

- **AREF.** Tensión de referencia por las entradas analógicas. Se configura con la función *analogReference()*.
- **Reset.** Pone esta línea a nivel bajo para resetear el microcontrolador. Normalmente se usa para añadir un botón de reset que mantiene a nivel alto el pin reset mientras no es pulsado.

2.4.4 Programación

También se puede programar el microcontrolador usando un programador ICSP (*In-Circuit Serial Programming*, Programación Serie En-Circuito) una vez que se haya cargado el *bootloader*, como se explica más adelante.

2.4.5 Reset Automático (Software)

En vez de necesitar pulsar un botón físico de *reset*, el Arduino ha sido diseñado de tal manera, que permite ser reseteado por el software del PC al que está conectado, esto se consigue mediante un convertidor UART-USB, como puede ser un FTDI o CP2102. Una de las líneas de control de flujo por hardware (DTR) del chip FT232RL está conectada a la línea de *reset* del ATmega328 a través de un condensador de 100 nanofaradios. Cuando esta línea se pone a nivel bajo, la línea de *reset* se mantiene a nivel bajo el tiempo suficiente para causar el *reset* del chip. El software de Arduino usa esta capacidad para permitir cargar código en el Arduino pulsando simplemente el botón "*upload*" en el entorno software de Arduino. Esto significa, que el tiempo de espera del *bootloader* es más pequeño, ya que el tiempo en el que se encuentra a nivel bajo el DTR puede ser bien coordinado con el inicio de la carga del código.

2.5 Instalar *bootloader* Atmega328p mediante un Arduino Nano

El *bootloader* de forma resumida, es un sistema que permite cargar y descargar los programas del micro desde el puerto serie, sin tener que usar cada vez el



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

programador externo específico, éste se usa únicamente la primera vez para introducir este *boot*.

Los microcontroladores de Arduino vienen con el *bootloader* instalado por defecto, pero al adquirir los micros de fábrica, tenemos que instalar el gestor de arranque nosotros mismos.

Al instalar el *bootloader* en nuestro micro evitamos tener que adquirir un programador externo que introduzca los programas, y de esta forma a través del puerto serie podemos reprogramar o actualizar el programa cargado con anterioridad en el micro.

El diagrama es el siguiente:

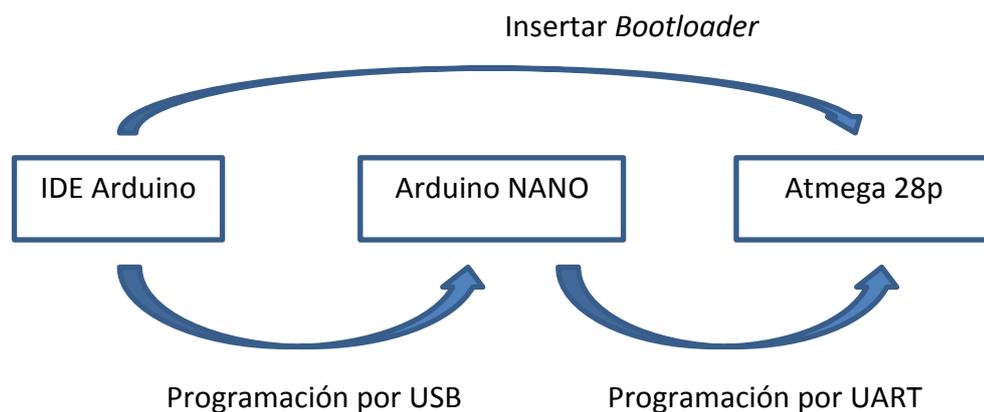


Figura 4. Programación microcontrolador a través de Arduino Nano

Lo primero es cargar el ejemplo *ArduinoISP* del propio IDE de programación en el Arduino Nano que va hacer de puente. Seleccionamos la placa que hará de puente en herramientas y tarjeta.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

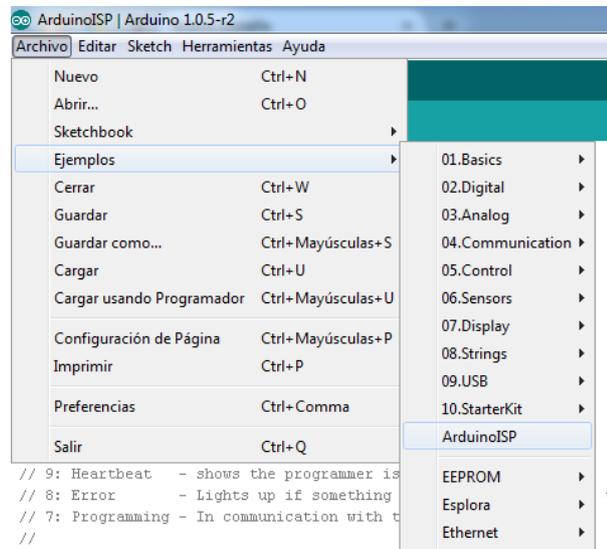


Figura 5. Cargar ArduinoISP

Una vez cargado el ejemplo, ponemos al Arduino que hace de programador en modo *Arduino as ISP* y seleccionamos la tarjeta del micro que va a ser programado, en nuestro caso, usamos la configuración de Arduino Nano (Atmega328p).

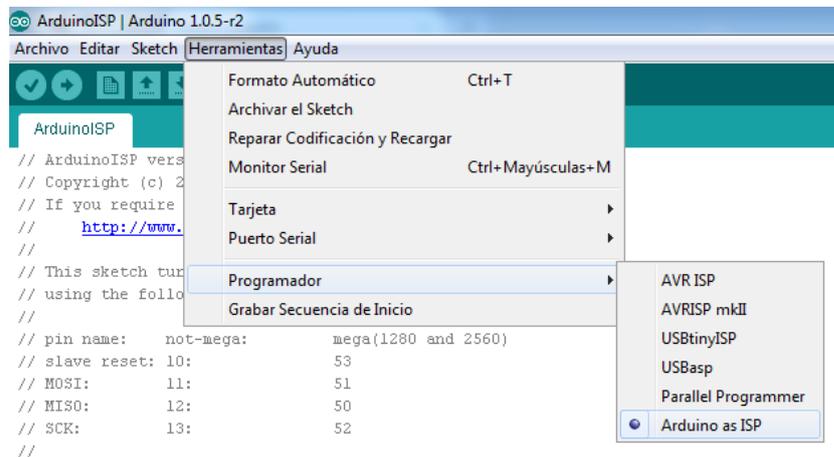


Figura 6. Arduino como programador ISP

Por último, grabamos el *bootloader* pinchando en Grabar Secuencia de Inicio.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

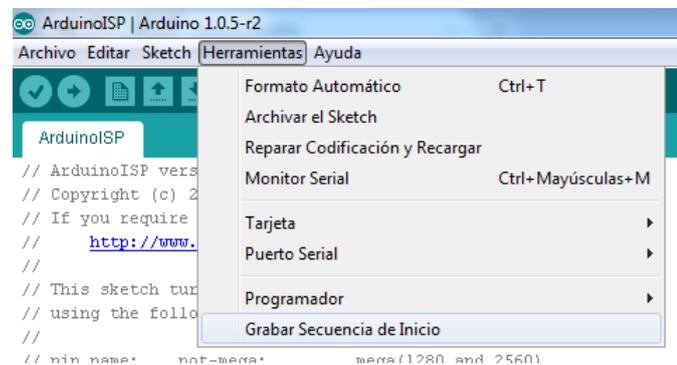


Figura 7. Grabar bootloader

El proceso puede tardar un minuto más o menos, una vez que la carga se ha realizado correctamente, tenemos el micro con el *bootloader* instalado, y de esta manera podemos usar el puerto serie mediante el puerto USB.

3 PIC 18f25k50 MICROCHIP

Como se ha comentado al inicio de este anejo, en primer lugar se optó por un PIC, las principales características que llevaron a su elección son las que se muestran a continuación:

El microcontrolador elegido fue el PIC 18F25K50 de la marca microchip.

3.1 Características:

A continuación se muestran algunas de las características más importantes que ofrece el PIC18f25k50, este PIC es muy similar al conocido 18f2550, aunque incorpora algunas mejoras como es el uso del reloj interno para todas sus funciones.

- Memoria de programa flash de 32KB
- Memoria RAM de 2048 Bytes
- EEPROM 256 bytes
- Oscilador interno de 48MHz



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- USB 2.0
- Comunicación SPI
- Rango de operación de voltaje 1.8-5.5 V
- 14 DAC de 10 bits
- Comparadores analógicos 2
- Convertidor digital analógico de 5 bits
- Nº entradas/salidas 25

3.2 Encapsulado

El encapsulado que se compró fue tipo DIP por la facilidad de su uso en la placa protoboard, aunque también existen otros encapsulados para realizar un prototipo de componentes SMD como pueden ser los de tipo QFN o TFQN.

El patillaje del micro tipo DIP es el siguiente:

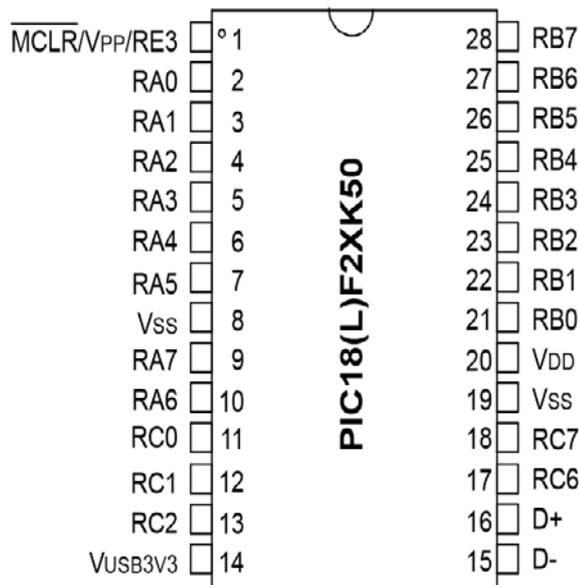


Figura 8. Patillas PIC18f25k50

Una de las características principales de la elección de este micro, es su oscilador interno para realizar cualquier función, incluida la programación del *bootloader*.

3.3 Diagrama bloques oscilador interno



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

En la ficha técnica original, había varias erratas que fueron modificadas a mediados de enero, una de ellas, era la configuración del reloj del microcontrolador, finalmente el esquema y las diferentes configuraciones son las siguientes:

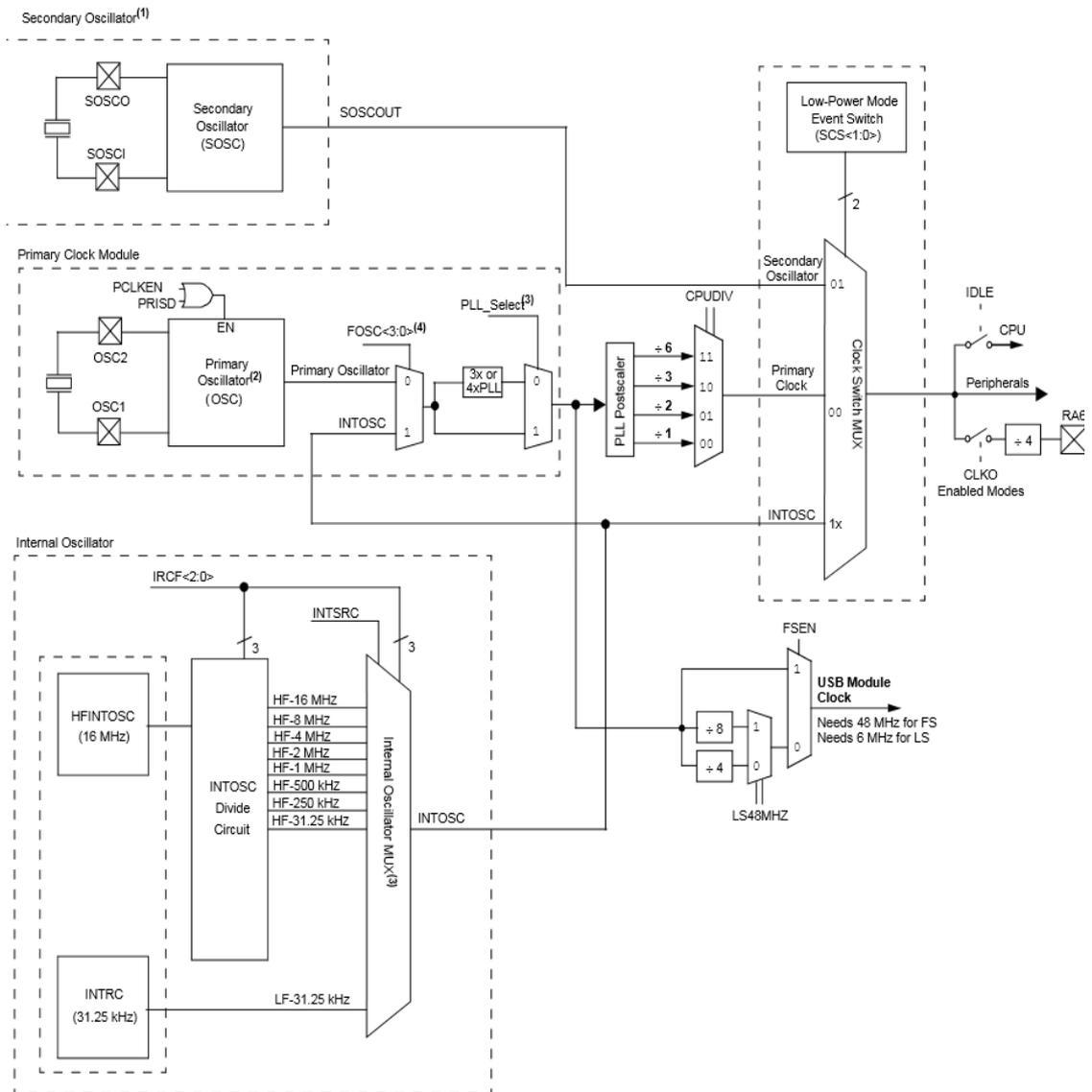


Figura 9. Diagrama de bloques del reloj interno del microcontrolador



4 ELECCIÓN DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

4.1 Ensamblador

4.1.1 Ventajas

- Controla con precisión las operaciones del microcontrolador y permite al programador más precisión en las operaciones.
- Al tener comandos directos el programa ocupa menos memoria flash.

4.1.2 Desventajas

- No es portable, debido a que depende de la estructura interna del microcontrolador, el código de un microcontrolador no puede implementarse en otro de diferente arquitectura.
- No posee estructura ni control de tipos, por lo cual, el programador debe cuidar de crear una estructura adecuada en su programa y controlar los tipos de datos.
- El mantenimiento del código (revisión, modificación, ampliación) es más complicado.
- Los programas que se han hecho con un PIC específico no funcionan en otro PIC o en otro microcontrolador como AVR, Motorola, Z80, PIC32. Hay casos que entre PIC se puede con ligeras modificaciones.

4.2 Lenguaje C

4.2.1 Ventajas

- Es portable. Generalmente, un programa escrito para un tipo de microcontrolador puede funcionar con mínimas modificaciones en otro microcontrolador de diferente arquitectura.
- C proporciona estructuración, abstracción y control de tipos de datos (aunque no tan estrictamente como otros lenguajes de alto nivel).
- Permite también cierto acceso de bajo nivel, similar al ensamblador, combinando en general ciertas características de bajo nivel del ensamblador y otras ventajas ofrecidas por los lenguajes de alto nivel.
- Es más rápido y eficiente que otros lenguajes de alto nivel usados también para programar microcontroladores (C++, Basic, Java, Python, etc.) y su uso está altamente difundido en aplicaciones profesionales. Con los



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

compiladores actuales puede llegar a ser tan rápido como el ensamblador dependiendo de la habilidad y los recursos del programador.

- Los programas en C son más fáciles de mantener (revisar, modificar, ampliar).
- Existen muchísimas librerías disponibles para el uso de cualquier programador, lo cual facilita el desarrollo de una aplicación.
- Se pueden hacer rutinas matemáticas de una forma mucho más sencilla.

4.2.2 Desventajas

- Es menos veloz que el ensamblador.
- El código escrito en C ocupa más memoria que el escrito en ensamblador, para una misma aplicación. Sin embargo los compiladores modernos poseen algoritmos de optimización que logran reducir esta diferencia.

Finalmente, se optó por usar lenguaje C para ambos micros, ya que simplificaba enormemente la programación. Las librerías disponibles en la red y en los diferentes foros también están implementadas en dicho lenguaje.

Para el código del módulo de radiofrecuencia se ha usado C++, ya que mediante el uso de objetos, simplificaba enormemente las funciones de envío y recepción de datos.

5 PROGRAMADORES UTILIZADOS

5.1 PIC18IDE

El programador PIC18IDE está desarrollado por la empresa Oshonsoft propiedad de un físico teórico aficionado a la electrónica, tiene un entorno muy visual y el simulador posee todo tipo de funciones, lo cual facilita el trabajo final. Dentro del IDE se implementan opciones tanto para PIC como para AVR.

En primer lugar la elección para programar el PIC fue el PIC18IDE, el inconveniente estuvo en que el micro era un modelo nuevo y había ciertas funcionalidades que no estaban implementadas en el programador.

5.2 MikroC y CCS



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Se pasó a la siguiente opción, ver que IDE nos daba mejores prestaciones, el de CCS y el de MikroC, al ser dos plataformas muy extendidas existían numerosas librerías que facilitaban el uso y su programación.

Se optó por MikroC, ya que posee numerosas librerías. Existen ejemplos y manuales en la red y la ayuda del programa contiene ejemplos explicativos de cualquier comando, lo cual, facilita enormemente la redacción de código. Parte fundamental de su elección fue por el programador Hardware, ya que MikroC sí que disponía de nuestro modelo.

5.2.1 Programador Mikroe764

El programador que compré fue el Mikroe764 de mikroelektronika:



Figura 10. Programador Mikroe764

El estándar de la clavija de programación es IDC10



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Para programar el micro es necesario crear una placa y conectar los 5 terminales IDC-10 a las patillas del micro:

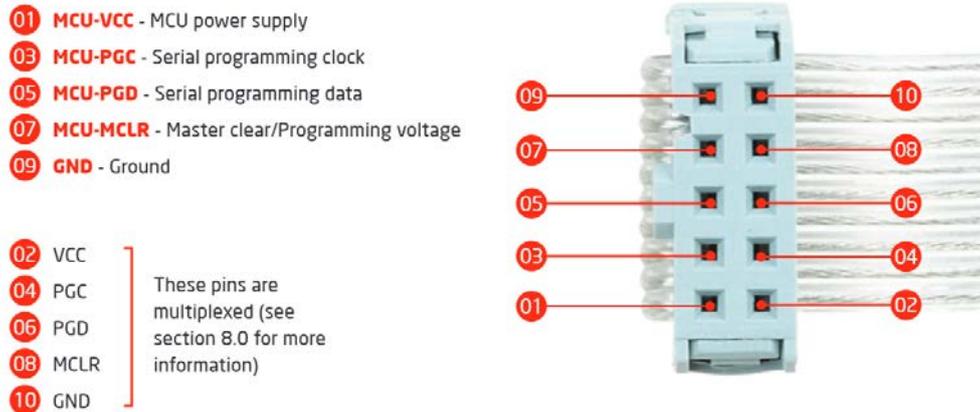


Figura 11. Conector IDC10

Realicé un conector para programar el micro en la protoboard como se muestra en la foto y los pines de conexión son los siguientes:

- PGC: Serial programming clock
- PGD: Serial programming data
- MCLR/Vpp: Master clear/Programming voltage

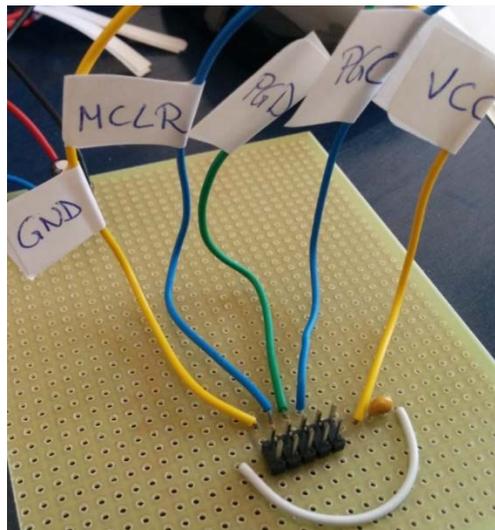


Figura 12. Placa creada para programar PIC



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

El conector se implementó en otra placa para facilitar el uso de cualquier micro, ya que el patillaje varía según modelos, en nuestro caso es el siguiente:

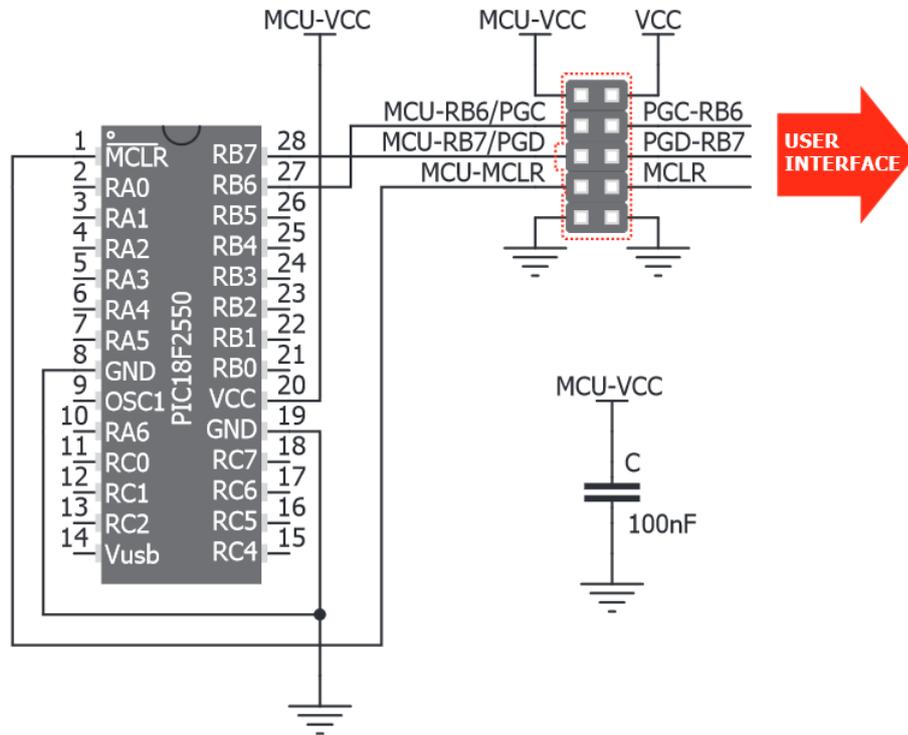


Figura 13. Conexión Conector-PIC

5.3 Arduino

Al cambiar del PIC al AVR, el programador tanto software como hardware no me servía y tuve que cambiar tanto de plataforma como de programador.

La elección que mejores opciones me daba es la plataforma Arduino, al ser open software y open hardware, encontré numerosas librerías de uso para los diferentes componentes.

Para programar el micro, he usado un Arduino Nano, que hace de puente entre el PC y el micro. Al comprar el micro de fábrica tuve que instalar el bootloader, este es mucho más fácil de programar que en el caso del PIC ya que viene en el IDE de Arduino.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

5.3.1 Programador Arduino

Una vez instalado el *bootloader*, la programación se hizo mediante el puerto serie UART a través de un convertidor FTDI, el motivo de no usar el USB es por temas de espacio, si bien es cierto que por comodidad no hay ninguna duda de su uso, la implantación del USB en la placa conlleva aumentar el espacio de la misma y su empleo únicamente se limita a la programación del micro en la fase de pruebas y no en su uso final.

En mi caso he utilizado el modelo CP2102, que trae varias patillas, aunque las 5 que se aplican son:

- DTR se conecta con el *reset* del Arduino
- RX se conecta con el TX del micro
- TX se conecta con el RX del micro
- 3.3/5V dependiendo de cómo se alimente al micro se puede elegir el voltaje de funcionamiento
- GND se conecta a masa



Figura 14. Vista superior CP2102



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS



Figura 15. *Vista inferior CP2102*

En la foto de la izquierda se ve el convertidor CP2102 por la parte superior y en la de la derecha por la parte inferior donde se selecciona el voltaje de entrada, si es 3.3 o 5V

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

ANEJO MÓDULO INALÁMBRICO

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	COMPARATIVA TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	3
1.1	Radiofrecuencia	3
1.1.1	Ventajas	3
1.1.2	Desventajas	4
1.2	WI-FI	4
1.2.1	Ventajas	4
1.2.2	Desventaja	4
1.3	Wi-Fi y Bluetooth	4
2	NORDIC NRF24L01+	5
2.1	Diagrama de bloques	5
2.2	Características	6
2.3	Rango de cobertura	7
2.4	Tipos de módulos	7
2.4.1	Bajo alcance	8
2.4.2	Gran alcance	8
2.5	Esquema eléctrico del módulo	9
2.6	Patillas	10
3	RFM12B	12
3.1	Diagrama de bloques	12
3.2	Características	13
3.3	Síntesis de frecuencia	15
3.4	Clasificación	15
3.4.2	Sintetizador indirecto	15
3.5	Circuitos de fase fija	15



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

3.6	Módulo	17
3.7	Patillas	17
3.8	Diferencias entre modelos	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Diagrama de bloques NRF24L01+</i>	6
Figura 2.	<i>Imagen del módulo de bajo alcance</i>	8
Figura 3.	<i>Imagen de modelo de gran alcance</i>	8
Figura 4.	<i>Conexión eléctrica del módulo</i>	9
Figura 5.	<i>Layout de la placa</i>	9
Figura 6.	<i>Colocación de componentes en la placa</i>	10
Figura 7.	<i>Patillas del módulo nrf24l01+</i>	11
Figura 8.	<i>Diagrama de bloques RFM12B</i>	13
Figura 9.	<i>Imagen del módulo RFM12B</i>	13
Figura 10.	<i>Diagrama de bloques del sintetizador PLL</i>	16
Figura 11.	<i>Colocación de componentes en el módulo</i>	17
Figura 12.	<i>Conexión eléctrica del RFM12B</i>	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Patillas del módulo</i>	17
-----------------	----------------------------------	----



1. INTRODUCCIÓN

Este es un bloque fundamental en el proyecto. Se estudiarán las topologías inalámbricas existentes y, se determinará RF868MHz como resultado de los conceptos que vienen a continuación.

Una de las ventajas importantes de no usar cableado es que, a la hora de la instalación, no necesitaremos obra adicional.

Debido a la poca transferencia de datos utilizados en nuestro sistema, podemos resolver el proyecto usando tecnología inalámbrica. Se estudia la topología adoptada por radiofrecuencia.

Conoceremos ventajas e inconvenientes para la decisión tomada respecto a nuestros competidores principales (wifi, bluetooth).

Profundizaremos en el conocimiento de la tecnología RF implementándola en este proyecto y en trabajos futuros.

2. COMPARATIVA TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

1.1 Radiofrecuencia

1.1.1 Ventajas

- Distancia: pueden transmitir a gran distancia ya que su frecuencia puede ser muy baja.
- Bajo consumo que permite tener un ahorro de dispositivos que lleven batería.
- Las instrucciones para programarlo son mucho menores que el wifi y el bluetooth
- Usos: Se puede usar para muy distintos medios, desde radio, hasta teléfonos móviles.



1.1.2 Desventajas

- Interferencias: como hay tantas señales dentro de la misma frecuencia, hay varias interferencias
- Recepción: la mayoría de dispositivos que recibe mediante radiofrecuencia necesitan una antena que si es obstruida no recibe bien la señal.

1.2 WI-FI

1.2.1 Ventajas

- Simplicidad: Es rápida y fácil de instalar, además minimiza la necesidad de cables.
- Escalabilidad: Pueden ser configurados en una amplia variedad de topologías. Las configuraciones son fáciles de cambiar.
- Flexibilidad en la instalación: Permite a la red ir donde los cables no llegan.

1.2.2 Desventaja

- Pérdida de velocidad: En comparación a una conexión con cables, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
- Seguridad: La desventaja fundamental existe en el campo de la seguridad. Existen programas capaces de capturar paquetes de forma que, pueden calcular la contraseña de la red y de esta forma acceder a ella.
- Código muy complejo a la hora de programar.
- Mucho más caro que el módulo de radiofrecuencia.

1.3 Wi-Fi y Bluetooth

Ambos, son un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica.

Pero existe una gran diferencia entre ellos. Mientras que el Wi-Fi permite el acceso a Internet, el Bluetooth sólo puede establecer una transmisión de datos.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Aparentemente, pueden parecer prácticamente idénticos, si nos basamos en el simple hecho de la transmisión de datos, pero es evidente la diferencia cuantitativa entre los dispositivos:

Wi-Fi: permite la conexión a Internet ofreciendo una gran cantidad de datos disponibles para el usuario. Además el alcance de esta red es bastante grande en interiores, y aún mayor al aire libre.

Bluetooth: permite la conexión entre varios dispositivos, e incluso la creación de pequeñas redes, pero ofrece menos cantidad de datos disponibles para el usuario. Además el alcance de la radiofrecuencia utilizada por el Bluetooth es bastante pequeño.

Para conexión con bluetooth se tiene menos alcance, más datos para transmitir y recibir de una manera más ordenada, a su vez es más complejo el sistema ya que se necesita hacer una aplicación para descifrar el código

2 NORDIC NRF24L01+

En un primer momento, se optó por adquirir el módulo de Nordic nrf24L01+. Esto fue así, por tener un precio muy bajo para módulos inalámbricos y al usar el estándar de wifi crear un protocolo de comunicación similar.

A su vez, el propio módulo de radiofrecuencia viene con una librería, lo cual, facilitaba el trabajo para la comunicación, tanto las ordenes de envío como para las de recepción de paquetes y posteriormente, saber de dónde proviene la información.

Otra de las ventajas que hizo decantarme por este módulo es por su detallada información en el datasheet y su gran implantación en diversos sistemas. Existe gran número de información en la red y en blog especializados.

2.1 Diagrama de bloques

Para entender un poco mejor su funcionamiento nos proporciona un diagrama de bloques con las diferentes partes de las que dispone el módulo inalámbrico:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

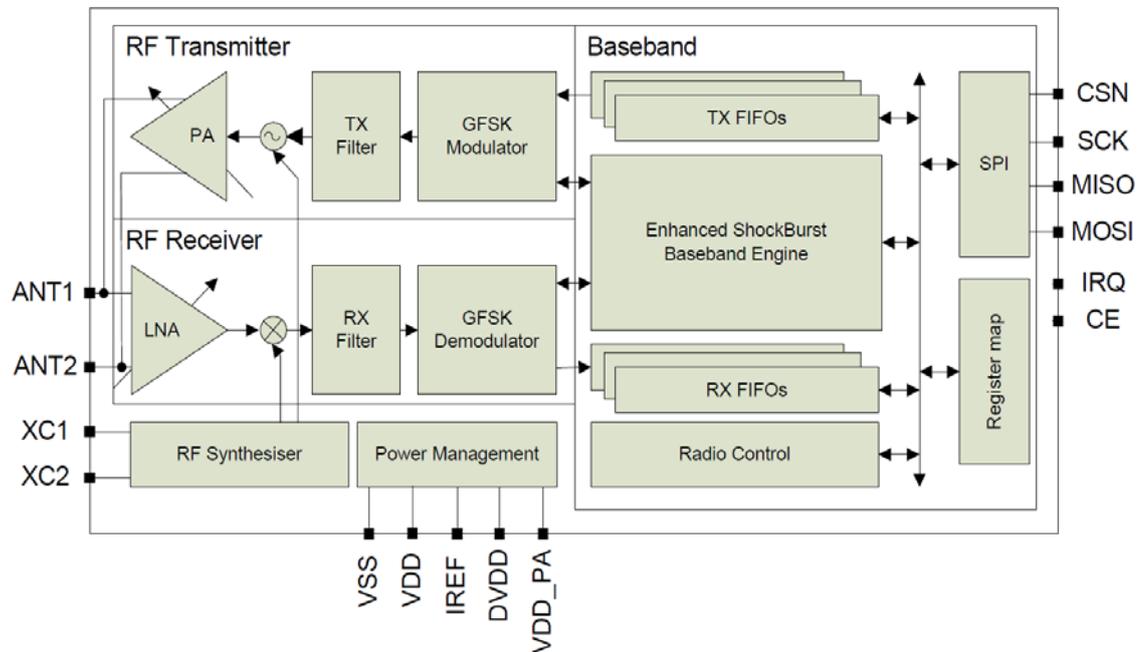


Figura 1. Diagrama de bloques NRF24L01+

2.2 Características

Algunas de las principales características de este dispositivo son las siguientes:

- Banda ISM de 2.4GHz de operación mundial
- Hasta una velocidad de datos de 2Mbps
- Operación a muy baja potencia
- 11.3mA TX a 0dBm de potencia de salida
- 12.3mA RX a una velocidad de datos de 2Mbps
- 900nA estando apagado
- 22µA en espera-I
- Regulador de voltaje en chip
- Voltaje de alimentación de 1.9 a 3.6V
- Manejo de paquetes automático
- Compatible con nRF2401A, 02, E1 y E2
- Bajo costo
- cristal de 16MHz



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- Posee un patillaje de 20 pines con encapsulado QFN
- Distancia de alcance entre 70~100mts en espacio abierto
- Dispone de comunicación SPI a una velocidad de 10Mbps
- Posibilidad de crear un payload variable entre 1 y 32Bytes

Los transceptores NRF24L01, son una serie de módulos de radio de 2,4 GHz que se basan en el chip de Nordic Semiconductor nRF24L01+. El Nordic nRF24L01+ integra un completo transceptor RF de 2,4 GHz, un sintetizador de RF y toda la lógica de banda con una interfaz SPI de alta velocidad para el control de nuestra aplicación.

2.3 Rango de cobertura

El rango es muy dependiente de la situación de los transceptores y tienen mucho más alcance cuando están en la línea de visión, es decir, al aire libre ya que en interior los obstáculos como pueden ser paredes y otros materiales hacen que la cobertura disminuya. La distancia normal que indican los distintos proveedores para el módulo de baja potencia es de unos 50 metros. Pero este valor es para espacio abierto, en interiores, el alcance es mucho menor debido a las paredes, etc ..

