



Grado en ingeniería electrónica industrial y automática

TRABAJO FIN DE GRADO

Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX

Documentos

1. Memoria
2. Planos
3. Manual
4. Presupuesto

Autor:

Vicente Ramón Roca Cantin

Profesor tutor:

Carlos Pascual Dominguez Montagud

Valencia, julio de 2017

RESUMEN

En el presente trabajo se diseña un prototipo de dispositivo capaz de realizar avisos de emergencia a una unidad central, este dispositivo esta orientado a personas con clara predisposición a precisar de asistencia por terceros en algún momento dado, para ello se diseñan tanto las herramientas software necesarias para lograrlo, como todo el diseño electrónico del dispositivo.

El trabajo se encuentra claramente dividido en dos apartados, diseño e implementación electrónica y diseño e implementación informática, desde el comienzo se intentan dar unas explicaciones del trabajo realizado, tanto en la parte de software como en la parte electrónica, para terminar con el dispositivo final en si.

Palabras clave: Microcontrolador, Cortex M4, Asistencia Personas Mayores

Grado en ingeniería electrónica industrial y automática

TRABAJO FIN DE GRADO

Sistema de asistencia al mayor basado en
microcontrolador ARM CORTEX

Documentos

1. Memoria

Autor:

Vicente Ramón Roca Cantin

Profesor tutor:

Carlos Pascual Dominguez Montagud

Valencia, julio de 2017

Índice	Página
1. Introducción	11
2. Objetivos	12
3. Soluciones alternativas y justificación de la solución adoptada	13
3.1 Breve descripción de alternativas	13
3.2 Justificación de la solución adoptada	14
4. Descripción de tallada de la solución adoptada	15
5. Protocolos y buses de comunicación	16
5.1 Bus SPI	16
5.2 Bus I ² C	19
5.3 Protocolo TCP/IP	20
5.3.1 Capas TCP/IP	21
5.3.2 Capa de acceso a la red	21
5.3.3 Capa de internet	22
5.3.4 Capa de transporte	22
5.3.5 Capa de aplicación	22
5.3.6 Librería LWIP	22
6. Diseño y simulación electrónica	24
6.1 Software	24
6.1.1 Software de diseño Kicad	24
6.1.2 Software de simulación Qucs	27
6.2 Prototipos electrónicos	27
6.2.1 Placa de pruebas basada en ARM CORTEX	27
6.2.1.1 Alimentación	28
6.2.1.2 Circuito del oscilador HSE	30
6.2.1.3 Puertos GPIO	30
6.2.1.4 Interfaz JTAG	31
6.2.1.5 Ensamblado de prototipo X-M4	32
6.2.1.6 Posibles modificaciones sobre el prototipo X-M4	33
6.2.2 Grabador de memorias SPI	35
6.2.3 Fuente de alimentación 5v 2A	37
6.2.4 Sistema de asistencia al mayor S.A.M	41
6.2.4.1 Sistema de sonido	42
6.2.4.1.1 Primeras pruebas	42

6.2.4.1.2	Alimentación de los filtros	43
6.2.4.1.3	Filtro pasa-banda y amplificador de señal	43
6.2.4.1.4	Filtro para-banda	46
6.2.4.1.5	Amplificador de potencia	49
6.2.4.1.6	Implementación experimental	50
6.2.4.1.7	Resultados experimentales	51
6.2.4.2	Ethernet PHY DP83848C	54
6.2.4.2.1	Interfaz RMII	55
6.2.4.2.2	Alimentación	55
6.2.4.2.3	Circuito oscilador	55
6.2.4.2.4	Conexiones especiales	56
6.2.4.2.5	Circuito de red TPI	57
6.2.4.2.6	Serial management interface SMI	57
6.2.4.2.7	Strapping pins	58
6.2.4.2.8	Reset y power down	59
6.2.4.2.9	Esquema de montaje	59
6.2.4.3	Memoria flash W25Q32BV	60
6.2.4.4	Controlador de pantalla LCD SSD1963	61
6.2.4.4.1	Bus de comunicaciones con el microcontrolador	62
6.2.4.4.2	Circuito oscilador	63
6.2.4.4.3	Alimentación	63
6.2.4.4.4	Blacklight	63
6.2.4.4.5	Bus de comunicaciones del panel LCD	64
6.2.4.4.6	Esquema de montaje	64
6.2.4.5	Controlador de pantalla táctil resistivo XPT2046	65
6.2.4.5.1	Bus de comunicaciones para el panel resistivo	65
6.2.4.5.2	Bus de comunicaciones con el microcontrolador	66
6.2.4.5.3	Señal de interrupción	66
6.2.4.5.4	Otros	66
6.2.4.5.5	Esquemático	66
6.2.4.6	Sistema de codificación telefónico DTMF MT8880C	67
6.2.4.6.1	Frecuencias DTMF	67
6.2.4.6.2	Características del tono DTMF	68
6.2.4.6.3	Características técnicas de la línea	68

6.2.4.6.4	Características de transmisión	70
6.2.4.6.5	Circuito integrado MT8880C	70
6.2.4.6.6	Montaje en placa protoboard	71
6.2.4.7	Microcontrolador STM32F407	72
6.2.4.7.1	Alimentación	72
6.2.4.7.2	Puertos GPIO	72
6.2.4.7.3	Bus SWD	72
6.2.4.7.4	Bus de botonera externa	72
7.	Programación	73
7.1	Software de desarrollo	73
7.1.1	Eclipse	73
7.1.2	QT Creator	73
7.2	Software para librerías	73
7.2.1	Font creator for uC	74
7.2.2	Bmp to Hex	77
7.3	Librerías hardware en C	79
7.3.1	Librería SSD1963	79
7.3.2	Librería XPT2046	82
7.3.3	Librería W25QXX	83
7.3.4	Librería DAC	84
7.3.5	Librería MT8880C	85
7.3.6	Librería DP83848	86
7.4	Clases en C++	87
7.4.1	Clase base object	87
7.4.2	Clase button	87
7.4.3	Clase checkbox	88
7.4.4	Clase touch_handler	88
7.4.5	Clase keyboard	88
7.4.6	Clase blackboard	89
7.5	Diseño de conjunto	90
7.5.1	Implementación de interfaz gráfica de usuario	90
7.5.2	Software para el servicio de emergencias en central	91
8.	Conclusiones	93
9.	Bibliografía	94

Índice de figuras	Página
1. Familia ARM CORTEX	14
2. Bus SPI un maestro y dos esclavos	16
3. SPI modo 0	17
4. SPI modo 1	17
5. SPI modo 2	18
6. SPI modo 3	18
7. Bus I ² C un maestro y tres esclavos	19
8. Capas TCP/IP	21
9. Diseño en 3D de la placa de desarrollo X-M4	24
10. Gráfica tamaño de pistas	26
11. Circuito de alimentación reguladores LM7805 y AMS1117-3.3	29
12. Condensadores de desacoplo	29
13. Representación del circuito oscilador HSE	30
14. Puertos I/O del microcontrolador	31
15. Interfaz JTAG	31
16. Grabador ST-Link V2	31
17. Placa de desarrollo X-M4 ensamblada	32
18. De izquierda a derecha X-M4, STM32F407 Discovery, STM32F429 Discovery	33
19. Puerto SWD	35
20. Prototipo 3D del programador de memorias SPI	36
21. Prototipo carcasa 3D para programador de memorias SPI	36
22. Esquema fuente de alimentación	37
23. Señal en diodo D4	38
24. Señal en la carga	38
25. Tensión en la carga	39
26. Tensión de rizado	39
27. Fuente de alimentación completamente ensamblada	40
28. Simulación 3D Sistema de asistencia al mayor	41
29. Muestra DAC Discovery STM32F407	42
30. Muestra original Audacity	42
31. Muestra DAC X-M4	42
32. Filtro activo para-banda con ganancia de tensión	44
33. Bode ganancia en dB del filtro pasa-banda	45

34. Filtro activo para-banda (notch TWIN T)	46
35. Bode de ganancia en dB del filtro para-banda	48
36. TDA2822M modo estereo	49
37. Montaje experimental sistema de sonido	50
38. Muestra DAC X-M4	51
39. Muestra DAC X-M4 aplicando filtros y preamplificador	51
40. Bode en dB filtro para-banda	52
41. Bode en dB del flitro pasa-banda	53
42. PHY Ethernet DP83848C	54
43. Configuración resonador de cristal	56
44. Configuración resonador CMOS	56
45. Circuito PFB (Power Feedback)	56
46. Circuito TPI recomendado	57
47. Configuración strap pins en los pines de led de estado	58
48. Esquema de montaje DC83848C	59
49. Esquemático implementación W25Q32BV	60
50. Cara trasera modulo comercial TFT 4.3"	61
51. Cara frontal modulo comercial TFT 4.3"	61
52. Circuito Blacklight con TPS61040	63
53. Esquemático de montaje del SSD1963	64
54. Panel resistivo	65
55. Esquemático XPT2046	66
56. Esquema toma y liberación de la red	69
57. Esquema de montaje propuesto por el fabricante	70
58. Montaje en placa protoboard	71
59. Muestra de tiempo de los tonos	71
60. Muestra de tensión de los tonos	71
61. Programa Font creator for uC	74
62. Programa Bmp to Hex	77
63. Placa X-M4 con modulo de pantalla mostrando información de una imagen	80
64. Diagrama de flujo inicialización SSD1963	81
65. Diagrama de flujo inicialización XPT2046	82
66. Diagrama de flujo inicialización W25QXX	83
67. Diagrama de flujo inicialización DAC	84

68. Diagrama de flujo inicialización MT8880C	85
69. Diagrama de flujo inicialización DP83848	86
70. Posición de reposo	87
71. Posición de pulsado	87
72. Muestra en funcionamiento del objeto de tipo keyboard	88
73. Muestra en funcionamiento del objeto de tipo blackboard	89
74. Pantalla principal	90
75. Pantalla S.A.M Server	91
76. Formulario de clientes	92

Índice de tablas	Página
1. Ejemplo de comunicación I ² C	20
2. Algunos componentes diseñados en este trabajo para el uso en Kicad	25
3. Tamaño de pistas	26
4. Tamaño de vías	26
5. Muestras filtro para-banda	52
6. Muestras filtro pasa-banda	53
7. Interfaz RMII	55
8. Configuración de leds de estado	58
9. Interfaz SSD1963 con el microcontrolador	62
10. Matriz 4x4 asignación de frecuencias DTMF	67
11. Características técnicas de marcación multifrecuencia	68
12. Estructura de cabecera archivo de tipo bmp	78
13. Funciones principales librería SSD1963	79
14. Funciones principales librería XPT2046	82
15. Funciones principales librería W25QXX	83
16. Funciones principales librería DAC	84
17. Funciones principales librería MT8880C	85
18. Funciones principales librería DP83848	86

1. Introducción

Actualmente España es uno de los países más envejecidos, encontrándose la mayor parte de la población entre los 40 y los 80 años. Además es habitual que nuestros mayores vivan solos en sus casas, bien por que han perdido a su esposo/a o bien por que sus hijos no pueden atenderlos al tener estas otras obligaciones.

El presente trabajo, pretende dar una solución a la necesidad de aviso sobre emergencias que puedan darse en el domicilio, de una persona anciana o no, que se encuentre sola en su domicilio, es por ello que el trabajo pretende abordar el diseño de un dispositivo electrónico destinado para tal fin.

Todo lo que en este trabajo se ha realizado, ha sido con herramientas informáticas de uso libre, para ello se han empleado programas informáticos de electrónica, CAD, diseño gráfico, software de programación, etc. A los más importantes se les ha dedicado un breve apartado para comentar sobre su uso.

Este trabajo se encuentra dividido en varios apartados, los dos apartados más importantes han sido, diseño e implementación electrónica y diseño e implementación informática, ambos apartados se abordan según se ha creído conveniente para facilitar una comprensión global del presente trabajo.

Además se realiza una breve introducción a los protocolos de comunicación que van a ser usados en este mismo, para luego dar paso al diseño electrónico de prototipos que desempeñaran la labor de facilitar el diseño de software que usara el dispositivo principal en cuestión, para finalizar se exponen los resultados obtenidos y se presentan las conclusiones oportunas.

2. Objetivos

Uno de los objetivos del presente trabajo es el diseño de un dispositivo electrónico que pueda facilitar el aviso de una emergencia ocurrida en el domicilio de una persona que se encuentre en la necesidad de recibir asistencia en ese momento. Para ello se precisa profundizar en ciertas materias abordadas durante el grado lo cual es el objetivo principal de este trabajo.

Profundizar en el desarrollo informático de sistemas basados en microcontrolador ya que con ello se pueden asentar unas buenas bases para el futuro diseño de sistemas electrónicos de muy variada índole.

La elaboración de este trabajo tal como esta enfocado acarrea dificultades tales como el uso exclusivo de software libre. Con ello se pretende adquirir ciertas destrezas en su uso y no tener que depender de las licencias del software privativo lo que implica un abaratamiento de los costes en el desempeño del ejercicio libre de la profesión el cual es uno de los motivos fundamentales por los que se elige este tipo de herramientas.

Además se busca que el presente trabajo no tenga solo como objetivo la obtención del título de “Grado en ingeniería electrónica industrial y automática”, sino más bien como una oportunidad de mejorar y aplicar los conocimientos adquiridos durante los estudios en las áreas de interés del autor.

3. Soluciones alternativas y justificación de la solución adoptada

En los puntos siguientes se abordaran las alternativas de los principales componentes y se justificaran los componentes seleccionados para el desarrollo del trabajo.

3.1 Breve descripción de alternativas

Algunas de las alternativas que se han tenido en cuenta son las siguientes.

a) Uso de microcontroladores PIC de la casa Microchip para el dispositivo principal.

En lugar de utilizar microcontroladores ARM CORTEX, utilizar microcontroladores PIC de los cuales se puede encontrar mucha documentación en internet tanto en lengua inglesa como en castellano. El inconveniente de usar esta alternativa es que actualmente los microcontroladores PIC no tienen tanta relevancia en los sistemas embebidos.

b) Placa Arduino Mega 2560 como dispositivo principal de desarrollo.

Otra alternativa a tener en cuenta sería el uso de un Arduino Mega muy popular hoy en día y que cuenta con gran cantidad de ejemplos y una comunidad en constante crecimiento. El único inconveniente que se le encuentra sin despreciar su potencial es el hecho de que la plataforma ya viene definida restándole flexibilidad al diseño.

c) Controlador ILI9341 para el control de la pantalla.

En vez del SSD1963 usar el controlador ILI9341 para el manejo de la pantalla con la ventaja de que no se debería desarrollar un driver específico para el, ya que en los ejemplos que ofrece STM ya se dispone de uno para el ARM CORTEX. El inconveniente que presenta es que solo admite una resolución máxima de 240x320 píxeles.

3.2 Justificación de la alternativa adoptada

Se han seleccionado los microcontroladores ARM CORTEX ,dado que actualmente su uso se ha extendido a móviles, tabletas, dispositivos IOT(Intenet Of Things), etc. Además la familia de procesadores CORTEX figura 1 dispone de un amplio rango de soluciones para aplicaciones específicas, lo cual posibilita realizar diseños futuros con procesadores más potentes utilizando las mismas herramientas y forma de trabajo.

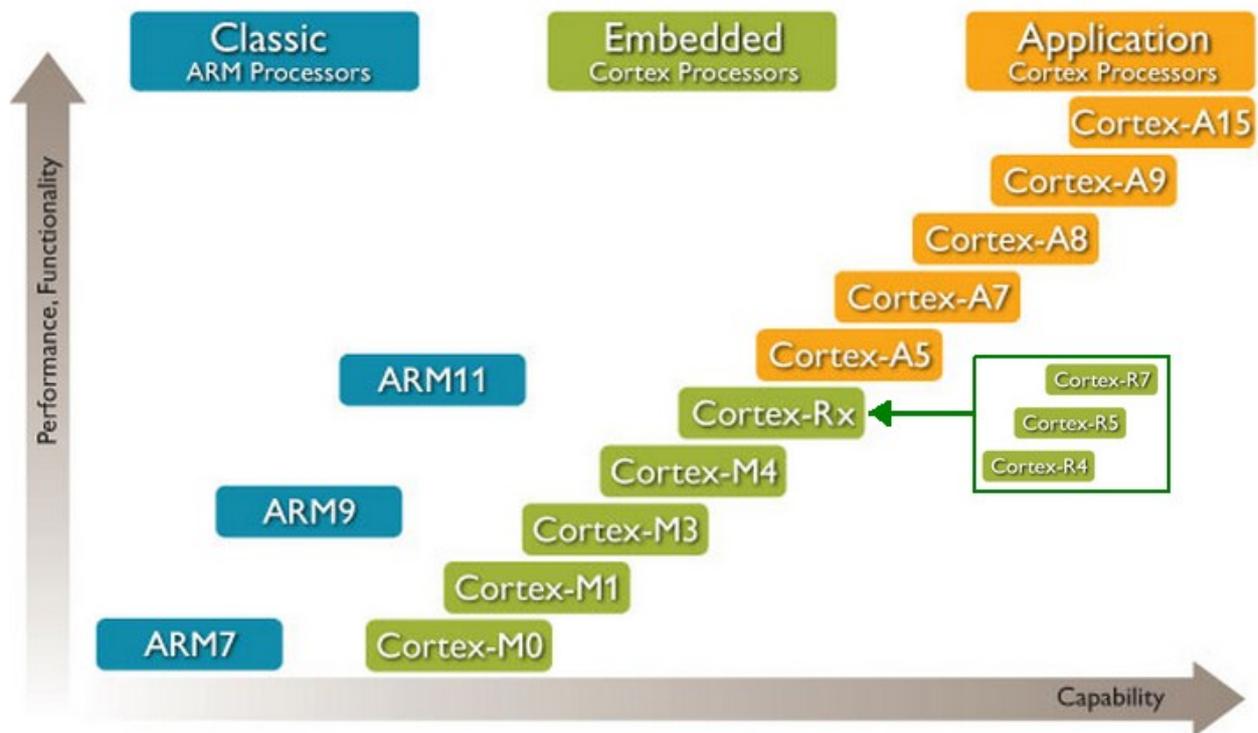


Figura 1: Familia ARM CORTEX

En cuanto al controlador de pantalla se ha seleccionado el SSD1963, si bien es necesario el diseño de un driver específico para gobernarlo,este soporta resoluciones de hasta 864x480 píxeles, lo cual nos permite poder utilizar pantallas de hasta siete pulgadas en nuestros diseños.

4. Descripción detallada de la solución adoptada

El microcontrolador ARM CORTEX seleccionado para controlar todo el sistema es el STM32F407 de la casa STMicroelectronics, Holanda, se trata de un microcontrolador de 32bits que puede funcionar con una velocidad de reloj de hasta 168MHz, además cuenta con una unidad de coma flotante.

Algunas de las características más importantes que incorpora se detallan a continuación.

- Alimentación

 - 1.8v a 3.6v

- Memoria

 - Hasta 1Mbyte de memoria flash.

 - Hasta 196Kbytes de SRAM.

 - Controlador flexible de memoria estática soportando Compact flash, SRAM, PSRAM, memorias NOR y NAND.

- ADC

 - Posee 3 conversores analógico a digital de 12 bits hasta 24 canales y 2.4MSPS.

- DAC

 - Cuenta con 2 conversores de 12 bits digital a analógico.

- Hasta 15 interfaces de comunicación

 - 3 interfaces I²C.

 - 4 USARTS.

 - 3 interfaces SPI con velocidades de hasta 42Mbits/s.

 - 2 interfaces CAN

 - 1 SDIO

- Conectividad avanzada

 - USB 2.0 de alta velocidad device/host/OTG

 - Ethernet MAC 10/100 con DMA dedicado, soporta IEEE1588v², MII/RMII

- Interfaz paralelo para cámara de hasta 54Mbytes/s

5. Protocolos y buses de comunicación

Se pretende ofrecer unos conceptos básicos sobre los buses y protocolos de comunicación que se usan en el presente trabajo, para ello se realiza una breve introducción a los más importantes usados en el presente trabajo.

5.1 Bus SPI

Actualmente el bus SPI es ampliamente usado en dispositivos como memorias, pantallas, sensores, etc. Se trata de una de comunicación serie síncrona para controlar periféricos que no precisen de velocidades elevadas de transferencias de información, donde un dispositivo maestro controla uno o varios dispositivos esclavos figura 2.

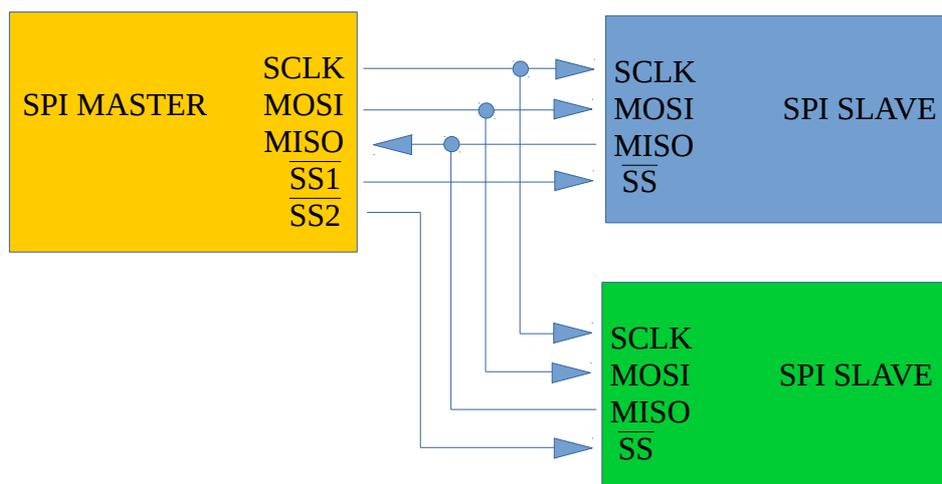


Figura 2: Bus SPI un maestro y dos esclavos

El bus SPI cuenta tan solo con cuatro señales reloj las cuales se detallan a continuación.

- SCLK** Señal de reloj que provee el dispositivo maestro a los esclavos para la sincronización (Serial Clock).
- MOSI** Salida de datos desde el dispositivo maestro hacia el dispositivo esclavo (Master Output Slave Input).
- MISO** Salida de datos desde el dispositivo esclavo hacia el dispositivo maestro (Master Input Slave Output).

SS Selección de esclavo (Slave Select).

La transmisión de datos comienza cuando el dispositivo maestro pone a cero la señal SS, cada bit es enviado de forma síncrona con cada pulso de reloj, además existen cuatro modos de configuración para la transmisión del bit en los flancos de subida o bajada de la señal de reloj y si la señal se encuentra en estado alto o bajo en estado de reposo a eso se denomina polaridad del reloj CPOL y fase del reloj CPHA.

Modo 0 : El estado de reposo del reloj es cero, el dato se captura en la transición del primer flanco de subida del reloj figura 3.

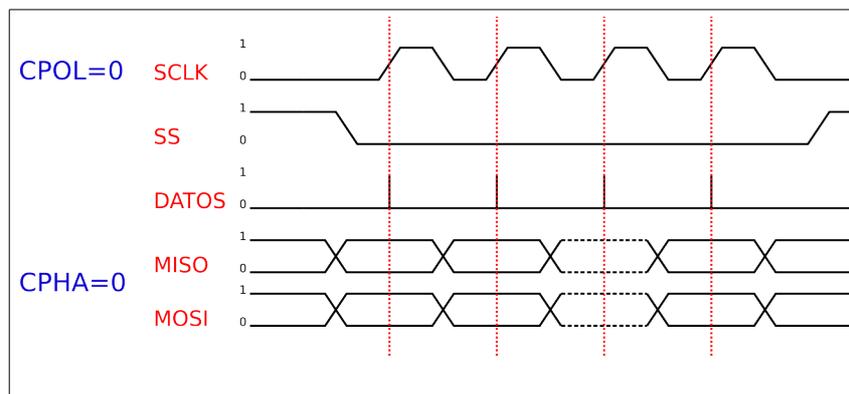


Figura 3: SPI modo 0

Modo 1 : El estado de reposo del reloj es cero, el dato se captura en la transición del primer flanco de bajada del reloj figura 4.

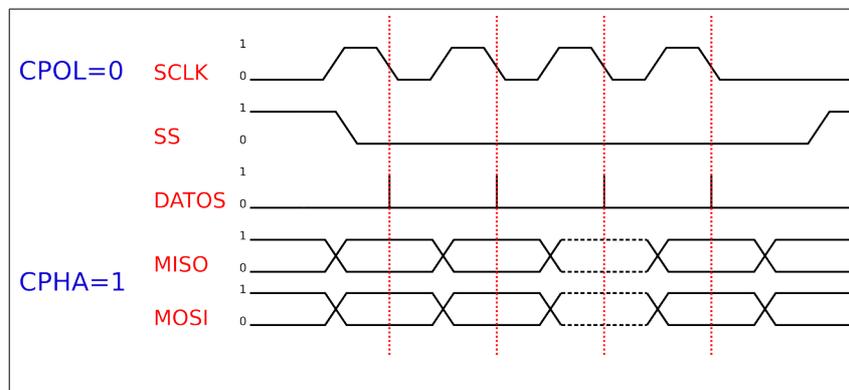


Figura 4: SPI modo 1

Modo 2 : El estado de reposo del reloj es uno, el dato se captura en la transición del primer flanco de bajada del reloj figura 5.

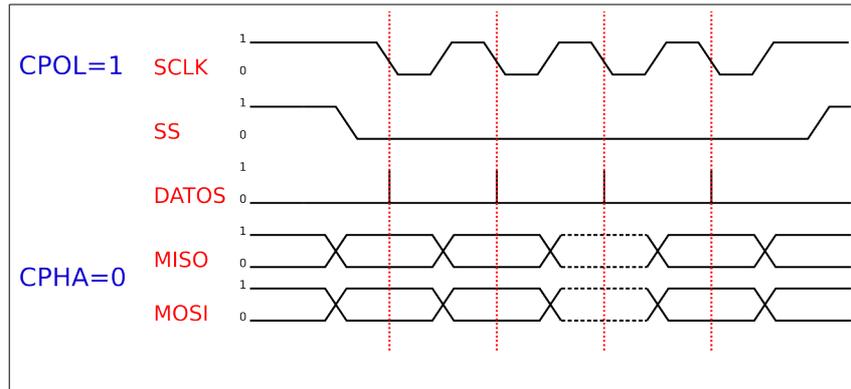


Figura 5: SPI modo 2

Modo 3 : El estado de reposo del reloj es uno, el dato se captura en la transición del primer flanco de subida del reloj figura 6.

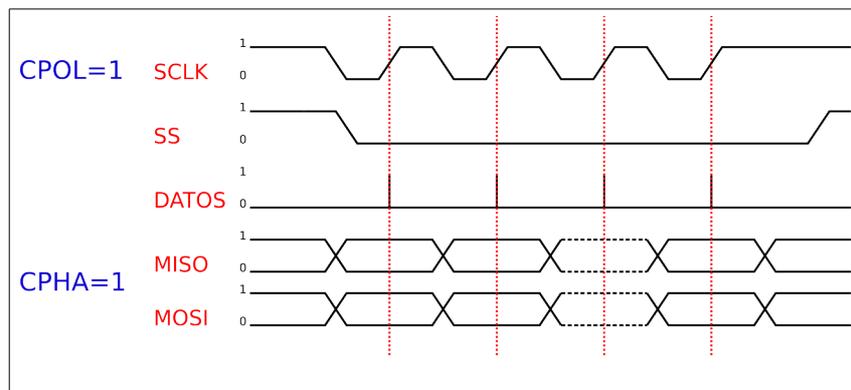


Figura 6: SPI modo 3

5.2 Bus I²C

Desarrollado en 1982 por Philips Semiconductors el bus I²C (Inter-Integrated Circuit), es ampliamente usado en la comunicación entre un microcontroladores y algunos de sus periféricos.

Una de las ventajas con las que cuenta el bus I²C es que solo precisa de dos señales para trabajar con multitud de dispositivos, estas son serial clock (SCLK) y serial data (SDA), ambas líneas precisan de resistencias de pull-up hacia V_{DD}, por lo que cualquier dispositivo conectado debe de ser colector abierto o drenador abierto.

Al igual que el bus SPI el I²C esta definido como un bus de comunicación maestro esclavo figura 7, salvo que en este caso pueden coexistir mas maestros en la misma linea, este modo es conocido como modo multimaestro.

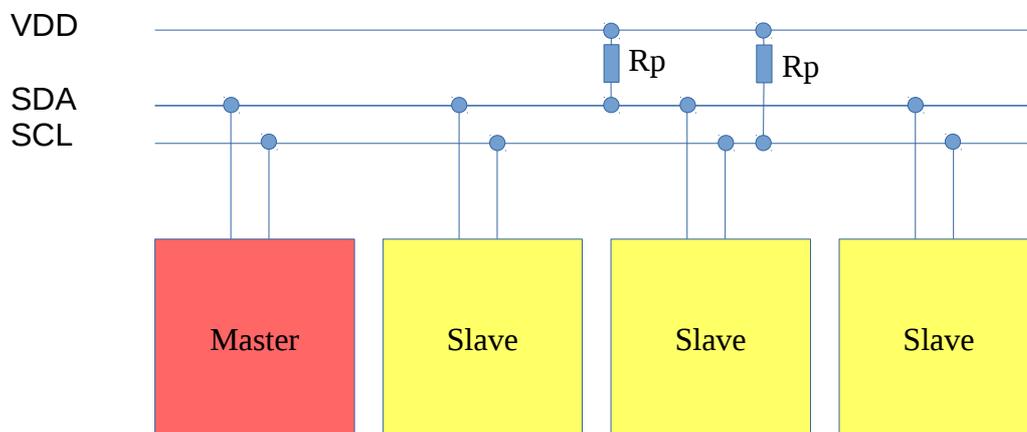


Figura 7: Bus I²C un maestro y tres esclavos

En el bus I²C el primero en realizar la comunicación es siempre el maestro, indicando mediante el primer byte enviado, con que esclavo va comunicarse y si va a enviar o a recibir información ver ejemplo tabla 1.

Ejemplos	8-bit (1 byte)		
	Dirección 7 bits		Lectura/Escritura
	MSB (4-bit)	LSB (3-bit)	1-bit
escritura	1010	001	0
lectura	1010	001	1

Tabla 1: Ejemplo de comunicación I²C

En la tabla 1 se muestra que bits debe enviar un dispositivo maestro si quiere comunicarse con un dispositivo esclavo con dirección 0x91, como puede verse en la tabla, de los 8 bits que envía solo siete son usados para especificar la dirección del esclavo por lo que en una misma red se pueden especificar hasta 128 direcciones (2^7) aunque en realidad la cantidad baja hasta las 112 ya que 16 de ellas están reservadas.

El dispositivo maestro deberá enviar por lo tanto el valor en hexadecimal 0xA2 para solicitar escritura al esclavo o 0xA3 para solicitar lectura.

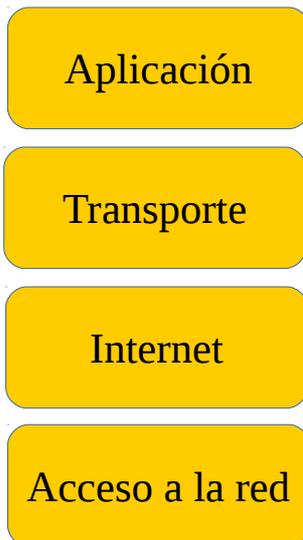
5.3 Protocolo TCP/IP

La arquitectura TCP/IP es ampliamente usada hoy en día para las comunicaciones en internet, se trata de una descripción de protocolos de red desarrollado por Vinton Cerf y Robert E. Kahn, fue desarrollada en la década de los años 70 para la utilización en la red ARPANET por parte del departamento de defensa de los Estados Unidos de América.

Dado que al presente trabajo se le quiere dotar de acceso a la red internet para formar parte de lo que viene siendo hoy día el internet de las cosas, más conocido por sus siglas en inglés (IOT) Internet of Things se hace preciso comprender como funciona la transmisión de datos a través de esta, es por ello que los siguientes puntos se hará una breve introducción a su funcionamiento y se comentará el funcionamiento de la librería LWIP que será usada en este trabajo para manejar la pila TCP/IP.

5.3.1 Capas TCP/IP

El conjunto de protocolos TCP/IP se encuentra formado por cuatro capas figura 8, los dos superiores se usan tanto en el host origen como en el destino y los dos inferiores son usados tanto en los nodos como en los hosts.



Las capas están jerarquizadas, cada capa se construye sobre su anterior, la misión de cada capa es proveer de servicios a las capas superiores, de esta manera cada capa solo debe preocuparse de su capa inferior a quien solicita servicios y de la capa superior a quien presenta resultados.

Figura 8: Capas TCP/IP

5.3.2 Capa de acceso a la red

Se trata de la capa que da enlace entre equipos, controlando todos los aspectos de un paquete IP, establece los procedimientos para realizar la interfaz con el hardware de la red y tener acceso a medio de transmisión. Por lo que se pueden usar tanto conexiones de cable tipo Ethernet o inalámbricas como wifi.

Esta capa es la encargada de encapsular los paquetes IP en tramas y mapear direcciones IP a direcciones físicas.

5.3.3 Capa de internet

Esta capa es la encargada de aceptar y transferir paquetes para la red, el protocolo de Internet (IP) es el más importante en esta capa aunque también lo son el protocolo de resolución de direcciones (ARP) y el protocolo de mensajes de control de internet (ICMP). En esta capa se determina la mejor ruta para enviar paquetes por la red.

5.3.4 Capa de transporte

Es la encargada de proveer de un flujo de bytes de extremo a extremo, incluye varios protocolos para tal fin, los cuales son el protocolo de control de transmisión (TCP), el protocolo de datagramas de usuario (UDP) y el protocolo de transmisión para el control de flujo (SCTP). El primero de ellos el protocolo TCP y el último, el SCTP están orientados a la detección de errores, en el UDP prima la velocidad a la que se transfieren los datos no se verifican las conexiones entre hosts.

5.3.5 Capa de aplicación

Estando en lo más alto de la jerarquía en las capas TCP/IP, esta define las aplicaciones de red y servicios de internet que ofrece a las aplicaciones de las que puede hacer uso un usuario o aplicación. Existen multitud de protocolos en esta capa como ftp, telnet, SNMP, RDISC, etc.

5.3.6 Librería LWIP

La librería LWIP (Light Weight IP) fue desarrollada originalmente por Adam Dunkels para manejar la pila de protocolos TCP/IP reduciendo el tamaño de código y el uso de memoria. Se trata de una librería de código abierto mantenida por multitud de desarrolladores de todo el mundo.

LWIP es usada actualmente en multitud de proyectos de sistemas embebidos, no en vano existen multitud de fabricantes que actualmente hacen uso de ella tales como STMicroelectronics, Altera, Analog Devices, etc, cuenta además con una amplia comunidad la cual brinda soporte a través de una lista de correo.

Es por ello que en este trabajo se hará uso de ella para gestionar la pila de protocolos TCP/IP y hacer factible la comunicación del dispositivo principal con el exterior a través de la red internet para compartir información del estado del sujeto o de su vivienda.

Cuenta con tres APIs (Application Program Interface), dependiendo del propósito de nuestra aplicación se puede elegir que tipo de desarrollo vamos seleccionar para la comunicación, estos son:

Raw/native API Se trata de una API de bajo nivel, utiliza un mecanismo de devolución de llamada o callback, en otras palabras cuando un nuevo dato llega se produce la llamada o cuando este sale, para ello existen varias funciones implementadas de asignación de callbacks, tanto para conexión, envíos, recepción, errores, etc, es la que mejor rendimiento ofrece.

Netconn API Se trata de una API secuencial que requiere el uso de hilos, el código escrito en esta API no es portable.

Socket API Esta dirigida a la portabilidad con otros sistemas operativos posix, al igual que la API netconn se trata de una API secuencial.

Tanto Netconn API como Raw/native API no son portables, esto quiere decir que el código escrito para estas API no puede ser reutilizado con otras pilas, para el presente trabajo la API que se va a utilizar es la Raw/native API ya que es la que mayor libertad de manejo nos ofrece.

6. Diseño y simulación electrónica

6.1 Software

6.1.1 Software de diseño Kicad

El software informático Kicad fue creado en 1992 por Jean-Pierre Charras se trata de una potente herramienta que esta especialmente creada para el diseño de circuitos electrónicos, se trata de un software de código abierto el cual cuenta con un editor de esquemáticos, editor de footprints, editor de componentes y editor de PCB (Printed Circuit Board) entre otros.

En la actualidad la sección BE-CO-HT del CERN ha dotado de mejoras al programa que también han sido liberadas para contribuir con la continua mejora del software.

Este sera el software que se usara en el presente trabajo para la realización de los esquemáticos de los prototipos que se diseñen, así como las simulaciones 3D de los mismos figura 9.



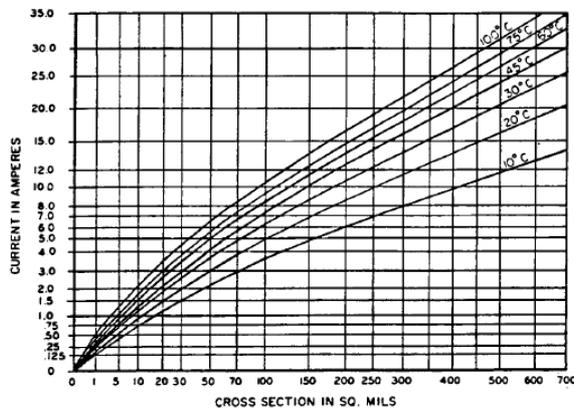
Figura 9: Diseño en 3D de la placa de desarrollo X-M4

La versatilidad que se dispone con este software informático a permitido implementar algunos componentes que no se disponen en las librerías que este posee, para ser usados en los diseños que se han realizado en el presente trabajo, los diseños en 3D se realizaron haciendo uso de software FreeCAD también de código libre, una muestra de algunos de ellos puede verse en la tabla 2.

	Esquemático	Footprint	Diseño 3D
TMA0505D	<p>TMA0505D 1 +Vin(Vcc) +Vout 5 Common 4 2 -Vin(GND) -Vout 3 U?</p>	<p>TMA0505D REF**</p>	
JR-201S	<p>JR-201S P2 CONN_01X02</p>	<p>JR-201S REF**</p>	
Rocker switch	<p>P2 CONN_01X02</p>	<p>ROCKER_SWITCH REF**</p>	
Transformer	<p>TRANS U? Pri 1 2 3 4 Sec</p>	<p>TRANS REF** PCB TRANSFORMER</p>	
SSD1963	<p>SSD1963</p>	<p>REF** REF** TQFP-100-14x14mm</p>	

Tabla 2: Algunos componentes diseñados en este trabajo para el uso en Kicad

Para el diseño de pistas se han tenido en cuenta la gráfica sobre corriente y ancho de pistas que los relaciona con la temperatura , aparecen en el documento IPC-2221A (Generic Standard on Printed Board Design) figura 10.



Para la realización de este trabajo se han utilizado los siguientes anchos de pista en pulgadas.

	Tamaño pulgadas		
Señales	0.01	0.012	0.016
Alimentación	0.024	0.032	0.040

Tabla 3: Tamaño de pistas

Figura 10: Gráfica tamaño de pistas

En la mayor parte de componentes que se utilizan en este trabajo se manejan corrientes de unas pocas decenas de miliamperios, como puede comprobarse en la gráfica, estos tamaños de pista cumplen holgadamente su función no alcanzando elevadas temperaturas para los anchos de pista y corrientes manejadas.

Las vías son orificios que se practican sobre la PCB para interconectar las capas. Los tamaños de vías deben ser siempre mayores que el ancho de pista .

	Díámetro pad	Díámetro perforación
Vía 1	0.02	0.015
Vía 2	0.025	0.020
Vía 3	0.030	0.035
Vía 4	0.035	0.030
Vía 5	0.040	0.035
Vía 6	0.050	0.045

Tabla 4: Tamaño de vías

Las placas PCB están compuestas de varias capas, en el presente trabajo solo se usaran dos capas de cobre para los trazados de pistas y planos de masa, dos capas para las mascararas de soldadura y dos capas para la serigrafía además de las capas de taladros. Una vez finalizado el diseño se generaran los ficheros GERBER que son el formato estándar en la industria electrónica para trasladar al fabricante la información de diseño del PCB.

6.1.2 Software de simulación Qucs

El programa de simulación electrónica Qucs (Quite Universal Circuit Simulator) lanzado en 2003 es un software capaz de simular circuitos de gran señal, pequeña señal y circuitos digitales VHDL/Verilog. Se trata de un programa de código abierto que cuenta con una interfaz muy intuitiva, además puede representar los resultados en multitud de diagramas y tablas.

En el presente trabajo ha sido de gran utilidad el poseer de esta herramienta ya que ha propiciado que se pueda elaborar el diseño para su simulación y comprobar que la respuesta teórica de los circuitos diseñados era la apropiada.

6.2 Prototipos electrónicos

6.2.1 Placa de desarrollo X-M4 basada en ARM CORTEX

Durante las primeras pruebas que se realizan sobre algunos periféricos como el PHY Ethernet, el DAC o la cámara OV2640 en la placa STM32F407 Discovery, se observan errores aleatorios de funcionamiento, esto es debido a que algunos de los pines usados para controlar dichos periféricos ya se encuentran mapeados en la placa para controlar los periféricos que ella misma dispone.

Esto conlleva un retraso en el trabajo, ya que produce errores que en principio se atribuían al software que se diseñaba, lo que provoca tiempo de análisis de código y modificación del mismo.

Dado que seria muy complicado privar a la STM32F407 Discovery de los periféricos con los que ha sido diseñada, se propone el diseño de una placa de desarrollo basada en el

mismo microcontrolador STM32F407 pero limitada a disponer de unos mínimos requisitos de funcionamiento, estos son ,programar el microcontrolador, alimentar la placa y dotarla de conectividad con el exterior.

Al prototipo en cuestión se le designa con el nombre de X-M4 para referirse a el, ya que sera la placa que se usara para el diseño de todo el sistema. Dado que el diseño en cuestión va a estar limitado por el propio interés del trabajo, en los siguientes apartados se explicaran las elecciones tomadas.

Para el diseño de este prototipo se ha hecho uso del programa informático Kicad tanto para su diseño electrónico como para la realización del PCB.

El esquemático completo y los planos de la PCB pueden consultarse en el documento Planos plano de 1 a 9. En los puntos siguientes se comentaran los aspectos más importantes de dicho diseño así como modificaciones posteriores hechas al mismo.

6.2.1.1 Alimentación

La tensión de alimentación del STM32F407 va desde los 1.8v a los 3.6v siendo la tensión típica a la que suelen trabajar estos microcontroladores 3.3v por ello, la alimentación principal del microcontrolador sera manejada a través de un regulador de tensión AMS1117.

Se trata de un regulador de tensión capaz de proporcionar hasta 1A de corriente, existiendo variantes del mismo integrado en distintas tensión de salida, para nuestro caso se empleara la versión de AMS1117-3.3v, la cual proporciona una tensión estable de 3.3v , alimentándose a 5v en la figura 11.

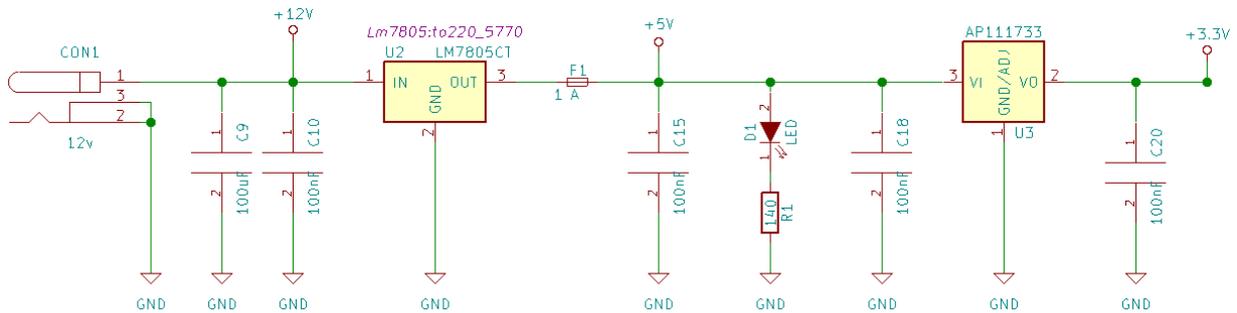


Figura 11: Circuito de alimentación reguladores LM7805 y AMS1117-3.3

A su vez el AMS1117-3.3 es alimentado con un regulador de tensión LM7805 el cual proporciona una salida de 5V y hasta 1A que será alimentado a su vez por una fuente externa de alimentación de 12V, a la salida de del LM7805 se ha colocado un fusible de 1A rearmable. Con este diseño la placa cuenta con cuatro pines de 3.3V, tres pines de 5V y dos de 12V para alimentar periféricos externos a la misma.

En cada pin de alimentación V_{DD} del microcontrolador se deben colocar condensadores de 100nF para desacoplo de señal y uno de pico de 4.7uF, en este caso son 6x100nF y 1x4.7uF, estos mismos deben estar colocados lo mas próximo al microcontrolador posible. Además el pin V_{BAT} al no conectarse a ninguna batería es llevado a V_{DD} con su respectivo condensador de 100nF. Los pines V_{DDA} y V_{REF} deben llevar un condensador de 1uF y otro de 100nF, quedando la red de condensadores de desacoplo como en la figura 12.

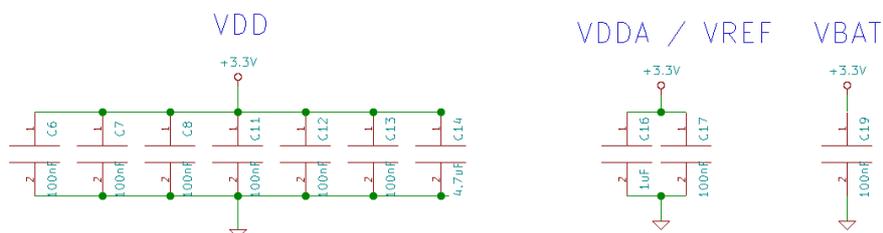
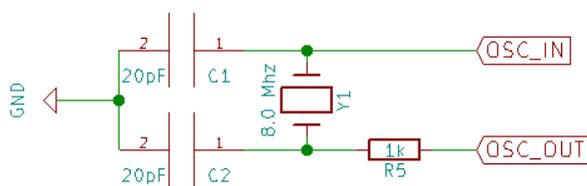


Figura 12: Condensadores de desacoplo

6.2.1.2 Circuito del oscilador HSE

La velocidad del oscilador externo conocido por HSE que soporta este microcontrolador esta en el rango de 4MHz a 26MHz, en este diseño figura 13 se ha escogido un cristal de cuarzo de 8MHz. Para los condensadores C1 y C2 es aconsejado por el fabricante el uso de condensadores cerámicos en el rango de 5pf a 25pf.

Además se debe realizar el calculo de la resistencia R5 ya que su función es la de formar un filtro paso-bajo para obligar al cristal a comenzar su oscilación a su frecuencia fundamental, la siguiente expresión muestra el calculo del valor de R5 para esta aplicación.



$$R_{ext} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot F \cdot C_{L2}}$$

$$R_5 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 8 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-12}} = 994.71 \approx 1 \text{ k}\Omega$$

Figura 13: Representación del circuito oscilador HSE

El fabricante proporciona un documento denominado “Oscillator design guide” al cual podemos acudir en caso de querer realizar un diseño más óptimo.

6.2.1.3 Puertos GPIO

Tanto los pines GPIO como los pines de alimentación para periféricos externos se han ubicado en los laterales de la placa con conectores para PCB de 50 pines figura 14, para facilitar el conexionado de periféricos, el orden que se ha seguido es por proximidad al micro para evitar largas pistas en los pines de señal.

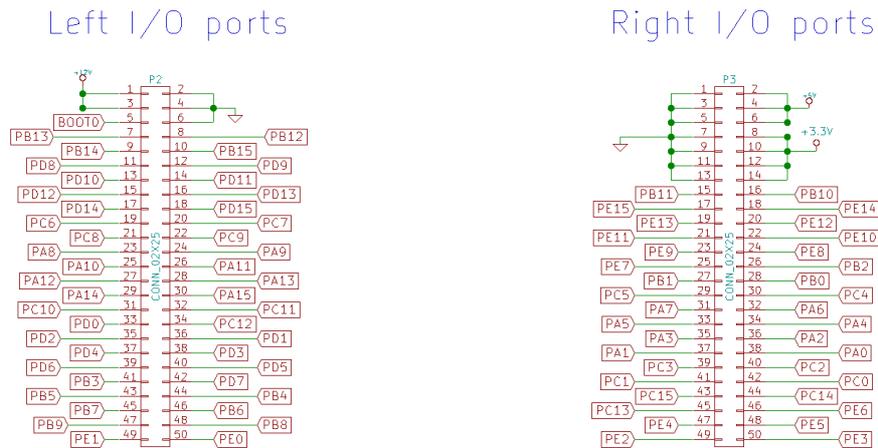


Figura 14: Puertos I/O del microcontrolador

6.2.1.4 Interfaz JTAG

Como interfaz de comunicación con el PC existen dos versiones de conexionado, la interfaz SWD y la interfaz JTAG figura 15, dado que se pretende utilizar un programador ST-Link V2 figura 16 para realizar la programación y hacer depuraciones en el código. Si bien cabe la posibilidad de realizar el conexionado SWD con el ST-Link este dispone de conector JTAG, por lo que se decide implementar este en la placa dado que aporta robustez al diseño al tratarse de un conector de tipo poka-yoke.

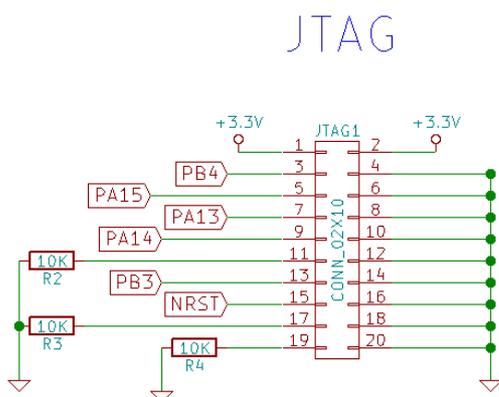


Figura 15: Interfaz JTAG



Figura 16: Grabador ST-Link V2

6.2.1.5 Ensamblado de prototipo X-M4

Una vez terminado el diseño del prototipo de la tarjeta se procede a su ensamblado en el taller, al tratarse de un microcontrolador de cien pines se ha tener especial cuidado en el soldado a mano ya que la posibilidad de que un par de pines entren en contacto es elevada, en la figura 17 puede apreciarse en detalle el resultado final del montaje.

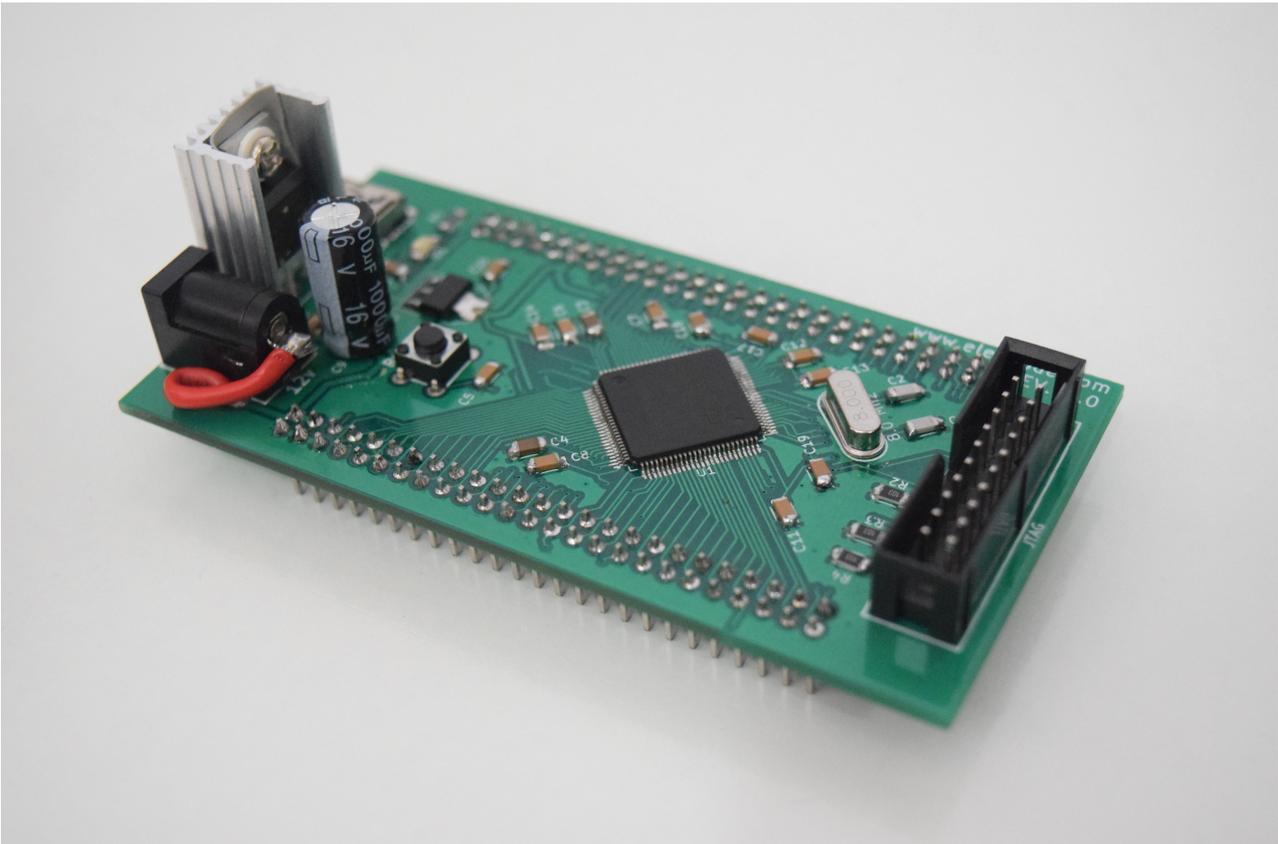


Figura 17: Placa de desarrollo X-M4 ensamblada

Para que el lector pueda hacerse una idea del resultado final de la placa X-M4 comparada con las versiones comerciales de la STM32F407 Dyscovery y la STM32F429 Discovery, en la figura 18 puede apreciar las diferencias.

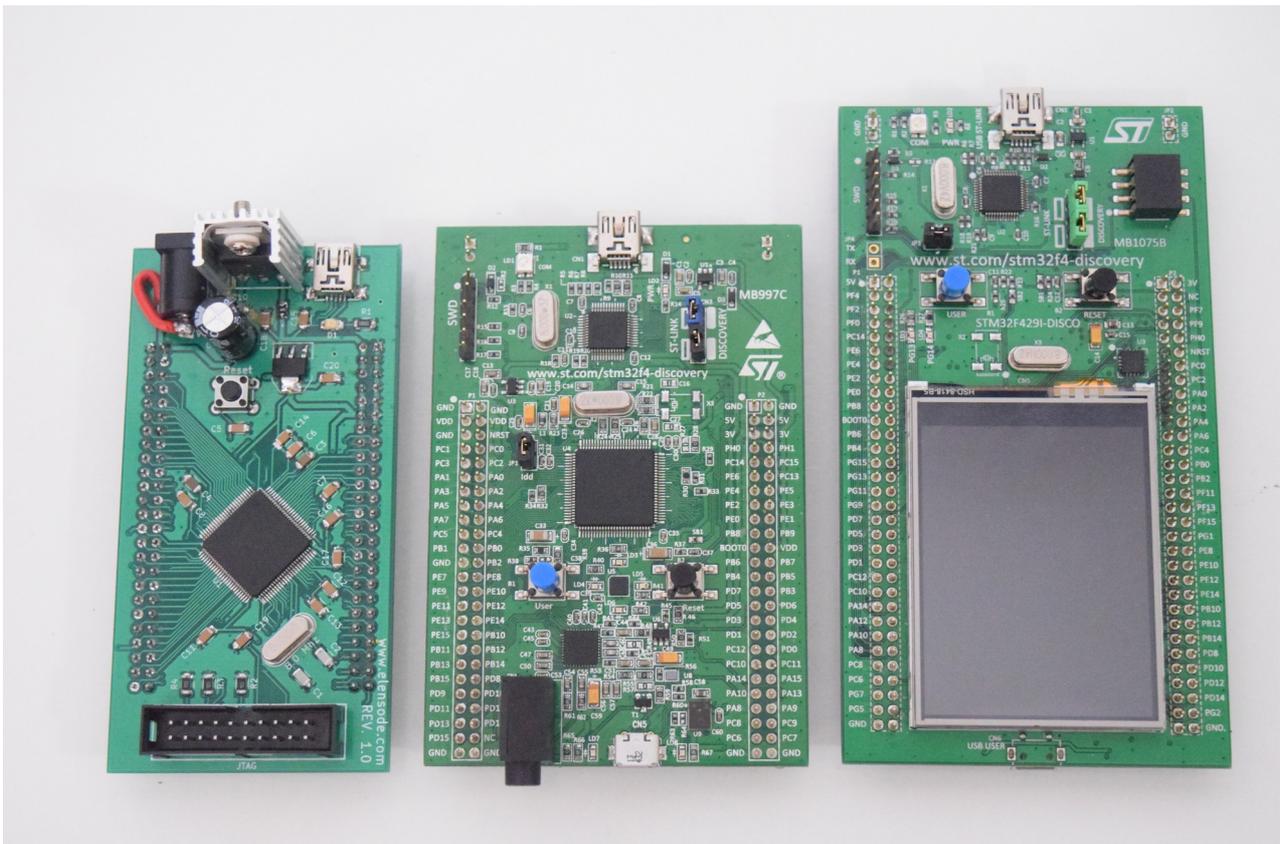


Figura 18: De izquierda a derecha X-M4, STM32F407 Discovery, STM32F429 Discovery

6.2.1.6 Posibles modificaciones sobre el prototipo X-M4

La placa responde correctamente para el cometido que ha sido diseñada, aunque se pueden apreciar ciertas mejoras para realizar futuras modificaciones que se detallan a continuación.

Puede comprobarse en la figura 17 como un error de un footprint erróneo altero el resultado final del prototipo, al ser este error en el conector de alimentación de 12v, provocando un cortocircuito. Para solucionar el error, se reviso el circuito completo y realizo un puente cableado solucionando dicho problema.

Otra de las mejoras a tener en cuenta se da en la alimentación a 5v, cuando el regulador de tensión LM7805 esta trabajando con una tensión de entrada de 12v se observa que

este alcanza temperaturas elevadas, esto es debido a que el regulador debe disipar la potencia perdida debida a la diferencia de tensiones la cual puede describirse con la siguiente expresión.

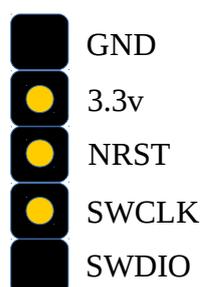
$$PD=(V_{in}-V_{out})\cdot I_{out}$$

Es por ello que se propone reemplazar el regulador original por un regulador de tensión tipo Buck con menores perdidas de potencia en la alimentación en concreto por un LM2575-5 , capaz de suministrar hasta 1A de corriente en su salida.

6.2.2 Grabador de memorias SPI

Una vez ensambladas las memorias a la unidad principal S.A.M se hace necesario la modificación de información básica almacenada en las memorias flash que dispone, por ello se realiza el diseño electrónico de un grabador de memorias SPI el cual podrá ser usado para tal fin. Este incorpora un microcontrolador ARM CORTEX M3 modelo STM32F103C8T capaz de trabajar con una velocidad de reloj de 72Mhz, este microcontrolador cuenta con menos periféricos que el STM32F407 pero para el diseño que se ha realizado cumple holgadamente con los requisitos.

Para este prototipo se ha decidido la inclusión de un puerto SWD (Serial Wire Debug) figura 19 para realizar las grabaciones del microcontrolador así como las depuraciones dado que se ha querido reducir las dimensiones de la placa y el puerto JTAG ocupa un espacio demasiado grande.



El puerto de acceso al microcontrolador SWD solo precisa de cinco cables para conectarse al microcontrolador, una señal de reloj SWCLK, otra de datos SWDIO, señal de reset NRST, alimentación y masa.

Figura 19: Puerto SWD

El grabador ha sido dotado de dos puertos SPI para la grabación de memorias, los cuales podrán trabajar a velocidades de hasta 18Mbit/s, además se le han incluido tres leds indicadores de estado del trabajo (OK, DATA y ERROR) mas uno cuarto led de encendido.

Además cuenta con un interfaz USB el cual es usado para las comunicaciones con el ordenador en configuración de puerto serie virtual, la inclusión del USB es debido a que el grabador precisa de un ordenador para realizar la transmisión de datos a las memorias.

Debido a los plazos de fabricación no se cuenta con el dispositivo físico de este prototipo podemos ver una representación 3D del mismo en la figura 20.

Los esquemas y planos de este prototipo pueden encontrarse en el documento planos planos de 10 hasta 18.

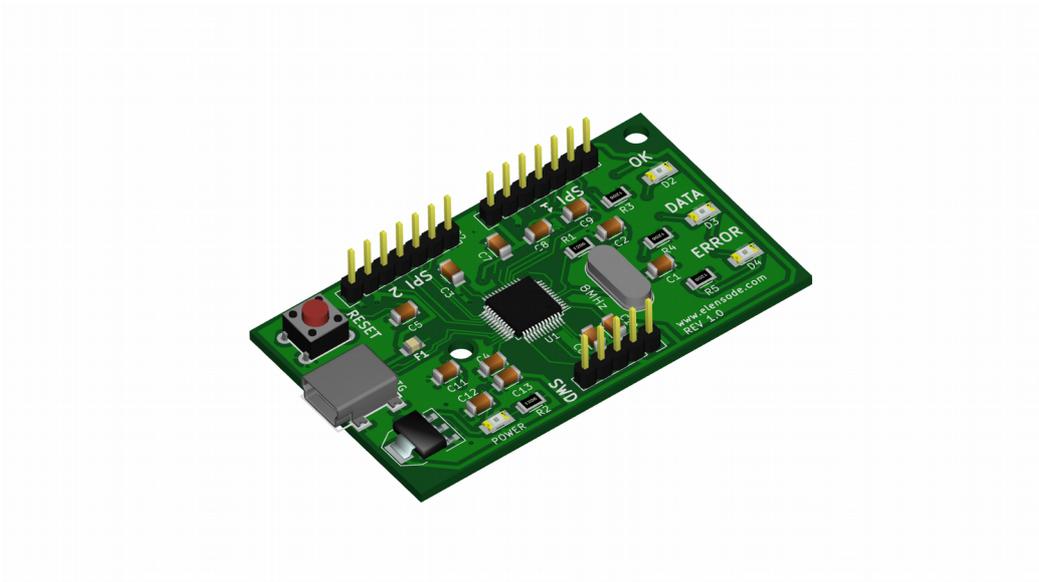


Figura 20: Prototipo 3D del programador de memorias SPI

Para este dispositivo se ha realizado el diseño de una carcasa para que lo proteja dado que se trata de un dispositivo de uso en el lugar de trabajo, con aperturas para el USB y los puertos de comunicaciones de que dispone puede verse una representación de la misma en la figura 21.

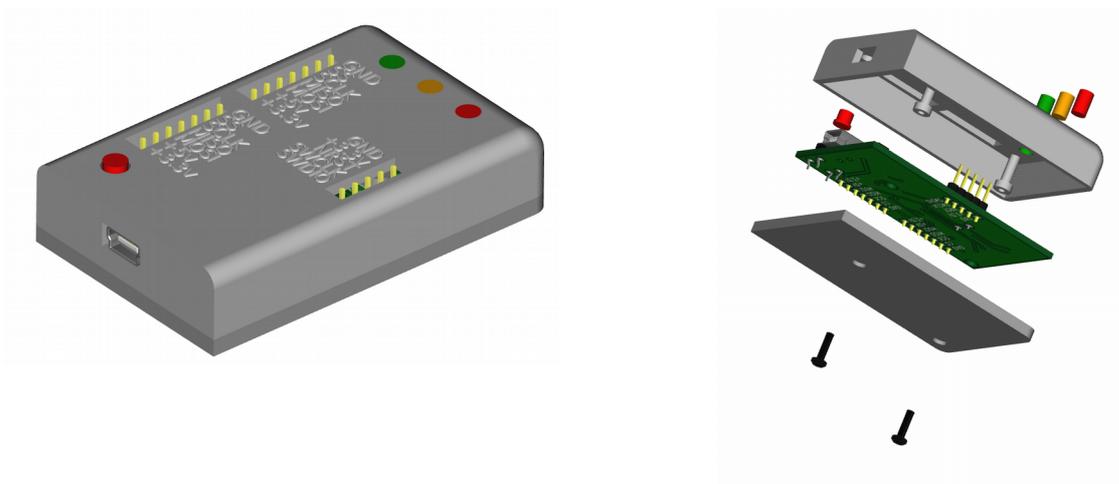


Figura 21: Prototipo carcasa 3D para programador de memorias SPI

6.2.3 Fuente alimentación 5v 2A

El consumo máximo para el dispositivo S.A.M (Sistema de Asistencia al Mayor) se estima en un máximo de 2A por lo que se se barajan varias opciones de alimentación, dado que se pretende poder dar solución electrónica a todo el conjunto en cuanto a averías se refiere y no depender de terceros se realiza un prototipo que cumpla con dichos requisitos.

El integrado que se encarga de suministrar dicha tensión es el LM2596T-5, se trata de un regulador de tensión que proporciona todas las funciones para montar un circuito de tipo Buck capaz de suministrar hasta 3A de corriente, al cual solo hay que añadirle algunos componentes para que cumpla con la función, incluye compensación de frecuencia interna, además trabaja a una frecuencia de conmutación de 150kHz.

Para tal fin se diseña el esquema de la figura 22 y se procede al montaje en prototipo para tomar medidas de respuesta antes de su montaje final.

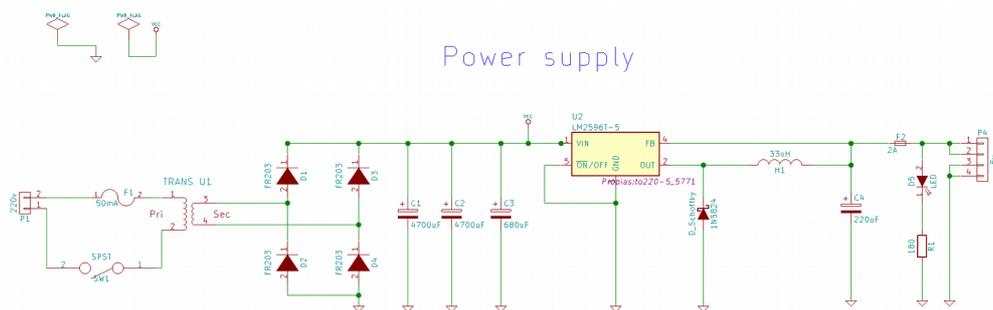


Figura 22: Esquema fuente de alimentación

Los componentes que forman parte de la fuente de alimentación no estabilizada son un transformador 220v en el primario con reducción a 12v en el secundario que puede aportar hasta 10VA, cuatro diodos modelo FR203 para el puente rectificador, se realizan pruebas del puente rectificador con una resistencia de carga de 20Ω y 25w los resultados se pueden observar en las imágenes tomadas con el osciloscopio figura 24.

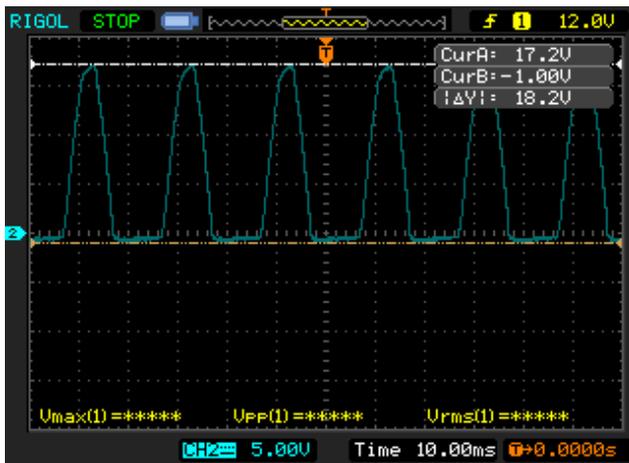


Figura 23: Señal en diodo D4

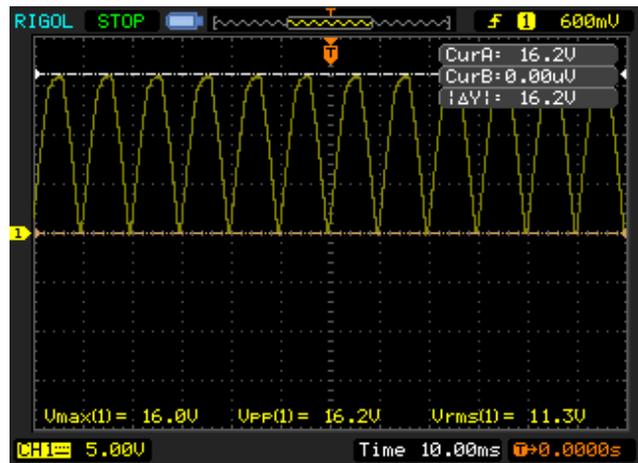


Figura 24: Señal en la carga

En la figura 24 se puede apreciar la forma de onda de la tensión a la salida del puente rectificador, entregando dicha tensión a la carga. En la figura 23 esta representada la forma de onda de la señal en el diodo D4 del puente rectificador, la tensión soportada por este en el semiciclo positivo que alcanza los 17.2v y en el semiciclo negativo se puede observar su tensión de codo que es de 1v.

Los condensadores han sido seleccionados teniendo en cuenta que se desea una tensión de rizado de alrededor de los 0.5v, para seleccionarlos se ha hecho uso de la siguientes expresiones.

$$V_{oriz} = \frac{I_o(Av)}{2 \cdot f \cdot C} \quad I_o(Av) = \frac{V_o(Av)}{R} \quad V_o(Av) = \frac{2 \cdot V_{max}}{\pi}$$

Resolviendo las expresiones arriba mencionadas y despejando C obtenemos:

$$V_o(Av) = \frac{2 \cdot 16.2}{\pi} = 10.313 \text{ v}$$

$$I_o(Av) = \frac{V_o(Av)}{R} = \frac{10.313}{20} = 0.515 \text{ A}$$

$$C = \frac{I_o(Av)}{2 \cdot f \cdot V_{rizado}} = \frac{0.515}{2 \cdot 50 \cdot 0.5} = 10300 \text{ uF}$$

Lo que se deja en dos condensadores de 4700uF pero hay que tener en cuenta que el transformador elegido solo es capaz de soportar hasta 10VA a 12V con lo que la corriente máxima a 12v que puede soportar teóricamente es de 0.83A, por lo que en el momento de agregar los condensadores la tensión caerá debido a que el transformador no es ideal y tiene impuestas unas restricciones de potencia.

Con los dos condensadores de 4700uF que son los usados para las pruebas, una vez montado el circuito en protoboard se observa que tanto la tensión de salida figura 25 como la tensión de rizado figura 26 difieren de los cálculos teóricos esto es debido como ya se ha comentado al transformador si realizamos un análisis inverso podemos comprobar como estos si se cumplen.

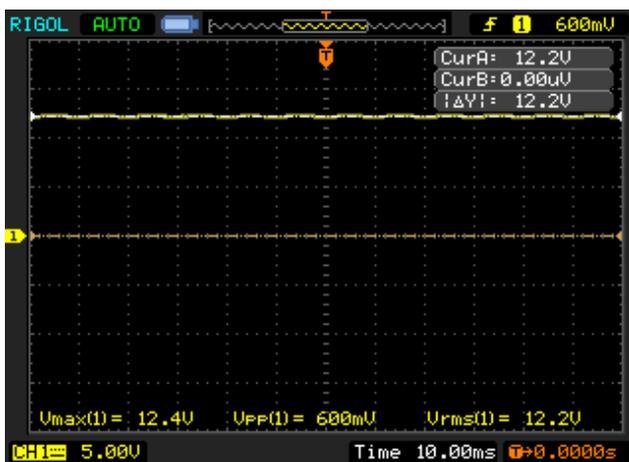


Figura 25: Tensión en la carga

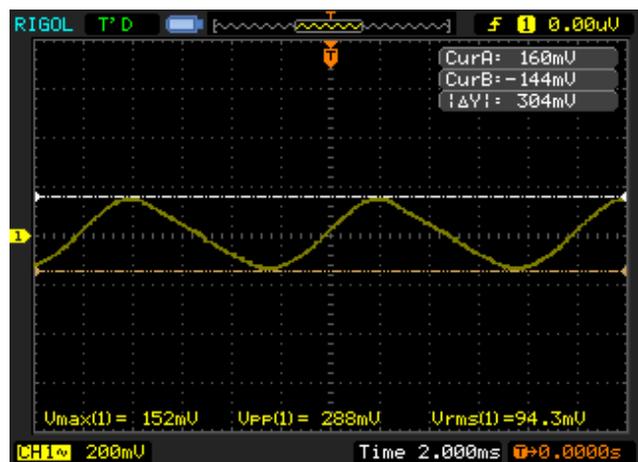


Figura 26: Tensión de rizado

$$V_{max} = 12.4 \text{ v} \qquad V_{rizado} = 288 \text{ mv}$$

$$V_o(Av) = \frac{2 \cdot 12.4}{\pi} = 7.894 \text{ v}$$

$$I_o(Av) = \frac{V_o(Av)}{R} = \frac{7.894}{20} = 0.394 \text{ A}$$

$$V_{Rizado} = \frac{I_o(Av)}{2 \cdot f \cdot C} = \frac{0.394}{2 \cdot 50 \cdot 9400 \cdot 10^{-6}} = 0.41 \text{ v}$$

La tensión de rizado tampoco es la misma que la obtenida en el montaje, esto es debido a la calidad de los condensadores que siendo de 4700uF los dos cuando se realizan mediciones de ambos, se obtiene que uno es de 6230uF y el otro de 5960uF con lo que la capacidad total se extiende hasta los 12190uF con ello se obtiene un rizado teórico de 320mv lo que ya se asemeja mas al obtenido en en las pruebas.

El factor de rizado queda pues en un 2.33% como puede comprobarse por la expresión siguiente:

$$Fr = \frac{12.344 - 12.056}{12.344} \cdot 100 \% = 2.33 \%$$

Una vez concluidas las pruebas de la parte no estabilizada de la fuente se procede a la inclusión de todo el circuito Buck que comprende al LM2596T-5 para finalizar el convertor DC/DC, se realizan pruebas y se toman muestras de tensión a la salida de la fuente con la carga resistiva . Se obtienen 5.2v de tensión por lo que se procede a su ensamblado figura 27.

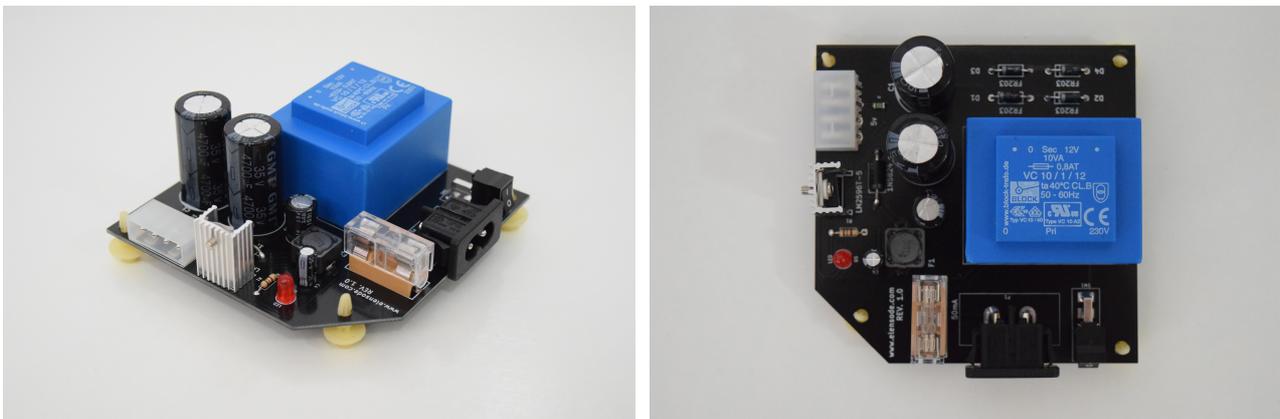


Figura 27: Fuente de alimentación completamente ensamblada

6.2.4 Sistema de asistencia al mayor S.A.M

El sistema de asistencia al mayor (S.A.M) del cual trata este trabajo consta de varios circuitos electrónicos como puede verse en la figura 28 la cual es una simulación en 3D del diseño finalizado, en los siguientes puntos se comentaran cada uno de ellos profundizando lo que por el autor se ha creído conveniente para que el lector pueda tener una visión global del trabajo.

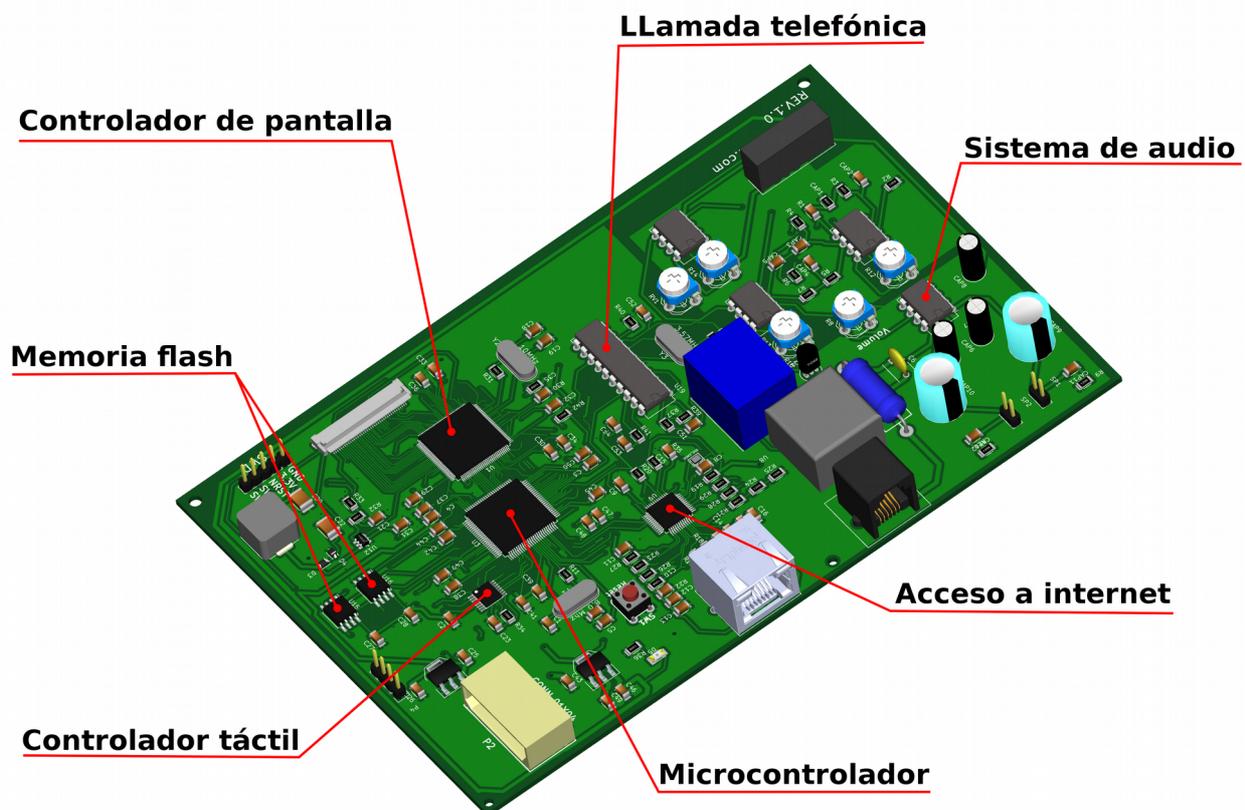


Figura 28: Simulación 3D Sistema de asistencia al mayor

6.2.4.1 Sistema de sonido

El espectro audible del oído humano va desde los 20Hz hasta los 20kHz, dado el enfoque del presente proyecto se considera una característica importante que puede darle un valor añadido , se decide hacer uso del modulo DAC (Digital to Analog Converter) que dispone el STM32F407 para convertir datos digitales en señales analógicas que podamos usar para tal fin.

El DAC del STM32F407 es un convertidor de 12 bits y tres canales y puede ser usado tanto para aplicaciones de audio como para aplicaciones de control o cualquier otro tipo de aplicación que requiera convertir un dato digital en un valor analógico de tensión.

6.2.4.1.1 Primeras pruebas

Se realiza una grabación de audio corta y se convierte la misma en un vector hexadecimal de enteros de 8 bits sin signo para que este pueda ser grabado en la memoria flash del microcontrolador y manipulado posteriormente por el programa principal.

Las primeras pruebas se realizan sobre las placas Discovery STM32F429 y la Discovery STM32F407, en ambas se obtienen ruidos provocados por la señal de 50hz de la red a la que están alimentadas y por los diversos periféricos que ambas incorporan figura 29. Es por ello que se hace necesario el uso de la placa X-M4 basada en STM32F407 diseñada anteriormente la cual no dispone de periféricos externos al microcontrolador que puedan estar haciendo un uso de los pines asignados al DAC figura 31.



Figura 29: Muestra DAC Discovery STM32F407

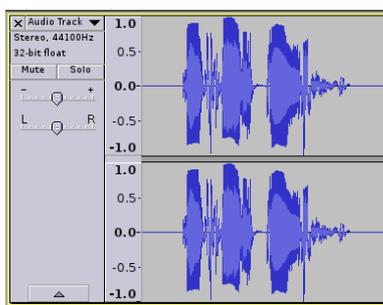


Figura 30: Muestra original Audacity



Figura 31: Muestra DAC X-M4

Aun siendo más limpia la señal producida por la X-M4, se observa que se hace necesario el uso de un filtro pasa-banda para el espectro audible 20Hz-20Khz dado que que no interesa que la señal pueda portar ruido de alta frecuencia, además la señal de 50Hz de la red sigue estando presente por lo que también es necesario un filtro para-banda para dicha frecuencia, al mismo tiempo se desea preamplificar y amplificar la señal a la vez que se deberá aportar una solución para alimentar los diseños a una tensión de 5v, es por ello que en los siguientes puntos se expondrá la solución adoptada.

6.2.4.1.2 Alimentación de los filtros

Los amplificadores elegidos para el diseño serán los OP07 que pueden trabajar con tensiones que van desde los $\pm 3v$ a los $\pm 18v$. Dado que nuestro circuito solo contará con una fuente de alimentación de 5v y 2A se hace necesario usar un convertor DC/DC el cual pueda suministrar $\pm 5v$ siendo alimentado a $+5v$.

Es por ello que se decide hacer uso de un convertor DC/DC modelo TDA0505D por tal fin.

6.2.4.1.3 Filtro pasa-banda y amplificador de señal

Para el diseño del filtro activo pasa-banda de la figura 32 se debe elegir una frecuencia de corte inferior y otra de corte superior, como ya se ha comentado anteriormente el rango de frecuencias de interés va desde los 20Hz hasta los 20kHz, es por ello que tomando como referencia dichas frecuencias se establecen los siguientes parámetros iniciales $f_i \approx 20 Hz$ y $f_s \approx 20 kHz$. Las expresiones que establecerán los valores de condensadores y resistencias a emplear, son las siguientes.

$$f_i = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot C_1} \quad f_s = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot C_2}$$

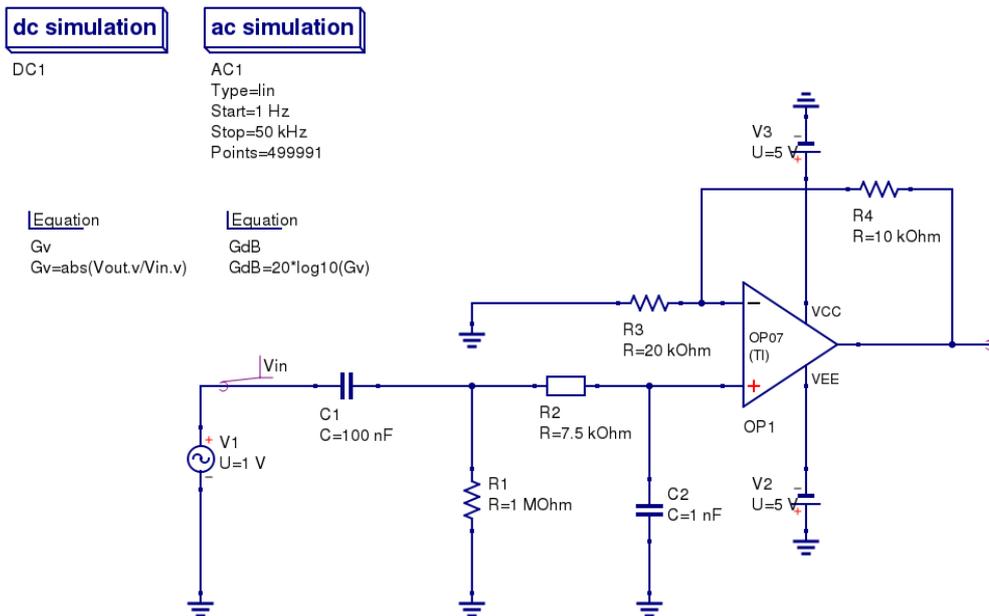


Figura 32: Filtro activo para-banda con ganancia de tensión

Aunque no se ha comentado anteriormente se establece que para el diseño del filtro se han de emplear valores de resistencias y condensadores comerciales, para lo cual se decide fijar primero el valor de los condensadores al existir menor variedad donde elegir. Se fija $C1=100\text{nF}$ y $C2=1\text{nF}$ con ello ya se fijan unos valores de R que nos den como resultado las frecuencias deseadas, se eligen $R1=1\text{M}\Omega$ y $R2=7.5\text{k}\Omega$.

$$f_i = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 1.59 \text{ Hz} \quad f_s = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 7.5 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9}} = 21220.65 \text{ Hz}$$

Si bien las frecuencias de corte no son exactamente las deseadas si son lo suficientemente próximas como para dar por válido el diseño, con ello se procede al diseño del preamplificador, se desea que la ganancia en v/v no sea muy elevada dadas las limitaciones de alimentación del circuito, es por ello que se establece $G_v=1.5\text{v/v}$. Dado que la expresión que regirá la ganancia en tensión es la siguiente:

$$G_v = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

Fijando el valor de R_3 en $20\text{k}\Omega$ se obtiene que valor de R_4 de ser $R_4=10\text{k}\Omega$.

$$G_v = 1 + \frac{R_3}{R_4} = 1 + \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} = 1.5 \text{ v/v}$$

Se realiza la simulación del circuito para comprobar los resultados y se dibujan los diagramas de bode pertinentes con una entrada senoidal de 1v y 1GHz de frecuencia, en la figura 33 se puede observar el bode de la ganancia en dB.

Tal como se esperaba, se puede observar que el filtro actúa correctamente para las frecuencias de corte inferior y superior, amplificando solamente aquellas que se desean.

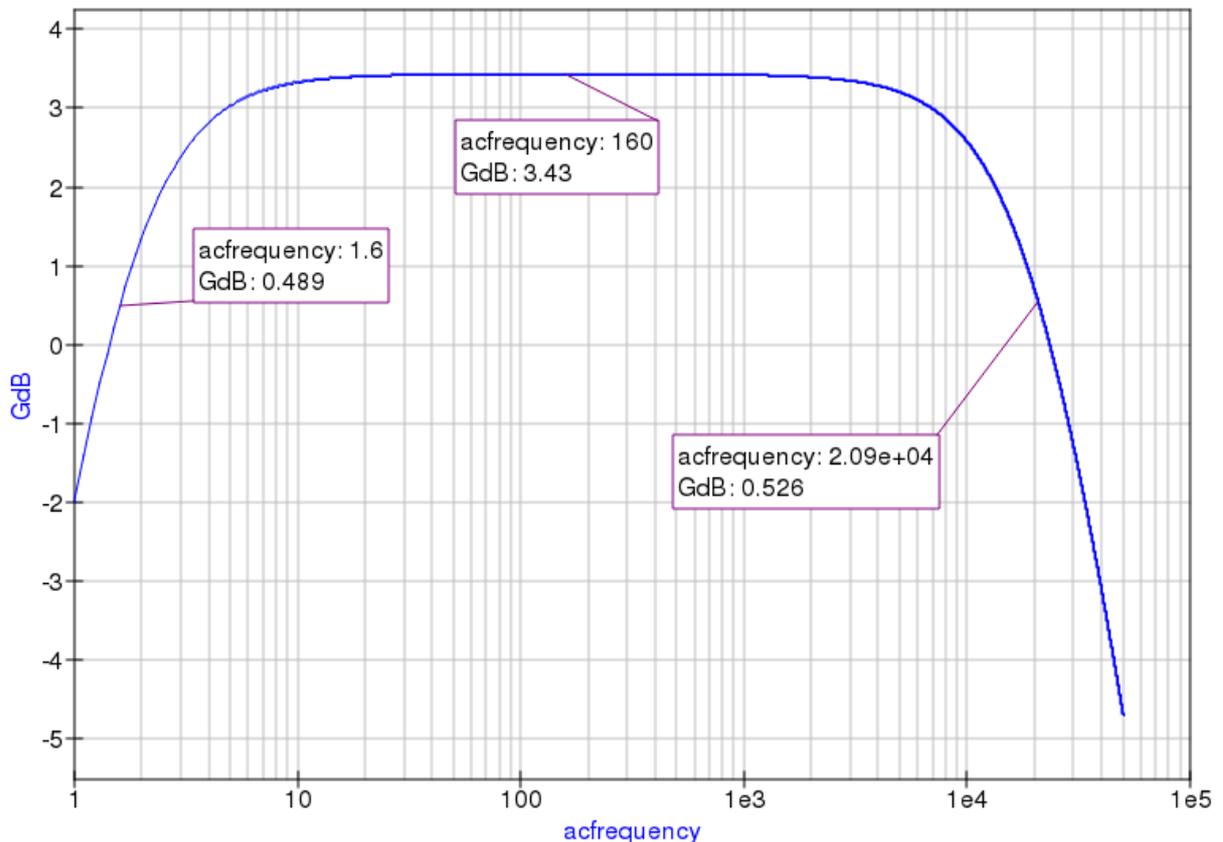


Figura 33: Bode ganancia en dB del filtro pasa-banda

6.2.4.1.4 Filtro para-banda

La mayor parte de dispositivos electrónicos consumen energía procedente de la red eléctrica la cual trabaja a 50Hz, es normal que se produzcan ruidos de señales parásitas acopladas provenientes de campos eléctricos y magnéticos a 50Hz, estos pueden ser muy molestos en el presente diseño ya que puede apreciarse como un zumbido en el altavoz, es por ello que se implementara el filtro para-banda de la figura 34 para eliminar ese ruido.