Hay módulos adicionales que añaden amplificadores de potencia al transmisor y preamplificadores al receptor para conseguir distancias más largas, aseguran que pueden llegar hasta 1 km. Estos módulos utilizan una antena externa que puede ser una antena simple que esté directamente conectada o un cable conectado a una antena con más ganancia.

2.4 Tipos de módulos

Así es como se ven los diferentes tipos:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

2.4.1 Bajo alcance

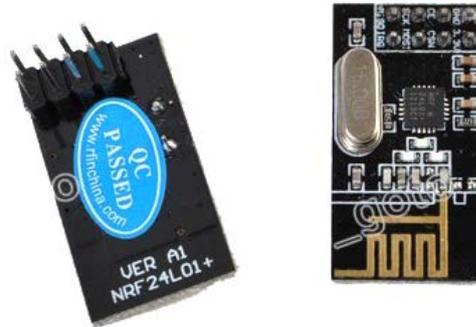


Figura 2. Imagen del módulo de bajo alcance

Esta es la versión de bajo consumo, con antena en zig-zag incorporada. A la izquierda se pueden ver los pines.

2.4.2 Gran alcance

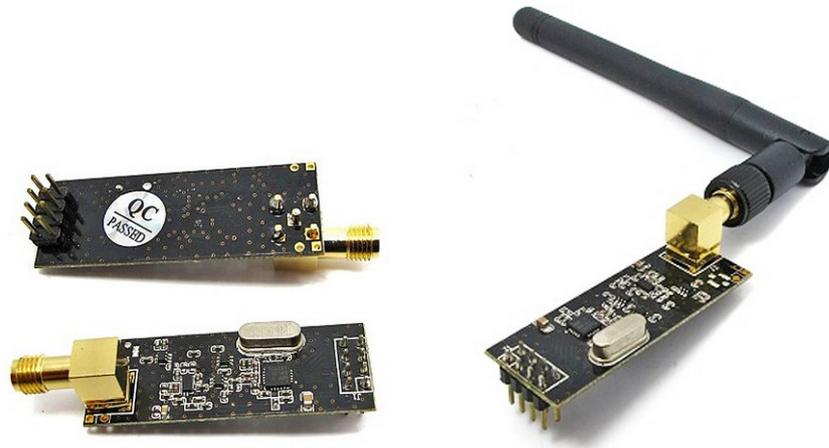


Figura 3. Imagen de modelo de gran alcance

Arriba está la versión con amplificador de potencia de transmisión y preamplificador para recepción. La antena de bajo coste es la que tiene colocada la unidad de la derecha.

Estos emisores utilizan la banda de 2,4 GHz como muchos routers WiFi y algunos teléfonos inalámbricos y no necesitan licencia.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Estos dispositivos pueden tanto enviar, como recibir datos en “paquetes” de varios bytes a la vez.

Incluyen una función de corrección de errores y reenvío y es posible comunicar una unidad con otras 6 unidades similares al mismo tiempo.

2.5 Esquema eléctrico del módulo

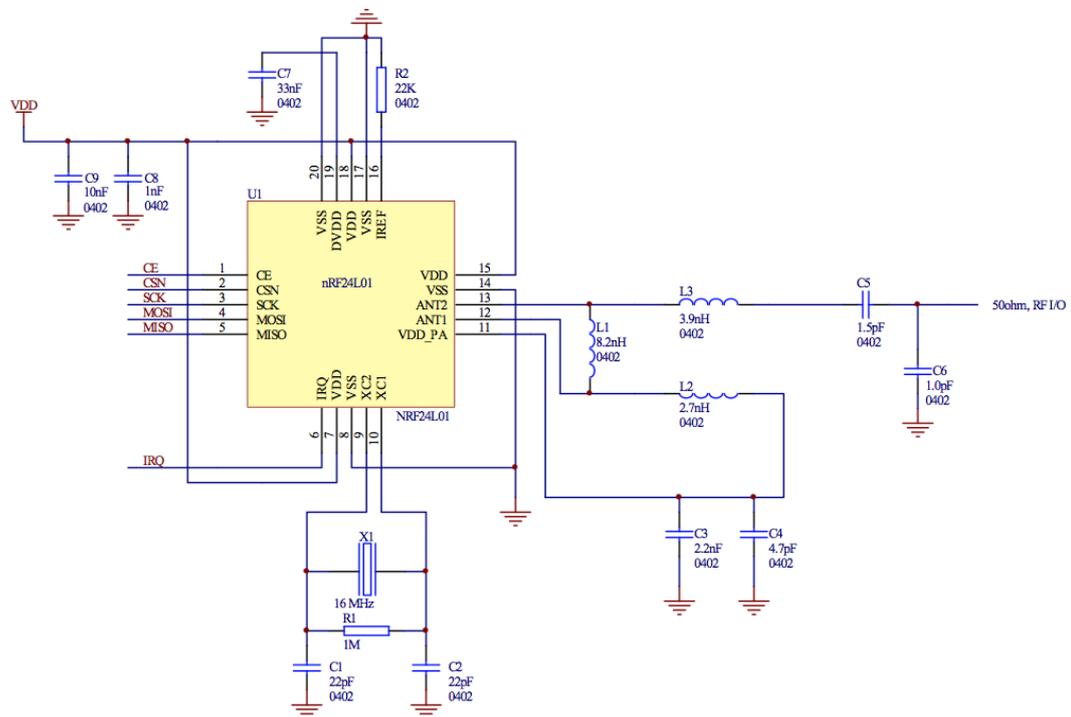


Figura 4. Conexión eléctrica del módulo

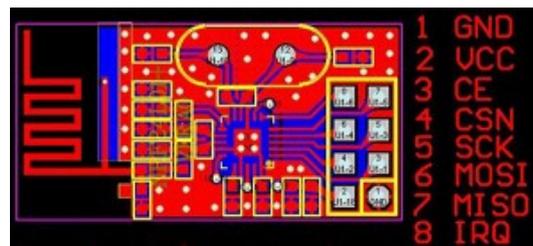


Figura 5. Layout de la placa



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Vista superior

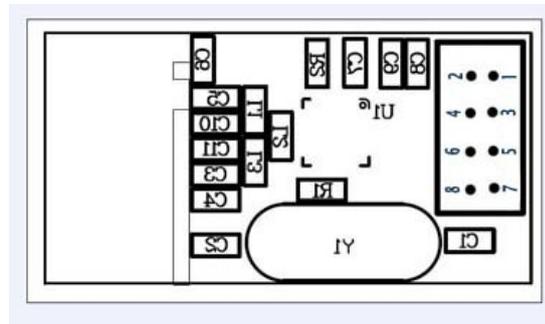


Figura 6. Colocación de componentes en la placa

Vista inferior

De forma resumida, si no adquirimos el módulo completo montado y queremos comprar cada componente por separado, sólo tenemos que seguir el esquema que viene en la hoja de características del componente, donde se explica las diferentes conexiones de resistencias, bobinas, condensadores y patillaje.

Hay que tener especial cuidado con la conexión del bus SPI, que será, el encargado de transmitir toda la información entrante y saliente entre este módulo y el microcontrolador.

La implementación del dispositivo en nuestra placa PCB es como se muestra en la imagen que viene a continuación.

2.6 Patillas

El pinout del chip si decidimos comprarlo por separado es el siguiente:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

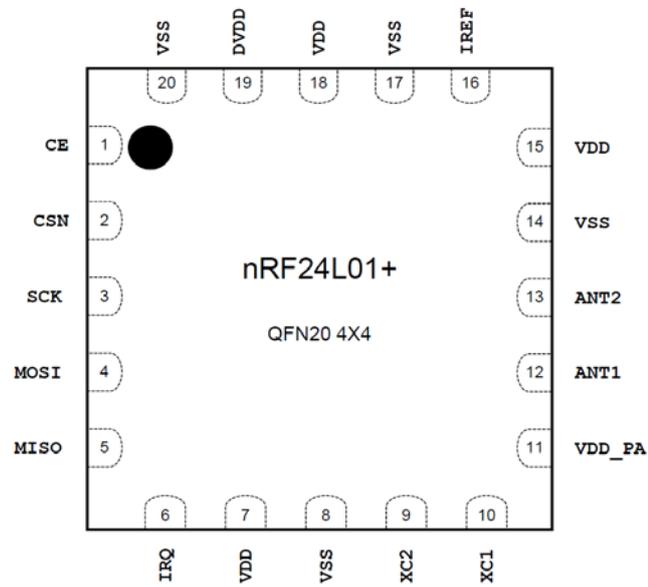


Figura 7. Patillas del módulo nrf24l01+

El funcionamiento de cada pin viene también incluido en la información del propio fabricante.



3 RFM12B

Una vez que el proyecto fue avanzando, tuve que ir haciendo cambio de planes según me iba interesando optimizar el funcionamiento del avisador, uno de estos cambios fue el del módulo de radiofrecuencia.

Se debió a la necesidad de crear un protocolo propio para la comunicación de los diferentes esclavos con el maestro y que éste pudiera saber descifrar la información que le llegase y que esclavo, estaba solicitando permiso.

Con el módulo de radiofrecuencia anterior, las distancias eran muy cortas, sobre todo en zonas de interiores, y en nuestro caso al tratarse de una vivienda, no daba opción a poner un esclavo en una zona mínimamente separada de la centralita.

Por todo esto se optó por cambiar el estándar de comunicación inalámbrica y elegir uno de 868MHz, esto nos ofrece algunas ventajas como puede ser el poder aumentar la distancia entre un esclavo y el maestro de la centralita, otra de las ventajas de este módulo es la librería creada en Arduino, como es la de JeeLabs, la cual es capaz de gestionar todo lo relacionado al envío y recepción del payload, poner en modo sleep, poder comprobar errores en el envío e interconectar varios módulos.

3.1 Diagrama de bloques

Para entender mejor su funcionamiento se adjunta un diagrama de bloques



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

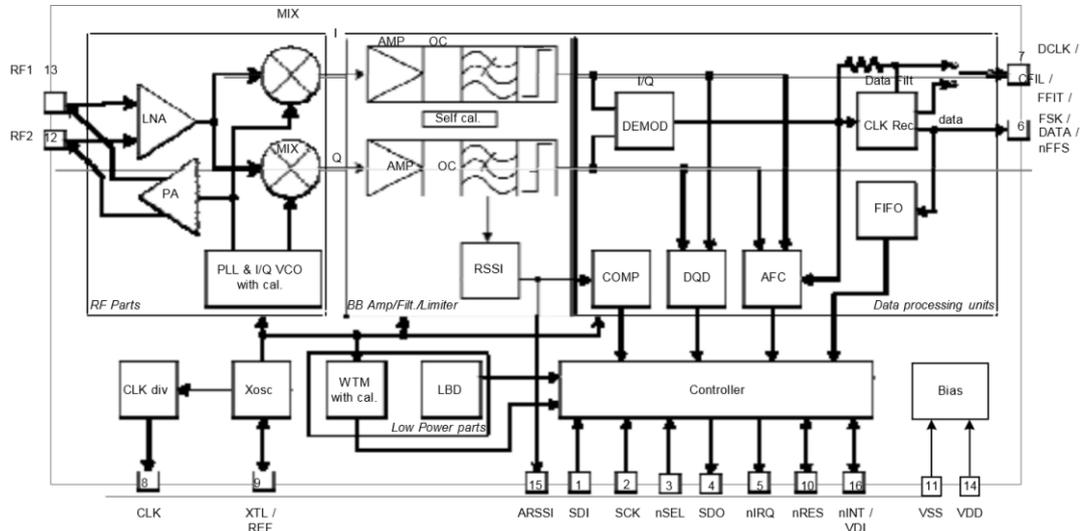


Figura 8. Diagrama de bloques RFM12B

3.2 Características

A continuación se va a explicar con más detalle algunas de las características del módulo de radiofrecuencia RFM12B



Figura 9. Imagen del módulo RFM12B

Hope RF12B es un chip, de baja potencia, transceptor FSK multicanal diseñado para aplicaciones que requieren un uso sin licencia en el canal 868MHz.

El RF12B reduce drásticamente la carga en el microcontrolador con las funciones de procesamiento de datos digitales integrados: filtrado de datos, recuperación de



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

reloj, reconocimiento de patrones de datos, FIFO integrado y registro de datos de TX.

La función de control automático de frecuencia (AFC), permite el uso de una baja precisión (bajo coste) del cristal.

Para reducir al mínimo el coste del sistema, el RF12B puede proporcionar una señal de reloj para el microcontrolador, evitando la necesidad de dos cristales.

Algunas de las características del módulo de radiofrecuencia son las que se muestran a continuación, éstas han sido sacadas de la hoja que nos proporciona el fabricante:

- Totalmente integrado (Bajo BOM, fácil diseño)
- Rápida configuración, programable, de alta resolución PLL sintetizador
- Capacidad de rápidos saltos de frecuencia.
- Alta velocidad de transmisión (hasta 115,2 kbps en modo digital y 256 kbps en modo analógico)
- Amplificador de potencia Integrado
- Control de frecuencia automático (AFC)
- Detección calidad datos (DQD)
- Interfaz de control serie compatible con SPI
- Señal de reloj y Reset para el microcontrolador
- 16 bits de Datos RX FIFO
- Dos registros de datos de 8 bits TX
- Modo de trabajo de baja consumo
- Temporizador para salir del modo sleep
- Voltaje de suministro de 2.2 a 3.8 V
- Corriente de stand-by de 0.3 microamperios
- Encapsulado TSSOP16 patillas
- Excelente estabilidad de la temperatura
- Sirve para el uso de seguridad en el hogar y de alarma, control remoto, entrada sin llave, teclado inalámbrico / ratón y otros periféricos de PC, controles de juguetes, monitoreo de presión de neumáticos, telemetría...

Antes que nada explicaremos algunos conceptos:



3.3 Síntesis de frecuencia

Los osciladores LC y de cristal de cuarzo presentan ventajas y desventajas. Para los osciladores LC, tenemos la posibilidad de variar la frecuencia pero con muy poca estabilidad de esta, en cambio los osciladores a cristal de cuarzo presentan una muy buena estabilidad en frecuencia pero muy poca variabilidad de la misma, por ejemplo al momento de la modulación en frecuencia. Para tener buena estabilidad de frecuencia y también la posibilidad de tener saltos controlados, se desarrollaron los sintetizadores de frecuencia. Estos pueden ser uno o más osciladores conectados de forma conveniente.

3.4 Clasificación

3.4.1 Sintetizador directo

Es un sistema que genera las frecuencias de salida en base a las cuatro operaciones aritméticas fundamentales, utilizando circuitos mezcladores (+ y -), generadores de armónicas (\times) y divisores de frecuencia (\div), con filtros adecuados para eliminar las frecuencias indeseadas que se generen durante el proceso.

3.4.2 Sintetizador indirecto

Utiliza uno o más osciladores controlados por tensión (OCT o VCO: Voltage controlled oscillator) en lazos enclavados en fase (PLL: Phase locked loop), para mantenerlos enganchados con la frecuencia de referencia.

3.5 Circuitos de fase fija

Los circuitos de fase dinámica no son de gran uso en los sistemas de comunicaciones, cumpliendo distintas funciones como: Generación de frecuencias, Modulación, demodulación, etc. Se utilizan en etapas receptoras y transmisoras, ya sea para modulación analógica o digital.

En los últimos años los PLL adquirieron gran desarrollo, los que por su simplicidad y costo han visto generalizado uso, en la actualidad es el método más popular en la generación de frecuencias. Este circuito nos permite, mediante una señal generada internamente (referencia), controlar un lazo o bucle (PLL) y obtener en la salida una señal cuya estabilidad en frecuencia depende de la estabilidad de la señal de control o referencia. También nos permite obtener una variación discreta de la frecuencia



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

de salida, donde el rango y la resolución dependen de la red divisora y del valor de la frecuencia de referencia que ingrese al comparador de fase.

A los PLL se los puede clasificar de acuerdo a su composición y a su forma de funcionamiento, esta clasificación es la siguiente:

1. LPLL (PLL lineal)
2. DPLL (PLL Digital)
3. ADPLL (PLL Totalmente digital)
4. SPLL (PLL Software)

Los primeros PLL que aparecieron fueron los lineales (LPLL), en ellos todos los bloques se constituyen mediante circuitos analógicos. Posteriormente los PLL fueron lentamente cambiando hacia los PLL digitales (DPLL), es este caso

Un ejemplo numérico explicará mejor la cuestión. Supongamos que el VCO genera una señal de 144 MHz y que el divisor programable tiene un factor de división de 144. En su salida tendremos una señal con una frecuencia de 1 MHz. Si la frecuencia de referencia es de 1 MHz, el comparador de fase genera una tensión de, por ejemplo, 5 voltios. Si el VCO sufre un desplazamiento de frecuencia, digamos hacia arriba, la frecuencia de la señal de salida del divisor programable aumentará y la tensión generada por el comparador de fase ya no será de 5 voltios sino que será menor, corrigiendo de esta manera la deriva de frecuencia del VCO.

El esquema de bloques de la figura corresponde al tipo básico de PLL ya comentado. Hay otros tipos de PLL que pueden incluir prescaler, mezcladores, etc, para conseguir superar los límites de frecuencia de funcionamiento que pueden tener los divisores programables.

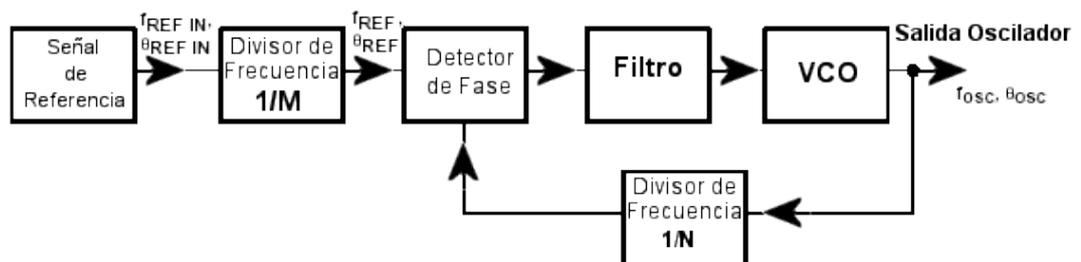


Figura 10. Diagrama de bloques del sintetizador PLL



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

3.6 Módulo

Si adquirimos el dispositivo mediante el módulo compacto, tenemos que tener en cuenta el tamaño del mismo y como están orientados todos sus componentes, para la implementación de la placa PCB, ya que necesita por ejemplo, hacer un agujero para la antena que no viene integrada.

La antena, es un simple hilo de cobre, que va unida a una de las patillas del módulo.

La configuración de los componentes del módulo de radiofrecuencia es el siguiente:

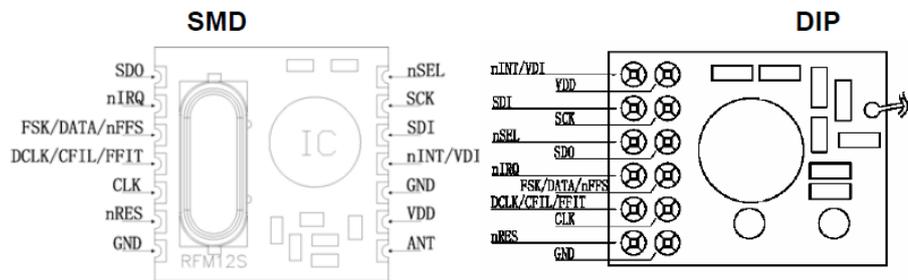


Figura 11. Colocación de componentes en el módulo

En nuestro caso, se ha optado por un componente SMD que ira integrado en la placa PCB final. De esta forma, nos ahorramos tener que estar comprando los componentes por separado e incluyéndolos en el layout, además, el precio final es más barato adquiriendo el modulo completo que montándolo por nuestra cuenta.

Las patillas que se muestran en la figura superior, están detalladas a continuación, con su nombre tipo y función de cada una:

3.7 Patillas

Tabla 1. Patillas del módulo

Nombre	Tipo	Función
nINT/VDI	DI/DO	Entrada de interrupción (nivel bajo)/ indicador de daos validos
VDD	S	Fuente de alimentación
SDI	DI	Entrada SPI



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Para una frecuencia de uso como la nuestra, de 868MHz, los condensadores necesarios son los siguientes:

C1=2.2uF

C2=10nF

C3=47pF

Para nuestra aplicación no será necesario el uso de todos los pines, únicamente de los números de pin 1,2,3,4,5 ,9,11,12,13,14,15.

En nuestro caso, al implementar el módulo completo, únicamente deberemos de tener especial cuidado en la conexión de puerto SPI, que será el encargado de transmitir la información desde el microcontrolador hasta el módulo de radiofrecuencia. Además, al tener dos dispositivos que funcionan mediante SPI, hay que tener en cuenta el pin de selección de chip, para poder elegir en cada momento el componente que necesitamos, evitando de esta forma posibles errores y colisiones.

Si vemos los catálogos de los diferentes distribuidores podemos ver que existen diferentes módulos, y los nombres varían según las características que tengan.

Para nuestro caso hay dos módulos que son muy parecidos pero que uno de ellos en la evolución que tuvo cambio alguna de sus propiedades.

3.8 Diferencias entre modelos

Las principales diferencias entre el RF12M y el RFM12B

- El RFM12 funciona hasta 5V, el RFM12B sólo hasta 3.8V (pero no se daña si es alimentado a 5V).
- El RFM12 necesita una resistencia pull-up de 10KΩ a 100 KΩ en el pin FSK / DATA / ENFF, el RFM12B no las necesita.
- La versión B se puede ajustar a un solo byte de sincronización.
- El "comando PLL ajuste" (CCXX), que sólo existe en el RFM12B.
- Valores diferentes de sensibilidad RX y potencia de salida TX.
- Una fórmula ligeramente diferente para calcular el tiempo del temporizador de conexión automática.

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

ANEJO FUENTE ALIMENTACIÓN

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	ELEMENOS NECESARIOS	2
2.1	Fusible:.....	3
2.2	Transformador.....	3
2.3	Puente de diodos.....	5
2.4	Filtrado.....	7
2.5	Regulador de tensión:	8
3	FUENTE DE ALIMENTACIÓN INICIAL	10
4	POSIBLES PROBLEMAS	11
5	SOLUCIONES Y ALTERNATIVAS	12
6	FUENTE DE ALIMENTACIÓN ACTUAL.....	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Diagrama de bloques fuente de alimentación</i>	2
Figura 2.	<i>Elementos de una fuente de alimentación</i>	2
Figura 3.	<i>Funcionamiento de un transformador</i>	4
Figura 4.	<i>Transformador elegido</i>	5
Figura 5.	<i>Rectificación de onda en un puente de diodos</i>	6
Figura 6.	<i>Puente de diodos elegido</i>	6
Figura 7.	<i>Filtro por condensador</i>	7
Figura 8.	<i>Aproximación lineal</i>	7
Figura 9.	<i>Condensador elegido.....</i>	8
Figura 10.	<i>Regulador de tensión</i>	8
Figura 11.	<i>Patillas regulador de tensión</i>	10
Figura 12.	<i>Fuente de alimentación simétrica inicial</i>	11
Figura 13.	<i>Fuente simétrica con regulador de 3.3V</i>	13
Figura 14.	<i>Fuente de alimentación actual.....</i>	14



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro circuito, es necesario tener una fuente de alimentación que convierta la tensión de red (230V alterna) en una tensión continua de +/- 5V y de 3.3V. Para ello, se ha diseñado la siguiente fuente de alimentación.

El esquema general es el que se muestra de forma resumida a continuación. En cada parte, se explica más detalladamente su descripción y uso.

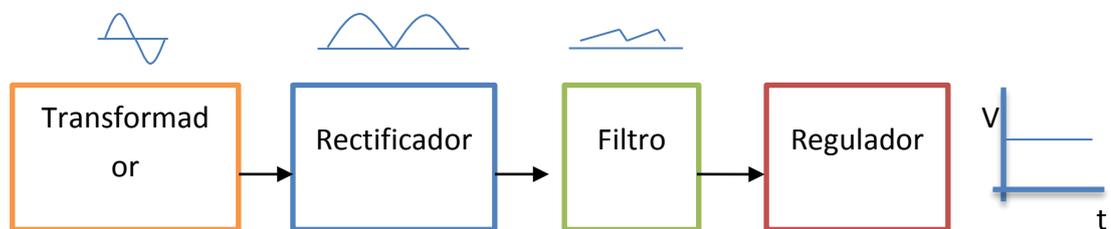


Figura 1. Diagrama de bloques fuente de alimentación

2. ELEMENOS NECESARIOS

La fuente se divide en una tensión de línea con su protección o fusible. Ésta pasa por un transformador que cumple la función de modificar la tensión y de dar aislamiento galvánico. Luego, mediante un puente de diodos, se convierten los ciclos negativos en positivos. El filtro por condensador mantiene la tensión en unos niveles estables y finalmente, el regulador nos da una tensión estabilizada.

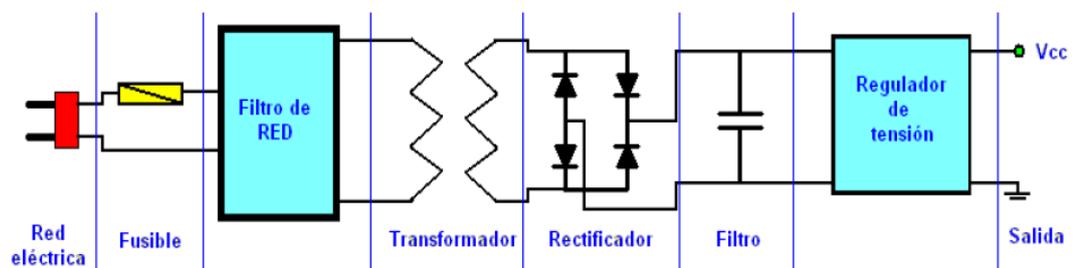


Figura 2. Elementos de una fuente de alimentación



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

2.1 Fusible:

Si nuestra fuente de alimentación tuviera un fallo y se cortocircuitara, produciría una subida muy fuerte en el consumo de corriente. Las consecuencias de esta subida son impredecibles, ya que, si ésta fuera muy elevada, podríamos hacer saltar el automático de nuestra vivienda e incluso del edificio y si fuera relativamente pequeña, podría subir la temperatura de nuestro circuito hasta el punto de producir un incendio. El fusible es un dispositivo que, cuando la corriente que circula por él es superior a su corriente nominal se funde, interrumpiendo el suministro de corriente. El parámetro básico que necesitamos calcular para seleccionar nuestro fusible es la corriente nominal.

La siguiente ecuación es muy útil para calcular la intensidad nominal del fusible de alimentación, ya que, si tenemos por ejemplo, un transformador con 230v en el primario y 10v en el secundario y estamos consumiendo 0.6A en el secundario, podemos calcular la intensidad en el primario de la siguiente manera:

$$P_1 = P_2 \rightarrow V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2 \rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (1)$$

$$I_1 = \frac{V_2}{V_1} \cdot I_2 = \frac{10V}{230V} \cdot 0.6A = 26mA \quad (2)$$

Esto significa que en el primario, tendríamos que poner un fusible mayor de 26 mA para poder soportar esta intensidad en el secundario. En el mercado no hay una variedad infinita de fusibles por lo que, habrá que buscar el valor estándar que más se aproxime al valor calculado.

2.2 Transformador



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

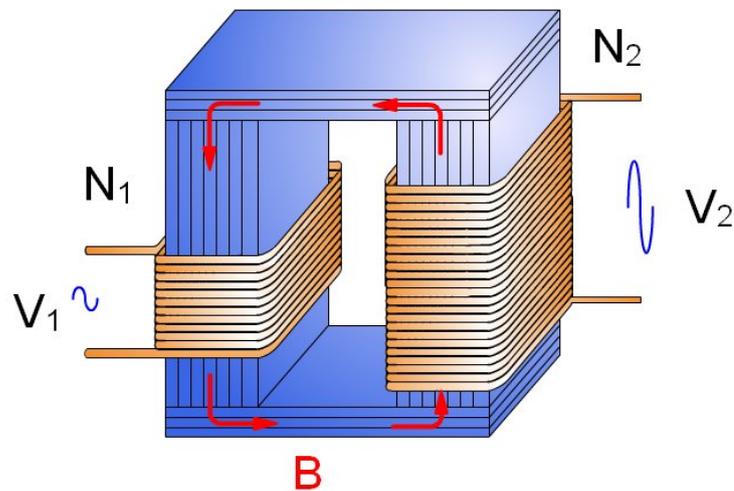


Figura 3. Funcionamiento de un transformador

Sus misiones principales son:

- Adaptar la tensión de red al valor requerido por la carga P_1 / P_2
- Proporcionar aislamiento galvánico y protección del usuario

Existen varias configuraciones posibles que dependen del tipo de rectificador elegido:

- Primario-secundario
- Toma media en secundario

Parámetros utilizados generalmente para su elección:

- Relación de tensiones entre primario y secundario, ambas expresadas en valores eficaces.
- Potencia del transformador en VA.
- Factor de regulación de carga suele variar entre un 5 y un 10%.

Tensión del primario vendrá impuesta por la tensión de red disponible (en España, 230 V)

Tensión del secundario, se obtiene al diseñar la fuente, pero es importante tener en cuenta que:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- Toma distintos valores según la corriente que esté suministrando el trafo (factor de regulación de carga).
- También se verá influenciada por las posibles variaciones de la tensión de red (hasta un $\pm 10\%$).

Potencia del transformador:

- Suma de las potencias consumidas por el resto de la fuente, incrementada en un cierto porcentaje (entre un 10 y un 20%) con objeto de compensar otras pérdidas de difícil evaluación.

EL transformador que se ha elegido tiene las siguientes características:

- Primario: 230V
- Secundario: 2x10V
- Potencia: 6VA

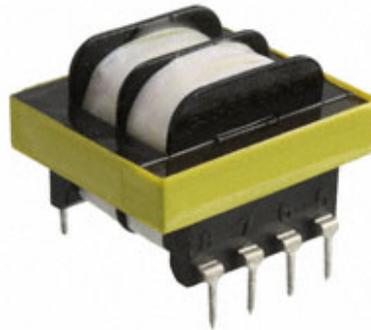


Figura 4. Transformador elegido

2.3 Puente de diodos

La mayoría de los circuitos electrónicos utilizan para funcionar corriente continua (DC), mientras que, como hemos comentado anteriormente, la tensión que llega y sale del transformador es alterna (AC). Para poder transformar esta corriente alterna en continua utilizamos un circuito basado en diodos semiconductores al que denominamos rectificador. En la figura 5, vemos la forma de la tensión alterna como sale del transformador y como queda después de rectificarla:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

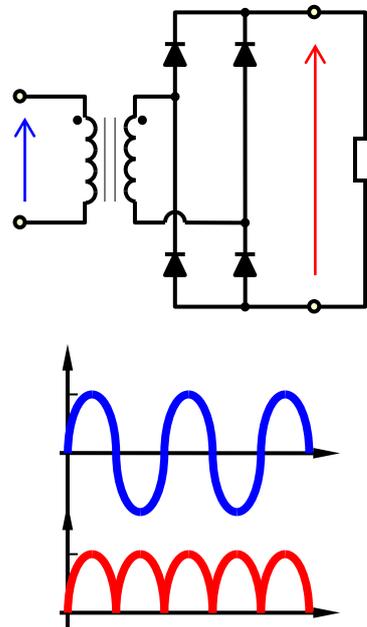


Figura 5. Rectificación de onda en un puente de diodos

Existen diversas configuraciones para realizar esta función, aquí nos vamos a centrar en la rectificación de onda completa que es la que vamos a usar en nuestro caso.

En el mercado se encuentran integrados los 4 diodos en el mismo encapsulado, la siguiente figura muestra el rectificador elegido en nuestro montaje:

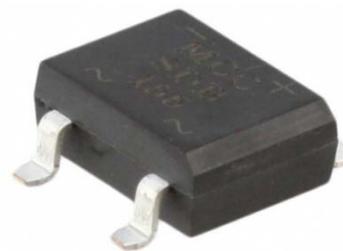


Figura 6. Puente de diodos elegido

Normalmente estos componentes tienen impresos el nombre de las patillas siendo + y – las salidas en continua y ~ las entradas de alterna. Para seleccionar el puente rectificador, necesitamos determinar la tensión y la corriente máxima de trabajo.

Nuestro puente rectificador tiene las siguientes características:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- Tensión inversa de trabajo máxima: 600V
- Corriente media directa: 1.5A

2.4 Filtrado

Una vez la señal esta rectificada, obtenemos una forma de onda que no es precisamente continua. Para poder eliminar el rizado, y dejar la tensión lo más estable posible, filtraremos la señal utilizando uno o más condensadores en paralelo. En la siguiente figura se puede apreciar cómo queda esta señal una vez filtrada.

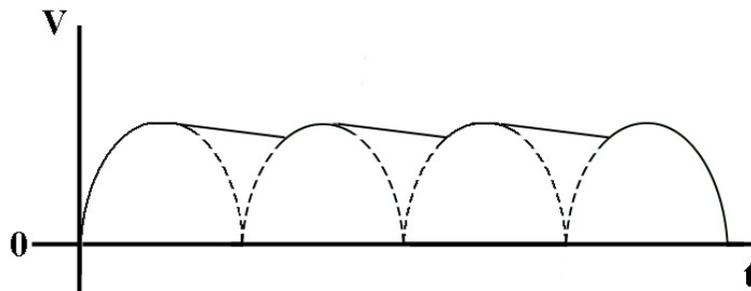


Figura 7. Filtro por condensador

Para calcular el valor del condensador haremos una aproximación lineal del comportamiento del condensador:

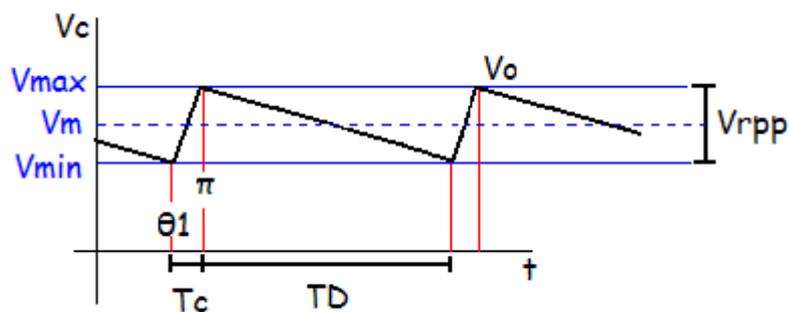


Figura 8. Aproximación lineal

Para realizar el cálculo del condensador, tomaremos las variaciones de este como si fueran lineales, cosa q nos facilita enormemente los cálculos.

Necesitamos saber el valor de la intensidad media (I_m) que circula por el circuito



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

La tensión de pico a pico (V_{rpp}) que tenemos desde la salida del puente de diodos a la entrada del regulador.

Como nos encontramos en España la frecuencia de la red es de 50Hz.

Sustituyendo los valores en la siguiente fórmula:

$$C = \frac{I_M}{2 \cdot f \cdot V_{rpp}} = \frac{0.5}{2 \cdot 50 \cdot 5.6} = 900\mu F \quad (3)$$

Obtenemos que el valor de nuestro condensador debe ser de 900 μ F o mayor que este.

El condensador elegido es de 1000 μ F y de 25V, ya que a partir de 900 μ F el valor normalizado siguiente es el 1000 μ F.



Figura 9. Condensador elegido

2.5 Regulador de tensión:

Reguladores de tensión 78xx y 79xx

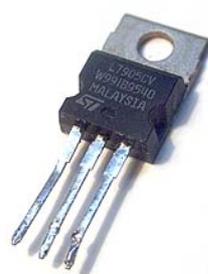


Figura 10. Regulador de tensión



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

Los reguladores lineales de tensión, también llamados reguladores de voltaje, son circuitos integrados diseñados para entregar una tensión constante y estable.

Estos dispositivos están presentes en la mayoría de fuentes de alimentación, pues proporcionan una estabilidad a precios muy económicos.

Familias de reguladores:

La tensión y corriente que proporcionan es fija según el modelo.

La identificación del modelo es muy sencilla. Las dos primeras cifras corresponden a la familia:

- 78xx para reguladores de tensión positiva
- 79xx para reguladores de tensión negativa

Las dos cifras siguientes corresponden al voltaje de salida:

- xx05 para tensión de 5v
- xx12 para 12v
- xx24 para 24v
- etc.

Con respecto a la corriente máxima (I_{max}) de salida, se indica en el marcado del dispositivo. Por ejemplo, si aparece una M (78M05) indica que la corriente máxima de salida es de 0.5A, lo mismo para los siguientes casos:

- L = 0.1A
- M = 0.5A
- S = 2A
- T = 3A
- Sin letra = 1A

¿Cómo funciona?

De forma simplificada, para entender cómo funcionan, sería como un divisor de tensión que se reajusta constantemente para que la tensión suministrada sea siempre constante. En el interior de un regulador lineal de tensión se encuentran



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

componentes activos, como transistores trabajando en su zona lineal, y/o pasivos, como diodos zener, en su zona de ruptura.

Tres terminales (pinout)

Los tres terminales corresponden a la Tensión de entrada (V_{in}), masa (ground) y Tensión de salida (V_{out}). Según el encapsulado de patillas, TO92, TO220 o TO3, la asignación de los pinouts puede variar. Este de aquí es un TO220.

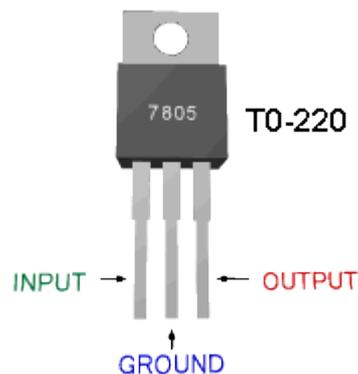


Figura 11. Patillas regulador de tensión

3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN INICIAL

Al ser necesario tensiones positivas y negativas, necesitamos una fuente simétrica con dos reguladores, uno de la familia 7805 que nos de tensión positiva de 5V y otro de la familia 7905 que nos proporcione una tensión continua de -5V.

La tensión negativa es necesaria para alimentar el amplificador operacional que acondiciona la señal del sensor de corriente y así, que este amplificador pueda suministrar tensiones negativas también.

Para alimentar el módulo de radiofrecuencia es necesaria una tensión de 3.3V en un primer lugar se pensó en hacer un divisor de tensión con dos resistencias de 1k y 2k, y de esta forma, no tener que poner un regulador en cascada con el de 5V.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Con todas estas condiciones el circuito original de la fuente de alimentación es el siguiente:

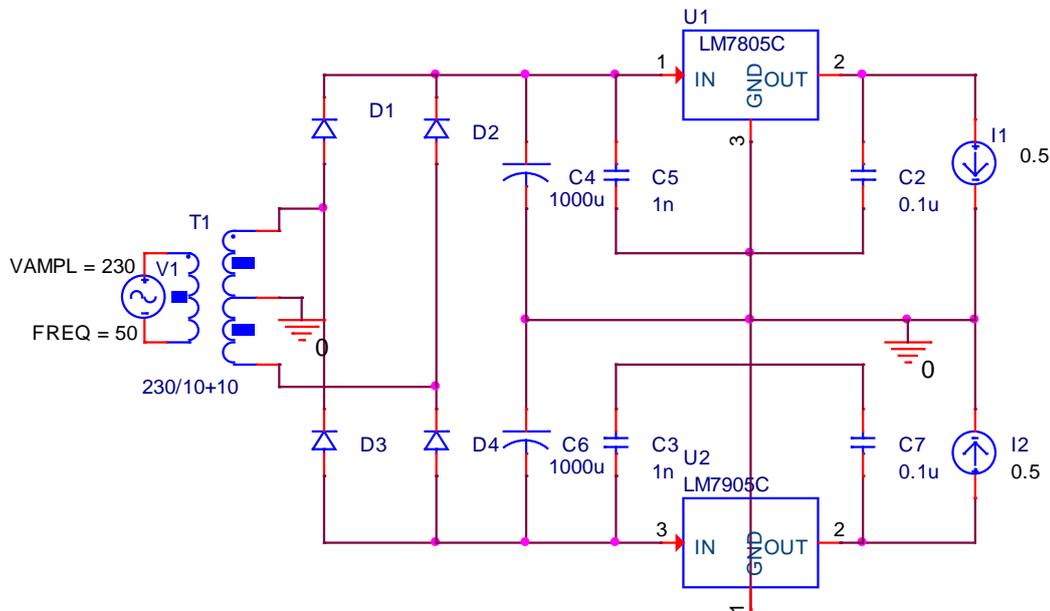


Figura 12. Fuente de alimentación simétrica inicial

4 POSIBLES PROBLEMAS

Hay varios problemas que han repercutido en buscar alternativas a esta fuente simétrica:

La primera es el transformador. Al tener que ser de devanado doble en el secundario, implica que tiene mayor tamaño y peso

La segunda es el regulador de -5V para componentes SMD, estos reguladores son muy caros a tensiones de dropout pequeñas, por lo cual hay mucha variación entre la entrada del regulador de +5V y la tensión de entrada al regulador de -5V, causando variaciones a la salida de los reguladores.

La tercera es la duplicidad de componentes únicamente para alimentar al amplificador operacional, lo que ello conlleva en el precio final.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

La cuarta es el divisor de tensión montado para alimentar al módulo de radiofrecuencia, ya que le cuesta mantener la tensión constante al sufrir variaciones de consumo en su funcionamiento.

La quinta es que no podemos conectar la entrada del medidor de energía al secundario de transformador, ya que al tener devanado doble solo tomaría medio ciclo, ya sea negativo o positivo.

La sexta y última es que al no poder conectar la entrada del ADE7763 al secundario del transformador perdemos todo el aislamiento galvánico del transformador y de sensor de corriente, lo que implica una ausencia de seguridad en el circuito electrónico si hay sobretensiones o problemas en la red eléctrica, pudiendo quemar nuestro circuito.

5 SOLUCIONES Y ALTERNATIVAS

Se elimina la fuente simétrica y el transformador se cambia por un devanado único en el secundario, solo tenemos la parte positiva.

Se mantiene el regulador de 5V con su puente de diodos y su condensador electrolítico.

Se incorpora en cascada con el regulador de 5V otro de 3.3V para que la tensión del regulador sea constante y no varía según sus consumos.

Para conseguir la tensión negativa que suministra al amplificador operacional se monta un inversor de tensión, donde se suministra en la entrada +5V y en la salida obtenemos -5V. El principal problema de este circuito es que la potencia es muy baja, es decir, la corriente máxima de salida es de 30mA. En nuestro caso no es ningún problema, ya que solo tenemos que dar tensión a un circuito que no nos va exigir mucha corriente para funcionar en condiciones óptimas.

Con el nuevo transformador tomo la entrada de tensión del ADE7763 del secundario del trafo, teniendo el ciclo completo y lo más importante, teniendo ahora sí, todo el circuito aislado de la línea de la red eléctrica, evitando cualquier



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

problema ante sobretensiones. Para evitar alterar el filtro antialiasing, pongo el divisor de tensión antes del amplificador operacional y utilizo este amplificador como un seguidor de tensión, teniendo aislados por un lado el divisor de tensión y por el otro la entrada del ADE7763.

6 FUENTE DE ALIMENTACIÓN ACTUAL

El primer circuito muestra la configuración inicial que se propuso

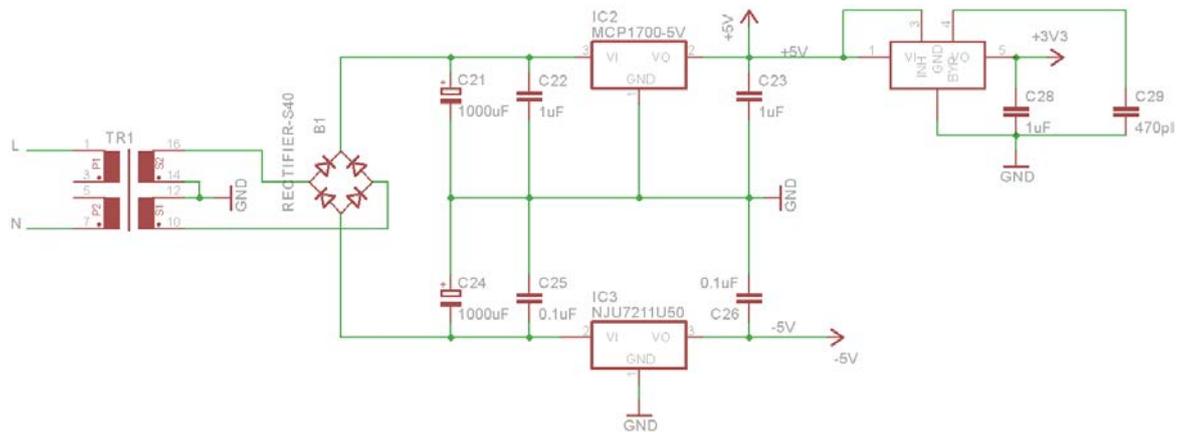


Figura 13. Fuente simétrica con regulador de 3.3V

El segundo circuito muestra la configuración final, después de los cambios propuestos.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

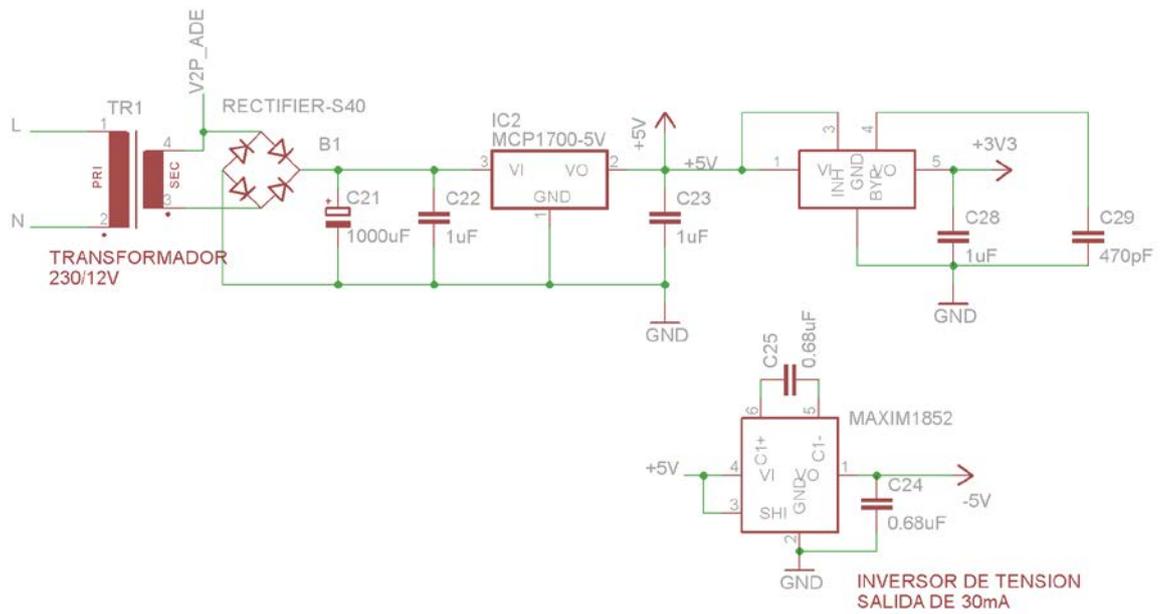


Figura 14. Fuente de alimentación actual

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

ANEJO DE COMUNICACIONES

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1.	COMUNICACIÓN SPI ENTRE MICROCONTROLADOR Y ADE7763	4
1.1	Introducción	4
1.1	Comunicaciones SPI en el PIC:.....	8
1.2	Comunicaciones SPI en AVR	13
2	COMUNICACIÓN ENTRE MICROCONTROLADOR Y MÓDULO RF	20
2.1	Micro y Programación	20
2.2	Librerías Auxiliares	21
2.3	Descripción de la comunicación y sus elementos.....	21
2.4	Descripción del protocolo utilizado RF.....	22
2.5	Identificación de los dispositivos MASTER y SLAVES.....	22
2.5.1	Pseudomac	22
2.5.2	Tipo de Dispositivo	23
2.5.3	Número de Nodo y Grupo de RF Jeelabs	23
2.6	Gestión de la comunicación	23
2.6.1	Tramas RF	24
2.6.2	Más sobre Jeelabs. Cabecera de Jeelabs	24
2.6.3	Tipos de tramas que envía el master RF	26
2.7	El proceso de sincronización	31
2.8	Estructura de EPROM en SLAVES	32
2.9	Clasificación de tipos de SLAVE	33
2.10	Convenio Genérico LEDs Dispositivos.....	34
2.10.1	Leds Slaves (Genérico)	34



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Registro serie</i>	4
Figura 2. <i>Registro circular</i>	5
Figura 3. <i>Registros SPI</i>	5
Figura 4. <i>Conexión Maestro/Esclavo SPI</i>	6
Figura 5. <i>Conexión SPI con varios esclavos</i>	7
Figura 6. <i>Registros de control SPI para PIC</i>	9
Figura 7. <i>Formas de onda del modo SPI</i>	12
Figura 8. <i>Divisor de frecuencia SPI</i>	16
Figura 9. <i>Divisor de frecuencia 16</i>	17
Figura 10. <i>Divisor de frecuencia 128</i>	18
Figura 11. <i>Divisor de frecuencia 2, velocidad de 8MHz</i>	18
Figura 12. <i>Conector ICSP</i>	19
Figura 13. <i>Espectro de radiofrecuencia (Texas instruments)</i>	20
Figura 14. <i>Arquitectura genérica</i>	22
Figura 15. <i>Cabecera del Payload</i>	24
Figura 16. <i>Formato de paquetes</i>	24
Figura 17. <i>Trama Master canal libre para Trx</i>	27
Figura 18. <i>Trama de ACK de Master a Esclavo</i>	27
Figura 19. <i>Trama de Master a Esclavo de asignación de nodo</i>	28
Figura 20. <i>Trama de Esclavo a Master (Genérica)</i>	29
Figura 21. <i>Trama Esclavo a master (Solicitud sincronización)</i>	30
Figura 22. <i>Estructura EEPROM Esclavos</i>	32
Figura 23. <i>Ejemplos de tipos de dispositivos</i>	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Registros asociados con las operaciones SPI</i>	8
Tabla 2. <i>Opción modo master</i>	9
Tabla 3. <i>Opción modo esclavo</i>	9
Tabla 4. <i>Modos SPI Arduino</i>	14
Tabla 5. <i>Combinaciones de paquetes</i>	25
Tabla 6. <i>Tipos de nodos</i>	26
Tabla 7. <i>Resumen Posibles tramas Master a Esclavo</i>	28



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Tabla 8. <i>Resumen tramas Esclavo a Master</i>	30
Tabla 9. <i>Parpadeos Leds Esclavo</i>	35



1. COMUNICACIÓN SPI ENTRE MICROCONTROLADOR Y ADE7763

1.1 Introducción

Es importante entender los conceptos básicos detrás de una comunicación SPI, que son diferentes de otros tipos de comunicaciones.

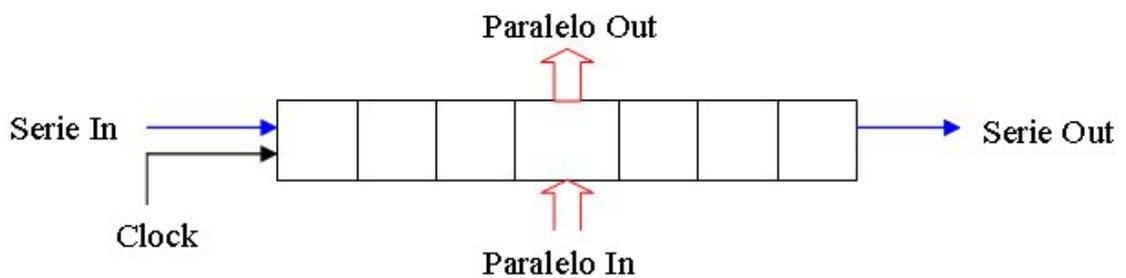


Figura 1. Registro serie

En primer lugar las propiedades de un registro de desplazamiento:

En este tipo de registros, con cada flanco del reloj oscilador, entra un nuevo bit en el registro y a su vez desplaza a todos ellos una posición, por lo tanto, el último bit sale del registro. Los registros de desplazamiento son usados para todo tipo de conversiones paralelo/serie

En el SPI solo tenemos un registro SSPxSR (accesible a través de un buffer SSPBUF).

Al tener únicamente un solo registro tanto de recepción como de transmisión, vamos a considerarlo como un registro circular, donde la salida se usa como entrada del mismo.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

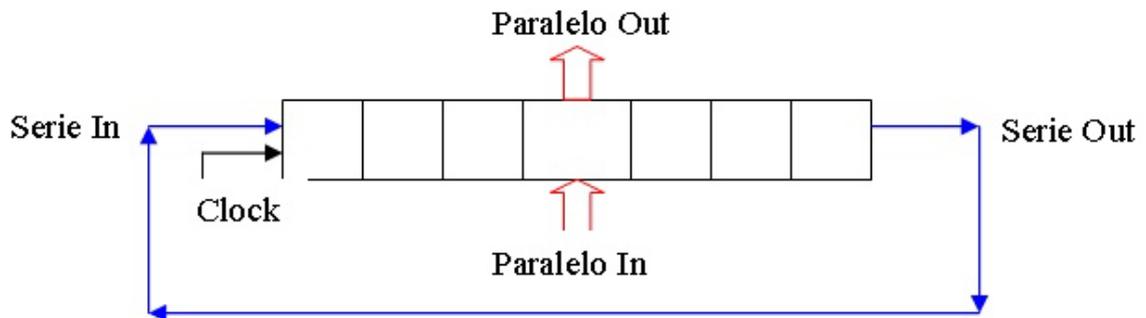


Figura 2. Registro circular

Vamos a suponer que tenemos un registro de 16 bits y como hemos comentado anteriormente este tiene una estructura circular, el bit que entra es el mismo que acaba de salir por el otro lado. Si partimos este registro en dos iguales, cada uno de 8 bits, pero sin deshacernos la idea de un único registro de 16 bits:

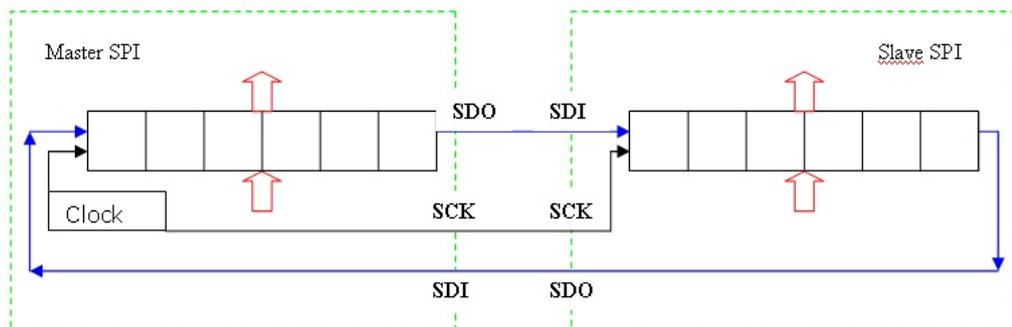


Figura 3. Registros SPI

Lo que tenemos es la base de una comunicación SPI entre dos dispositivos, que pueden ser maestro-esclavo como en la figura anterior. Cada una de las partes del registro es el SSPSR de cada dispositivo y ambos comparten el mismo reloj. La idea es que si en el SSPSR1 hay un dato A y en el SSPSR2 un dato B, tras 8 pulsos de reloj, los datos A y B se habrán intercambiado entre los dispositivos. En el protocolo SPI no hay realmente transmisiones ni recepciones, solo intercambios de datos A y B, ya que por cada dato enviado debe haber siempre uno recibido. Depende de las circunstancias el cómo se interprete una transferencia SPI:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- Se considerará una transmisión cuando el primer dispositivo tenía por objetivo enviar el dato A al segundo dispositivo, mientras que el dato B recibido era irrelevante, aunque no pueda evitar recibir ese dato.
- Será una recepción si el dato A enviado es irrelevante y solo me interesa el dato B, pero solo puedo obtener ese dato enviando algo a cambio para que el dato A empuje al B.
- Puede ser una transmisión/recepción simultánea si tanto el dato A como el B son relevantes en la comunicación

La principal diferencia entre ambos dispositivos es que el principal o también llamado maestro es el encargado de generar los pulsos de reloj y quien se encarga de controlar la transmisión entre los diferentes dispositivos llamados esclavos.

En la figura siguiente (extraída del datasheet de Microchip para el PIC1825k50) se ilustra lo que acabamos de contar. Principalmente observamos que el usuario no puede acceder al registro de desplazamiento SSPxSR, únicamente puede trabajar con el buffer SSPxBUF.

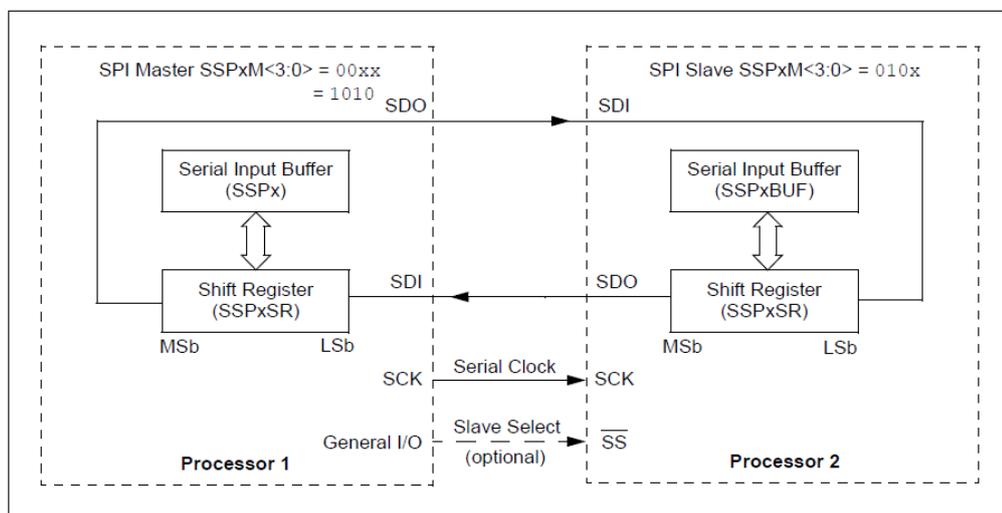


Figura 4. Conexión Maestro/Esclavo SPI

Las nomenclaturas que se usan para la transferencia SPI pueden variar dependiendo de dispositivos o marcas, en este caso, la línea de SDO (*master*) a SDI (*slave*) también se suele denominar MOSI (*Master Out Slave In*). Igualmente la línea que conecta SDO (*slave*) con SDI (*master*) es denominada MISO (*Master In Slave Out*):



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Además de las dos líneas de datos (MOSI y MISO) y el reloj (SCK), en la figura anterior se muestra una cuarta línea (CS, *Chip Select*, o SS, *Slave Select*) su uso es exclusivamente para seleccionar el esclavo que va a ser usado para la comunicación de datos, esto nos permite el uso de varios esclavos para un único maestro:

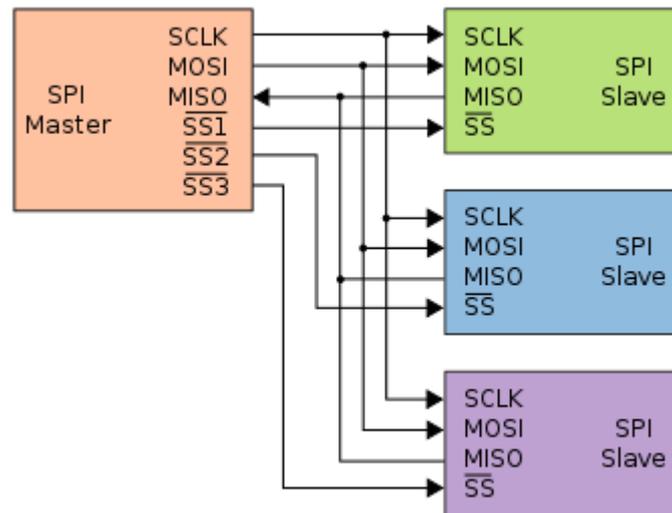


Figura 5. Conexión SPI con varios esclavos

La selección de chip (SS) se encuentra a nivel alto por defecto, por lo tanto si queremos comunicarnos con el esclavo número 2 debemos poner a nivel bajo SS2 y mantener a nivel alto SS1 Y SS3, de esta forma conseguiremos que solo exista una comunicación con el esclavo 2 y que el 1 y 3 queden excluidos de dicha transferencia.

Como se ve, si tenemos muchos esclavos el número de líneas dedicadas a la selección de chip aumenta. Además, el maestro tiene que estar continuamente preguntando a los esclavos si desean algo, ya que un esclavo no tiene ninguna forma de iniciar la conversación.

Esta es la razón por la cual SPI es el protocolo preferido por su simplicidad cuando tenemos una única conexión *master-slave*. Cuando hay que manejar varios esclavos se tiende a usar el protocolo I2C.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

1.1 Comunicaciones SPI en el PIC:

Pasemos ahora a detallar como implementar el protocolo SPI mediante un PIC. Como todo periférico del PIC su configuración y manejo están controlados por una serie de registros SFR (*Special Function Registers*). Para el puerto SPI dichos registros SFRs son:

SSPxCON1, SSPxCON3, SSPxSTAT y SSPxBUF

Los tres primeros son registros de configuración, mientras que el último es un registro indirecto en el cual se introducen los datos a transmitir y a su vez donde se recogerán los datos recibidos.

Tabla 1. Registros asociados con las operaciones SPI

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Register on page
ANSELA	—	—	ANSA5	—	ANSA3	ANSA2	ANSA1	ANSA0	154
ANSELB	—	—	ANSB5	ANSB4	ANSB3	ANSB2	ANSB1	ANSB0	155
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	IOCFIE	TMR0IF	INT0IF	IOCFIF	120
IPR1	ACTIP	ADIP	RCIP	TXIP	SSPIP	CCP1IP	TMR2IP	TMR1IP	129
PIE1	ACTIE	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	126
PIR1	ACTIF	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	123
PMD1	—	MSSPMD	CTMUMD	CMP2MD	CMP1MD	ADCMD	CCP2MD	CCP1MD	65
SSP1BUF	SSP1 Receive Buffer/Transmit Register								—
SSP1CON1	WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM<3:0>				262
SSP1CON3	ACKTIM	PCIE	SCIE	BOEN	SDAHT	SBCDE	AHEN	DHEN	265
SSP1STAT	SMP	CKE	D/Ā	P	S	R/W	UA	BF	261
TRISA	TRISA7	TRISA6	TRISA5	TRISA4	TRISA3	TRISA2	TRISA1	TRISA0	156
TRISB	TRISB7	TRISB6	TRISB5	TRISB4	TRISB3	TRISB2	TRISB1	TRISB0	156
TRISC	TRISC7	TRISC6	—	—	—	TRISC2	TRISC1	TRISC0	156

Legend: Shaded bits are not used by the MSSP in SPI mode.

Elección *Slave/Master*:

Obviamente la primera elección es decidir si el PIC será el master o un dispositivo *slave* en la comunicación. Los contenidos de los 4 bits más bajos de SSPxCON1 determinan esta elección. Sus posibles valores son:

- Opciones modo *master*:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Tabla 2. Opción modo master

0000	clock = Fosc/4
0001	clock = Fosc/16
0010	clock = Fosc/64
0011	clock = TMR2/2

- Opciones en modo slave:

Tabla 3. Opción modo esclavo

0100	Se habilita el pin SS
0101	No se usa el pin SS

bit 3-0

SSPM<3:0>: Synchronous Serial Port Mode Select bits

- 0000 = SPI Master mode, clock = Fosc/4
- 0001 = SPI Master mode, clock = Fosc/16
- 0010 = SPI Master mode, clock = Fosc/64
- 0011 = SPI Master mode, clock = TMR2 output/2
- 0100 = SPI Slave mode, clock = SCK pin, \overline{SS} pin control enabled
- 0101 = SPI Slave mode, clock = SCK pin, \overline{SS} pin control disabled, \overline{SS} can be used as I/O pin
- 0110 = I²C Slave mode, 7-bit address
- 0111 = I²C Slave mode, 10-bit address
- 1000 = I²C Master mode, clock = Fosc / (4 * (SSPxADD+1))⁽⁴⁾
- 1001 = Reserved
- 1010 = SPI Master mode, clock = Fosc/(4 * (SSPxADD+1))
- 1011 = I²C firmware controlled Master mode (slave idle)
- 1100 = Reserved
- 1101 = Reserved
- 1110 = I²C Slave mode, 7-bit address with Start and Stop bit interrupts enabled
- 1111 = I²C Slave mode, 10-bit address with Start and Stop bit interrupts enabled

- Note 1:** In Master mode, the overflow bit is not set since each new reception (and transmission) is initiated by writing to the SSPxBUF register.
- 2:** When enabled, these pins must be properly configured as input or output.
- 3:** When enabled, the SDA and SCL pins must be configured as inputs.

Figura 6. Registros de control SPI para PIC



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Como se ve el primer bit (SSPxCON1.SSPM3) es siempre 0 para ambos modos (esto sucede porque al estar compartido el puerto SSP, estos cuatro bits también son usados para la configuración del modo I2C).

El segundo bit (SSPxCON1.SSPM2) determina si el dispositivo es *master* (0) o *slave* (1).

En modo *master* los dos últimos bits (SSPxCON1.SSPM1 y SSPxCON.SSPM0) determinan las cuatro posibles frecuencias del reloj. La frecuencia del reloj será una fracción (4, 16, 64) del oscilador principal o puede ser proporcional al ritmo del Timer2.

Por ejemplo, con un cristal de 20 MHz podríamos tener un master con un reloj de 5MHz (0000), 1.25MHz (0001) y 312KHz (0010). La opción del TMR2/2 (0011) nos permite programar otras frecuencias a través del *timer* TMR2.

Si hemos escogido el modo *slave*, los bits restantes determinan si usaremos o no el pin dedicado para SS (*Slave Select*). Si el valor es 01 no se usará SS y dicho pin podrá usarse como un pin normal de entrada-salida. Si el valor es 00 se habilita como pin de control SS.

En el registro (SSPxCON1.SSPEN) si seleccionamos el bit 1 habilitamos los pines como modo SPI si por el contrario seleccionamos el bit 0, configuramos estos pines como entrada-salida.

Como nuestro PIC actuará como *master* necesitamos configurar los bits de reloj y su forma de actuar respecto a los flancos de subida y bajada.

Modos SPI (master):

Relación reloj/datos

Aunque tengamos establecida la frecuencia del reloj, todavía hay varias opciones para el master, referidas a la polaridad de la señal de reloj, y la fase entre dicha señal y los datos de entrada/salida.

Los bits que determinan estos aspectos son:

- SSPCON1.CKP (*Clock polarity*)



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- SSPS1TAT.CKE (*Clock Edge*)
- SSP1STAT.SMP (*Sample bit*)

El primero (CKP) indica la polaridad de la señal de reloj (*IDDLÉ_LEVEL*, estado a nivel alto o bajo cuando el puerto este inactivo).

El segundo bit (CKE) configura la fase de los datos de salida con respecto al reloj.

Por último, el tercer bit (SMP) determina el momento en que se muestrean los datos de entrada (todo ello referido a la señal de reloj).

El parámetro CKP nos da la información de la polaridad del reloj (SSPCON1.CKP), en la literatura SPI se suele denotar como CPOL (*Clock Polarity*). Si es 0 indica que el reloj está a nivel bajo mientras no se manda nada. Si es 1 el *IDDLÉ_STATE* del reloj estará nivel alto.

El segundo parámetro (SSPxSTAT.CKE) determina la fase de los datos de salida con respecto al reloj. En numerosos artículos y publicaciones nos encontramos con un parámetro equivalente CPHA (*Clock Phase*), aunque no tiene la misma definición de CKE. Esto es, $CPHA = 1 - CKE$.