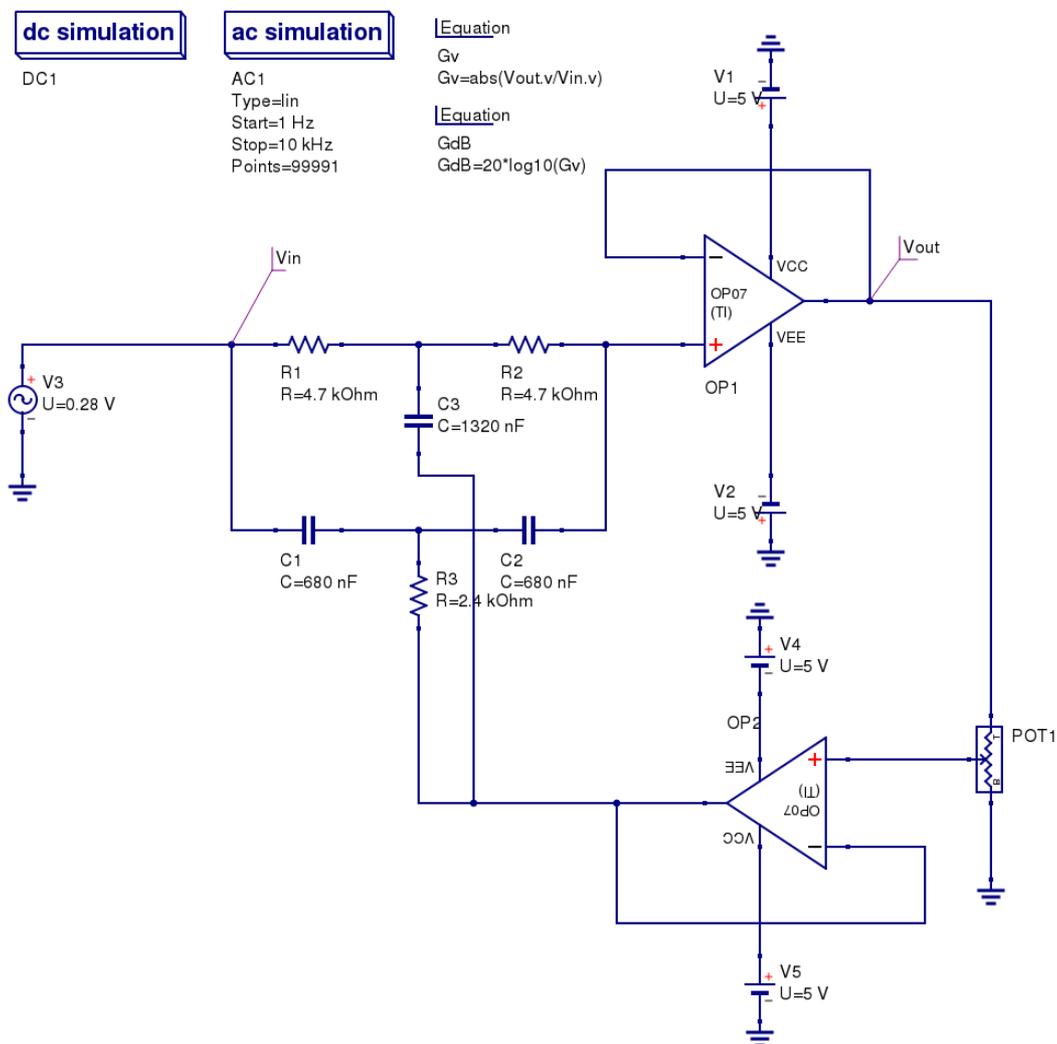


Figura 34: Filtro activo para-banda (notch TWIN T)

El diseño elegido es un filtro activo para-banda en configuración twin T, el cual puede ajustar el valor del factor de calidad Q ajustando el valor de POT1 de valor 10kΩ , su frecuencia de corte que sera 50Hz viene definida por la siguiente expresión.

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

El valor de los componentes viene establecido por las siguientes expresiones.

$$R_1 = R_2 = 2 R_3 \quad C_1 = C_2 = \frac{C_3}{2}$$

Como ya se hizo anteriormente ,se fija primero el valor de los condensadores a un valor comercial $C = C_1 = C_2 = 680 \text{ nF}$ y luego se fijan los valores de las resistencias despejando de la expresión de la frecuencia de corte.

$$R_1 = R_2 = R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 680 \cdot 10^{-9}} = 4681.02 \Omega \simeq 4.7 \text{ k}\Omega$$

$$C_3 = 2 \cdot C = 2 \cdot 680 \cdot 10^{-9} = 1.36 \mu\text{F}$$

$$R_3 = \frac{R}{2} = \frac{4.7 \cdot 10^3}{2} \simeq 2.4 \text{ k}\Omega$$

Ajustando el valor del potenciómetro podemos ajustar el valor de Q, podemos calcular dicho valor empleando la siguiente expresión, siendo a un valor entre 0 y 1 que sera la variación del potenciómetro.

$$Q = \frac{1}{4 \cdot (1 - a)}$$

Ajustando el potenciómetro de 10kΩ para que en el terminal central que va a la patilla de alimentación positiva del amplificador operacional se quede en 416,16Ω de masa y realizando una simple regla de tres obtenemos que el valor de a es igual a.

$$a = \frac{(10 \cdot 10^3 - 416,16)}{10 \cdot 10^3} = 0.958$$

Quedando un valor de Q tal que:

$$Q = \frac{1}{4 \cdot (1 - a)} = \frac{1}{4 \cdot (1 - 0.958)} = 5.95$$

Quedando los valores de los componentes totalmente definidos, a continuación se muestran los resultados obtenidos en la simulación del filtro para-banda en la figura 35 se muestra el bode ganancia en dB.

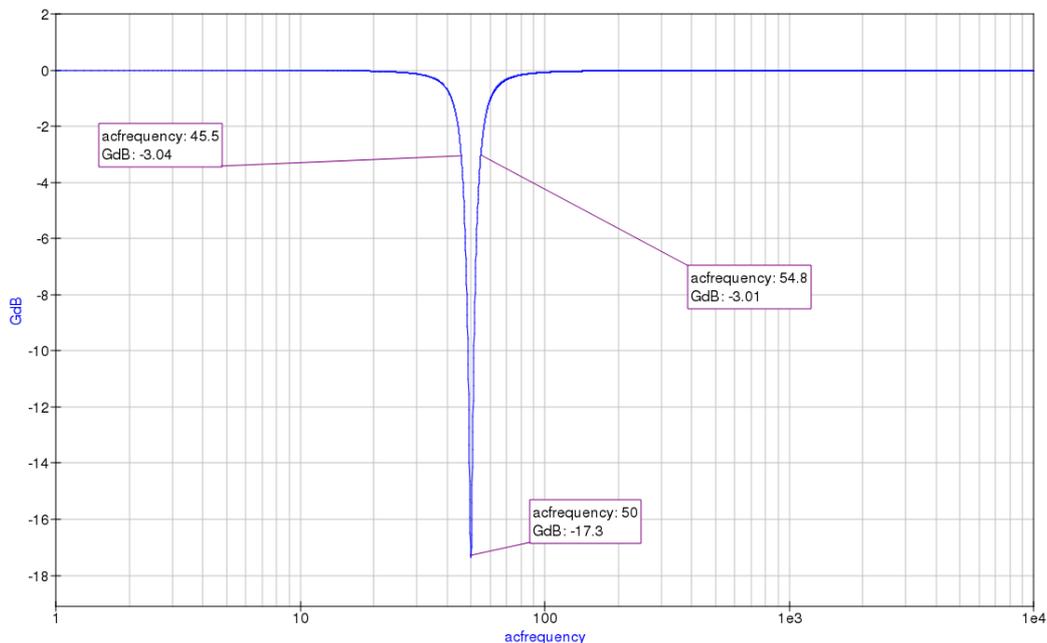


Figura 35: Bode de ganancia en dB del filtro para-banda

Como se puede apreciar en el bode de la figura 35 la frecuencia de corte esta correctamente situada en los 50Hz para obtener el factor de calidad Q se ha de dividir la frecuencia central entre la resta del valor superior de frecuencia f_s cuando esta subiendo y se encuentra con una atenuación de -3dB y el valor inferior cuando empieza la atenuación y se encuentra a -3dB de caída ,se obtiene el siguiente valor de Q.

$$Q = \frac{f_o}{f_s - f_i} = \frac{50}{54.8 - 45.5} = 5.37$$

6.2.4.1.5 Amplificador de potencia

Para terminar el diseño se decide emplear un amplificador de potencia destinado para tal fin, en concreto el TDA2822M que puede trabajar con tensiones de hasta 1.8v. El mismo fabricante ya propone un par de diseños tanto para utilizarlo en modo mono como en estéreo, es por ello que se decide utilizar la configuración en modo estéreo proporcionada en el datasheet del componente figura 36.

Con esta incorporación se da por finalizado el diseño del circuito del sistema de sonido, se ha añadido a la documentación en el documento planos el esquema completo de este circuito plano n.º 31.

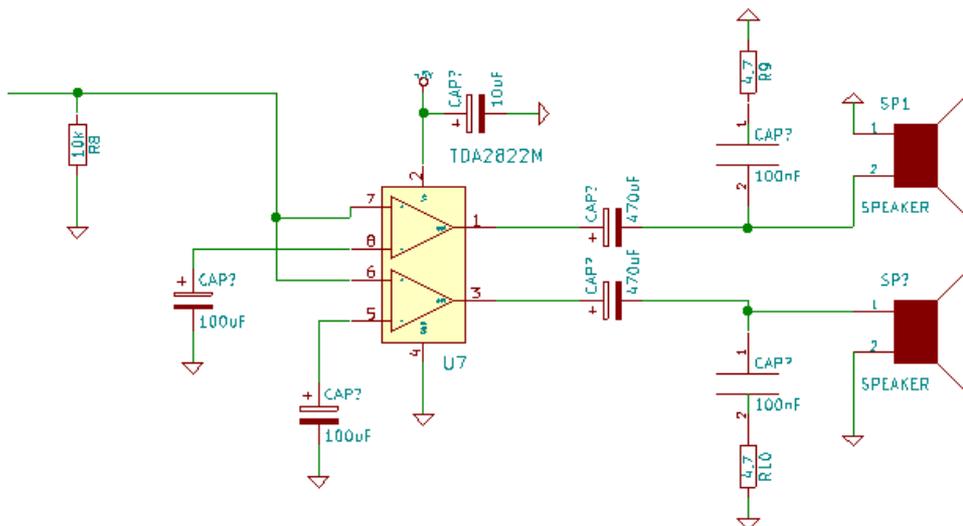


Figura 36: TDA2822M modo estereo

6.2.4.1.6 Implementación experimental

Una vez diseñado y simulado se procede a montar el sistema de sonido al completo figura 37, los valores de condensador y resistencia se han ajustado a lo que se encuentra disponible en el taller, una vez comprobados los condensadores se observa que los valores de estos distan de ser los marcados en los mismos por lo que de antemano podemos determinar que se tendrá un elevado error debido a este factor. El montaje se realiza en modo mono con un solo altavoz y se realizan una serie de pruebas practicas para comprobar la funcionalidad del circuito.

Se realizan pruebas auditivas para comprobar la calidad de la voz con una secuencia de audio pregrabada en la memoria de la placa X-M4.

Además se realizan diversas pruebas para obtener los diagramas de bode tanto del filtro pasa-banda como del filtro para-banda, para ello haciendo uso de un generador de funciones se alimenta el circuito con una señal de 500mv sinusoidal, la cual se va variando su frecuencia para tomar valores.

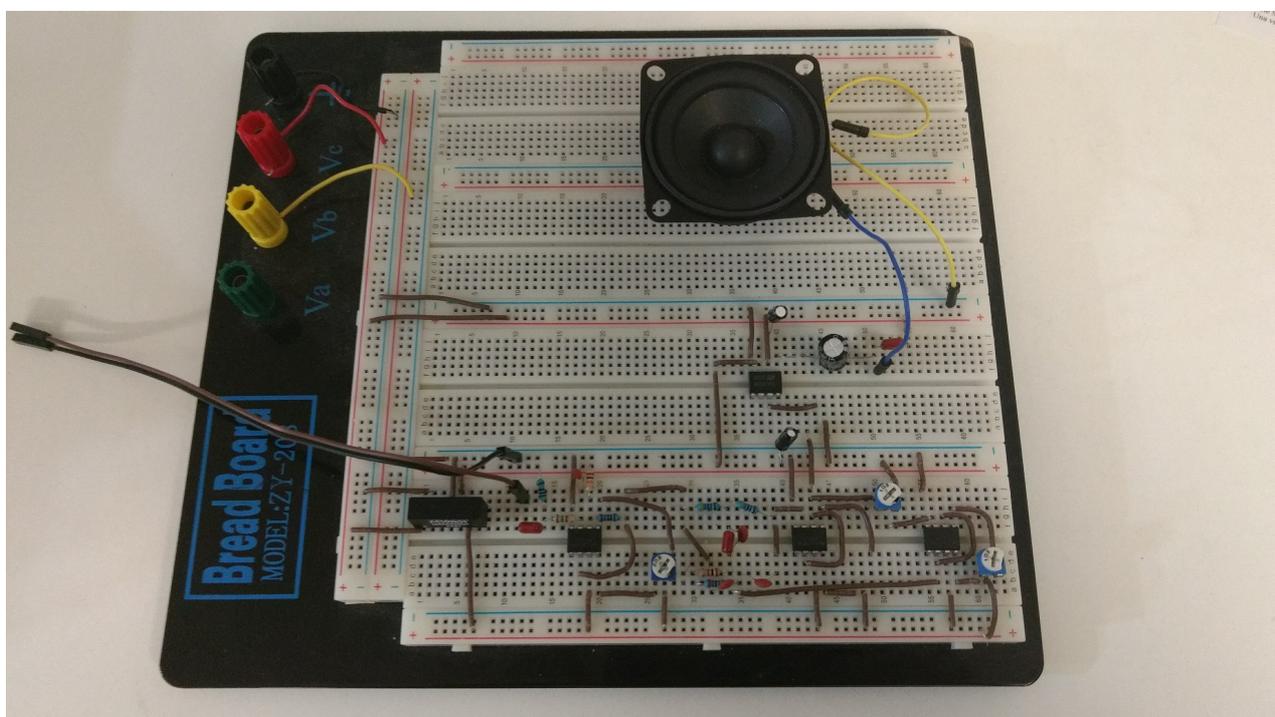


Figura 37: Montaje experimental sistema de sonido

6.2.4.1.7 Resultados experimentales

Se realiza una una prueba con la placa de desarrollo X-M4 para comprobar el resultado obtenido antes de diseñar los filtros figura 38 y una vez montado todo el circuito de tratamiento de la señal figura 39, se puede apreciar a simple vista como la señal de la figura 39 contiene menos ruido y por lo tanto es una señal más limpia que la de la figura 38.

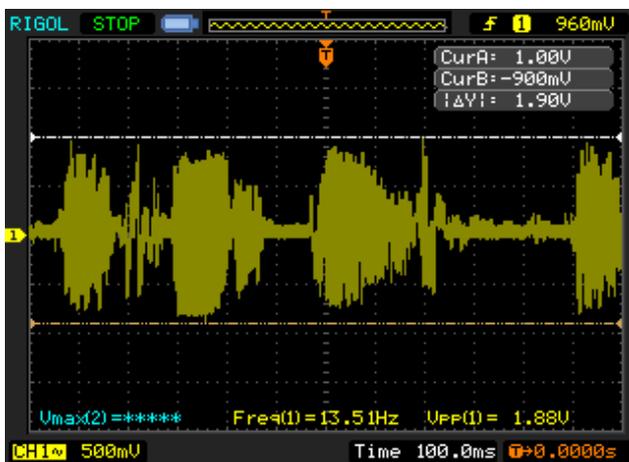


Figura 38: Muestra DAC X-M4



Figura 39: Muestra DAC X-M4 aplicando filtros y preamplificador

En la siguiente tabla 5 están contenidos los valores de frecuencia y tensión obtenidos al realizar la pruebas con el generador de funciones para frecuencias entre los 5Hz y 1kHz, además se adjunta el diagrama de bode en dB de la respuesta del filtro figura 40.

Frecuencia (Hz)	Tensión (mv)
5	760
10	768
15	768
20	768
25	736
30	712
35	640
40	504
41	464
42	424
43	384
44	328
45	296
46	232
47	184
48	154
49	146
50	130
51	184
52	224
53	272
54	312
55	344
56	384
57	416
58	448
59	488
60	504
61	528
65	592
70	648
75	680
80	704
85	728
90	741
100	755
200	768
500	767
1000	768

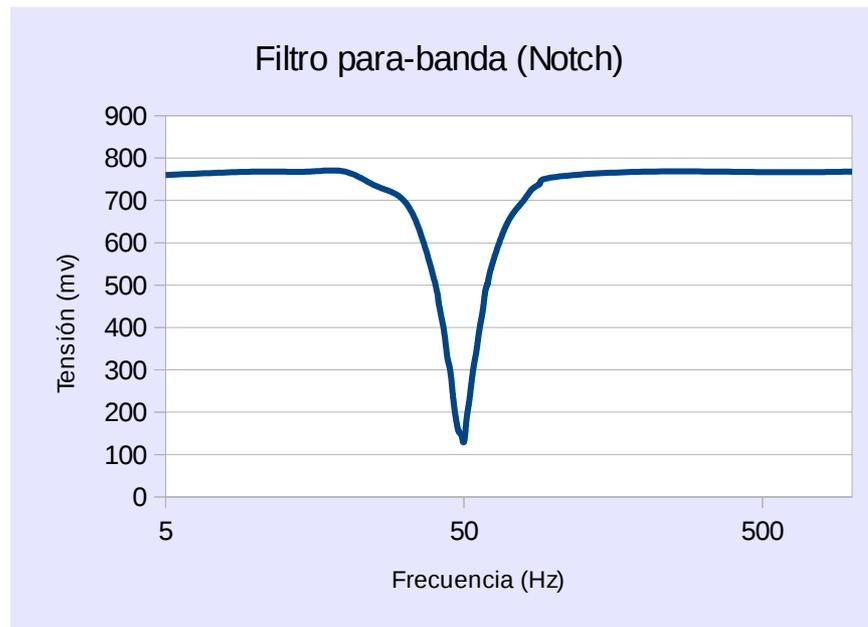


Figura 40: Bode en dB filtro para-banda

De los valores obtenidos se puede apreciar la atenuación de la señal en los 50Hz y obtener el factor de calidad del filtro que como ya se comento con anterioridad, no es muy elevado debido a la calidad de los componentes empleados.

El factor de calidad del montaje practico se calcula tomando como frecuencia inferior aquella que tenga una atenuación de -3db cuando empieza a caer y de igual modo para la frecuencia superior cuando esta terminando de subir.

$$Q = \frac{f_o}{f_s - f_i} = \frac{50}{61 - 39} = 2.27$$

Tabla 5: Muestras filtro para-banda

La siguiente tabla 6 muestra la respuesta del filtro pasa-banda para valores de frecuencia comprendidos entre 1Hz y 40kHz, para ello al igual que en el filtro notch se ha usado un generador de funciones con una señal de 500mv sinusoidal.

Frecuencia (Hz)	Tensión (mv)
1	296
2	512
3	640
4	688
5	712
6	736
7	744
8	752
9	760
10	760
11	760
12	760
13	760
500	768
1000	760
5000	744
10000	672
15000	584
16000	568
17000	544
18000	528
19000	512
20000	496
21000	480
25000	440
30000	376
35000	344
40000	304

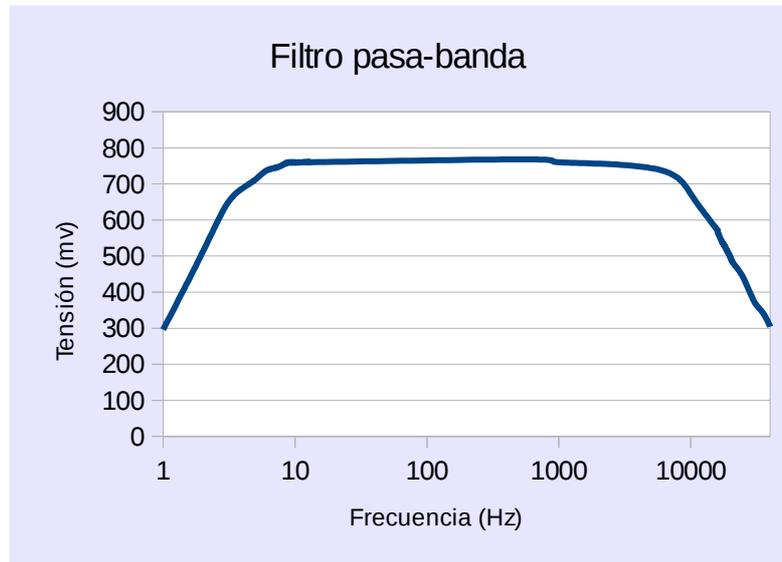


Figura 41: Bode en dB del filtro pasa-banda

El valor de ancho de banda del filtro viene dado por:

$$BW = f_s - f_i = 18000 - 5 = 17995 \text{ Hz}$$

El factor de calidad del filtro Q viene definido por la siguiente expresión.

$$Q = \frac{f_o}{BW} = \frac{8997.5}{17995} = 0.5$$

Tabla 6: Muestras filtro pasa-banda

Como ya se ha comentado con anterioridad, el resultado práctico podría haber dado mejores resultados utilizando componentes de mejor calidad, aun así se ha obtenido un funcionamiento muy correcto sin apreciación de ruidos en la señal.

6.2.4.2 Ethernet PHY DP83848C

Un dispositivo PHY (Physical layer) se trata de un circuito encargado de manejar las funciones de la capa física del modelo de red OSI, un dispositivo PHY realiza la conexión de la capa de enlace MAC (Media Access Control) con un medio físico como el cable de cobre o la fibra óptica, normalmente actúa junto a un integrado MII (Media Independent Interface) o a un microcontrolador que se hace cargo de las funciones de las capas mas elevadas. Básicamente un dispositivo Ethernet PHY es aquel que implementa el hardware para enviar y recibir conjuntos de datos.

En este trabajo se hace uso del DP83848C del fabricante (National Semiconductor) el cual es un PHY transceiver (transmisor - receptor), para las pruebas experimentales se hace uso de un montaje comercial figura 42 y en los siguientes puntos de este apartado se comentara su implementación electrónica en el prototipo S.A.M.



Figura 42: PHY Ethernet DP83848C

En el datasheet del fabricante del circuito integrado no se proporciona ningún esquemático como montaje recomendado, pero se dan explicaciones de como realizar el montaje según la configuración elegida para el diseño.

El DP83848C es un integrado que tiene una tensión de trabajo de 3,3v además tiene un consumo típico de 81 mA en modo 100BASE-TX (Full Duplex), la potencia que llega a disipar es de 267 mW.

Tanto el STM32F407 como el DP83848C soportan los modos de funcionamiento MII y RMII (Reduced Media Independent Interface) la configuración que se plantea aquí es la RMII por precisar un menor número pines de configuración.

6.2.4.2.1 Interfaz RMII

Este tipo de interfaz puede usarse para conectar dispositivos PHY con una MAC 10/100Mb/s usando un número reducido de pines, Los pines usados en este modo son los mostrados en la tabla 7.

Nomenclatura	Pin
TX_EN	2
TXD 0	3
TXD 1	4
RX_ER (Opcional)	41
CRS_DV	40
RXD 0	43
RXD 1	44
X1	34
MDIO	30
MDC	31

La velocidad mínima del oscilador de este interfaz es de 50MHz en vez de los 25MHz del interfaz MII y la transmisión de datos se reduce de 4 bits a 2 bits por ciclo.

Este tipo de interfaz solo requiere de nueve pines en vez de los dieciocho usados en interfaces MII , lo que es una clara ventaja en microcontroladores donde están limitados el número de pines para otro tipo de aplicaciones.

Estos pines serán conectados con sus respectivos en el microcontrolador STM32F407.

Tabla 7: Interfaz RMII

6.2.4.2.2 Alimentación

El DP83848C se alimenta con una tensión de 3.3v este provee de tres pines de alimentación a 3.3v pines n.º 32,48 y 22 y cinco de masa pines n.º 35, 47, 36, 15 y 19, se añaden condensadores de 100nF para desacoplo de señales en los pines de alimentación, dos de los pines de alimentación son para pines I/O pines n.º 32, 48 y el tercero para alimentación analógica, luego tenemos dos masas analógicas pines n.º 15 y 19, una masa digital pin n.º 36 y por ultimo las masas I/O pines n.º 35 y 47.

6.2.4.2.3 Circuito oscilador

El oscilador del DP83848C puede provenir de una oscilador de tipo CMOS figura 44 o de un cristal resonador de cuarzo figura 43. Si se provee de un cristal resonador se deben usar condensadores de 20pF, los niveles de potencia consumida están entre los 100uW y los 500uW, si el cristal elegido esta especificado para una conducción menor se deberá poner en serie entre X2 y el cristal de cuarzo una resistencia de limitación de corriente y si

se trata de un oscilador de tipo CMOS el pin X2 debe dejarse flotante y el X1 llevarlo a la salida del oscilador.

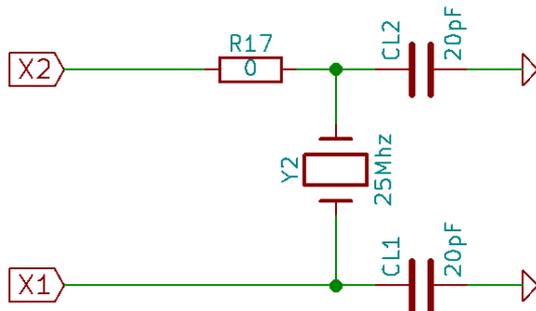


Figura 43: Configuración resonador de cristal

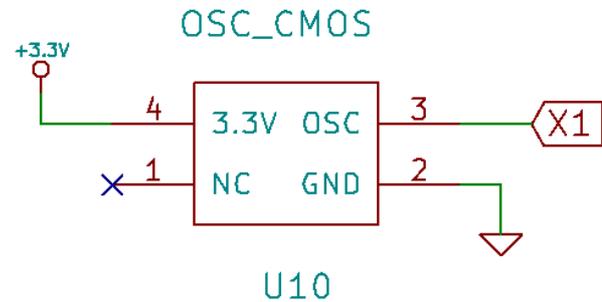


Figura 44: Configuración resonador CMOS

Para el diseño que se realiza en este trabajo se elige la configuración de resonador de tipo CMOS debido a que el fabricante ya advierte que se debe usar este tipo de oscilador si realizamos una configuración RMII.

6.2.4.2.4 Conexiones especiales

Existen once conexiones especiales en el DP83848C, siete de ellas reservadas y sin uso se dejan flotantes pines n.º 8, 9, 10, 11, 12, los otras dos pines n.º 20 y n.º 21 se llevan a la alimentación de +3.3v analógicos con resistencias de pull-up de 2.2 kΩ.

Hay que colocar en el pin n.º 24 una resistencia RBIAS de valor 4.87kΩ entre el pin y la

masa además, los últimos tres pines especiales son PFOUT (Power Feedback Output) n.º 23, PFBIN1 (Power Feedback Input 1) n.º 18, PFBIN2 (Power Feedback Input 2) n.º 37, estos pines deben interconectarse entre si según el datasheet figura 45 además, el PFOUT debe llevar un condensador de 10uF y otro de 100nF a masa y los entradas PFBIN1 y PFBIN2 un condensador de 100nF cada una, todos estos condensadores de desacoplo deben

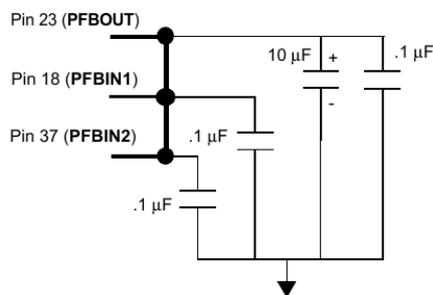


Figura 45: Circuito PFB (Power Feedback)

deben estar cercanos a los pines a los que pertenecen para evitar señales parásitas que puedan interferir en su correcto funcionamiento.

6.2.4.2.5 Circuito de red TPI

En la figura 46 se puede apreciar el esquema recomendado para un circuito de red TPI (Twisted Pair Interface) 10/100 Mb/s , las resistencias y condensadores deben situarse lo mas cercanos posibles al DP83848C, los condensadores de las tomas centrales de los transformadores deben colocarse cercanos a estos.

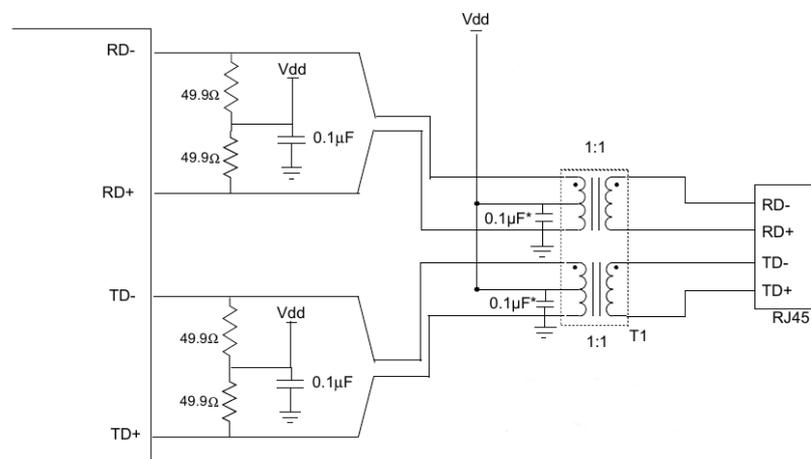


Figura 46: Circuito TPI recomendado

Las resistencias de 49.9Ω se sustituyen por resistencias comerciales de 51Ω , en los pines nº4 y nº 5 del conector RJ45 hembra de añaden condensadores de 100nF por si fueran necesarios transformadores de modo común.

6.2.4.2.6 Serial management interface SMI

Se trata de un bus serie definido para la familia de estándares ethernet IEE 802.3 para interfaces MII.

Los pines de este bus son MDIO (Management Data I/O) pin nº 30 y MDC (Management Data Clock) pin nº 31, el pin MDIO requiere de una resistencia de pull-up de $1.5\text{k}\Omega$.

6.2.4.2.7 Strapping Pin

Los strapping pin son pines asegurados a un potencial, los valores de estos se muestrean durante el reset y se aseguran a un potencial para especificar un modo de operación, se han de usar resistencias de pull-up o de pull-down de 2.2kΩ , si se desea usar las opciones por defecto no es necesario usar resistencias, estos pines no pueden conectarse directamente a V_{cc} o GND, los strap pines que llevaran resistencias son el RX_DV pin nº39 para la selección de modo RMII y el CRS_DV/LED_CFG pin n.º 40 se asegura para la configuración de leds de estado tabla 8.

LED_CFG	LED_LINK	LED_SPEED	LED_ACT/COL
1	ON enlace correcto OFF sin enlace	ON 100 Mb/s OFF 10 Mb/s	ON activo OFF inactivo

Tabla 8: Configuración de leds de estado

Los pines que controlan la velocidad de conexión son los n.º 26, 27 y 28 la configuración por defecto es de auto negociación , por lo que no llevaran resistencias de pull-up o de pull-down, estos pines también son los pines de LED_LINK, LED_SPEED y LED_ACT/COL por lo que si se quisiera establecer un modo de velocidad de conexión específico sería necesario añadir resistencias de pull-up o pull-down de 2.2kΩ como en la figura 47.

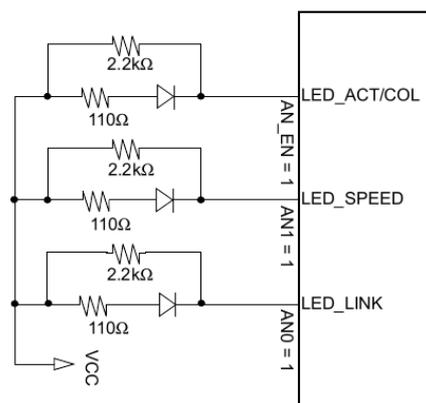


Figura 47: Configuración strap pins en los pines de led de estado

6.2.4.2.8 Reset y power down

Los dos últimos pines que quedan por comentar son el de RESET pin n.º 29 y el de PWR_DOWN pin n.º 7, según el datasheet manteniendo el pin n.º 29 en estado bajo se producirá el reset del integrado y realizando la misma operación con pin n.º 29 se apagará. No requieren de resistencias externas a no ser que se quiera iniciar el DC83848C en estado apagado, para ese caso será preciso incorporar una resistencia de pull-down en el pin n.º 29.

6.2.4.2.9 Esquema de montaje

En el documento planos plano n.º 29, se puede encontrar el esquema de montaje que se ha realizado para este trabajo con el DC83848C, tal como se ha detallado en los puntos anteriores. En la figura 48 se muestra a modo de ilustración el esquema del resultado final.

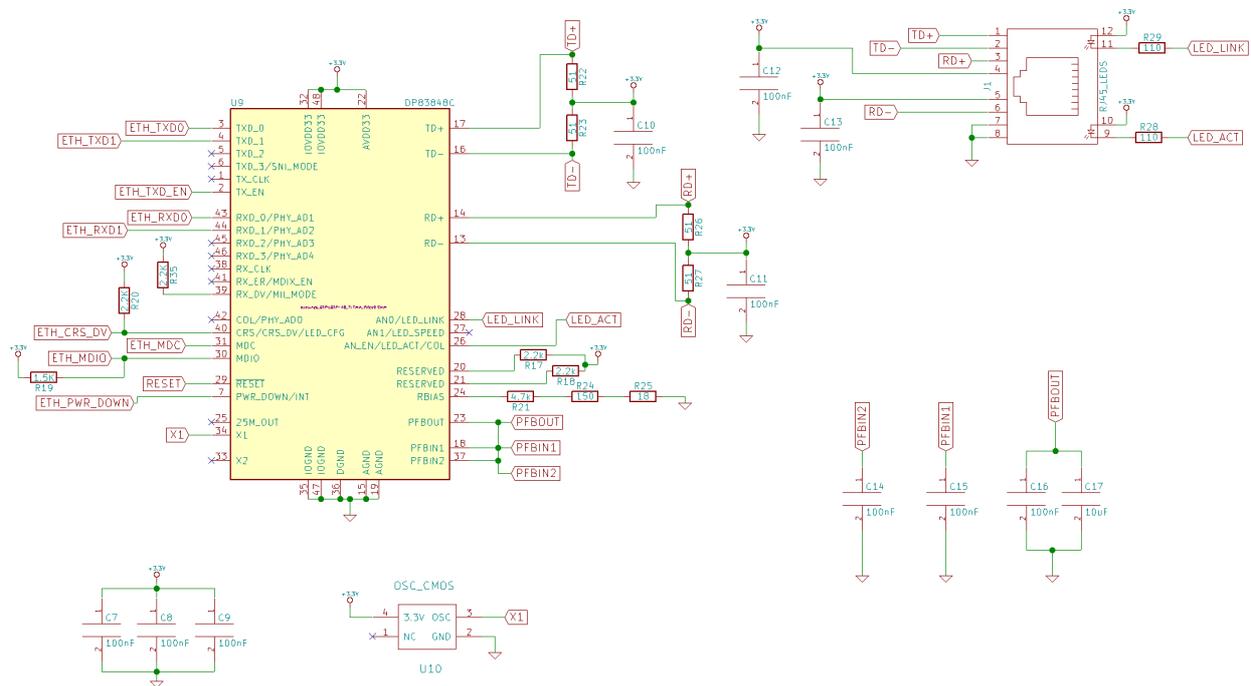


Figura 48: Esquema de montaje DC83848C

6.2.4.3 Memoria flash W25Q32BV

Para dotar al sistema de la capacidad para almacenar información ya sea del propio usuario, o herramientas de programación diversas que se precisen durante la ejecución de tareas, se hace preciso incluir un sistema de almacenamiento que solo sea accesible por el microcontrolador, la memoria flash W25Q32BV es una memoria de 4MBytes con 256 bytes por pagina, además tiene una velocidad de trabajo de hasta 40MB/s.

La comunicación con esta se realiza mediante un bus SPI, por lo que se pueden implementar varias unidades solo usando un pin mas con cada unidad añadida. Para este trabajo se implementaran dos unidades, la primera estará destinada a almacenar información del sistema , como puedan ser imágenes, sonidos o configuraciones y la segunda sera destinada a almacenar datos del usuario.

Se debe alimentar a 3.3v y tiene un consumo de corriente de 4mA, en la figura 49 se puede apreciar el esquema para su implementación, en el documento planos ,plano n.º 32 se encuentra el esquemático con mayor definición.

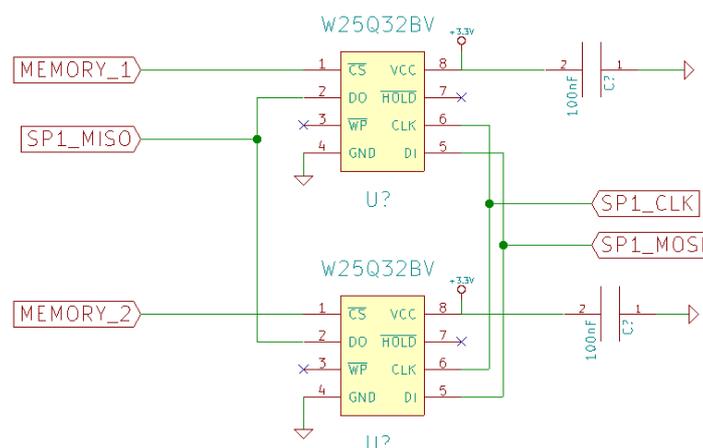


Figura 49: Esquemático implementación W25Q32BV

6.2.4.4 Controlador de pantalla LCD SSD1963

Añadir al prototipo S.A.M una interfaz visual lo dota de infinidad de posibilidades de interactuar con el usuario, esta es tal vez la implementación mas importante de este trabajo ya que gran parte de la programación esta orientada a la interacción del prototipo con el usuario.

Para poder llevar a cabo la tarea se decide trabajar sobre un modulo comercial de pantalla TFT de 4.3" con controlador SSD1963 del fabricante SOLOMON SYSTECH.



Figura 50: Cara trasera modulo comercial TFT 4.3" **Figura 51:** Cara frontal modulo comercial TFT 4.3"

El SSD1963 es un controlador gráfico de pantallas que soporta resoluciones de hasta 864x480 píxeles con una profundidad de color de hasta 24bpp (bit per pixel) , adamas dispone de un buffer de 1215k bytes, soporta paneles LCD con interfaces RGB 18/24 bits, además incorpora funciones para rotación del panel, control de brillo, contraste y saturación entre muchas de sus características.

El fabricante en el documento "Application note for SSD1961/2/3" del controlador ofrece información diversa sobre como debe realizarse un montaje del mismo, para la implementación en este trabajo se utilizara el mismo bus de de comunicaciones usado en la placa comercial así como configuraciones de pines debido a que la programación se ha realizado sobre este , si bien la única limitación que se ha tenido es en profundidad del color al usarse el formato RGB565, los esquemas de esta implementación pueden encontrarse en documento planos, plano n.º 30.

6.2.4.4.1 Bus de comunicaciones con el microcontrolador

El SSD1963 se comunica con un interfaz de tipo 8080 o 6800 para ello hay que llevar el pin CONF a V_{SS} para configurarlo en modo 6800 y a V_{DD} para modo 8080 para esta implementación se elige el modo 8080 por lo que se lleva el pin CONF a V_{DD} con una resistencia de pull-up de 10k.

Cuenta con un total de veintinueve pines de conexión veinticuatro de ellos para enviar o recibir información y los otros cinco para controlarlo, los pines de control se muestran en la tabla 9.

SSD1963 pin	Descripción
D[0:23]	Bus de datos
D/C	Estado alto: Indica que hay datos en el bus de datos. Estado bajo: Indica que hay una orden en el bus de datos
WR	Estado bajo: Escritura permitida
RD	Estado bajo: Lectura permitida
CS	Estado bajo: Selección de chip
RESET	Estado bajo: Señal de reset

Tabla 9: Interfaz SSD1963 con el microcontrolador

De los veinticuatro pines del bus datos se puede decidir la cantidad a utilizar dependiendo del formato RGB en el que se enviara la información de los píxeles, de los veinticuatro se trabajara solo con dieciséis en formato 16 bits RGB 565 esto conlleva que se enviara toda la información de color del píxel en un sola instrucción.

El formato RGB 565 consiste en el envío del color del píxel en formato de 5 bits para el rojo, 6 bits para el verde y 5 bits para el azul.

Además esta la señal TE, se trata de una señal de información hacia el microcontrolador esta le indica en el estado alto el periodo en el cual no se muestra nada en pantalla para evitar el efecto tearing (imágenes cortadas) , en este diseño no se implementara dado que interesa para microcontroladores que son mas lentos que el SSD1963.

6.2.4.4.2 Circuito oscilador

La configuración del circuito oscilador es la misma que la utilizada en la placa de desarrollo X-M4, con la salvedad de que el cristal de cuarzo usado es de 10MHz y la resistencia que va desde OSCOUT al cristal es de 120Ω , el controlador al igual que STM32F407 incluye un PLL para elevar la frecuencia del reloj.

6.2.4.4.3 Alimentación

El SSD1963 se alimenta con dos niveles de tensión el primero a 3.3v y el segundo a 1.2v para ello se emplean reguladores de tensión de tipo AMS1117-3.3v y AMS1117-1.2v, además para la alimentación del Backlight se utiliza un TPS61040 se trata de conversor DC/DC Bost alimentado entre 1.8v y 6v es capaz de elevar la tensión de salida hasta los 28v y suministrar una corriente de hasta 400mA.

6.2.4.4.4 Backlight

Es el circuito encargado de iluminar la parte posterior del panel para que se puedan apreciar las imágenes mostradas en el mismo, se controla a través de la señal PWM del SSD1963 esta se lleva directamente al pin E del TPS61040 para realizar control , la tensión a la que puede alimentarse el TPS61040 es directamente a 3.3v el circuito propuesto por el fabricante figura 52 para el regulador TPS61040 del panel sera el utilizado, la tensión típica de alimentación del Backlight es de 16v con un consumo de 40mA.

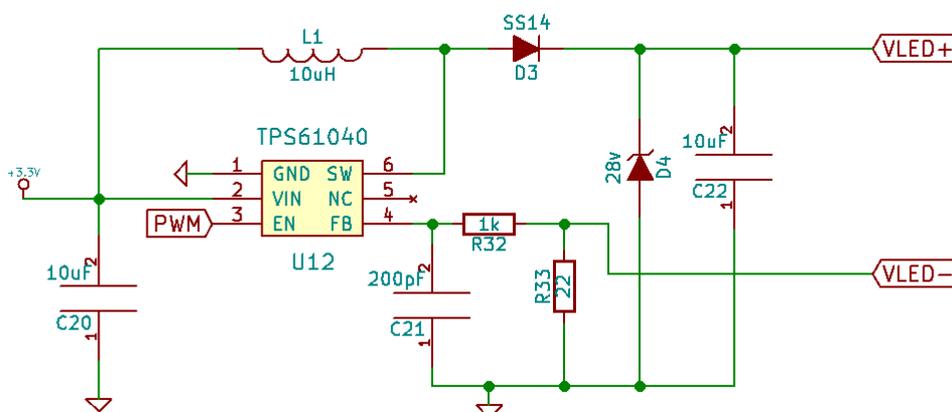


Figura 52: Circuito Backlight con TPS61040

6.2.4.4.5 Bus de comunicaciones del panel LCD

El panel LCD que se utilizara es del fabricante SunBond Technology este utiliza un conector FPC de cuarenta pines, veinticuatro de ellos para datos, cuatro para panel táctil, uno para alimentación del panel a 3.3v, dos para el Blacklight (retro-iluminación), tres masas, uno para sincronización vertical otro para la horizontal, uno de reloj de píxel ,otro de activación de datos ,el DISP (GPIO0 en SSD1963) para apagar o encender el display al mismo tiempo que para establecer el valor de gamma en la posición dos y un ultimo sin conexión.

Los pines XR,XL,YD e YU forman parte del controlador táctil que sera el proximo periférico a tratar, se realiza el conexionado al conector según lo especificado por el fabricante en el datasheet “LB04301 LCD” Module para ser utilizado con el SSD1963.

6.2.4.4.6 Esquema de montaje

Como se ha detallado en los puntos anteriores en la figura 53 se puede apreciar a modo de ilustración el esquemático donde se hace uso del SSD1963, además en el documento planos,plano n.º 30 , se puede encontrar el esquemático con mayor calidad.

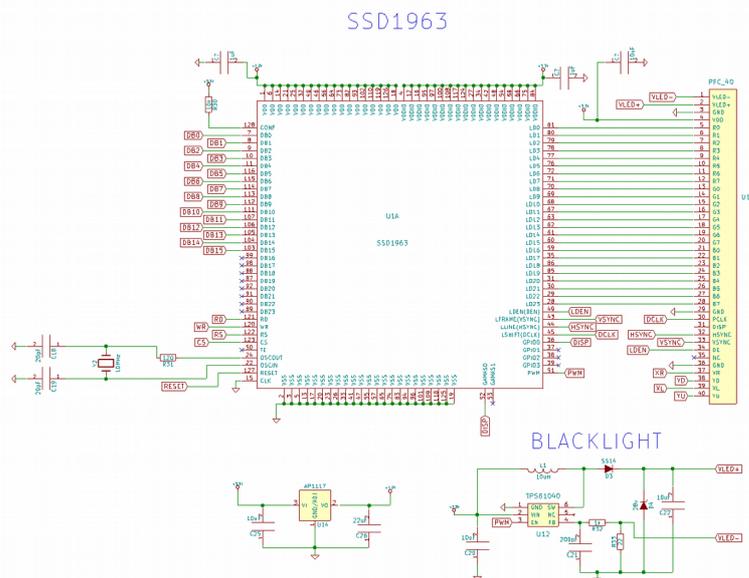


Figura 53: Esquemático de montaje del SSD1963

6.2.4.5 Controlador de pantalla táctil resistivo XPT2046

El mismo modulo de pantalla comercial que incorpora el SSD1963, incorpora además un sensor resistivo para paneles táctiles modelo XPT2046 del fabricante SHENZHEN XPTEK TECHNOLOGY CO.,L TD.

Ya se ha comentado que se considera importante la interacción del usuario con el dispositivo , por lo que dotarlo de de un panel táctil le da valor añadido al producto final.

El XPT2046 es un sensor de tipo SAR (Succesive Approximation Register) incorpora un conversor A/D de 12 bits y puede obtener muestras a una velocidad de 125kHz, tiene un consumo muy reducido de unos 260uA a 3.3v.

6.2.4.5.1 Bus de comunicación para el panel resistivo

El XPT2046 cuenta con cuatro pines específicos para conectarse con el panel táctil, estos pines son XP, XN, YP, YN , estos recogerán el valor resistivo que se encuentre en ese momento en el panel, en la figura 54 se puede ver una simulación del panel resistivo, el montaje se realiza con V_{REF+} dirigida a V_{DD} de esta forma, la tensión V_{REF+} queda redirigida al pin YP y V_{REF-} a masa junto con IN- e YN, XP esta conectado directamente a IN+ del ADC.

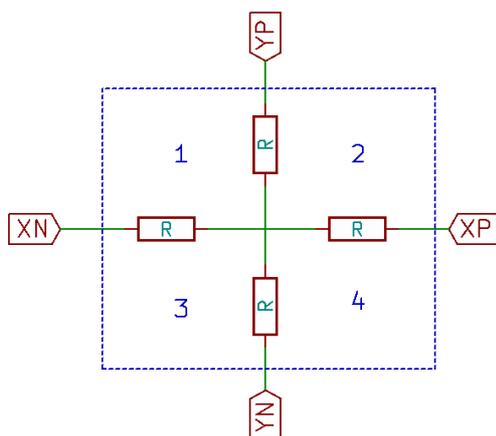


Figura 54: Panel resistivo

El conversor A/D es de 12 bit lo que es igual 2^{12} o lo que es lo mismo 4096 posibles valores entre YP-YN e XP-XN , si nos fijamos en la figura 54 el panel se ha dividido en cuatro posiciones, es fácil saber en que lugar se ha producido una pulsación si se tiene cuenta que el XPT2046 nos ofrecerá un valor de lectura horizontal y otro vertical de modo que por ejemplo XN=0 e XP=4096 YN=0 e YP=4096, con lo que el número cuatro escrito en el panel arrojaría unos valores de lectura del A/D de 3072 para el valor horizontal y de 1024 para el vertical.

Por lo que obtener el valor de la posición pulsada es relativamente sencillo para este sensor.

6.2.4.5.2 Bus de comunicaciones con el microcontrolador

La comunicación con el microcontrolador se realiza con un bus SPI, dado que la máxima frecuencia de muestreo es de 125kHz, no se precisa de un bus especialmente rápido para recoger las muestras.

6.2.4.5.3 Señal de interrupción

Además el XPT2046 cuenta con una señal de interrupción IRQ que puede llevarse al microcontrolador para determinar si se ha producido una pulsación, de esta forma evitamos estar constantemente leyendo los valores del A/D.

6.2.4.5.4 Otros

Además el XPT2046 cuenta con una señal de BUSY que indica cuando el conversor esta ocupado realizando una conversión, un pin para tensión auxiliar para el A/D en la pata IN+.

6.2.4.5.5 Esquemático

Para la implementación de este periférico el fabricante proporciona un esquemático detallado, en la figura 55 se muestra como se ha realizado, en el documento planos ,plano n.º 30 se puede encontrar su implementación en el trabajo.

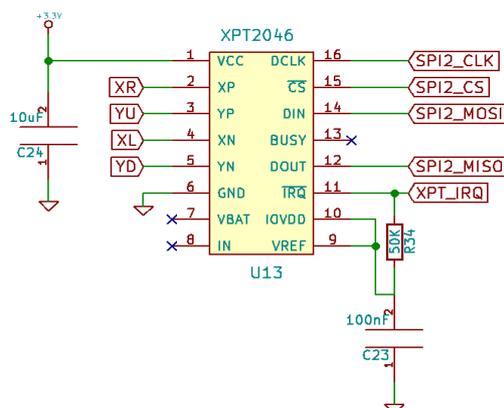


Figura 55: Esquemático XPT2046

6.2.4.6 Sistema de codificación telefónico DTMF con MT8880C

Alternativamente al sistema de aviso a través de la red internet se ha añadido al diseño un circuito integrado MT8880C del fabricante ZARLINK capaz de realizar marcación por tonos DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency), este parte del diseño sera la encargada de realizar llamadas telefónicas con la red telefónica básica.

El sistema DTMF fue desarrollado en Bell System, Estados Unidos se trata de un sistema de codificación para teclados numéricos basado en dos grupos de frecuencias audibles elegidos específicamente, se empezó a dar servicio con su implantación en Estados Unidos en 1964.

6.2.4.6.1 Frecuencias DTMF

En la tabla 10 se muestran las dieciséis combinaciones de pares de frecuencias con su asignación numérica, con lo que por ejemplo el número 6 estaría formado por la suma de una onda sinusoidal a 770 Hz y otra de 1477 Hz, de esta forma la decodificación puede realizarse de forma simple con filtros pasa-banda dado que cada número tiene asignada una frecuencia baja en fila y una frecuencia alta en columna, el MT8880C es capaz de generar los dieciséis tonos pares DTMF y decodificarlos.

Cada frecuencia transmitida ha de estar entre un $\pm 1.8\%$ de la frecuencia nominal, el sector de normalización de las comunicaciones UIT-T recoge en las recomendaciones UIT-T Q.23 y UIT-T Q.24 las características técnicas de las señales.

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Table 10: Matriz 4x4 asignación de frecuencias DTMF

6.2.4.6.2 Características del tono DTMF

El presente trabajo esta basado en el uso de la red de Telefónica de España S.A.U, es por ello que se utilizaran las características técnicas tabla 11 que se recogen en el documento ITE-CA-001,2003-"Características técnicas de las interfaces de Telefónica de España S.A.U".

CARACTERÍSTICA	REQUISITOS
Codificación.	Según ETSI ETR 206 [5] Nota: No se utilizan los caracteres correspondientes a A, B, C, y D de [5]
Nivel de entrada.	Grupo bajo: -11 dBV (+2,5/-2) dB Grupo alto: -9 dBV (+2/-2,5) dB (con un generador de impedancia Zr)
Tiempo mínimo de aplicación de la señal en el PTR para su reconocimiento por la red.	60 ms
Tiempo mínimo de duración de la pausa interdígitos.	60 ms
Tiempo interdígito máximo.	20s

Tabla 11: Características técnicas de marcación multifrecuencia

De la tabla 11 se obtiene que para que la aplicación el tiempo mínimo de la señal sera de 60 ms con una pausa de la misma no inferior a 60 ms para que sea reconocida. Aunque se indique en la tabla 11 que quedan excluidos los caracteres A,B,C y D ello solo implica que no serán reconocidos para llamar pero pueden ser usados con otros fines como la transmisión de datos.

6.2.4.6.3 Características técnicas de la linea

Las características de la linea que interesan en el presente trabajo son las de estado de la linea en situación de toma de linea (descuelgue) y de liberación (cuelgue) que se dan en la red interior de usuario.

Liberación de línea

La línea se alimenta través del PTR (Punto de Terminación de Red) tiene un tensión en corriente continua de 48v en estado de reposo con fluctuaciones entre los 42v el mínimo y los 57v el máximo, el consumo de corriente máximo para que se de el estado de reposo es de 1mA.

Toma de línea

La corriente durante el estado de línea tomada esta limitada entre los 36 mA y los 49.5 mA. Para que se detecte el descuelgue o toma de línea se debe detectar un consumo de corriente superior a 15mA durante un periodo de como mínimo 40 ms.

El circuito propuesto para la toma y liberación de la línea se muestra en la figura 56, la impedancia característica de la línea esta establecida en 600Ω se requiere el uso de un transformador 1:1 $Z600\Omega$ para aislar la línea telefónica de nuestro circuito y para la adaptación de impedancias, con ello se pretende transferir la máxima potencia, al igual que un relé controlado por un transistor para el cierre y apertura del circuito.

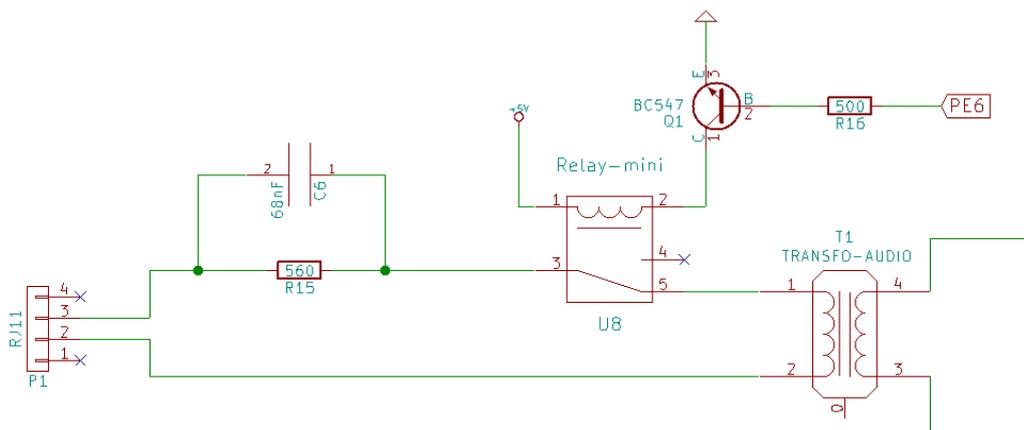


Figura 56: Esquema toma y liberación de la red

La resistencia para la toma del circuito R15 de valor 560Ω a sido seleccionada teniendo en cuenta la características técnicas de la línea siguiendo la ley de Ohm, el condensador C6 esta para que que la señal pueda transmitirse con toda la potencia al PTR.

$$I = \frac{42}{560} = 75 \text{ mA}$$

Con lo que se cumple que para la toma de la línea se estarán consumiendo más de 15 mA.

6.2.4.6.4 Características de transmisión

El nivel máximo de la señal a la entrada del PTR debe ser de 1.5v medido sobre una resistencia de 600Ω, la banda de frecuencias esta limitada entre los 300 Hz y los 3400 Hz. En el circuito propuesto para la transmisión se han colocado dos diodos zener de 4.3v para proteger el circuito de posibles picos de tensión en la entrada.

6.2.4.6.5 Circuito integrado MT8880C

Como ya se ha comentado anteriormente el circuito integrado que se va a utilizar es el MT8880C para el montaje del circuito se sigue el propuesto por el fabricante, no se van a utilizar las características de decodificación de tonos DTMF si este fuera el caso seria preciso incorporar un sistema de detección de llamada.

El MT8880C dispone de nueve pines de conexión para microcontrolador de los cuales cuatro son usados para indicar al integrado que número debe de ser codificado.

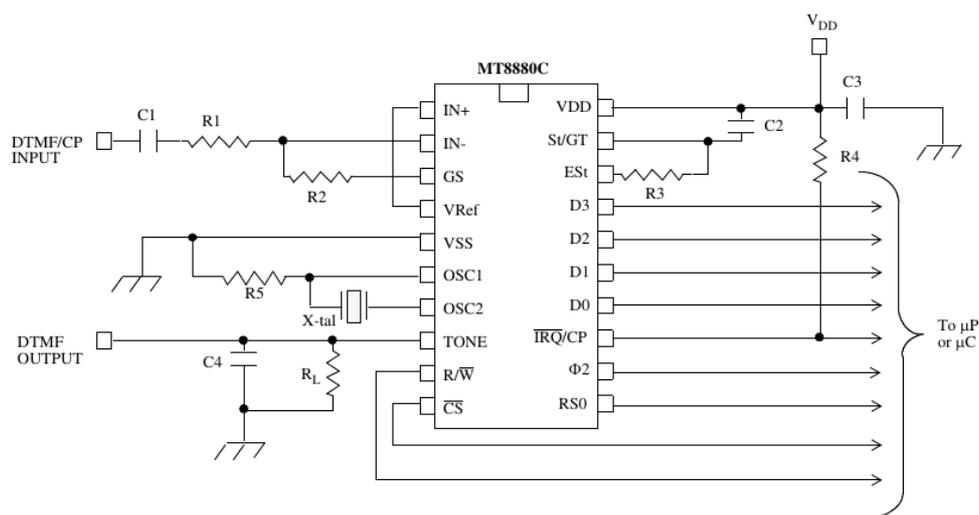


Figura 57: Esquema de montaje propuesto por el fabricante

6.2.4.6.6 Montaje en placa protoboard

El esquema del circuito completo puede encontrarse en el documento planos, plano n.º 32, en la figura 58 se muestra el montaje en placa protoboard del circuito de llamada telefónica, se realizan varias llamadas de prueba sobre una línea de Telefónica de España S.A.U y se comprueba su correcto funcionamiento.

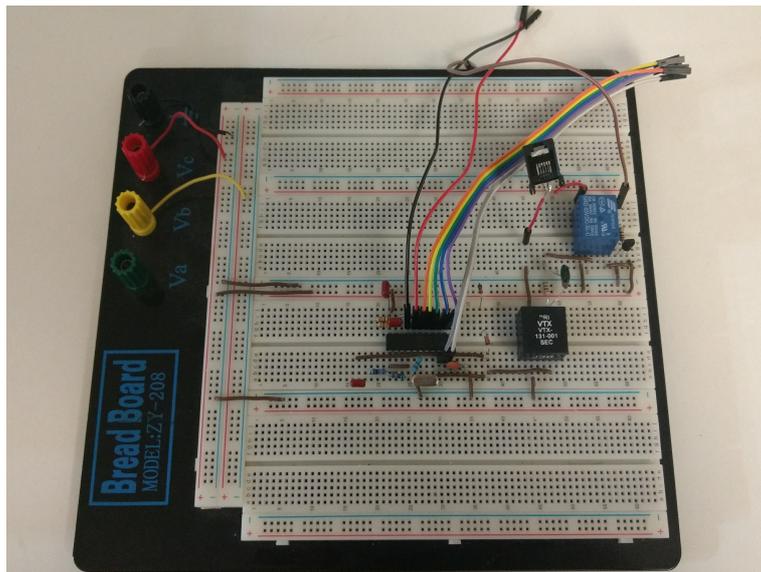


Figura 58: Montaje en placa protoboard

En las figuras 59 y 60 se pueden ver las medidas de tiempo y tensión tomadas sobre los tonos de marcaje DTMF generados al realizar una llamada telefónica de prueba.

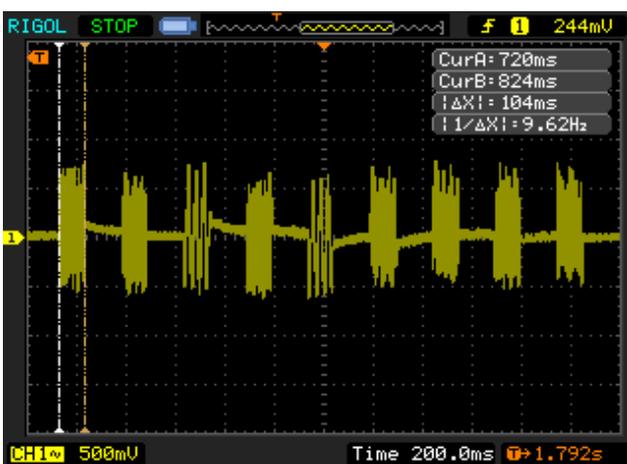


Figura 59: Muestra de tiempo de los tonos

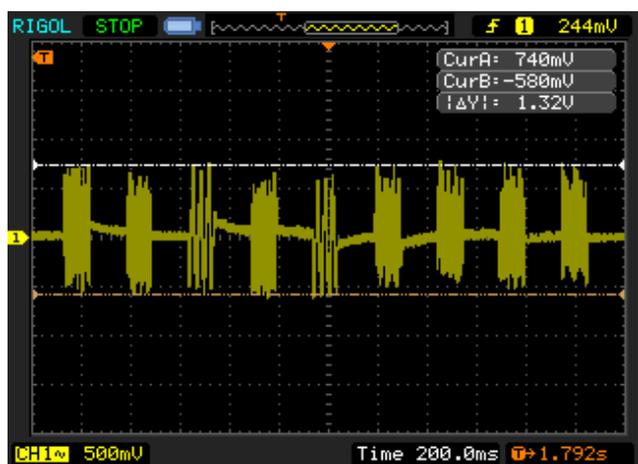


Figura 60: Muestra de tensión de los tonos

6.2.4.7 Microcontrolador STM32F407

Para el control de todos y cada uno de los circuitos que se han descrito en los apartados anteriores describiendo el “Sistema de asistencia al mayor” se utiliza el microcontrolador STM32F407 en su configuración de cien pines.

6.2.4.7.1 Alimentación

La alimentación del STM32F407 proviene de un regulador de tensión de 3.3v de tipo AMS1117-3.3v que se alimenta a su vez de un conector de tipo molex de cuatro pines donde se conecta la fuente de alimentación de 5v diseñada anteriormente. Al igual que se hizo con la placa de desarrollo X-M4 este también dispone de condensadores de desacoplo.

6.2.4.7.2 Puertos GPIO

El conexionado de puertos GPIO con los distintos periféricos que conforman el sistema pueden apreciarse en el esquemático en el documento planos , plano n.º 27.

6.2.4.7.4 Bus SWD

Al diseño se le dota del puerto SWD para realizar las grabaciones de nuevo software de la misma forma que se describió para el grabador de memorias flash SPI.

6.2.4.7.5 Bus de botonera externa

Se incluye un bus para conexionado de botonera externa, donde irán conectados los botones de emergencia y paro, mas uno de reserva.

7. Programación

En el presente apartado se harán unas explicaciones del trabajo de programación realizado, no se incluirá el código dado que sería una memoria demasiado extensa, solo se incluirán las funciones más importantes que se crean relevantes para explicar como funciona un determinado programa o librería.

Primero se hará una breve introducción del software informático utilizado para esta tarea, en los siguientes puntos se comentaran los programas de ordenador realizados y mas tarde se hablara sobre las librerías y clases realizadas para el uso en el microcontrolador, por ultimo se explicara la implementación del conjunto de librerías y clases en el dispositivo S.A.M.

7.1 Software de programación

7.1.1 Eclipse

El programa principal de desarrollo para el diseño del conjunto de librerías que se han realizado en este trabajo es Eclipse en su configuración para trabajar en C/C++, se trata de un IDE de programación compuesto por multitud de herramientas de código libre, fue desarrollado por IBM en 2001.

7.1.2 Qt Creator

Para los diseños de las aplicaciones de ordenador que requiere este trabajo, se utiliza el entorno de programación Qt Creator creado por Trolltech, se trata de un IDE de programación para interfaces gráficas de usuario en C++.

7.2 Software para librerías

En la realización de este trabajo ha surgido la necesidad de desarrollar varias aplicaciones con interfaces gráficas de usuario GUI , para poder abordar de forma mas cómoda trabajos complejos.

Las aplicaciones de escritorio que se han realizado para el uso con librerías que se detallan a continuación son dos, la primera es para la creación de fuentes de letra para el uso en microcontroladores y la segunda para convertir archivos de imagen de tipo bmp a código fuente en los siguientes puntos se comentara su uso.

7.2.1 Font creator for uC

La interfaz con usuario que ha sido seleccionado para este trabajo se trata de una pantalla TFT de 4.3” gobernada por un integrado modelo SSD1963 del fabricante “Solomon Systech”. Se precisa que la misma pueda representar texto en diferentes caracteres ,tamaños y colores. Por lo que se ve la necesidad de desarrollar un programa informático que cubra estas exigencias, de esta forma el presente trabajo se independiza de utilizar tipos de letra de terceros desarrolladas para microcontroladores que no cubren las necesidades , al tener tamaños y formas definidos por los mismos.

A la aplicación en cuestión se la denominara “Font creator for uC” y se diseña en lenguaje de programación C++ con el entorno de programación Qt Creator figura 61.

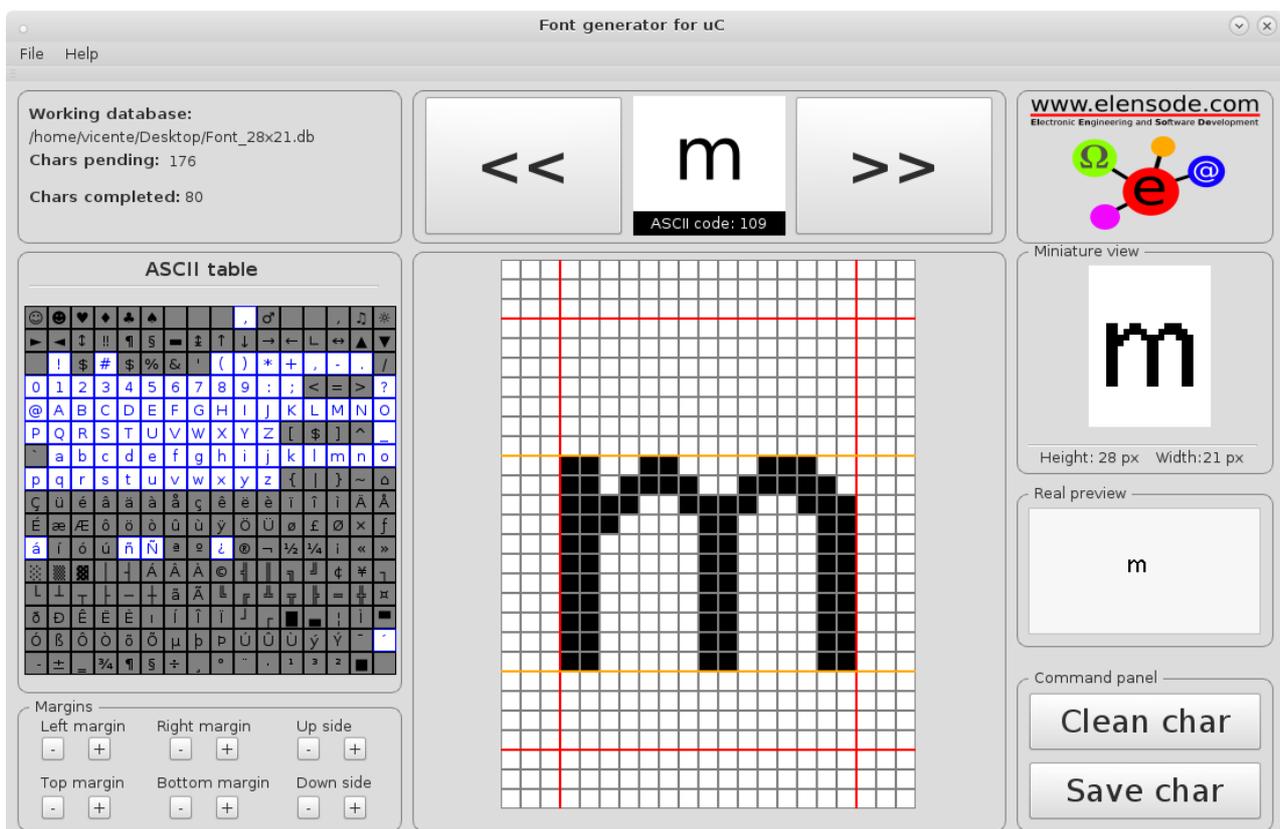


Figura 61: Programa Font creator for uC

El programa trabaja con el motor de base de datos SQLite para proporcionar al usuario la posibilidad de guardar su trabajo y continuar en otro momento donde lo dejó, además para cada tipo de fuente de letra que el usuario diseñe se ha creado un sistema de base de datos independiente de forma que cada tipo de letra tiene su fichero de base de datos siendo esta compartida entre distintas máquinas que usen el mismo programa.

A la izquierda en su interfaz principal cuenta con un panel de selección de carácter de la tabla ASCII el cual podemos seleccionar para trabajar con el y a la derecha, contamos tres vistas de trabajo, la primera la más grande es la usada para dibujar un carácter pixel a pixel, las otras dos son , la primera una miniatura del trabajo principal y la segunda una vista a tamaño real de como va quedando el trabajo con el carácter.

El programa puede crear tamaños de carácter de hasta 70x70 píxeles, cuenta además con un sistema de márgenes para ayudar al usuario a seguir unas pautas en el diseño de letras.

La forma que tiene el programa de exportar el trabajo realizado es en un fichero de cabecera (ejemplo: Font_30x21.h) que contiene un array de enteros sin signo de 8 bits de todos los caracteres diseñados en el cual se adjuntan también sus dimensiones.

La función que se ha creado en este trabajo para utilizar dicho fichero y poder dibujar un carácter en horizontal puede verse en el siguiente ejemplo de código.

Ejemplo de código

```
uint16_t SSD1963_Draw_Char_Horizontal(uint8_t Character, uint16_t px, uint16_t py, uint8_t *Font,
uint16_t Color, boolean backcolor) {

    if(Character==177) return px;

    uint16_t x = px; // value of coordinate x
    uint16_t y = py; // value of coordinate y
    uint8_t Width = Font[0]; //width in pixels
```

```
uint8_t heigth = Font[1]; //height in pixels
uint16_t Total_Pixels = Width * heigth; //Number of pixels in a char written and not
uint8_t multiplicator = 0; // If a char has 8 members and it starts in the 64 multiplicator=8
uint16_t Start_member = 0; // Member in array font
uint8_t j = 0, m = 0; //used as counter

multiplicator = Total_Pixels / 8; //Value of multiplicator
if (Total_Pixels % 8 != 0)multiplicator++; //if not is a 8 dividend add 1
Start_member = (Character * multiplicator) + 2; //Member to start in the array
uint16_t X_max = 0; //Last value of x with a pixel painted
for (uint8_t i = 0; i < heigth; i++) {
    while (j < Width) {
        if (m > 7) {
            Start_member++;
            m = 0;
        }
        if ((Font[Start_member] >> m) & 0x01 == 0x01) {
            SSD1963_Draw_Pixel(x, y, Color); //Draw pixels of char
            if ((x + 1) > X_max)X_max = x + 1;
        } else {
            if (backcolor)SSD1963_Draw_Pixel(x, y,SSD1963_BACKCOLOR); //Draw
            white spaces
        }
        m++;
        x++;
        j++;
    }
    x = px;
    y++;
    j = 0;
}
if (X_max == 0)X_max = x + Width - 2; //If X_max=0 it means that nothing has painted and char is
space char.
return X_max; //Position x o the next char
}
```

La función del ejemplo 1 recibe un carácter en formato de entero de ocho bits sin signo, las dimensiones en píxeles de ancho y alto, el tipo de fuente y colores de texto y de fondo en caso de llevarlo.

7.2.2 Bmp to Hex

Una de las necesidades que presenta el trabajo es la de mostrar imágenes en la pantalla para facilitar la interacción del usuario con el dispositivo principal, para ello se elige el formato de fichero de imagen bitmap (BMP), fue muy usado en sistemas operativos Windows y OS/2, esta libre patentes y muy documentado.

Dado el que durante el trabajo se han de convertir diversas imágenes a un formato de archivo hexadecimal para que puedan procesarse desde el microcontrolador y muchas veces se deben realizar multitud de retoques en las imágenes para adecuarlas a los requisitos, se crea este programa informático figura 62 para agilizar el proceso y no depender de programas de terceros para tal fin.

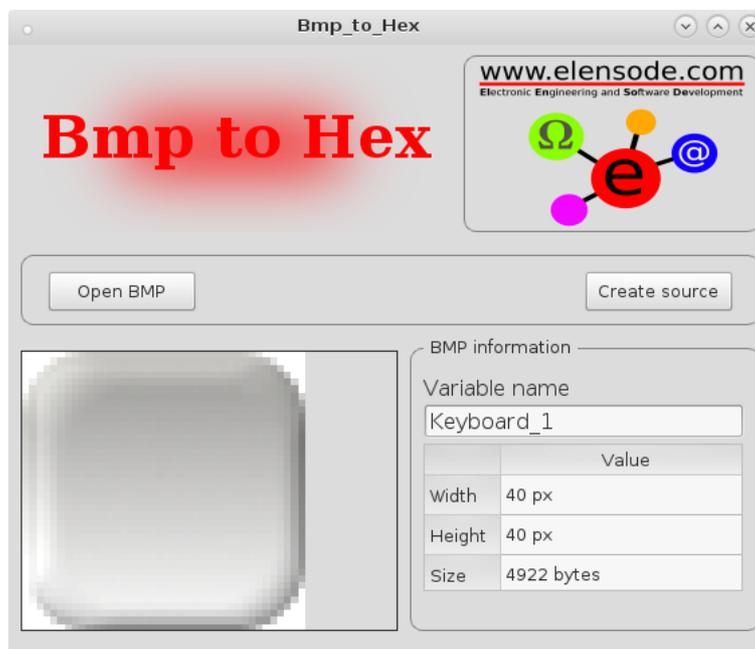


Figura 62: Programa Bmp to Hex

La función del programa no es otra que importar un fichero de tipo BMP y exportar un fichero de cabecera (ejemplo: imagen.h) que contiene un array de enteros sin signo con la información de la imagen para que esta pueda ser usada por el microcontrolador, el valor de la variable también puede ser asignado.

La estructura de cabecera de un archivo de imagen en formato bitmap puede verse en la tabla 12.

Offset	Tamaño	Descripción
00	2 bytes	Identificador de archivo BMP este valor debe ser 0x42 0x4D en hexadecimal.
02	4 bytes	Tamaño del archivo BMP en bytes.
06	2 bytes	Reservado.
08	2 bytes	Reservado.
0A	4 bytes	Dirección offset donde empiezan los datos de imagen.
0E	4 bytes	Tamaño de la cabecera del bitmap.
12	4 bytes	Anchura en pixels de la imagen.
16	4 bytes	Altura en pixels de la imagen.
1A	2 bytes	Numero de los planos de color debe ser 1.
1C	2 bytes	Profundidad de color de la imagen , los valores típicos son (1,4,8,16,24 y 32).
1E	4 bytes	Método de comprensión usado.
22	4 bytes	Tamaño de la imagen.
26	4 bytes	Resolución horizontal de la imagen.
2A	4 bytes	Resolución vertical de la imagen.
2E	4 bytes	Número de colores en la paleta de color.
32	4 bytes	Numero de colores importantes generalmente 0.

Tabla 12: Estructura de cabecera archivo de tipo bmp

7.3 Librerías hardware en C

Para el control de los periféricos usados por el prototipo S.A.M se precisa desarrollar un conjunto de librerías escritas en C para controlarlos, no se incluirá su código fuente para que el presente documento no extienda innecesariamente.

En los siguientes puntos se comentaran las principales funciones que contiene cada librería así como un diagrama de flujo de su inicialización.

7.3.1 Librería SSD1963

La librería SSD1963 es la encargada de manejar el controlador de pantalla SSD1963 , la función de esta librería es la de proporcionar el acceso al hardware para los objetos visuales que se creen en lenguaje C++, las principales funciones de la librería se detallan a continuación en la tabla 13.

Función	Descripción
SSD1963_Init	Inicialización del controlador SSD1963
SSD1963_Write_Command	Envia un comando
SSD1963_Write_Data	Escribe datos en el bus
SSD1963_Initialize_Pins	Inicialización de pines GPIO
SSD1963_Draw_Pixel	Dibuja un pixel
SSD1963_CleanScreen	Limpia la pantalla
SSD1963_Draw_Line	Dibuja una linea
SSD1963_Draw_Square	Dibuja un rectángulo sin relleno
SSD1963_Fill_Square	Dibuja un rectángulo con relleno
SSD1963_Draw_Char_Horizontal	Dibuja un carácter en horizontal
SSD1963_Draw_Char_Vertical	Dibuja un carácter en vertical
SSD1963_Draw_String	Dibuja una palabra o conjunto de palabras
SSD1963_Draw_Bitmap	Dibuja una imagen de tipo bitmap
SSD1963_Draw_Bitmap_Information	Dibuja una imagen de tipo bitmap con su información.
SD1963_Pen_4px	Herramienta pincel de cuatro píxeles

Tabla 13: Funciones principales librería SSD1963

Las funciones de esta librería son las encargadas de mostrar gráficos y texto a través de la pantalla gracias al controlador SSD1963, así como formas básicas, en la figura 63 se puede apreciar una muestra de la función “SSD1963_Draw_Bitmap_Information” que provee de información de la imagen cargada.

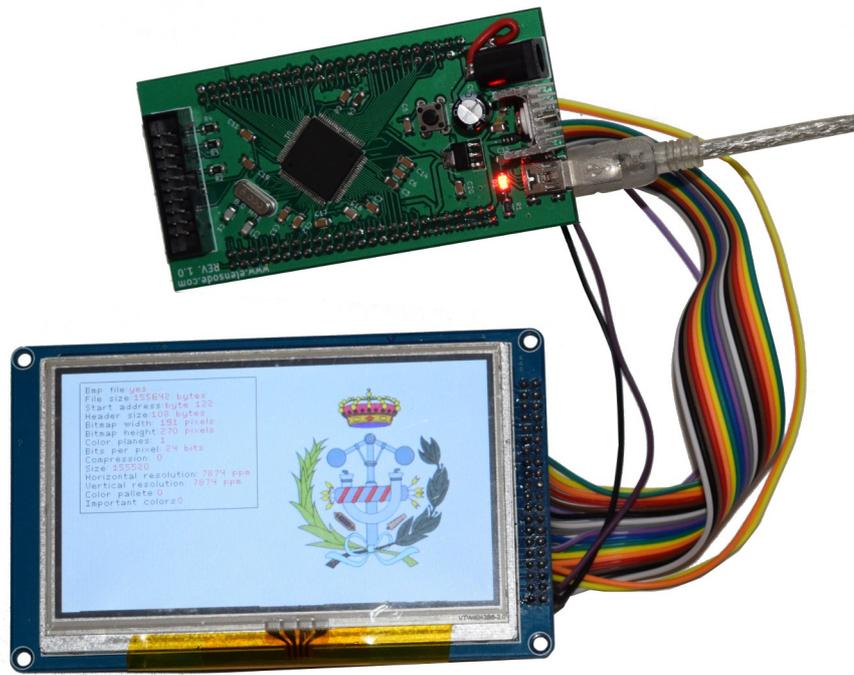


Figura 63: Placa X-M4 con módulo de pantalla mostrando información de una imagen

La librería consta de dos ficheros , un fichero de cabecera con extensión .h y otro fuente con extensión .c , la librería ha sido programada en lenguaje de programación C, en el fichero de cabecera se encuentra la configuración de pines la cual puede modificarse para adaptar esta librería a otros menesteres.

La información necesaria para la creación de esta librería ha sido estraida de los datasheets del fabricante. Para iniciar el SSD1963 se han de seguir unas pautas de configuración las cuales pueden verse en el diagrama de flujo de la figura 64.

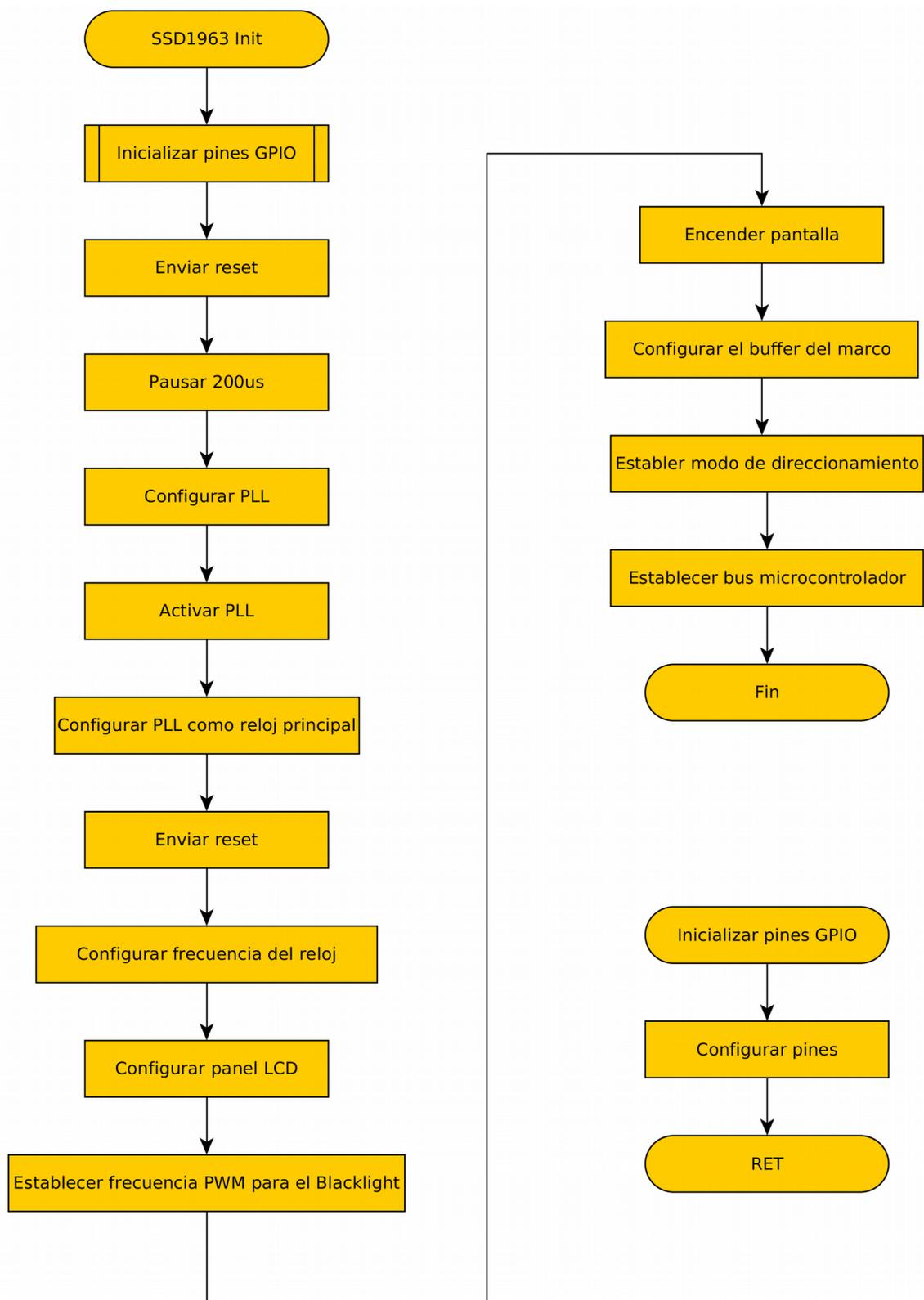


Figura 64: Diagrama de flujo inicialización SSD1963

7.3.2 Librería XPT2046

Esta librería se encarga del manejo del controlador táctil XPT2046, se encarga manipular la información recibida desde el XPT2046 a través del bus SPI2 del STM32F407, esta información proviene de la interacción que realiza el usuario con el panel táctil. Además se diseña un sistema de configuración, para poder guardar la configuración de posicionamiento táctil del panel. Las funciones principales de esta librería así como una breve descripción de funcionamiento pueden verse en la tabla 14, en la figura 65 se muestra su diagrama de flujo.

Función	Descripción
XPT2046_Init	Inicializa la librería
XPT2046_Calibrate	Ejecuta función de calibración
XPT2046_Draw_Calibration_Squares	Dibuja marcas de calibración
XPT2046_Get_Position	Obtiene la posición marcada en pantalla

Tabla 14: Funciones principales librería XPT2046

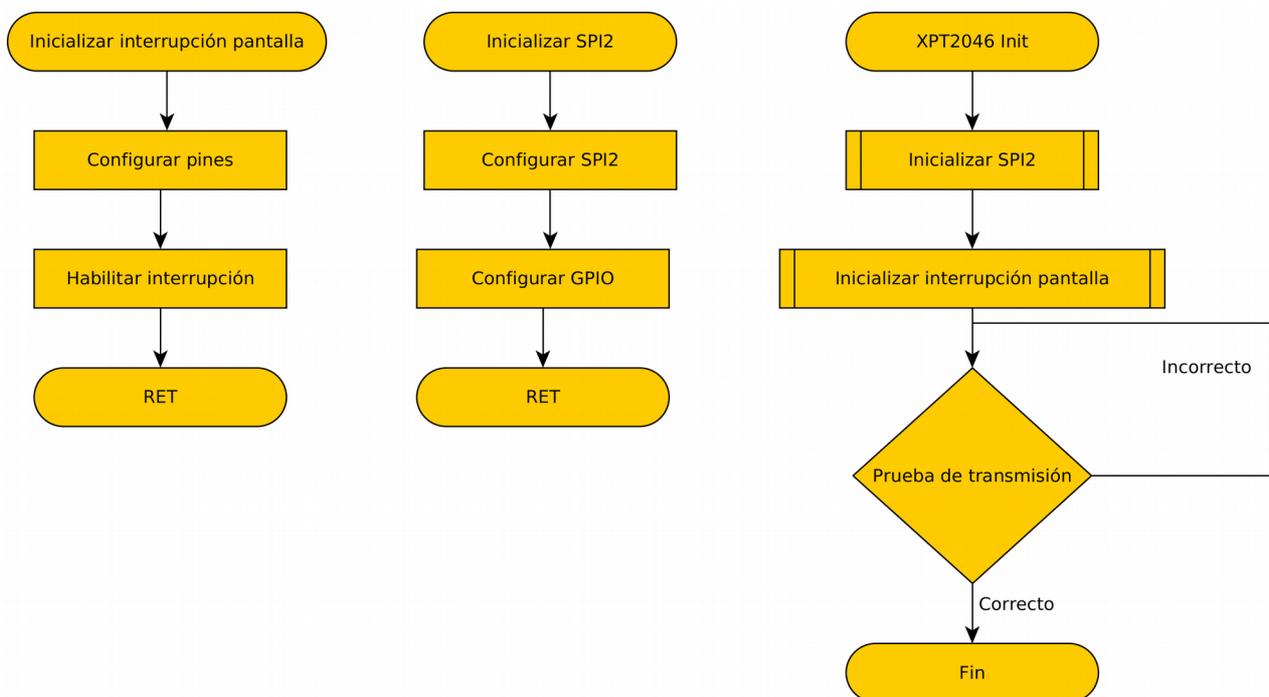


Figura 65: Diagrama de flujo inicialización XPT2046

7.3.2 Librería W25QXX

Es la librería encargada del control de las memorias flash externas, en ellas se guardan desde imágenes que utiliza el microcontrolador para proporcionar las interfaces de usuario, sonidos y configuraciones tanto del sistema como de usuario, controla dos memorias SPI modelo W25QXX a través del bus SPI1, en la tabla 15 se pueden ver sus funciones más importantes y el diagrama de flujo de inicialización en la figura 66.