Juntos, CPOL y CPHA nos dan la información del modo SPI que vamos a usar. Normalmente viene expresado como un par de número. Así, el modo SPI (0,1) indica que debemos hacer $CPOL=0$ y $CPHA=1$, lo que para la programación de un PIC viene siendo lo siguiente:

- SSPxCON1.CKP= CPOL = 0
- SSPxSTAT.CKE = (1-CPHA)= 0

CPHA determina el momento en el que los datos de salida están estables (y deberían ser muestreados por el otro dispositivo). A continuación se explica la relación entre estos dos bits de configuración:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Para verlo mejor se coge el siguiente diagrama de la propia hoja de datos del PIC, en él se ilustran las posibilidades del reloj y su relación con los datos de entrada/salida:

FIGURE 16-6: SPI MODE WAVEFORM (MASTER MODE)

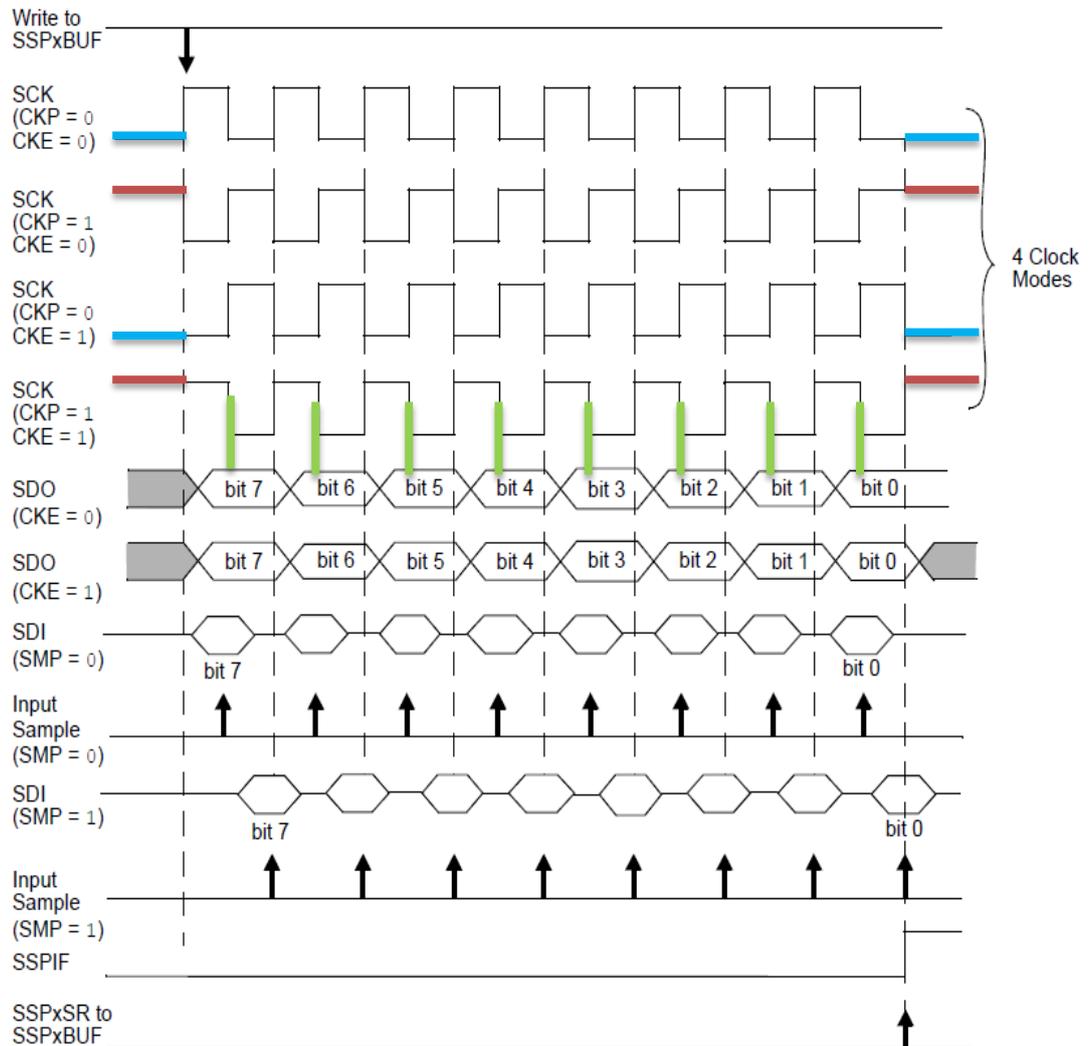


Figura 7. Formas de onda del modo SPI

Los cuatro primeros diagramas indican las cuatro posibilidades de reloj, el diagrama etiquetado como SDO y la posición de los datos de salida. Las líneas verdes indican el momento en que los bits son muestreados.

Como se ve en la figura cuando CPOL=CKP=0 indica un estado de reposo a nivel bajo



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

(Color azul) en cambio cuando CKP=1 indica un estado de reposo a nivel alto (color rojo).

Mirando la gráfica (primeras dos trazas de reloj) podemos ver que si CKE=0 (CPHA=1) el centro del bit de salida (SDO) corresponde a la segunda transición del reloj. En cambio, si CKE=1 (CPHA=0) el centro del bit está alineado con la primera transición del reloj.

Dicho de otro modo, a veces se prefiere describir el protocolo si los bits estarán estables con los flancos de subidas o bajadas de reloj. Con la descripción anterior si escogemos CKE=1 sabemos que el dato se carga en la primera transición de reloj, pero esta transición puede tener dos valores diferentes, uno de subida (traza 3) o de bajada (traza 4), esto dependerá de la polaridad del reloj que se elija (CPOL).

Por último queda decidir el valor de SPSxSTAT.SMP que determina el momento de muestreo de los datos entrantes, como podemos observar en la gráfica anterior:

- SMP=0 los bits de entrada se muestrean con el centro del periodo de reloj
- SMP=1 los bits de entrada se muestrean al final del periodo de reloj.

El pin SDI deberá ser configurado como entrada.

El pin SDO deberá ser configurado como salida.

1.2 Comunicaciones SPI en AVR

Existe en el lenguaje de Arduino otra nomenclatura para las señales SPI, los nombres son los siguientes:

- MISO (*Master In Slave Out*) - La línea que los esclavos usan para el envío de datos al maestro
- MOSI (*Master Out Slave In*) - La línea que el maestro usa para el envío de datos a los periféricos
- SCK (*Serial Clock*) - Los impulsos de reloj que sincroniza la transmisión de datos generada por el maestro y una línea específica para cada dispositivo:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- *SS (Slave Select)* – la selección de chip en cada dispositivo que el maestro puede utilizar para activar y desactivar los diferentes periféricos.

Cuando en un dispositivo la selección de chip está a nivel bajo, al ser una entrada negada, podemos comunicarnos con el periférico. Cuando está a nivel alto, la comunicación con el maestro está desactivada. Esto le permite tener múltiples dispositivos SPI que comparten las mismas líneas MISO, MOSI y CLK.

Para poder comunicarse mediante el bus SPI es necesario tener en cuenta los siguientes detalles:

Si queremos que en primer lugar se reciba el dato más significativo (MSB) o el byte menos significativo (LSB). Esto se configura al inicio por la función `SPI.setBitOrder()`.

Debemos elegir cuando el reloj de datos está en reposo en estado alto o bajo, también debemos elegir cuando adquiere los datos, en el flanco ascendente o descendente. Estos modos son controlados por la función `SPI.setDataMode()`.

Asimismo, la velocidad de transmisión del spi que más nos conviene. Esto es controlado por la función `SPI.setClockDivider()`.

El estándar SPI tiene pequeñas diferencias para cada dispositivo. Por lo que hay que prestar especial atención a la hoja de datos del dispositivo al configurar su código.

En términos generales, hay cuatro modos de transmisión. Estos modos controlan si los datos se desplazan dentro y fuera en el flanco ascendente o descendente de la señal de reloj (llamada fase del reloj), y si el reloj está inactivo cuando está a nivel alto o bajo (llamada polaridad del reloj). Los cuatro modos para combinar la polaridad y la fase son los siguientes:

Tabla 4. Modos SPI Arduino

Modo	Polaridad del reloj (CPOL)	Fase del reloj (CPHA)
SPI_MODE0	0	0
SPI_MODE1	0	1
SPI_MODE2	1	0
SPI_MODE3	1	1



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

La función `SPI.setDataMode()` le permite elegir la polaridad de reloj y la fase.

El `SPI.setClockDivider()` permite cambiar la velocidad de reloj para hacer que el dispositivo funcione correctamente (por defecto es 4 MHz).

Habitualmente, el pin MISO del maestro se conecta con el pin MOSI del esclavo, y viceversa. Además, la señal de selección de esclavo suele ser activa a nivel bajo.

A continuación se va a describir con un poco más de detalles cómo funciona el protocolo:

- Para iniciar la comunicación, el maestro configura el reloj usando una frecuencia menor o igual a la frecuencia máxima que soporta el esclavo. Estas frecuencias suelen estar en el rango de 1 a 70 MHz.
- El maestro a continuación pone a nivel bajo la señal “Slave Select” del esclavo para indicarle que se va a comunicar con él. Si es necesario esperar un tiempo antes de iniciar la comunicación (por ejemplo para permitir una conversión analógico / digital), el maestro esperará al menos ese tiempo antes de proseguir con el intercambio de información.
- Durante cada ciclo de reloj se produce una comunicación en los dos sentidos, ya que por una parte el maestro va a mandar un bit a través del pin MOSI y el esclavo lo va recibir, y por otra, el esclavo va a mandar un bit a través de la línea MISO para que el maestro lo reciba.
- Cuando ya no quedan datos que transmitir, el maestro deja de accionar la señal de reloj y normalmente vuelve a colocar a nivel alto la señal de “Slave Select” para así deseleccionar al dispositivo.
- Cualquier dispositivo que no tenga a nivel bajo su señal de selección, ignorará los movimientos que haya en las líneas MISO y MOSI, con lo que podemos tener distintos dispositivos conectados a esas mismas líneas sin que interfieran en la comunicación. Evidentemente, la señal de “Slave Select” sí debe ser propia de cada dispositivo.
- Además de la frecuencia de reloj, el maestro también puede configurar la polaridad y la fase de la señal de reloj con respecto a los datos. La polaridad se suele denominar usando las siglas CPOL, mientras que la fase se suele denominar como CPHA. En la figura inferior se puede ver un diagrama



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

temporal que explica las distintas combinaciones (o modos) que se describen a continuación:

- Si CPOL = 0, el valor base de la señal de reloj es el nivel bajo.
- Si CPHA = 0, los datos se capturan en el flanco de subida de la señal de reloj, y se propagan en el flanco de bajada. Este modo se denomina modo 0.
- Si CPHA = 1, los datos se capturan en el flanco de bajada de la señal de reloj, y se propagan en el flanco de subida. Este modo se denomina modo 1.
- Si CPOL = 1, el valor base de la señal de reloj es el nivel alto.
- Si CPHA = 0, los datos se capturan en el flanco de bajada de la señal de reloj, y se propagan en el flanco de subida. Este modo se denomina modo 2.
- Si CPHA = 1, los datos se capturan en el flanco de subida de la señal de reloj, y se propagan en el flanco de bajada. Este modo se denomina modo 3.

Para que se vea de una forma más intuitiva se realizan capturas con diferentes divisores de frecuencia en el SPI:

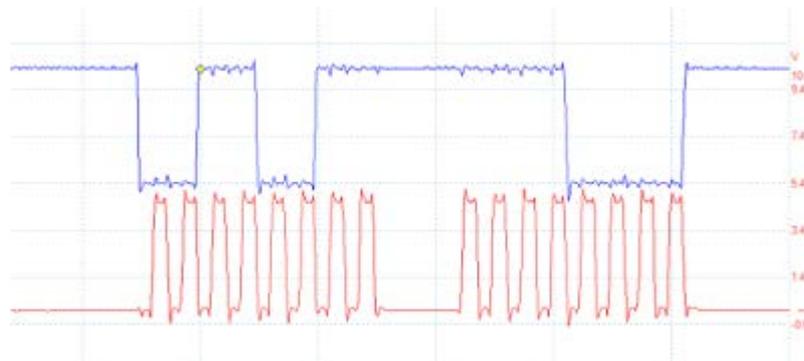


Figura 8. Divisor de frecuencia SPI

En color azul es la señal de MOSI y en rojo SCLK.

En este ejemplo se ha configurado el bus para funcionar a la velocidad de 4Mhz.

Como se ve en las gráficas los bits llegan con oscilaciones que en principio no deberían dar errores, pero es posible que falle en alguna ocasión. Para distancias cortas la tasa de error no es muy elevada y se puede trabajar perfectamente, pero podemos ver que si vamos elevando la distancia y entran en juego otros componentes u otras señales es posible que los errores aumenten. Por ello es



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

recomendable bajar la velocidad para que el bit se estabilice y el transitorio sea despreciable.

Para ello usaremos la instrucción `SPI.setClockDivider()` donde esta configuración puede tener los siguientes valores:

- `SPI_CLOCK_DIV2`
- `SPI_CLOCK_DIV4`
- `SPI_CLOCK_DIV8`
- `SPI_CLOCK_DIV16`
- `SPI_CLOCK_DIV32`
- `SPI_CLOCK_DIV128`

Esto nos da la opción de dividir la velocidad del reloj del SPI. Por ejemplo, probaremos con un divisor de 16 y otro divisor de 128.

Se puede ver que la señal cada vez es más cuadrada y sin sobresaltos, es decir el transitorio tiene poca importancia en el flanco. Las oscilaciones son las mismas ya que esto es producto del flanco de subida de la señal, lo que ocurre es que el tiempo de oscilación de la señal hasta entrar en el rango de estabilización del 5% es despreciable frente al tiempo del bit. Eso implica que al realizar la lectura del bit hay más posibilidades de que la señal este estabilizada y tomemos el valor correcto.

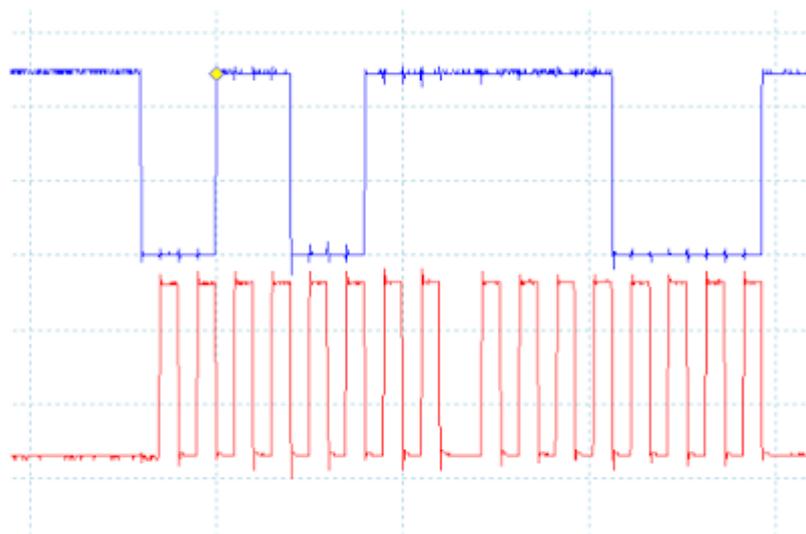


Figura 9. Divisor de frecuencia 16



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

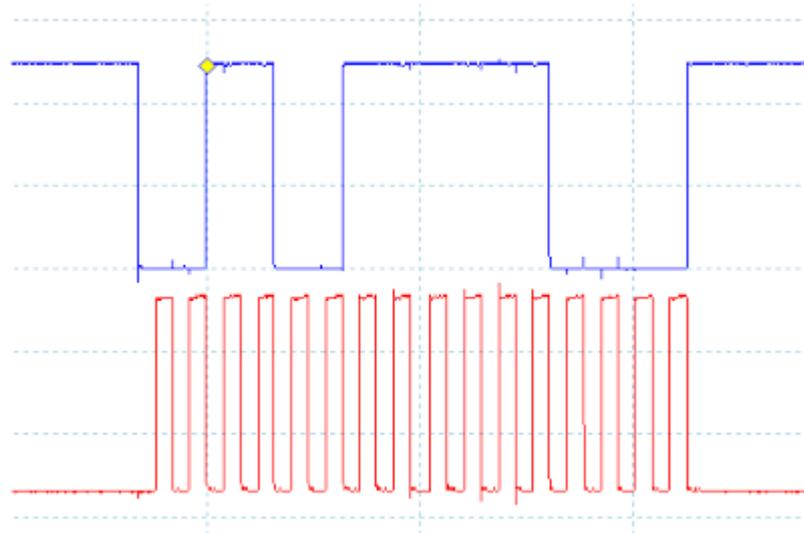


Figura 10. Divisor de frecuencia 128

Como podemos apreciar perdemos velocidad, es decir, con un divisor 4 cada bit dura 250 ns es decir 4 Mhz. Pero en el de 16, el bit ya pasa a durar 1ms por lo que nos encontramos con una frecuencia de 1Mhz. Y finalmente en la de 128 el bit dura 8 ms por lo que la frecuencia es de 125 KHz. También se puede probar con el caso opuesto al aumentar la velocidad, poniendo el divisor por 2 donde veremos que la calidad disminuye muchísimo.

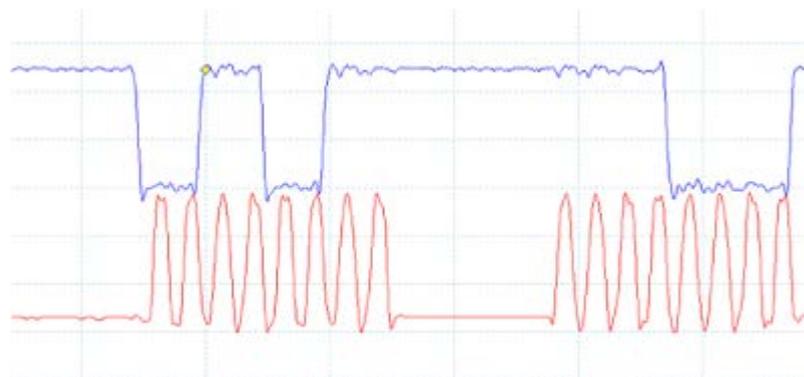


Figura 11. Divisor de frecuencia 2, velocidad de 8MHz

Los comandos a usar en la librería SPI de Arduino son los siguientes:

- `begin()`
Inicializa la comunicación SPI.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- `end()`
Detiene la comunicación SPI.
- `transfer()`
Transfiere bytes de datos.
- `setBitOrder()`
Asigna el orden de los bits usados en la comunicación SPI.
- `setDataMode()`
Asigna el modo de la comunicación SPI.
- `setClockDivider()`
Asigna el `clockDivider` para la velocidad de la comunicación SPI.
- `attachInterrupt()`
Activa las interrupciones SPI y conecta una función para ser ejecutada cuando la transferencia SPI completa una interrupción es generada durante la comunicación.
- `detachInterrupt()`
Desactiva las interrupciones SPI y conecta la función interrupción.

CONEXIONES

MISO, MOSI y SCK se encuentran en una ubicación física concreta en la cabecera ICSP



Figura 12. Conector ICSP

Aviso sobre Slave Select (SS) en la señal en placas basadas AVR

Todas las placas basadas en formato AVR tienen un pin SS que resulta de utilidad cuando actúan como un esclavo controlado por un maestro externo. Desde esta librería sólo admite el modo maestro, este pin debe establecerse siempre como



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

OUTPUT, de lo contrario, la interfaz SPI pondría automáticamente en modo esclavo por hardware, lo que provoca que la librería no funcione.

2 COMUNICACIÓN ENTRE MICROCONTROLADOR Y MÓDULO RF

La siguiente imagen muestra los espectros de radiofrecuencia que se usan actualmente en la comunicación por radiofrecuencia.

En nuestro caso usaremos la banda de 868 MHz.

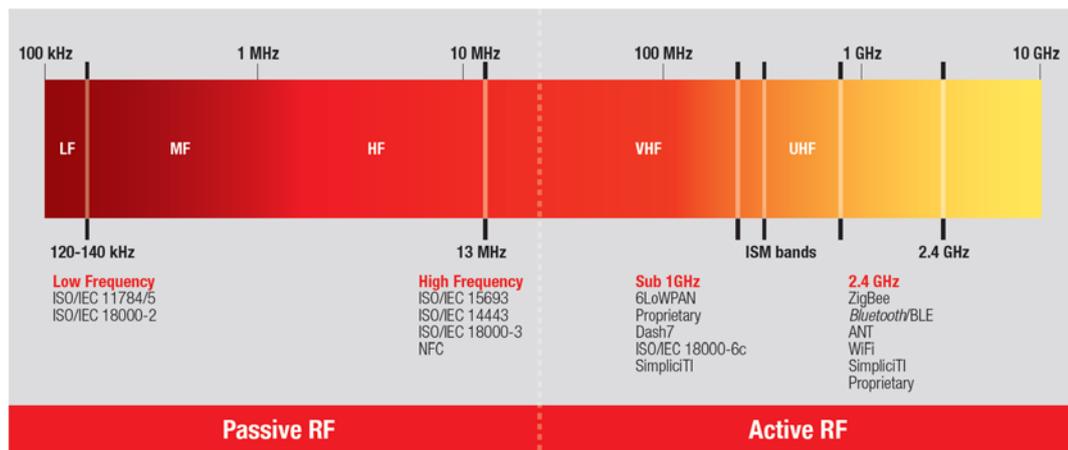


Figura 13. Espectro de radiofrecuencia (Texas instruments)

Protocolo comunicación Radiofrecuencia 868MHz con el módulo RFM12B solo para dispositivos SLAVES.

El protocolo del MASTER no entra dentro del proyecto, y de esta forma se reserva el derecho de propiedad intelectual sobre la comunicación del SLAVE y MASTER.

2.1 Micro y Programación

Se utilizará micros ATMEL tipo **Arduino** en el HARDWARE.



2.2 Librerías Auxiliares

Para gestionar el módulo de RF utilizaremos la librería para Arduino de Jeelabs, se encuentra disponible en la red de forma gratuita.

<http://jeelabs.net/pub/docs/jeelib/index.html>

2.3 Descripción de la comunicación y sus elementos

Conectar un dispositivo programable (*MASTER*) con un interfaz de radiofrecuencia a una Raspberry Pi (centralita). Este dispositivo *MASTER*, a través del interfaz de radiofrecuencia se comunicará con otros dispositivos (*SLAVES*).

De este modo podrá recibir notificaciones de estos dispositivos y/o enviarles órdenes concretas que han de ser programadas.

Los dispositivos *SLAVES* deberán realizar una sincronización con el *MASTER* para que este los identifique como pertenecientes a su red. Para ello, se implementará el correspondiente código de programa con sus definiciones que se explicarán con mayor detenimiento más adelante.

Una vez sincronizados el *MASTER* guardará en su EEPROM la información de identificación de los *SLAVES* que estén sincronizados correctamente. Esta información podrá ser enviada a la Raspberry Pi en caso de que esta lo solicite. Los dispositivos *SLAVES* a su vez, guardarán información en su propia EEPROM del *MASTER* con el cual están sincronizados.

En esta imagen se muestra la raspberry pi (centralita), módulo *MASTER* y los módulos *SLAVES*:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

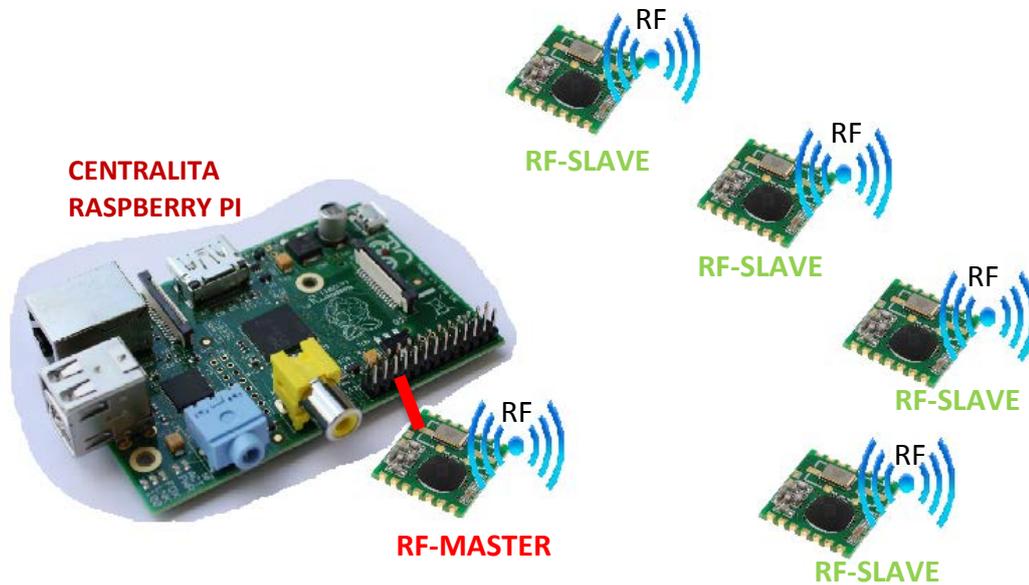


Figura 14. Arquitectura genérica

2.4 Descripción del protocolo utilizado RF

El código se sustenta en la librería para Arduino de *Jeelabs* para control del RFM12B. Sobre esta librería implementaremos nuestras propias funciones y algoritmos.

2.5 Identificación de los dispositivos MASTER y SLAVES

2.5.1 Pseudomac

Cada dispositivo (incluido el MASTER) se generará un PSEUDOMAC para que pueda ser identificado de manera unívoca. Esta PSEUDOMAC se generará de forma *random*, se crea un número en el propio dispositivo la primera vez que arranque y se guarda en su propia EEPROM.

La longitud de esta PSEUDOMAC es de 4 bytes, por lo que es casi imposible que dentro de la misma red coexistan dos dispositivos con el mismo identificador.



2.5.2 Tipo de Dispositivo

Los dispositivos tendrán además un identificador de 2 bytes para definirse a sí mismos. En principio el MASTER siempre será el 0.

2.5.3 Número de Nodo y Grupo de RF Jeelabs

Cada nodo de la red tendrá asignado un número de nodo RF y Grupo RF de acuerdo a lo expuesto en la librería de Jeelabs.

2.6 Gestión de la comunicación

Para optimizar el consumo de los *SLAVES* implementaremos funciones que permitan que estos no estén continuamente funcionando. Habrá *SLAVES* que solamente se despierten cuando se produzca un evento asíncrono (ie: envío de una orden desde el micro) y sólo transmitirán información durante un determinado periodo de tiempo. Es por esto que algoritmos tipo "Polling" - en los que el maestro sondea periódicamente a los esclavos- quedan descartados.

Debido a ello se por una implementación particular similar al protocolo CSMA/CD.

El MASTER transmitirá de manera periódica una trama broadcast tipo "Tx Permitida". El periodo de esta transmisión será aproximadamente un múltiplo de la duración de las tramas permitidas que serán de longitud fija.

Cuando un dispositivo tipo asíncrono quiera transmitir información, se pondrá a escuchar el canal hasta que detecte una de estas tramas del MASTER tipo "Trama de canal libre". Una vez detectada, transmitirá su trama y quedará a la espera del correspondiente ACK. Si no detecta un ACK, se esperará un número aleatorio de veces la longitud temporal de las tramas y volverá a intentar transmitir. Repetirá esta operación hasta que consiga recibir el ACK.

Dado el tipo de modulación del RF12B y la banda de frecuencias 868Mhz la duración de cada byte es de aproximadamente 160us.

Se utilizará en todos los casos tramas fijas de 33bytes, por tanto las tramas tendrán un duración aproximada de 6ms.



2.6.1 Tramas RF

Las tramas que se van a utilizar son de 9+24bytes, es decir 33 bytes. Los 7 bytes iniciales más 2 al final (CRC) son añadidos por la librería que vamos a utilizar para la programación tipo Arduino, y en ellos hay información de número de nodo, número de grupo, CRC, etc...

Los restantes 24 bytes son los que utilizaremos para enviar la información útil.

2.6.2 Más sobre Jeelabs. Cabecera de Jeelabs

RF12 *broadcasts* y *ACKs*

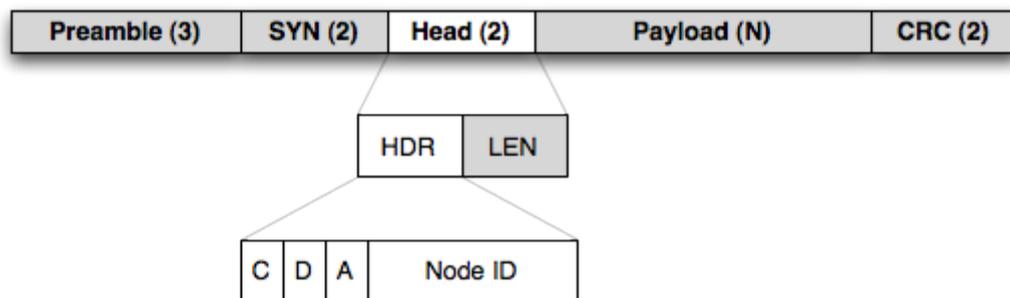


Figura 15. Cabecera del Payload

Formato de paquetes y diseño del RF12

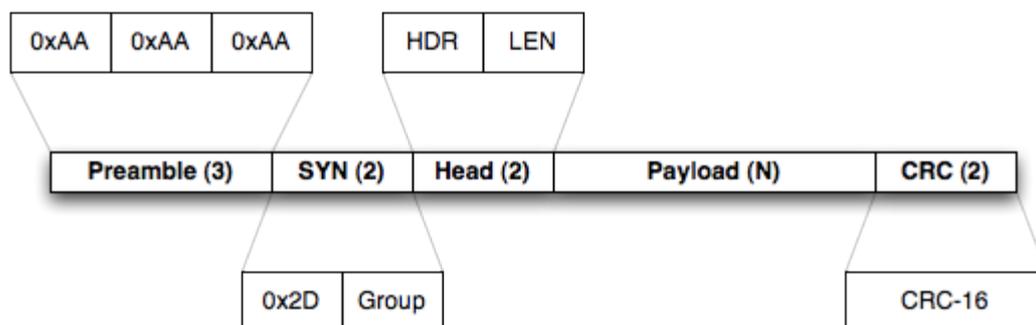


Figura 16. Formato de paquetes



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

En los programas será necesario manipular el byte HDR. EL resto no hace falta manipularlos. Los bits del byte HDR tienen el siguiente significado

2.6.2.1 HDR (bit C),HDR (bit D),HDR (bit A)

El bit C se combina con el bit A para la gestión de ACKs.

El bit D Indica si los bits de *Node Id* especifican destino u origen. A 1 Destino, a 0 origen.

El bit A se utiliza para indicar si el paquete transmitido requiere ACK (a 1 paquete requiere ACK)

2.6.2.2 HDR (Node ID)

6 bits para especificar un número de nodo.

2.6.2.3 Tipos de paquete según combinaciones de bit C,bit D, bit A

Como deben ajustarse estos bits en los paquetes de transmisión.

Tabla 5. *Combinaciones de paquetes*

Tipo de paquete	C	D	A
Paquete normal, no requiere ACK	0	X	0
Paquete normal, si requiere ACK	0	X	1
Paquete de respuesta ACK	1	X	0
No usado	1	X	1

2.6.2.4 Números especiales de Nodo y SLAVES permitidos

La librería de *Jeelabs* implementa una abstracción que consiste en dividir los posibles nodos direccionales en NODOS y en GRUPOS. Un GRUPO puede contener hasta 32 nodos y puede haber 255 grupos. Ni el número de NODO ni el número de grupo asignados implican variaciones en la frecuencia portadora elegida. Con esta



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

abstracción la librería de *Jeelabs* hace el trabajo “sucio” de filtrado de paquetes según destino a bajo nivel.

En condiciones normales, el NODO X solo recibirá los paquetes destinados al NODO X y los de BROADCAST. La librería *Jeelib* se encarga de implementar esto.

En la implementación propuesta vamos a permitir hasta 10 *SLAVES* por el momento, ampliables hasta 28 *SLAVES* (del nodo 2 al 29 inclusive) como máximo.

Los NODOS 0 (*Broadcast* para trx) y 31(escucha todo en Rx) son especiales (por implementación en la librería).

NOTA MUY IMPORTANTE: Si se inicializa un SLAVE como nodo 0 se bloqueará al intentar transmitir. Hay que asegurarse de que esto no ocurre nunca.

Además vamos a fijar los números de NODO del *MASTER* (nodo 1 , grupo 1) y de los *SLAVES* no asignados (nodo 30, grupo 1):

Con ello el resumen de NODO queda:

Tabla 6. Tipos de nodos

NODO	GRUPO	Descripción
0	1	<i>BroadCast</i> Trx
1	1	Master
2-29	1	Asignables a <i>Slaves</i>
30	1	<i>SLAVE</i> no asignado
31	1	Escucha todo

2.6.3 Tipos de tramas que envía el master RF

La sección hace referencia al *PAYLOAD*.

2.6.3.1 Trama de MASTER a SLAVES canal libre para transmitir tramas “normales” (0xA0)



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Esta trama se transmite periódicamente cada 10ms indicando a los *SLAVEs* que pueden transmitir tramas “normales”.



Figura 17. Trama Master canal libre para Tx

TDEVICE	Identificación del tipo de dispositivo MASTER es 0x00
PSEUDOMAC	PSEUDOMAC del MASTER
TTRAMA	0xA0

2.6.3.2 Trama de MASTER a SLAVES ACK a SLAVE (0xA5)

Esta trama se utiliza para confirmar la recepción de una trama de información enviada por un *SLAVE*



Figura 18. Trama de ACK de Master a Esclavo

TDEVICE	Identificación del tipo de dispositivo MASTER es 0x00
---------	---



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

PSEUDOMAC	PSEUDOMAC del MASTER
TTRAMA	0XA5
PSEUDOMAC2	La PSEUDOMAC del SLAVE

2.6.3.3 Trama de MASTER a SLAVES asignación de número de nodo

Esta trama se utiliza en el proceso de sincronización de los esclavos cuando solicitan al MASTER que les asigne un número de nodo.

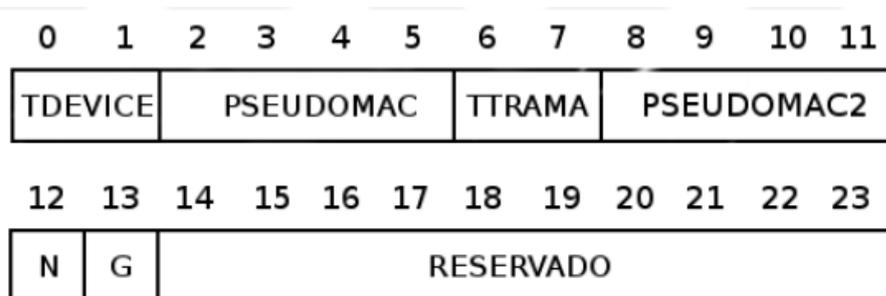


Figura 19. Trama de Master a Esclavo de asignación de nodo

TDEVICE	Identificación del tipo de dispositivo MASTER es 0x00
PSEUDOMAC	PSEUDOMAC del MASTER
TTRAMA	0XBB
PSEUDOMAC2	La PSEUDOMAC del SLAVE
N	Número del nodo
G	Número del grupo

2.6.3.4 Resumen valores posibles campo tipo enviadas tramas MASTER a SLAVES

Tabla 7. Resumen Posibles tramas Master a Esclavo

0x45	Envío de órdenes de escritura genéricas
0x46	Envío de orden de lectura forzada. En este caso los bytes del 12 al 23 son indiferentes



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

0xA0	Canal libre para transmitir
0xA5	ACK a <i>SLAVE</i> de trx info
0xBB	Asignación de número de nodo a <i>SLAVE</i>

2.6.3.5 Tramas *SLAVES* a *MASTER*

La sección hace referencia al *PAYLOAD*.