Función	Descripción
W25QXX_Write_Command_Data	Envía una orden
W25QXX_Write_Page	Escribe una pagina de datos
W25QXX_Read_Page_Data	Lee una pagina de datos
W25QXX_Sector_Erase	Borra un sector
W25QXX_Wait_While_Busy	Espera a que la memoria no este ocupada
W25QXX_Write_Data	Escribe un Bloque de datos
W25QXX_Read_Data	Lee un bloque de datos
W25QXX_Chip_Erase	Borra toda la memoria

Tabla 15: Funciones principales librería W25QXX.

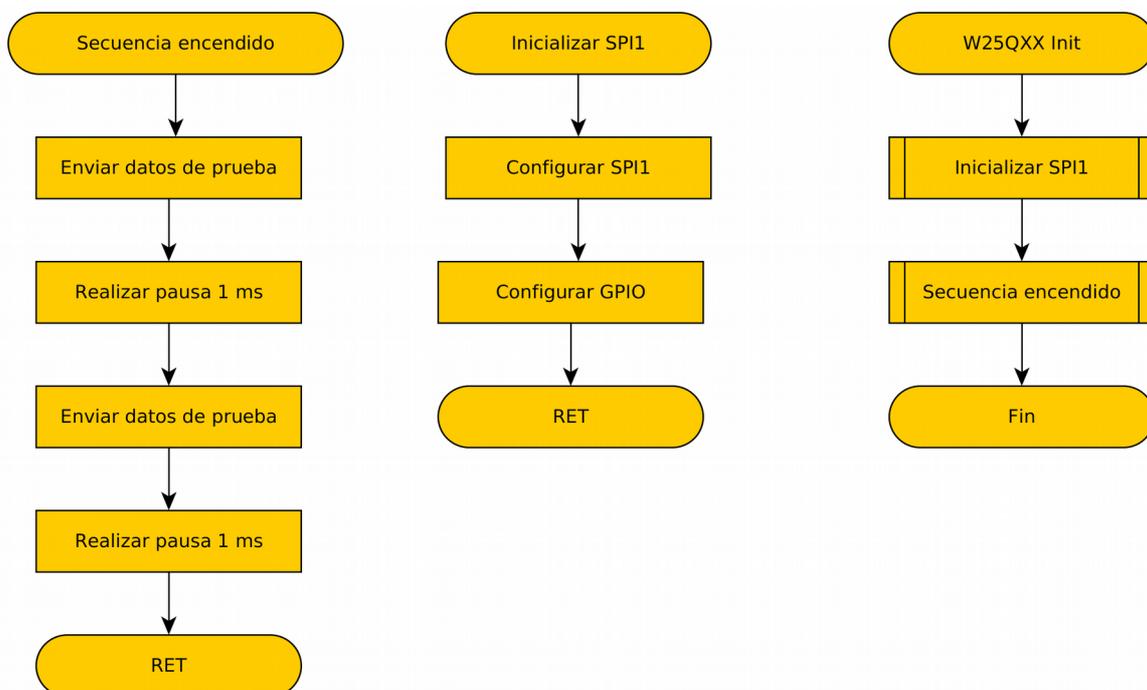


Figura 66: Diagrama de flujo inicialización W25QXX

7.3.2 Librería DAC

Se configura el DAC del STM32F407 para que proporcione en el pin n.º 5 su salida, este trabaja en modo de 8 bits, dado que los sonidos que debe reproducir al no estar comprimidos en ningún formato tienen un tamaño considerable para el microcontrolador, los sonidos se obtienen con el software informático Audacity en formato RAW.

En la tabla 16 se muestran las funciones más importantes de la librería DAC además se muestra en la figura 67 el diagrama de flujo de inicialización.

Función	Descripción
DAC_Init	Inicializa el DAC
Play_Sound	Reproduce un audio

Tabla 16: Funciones principales librería DAC.

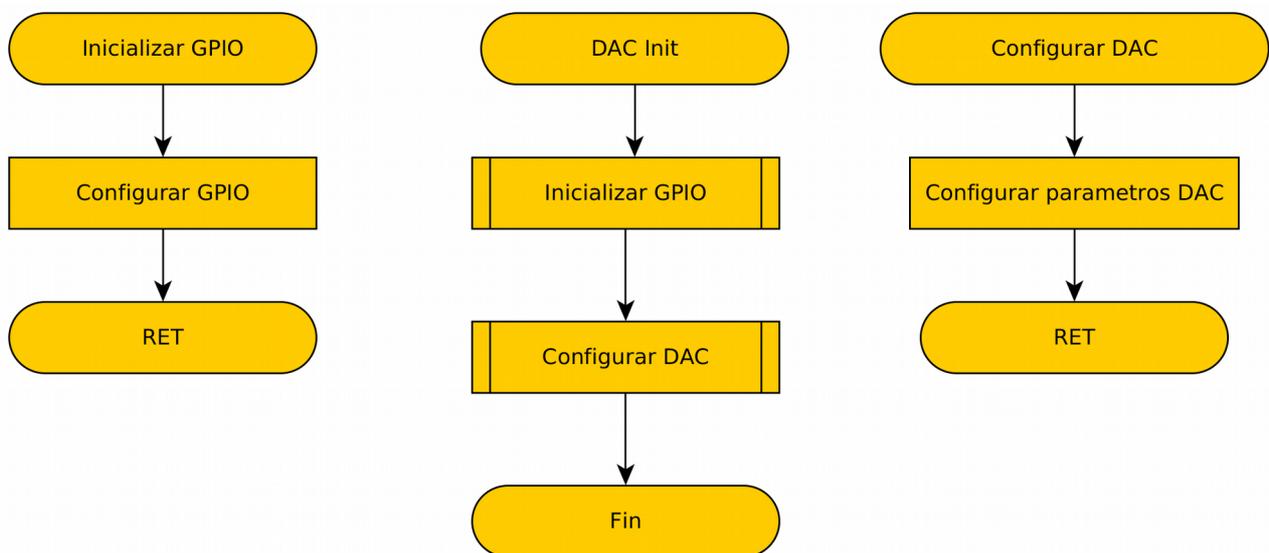


Figura 67: Diagrama de flujo inicialización DAC

7.3.2 Librería MT8880C

Esta librería es la encargada de controlar el MT8880C, esta realiza la inicialización del integrado y proporciona funciones para realizar las llamadas de emergencia a los distintos números de teléfono almacenados en memoria, sus funciones mas importantes se pueden ver en la tabla 17, en la figura 68 se muestra el diagrama de flujo de su inicialización.

Función	Descripción
MT8880C_Init	Inicializa el MT8880C
Call	Realiza una llamada a un número dado
Alarm	Envía tonos de alarma

Tabla 17: Funciones principales librería MT8880C.

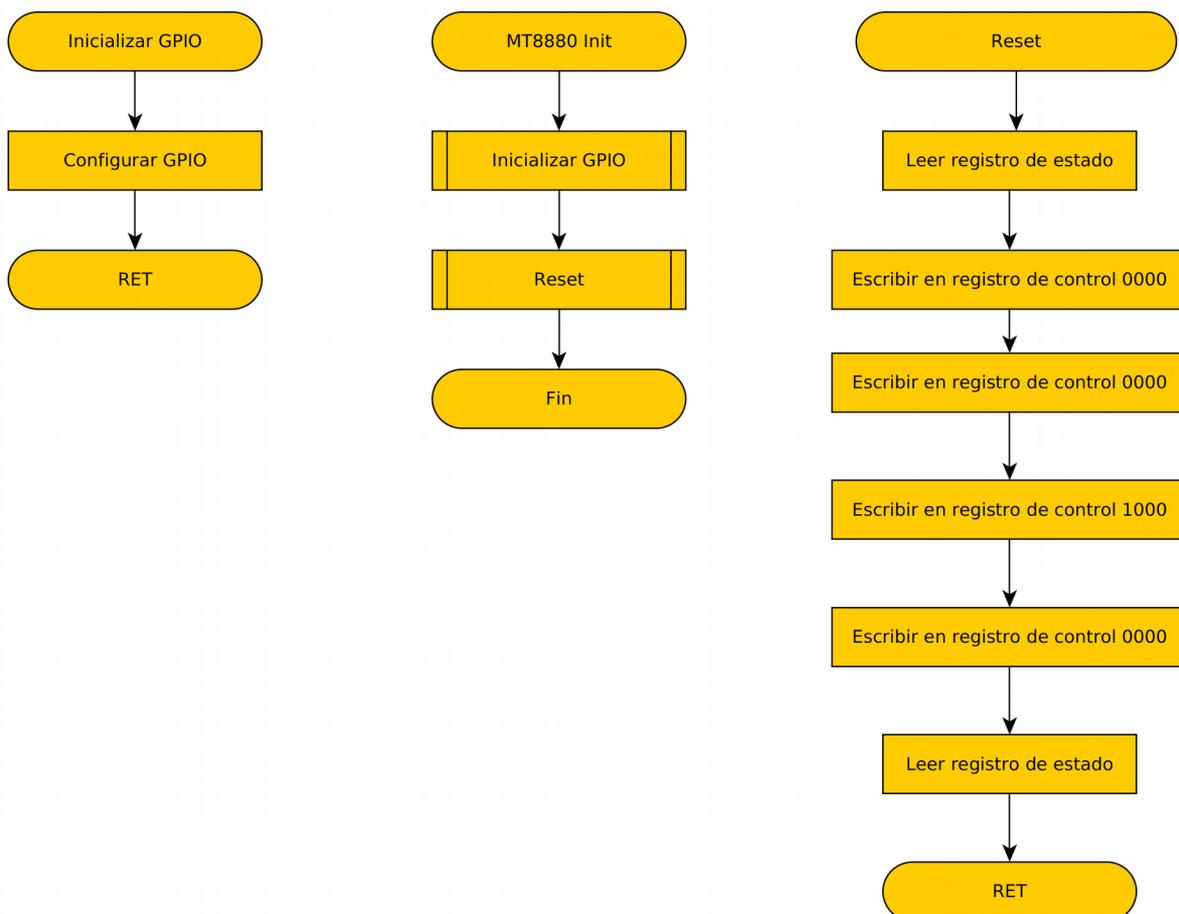


Figura 68: Diagrama de flujo inicialización MT8880C

7.3.2 Librería DP83848

Esta librería se encarga de realizar el tratamiento de la información proveniente de la red internet, para ello hace uso del conjunto de librerías LWIP , la configuración realizada es de cliente ,para que pueda enviar mensajes de información a un servidor, las funciones más importantes se pueden ver en la tabla 18 y su diagrama de flujo figura 69.

Función	Descripción
DP83848_Init	Inicializa la librería
Send_TCP_Data	Envía datos al servidor
Eth_Send_Alarm	Envía señal de alarma al servidor
tcpSendCallback	Avisa de datos salientes
tcpRecvCallback	Avisa de datos entrantes
connectCallback	Avisa Estado de conexión

Tabla 18: Funciones principales librería DP83848.

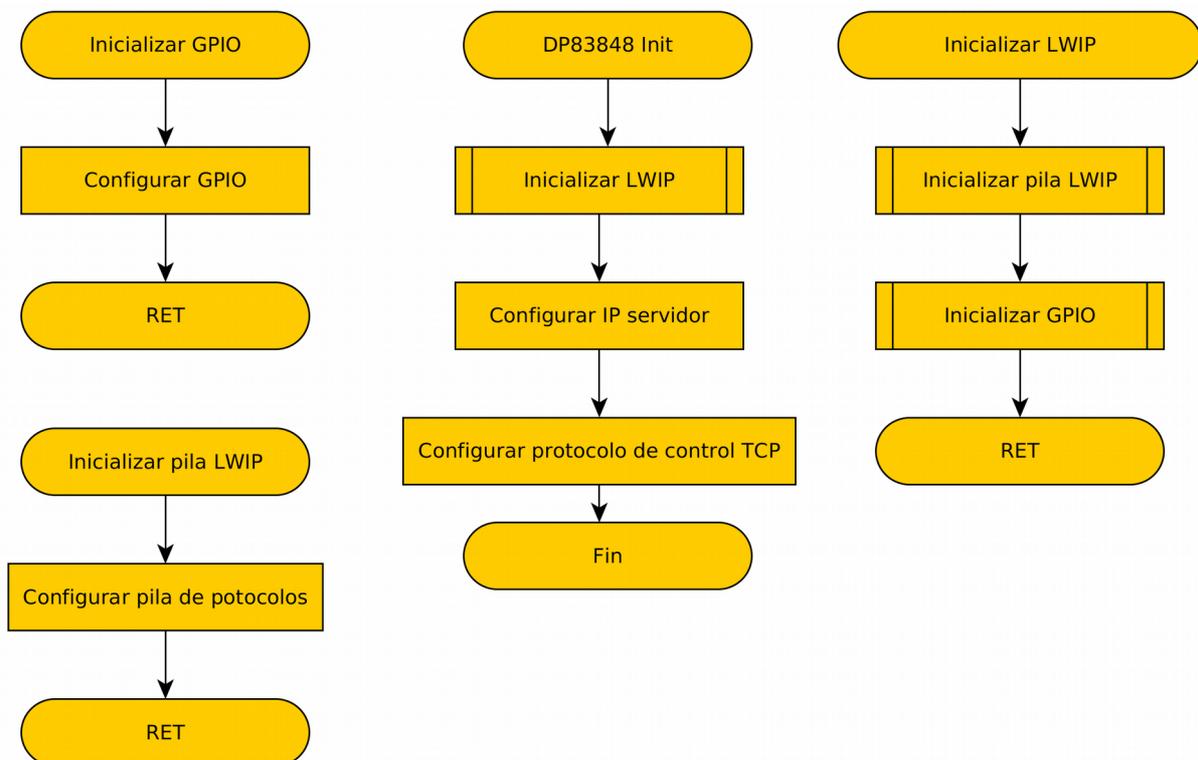


Figura 69: Diagrama de flujo inicialización DP83848

7.4 Clases en C++

Una vez realizadas las librerías para dotar al sistema de una interfaz de usuario eficiente al mismo tiempo que ampliable se implementan un conjunto de clases en C++ y utilizar las ventajas de la programación orientada a objetos que este brinda. Estas clases tienen como objetivo facilitar la tarea de crear unas interfaces gráficas de usuario que puedan interactuar con el hardware que se ha implementado en las librerías realizadas en C.

7.4.1 Clase base object

Sin duda la mas importante de todas las que se han realizado en este trabajo es la clase object ya que bien directa o indirectamente todas las clases dependen de esta clase para funcionar. La clase object se encarga de proporcionar funciones genéricas a todos los objetos además esta misma es la que se encarga de numerarlos, el numero de objetos que pueden ser creados por el microcontrolador viene limitado por un variable entera sin signo de 32 bits. Hay que tener en cuenta las limitaciones de memoria del microcontrolador que son 192Kbytes de SRAM y los objetos que se creen dinámicamente deben destruirse una vez estos hayan cumplido su propósito.

7.4.2 Clase button

La clase button hereda directamente todas las funciones de la clase object esta puede crear objetos de tipo button para la interfaz, además estos pueden tener diversas formas y tamaños, así como reproducir un sonido al ser pulsados. Estos pueden contener una imagen para la posición de pulsado y otra para la de reposo figura 70 y figura 71, cuentan con la posibilidad de definir una función de evento, por lo que pueden crearse por ejemplo cien botones distintos y estos a su vez disponer de cien eventos distintos.



Figura 70: Posición de reposo



Figura 71: Posición de pulsado

7.4.2 Clase checkbox

La clase checkbox cuenta prácticamente con la misma funcionalidad que la clase button pero esta ha sido definida con otras funciones las cuales la dotan de una apariencia mas acorde a las conocidas cajas de chequeo o verificación, al igual que que la clase button esta también hereda directamente de la clase object.

7.4.3 Clase touch_handler

Esta clase se encarga de manejar la librería XPT2046 ademas de inicializarla, esta al producirse la interrupción de pulsación en la pantalla generada por el controlador XPT2046, recorre un vector de objetos existentes para comprobar su posición, de esta forma es facil saber si se ha pulsado en un objeto de tipo button en un área de escritura o un checkbox.

7.4.4 Clase keyboard

Una vez definidos los objetos principales resulta fácil definir objetos mas complejos como un teclado en pantalla para la captación de mensajes, el teclado diseñado incluye además de los botones que se pueden ver en la figura 72, números y signos pulsando la tecla de función para que estos cambien y el botón de la fijación de mayúsculas para que estas aparezcan. Puede almacenar hasta un total de diez líneas de texto a cuarenta caracteres por línea lo que hace que se puedan grabar mensajes de hasta 400 caracteres.



Figura 72: Muestra en funcionamiento del objeto de tipo keyboard

7.4.4 Clase blackboard

Otra forma de dejar mensajes en pantalla es con el objeto blackboard figura 73, esta utiliza la herramienta herramienta pincel de cuatro píxeles definida en la librería SSD1963 para que el usuario con la ayuda de un lápiz táctil o con el dedo pueda dejar mensajes mensajes en la pantalla, incluye un botón para salvar y otro para limpiar pantalla.



Figura 73: Muestra en funcionamiento del objeto de tipo blackboard

7.5 Diseño de conjunto

7.5.1 Implementación de interfaz gráfica de usuario

Una vez diseñadas las clases principales que forman parte del sistema se diseña la interfaz gráfica de usuario, la cual cuenta con una pantalla principal figura 74 donde se muestran las opciones principales como son los ajustes, la posibilidad de dejar notas usando el teclado táctil o utilizando el botón pizarra para dibujarlas a mano alzada y el botón archivo para eliminar las notas anteriores.



Figura 74: Pantalla principal

Una vez dejada una nota esta queda almacenada en una de las veinte posiciones de memoria habilitadas para ello en la memoria flash, cabe destacar que se diseña la interfaz de modo que los objetos son creados dinámicamente cada vez que se precisa hacer uso de ellos, por lo que se ha debido prestar especial atención a estos en los destructores de objetos para que sean eliminados, liberando de esta forma memoria del microcontrolador la cual es muy escasa para este tipo de aplicaciones.

El dispositivo S.A.M cuenta con un pulsador externo para el aviso de emergencias el cual automáticamente realiza las llamadas telefónicas de la lista de teléfonos almacenados en memoria y se comunica a través de la red internet con un servidor central para dar el aviso de emergencia.

7.5.2 Software para el servicio de emergencias en central

En una red de dispositivos S.A.M se precisa de un lugar donde se puedan recibir los mensajes de emergencia que envíen cada uno de los dispositivos cliente, es por ello que se ha creado el programa informático “S.A.M Server” figura 75 el cual se encarga de gestionar todos los clientes conectados.



Figura 75: Pantalla S.A.M Server

El programa cuenta con cuatro paneles informativos en los que se muestra la lista de clientes conectados diariamente, lista de clientes no conectados, log de mensajes enviados por los clientes y un panel donde se muestran los clientes que han solicitado una emergencia.

El programa además dispone de un formulario para configuración del puerto de escucha del servidor, otro para listar clientes y otro para editar los datos de clientes figura 76 como pueden ser sus datos personales, hasta 4 contactos telefónicos y una ficha donde se pueden rellenar datos sobre su historial médico para que en caso de emergencia poder proporcionarlos a la asistencia médica.

Client file			
Client file		Contacts	Medical history
Name	Surname		
Vicente Ramón	Roca Cantin		
Address		ID Card	
C/Major,97		52949367D	
State	City		
Castellón	Almenara		
Postal code	Phone	Mobile Phone	S.A.M Serial
12590	962623454	630621174	SAM-261176
Delete	New	Save	

Figura 76: Formulario de clientes

En la ventana principal se ha añadido un avisador lumínico de emergencia, cuando el programa recibe una emergencia de algún cliente este avisador empieza a parpadear al tiempo que una sirena comienza a sonar por los altavoces del ordenador.

8. Conclusiones

El sistema de asistencia al mayor cumple correctamente con la función para la que ha sido diseñado, tanto la parte electrónica como la parte informática, por lo que el trabajo ha logrado el objetivo de diseñar el “Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX”.

Se ha realizado un trabajo amplio en la parte informática y se han alcanzado los requisitos que este trabajo requería en cuanto a programación, además se ha logrado lo más importante, la satisfacción del autor por ver el trabajo concluido y los conocimientos adquiridos durante la realización del mismo.

Otro reto era la implementación de un circuito electrónico de estas dimensiones, así como la fabricación de los prototipos, en esta tarea se ha realizado un aprendizaje muy valioso, ya que se han podido implementar circuitos diseñados por el autor en placas PCB de formato comercial, lo cual a ayudado a tener una visión mas amplia del trabajo de diseño.

El trabajo en si, se ideo como un proyecto muchísimo mas amplio pero dadas las limitaciones de tiempo con las que se cuenta se redujeron algunas ideas, las cuales pueden implementarse en trabajos futuros, ya que en opinión del autor este es solo el comienzo de un trabajo de mayor envergadura.

9. Bibliografía

- [1] STMicroelectronics,(2017),RM0090 Reference manual Rev 14,datasheet
- [2] SUNBOND Technology(HK),(2010),datasheet LB04302 LCD Module,datasheet
- [3] Wikipedia, Serial Peripheral Interface Bus .
https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface_Bus
- [4] Wikipedia, I²C (Inter-Integrated Circuit)
<https://en.wikipedia.org/wiki/I²C>
- [5] Wikipedia, Modelo TCP/IP
https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_TCP/IP
- [6] Adam Dunkels (2001),Swedish Institute of Computer Science,Design and Implementation of the lwIP TCP/IP Stack
- [7] Winbond (2013),3V 32M-BIT SERIAL FLASH MEMORY WITH DUAL AND QUAD SPI ,datasheet
- [8] National Semiconductor (2008),DP83848C PHYTER ®- Commercial Temperature Single Port 10/100 Mb/s Ethernet Physical Layer TransceiverGeneral Description Features,datasheet
- [9] Solomon Systech Limited(2012),SSD1963 Advance Information,datasheet
- [10] Solomon Systech Limited(2013),Application Note for SSD1961/2/3,datasheet
- [11] STMicroelectronics (2017),AN2867 Oscillator design guide for STM8AF/AL/S and STM32 microcontrollers,datasheet
- [12] STMicroelectronics (2003),TDA2822M DUAL LOW-VOLTAGE POWER AMPLIFIER,datasheet
- [13] SHENZHEN XPTEK TECHNOLOGY CO.,L TD (2007), XPT2046 ,datasheet
- [14] IPC (2003),IPC-2221A Generic Standard on Printed Board Design
- [15] TEXAS INSTRUMENTS (2002),TPS6104x Low-Power DC-DC Boost Converterin SOT-23 and WSON Packages,datasheet
- [16] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (1993), Recomendación Q.23 “RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LA CONMUTACIÓN Y LA SEÑALIZACIÓN TELEFÓNICAS”
- [17] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (1993), Recomendación Q.24 “RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LA CONMUTACIÓN Y LA SEÑALIZACIÓN TELEFÓNICAS”
- [18] Zarlink Semiconductor (2005), MT8880C Integrated DTMF Transceiver,datasheet
- [19] TELEFÓNICA DE ESPAÑA, S.A.U (2003),Características Técnicas de las Interfaces de TELEFONICA DE ESPAÑA, S.A.U.



Grado en ingeniería electrónica industrial y automática

TRABAJO FIN DE GRADO

Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX

Documentos

2. Planos

Autor:

Vicente Ramón Roca Cantin

Profesor tutor:

Carlos Pascual Dominguez Montagud

Valencia, julio de 2017

Índice

Plano

Tarjeta de desarrollo X-M4

Esquemático 1-2	1
Esquemático 2-2	2
Capa de cobre trasera	3
Capa de cobre frontal	4
Mascara de soldadura trasera	5
Mascara de soldadura frontal	6
Serigrafía trasera	7
Serigrafía frontal	8
Mapa de taladros	9

Grabador de memorias SPI

Esquemático	10
Capa de cobre trasera	11
Capa de cobre frontal	12
Mascara de soldadura trasera	13
Mascara de soldadura frontal	14
Serigrafía trasera	15
Serigrafía frontal	16
Mapa de taladros	17
Mapa de taladros sin cobre	18

Fuente de alimentación 5v

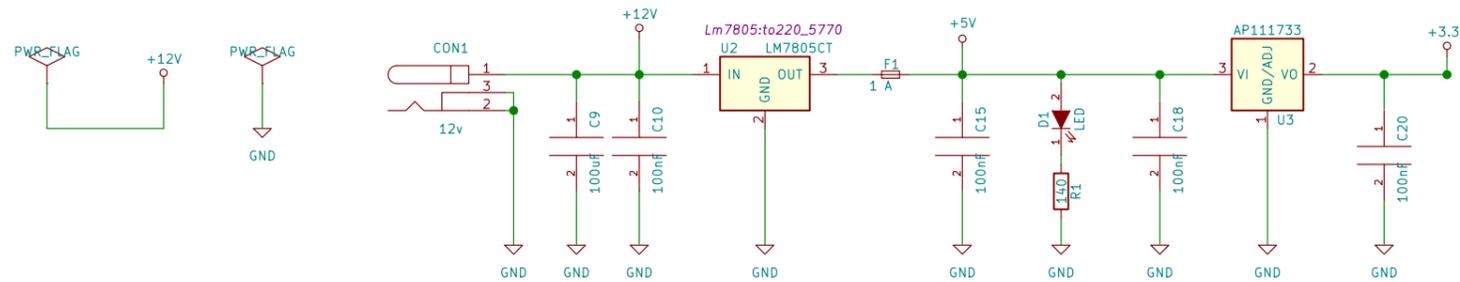
Esquemático	19
Capa de cobre trasera	20
Capa de cobre frontal	21
Mascara de soldadura trasera	22
Mascara de soldadura frontal	23
Serigrafía frontal	24
Mapa de taladros	25
Mapa de taladros sin cobre	26

Sistema de asistencia al mayor

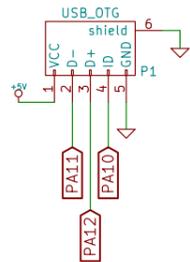
Esquemático 1-6	27
Esquemático 2-6	28
Esquemático 3-6	29

Esquemático 4-6	30
Esquemático 5-6	31
Esquemático 6-6	32
Capa de cobre trasera	33
Capa de cobre frontal	34
Mascara de soldadura trasera	35
Mascara de soldadura frontal	36
Serigrafía frontal	37
Mapa de taladros	38
Mapa de taladros sin cobre	39

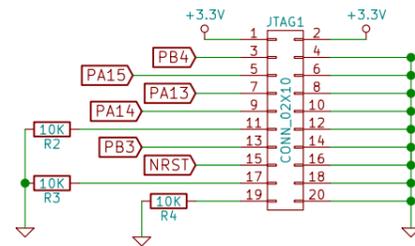
Main power supply



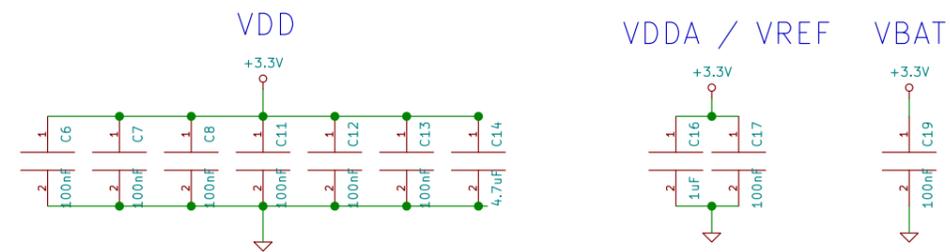
USB OTG



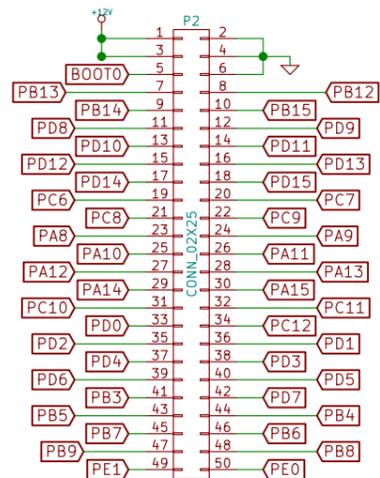
JTAG



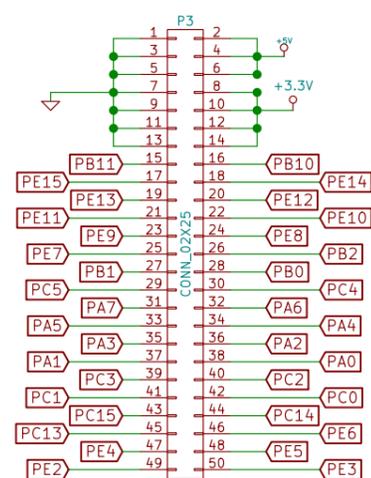
Decoupler capacitors STM32F407VGT

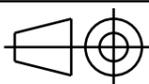


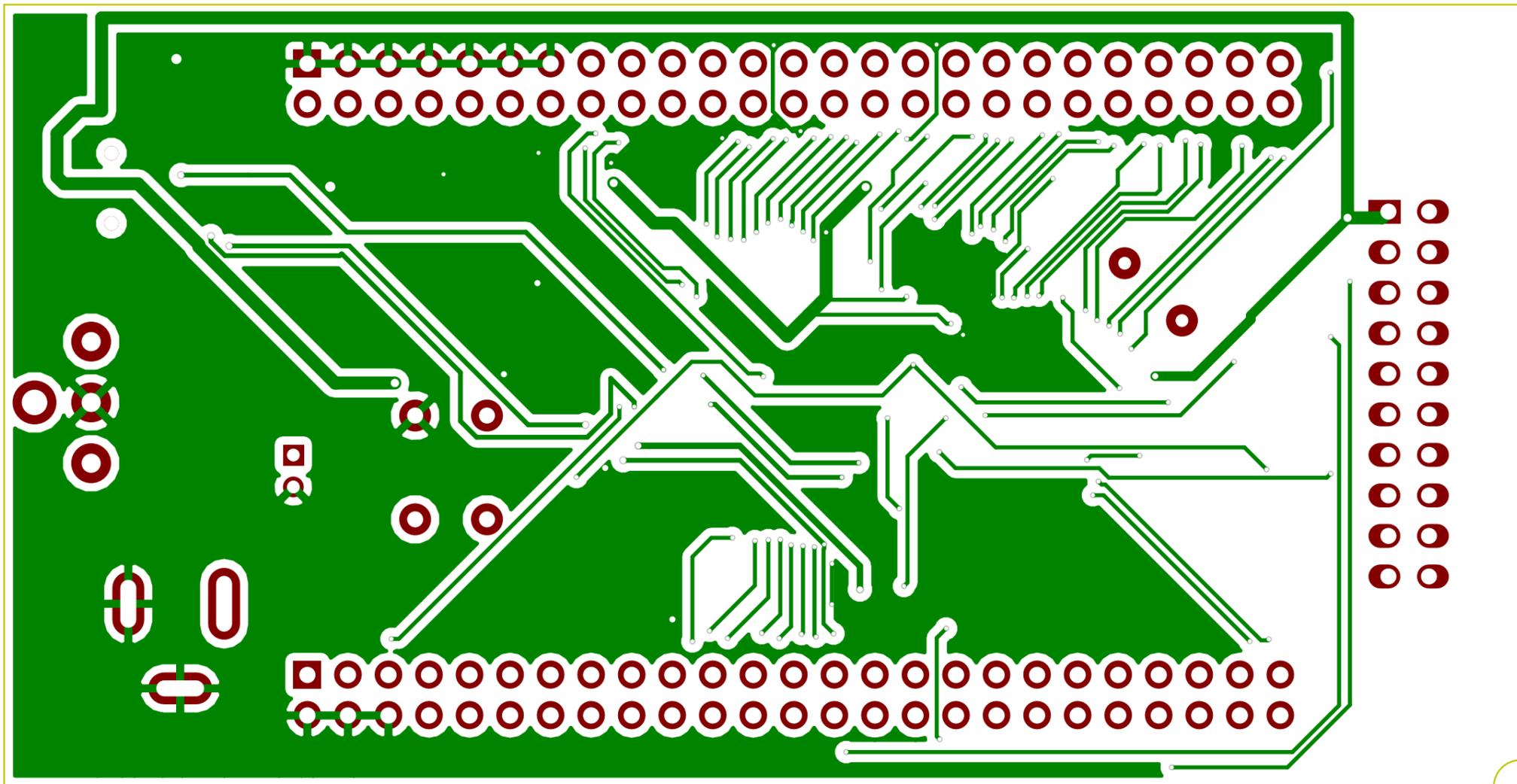
Left I/O ports



Right I/O ports



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
A3		Título: Placa de desarrollo X-M4	Descripción: Esquemático
Escala: 1:1	Fecha: 19/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano: 2

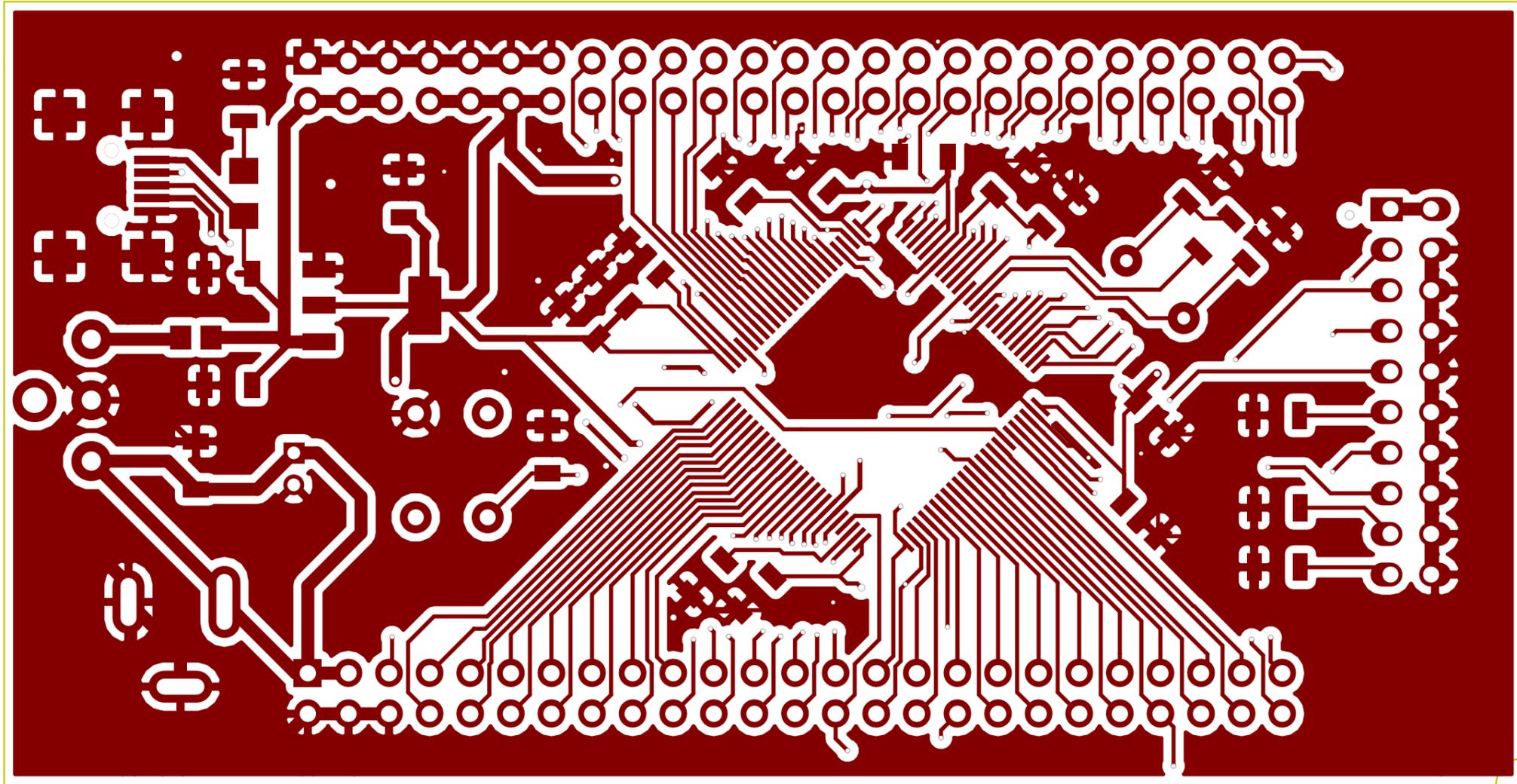


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Placa de desarrollo X-M4	Descripción: Capa de cobre trasera
Escala 3:1	Fecha 19/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 3



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Placa de desarrollo X-M4	Descripción: Capa de cobre frontal
Escala 3:1	Fecha 19/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 4

H G F E D C B A

4

4

3

3

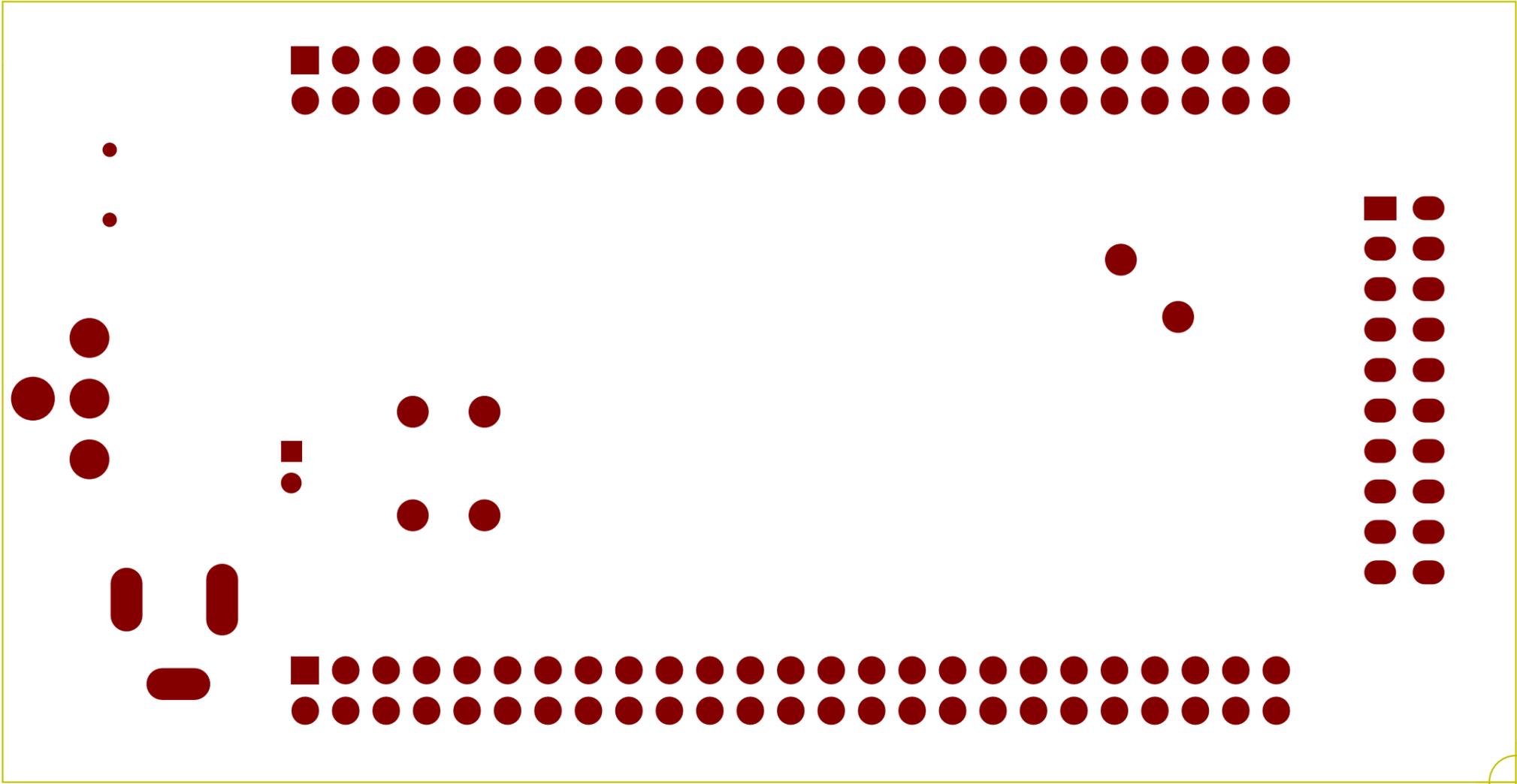
2

2

1

1

H G F E D C B A



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Placa de desarrollo X-M4	Descripción: Mascara soldadura trasera
Escala 3:1	Fecha 19/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 5

H G F E D C B A

4

4

3

3

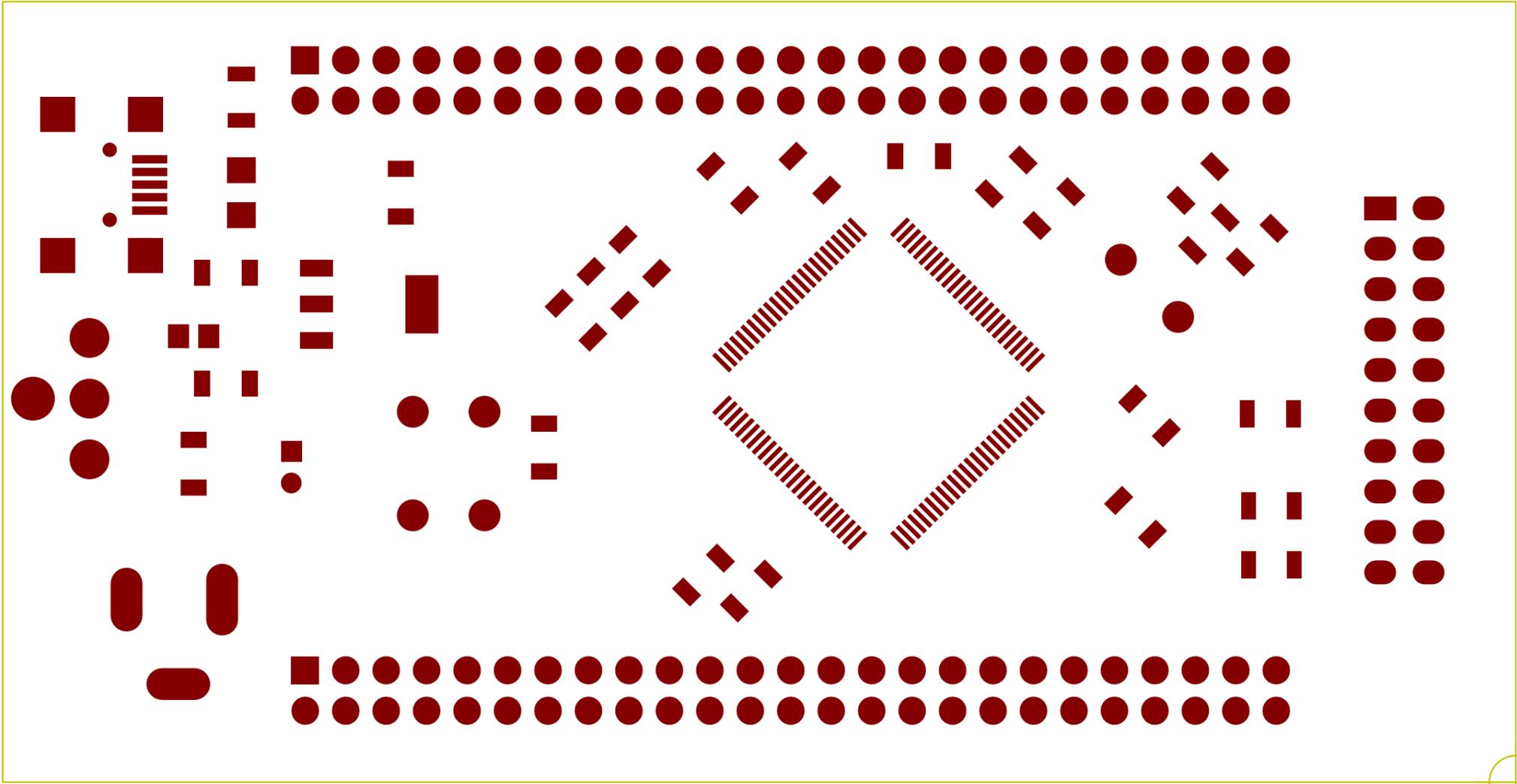
2

2

1

1

H G F E D C B A

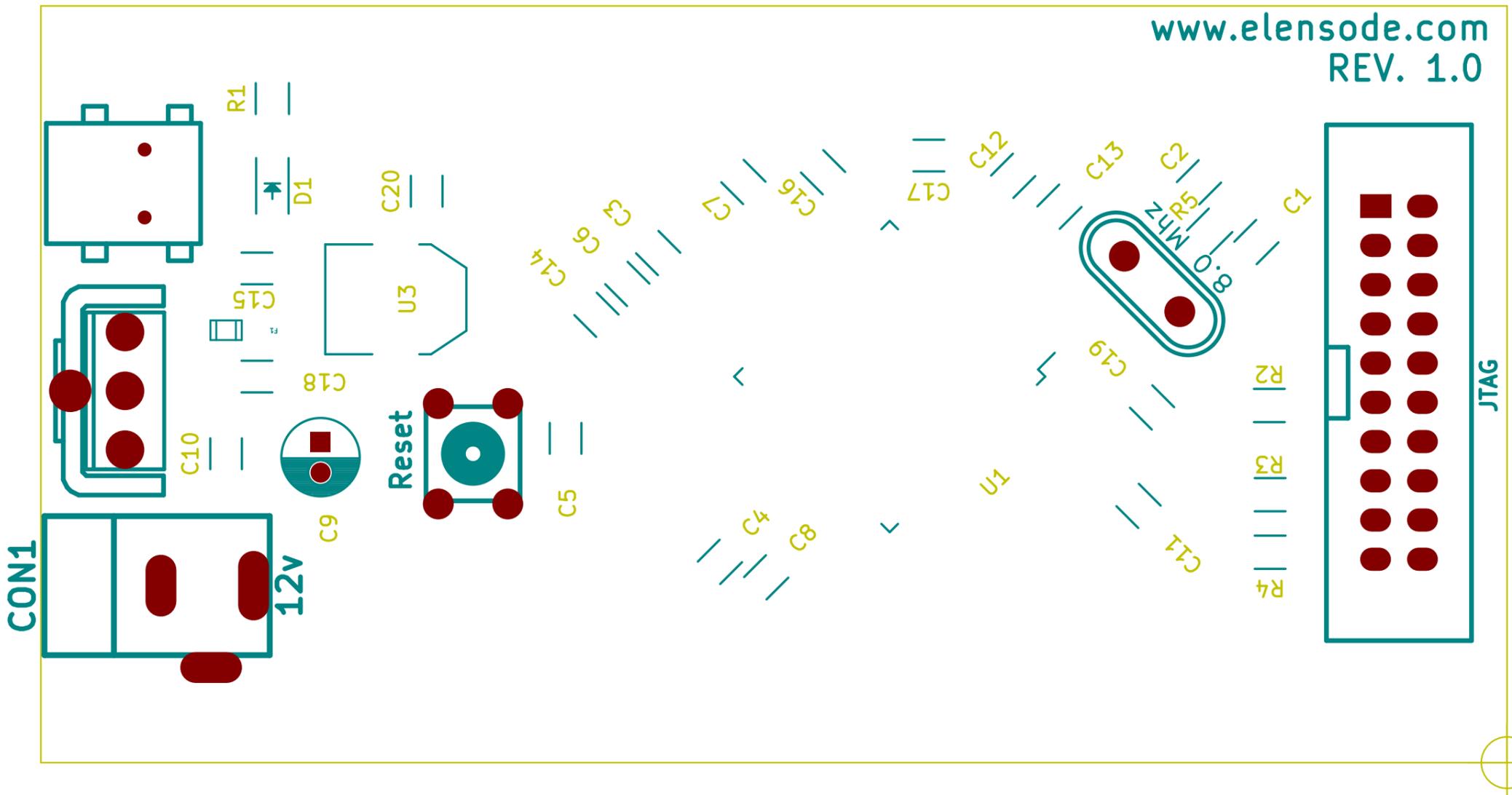


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Placa de desarrollo X-M4	Descripción: Mascara soldadura frontal
Escala: 3:1	Fecha: 19/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano: 6



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



A3		Título: Placa de desarrollo X-M4	Descripción: Serigrafía frontal
Escala 3:1	Fecha 19/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 8

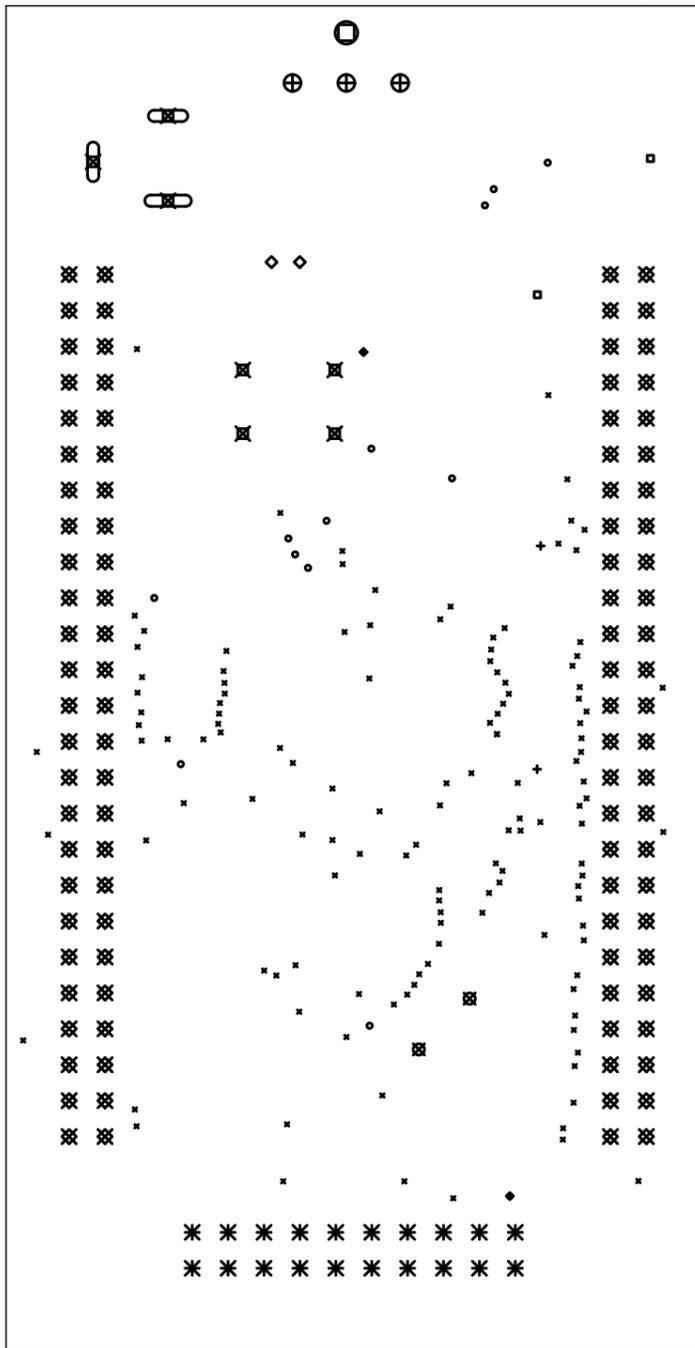
H G F E D C B A

4

3

2

1



Marca	Medida	Cantidad
x	0.25 mm	132 perforaciones
o	0.38 mm	14 perforaciones
+	0.51 mm	5 perforaciones
□	0.64 mm	2 perforaciones
◇	0.80 mm	2 perforaciones
■	0.80 mm	2 perforaciones
*	1.00 mm	20 perforaciones
⊗	1.00 mm	4 perforaciones más 3 slots
⊗	1.02 mm	100 perforaciones
⊕	1.20 mm	3 perforaciones
○	1.60 mm	1 perforaciones



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

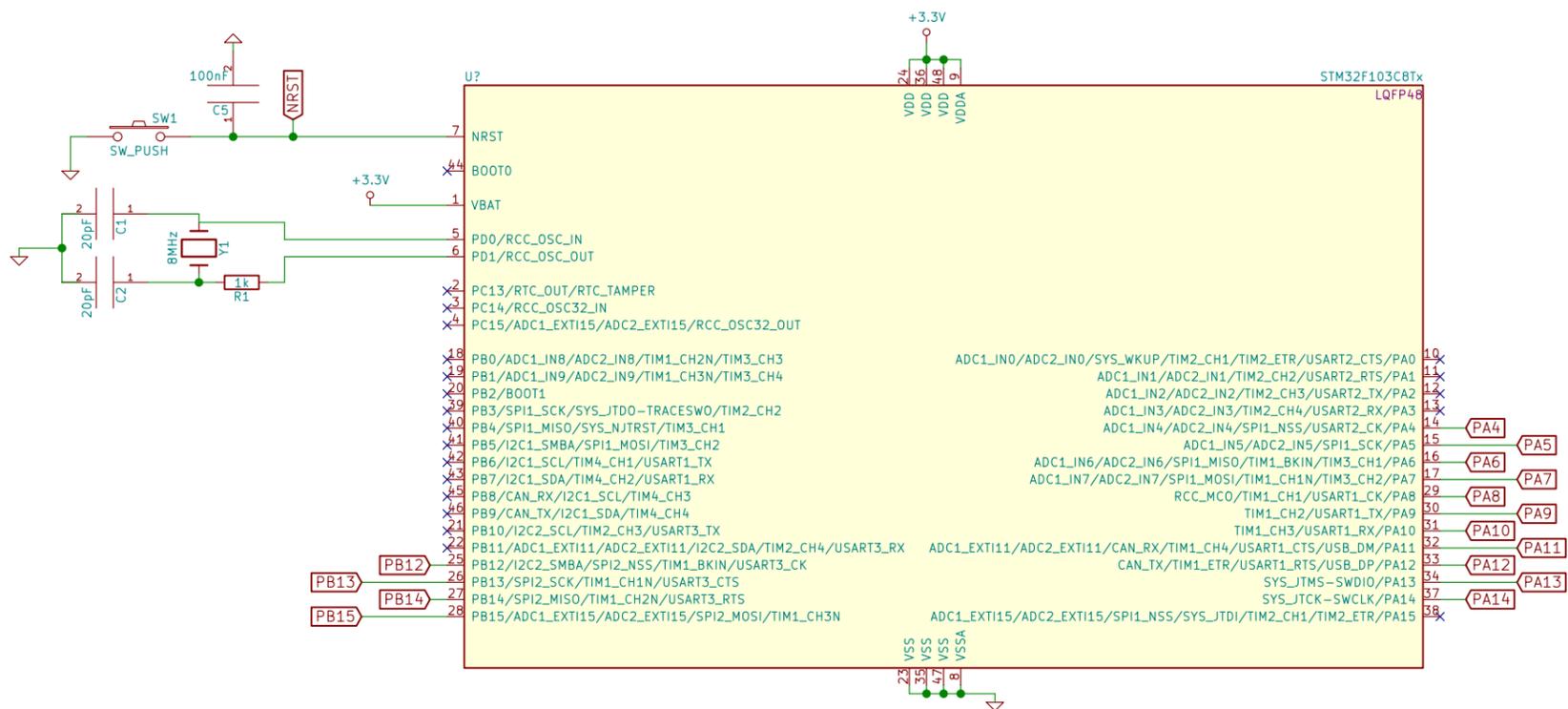


Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

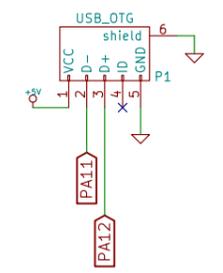
A3		Título: Placa de desarrollo X-M4	Descripción: Mapa de traladros
Escala 2:1	Fecha 19/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 9

H G F E D C B A

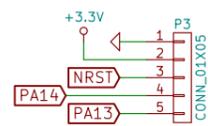
STM32F108CT



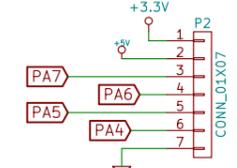
USB OTG



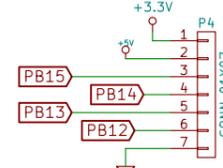
SWD



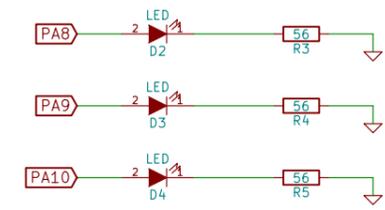
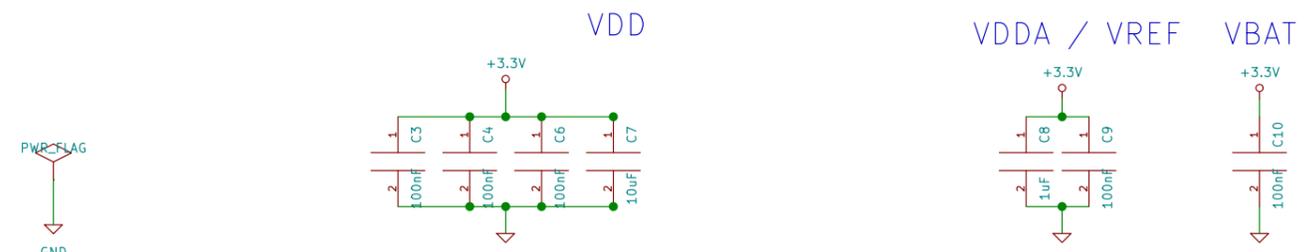
SPI 1



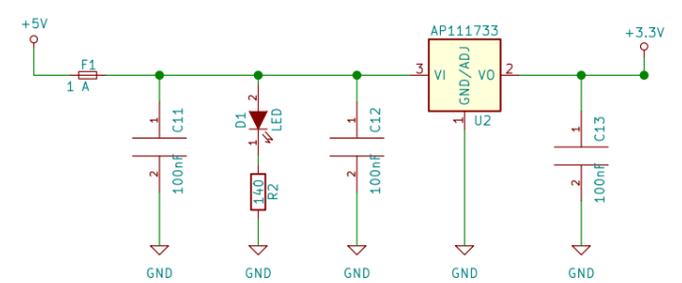
SPI 2



Decoupler capacitors STM32F108CT



Main power supply



		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA			
				Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
A3		Título Grabador memorias SPI		Descripción Esquemático	
Escala 1:1	Fecha 10/05/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin			Plano 10

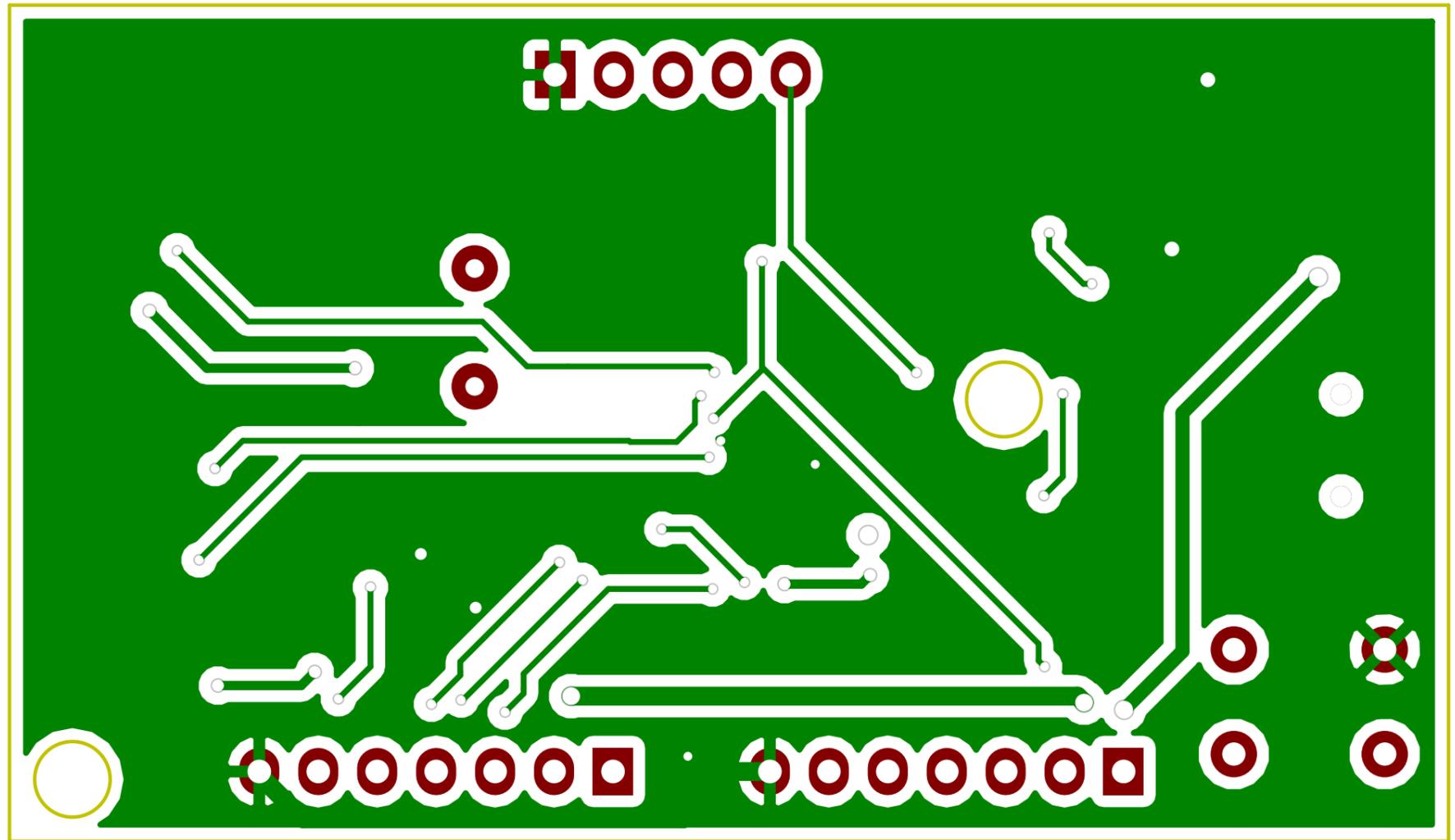
H G F E D C B A

4

3

2

1



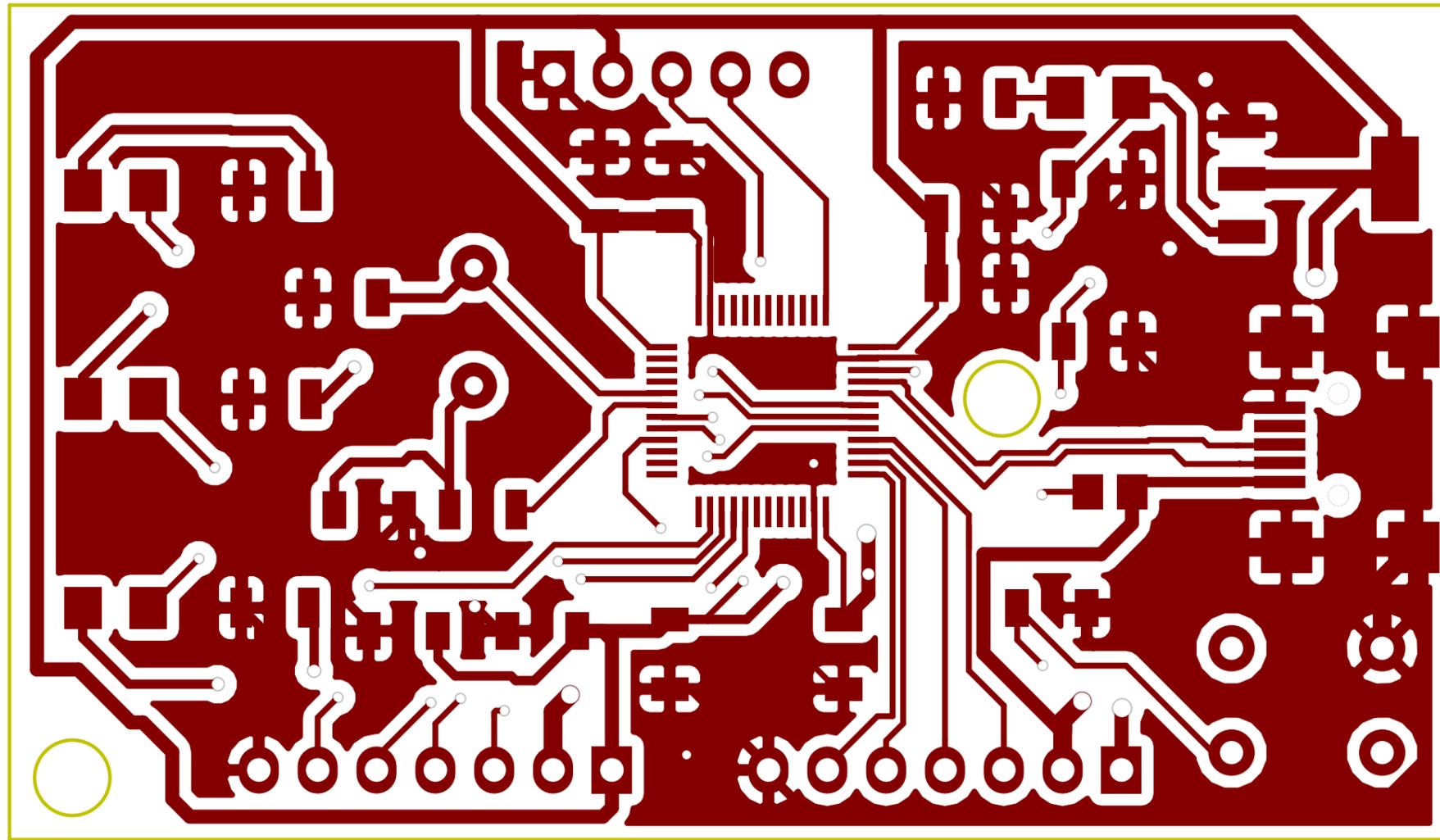
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título Grabador memorias SPI	Descripción Capa de cobre trasera
Escala 4:1	Fecha 10/05/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 11

H G B A



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título Grabador memorias SPI	Descripción Capa de cobre frontal
Escala 4:1	Fecha 10/05/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 12

H G F E D C B A

4

4

3

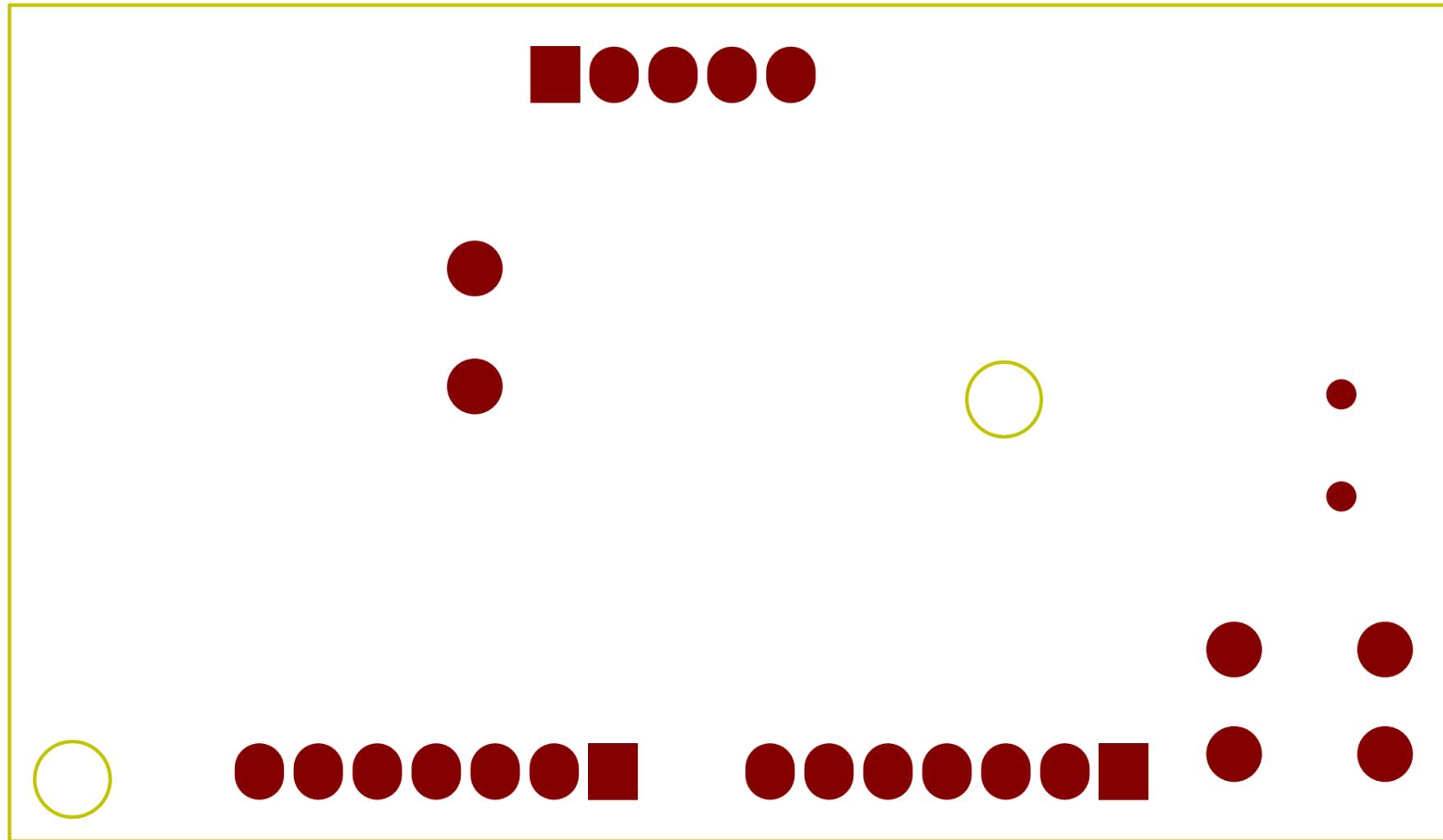
3

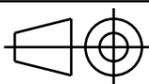
2

2

1

1



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
A3		Título Grabador memorias SPI	Descripción Mascara de soldadura trasera
Escala 4:1	Fecha 10/05/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 13

H G B A

H G F E D C B A

4

4

3

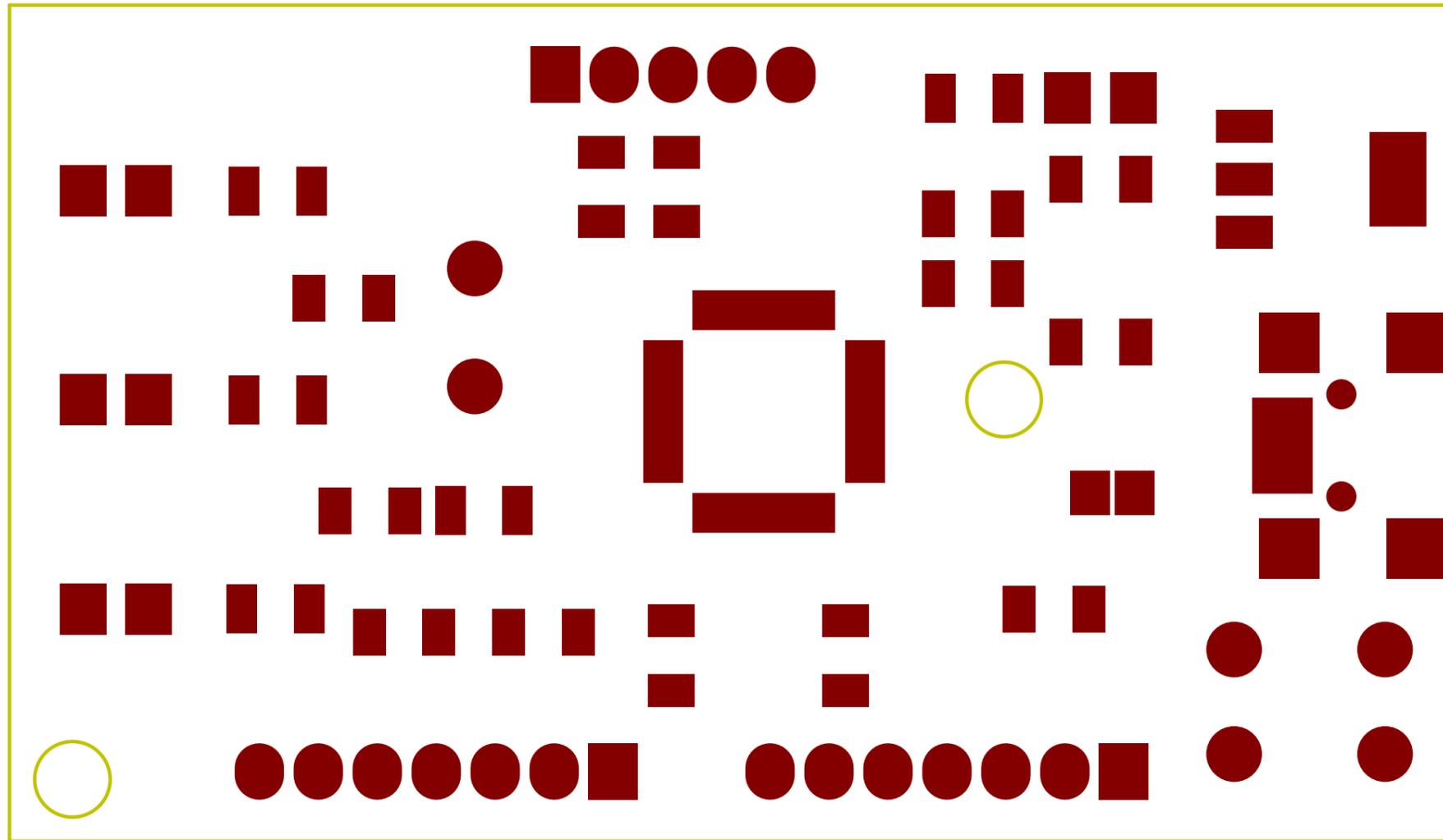
3

2

2

1

1



H G B A

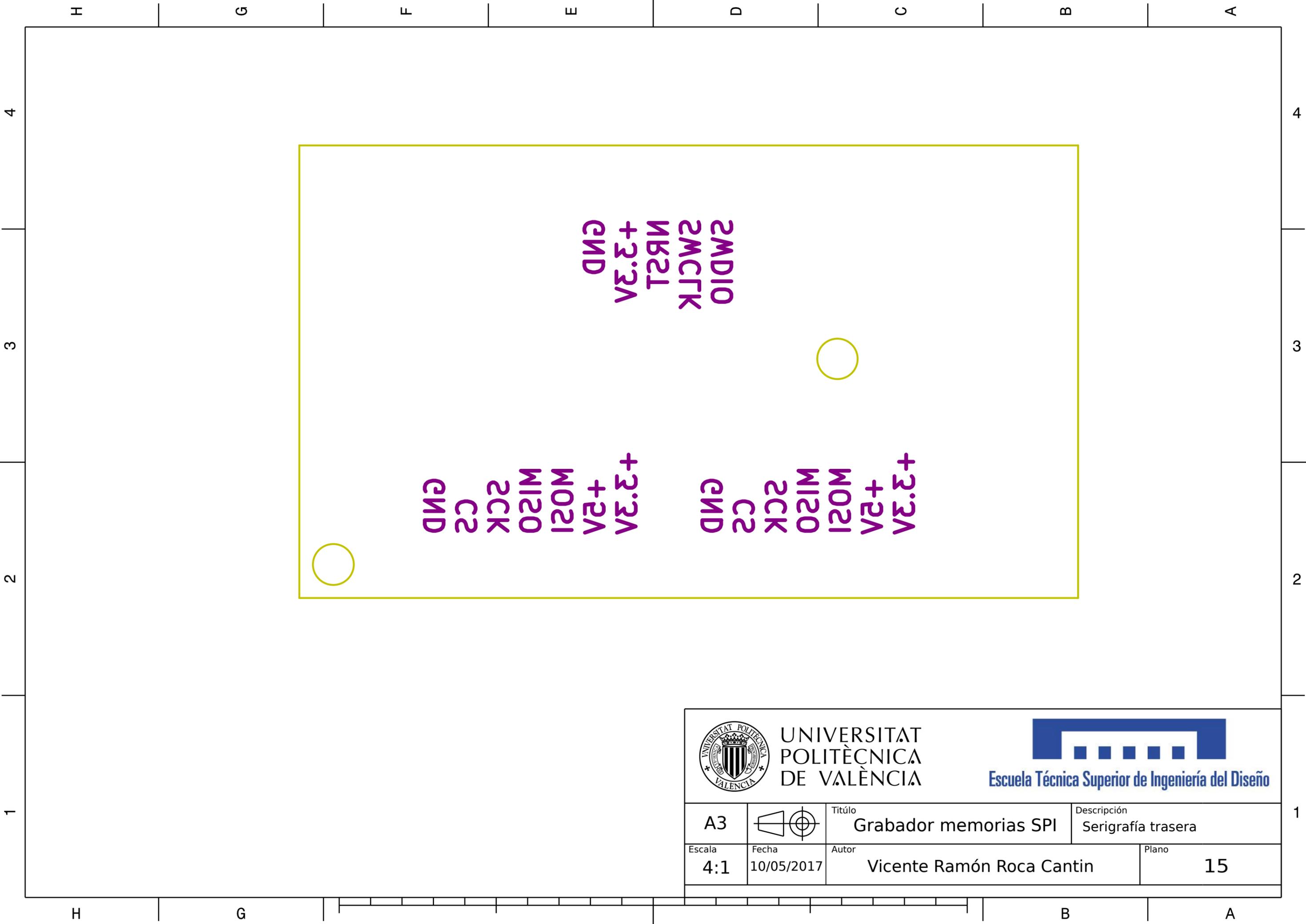


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Titulo Grabador memorias SPI	Descripción Mascara de soldadura frontal
Escala 4:1	Fecha 10/05/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 14

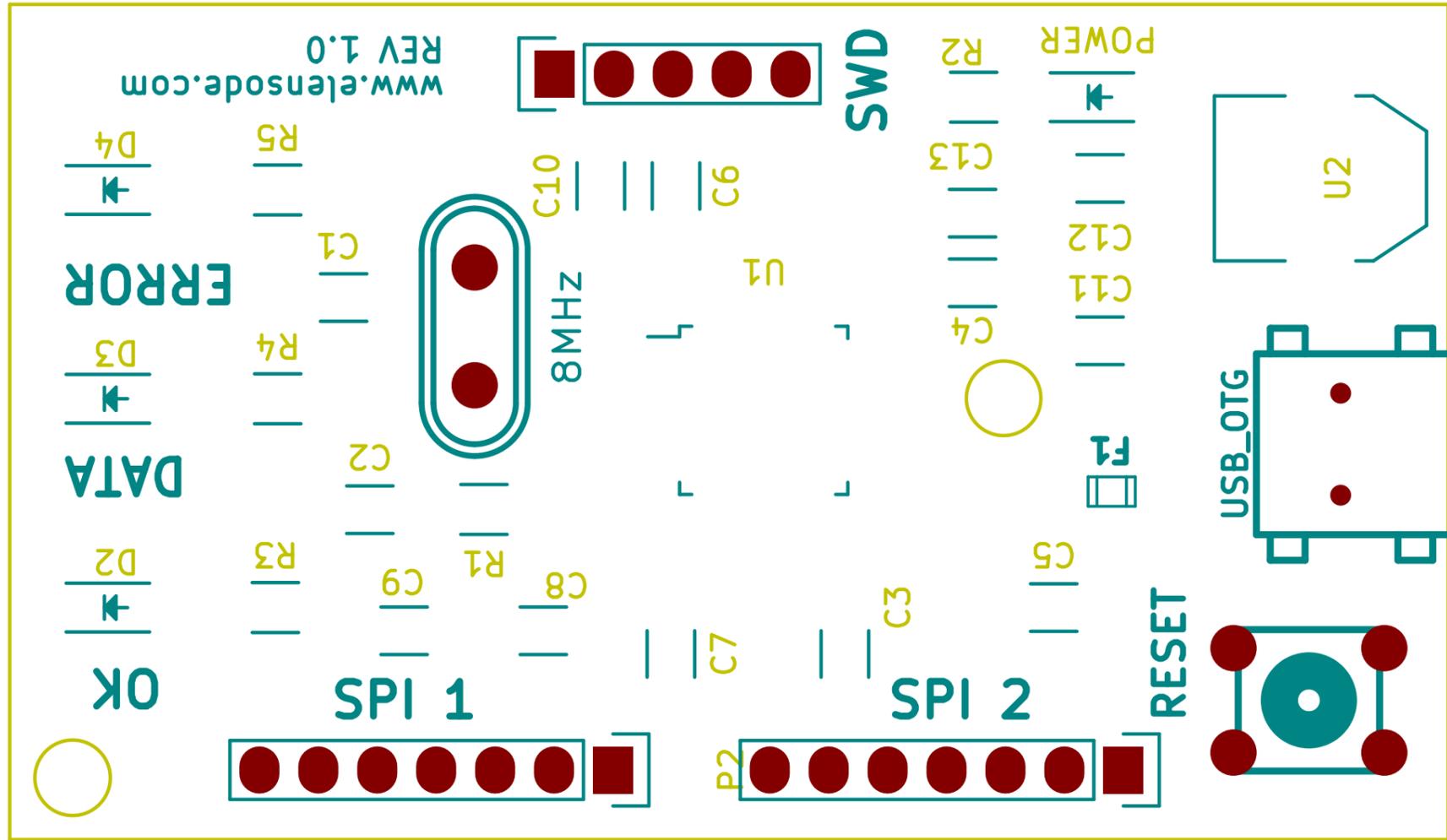


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título Grabador memorias SPI	Descripción Serigrafía trasera
Escala 4:1	Fecha 10/05/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 15

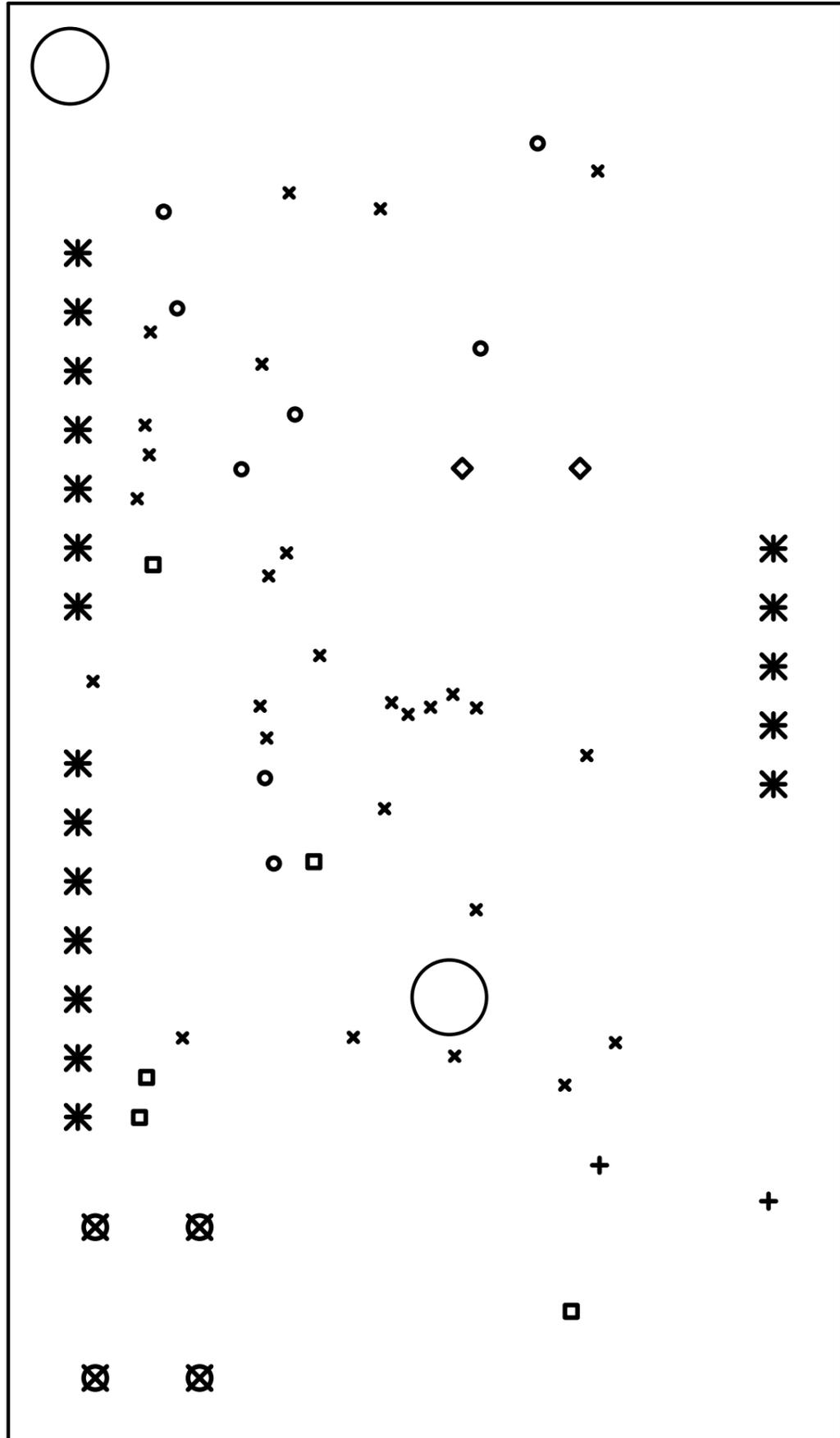


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Titulo Grabador memorias SPI		Descripción Serigrafía frontal	
Escala 4:1	Fecha 10/05/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin			Plano 16



Marca	Medida	Cantidad
x	0.38 mm	27 perforaciones
o	0.51 mm	8 perforaciones
+	0.64 mm	2 perforaciones
□	0.76 mm	5 perforaciones
◇	0.80 mm	2 perforaciones
■	1.00 mm	4 perforaciones
*	1.02 mm	19 perforaciones



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



A3		Título: Grabador memorias SPI	Descripción: Mapa de traladros
Escala 4:1	Fecha 6/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 17

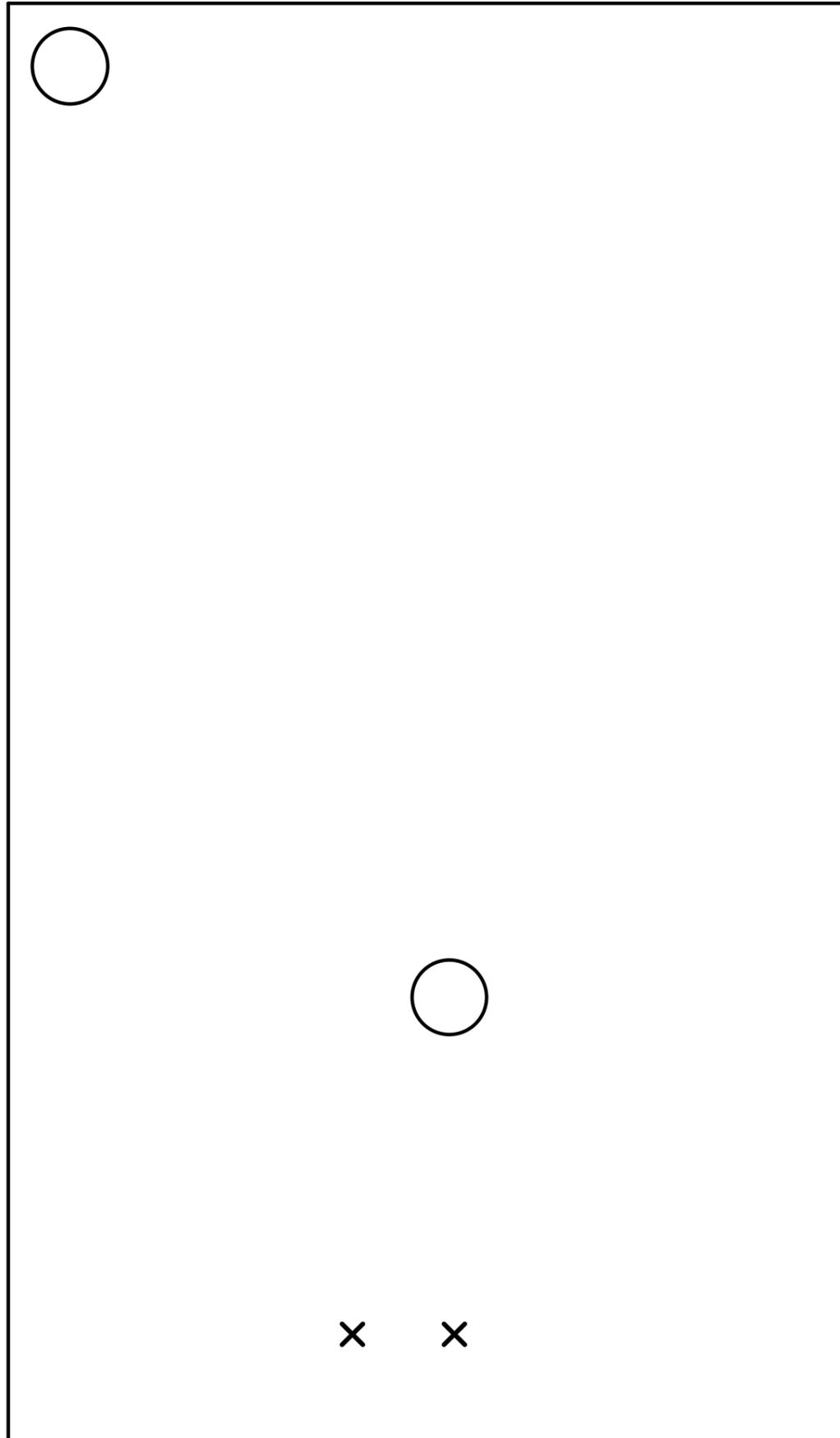
H G F E D C B A

4

3

2

1



4

3

2

1

H G F E D C B A

Marca	Medida	Cantidad
x	0.90 mm	2 perforaciones



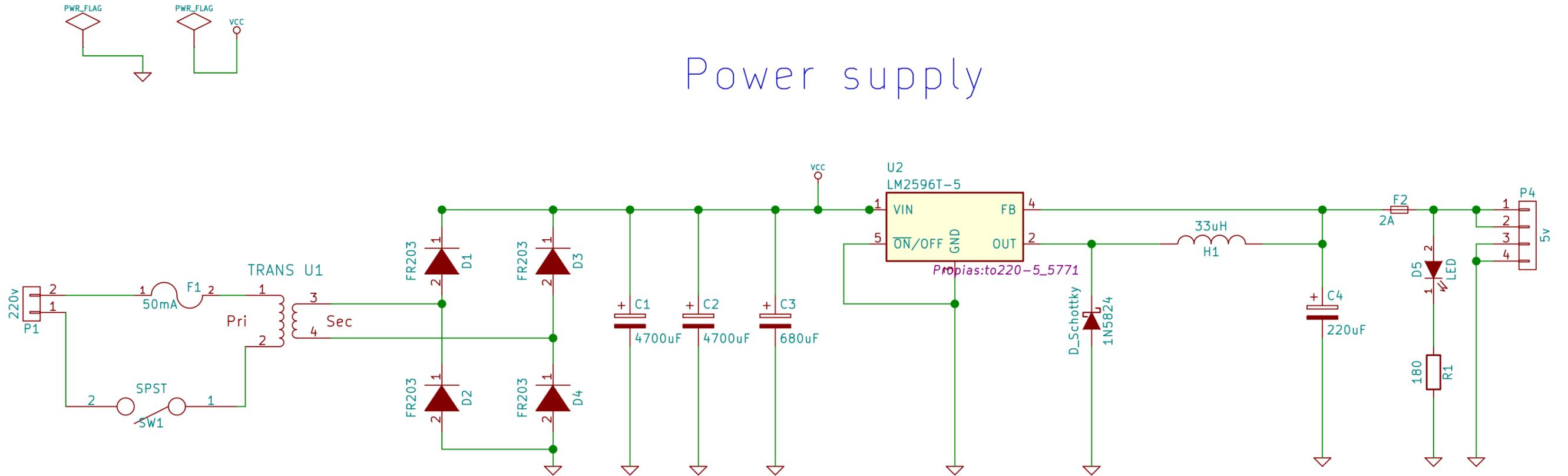
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