2.6.3.5.1 Trama de *SLAVES* envío de Datos Asíncronos Genérica y lectura forzada (0x01 y 0x02)

Esta trama la envían los dispositivos asíncronos para notificar el estado de sus entradas

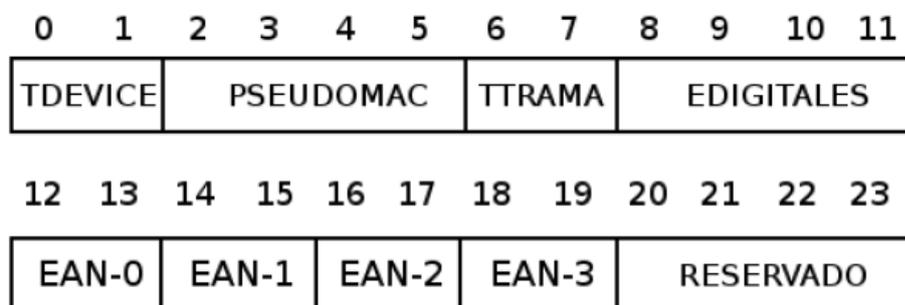


Figura 20. Trama de Esclavo a Master (Genérica)

TDEVICE	16 bits para identificar el tipo de dispositivo
PSEUDOMAC	64 bits. <i>PSEUDOMAC SLAVE</i>
TTRAMA	0x01 ó 0x02
EDIGITALES	32 bits, para almacenar el valor de Entradas
EAN-0 a EAN-3	Para almacenar Valores Analógicos (2 bytes, por entrada Analógica). En el caso de tramas tipo
RESERVADO	Sin uso



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

2.6.3.5.2 Trama de SLAVES Solicitud de sincronización (0xF0)

Esta trama la envían los dispositivos cuando están modo sincronización para solicitar al MASTER que les asigne un número de NODO y GRUPO Rf y para registrarse.

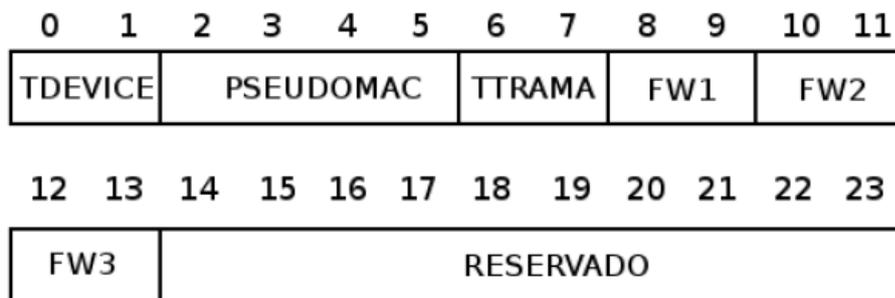


Figura 21. Trama Esclavo a master (Solicitud sincronización)

TDEVICE	16 bits para identificar el tipo de dispositivo
PSEUDOMAC	64 bits. <i>PSEUDOMAC SLAVE</i>
TTRAMA	0xF0
FW1	Año <i>FIRMWARE</i> con 2 dígitos
FW2	Mes <i>FIRMWARE</i> con 2 dígitos
FW3	Día <i>FIRMWARE</i> con 2 dígitos
RESERVADO	De momento sin uso

2.6.3.6 Resumen valores posibles campo tipo enviadas tramas
SLAVES a MASTER

Este trama la envían los esclavos que deben ejecutar órdenes como ACK a una orden enviada por el MASTER del tipo TTRAMA = **0x45**

Tabla 8. Resumen tramas Esclavo a Master

0x01	Envío de información ASÍNCRONA de <i>SLAVE</i> a <i>MASTER</i>
-------------	--



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

0x02	Envío de información lectura forzada
0xD5	ACK a <i>MASTER</i> de trama tipo TTRAMA = 0x045
0xF0	Solicitud de SINCRONIZACIÓN

2.7 El proceso de sincronización

Sincronizar es añadir *SLAVES* a la red. El proceso básicamente consistirá en que pondremos a los *SLAVES* en modo “sincronización” (a través de un comando de consola dispuesto a tal efecto o mediante la pulsación continua durante 5 segundos del correspondiente pulsador).

Los esclavos en modo SINCRONIZACIÓN empezarán a enviar tramas “solicitando que se les asigne un número de nodo”. EL *MASTER*, irá contestando con el número de nodo y grupo que le toca a cada uno (así como de la *PSEUDOMAC* del propio *MASTER*).

Hay que tener en cuenta varias premisas:

- Asumimos que los nodos *MASTER* siempre serán el nodo 1 en la red RF. El grupo, se podrá modificar.
- Durante la sincronización, no debe ser necesario programar los *SLAVES* vía interface PC.
- El *MASTER* asignará a los *SLAVES* que lo soliciten:
 - El número de NODO RF
 - El grupo RF
 - *PSEUDOMAC* del *MASTER* (Los esclavos, sólo harán caso de los mensajes enviados por la *PSEUDOMAC* del *MASTER*. De esta manera tenemos cierta protección en caso de que haya 2 *MASTERS* cercanos)



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

Cada vez que el *MASTER* asigne un nodo guardará en su EEPROM una entrada con *PSEUDOMAC*, TIPO, NUMERO DE NODO

Del mismo modo, los nodos guardaran en su propia EEPROM su NODO, GRUPO; *PSEUDOMAC* del *MASTER*.

Hay que tener en cuenta que si un dispositivo con una *PSEUDOMAC* ya asignada vuelve a solicitar sincronización, se le asignará el mismo nodo que ya tuviera.

2.8 Estructura de EPROM en SLAVES

En la memoria EEPROM de los *SLAVES* se va a utilizar (mínimo) 12 bytes.

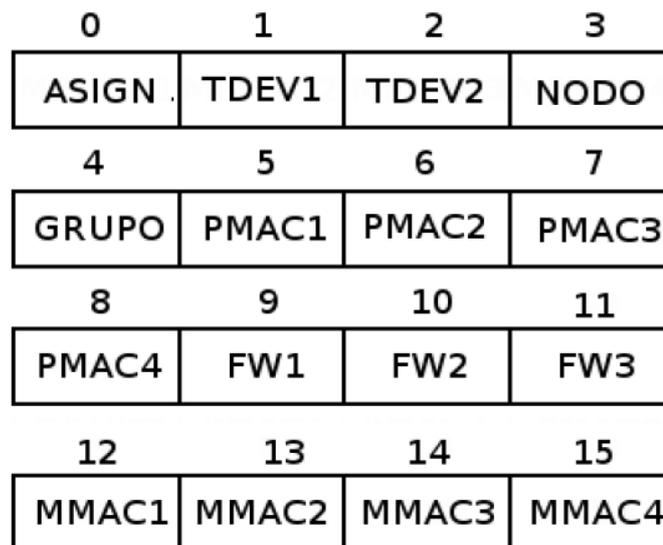


Figura 22. Estructura EEPROM Esclavos

ASIGN	Se pone a 0x01 cuando se ha auto-generado la PSEUDOMAC
TDEV1, TDEV2	Son los bytes de identificación del tipo de dispositivo.
NODO	Es el número de nodo RF que le ha asignado el MASTER durante la sincronización Inicialmente vale 0x00
GRUPO	Es el número de grupo RF que le ha asociado el MASTER. Por defecto 0x05.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

PMAC1 a PMAC4	Para guardar la <i>PSEUDOMAC</i>
FW1 a FW3	Para almacenar la versión <i>FIRMWARE</i>
MMAC1 a MMAC4	Para almacenar la <i>PSEUDO MAC</i> del <i>MASTER</i> . Inicialmente todo a 0x00

Posteriores implementaciones de *SLAVES* podrán ocupar otras bytes de EEPROM para funciones diferentes.

2.9 Clasificación de tipos de *SLAVE*

En adelante, los puertos en VERDE se refieren a entradas/salidas no controlables/legible en remoto y las NARANJAS a las que sí son controlables/legibles en remoto.

TDEVICE	Descripción	Definición Hardware		
0x00	No permitido	Se reserva para los dispositivos MASTER		
0x01	“Avisador 0x01” Una entrada digital asíncrona. Siempre en <i>standby</i> excepto cuando la entrada se pone a “1”	Nombre	Tipo	PIN
		LED ROJO	Salida Digital	D7
		LED VERDE	Salida Digital	D8
		Pulsador SINCRO	Entrada Digital	$\overline{D3}$ y D4
		Detección consumo	Entrada Digital	$\overline{D3}$ y $\overline{D4}$
		Activar Medición consumo	Salida Digital	$\overline{A1}$
		Lectura potencia	Entrada Analógica	A0
0x02	“Dispositivo de Prueba 0x02”	Nombre	Tipo	PIN
		LED ROJO	Salida Digital	D7



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

	(1 Servo, 1 motor Analógico, 2 FC)	LED VERDE	Salida Digital	D8
		Pulsador SINCRO	Entrada Digital	$\overline{D3}$
		Dirección Motor DC	Salida Digital	D4
		Vel Motor DC	Salida Digital PWM	D5
		Final de Carrera 1	Entrada Digital	A5
		Final de Carrera 2	Entrada Digital	A4
		Servo	Salida Digital PWM	D6
0x03	“Dispositivo de Prueba 0x03” (1 Salida Relé, 2 Entradas Analógicas)	Nombre	Tipo	PIN
		LED ROJO	Salida Digital	D7
		LED VERDE	Salida Digital	D8
		Pulsador SINCRO	Entrada Digital	$\overline{D3}$
		Salida Digital1	Salida Digital	D4
		Salida Digital2	Salida Digital	A2
		Salida Digital3	Salida Digital	A3
		Salida Digital4	Salida Digital	A4
		Entrada Analógica 1	Entrada Analógica	A0
Entrada Analógica 2	Entrada Analógica	A1		

Figura 23. Ejemplos de tipos de dispositivos

2.10 Convenio Genérico LEDs Dispositivos

2.10.1 Leds Slaves (Genérico)



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

Los SLAVES de manera genérica tendrán 2 LEDS (LED ROJO y LED VERDE).

Tabla 9. *Parpadeos Leds Esclavo*

ARRANQUE	Intermitencia alterna durante 2.5 secs
NORMAL (modo TX/Rx)	LED ROJO y LED VERDE apagados
SINCRONIZACIÓN	LED VERDE y LED ROJO se encienden 0.5 secs <ul style="list-style-type: none">• Si el <i>SLAVE</i> se sincroniza LED VERDE 0.5 adicionales• Si el <i>SLAVE</i> no se sincroniza LED ROJO 0.5 adicionales

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

ANEJO ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1.	SEÑAL ENTRANTE CANAL 1 DEL ADE7763	2
1.1	Diagrama de bloques.....	2
1.2	Esquema eléctrico	2
2.	SEÑAL ENTRANTE CANAL 2 DEL ADE7763	4
2.1	Diagrama de bloques.....	5
2.2	Esquema eléctrico	5
3.	ELECCIÓN DEL CONDENSADOR DE FILTRO	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Diagrama de bloques acondicionamiento</i>	2
Figura 2.	<i>Esquema eléctrico amplificador restador</i>	3
Figura 3.	<i>Análisis ORCAD.....</i>	3
Figura 4.	<i>Esquema eléctrico simulación ORCAD</i>	6



1. SEÑAL ENTRANTE CANAL 1 DEL ADE7763

La señal que nos da el sensor de corriente tiene un rango de 0,5V a 4,5V con una tensión de referencia de 2,5V.

La hoja de características del medidor de energía ADE7763 nos dice que la entrada máxima de tensión tiene que ser de $\pm 0,5V$, aunque puede soportar tensiones de hasta 6V sin daño permanente.

Al tener estas restricciones tenemos que acomodar la señal saliente de sensor de corriente para que sea óptima en la entrada de medidor de energía.

1.1 Diagrama de bloques

La implementación se muestra en el diagrama de bloques siguiente:

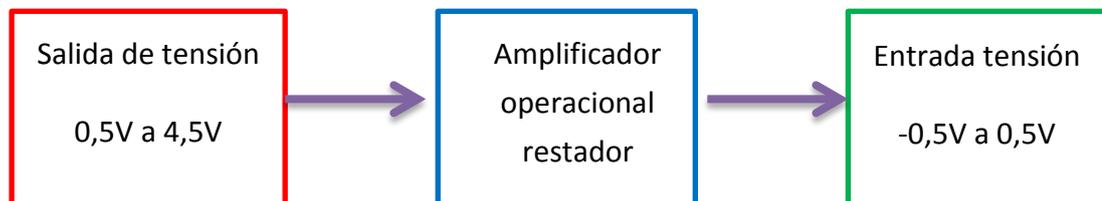


Figura 1. Diagrama de bloques acondicionamiento canal 1

1.2 Esquema eléctrico

El esquema de conexión eléctrica es el siguiente:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

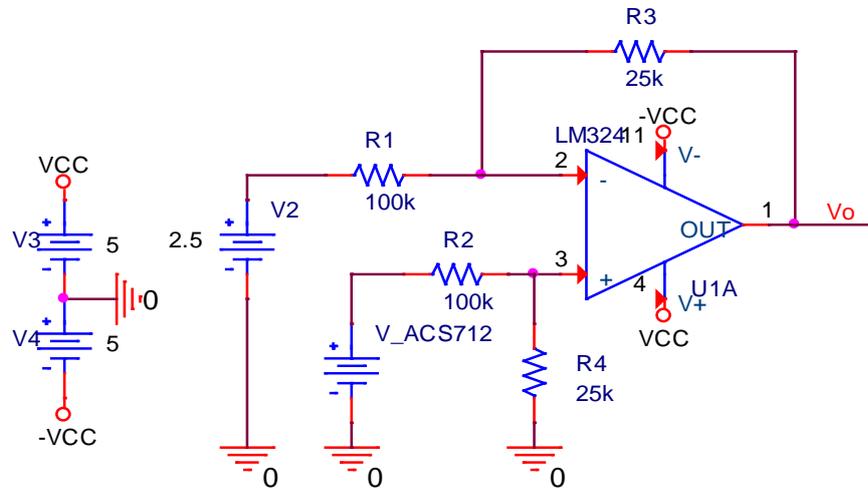


Figura 2. Esquema eléctrico amplificador restador

Se realiza un análisis de corriente continua en ORCAD para una variación desde 0.5V hasta los 4.5V de la fuente V_ACS712, que simula la salida del sensor de corriente, en el otro terminal se le quiere restar la tensión de referencia de 2.5V que nos proporciona el sensor cuando la intensidad que circula por el circuito es 0A.

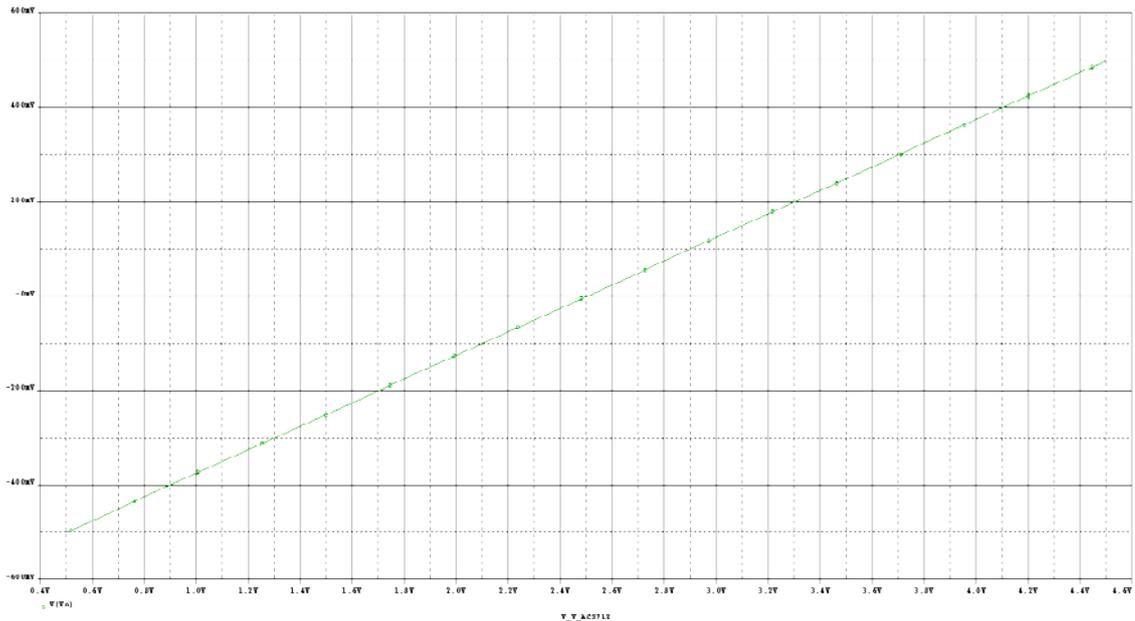


Figura 3. Análisis ORCAD



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

A través de la simulación observamos que el amplificador restador realiza un acondicionamiento de la señal de salida que varía entre $\pm 0.5V$, que a su vez es la entrada máxima que soporta el circuito integrado ADE7763.

En resumen hemos conseguido modificar el nivel de tensión para adecuarlo a las especificaciones del circuito integrado.

2. SEÑAL ENTRANTE CANAL 2 DEL ADE7763

Para tener el circuito eléctricamente aislado cogemos la entrada del ADE7763 desde el secundario del transformador. El problema que tenemos es que la salida del transformador es de 16,97 Vp.

La hoja de características del medidor de energía ADE7763 nos dice que la entrada máxima de tensión tiene que ser de $\pm 0,5V$, aunque puede soportar tensiones de hasta 6V sin daño permanente.

Para poder cumplir con las recomendaciones del fabricante tengo un amplificador operacional que hace de seguidor de tensión.

Con el seguidor de tensión conseguimos aislar las impedancias de los dos circuitos. Es importante aislarlos debido a que en la entrada del ADE7763 se encuentran unos filtros antialiasing, si los conectamos en cascada alteramos los valores de la resistencia equivalente y por lo tanto conseguimos valores de corte en el filtro que no son los deseados.

Con la implementación del seguidor de tensión conseguimos acondicionar la señal en el rango recomendado y evitamos alterar el valor de corte del filtro.



2.1 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques que se muestra a continuación es la solución implementada en el circuito eléctrico. La señal es de $-16,97\text{ V}$ a $16,97\text{ V}$ en el secundario del trafo y se acondiciona al rango de $-0,5\text{ V}$ a $0,5\text{ V}$.

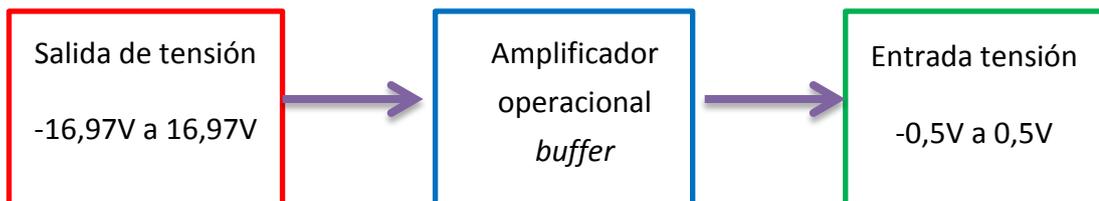


Figura 4. Diagrama de bloques acondicionamiento canal 2

2.2 Esquema eléctrico

El circuito eléctrico del amplificador operacional es el siguiente:

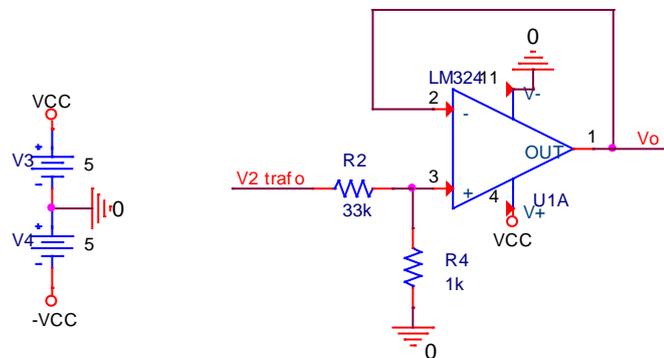


Figura 5. Esquema eléctrico amplificador seguidor de tensión

3. ELECCIÓN DEL CONDENSADOR DE FILTRO

Para la fuente de alimentación se realiza un filtrado por condensador, para la elección del condensador era necesario saber el valor de este.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Para encontrar el valor óptimo se realizó un barrido de diferentes valores para ver cuál era el valor mínimo que hacía que la tensión fuera estable.

La carga que se estimó del circuito era medio amperio como se puede ver en el esquema eléctrico siguiente

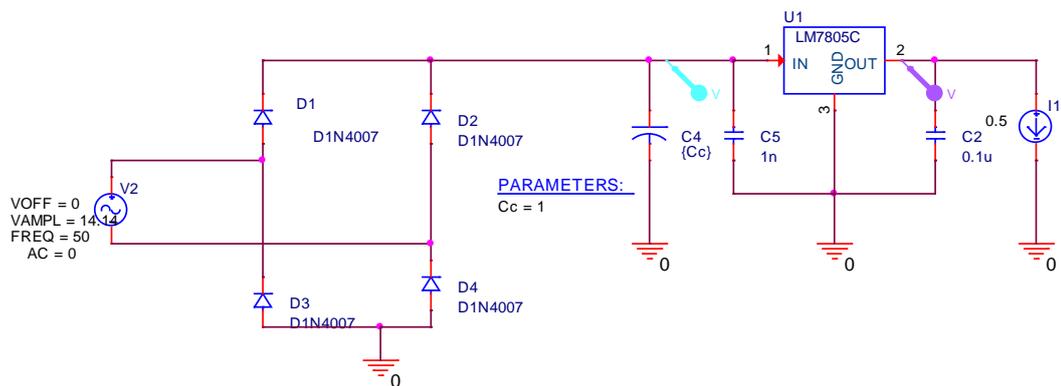
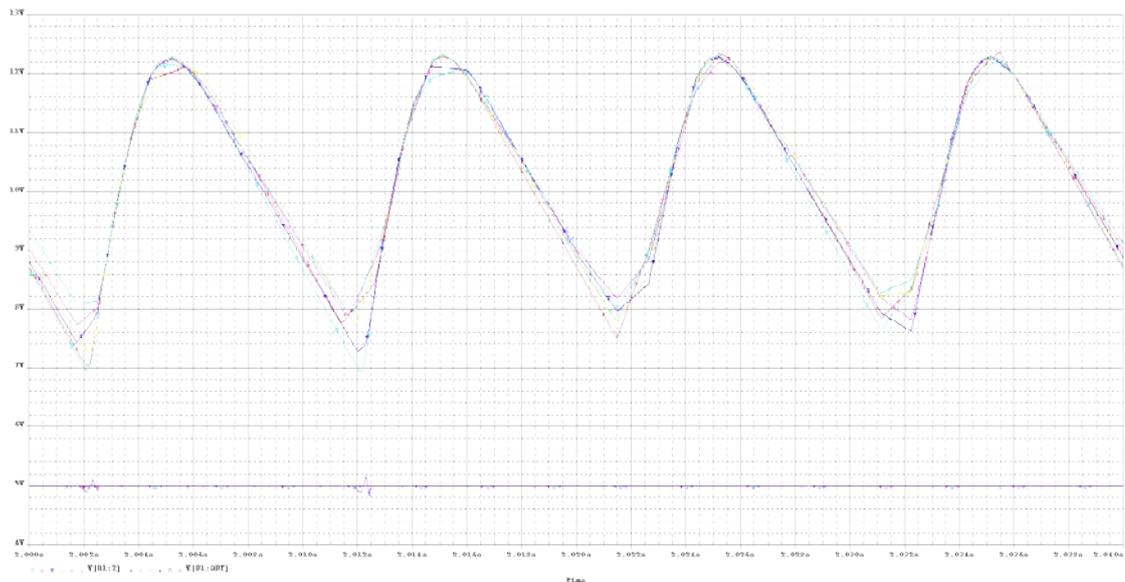
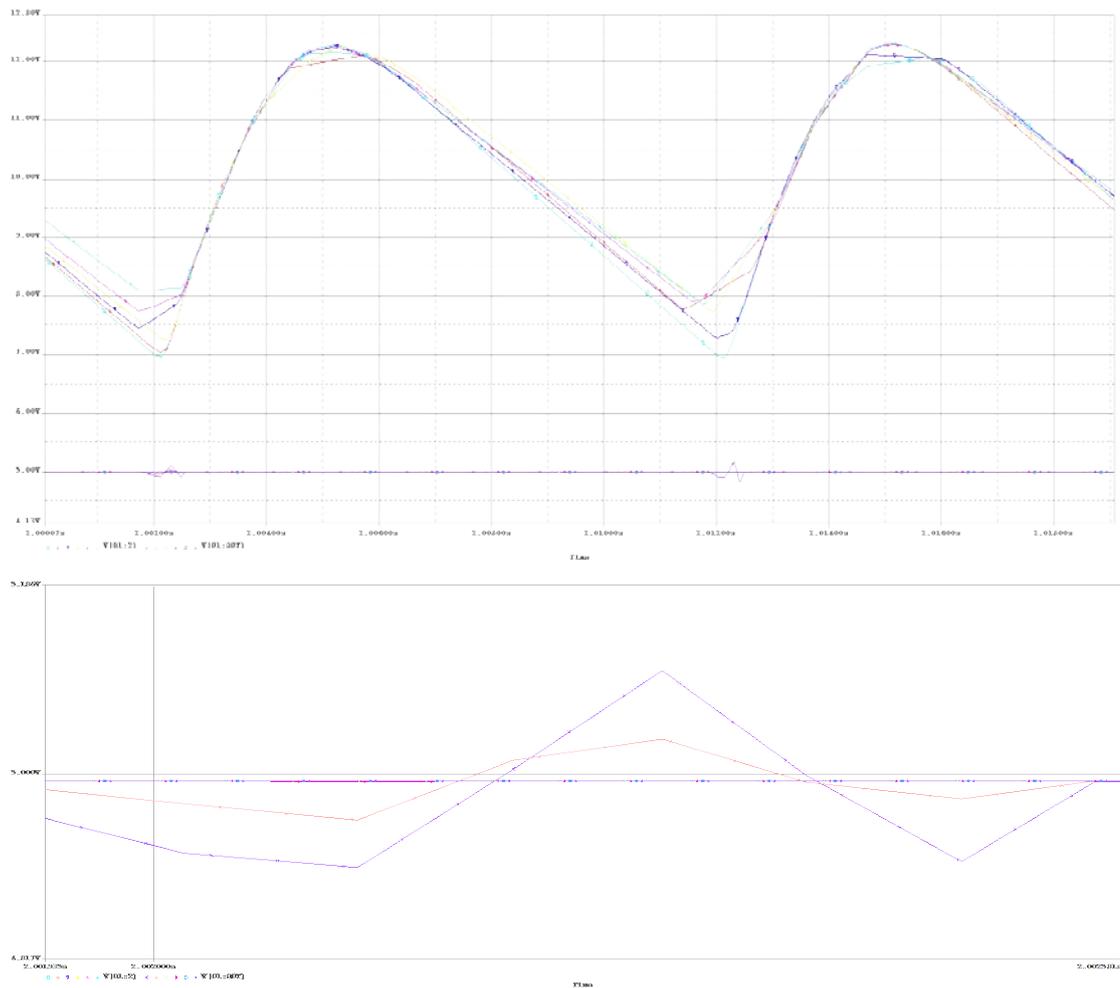


Figura 6. Esquema eléctrico simulación ORCAD





AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS



El resultado del barrido en ORCAD, nos mostraba un valor del condensador necesario superior a 660uF. Como el valor hallado teóricamente era de 900uF, se eligió el condensador más barato de valor superior a 900uF. Éste fue de 1000uF.

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

ANEJO DISEÑO PLACA PCB

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	CREACIÓN DE UN COMPONENTE	3
2.1	Crear la huella.....	3
2.2	Crear el símbolo.....	7
2.3	Conexión de huella y símbolo	9
3	ESQUEMA ELÉCTRICO	11
4	LAYOUT	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Icono para crear una huella</i>	4
Figura 2.	<i>Crear un nombre para la huella</i>	4
Figura 3.	<i>Seleccionar pads smd</i>	5
Figura 4.	<i>Cambiar opciones de grid</i>	5
Figura 5.	<i>Copiar a nuestra librería un encapsulado de otra</i>	6
Figura 6.	<i>Visualización de la huella copiada</i>	6
Figura 7.	<i>Huella incorporada en la librería</i>	7
Figura 8.	<i>Crear un símbolo</i>	8
Figura 9.	<i>Imagen del símbolo creado</i>	8
Figura 10.	<i>Configuración de las patillas</i>	9
Figura 11.	<i>Creación componente</i>	10
Figura 12.	<i>Insertar componente</i>	10
Figura 13.	<i>Conexión de las patillas.....</i>	11
Figura 14.	<i>Visualización de errores</i>	11
Figura 15.	<i>Añadir componente.....</i>	12
Figura 16.	<i>Búsqueda de componentes</i>	13
Figura 17.	<i>Cables de unión del esquema eléctrico</i>	13
Figura 18.	<i>Dar nombre a un componente</i>	14
Figura 19.	<i>Aviso de unión de dos componentes.....</i>	14
Figura 20.	<i>Creación de una etiqueta</i>	14



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

Figura 21. <i>Generar una placa impresa</i>	15
Figura 22. <i>Elección del número de capas</i>	16
Figura 23. <i>Elección de las distancias</i>	17
Figura 24. <i>Errores generados</i>	18
Figura 25. <i>Crear ruta</i>	18
Figura 26. <i>Optimizar distancias</i>	19
Figura 27. <i>Eliminar todas las pistas creadas</i>	19
Figura 28. <i>Diseño final</i>	20



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

1. INTRODUCCIÓN

Para el diseño de la placa, utilizaremos un software gratuito, que nos permitirá diseñar el esquema eléctrico y posteriormente trazar las pistas en una placa.

Usaremos Eagle. También podemos generar presupuestos de los diseños, crear componentes nuevos, generar los archivos necesarios para la fabricación de las placas, listas de materiales, listas para la fabricación de placas con posicionamiento automático de los componentes y también algunos cálculos como la resistencia eléctrica de las pistas y cálculos térmicos.

Creación de los siguientes componentes en una nueva librería

- ADE7763
- ACS712
- Amplificador Operacional
- Inversor de tensión MAXSIM1852
- Regulador 3.3V

Se va a explicar cómo se ha creado la placa final con los componentes desde un principio:

2. CREACIÓN DE UN COMPONENTE

Para crear un componente vamos a *librería* y creamos una *nueva librería* con los componentes que vamos a necesitar.

2.1 Crear la huella

En primer lugar vamos a crear un encapsulado o huella.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

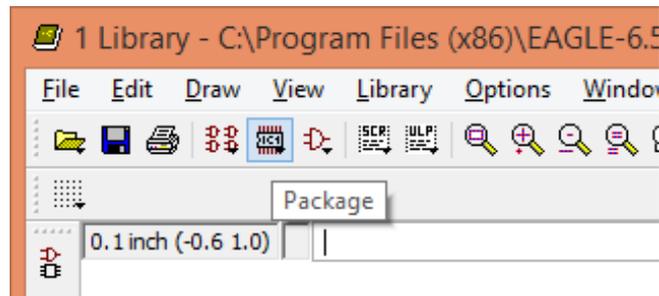


Figura 1. Icono para crear una huella

Si partimos de cero y lo vamos a crear totalmente nuevo, tenemos que ver si el componente es de tipo SMD o va ser agujereado (DRILL).

Para nuestro proyecto, todos los componentes que se han creado han sido tipo SMD.

Escribimos el nombre del encapsulado del componente que vamos a crear.

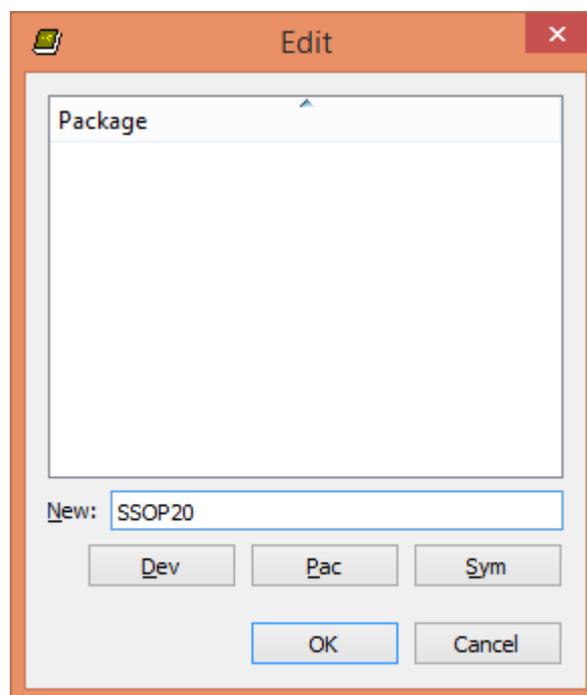


Figura 2. Crear un nombre para la huella

Presionamos en *Ok* y damos que si queremos crear un nuevo componente.

En la pantalla que se nos abre tenemos la opción de los pads SMD



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

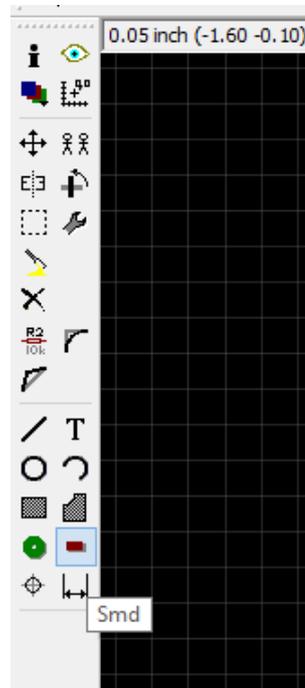


Figura 3. Seleccionar pads smd

Para variar el ancho de *grid* tenemos que seleccionarlo arriba a la izquierda y podemos cambiar los valores y las unidades si fuera necesario.