A3		Título: Grabador memorias SPI	Descripción: Mapa de traladros sin cobre
----	--	----------------------------------	---

Escala 4:1	Fecha 6/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 18
---------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

Power supply

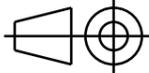


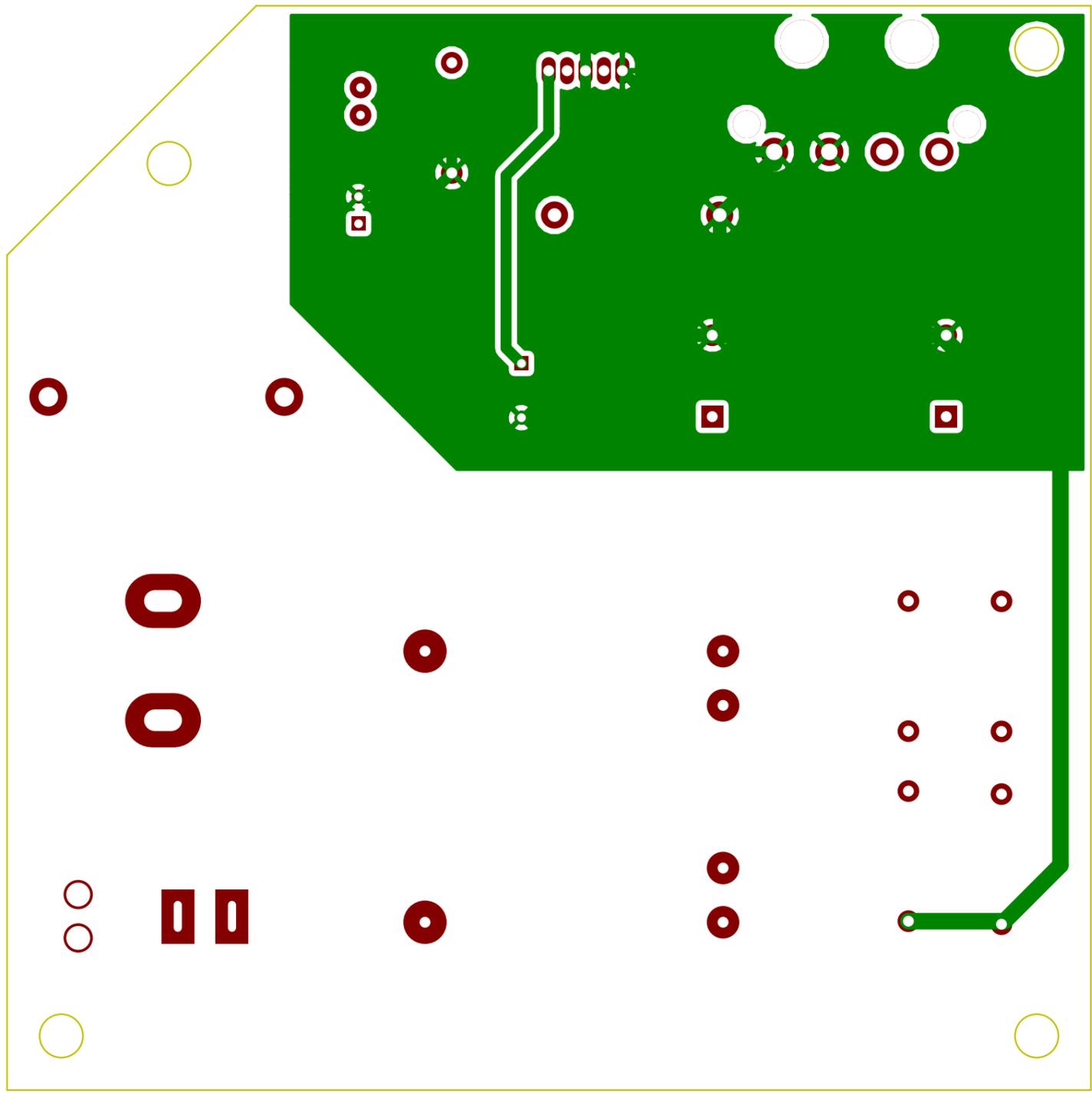


**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título Fuente de alimentación 5v	Descripción Esquemático
Escala 1:1	Fecha 2/06/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 19



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



A3		Título Fuente de alimentación 5v	Descripción Capa de cobre trasera
Escala 2:1	Fecha 2/06/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 20

H G F E D C B A

4

3

2

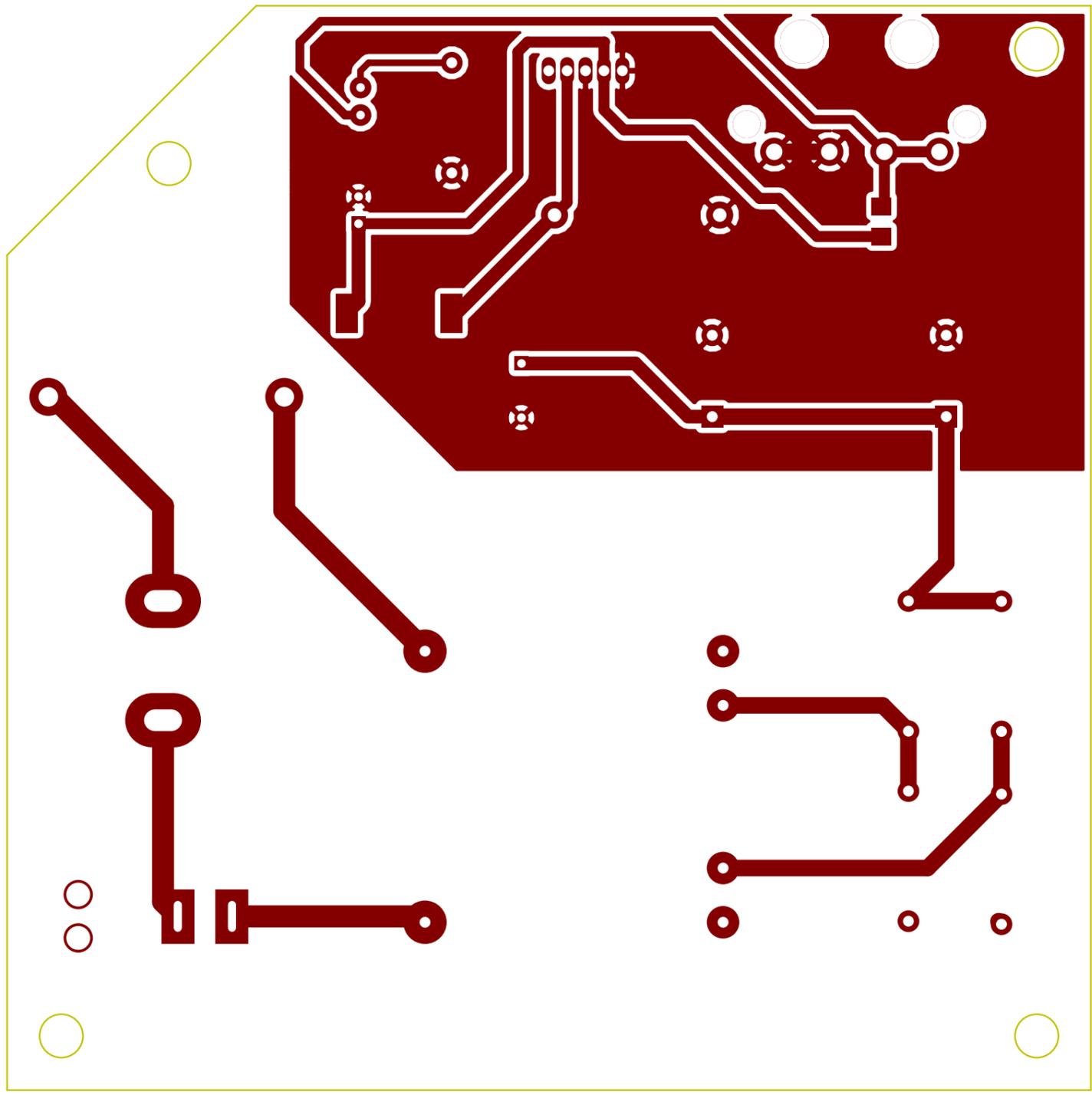
1

4

3

2

1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título Fuente de alimentación 5v	Descripción Capa de cobre frontal
Escala 2:1	Fecha 2/06/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 21

H G F E D C B A

H G F E D C B A

4

4

3

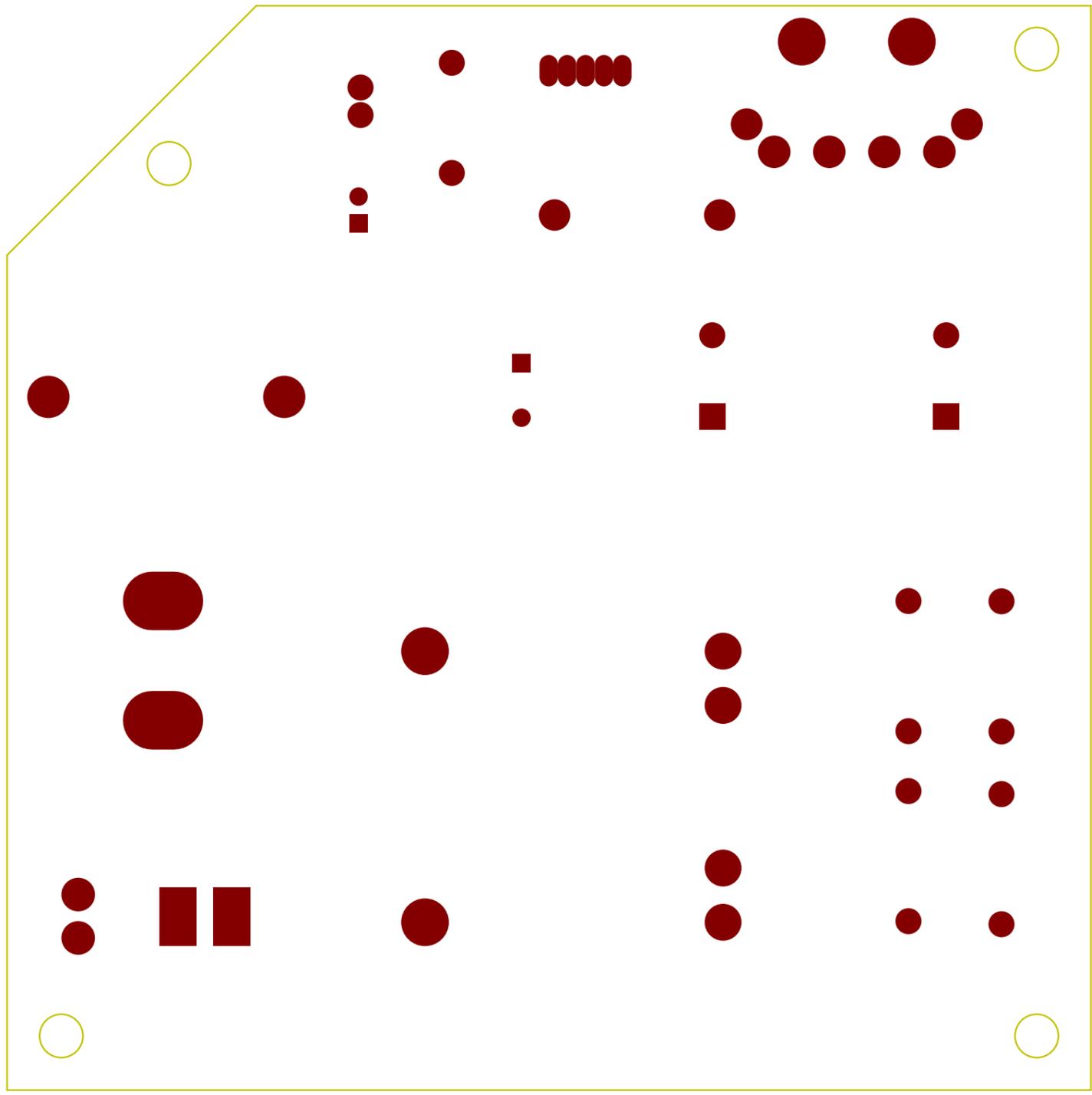
3

2

2

1

1

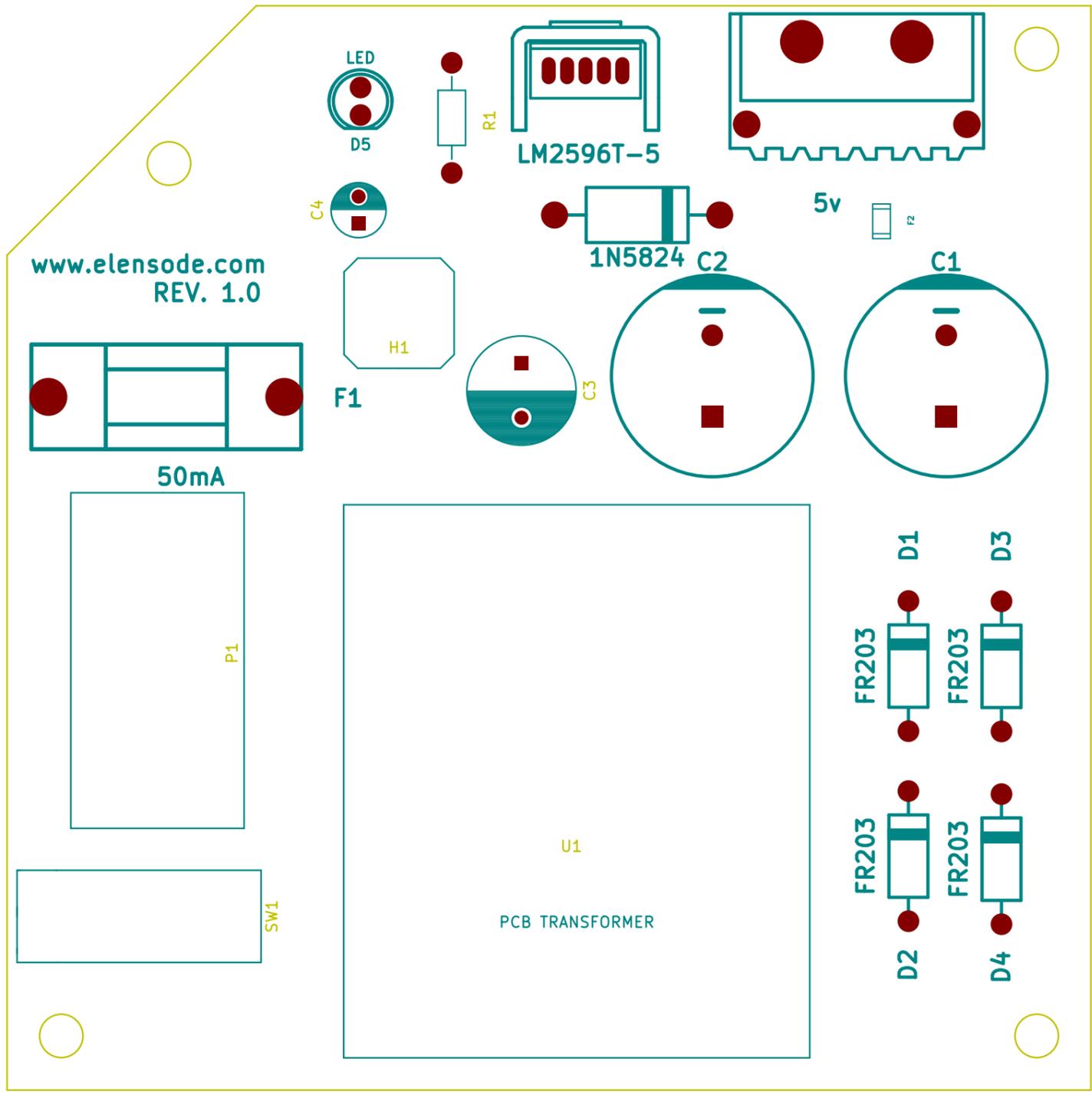


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



A3		Título Fuente de alimentación 5v	Descripción Mascara de soldadura trasera
Escala 2:1	Fecha 2/06/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 22

H G F E D C B A



www.elensode.com
REV. 1.0

50mA

U1
PCB TRANSFORMER

LM2596T-5

C2
1N5824

5v

C1

D1

FR203

D2

FR203

D3

FR203

D4

FR203

LED

D5

R1

C4

H1

F1

U1

D1

FR203

D2

FR203

D3

FR203

D4

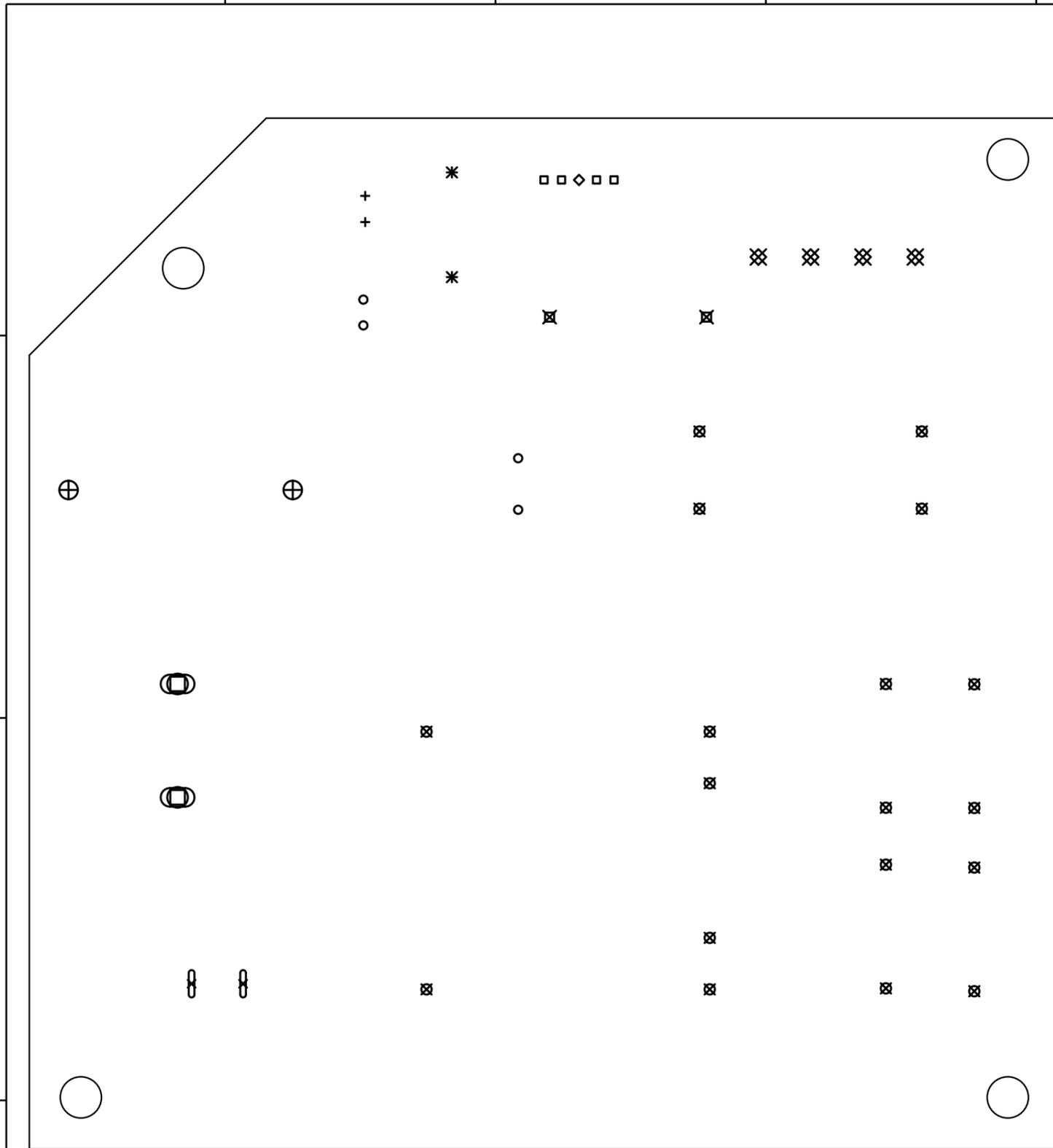
FR203



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



A3		Título Fuente de alimentación 5v		Descripción Serigrafía frontal	
Escala 2:1	Fecha 2/06/2017	Autor Vicente Ramón Roca Cantin			Plano 24



Marca	Medida	Cantidad
×	0.75 mm	2 Slots
○	0.80 mm	4 perforaciones
+	0.80 mm	2 perforaciones
□	1.00 mm	4 perforaciones
◇	1.00 mm	1 perforaciones
⊠	1.00 mm	18 perforaciones
*	1.00 mm	2 perforaciones
⊠	1.25 mm	2 perforaciones
⊠	1.52 mm	4 perforaciones
⊕	1.80 mm	2 perforaciones
○	2.00 mm	2 Slots

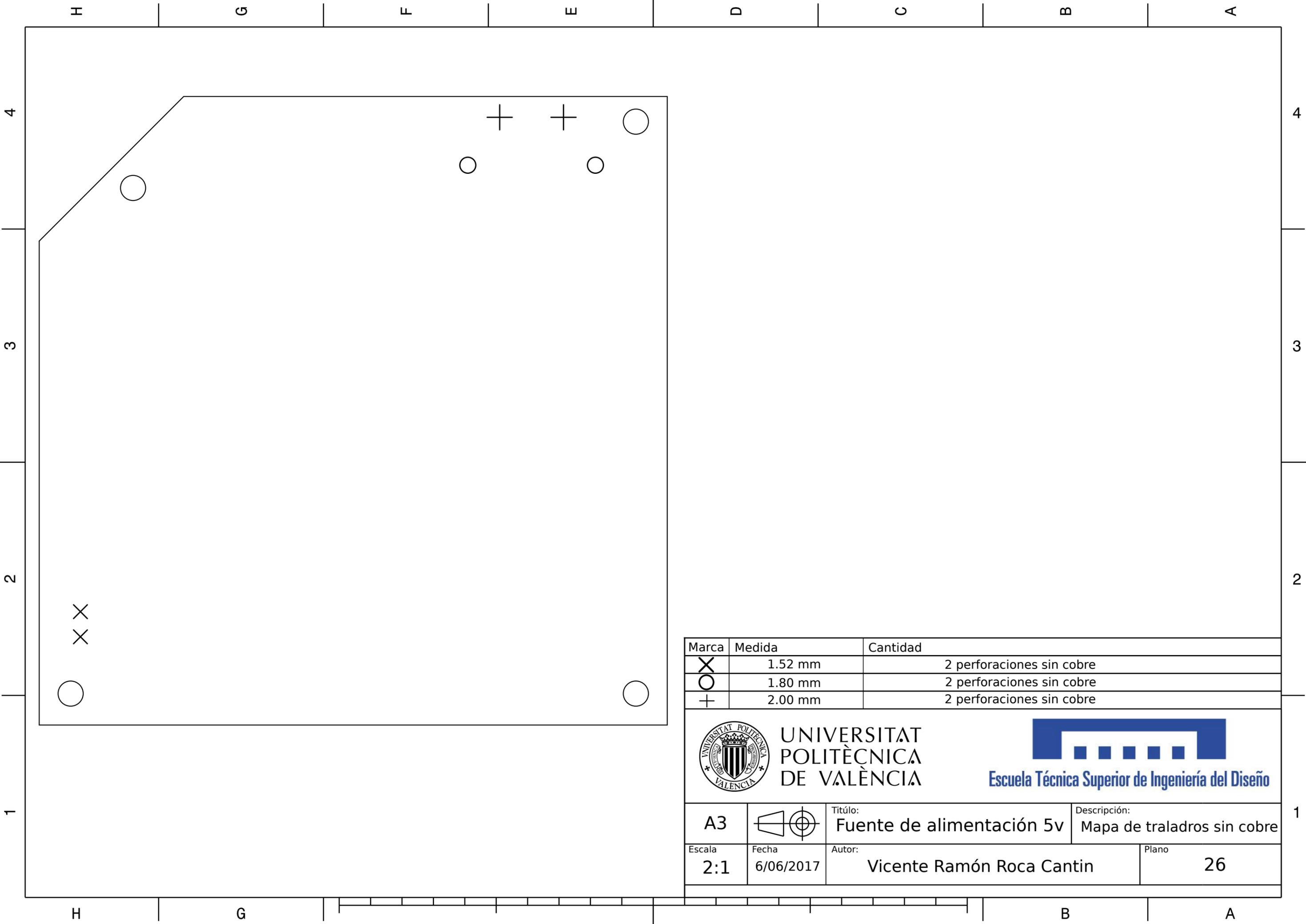


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Fuente de alimentación 5v	Descripción: Mapa de traladros
Escala 2:1	Fecha 6/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 25



Marca	Medida	Cantidad
X	1.52 mm	2 perforaciones sin cobre
○	1.80 mm	2 perforaciones sin cobre
+	2.00 mm	2 perforaciones sin cobre

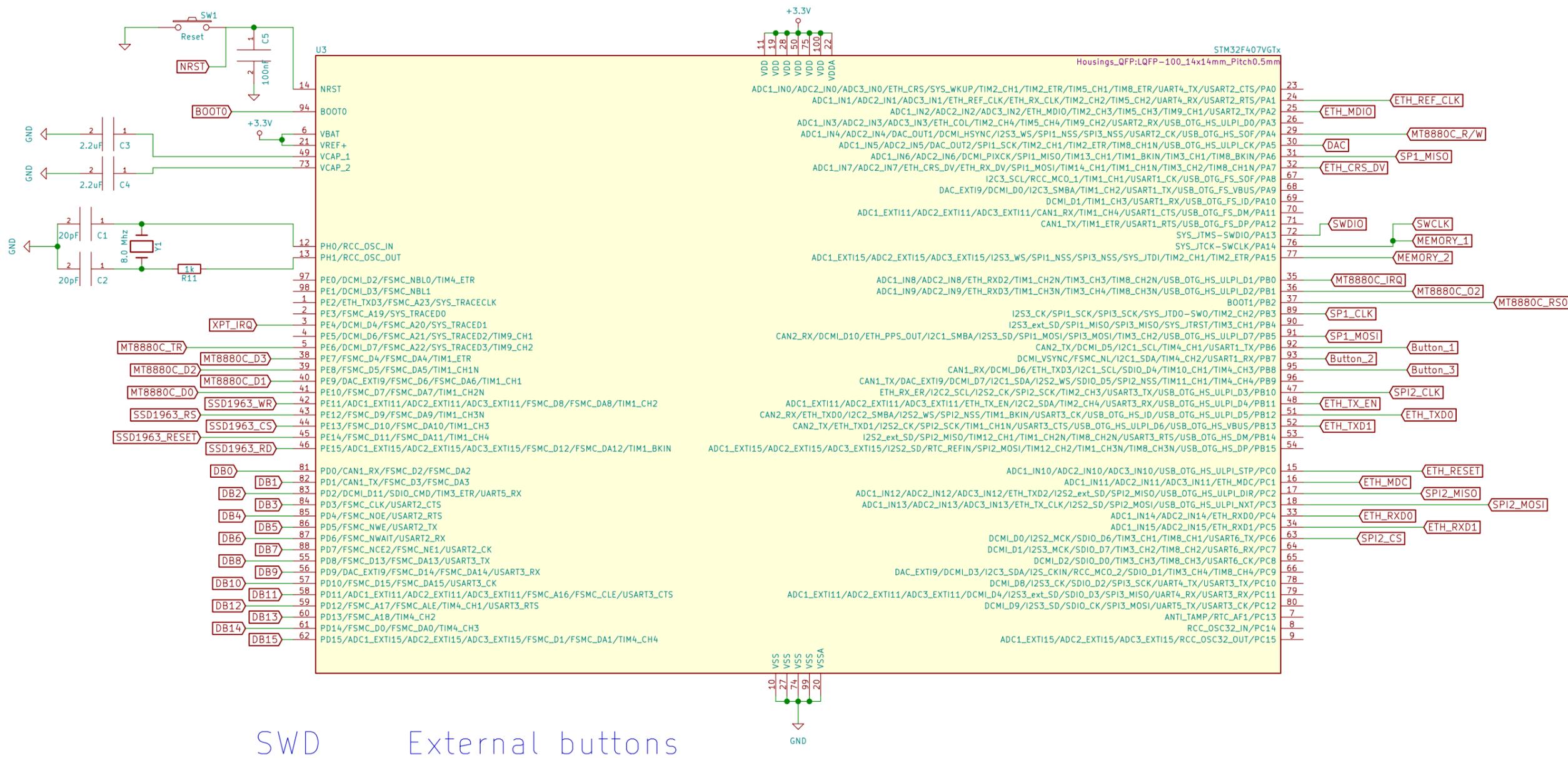


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



A3		Título: Fuente de alimentación 5v	Descripción: Mapa de traladros sin cobre
Escala 2:1	Fecha 6/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 26

STM32F407VGT





UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Esquemático
Escala: 1:1	Fecha: 19/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano: 27

4

4

3

3

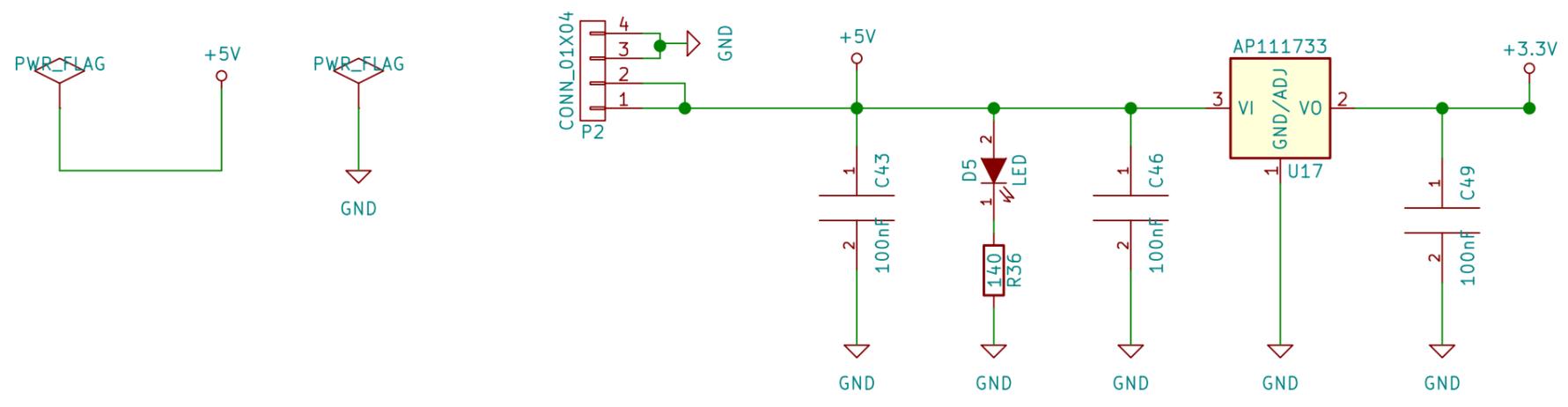
2

2

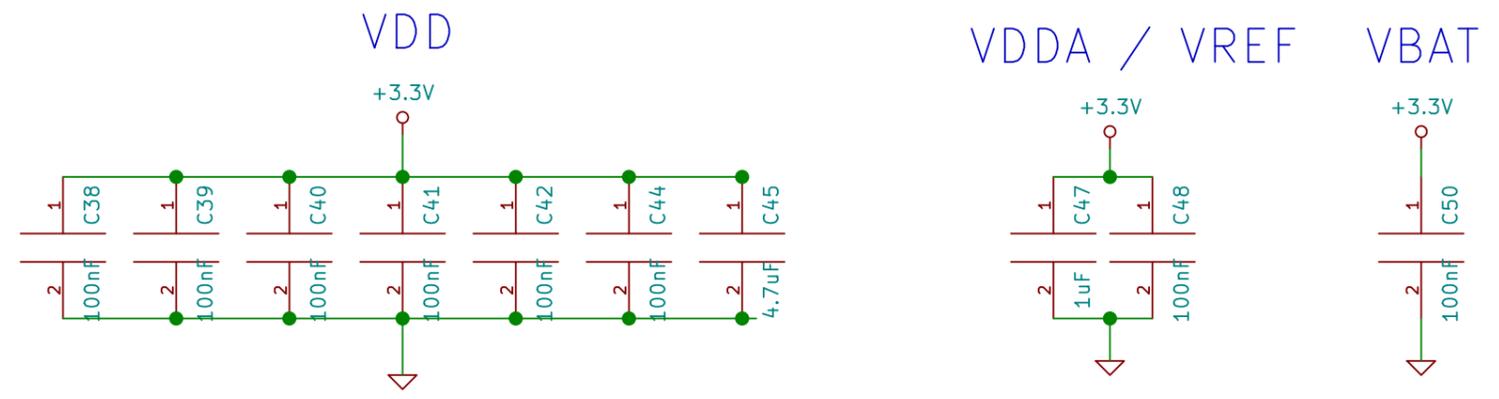
1

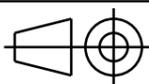
1

Main power supply

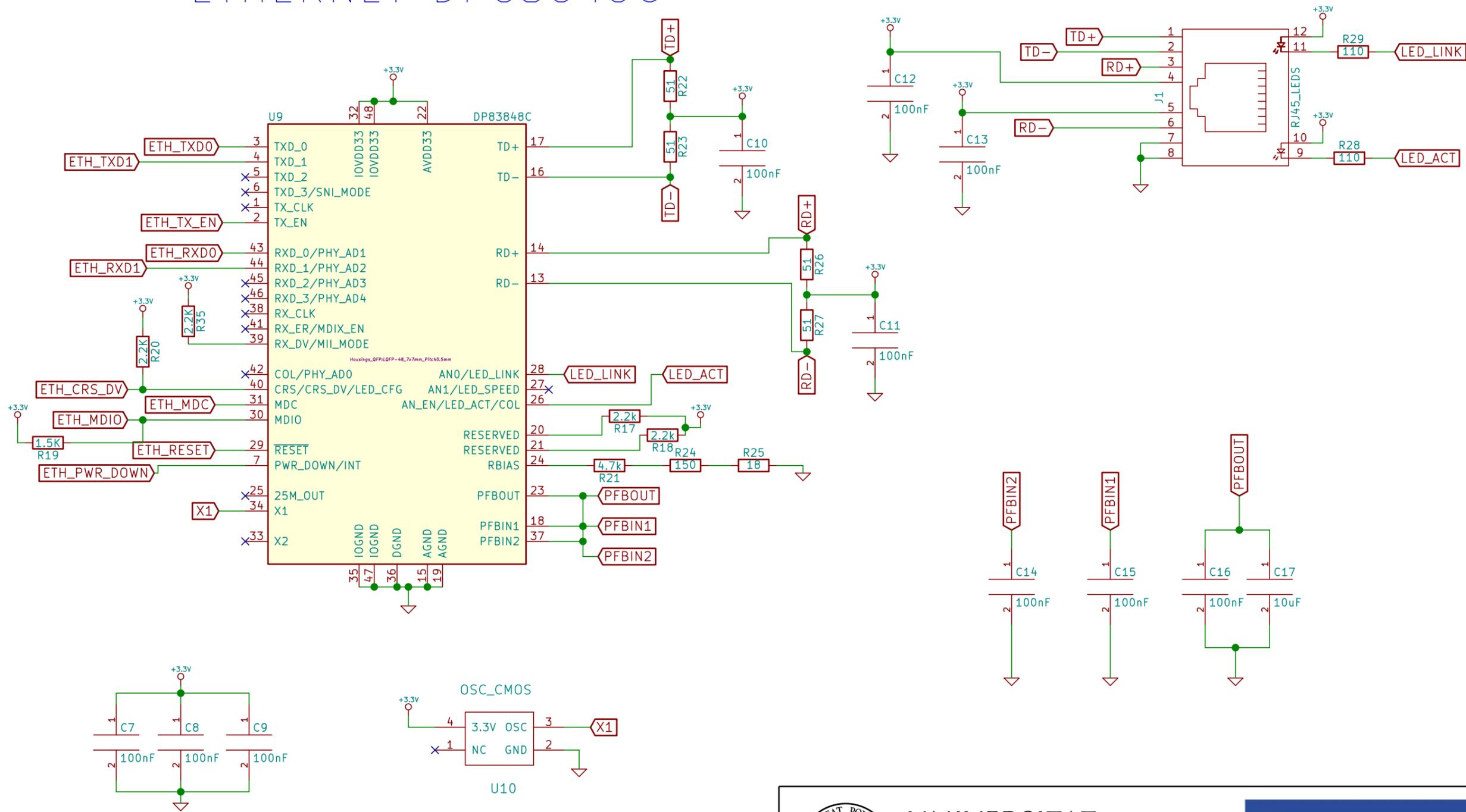


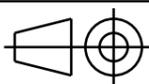
Decoupler capacitors STM32F407VGT

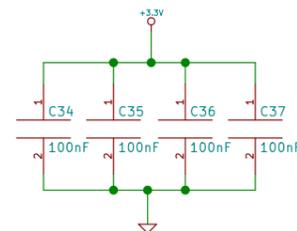
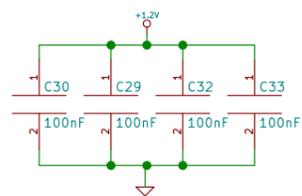


 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Esquemático
Escala 1:1	Fecha 26/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 28

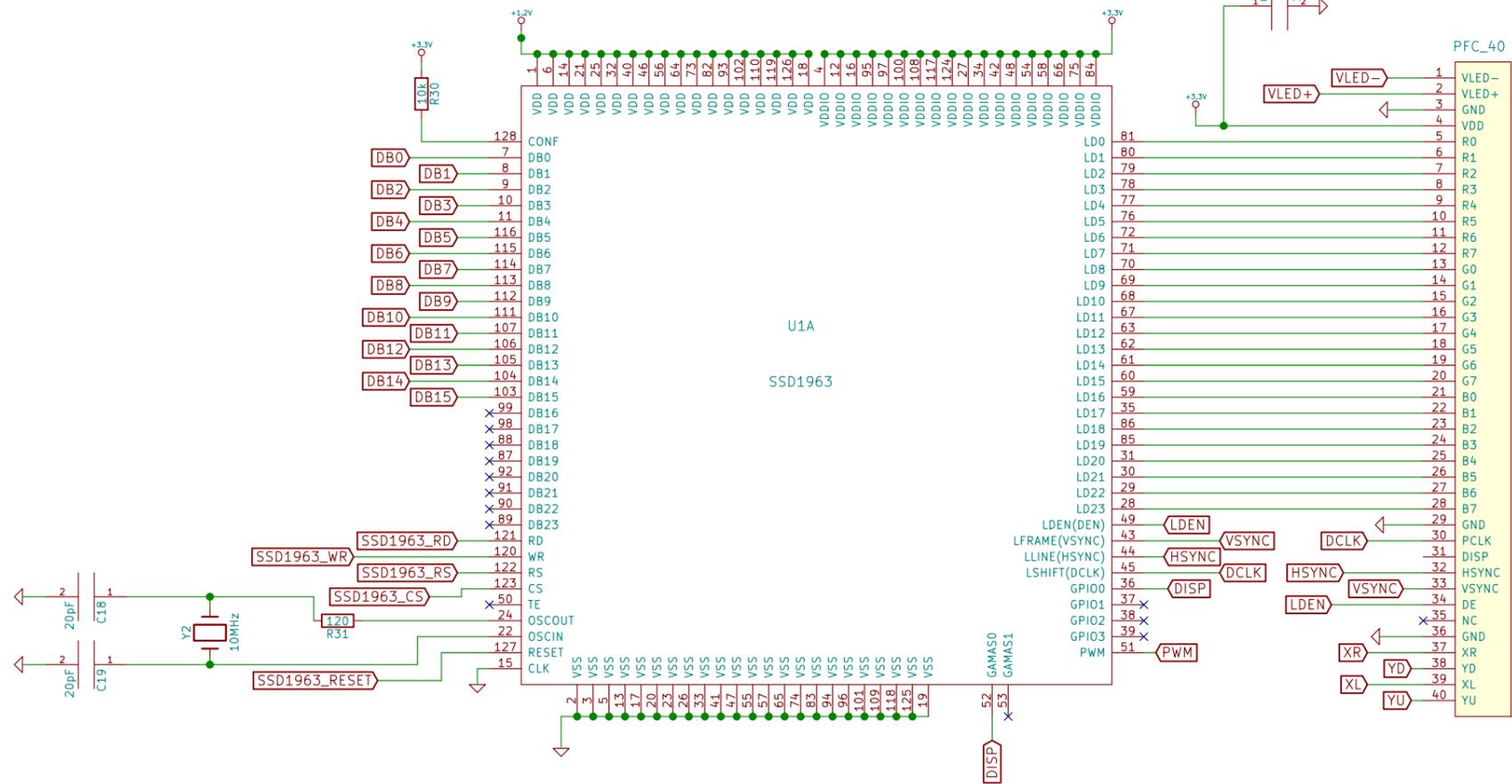
ETHERNET DP83848C



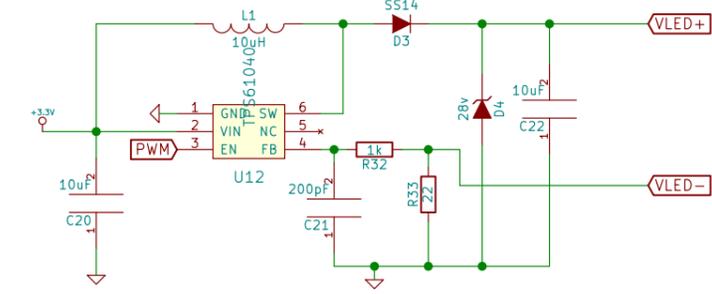
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Esquemático
Escala: 1:1	Fecha: 26/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano: 29



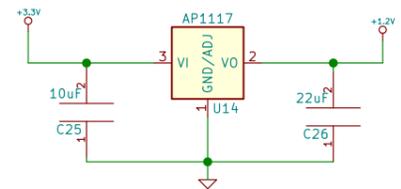
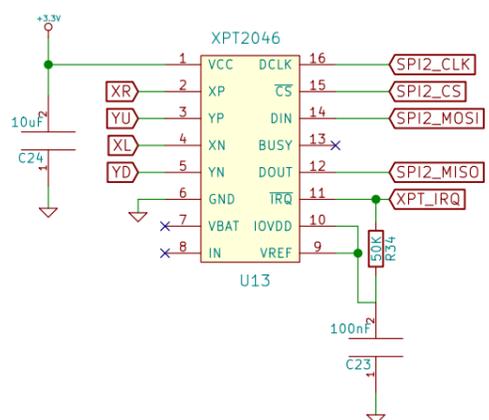
SSD1963