Figura 4. Cambiar opciones de grid

Únicamente, nos queda dibujar el componente mediante el comando WIRE y dibujando los pads SMD. Si queremos cambiar la orientación, pinchamos con el botón derecho del ratón.

En mi caso la huella ya estaba creada para todos los componentes y los dos que no, me bajé una librería con ese encapsulado específico.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Para poder usar una huella ya creada haremos los siguientes pasos:

Vamos a usar un encapsulado SOIC8 o lo que es lo mismo SO8.

Abrimos una nueva librería, una vez que sabemos que el encapsulado está en otra librería diferente, lo buscamos y con el botón derecho sobre el encapsulado damos a *copy to library*

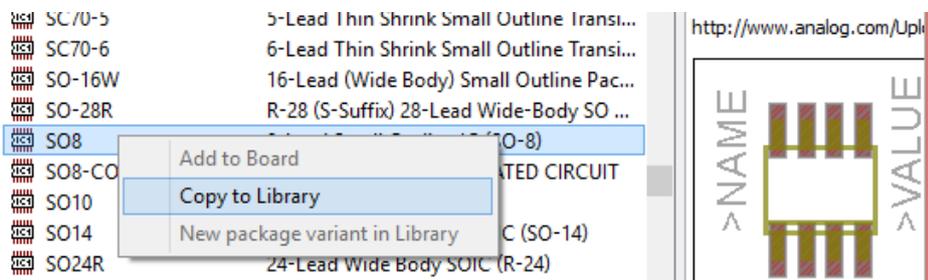


Figura 5. Copiar a nuestra librería un encapsulado de otra

En la librería que habíamos creado nueva se habrá copiado la huella que nos interesaba

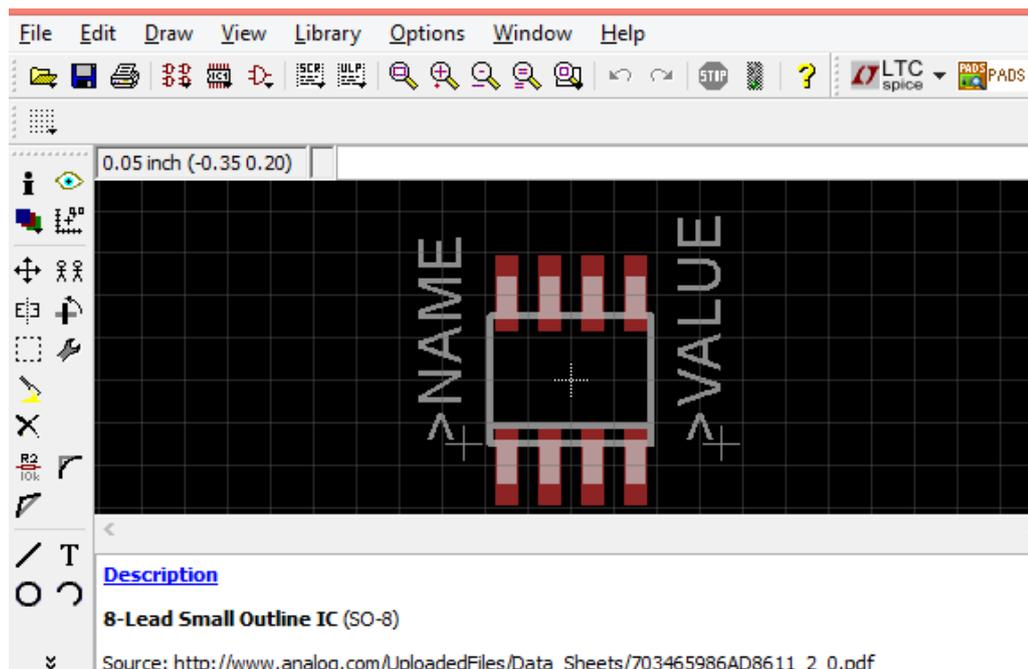


Figura 6. Visualización de la huella copiada



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Solo tenemos que guardar esta librería con el nombre que queramos, en este caso como prueba:

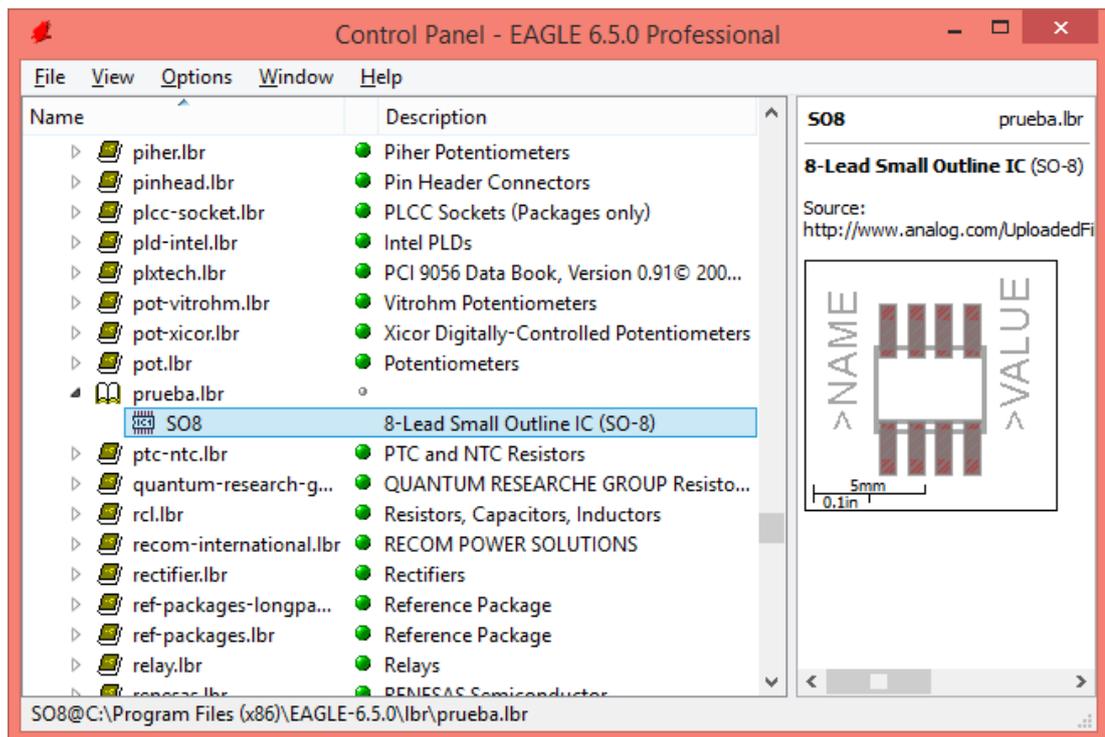


Figura 7. Huella incorporada en la librería

Como podemos ver se ha guardado el encapsulado SO8 en nuestra propia librería.

2.2 Crear el símbolo

Ahora vamos a proceder a crear el símbolo del componente

El símbolo será el cuadro que se dibujará a la hora de hacer el esquemático.

Pinchamos en el icono de symbol



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

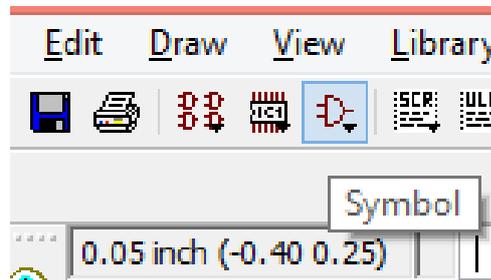


Figura 8. Crear un símbolo

Nos dirá que pongamos el nombre de nuestro nuevo componente damos *aceptar* y *ok*

Se nos abrirá una nueva pantalla donde dibujaremos el símbolo según nos interese. Éste, puede tener el tamaño que queramos y los pads en la posición deseada, sin ceñirse al componente tal cual aparece en la hoja de datos.

Pinchamos en *WIRE* y dibujamos el componente en la capa Symbols que es la 94, una vez que hayamos dibujado la caja, pondremos las patillas, pinchamos en el icono de la izquierda *pin* y vamos colocando las patas según nos interese:

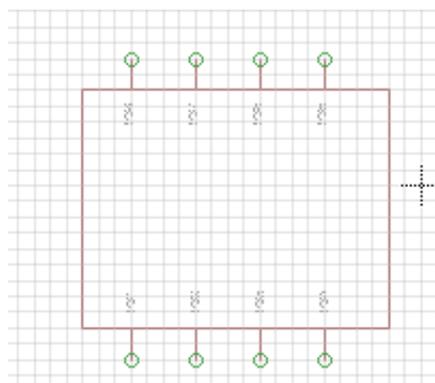


Figura 9. Imagen del símbolo creado

Si observamos, en cada patilla aparece una nomenclatura que nos indica si se trata de una entrada, salida o ambas.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Para cambiar el valor de estas patillas seleccionamos la *información* que aparece como una *i* y pinchamos en la opción que convenga cada patilla, dependiendo del componente.

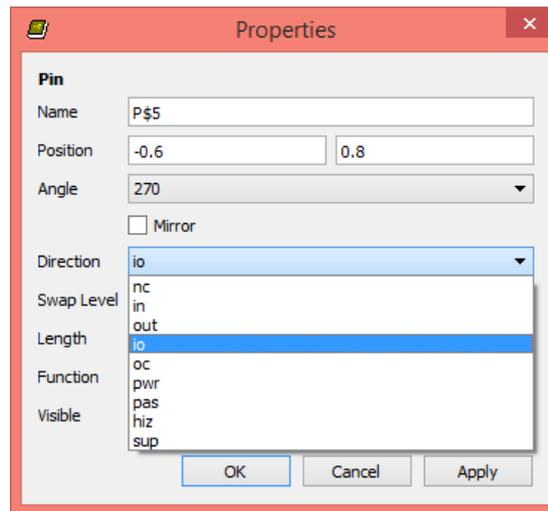


Figura 10. Configuración de las patillas

Por último escribimos un texto pinchando en la *T* de la barra de la izquierda en el que ponga:

>*NAME* y seleccionamos la capa 95 Names y también escribimos >*VALUE* y seleccionamos la capa 96 Values. Se colocarán cercanos al símbolo del componente

Estos dos textos servirán para poder dar nombre y valor en el esquema que hagamos.

2.3 Conexión de huella y símbolo

Para finalizar la creación de nuestro componente debemos pinchar en *DEVICE* y conectar las patillas del símbolo con las de la huella.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

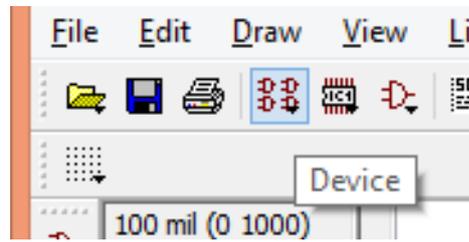


Figura 11. Creación componente

Cargamos el símbolo creado pinchando en *add a symbol* eligiendo el nombre del componente que hemos creado anteriormente

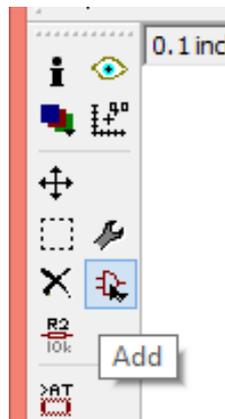


Figura 12. Insertar componente

Y en la parte de la derecha pinchando en *NEW* insertamos la huella que nos interesa

Ya solo queda unir las patillas. Eso lo hacemos pinchando en el botón de *CONNECT* y ahí unimos según la hoja de datos de componente



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

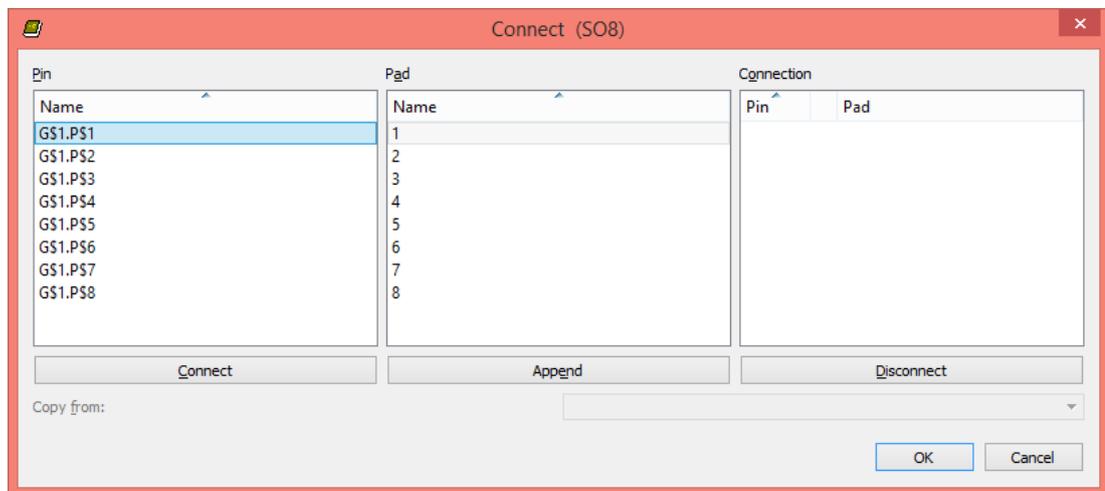


Figura 13. Conexión de las patillas

Cuando seleccionemos el número de la patilla y del pin que corresponde damos a *Connect*.

Si se han conectado correctamente nos saldrá un tic al lado de la huella, por el contrario, sino es así, nos aparecerá un aviso indicando que existe algún problema.

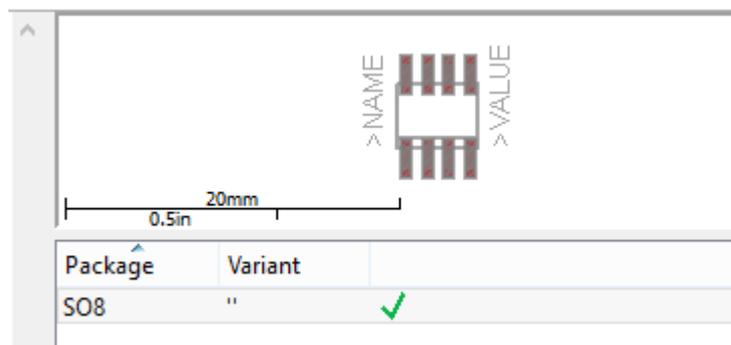


Figura 14. Visualización de errores

Una vez hecho esto ya tenemos creado un nuevo componente usando una huella creada en otra librería.

3 ESQUEMA ELÉCTRICO

Pinchamos en *new esquematic*, se nos abre una nueva pantalla donde iremos colocando los componentes.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

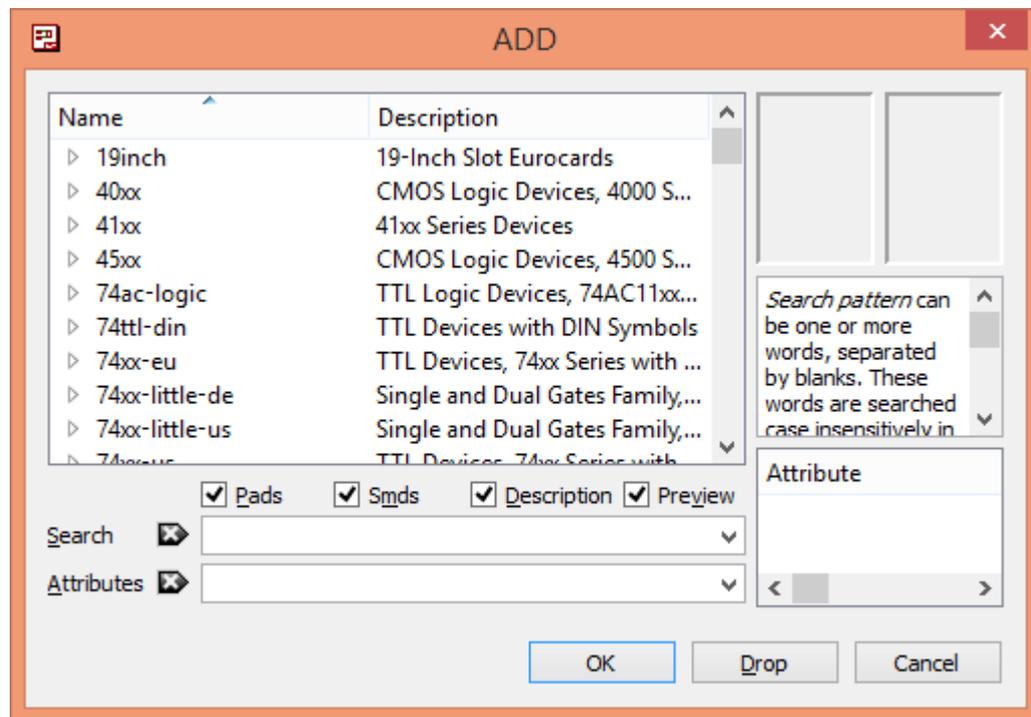


Figura 16. Búsqueda de componentes

Una vez que se han puesto los componentes los vamos uniendo con cable, para eso seleccionamos la opción Net.

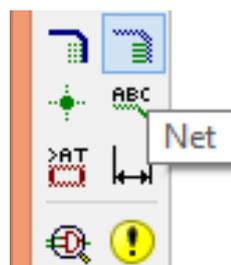


Figura 17. Cables de unión del esquema eléctrico

Si no queremos unir físicamente dos cables, podemos hacerlo de forma que sea más visual, es decir, ponemos un nombre al cable de un lado y el mismo al cable del otro, esto se hace seleccionando el cable y pinchando en NAME.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

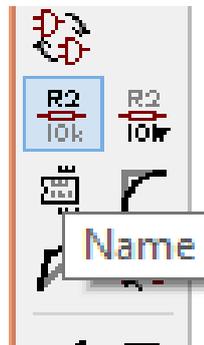


Figura 18. Dar nombre a un componente

Para comprobar si son correctos nos saldrá un aviso indicando que queremos unir ambas partes. Pulsamos que sí y ya quedan unidos las dos partes internamente en el Layout.

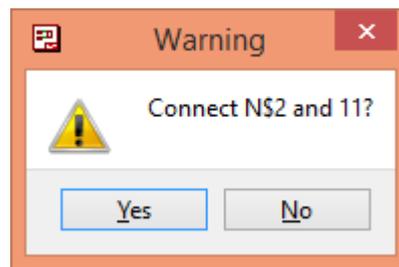


Figura 19. Aviso de unión de dos componentes

Para que podamos ver de forma más visual la conexión, sacamos una etiqueta en cada parte, esto lo hacemos pinchando en LABEL y después sobre el cable. Nos saldrá el nombre que hemos introducido anteriormente.

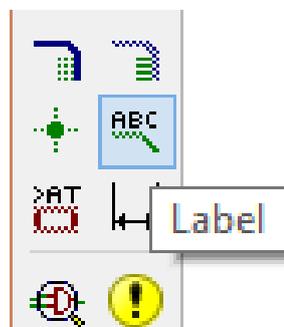


Figura 20. Creación de una etiqueta



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Si queremos poner texto, para dar explicaciones, solo tenemos que pinchar en la *T* de la barra de la izquierda y asignar el texto que queramos.

En los componentes, como pueden ser las resistencias y condensadores es necesario poner un valor. Como antes hemos dicho que teníamos que poner en la creación del componente en symbol el texto >VALUE, ahora esto nos servirá para cambiar el valor de dicho componente. Seleccionamos la opción VALUE que está al lado de NAME y ponemos el valor necesario. Así sucesivamente con el resto de componentes.

4 LAYOUT

Una vez creado el esquema final con todas sus conexiones, etiquetas y referencias de texto, pinchamos en *GENERATE TO BOARD* en la barra superior de la pantalla del programa.

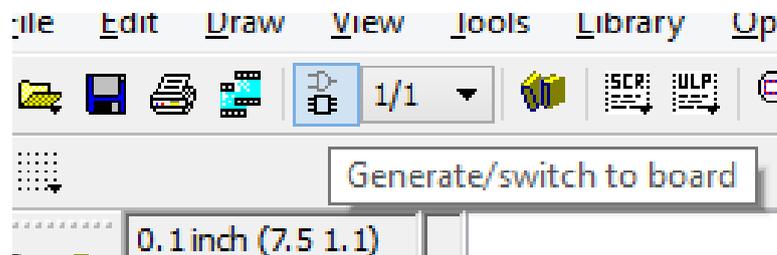


Figura 21. Generar una placa impresa

Nos aparecerá una pantalla con todos los elementos a su izquierda. Estos componentes los tendremos que ir colocando de la forma más óptima, para que luego, el rutado sea lo más sencillo posible.

Una vez que hemos colocado los componentes dentro del recuadro blanco que define el área de nuestra placa PCB, tenemos dos opciones:

- La primera y menos aconsejable, es hacer un autorutado.
- La segunda opción, es hacer un rutado manual, más lenta pero al final más óptima.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Para configurar parámetros como distancias, grosores u otras opciones, pinchamos en *DRC* y se nos abrirá la siguiente pestaña:

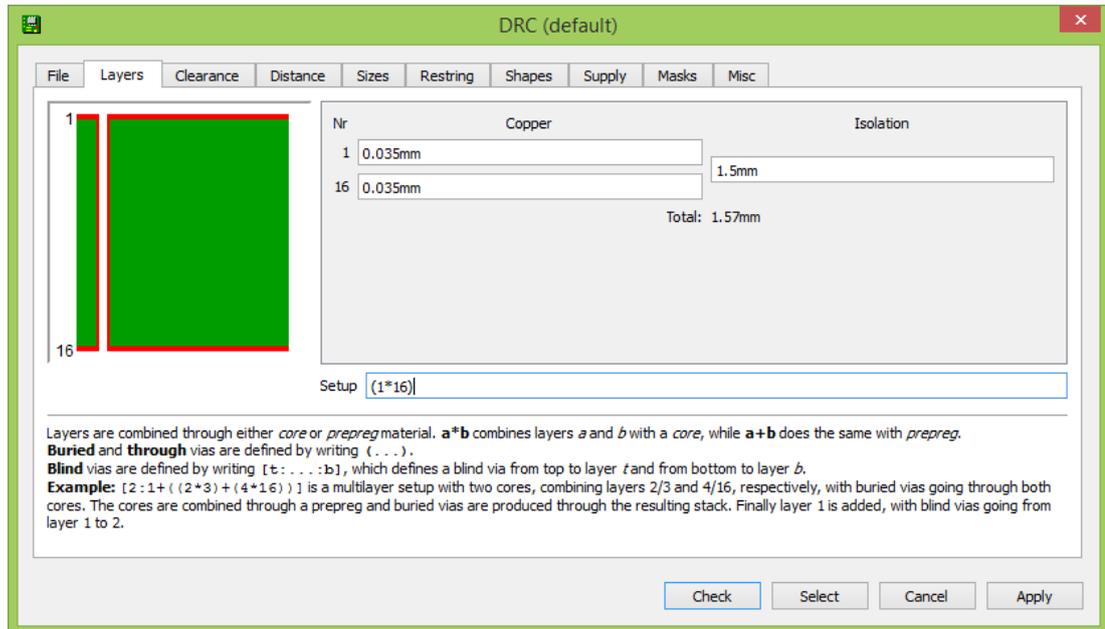


Figura 22. Elección del número de capas

En *Layers* seleccionamos el número de capas, si es la versión gratuita solo se pueden seleccionar dos capas, como viene por defecto.

En la pestaña de *clearance*:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

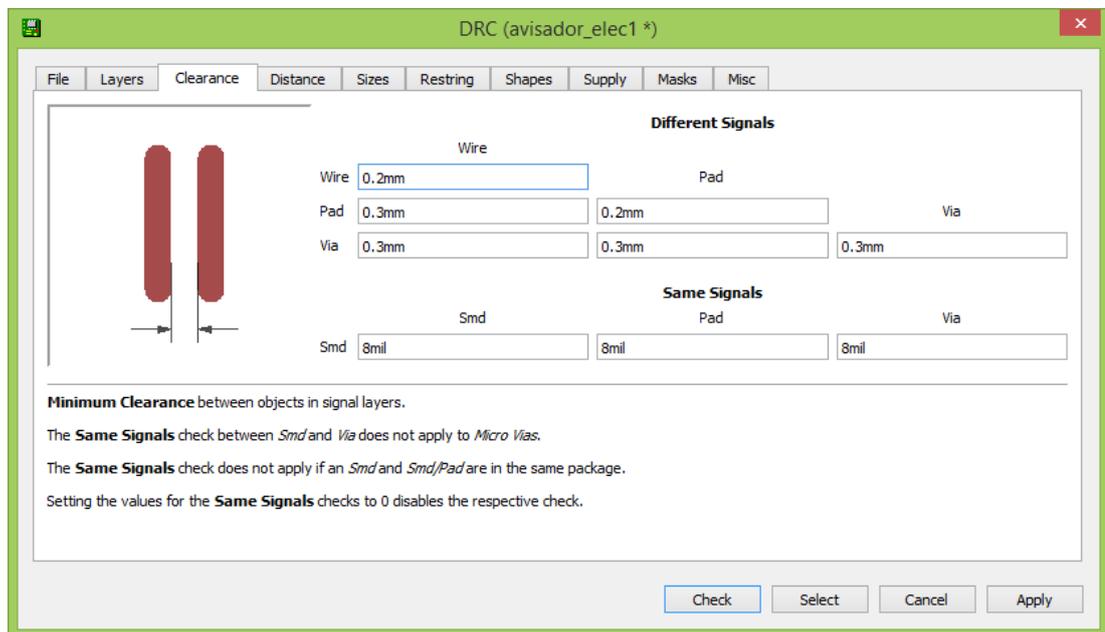


Figura 23. Elección de las distancias

Vamos modificando los valores de las distancias entre pads, entre vías, pistas, etc.

Hay más opciones pero en nuestro caso no son necesarias.

Para asegurarnos de que las medidas que hemos introducido son correctas hacemos clic en Check y nos saldrá una ventana con los posibles errores. Nos pueden aparecer errores indicando que la distancia de los pads del componente no cumple las restricciones marcadas; en este caso, aprobamos el error y continuamos, ya que, si tenemos componentes con encapsulados muy pequeños no van a cumplir muchas veces la distancia requerida entre sus patillas.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

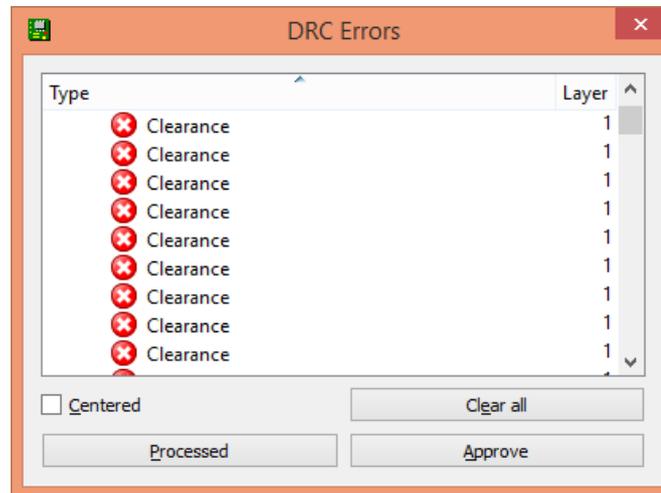


Figura 24. Errores generados

Para unir puntos tenemos que seleccionar *Route* y la capa e ir uniendo las líneas amarillas que nos muestran las uniones de los componentes.



Figura 25. Crear ruta

Si modificamos la posición de algún componente podemos pinchar en el icono *RATSNETS* que hace que automáticamente seleccione la ruta más corta, ya que, puede haber por ejemplo, varios componentes que tengan una misma masa.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

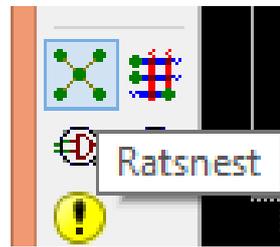


Figura 26. Optimizar distancias

Si cambiamos de una capa a otra en la misma pista nos creará automáticamente una vía que unirá las dos capas. Esto se muestra mediante un círculo o cuadrado verde, según lo seleccionemos nosotros mismos.

Si queremos borrar alguna línea solo tenemos que pinchar en *RIPUP* e ir pinchando en las pistas creadas. Si queremos eliminar todas las pistas, pinchamos en *RIPUP* y luego, en el semáforo al lado de la señal de *STOP*

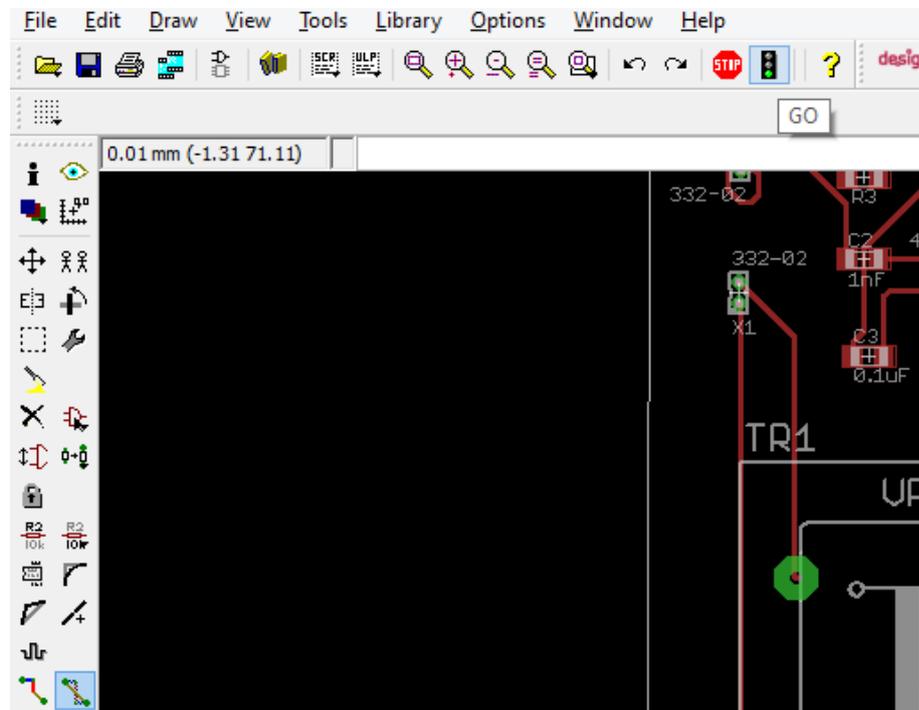


Figura 27. Eliminar todas las pistas creadas

El Layout final es el siguiente:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

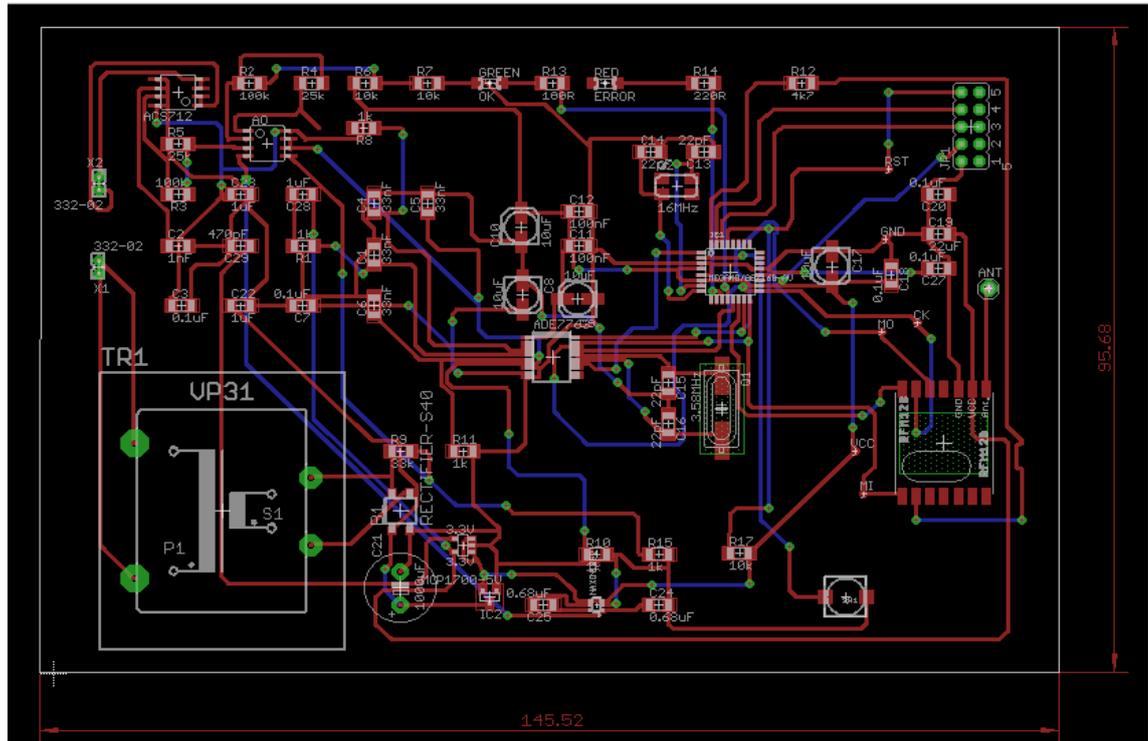


Figura 28. Diseño final

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

ANEJO SOLDADURA POR REFUSIÓN

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1. SOLDADURA POR REFUSIÓN.....	2
1.1 Fases:	2
2. HORNO DE REFUSIÓN	3
3. ADAPTADORES SOIC8 Y SSOP20	4
4. REGULADOR Y GRÁFICAS DE PROGRAMACIÓN.....	6

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Horno de refusión utilizado en el prototipo</i>	3
Figura 2. <i>Regulador del horno de refusión.....</i>	3
Figura 3. <i>Indicadores del proceso de refusión.....</i>	4
Figura 4. <i>Adaptador SSOP20 a DIP.....</i>	5
Figura 5. <i>Adaptador SOIC8 a DIP</i>	5
Figura 6. <i>Componente antes de ser soldado en el adaptador</i>	5
Figura 7. <i>Gráfica del proceso de soldadura por refusión</i>	6
Figura 8. <i>Gráfica del proceso de soldadura por refusión primera prueba</i>	7
Figura 9. <i>Gráfica del proceso de soldadura por refusión segunda prueba</i>	8
Figura 10. <i>Gráfica del proceso de soldadura por refusión tercera prueba</i>	9
Figura 11. <i>Gráfica del proceso de soldadura por refusión cuarta prueba</i>	10
Figura 12. <i>Gráfica del proceso de soldadura por refusión prueba óptima</i>	12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Parámetros de refusión primera prueba.....</i>	6
Tabla 2. <i>Parámetros de refusión segunda prueba</i>	7
Tabla 3. <i>Parámetros de refusión tercera prueba</i>	9
Tabla 4. <i>Parámetros de refusión cuarta prueba</i>	10
Tabla 5. <i>Parámetros de refusión prueba óptima</i>	11



1. SOLDADURA POR REFUSIÓN

La soldadura por refusión es el proceso en el cual la pasta de soldar es usada para unir componentes electrónicos (SMD) a sus *pads* de contacto en la placa de circuito impreso mediante la aplicación de calor por niveles de distintas intensidades que son programadas y reguladas mediante un controlador.

La soldadura de *reflow* es el método más común para soldar componentes de montaje superficial (SMD) a la placa de circuito impreso. El objetivo del proceso de reflujo es fundir la soldadura y calentar las superficies que se desean unir, consiguiendo una soldadura uniforme en todos los puntos, sin sobrecalentar ciertas partes del componente y evitando tensiones superficiales que puedan dañar el componente.

1.1 Fases:

En el proceso de soldadura por refusión se han dividido en cinco fases, cada una con un perfil térmico. Estas fases son:

1. Evaporación (*preheat*): Se evaporaran los disolventes de la pasta de soldar.
2. Activación (*preheat*): Se activa el *flux* y se deja que actúe.
3. Precalentado (*preheat* y *soak*): Se precalientan cuidadosamente los componentes y el circuito impreso.
4. Reflujo (*reflow*): Se derrite la soldadura permitiendo el mojado de todas las uniones.
5. Enfriado (*cooling*): Se enfría la placa soldada a una velocidad controlada y hasta una temperatura aceptable.

Se pueden considerar la primera y segunda fase como una única fase, es varía según autores y artículos. En nuestro caso la consideramos la misma, teniendo por lo tanto, cuatro fases:

1. Precalentamiento
2. Soak
3. Refusión
4. Enfriado



2. HORNO DE REFUSIÓN



Figura 1. Horno de refusión utilizado en el prototipo



Figura 2. Regulador del horno de refusión



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS



Figura 3. Indicadores del proceso de refusión

3. ADAPTADORES SOIC8 Y SSOP20

Para poder usar los componentes SMD en nuestra placa protoboard es necesario utilizar adaptadores o shields que varían según el estándar de cada circuito integrado.

Estos adaptadores convierten los diferentes formatos SMD, en nuestro caso SOIC-8 y SSOP-20, en formatos tipo DIP o de patillas de tal forma que se puedan pinchar en la protoboard y mejorar el manejo del componente con sus pads.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS



Figura 4. Adaptador SSOP20 a DIP

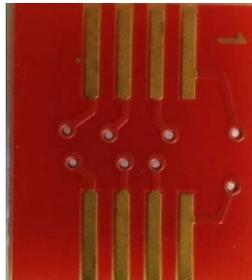


Figura 5. Adaptador SOIC8 a DIP

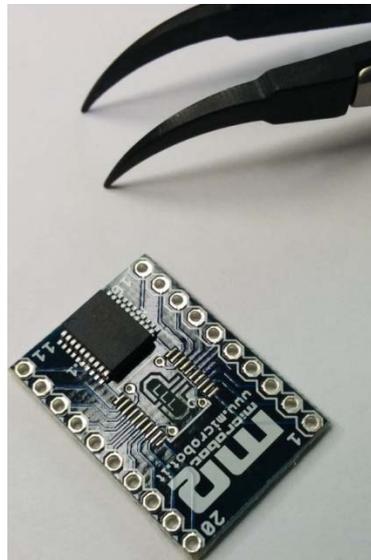


Figura 6. Componente antes de ser soldado en el adaptador



4. REGULADOR Y GRÁFICAS DE PROGRAMACIÓN

La imagen siguiente está sacada de la hoja de características de la pasta fundente. En ella nos da una referencia de cómo tiene que ser la curva del proceso de refusión, sus fases y tiempos de cada una de ellas.

A partir de esta gráfica tenemos que programar el regulador para que la soldadura quede correctamente entre el componente y la placa.

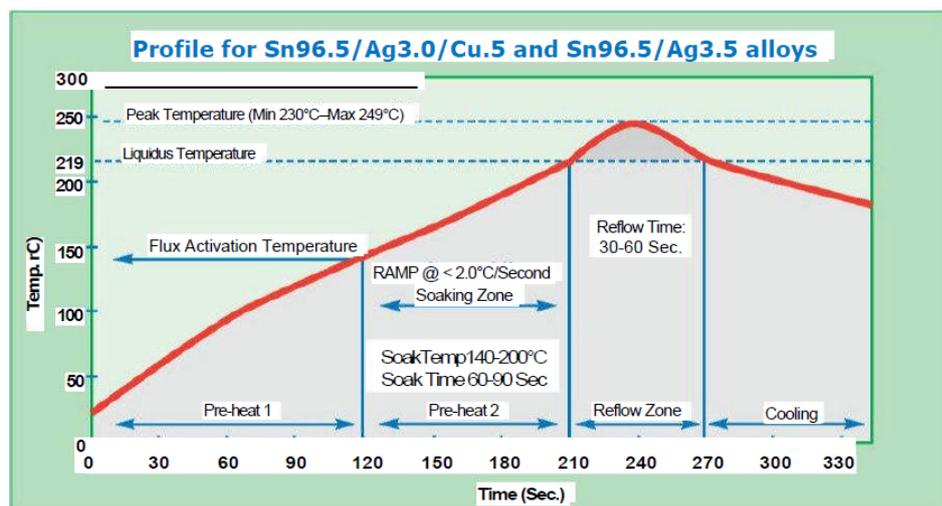


Figura 7. Gráfica del proceso de soldadura por refusión

La primera curva que se programó es la siguiente:

Tabla 1. Parámetros de refusión primera prueba

PARÁMETROS		
Preheat time	phttime	235
Preheat power	phtpwr	100
Preheat temp	phttemp	155
soak time	soaktime	90
soak power	soakpwr	100
soak temp	soaktemp	175
reflow temp	reflowtemp	242
reflow time	reflowtime	100



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

reflow power	reflowpwr	100
dwell temp	dwelltemp	232
dwell time	dwelltime	40
dwell power	dwellpwr	80

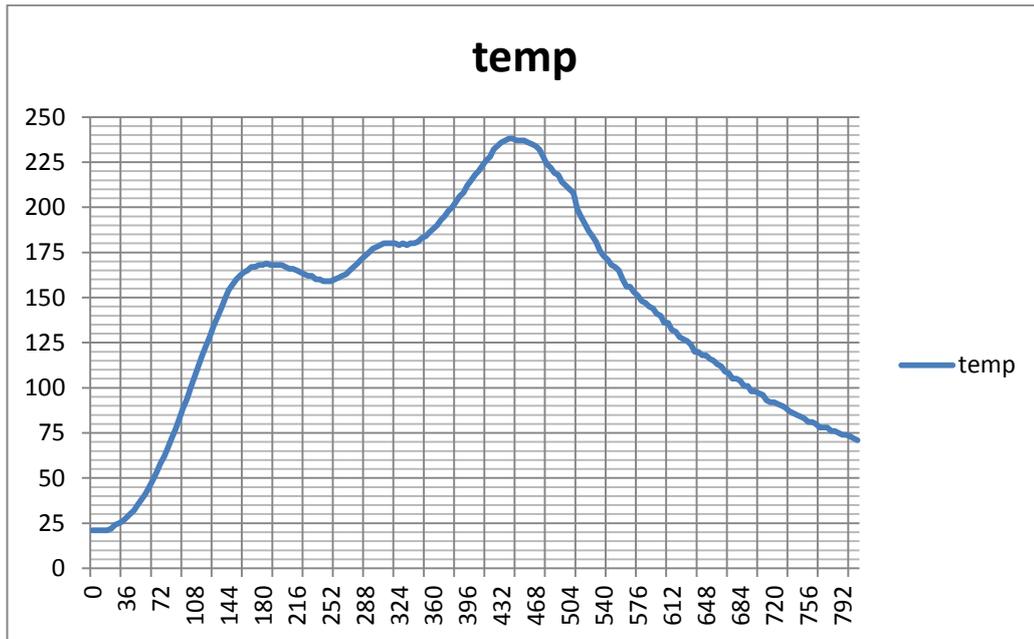


Figura 8. Gráfica del proceso de soldadura por refusión primera prueba

Al realizar las comprobaciones, veo que la soldadura en los componentes con mucha masa apenas alcanza la refusión. Por lo que hay que considerar aumentar el tiempo.

La segunda prueba tiene los siguientes resultados:

Tabla 2. Parámetros de refusión segunda prueba

PARÁMETROS		
Preheat time	phttime	295
Preheat power	phtpwr	100
Preheat temp	phttemp	155
soak time	soaktime	90
soak power	soakpwr	100
soak temp	soaktemp	175



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

reflow temp	reflowtemp	242
reflow time	reflowtime	100
reflow power	reflowpwr	100
dwell temp	dwelltemp	232
dwell time	dwelltime	40
dwell power	dwellpwr	80

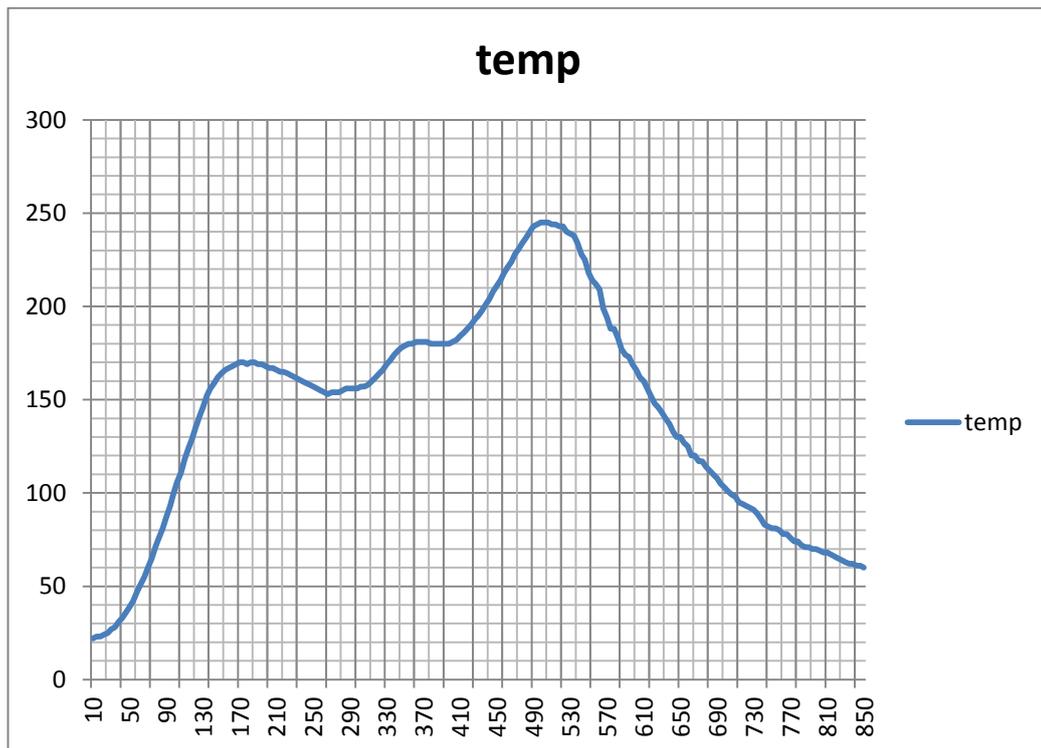


Figura 9. Gráfica del proceso de soldadura por refusión segunda prueba

La conclusión de esta segunda prueba fue que el precalentamiento se hizo con demasiada temperatura por lo que hubo una evaporación total del fundente, y de esta forma las conexiones eran defectuosas y muchas de ellas al aire.

La tercera prueba se realiza con una nueva pasta fundente. Se programa de la siguiente forma:



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Tabla 3. Parámetros de refusión tercera prueba

PARÁMETROS		
Preheat time	phttime	160
Preheat power	phtpwr	100
Preheat temp	phttemp	145
soak time	soaktime	90
soak power	soakpwr	100
soak temp	soaktemp	200
reflow temp	reflowtemp	240
reflow time	reflowtime	60
reflow power	reflowpwr	100
dwel temp	dweltemp	232
dwel time	dweltime	40
dwel power	dwelpwr	80

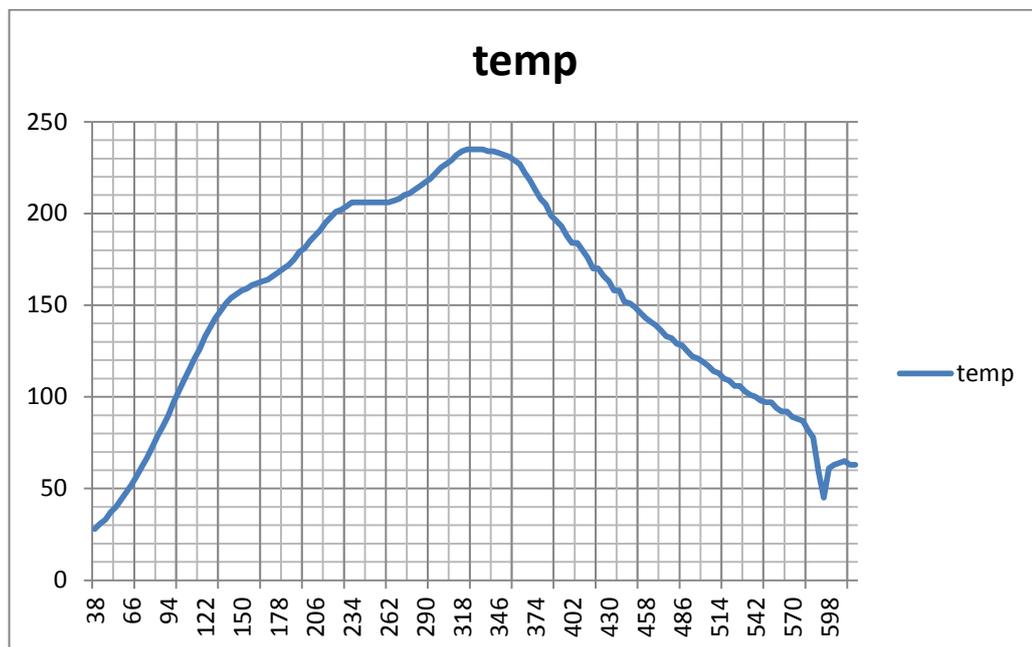


Figura 10. Gráfica del proceso de soldadura por refusión tercera prueba

Al ver los resultados de la tercera prueba con una nueva pasta, vemos que hay que bajar la temperatura de precalentamiento y aumentar su tiempo, ya que los componentes estaban soldados bien por una parte y mal por otras, debido a que el gradiente de temperatura no era igual en todas sus zonas.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

La cuarta prueba que se realizó se cambió el tiempo y temperatura de precalentamiento, y los tiempos de refusión y soak se alargaron ligeramente:

Tabla 4. *Parámetros de refusión cuarta prueba*

PARÁMETROS		
Preheat time	phttime	260
Preheat power	phtpwr	100
Preheat temp	phttemp	120
soak time	soaktime	110
soak power	soakpwr	100
soak temp	soaktemp	200
reflow temp	reflowtemp	240
reflow time	reflowtime	75
reflow power	reflowpwr	100
dwell temp	dwelltemp	232
dwell time	dwelltime	40
dwell power	dwellpwr	80

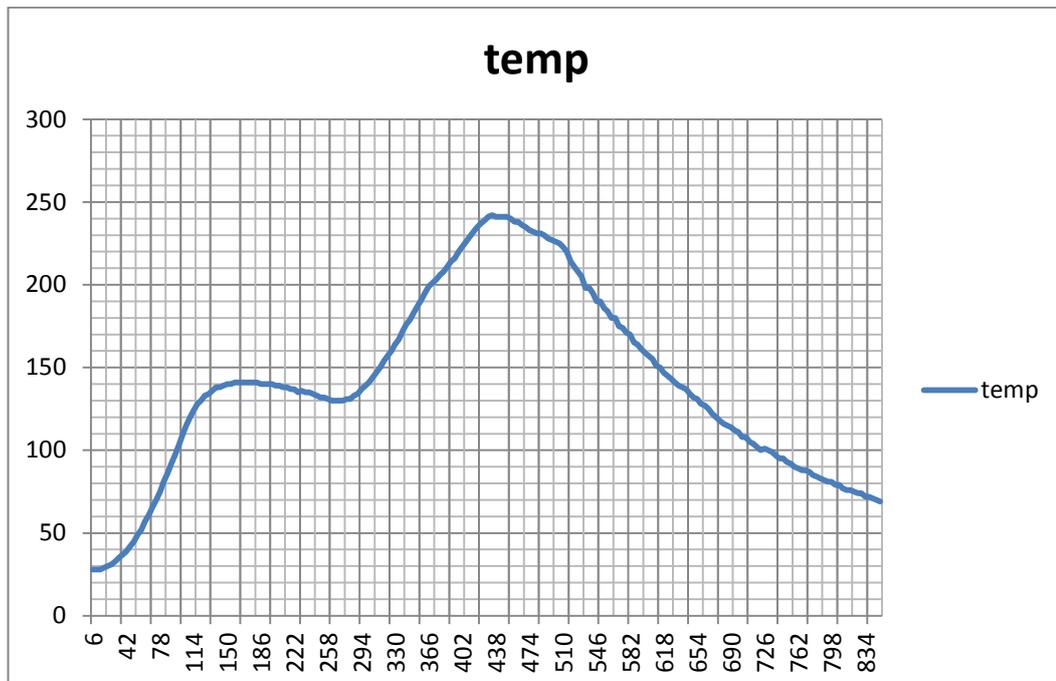


Figura 11. *Gráfica del proceso de soldadura por refusión cuarta prueba*



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Observamos que necesitamos más tiempo de precalentamiento a menos temperatura y el aumento del tiempo de refusión. La misión del precalentamiento es conseguir una temperatura uniforme en las patillas y el fundente y que el tiempo de refusión permita que se adhieran correctamente

Finalmente después de realizar otras ocho pruebas y variando los tiempos y temperaturas de cada fase se llega a la siguiente tabla de datos:

Tabla 5. *Parámetros de refusión prueba óptima*

PARÁMETROS		
Preheat time	phttime	280
Preheat power	phtpwr	100
Preheat temp	phttemp	150
soak time	soaktime	90
soak power	soakpwr	100
soak temp	soaktemp	200
reflow temp	reflowtemp	242
reflow time	reflowtime	70
reflow power	reflowpwr	100
dwel temp	dweltemp	232
dwel time	dweltime	30
dwel power	dwelpwr	80



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

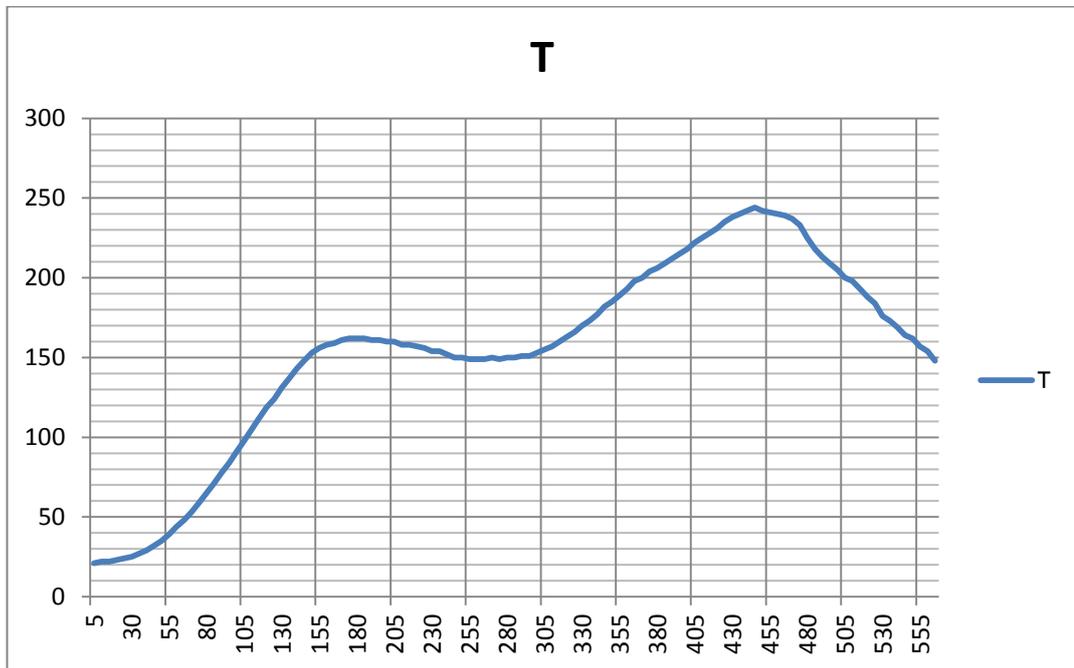


Figura 12. Gráfica del proceso de soldadura por refusión prueba óptima

A la conclusión que se llega es que la placa se suelda satisfactoriamente. Algunas soldaduras quedan bastante oxidadas por lo que se puede considerar bajar el tiempo de refusión o aumentar el tiempo del precalentamiento. Asimismo se considera que las temperaturas son correctas

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

PLANOS

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

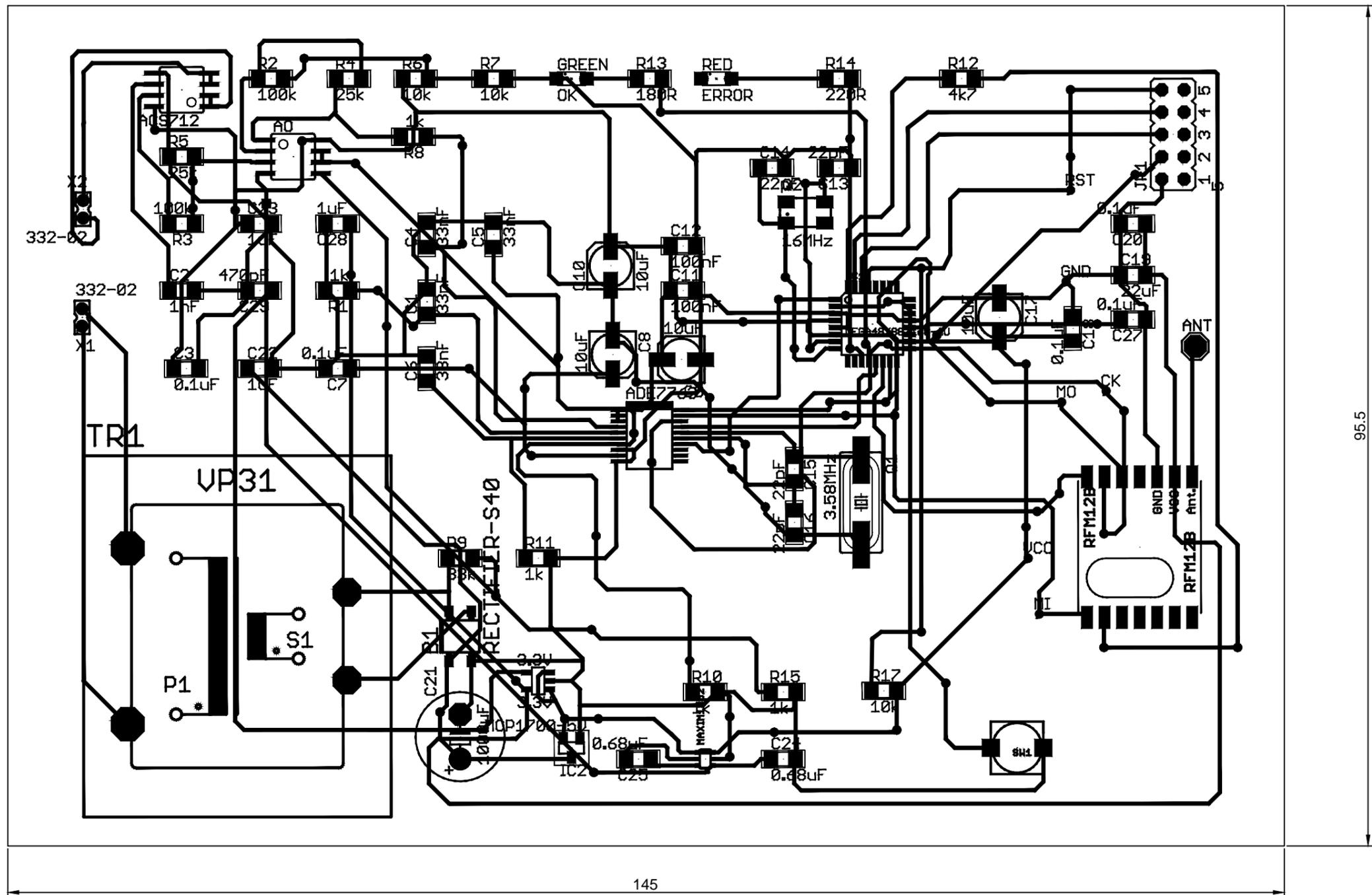
Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014

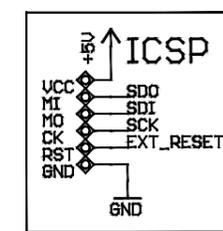
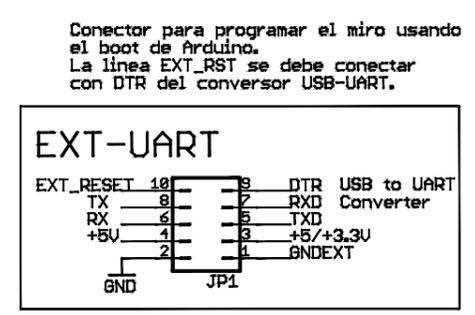
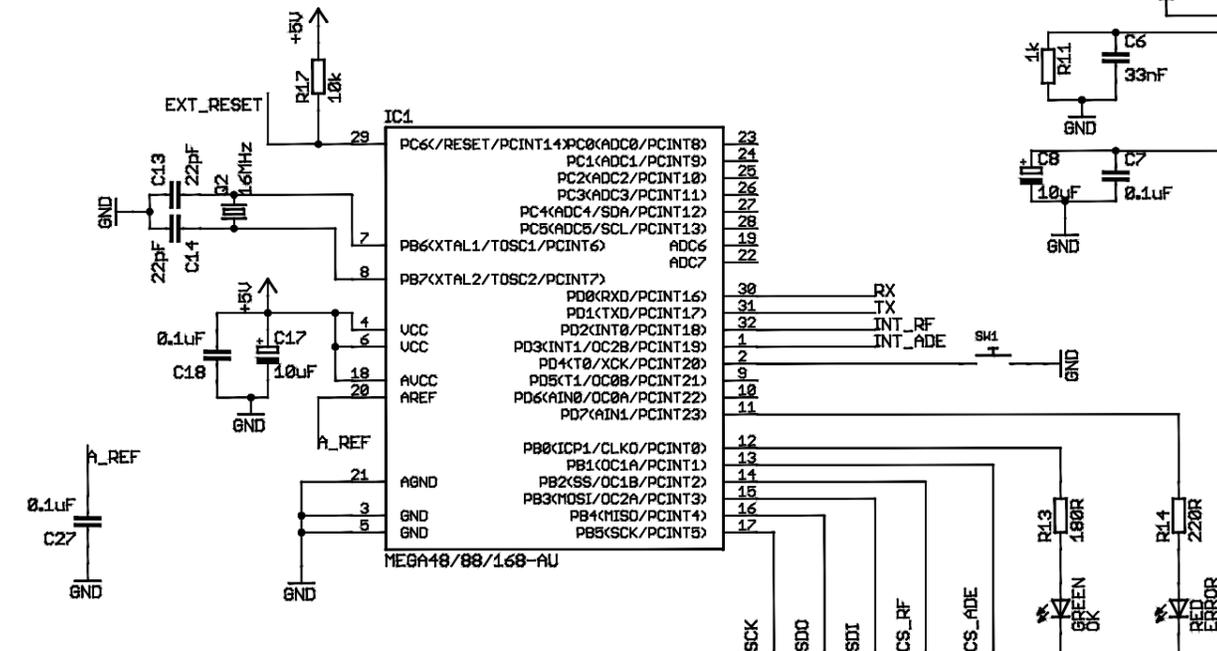
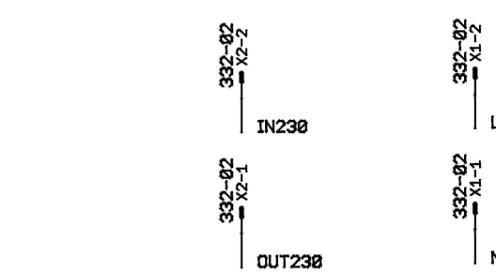
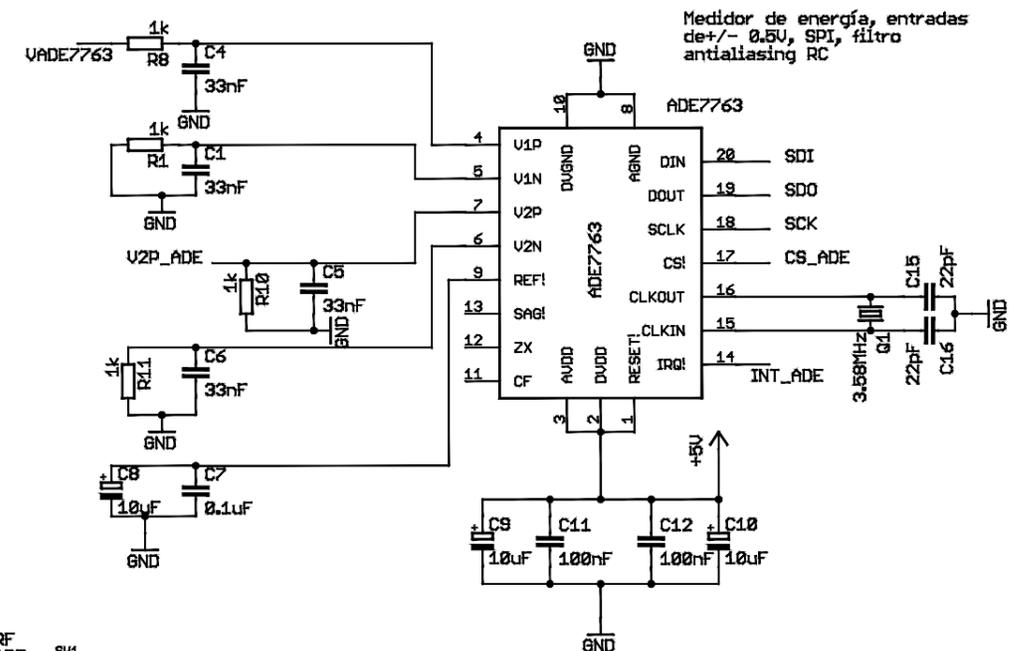
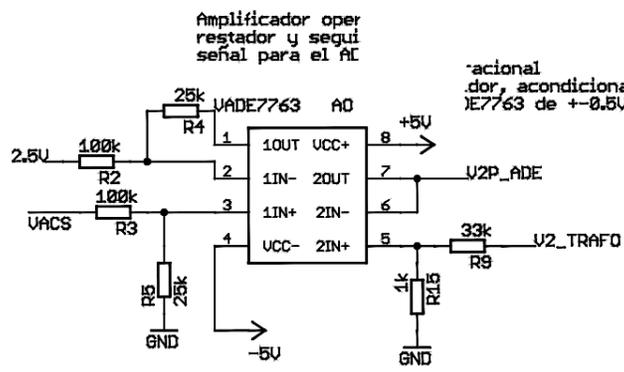
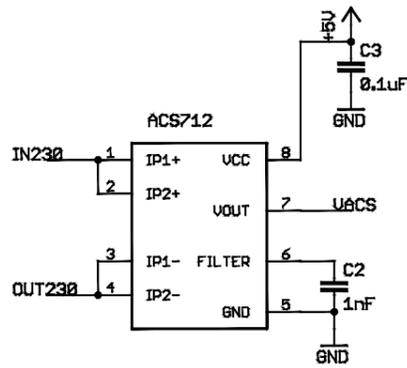
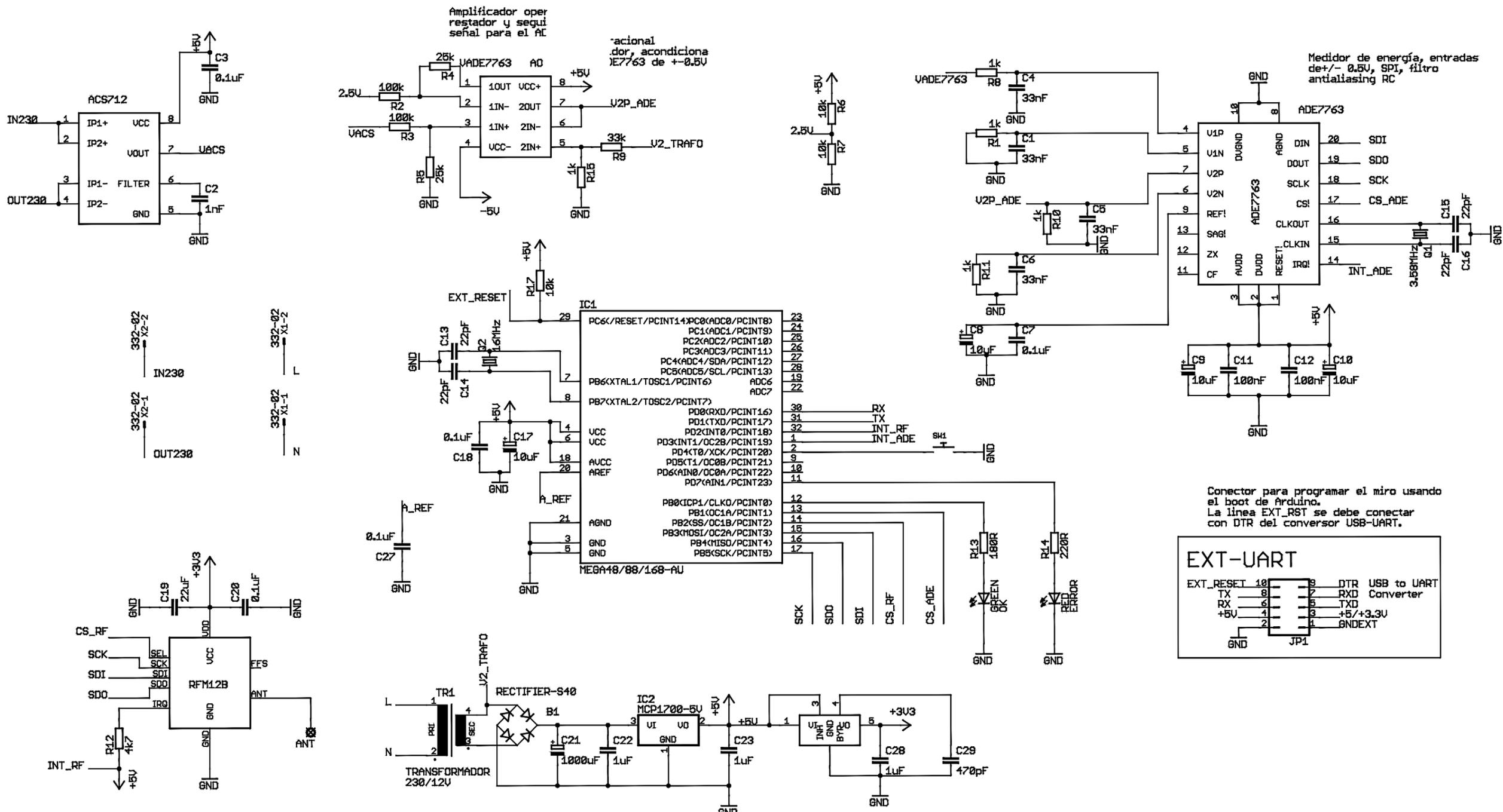


Contenido

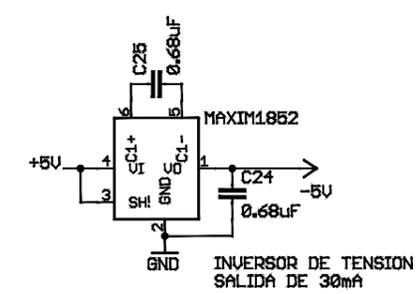
1. Plano esquema Eléctrico PCB.....	1
2. Plano esquema Layout PCB.....	2



Fecha:	18/07/2014	Firma:	UNIVERSIDAD DE BURGOS ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Nombre:	Sergio Alonso de Santocildes Nebreda		
Escala:	2:1	ESQUEMA LAYOUT PCB	
		PLANO N°	2/2
		Sustituye a:	
		Sustituido por:	



Lo habitual sería actualizar el firmware desde la centralita o desde el puerto "EXT-UART", no se usa un conector "ICSP", se usan "test-points" para ahorrar espacio, se puede actualizar el bootloader si fuera necesario



Fecha:	18/07/2014	Firma:	UNIVERSIDAD DE BURGOS ESCUOLA POLITÉCNICA SUPERIOR Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Nombre:	Sergio Alonso de Santocildes Nebreda		
ESQUEMA ELÉCTRICO PCB			PLANO N° 1/2
			Sustituye a:
			Sustituido por:

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

PRESUPUESTO

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Contenido

1.	MEDICIONES	2
2.	CUADRO DE PRECIOS	4
2.1	Cuadro de precios 1.....	4
2.2	Cuadro de precios 2.....	6
3	PRESUPUESTO.....	9
3.1	Presupuesto ejecución material.....	9
3.2	Presupuesto ejecución contrata.....	10



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

1. MEDICIONES

1.- Sensor de corriente

Nº	Designación	Cantidad	Unidades
1.1	ACS 712	1	Ud.
1.2	Condensador 0.1uF	1	Ud.
1.3	Condensador 1nF	1	Ud.
1.4	Amplificador operacional	1	Ud.
1.5	Resistencia 100kΩ	2	Uds.
1.6	Resistencia 25kΩ	2	Uds.
1.7	Resistencia 10kΩ	2	Uds.

2.- Medidor energía

Nº	Designación	Cantidad	Unidades
2.1	ADE7763	1	Ud.
2.2	Condensador 33nF	4	Uds.
2.3	Condensador 10uF electrolítico	3	Uds.
2.4	Condensador 22pF	2	Uds.
2.5	Condensador 100nF	3	Uds.
2.6	Reloj 3.58 MHz	1	Ud.
2.7	Resistencia 1kΩ	4	Uds.
2.8	Resistencia 33kΩ	1	Ud.

3.- Microcontrolador

Nº	Designación	Cantidad	Unidades
3.1	Microcontrolador AVR ATmega328p	1	Ud.
3.2	Condensador 0.1uF	2	Uds.
3.3	Condensador 10uF electrolítico	1	Ud.
3.4	Resistencia 220Ω	1	Ud.
3.5	Resistencia 180Ω	1	Ud.
3.6	Resistencia 10KΩ	1	Ud.
3.7	Diodo Led verde	1	Ud.
3.8	Diodo Led rojo	1	Ud.
3.9	Reloj 16MHz	1	Ud.
3.10	Condensador 22pF	2	Uds.
3.11	Pulsador	1	Ud.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

4.- Módulo de Radiofrecuencia

Nº	Designación	Cantidad	Unidades
4.1	Módulo RFM12B	1	Ud.
4.2	Condensador 22uF	1	Ud.
4.3	Condensador 0.1uF	1	Ud.
4.4	Resistencia 4k7Ω	1	Ud.
4.5	Antena	0.08	Metros

5.- PCB

Nº	Designación	Cantidad	Unidades
5.1	PCB cuatro capas (145x95,5)mm	1	Ud.
5.2	Soldadura SMD	0.8	Metros.
5.3	Pines UART	5	Patillas

6.- Fuente alimentación

Nº	Designación	Cantidad	Unidades
6.1	Transformador 230/12V	1	Ud.
6.2	Puente diodos 600V/1.5A	1	Ud.
6.3	Condensador 1000uF electrolítico	1	Ud.
6.4	Condensador 1uF	3	Uds.
6.5	Condensador 0.68uF	2	Uds.
6.6	LM7805	1	Ud.
6.7	Inversor de tensión	1	Ud.
6.8	Regulador 3.3V	1	Ud.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

2. CUADRO DE PRECIOS

2.1 Cuadro de precios 1

1. Sensor Corriente

Nº	Designación	Precio en letra	Precio en cifra
1.1	ACS 712	Dos euros coma setenta céntimos	2.7€
1.2	Condensador 0.1uF	Tres céntimos	0.03€
1.3	Condensador 1nF	Nueve céntimos	0.09€
1.4	Amplificador operacional	Veintisiete céntimos	0.27€
1.5	Resistencia 100kΩ	Tres céntimos	0.03€
1.6	Resistencia 25kΩ	Cinco céntimos	0.05€
1.7	Resistencia 10kΩ	Tres céntimos	0.03€

2. Medidor de energía

Nº	Designación	Precio en letra	Precio en cifra
2.1	ADE7763	Dos euros coma cincuenta céntimos	2,5€
2.2	Condensador 33nF	Trece céntimos	0.13€
2.3	Condensador 10uF electrolítico	Siete céntimos	0.07€
2.4	Condensador 22pF	Diez céntimos	0.1€
2.5	Condensador 100nF	Tres céntimos	0.03€
2.6	Reloj 3.58 MHz	Veinticinco céntimos	0.25€
2.7	Resistencia 1kΩ	Cinco céntimos	0.05€
2.8	Resistencia 33kΩ	Seis céntimos	0.06€

3. Microcontrolador

Nº	Designación	Precio en letra	Precio en cifra
3.1	Microcontrolador AVR ATmega328p	Dos euros coma noventa y ocho céntimos	2.98€
3.2	Condensador 0.1uF	Tres céntimos	0.03€
3.3	Condensador 10uF electrolítico	Siete céntimos	0.07€
3.4	Resistencia 220Ω	Cuatro céntimos	0.04€
3.5	Resistencia 180Ω	Cuatro céntimos	0.04€



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

3.6	Resistencia 10K Ω	Tres céntimos	0.03€
3.7	Diodo Led verde	Un céntimo	0.01€
3.8	Diodo Led rojo	Un céntimo	0.01€
3.9	Reloj 16MHz	Cuarenta y cinco céntimos	0.45€
3.10	Condensador 22pF	Diez céntimos	0.1€
3.11	Pulsador	Siete céntimos	0.07€

4. Radiofrecuencia

Nº	Designación	Precio en letra	Precio en cifra
4.1	Módulo RFM12B	Dos euros coma veintiocho céntimos	2.28€
4.2	Condensador 22uf electrolítico	Cinco céntimos	0.05€
4.3	Condensador 0.1uF	Tres céntimos	0.03€
4.4	Resistencia 4k7 Ω	Cuatro céntimos	0.04€
4.5	Antena	Un céntimo	0.01€

5. PCB

Nº	Designación	Precio en letra	Precio en cifra
5.1	PCB cuatro capas	Dos euros coma diez céntimos	2.1€
5.2	Soldadura SMD	Diez céntimos	0.1€
5.3	Pines UART	Un céntimo	0.01€

6. Fuente de alimentación

Nº	Designación	Precio en letra	Precio en cifra
6.1	Transformador 230/12V	Tres euros coma treinta y un céntimos	3.31€
6.2	Puente diodos 600V/1.5A	Veintiún céntimos	0.21€
6.3	Condensador 1000uF electrolítico	Treinta y un céntimos	0.31€
6.4	Condensador 1uF	Cuatro céntimos	0.04€
6.5	Condensador 0.68uF	Cinco céntimos	0.05€
6.6	LM7805	Veinte céntimos	0.2€
6.7	Inversor de tensión	Un euro	1€



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

6.8	Regulador 3.3V	Catorce céntimos	0.14€
-----	----------------	------------------	-------

2.2 Cuadro de precios 2

Nº	Designación	HORAS	PRECIO/HORA	TOTAL
1	Sensor de corriente			
	Materiales			3,31 €
	Búsqueda y adquisición	2	10 €	20 €
	Montaje	1	10 €	10 €
	Equipo y herramientas			0,50 €
	Costes directos			33,81 €
	Costes indirectos (6%)			2,03 €
	TOTAL			35,84 €

Nº	Designación	HORAS	PRECIO/HORA	TOTAL
2	Medidor de energía			
	Materiales			4,53 €
	Búsqueda y adquisición	2	10 €	20 €
	Montaje	8	10 €	80 €
	Pruebas	80	10 €	800 €
	Equipo y herramientas			8,50 €
	Costes directos			913,03 €
	Costes indirectos (6%)			54,78 €
	TOTAL			967,81 €

Nº	Designación	HORAS	PRECIO/HORA	TOTAL
3	Microcontrolador			
	Materiales			3,96 €
	Búsqueda y adquisición	1,5	10 €	15 €
	Montaje	2	10 €	20 €



GRADO EN ELETRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Programación	150	10 €	1.500 €
Pruebas	20	10 €	200 €
Equipo y herramientas			0,80 €
Costes directos			1.739,76 €
Costes indirectos (6%)			104,39 €
TOTAL			1.844,15 €

Nº	Designación	HORAS	PRECIO/HORA	TOTAL
4	Módulo de radiofrecuencia			
	Materiales			2,41 €
	Búsqueda y adquisición	3	10 €	30 €
	Montaje	2	10 €	20 €
	Pruebas	8	10 €	80 €
	Equipo y herramientas			0,80 €
	Costes directos			133,21 €
	Costes indirectos (6%)			7,99 €
	TOTAL			141,20 €

Nº	Designación	HORAS	PRECIO/HORA	TOTAL
5	PCB			
	Materiales			2,21 €
	Diseño del esquemático	40	10 €	400 €
	Diseño de PCB	16	10 €	160 €
	Pruebas	2	10 €	20 €
	Equipo y herramientas			8,80 €
	Costes directos			589,01 €
	Costes indirectos (6%)			34,98 €
	TOTAL			625,99 €



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Nº	Designación	HORAS	PRECIO/HORA	TOTAL
6	Fuente de alimentación			
	Materiales			5,39 €
	Búsqueda y adquisición	15	10 €	150 €
	Montaje	2	10 €	20 €
	Rediseño	2	10 €	20 €
	Pruebas	10	10 €	100 €
	Costes directos			295,39 €
	Costes indirectos (6%)			17,72 €
	TOTAL			313,11 €



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

3 PRESUPUESTO

3.1 Presupuesto ejecución material

Nº	Designación	TOTAL
1.	Sensor de corriente	35,84 €
2.	Medidor de energía	967,81 €
3.	Microcontrolador	1.844,15 €
4.	Módulo de radiofrecuencia	141,20 €
5.	PCB	625,99 €
6.	Fuente de alimentación	313,11 €
	SUBTOTAL	3.920,10 €
	Control de Calidad (1%)	39,20 €
	TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	3.959,30 €

El presupuesto de Ejecución material asciende a la cantidad de **TRES MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE COMA TREINTA EUROS.**



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

3.2 Presupuesto ejecución contrata

Presupuesto ejecución por contrata	
Presupuesto ejecución material	3.959,30 €
Gastos generales (13%)	514,71 €
Beneficio Industrial (6%)	237,56 €
SUBTOTAL	4.711,57 €
I.V.A. (21%)	989,43 €
TOTAL	5.701,00 €

El presupuesto de Ejecución por contrata asciende a la cantidad de **CINCO MIL SETECIENTOS UN EUROS**.

Para que así conste firmo el documento.

Burgos, a 18 de Julio de 2014

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

PLIEGO DE CONDICIONES

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA
DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



Contenido

1.	PLIEGO PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES Y ECONÓMICAS.....	2
1.1	Condiciones generales.....	2
1.2	Objeto del pliego de condiciones.....	2
1.3	Interpretación del proyecto	3
1.4	Normativa vigente	3
1.5	Uso del dispositivo.....	5
1.6	Condiciones de compromisos contractuales	5
1.7	Del fabricante	6
1.8	Del proyecto	6
1.9	Del presupuesto	6
2	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	7
2.1	Condiciones técnicas generales del proyecto	7
2.1.1	Características de las placas de circuito impreso	7
2.1.2	Características de los componentes electrónicos.....	7
2.1.3	Características de las cajas.....	8
2.2	Condiciones de ejecución.....	8
2.2.1	Fabricación de las placas de circuito impreso.....	8
2.2.2	Mecanizado y serigrafía de las cajas	9
2.2.3	Ensamblaje y conexionado de los elementos	9
2.3	Precauciones de uso.....	10
2.4	Garantía y servicio post-venta.....	10



1. PLIEGO PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES Y ECONÓMICAS

1.1 Condiciones generales

El presente pliego tiene por objeto la ordenación con carácter general de las condiciones que han de regir en la ejecución y desarrollo del sistema tratado en este proyecto: Avisador de electrodomésticos para discapacitados auditivos.

Los documentos imprescindibles que debe incluir el proyecto son: Memoria, Planos, Presupuesto y Pliego de Condiciones.

De todos los documentos que aparecen en este proyecto, se deberá facilitar una copia al comprador del mismo con la firma del autor; si el comprador encontrase errores en alguno de estos documentos, deberá indicarlo a la Dirección Facultativa para que se corrijan antes de dar comienzo el trabajo o proceso correspondiente. En caso de incumplir estas prescripciones, no se podrá reclamar contra la orden de sustitución de la obra debidamente ejecutada.

1.2 Objeto del pliego de condiciones

Los procesos a los que se refiere el presente pliego, son todos aquellos especificados en la totalidad de los documentos que contiene el proyecto y, con carácter excepcional, todos aquellos que la empresa realizadora tenga que llevar a cabo para conseguir terminar las actuaciones proyectadas y que se detallan en la memoria.

También serán incluidas todas aquellas acciones que por reforma, cambios estéticos u obra, surjan durante el transcurso de las mismas y aquellas que en el momento de la redacción del proyecto se omitieron y fuesen necesarias para la correcta terminación de los sistemas detallados en los documentos de los que está compuesto este proyecto.



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

1.3 Interpretación del proyecto

Se entiende en el presente pliego, que la empresa realizadora está capacitada para la interpretación del proyecto con carácter global, o en su defecto, tiene personal a su servicio para interpretar todos los documentos del mismo. Todos los procesos se ejecutarán con estricta sujeción al pliego de condiciones y conforme a las directrices dadas en el proyecto.

1.4 Normativa vigente

El presente proyecto se ha realizado teniendo en cuenta con carácter global las siguientes normas y reglamentos

- UNE 20621 referente a circuitos impresos (métodos de ensayo, diseño, utilización y especificaciones de placas impresas).
- EN 123000 en la cual se tratan un conjunto de normativas generales para circuitos impresos.
- UNE-EN 60249-2-3:1996 normativa específica sobre materiales para la realización de circuitos impresos (PCB).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, referente a la prevención de riesgos laborales.
- Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, aprobado por Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre.
- Real Decreto 1338/1984, de 4 de julio, sobre medidas de seguridad en entidades y establecimientos públicos y privados.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Rango de Tensión continua: 200mV, 2V, 20V, 200V y 2KV.
- Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo, por el que se establece los procedimientos de evaluación de la conformidad y los requisitos de protección relativos a compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- Real Decreto 1950/1995, de 1 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo, por el que se establecen los procedimientos de evaluación de la conformidad y los requisitos de protección relativos a compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones.
- Orden de 19 de julio de 1999, de desarrollo del Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo, por la que se publica la relación de normas españolas que transponen las normas europeas armonizadas, cuyo cumplimiento presume la conformidad con los requisitos de protección electromagnética.
- Directiva 89/336/CEE del Consejo de 3 de mayo de 1989 sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros relativas a la compatibilidad electromagnética.
- Directiva 73/23/CEE del Consejo, de 19 de febrero de 1973, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- Orden de 30 de septiembre de 1980 por la que se dispone que las normas UNE que se citan sean consideradas como de obligado cumplimiento incluyéndolas en la Instrucción MI-BT-044 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Orden de 5 de abril de 1984, por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias MI-BT-025 y MI-BT-044 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Orden de 5 de junio de 1982, por la que se dispone la inclusión de las Normas UNE que se relacionan en la Instrucción MIE-BT-044 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Orden de 22 de noviembre de 1995, por la que se adapta al progreso técnico la instrucción complementaria MI-BT-044 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Normas CEPREVEN, Centro Nacional de Prevención de Daños y Pérdidas.
- Directiva RoHS referente a la restricción de sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
- Directiva WEEE sobre el reciclaje de equipos eléctricos y electrónicos.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- ISO 9001 referente al sistema de gestión de la calidad.
- ISO 14001:2004 referente al sistema de gestión medioambiental.
- UNE 157001:2002 mediante la cual se definen los criterios generales para la elaboración de proyectos.

Será de aplicación para la realización del proyecto la última revisión actualizada y aceptada de las normativas arriba descritas. En caso de discrepancia entre las normas indicadas y cualquier parte del pliego de condiciones, se aplicará la norma más rigurosa. Se podrá aceptar cualquier otra norma o recomendación reconocida internacionalmente en el supuesto de que el cliente así lo desee.

1.5 Uso del dispositivo

Todo usuario tiene derecho a consultar a la empresa proyectista sobre el funcionamiento del dispositivo, entendiéndose que el usuario es responsable de los daños que pudieran derivarse por un mal uso del mismo, y/o por su mala conservación, falta de reparaciones o cuidados que sean normales o de reglamento.

1.6 Condiciones de compromisos contractuales

El contrato será firmado por la empresa que recibe el dispositivo y por la empresa fabricante, suponiendo la firma del mismo de mutuo acuerdo con las cláusulas que entre ambas queden estipuladas. Se entiende que es nula toda cláusula que se oponga a lo estipulado en los diversos apartados de este Pliego de Condiciones, siendo también nula toda cláusula que pueda servir para la utilización de materiales de mala calidad o que no fueran sancionados favorablemente por la Dirección Técnica.

El precio de las circunstancias no previstas en el proyecto y que supongan la modificación o mejora del mismo, requerirá aprobación expresa de la propiedad. Los precios los presentará la empresa que deba realizarlos y deberán ser aprobados por el Director de proyecto.



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

El plazo de la forma de pago vendrá reflejado en el contrato establecido. En caso de incumplimiento en cuanto al plazo establecido, se podrán imponer multas que en ningún caso alcanzarán el 20% del presupuesto total del costo del elemento, por lo que una vez alcanzado éste, se procederá a la resolución del contrato.

El contrato puede ser prescindido por cualquiera de las causas reconocidas como válidas en las cláusulas del mismo o en la legislación vigente.

1.7 Del fabricante

El fabricante tiene la obligación de facilitar a la empresa compradora un ejemplar completo del presente proyecto a fin de que pueda hacerse cargo de todas y cada una de las obligaciones que se especifican en este pliego.

1.8 Del proyecto

Los trabajos a realizar quedan especificados en los planos, anejos y memoria, así como en las condiciones técnicas, legales y contractuales.

Se entiende en este pliego que la empresa fabricante está capacitada para la interpretación del proyecto en todas sus partes, o en su defecto, tiene personal a su servicio para interpretar correctamente todos los documentos del mismo.

1.9 Del presupuesto

Se entiende en este pliego que el presupuesto base de los componentes que componen el dispositivo es el que figura en el presente proyecto debiéndose tener en cuenta la existencia de múltiples unidades del mismo tipo.



2 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1 Condiciones técnicas generales del proyecto

En este apartado se especifican los requisitos técnicos mínimos que han de cumplir los elementos y componentes que constituyen el prototipo para facilitar su mantenimiento y conservación.

2.1.1 Características de las placas de circuito impreso

Se utilizarán placas de doble cara con dos planos internos sensibilizados positivamente y constituidas a base de resina epoxi y fibra de vidrio. Su grosor no deberá exceder en ningún caso 1,6mm.

2.1.2 Características de los componentes electrónicos

Para asegurar el correcto funcionamiento del dispositivo se deben respetar las características de los componentes que se especifican en planos y memoria. Estas características son de obligado cumplimiento por parte de la empresa que realice la fabricación del dispositivo. Cualquier cambio o sustitución de componentes deberá cumplir las equivalencias de los componentes antiguos. La empresa proyectista no se hace responsable de los cambios de valores y características que puedan sufrir los componentes sin su previa autorización o notificación por escrito.

En la fabricación, se deberán tener en cuenta los posibles ajustes realizados en el montaje del prototipo y ser responsabilidad de la empresa que realice dicho prototipo el comunicar al fabricante los posibles cambios realizados en el diseño y en las características de los componentes, siempre bajo la autorización de la empresa proyectista.

Todos los componentes electrónicos empleados en la construcción del sistema están reglamentados de acuerdo con las hojas de características del fabricante y



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

deben cumplir los requisitos indicados en lo referente a potencia, tensión y corriente.

A su vez, dichos componentes, incluso los utilizados indirectamente en la realización de las placas de circuito impreso, deberán verificar las siguientes normas:

- UNE 20621 referente a circuitos impresos (métodos de ensayo, diseño, utilización y especificaciones de placas impresas).
- EN 123000 sobre especificaciones genéricas para circuitos impresos.
- UNE-EN 60249-2-3:1996 normativa específica sobre materiales para la realización de circuitos impresos (pcb)

2.1.3 Características de las cajas

Las cajas serán capaces de incluir en su totalidad las diferentes placas de circuito impreso y elementos que componen el sistema, cumpliendo con lo dictado en la Directiva de Baja Tensión 73/23/CEE relativa al material eléctrico utilizado y con la Directiva de Compatibilidad Electromagnética 89/336/CEE relativa a equipos que sean susceptibles de ser interferidos o de afectar de forma electromagnética a otros equipos de su entorno.

2.2 Condiciones de ejecución

2.2.1 Fabricación de las placas de circuito impreso

Debido a su importancia y complejidad, habrá que prestar especial atención a la fabricación de las placas de circuito impreso del prototipo. A continuación se describen los pasos a seguir para una correcta elaboración:

- Diseño del circuito impreso.
- Impresión del circuito impreso sobre la placa.
- Realización del plano de mascarilla.
- Serigrafiado de la placa.



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

- Taladrado de la placa.
- Mecanizado de la placa.
- Soldadura de los componentes.

La empresa fabricante podrá realizar las modificaciones y mejoras que considere oportunas, siempre y cuando la empresa proyectista dé el visto bueno.

2.2.2 Mecanizado y serigrafía de las cajas

El mecanizado de las cajas del dispositivo se realizará en función de las características del dispositivo y sus modelos, debiendo solicitar el catálogo en la web o a la Dirección técnica del proyecto. Hasta que el cliente final no envíe el modelo elegido no se procederá al mecanizado y serigrafiado, pudiendo conllevar atrasos en el inicio del proyecto que no se incluirán en las cláusulas de demora. Del mismo modo se llevará a cabo el serigrafiado tanto de las cajas de los esclavos (iconos indicativos de la función de cada pulsador) como en la centralita.

2.2.3 Ensamblaje y conexionado de los elementos

En primer lugar, se realizará el conexionado de la placa a los enchufes de las cajas. La longitud de los cables de unión no deberá ser superior a 25mm. Seguidamente, se fijará dicha PCB mediante separadores hexagonales de 10mm.

Una vez hecho todo esto, uniremos la placa PCB a la caja mediante cuatro tornillos de 5mm de diámetro y 10mm de longitud, cada uno en un extremo de la placa.

Por último, se llevará a cabo el ensamblaje y cierre de las cajas siguiendo las indicaciones de los planos adjuntos del proyecto.



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

2.3 Precauciones de uso

Debido al carácter eléctrico y electrónico del dispositivo, deberán tenerse en cuenta las medidas de seguridad descritas a continuación:

El aparato sólo se empleará en las condiciones especificadas y con fines para los que ha sido diseñado.

El sistema deberá ser alimentado en los rangos indicados.

El usuario no deberá manipular el interior del aparato. En caso de avería recurrirá a los servicios técnicos oficiales de la empresa responsable de la fabricación del mismo, anulándose la garantía en caso de manipulación indebida.

Deberán evitarse golpes y acciones abrasivas que pudieran dañar el dispositivo. La garantía no cubrirá desperfectos ocasionados por choques o deterioros generados por un uso indebido por parte del usuario.

Durante la manipulación del aparato resultará de vital importancia seguir las precauciones de seguridad normalmente empleadas en laboratorios de electricidad y teniendo en cuenta en todo momento la normativa vigente sobre prevención de riesgos laborales.

2.4 Garantía y servicio post-venta

La garantía del Avisador de electrodomésticos para discapacitados auditivos será de dos años mínimo, a partir de la recepción del dispositivo. La garantía incluirá durante todo el periodo la reparación y sustitución de componentes, con intervención de personal técnico in-situ, con un tiempo de respuesta máximo de 24 horas a contar desde la notificación formal de la avería.

La garantía no se aplicará en ninguno de los siguientes casos:

- Averías producidas por el mal uso del aparato.
- Alimentación del sistema con una tensión distinta a la especificada.



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

- Manipulación o reparación del dispositivo realizada por terceros.

No existe ninguna otra garantía o seguro diferente de lo estipulado en este documento y todas las restantes garantías, con inclusión de las garantías de comerciabilidad y aptitud para un propósito determinado, ya sean expresas o implícitas, quedan excluidas y exentas de responsabilidad por medio de la presente.

Las partes contratantes, dirección técnica y empresa, se ratifican en el contenido del siguiente pliego de condiciones, el cual tiene igual validez, a todos los efectos, que una escritura pública, prometiendo el fiel cumplimiento.

Burgos, 18 de Julio de 2014

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

CONCLUSIONES

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



APRENDIZAJE

El proyecto me ha servido para aprender y llevar a cabo una idea desde el papel a la realidad.

Algunos de los puntos de aprendizaje más reseñables:

- Búsqueda, elección y pedidos de componentes.
- Entender y buscar características en una hoja de datos.
- Utilización de buses digitales para la comunicación.
- Creación de un protocolo y comunicación inalámbrica.
- Creación de un esquemático, layout y gerber para la fabricación de una PCB.
- Conocimientos de uso de varios programas utilizados a lo largo del proyecto.
- Aplicación de algunos conceptos teóricos estudiados en la universidad a la realidad.

En conclusión, comencé desde cero al inicio del proyecto y con un aprendizaje constante sobre la mayor parte del proyecto, he llegado a desarrollar un prototipo viable. Este prototipo se encuentra en constante evolución, ya que considero que aún faltan mejoras para lograr un producto de alta calidad, como el que pueden ofrecer empresas con gran experiencia en el sector.

POSIBLES MEJORAS

- Cambiar la fuente convencional por una fuente conmutada, eliminando peso y optimizando el espacio de la placa.
- Variación de las características del dispositivo para poder venderlo a un precio inferior. Esto lo conseguimos eliminando el medidor de energía, a cambio de la pérdida de calidad, es decir, dejamos de lado la información detallada de energía consumida y únicamente captando las señales de voltaje e intensidad hallamos la potencia.
- Implementación de los componentes en dos caras, y aumento de la placa de dos a cuatro capas, para reducir su tamaño.
- Programación de recepción de órdenes en el módulo de radiofrecuencia.
- Mediante una aplicación para móviles poder tener gráficas y estadísticas detalladas de los consumos.



**AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS**

- Utilización de la tecnología creada en este dispositivo, para generar otras funciones. Por ejemplo, al tener el protocolo de comunicación definido, se pueden crear pulsadores, tipo collar, para personas mayores, que den avisos a móviles indicando alguna incidencia, como pueden ser, alguna caída o problema.
- Llevar a cabo un sistema inteligente, que mediante el conocimiento de las tarifas eléctricas horarias, nos proporcione información de la franja horaria más económica para el uso de los electrodomésticos, teniendo un ahorro en la factura de la luz a final de cada mes.

En resumen, teniendo está tecnología desarrollada e implementando otras nuevas, el reto es conseguir aportar soluciones a los problemas cotidianos, haciendo más confortable la vida diaria y generando bienestar a la sociedad, todo ello a precios accesibles.

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

BIBLIOGRAFÍA

AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

Sergio Alonso de Santocildes Nebreda

18/07/2014



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

BIBLIOGRAFÍA

1. Sensor de corriente:

- www.allegromicro.com, Hoja de datos ACS712
- <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=820330>, *Medición de potencia*

2. Medidor de Energía:

- www.analog.com, Hoja de datos ADE7763
- <http://fill-freak.com/blog/?cat=21>, Proyecto de medidor de energía
- www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=30713.20, prototipo de medidor en viviendas
- forums.electricimp.com/discussion/669/using.../p1, SPI en Arduino y ADE7763
- <http://www.ison21.es/2012/11/10/medidor-de-energia-open-source-con-arduino/>, Blog de ingeniería y sostenibilidad.

3. Microcontrolador:

- www.microchip.com, hoja de datos PIC18f25k50
- www.avr.com, Hoja de datos Atmega328p
- www.arduino.com, Arduino nano, referencias y programador.
- <http://www.hobbytronics.co.uk/arduino-atmega328-pinout>, Patillas y encapsulados
- <http://sysexit.wordpress.com>, Instalación del bootloader
- <http://www.ehowenespanol.com>, Lenguajes de programación
- www.mikroe.com, Programación del PIC en MikroC y programador Mikroe764
- <http://www.ccsinfo.com/>, Programación del PIC
- <http://www.oshonsoft.com>, Programador de PIC
- www.eclipse.org, Programador Luna para Arduino
- www.silabs.com, Hoja de datos convertidor USB-UART CP2102



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

4. Módulo de radiofrecuencia:

- tecinal.blogspot.com/, tecnologías inalámbricas
- www.ehowenespanol.com, comparativa wifi y bluetooth
- www.nordicsemi.com, Hoja de datos NRF24L01+
- <http://openhardware.pe/transceptores-nrf24l01-2-4ghz-radio-wireless-how-to/>, transceptores NRF24L01
- www.hoperf.com, Hoja de datos RFM12B
- http://www.hoperf.com/rf/fsk_module/RFM12B.htm, versiones módulo RF
- www.digitalsmarties.net/products/rfm12b-board, Librería Jeelabs
- jeelabs.org/2009/02/10/rfm12b-library-for-arduino, Librería Jeelabs para Arduino
- <http://blog.strobotics.com.au/2008/01/08/rfm12-tutorial-part1/>, Ejemplos programación RFM12B
- http://jeelabs.net/projects/cafe/wiki/Receiving_OOKASK_with_a_modified_RFM12B, Ejemplos programación RFM12 Para Arduino con Jeelabs
- http://es.wikipedia.org/wiki/Sintetizador_de_frecuencia, Sintetizadores de frecuencia
- <http://inditec-web.com/>, Ejemplo de programación RFM12B

5. PCB:

- www.cadsoftusa.com/, Programa Eagle para el desarrollo del esquemático y Layout
- www.dte.us.es, Tutorial de uso de Eagle
- usuarios.tinet.cat/fmco/download/Paso_a_paso_detectores.pdf, Tutorial diseño de placas
- www.tutoelectro.com/tutoriales/creacion-pcb/eagle-parte/, Creación de placas en Eagle
- www.forosdeelectronica.com/f13/librerias-eagle-496/, Librerías de Eagle
- awjlogan.wordpress.com/.../eagle-library-updated-2/, Librerías de Eagle
- web.cadsoft.de/cgi-bin/download.pl?...eagle/, Librerías de Eagle



AVISADOR ELECTRODOMÉSTICOS
PARA DISCAPACITADOS AUDITIVOS

6. Fuente de alimentación:

- <http://www.neoteo.com/tutorial-fuente-de-alimentacion-de-5v/>, Fuentes de alimentación 5V
- http://www.construyasuvideorockola.com/proy_fuente.php, Fuente simétrica.
- www.profesormolina.com, Reguladores de tensión
- Electrónica Analógica, Fuentes lineales y simétricas, UPV.
- J.Fraile Mora, Máquinas Eléctricas, McGrawhill.

7. Búsqueda compra de componentes

- www.digikey.com
- www.mouser.com
- www.farnell.com
- www.octopart.com
- www.amazon.es
- www.buyincoins.com
- www.tme.com
- www.newark.com
- www.element14.com