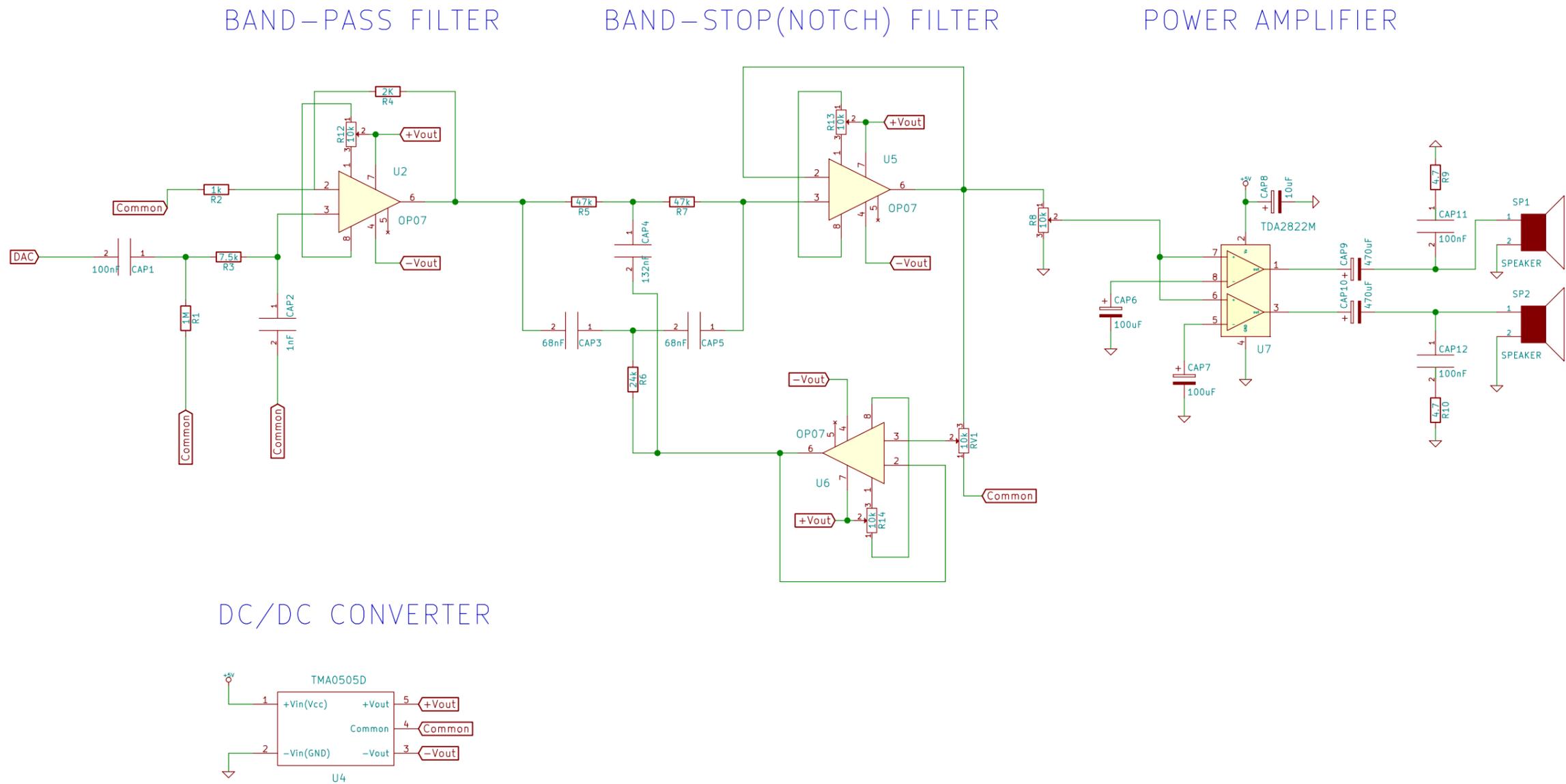
BLACKLIGHT



XPT2046



		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño		
				A3
Escala 1:1	Fecha 26/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin		Plano 30



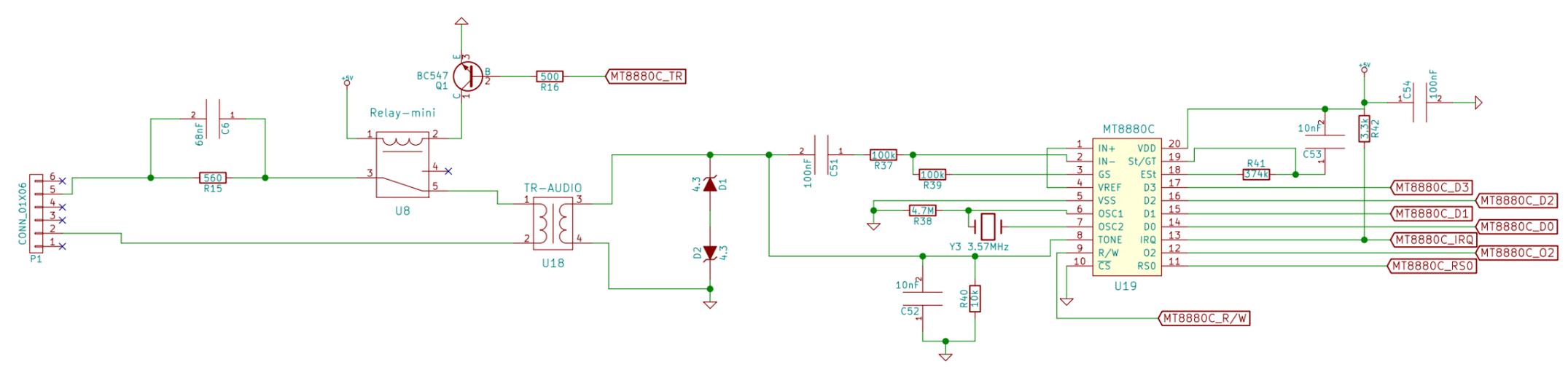
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



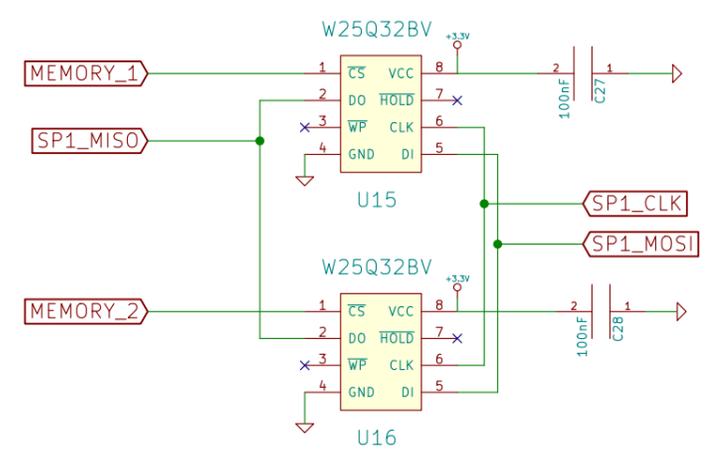
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

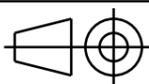
A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Esquemático
Escala 1:1	Fecha 26/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 31

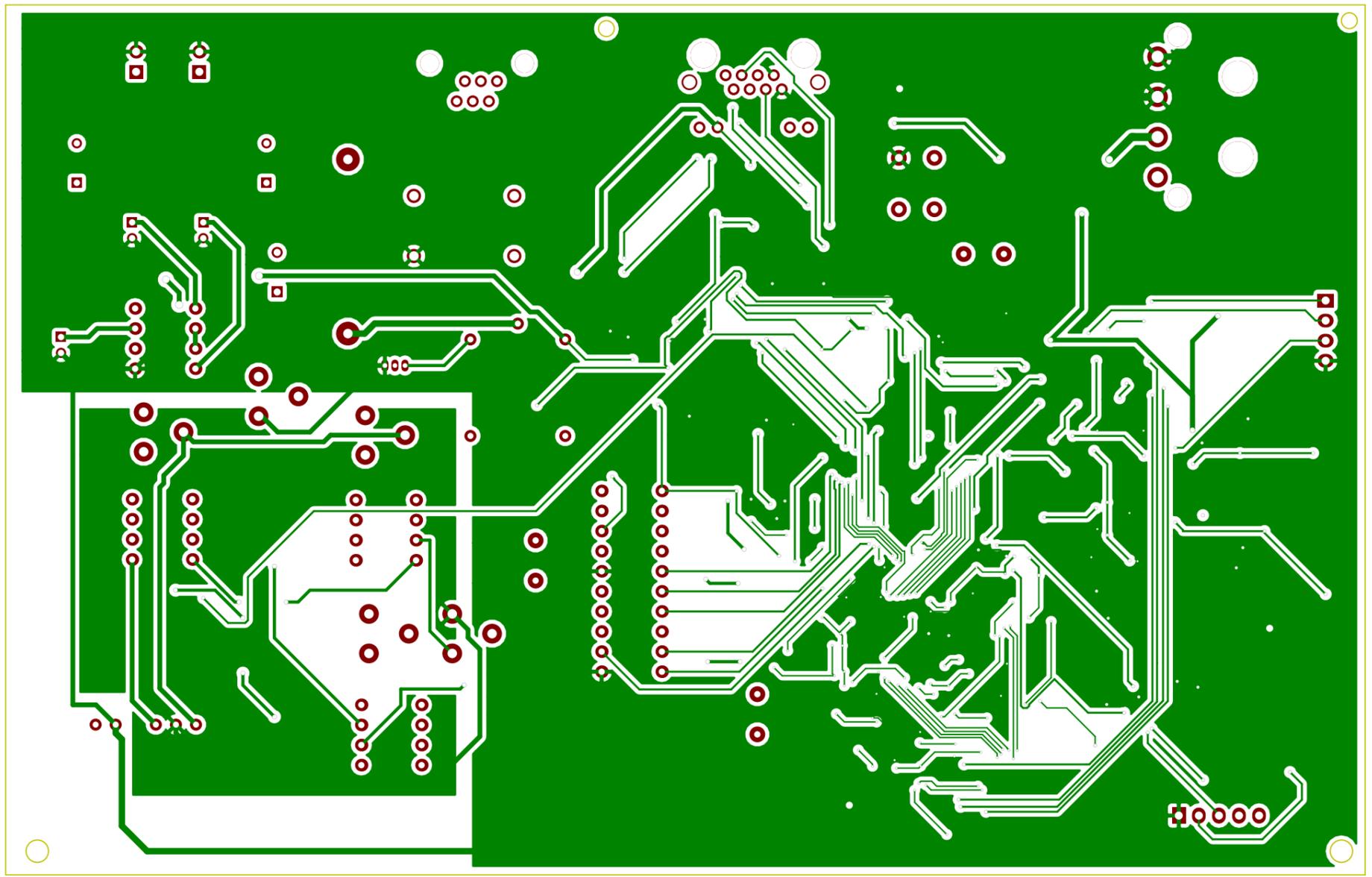
DTFM MT8880C



SPI MEMORY W25Q32BV



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Esquemático
Escala 1:1	Fecha 26/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 32



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Capa de cobre trasera
Escala 1.5:1	Fecha 28/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 33

H G F E D C B A

4

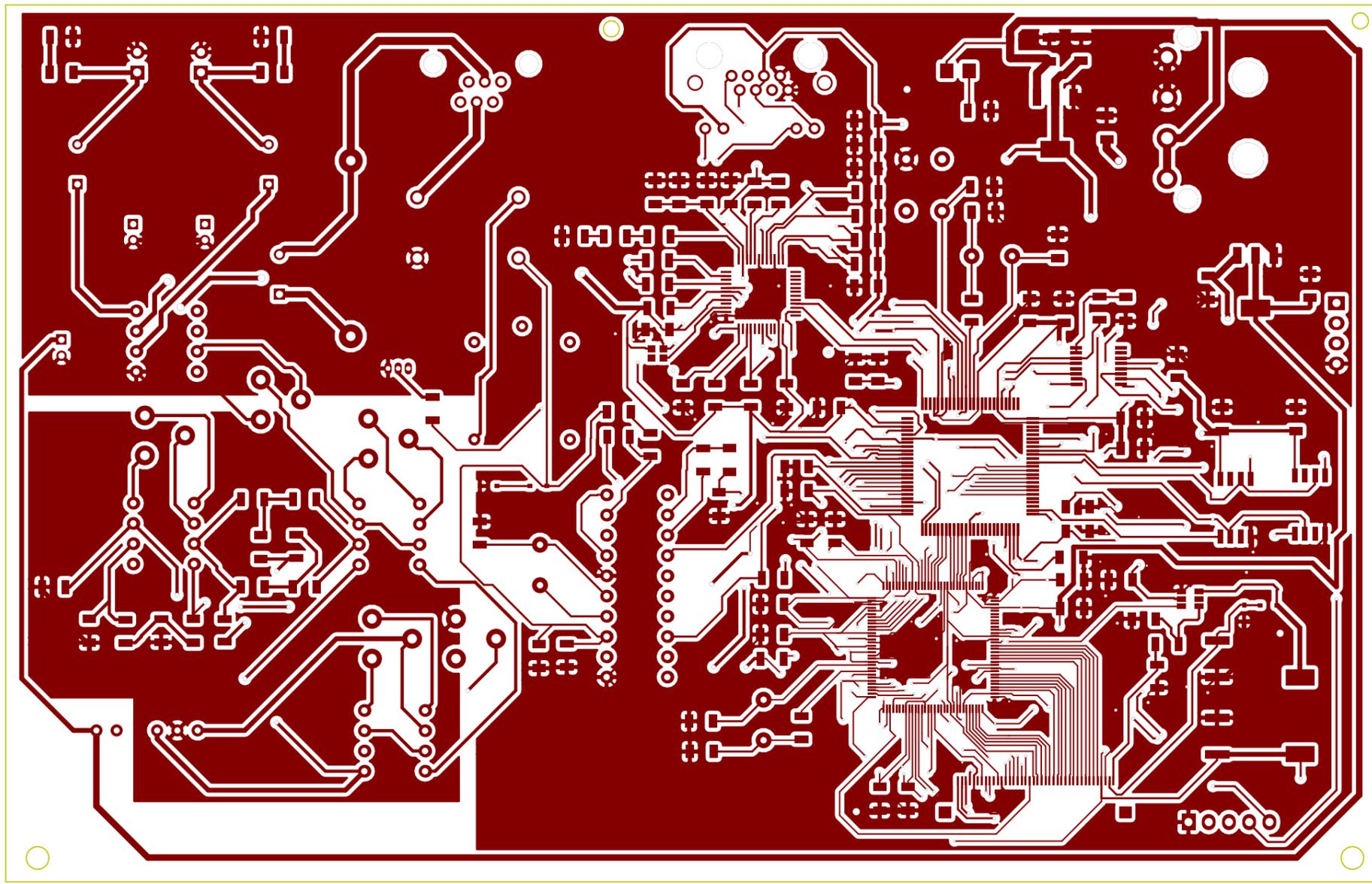
4

3

3

2

2



1

1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Capa de cobre frontal
Escala 1.5:1	Fecha 28/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 34

H G F E D C B A

H G F E D C B A

4

4

3

3

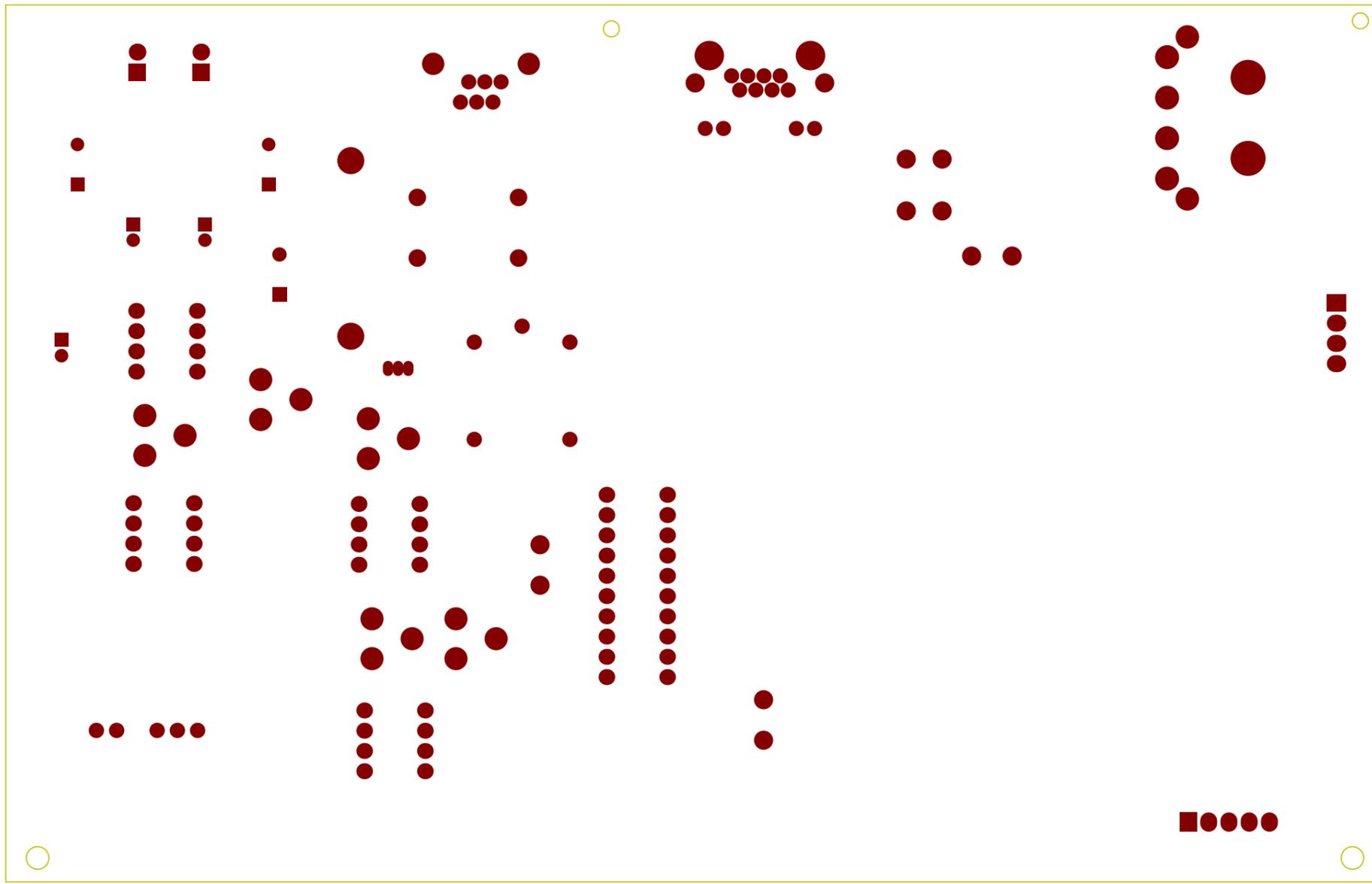
2

2

1

1

H G B A



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Mascara de soldadura trasera
Escala 1.5:1	Fecha 28/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 35

H G F E D C B A

4

4

3

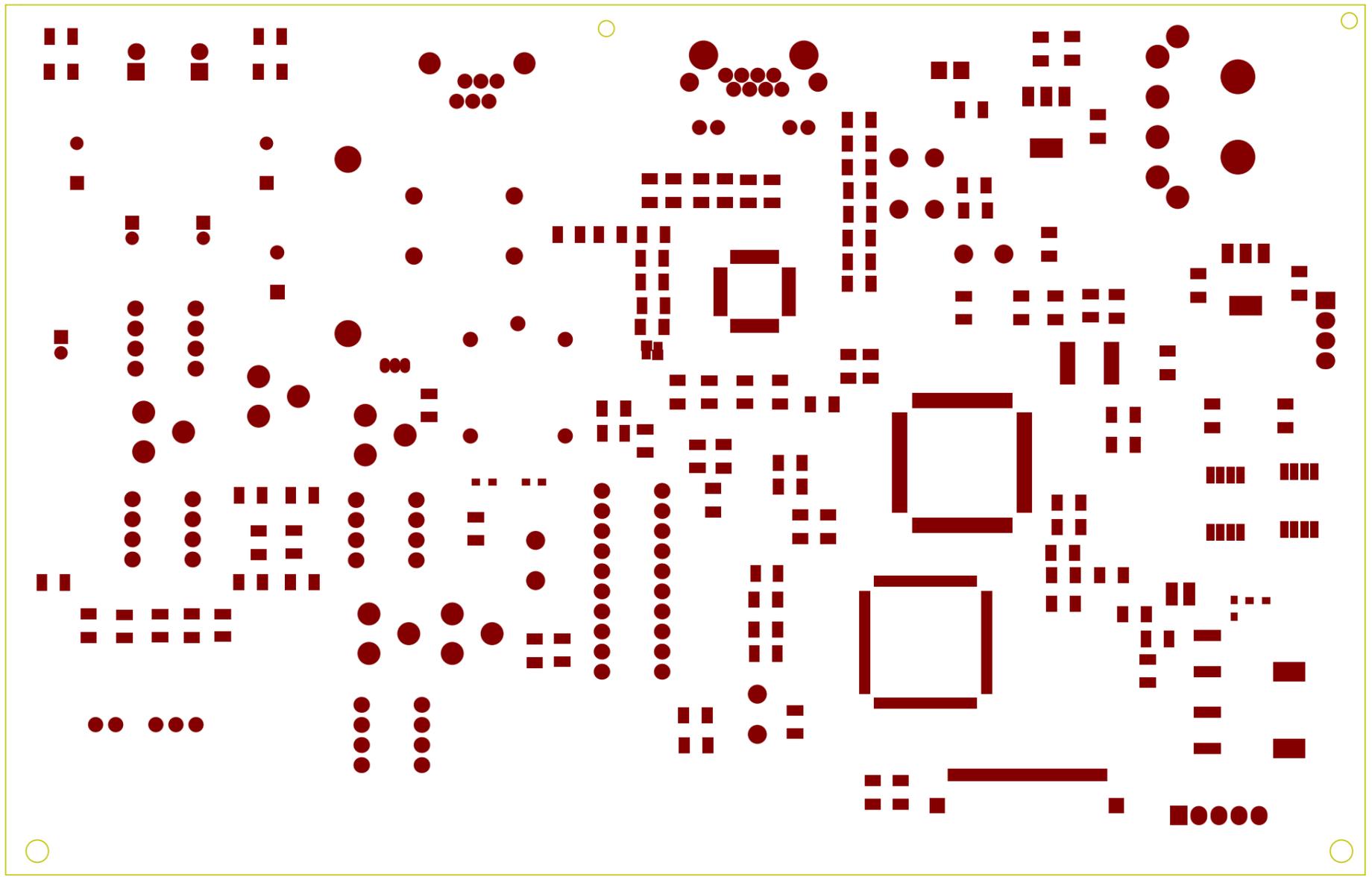
3

2

2

1

1



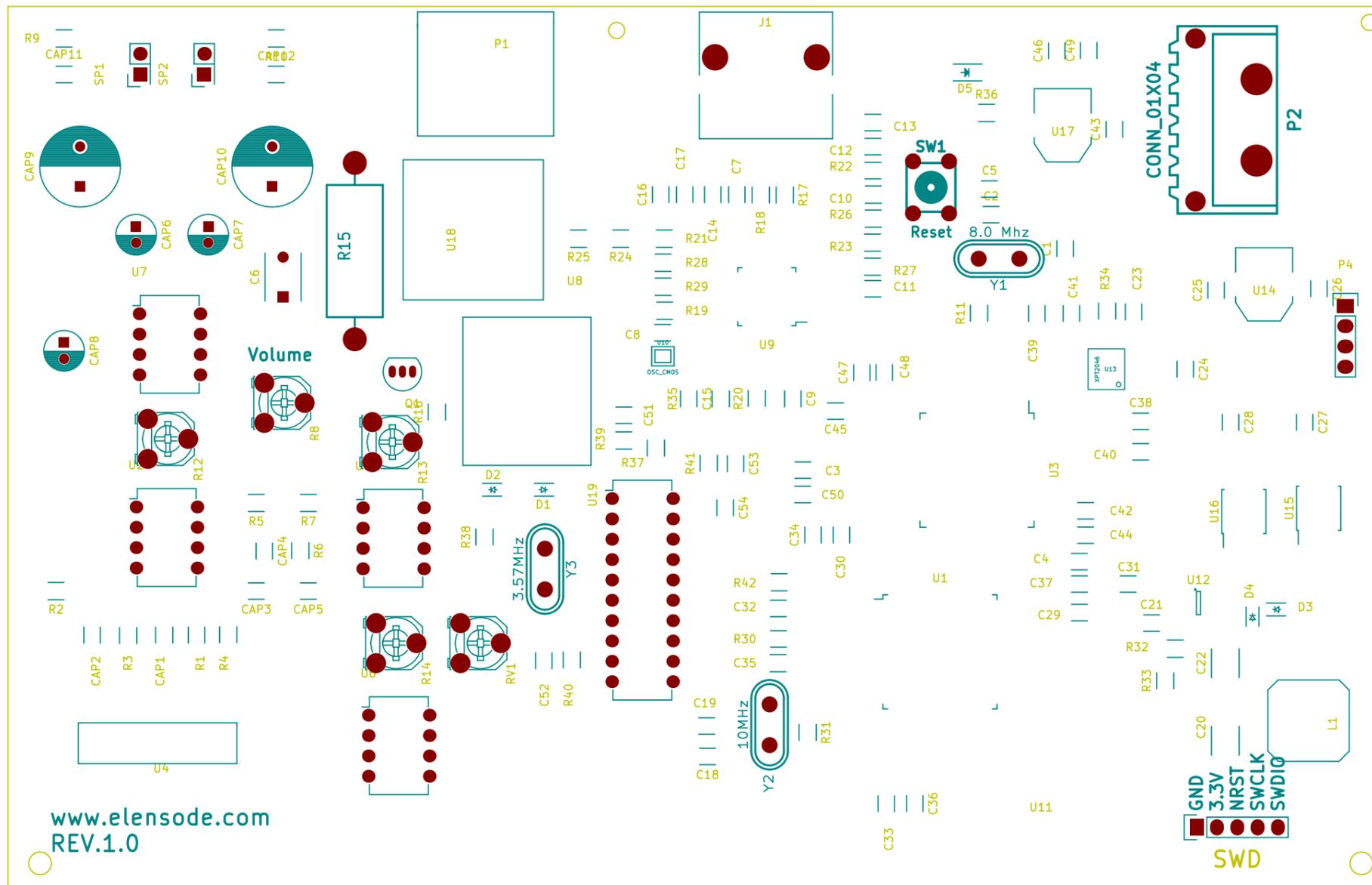
H G B A



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Mascara de soldadura frontal
Escala 1.5:1	Fecha 28/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 36

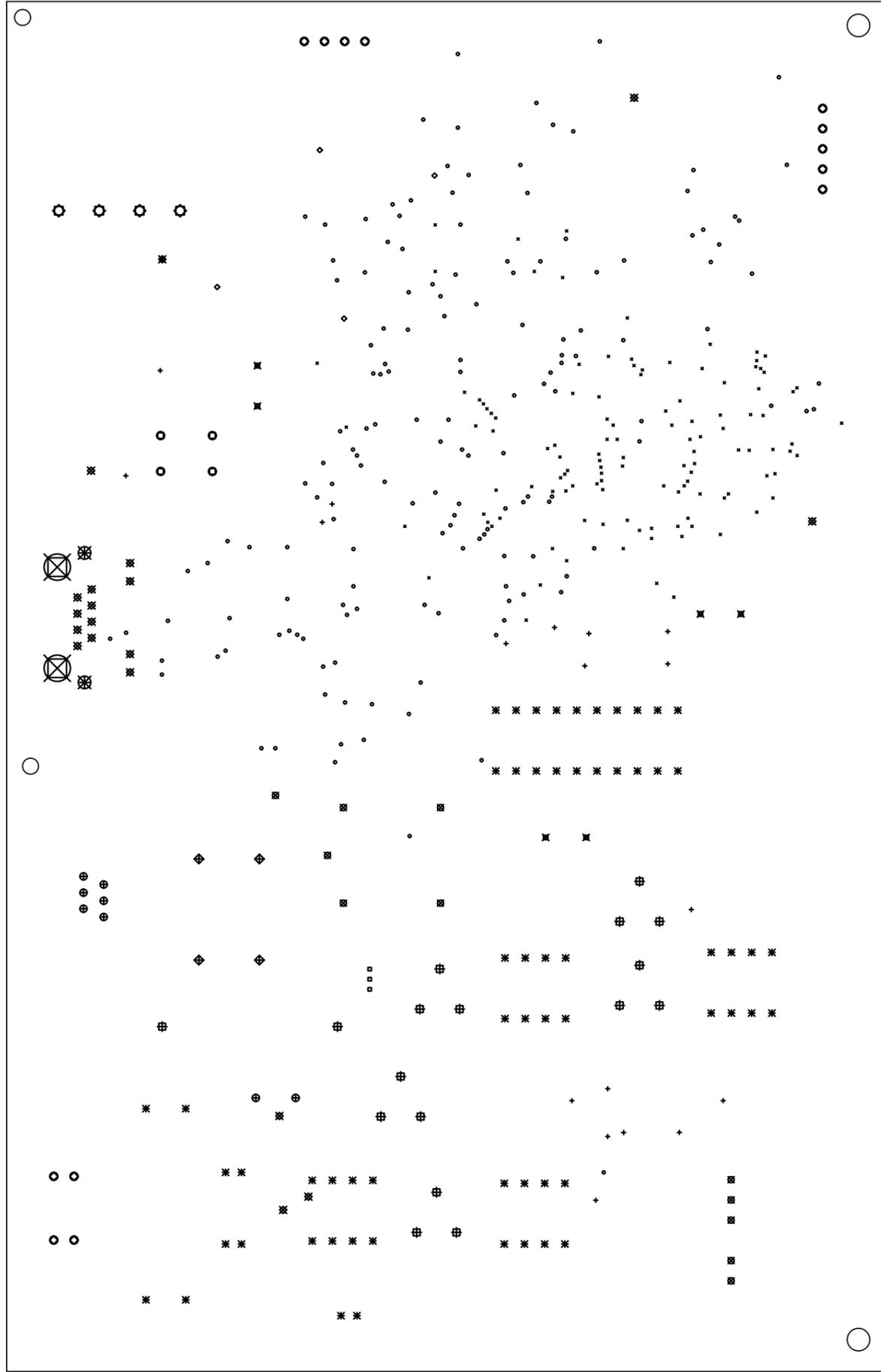


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Serigrafía frontal
Escala 1.5:1	Fecha 28/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 37



Marca	Medida	Cantidad
·	0.25 mm	118 perforaciones
•	0.38 mm	157 perforaciones
+	0.51 mm	19 perforaciones
▪	0.60 mm	3 perforaciones
◊	0.64 mm	4 perforaciones
■	0.76 mm	11 perforaciones
*	0.80 mm	62 perforaciones
×	0.80 mm	6 perforaciones
*	0.89 mm	19 perforaciones
•	0.90 mm	8 perforaciones
◊	1.00 mm	4 perforaciones
◊	1.02 mm	13 perforaciones
⊕	1.20 mm	17 perforaciones
◆	1.20 mm	4 perforaciones
◊	1.52 mm	4 perforaciones
⊕	1.57 mm	2 perforaciones
⊗	3.30 mm	2 perforaciones



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Mapa de traladros
Escala 1.5:1	Fecha 28/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 38

H G F E D C B A

4

3

2

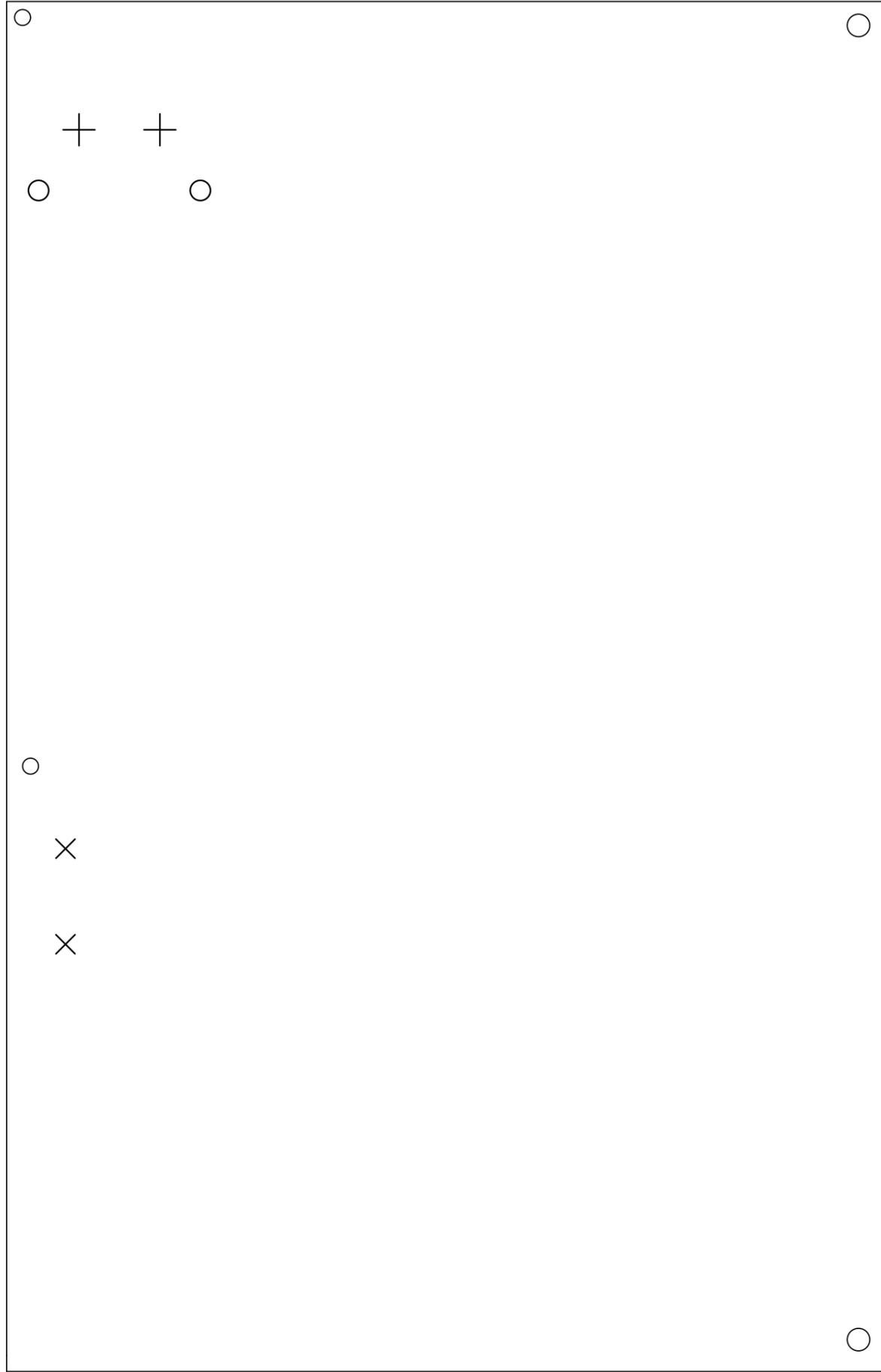
1

4

3

2

1



Marca	Medida	Cantidad
×	2.40 mm	2 perforaciones sin cobre
○	2.54 mm	2 perforaciones sin cobre
+	4.00 mm	2 perforaciones sin cobre



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A3		Título: Sistema de asistencia al mayor	Descripción: Mapa de traladros sin cobre
Escala 1.5:1	Fecha 28/06/2017	Autor: Vicente Ramón Roca Cantin	Plano 39

H G F E D C B A



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Grado en ingeniería electrónica industrial y automática

TRABAJO FIN DE GRADO

Sistema de asistencia al mayor basado en
microcontrolador ARM CORTEX

Documentos

3.Manual

Autor:

Vicente Ramón Roca Cantin

Profesor tutor:

Carlos Pascual Dominguez Montagud

Valencia, julio de 2017

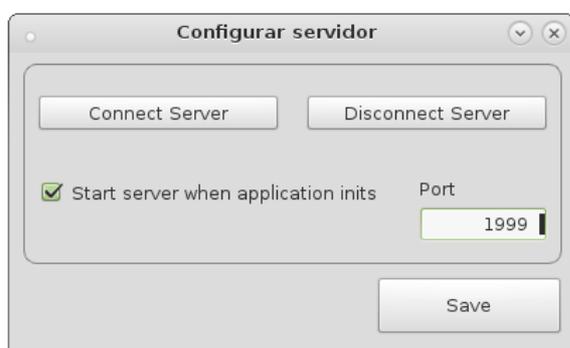
Índice	Página
1. S.A.M Server	3
1.1 Establecer configuración inicial	3
1.2 Ventana Principal	3
1.3 Dar de alta o eliminar un cliente	4
1.4 Buscar un cliente	5
1.5 Atender una emergencia	6
2. Sistema de asistencia al mayor (S.A.M)	7
2.1 Encendido	7
2.2 Ajustes	7
2.3 Pizarra	7
2.4 Notas	7
2.5 Archivo	7

1. S.A.M Server

El presente manual de usuario está destinado a los usuarios de programa informático S.A.M Server en los siguientes apartados se comentará desde cómo establecer su configuración inicial, dar de alta un cliente y atender una emergencia.

1.1 Establecer configuración inicial

Una vez ejecutado el programa nos dirigiremos a la barra superior y pulsaremos con el botón izquierdo del ratón en la opción Tools → Configure server figura 1.



En el formulario podemos configurar el puerto de escucha del servidor, también podemos iniciarlo y detenerlo.

Además tenemos una opción de chequeo para que el servidor arranque automáticamente al iniciar la aplicación.

Figura 1: Configurar servidor

Una vez hayamos configurado el servidor pulsaremos sobre el botón Save para que los datos queden almacenados en la base de datos.

1.2 Ventana principal

En la ventana principal existen cuatro paneles informativos, los cuales advierten al usuario del estado de los clientes. El panel Clients unconnected muestra un listado de los clientes que en el día de hoy no se han conectado al servidor para esto puede deberse a un estado erróneo de la unidad S.A.M del cliente por lo que puede ser necesario atender este panel.

El panel History of daily clients connected muestra el listado de clientes conectados en el día actual, este panel es meramente informativo sobre la carga del servidor.

El panel de Connection message log nos muestra un log de mensajes enviados por los clientes y por ultimo el panel Emergencies es en el que se muestran las emergencias y los clientes que han solicitado estas.

1.3 Dar de alta o eliminar un cliente

Para dar de alta o eliminar un nuevo cliente pulsaremos con el boton izquierdo del ratón sobre la opción Clients → File, automáticamente se nos abrirá el editor de clientes, en el cual podemos introducir los datos principales del cliente en la primera pestaña, en la segunda podremos introducir los contactos de este mismo y en la tercera pestaña podemos introducir a modo informativo un resumen de la historia médica del cliente figura 2.

Utilizando el botón de New podemos introducir un nuevo cliente, si estuviéramos consultando los datos de un cliente existente estos se ocultarían para dejar las casillas listas para la introducción de un nuevo cliente, una vez terminásemos de introducir los datos pulsaríamos sobre el botón Save para almacenarlo.

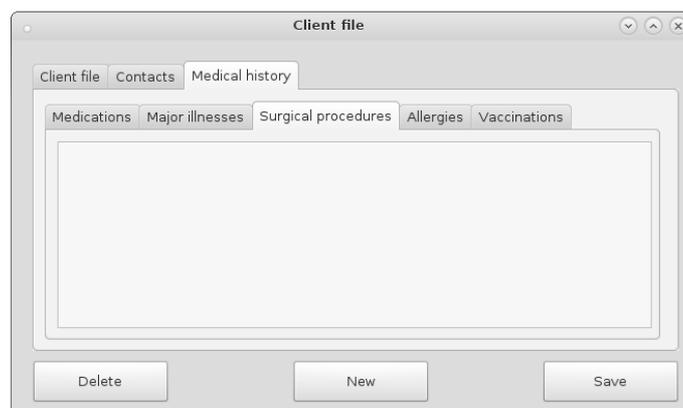
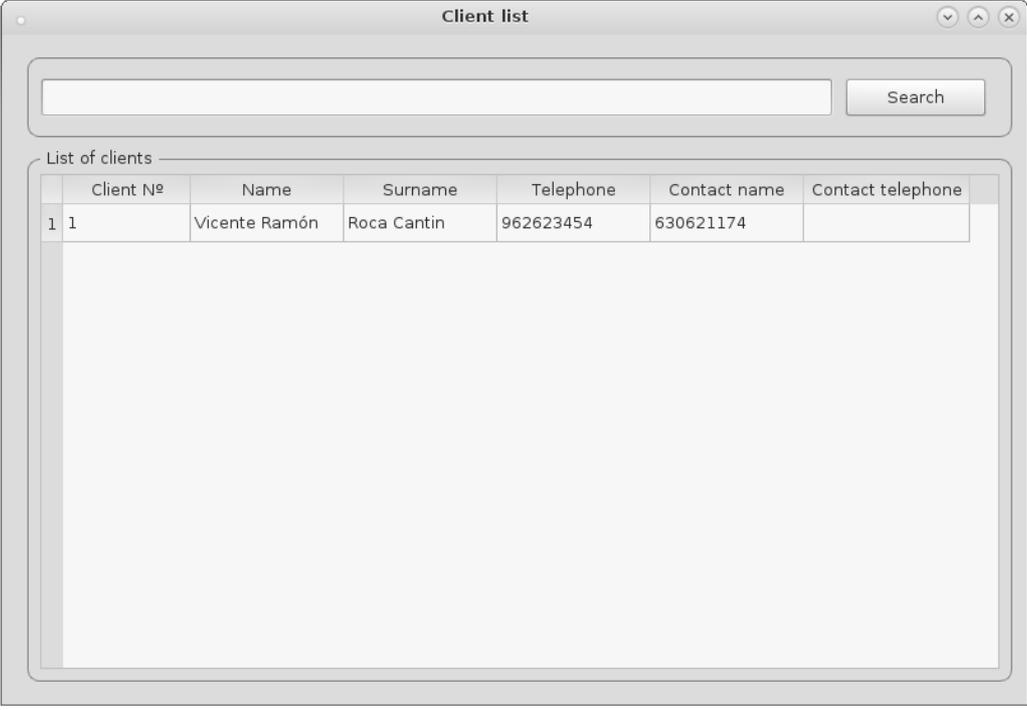


Figura 2: Ventana de historia medica de cliente

Pulsando sobre el botón de Delete eliminaríamos el cliente que estuviésemos consultando en ese mismo instante, en el siguiente punto se explica como consultar los datos de un cliente que ya esta dado de alta.

1.4 Buscar un cliente

Para consultar la información de un cliente que se encuentra dado de alta en el sistema nos dirigiremos a Clients → Client_List, de esta forma accederemos al listado de clientes figura 3.



The screenshot shows a window titled "Client list" with a search bar at the top and a table below. The search bar contains the text "Search". The table has the following columns: Client Nº, Name, Surname, Telephone, Contact name, and Contact telephone. The first row contains the following data: 1, 1, Vicente Ramón, Roca Cantin, 962623454, 630621174.

Client Nº	Name	Surname	Telephone	Contact name	Contact telephone
1	1	Vicente Ramón	Roca Cantin	962623454	630621174

Figura 3: Listado de clientes

Una vez estemos en el listado de clientes podemos buscar en la lista de clientes bien sea con la herramienta de búsqueda que se encuentra en la parte superior de la ventana o bien buscándolo entre la lista, una vez hayamos localizado al cliente bastara con que realizamos un doble click con el ratón sobre el para que se nos abra el editor de clientes con todos sus datos cargados en pantalla.

1.5 Atender una emergencia

En el panel izquierdo superior de la ventana principal aparecerán los avisos de emergencias de clientes a la vez que suena una sirena a través de los altavoces del ordenador, en ella se informa del teléfono del cliente y de su nombre, si requiere ampliar la información de este bastará con realizar doble clic sobre este y automáticamente aparecerá la ventana de clientes con todos los datos del cliente cargados para poder consultarlos.

2. Sistema de asistencia al mayor (S.A.M)

El siguiente manual de usuario pretende informar al usuario de como realizar un correcto uso del dispositivo S.A.M para ello se le guiara en los siguientes apartados sobre como debe realizar el uso de este.

2.1 Encendido

Una vez encendido el dispositivo le aparecerá una pantalla inicial en la cual puede seleccionar hasta cuatro opciones principales estas son Archivo,Notas,Ajustes y Pizarra.

2.2 Ajustes

Pulsando sobre el botón de ajustes aparecerán cuatro botones los cuales son para la introducción de los teléfonos de contacto del usuario y además se puede realizar la configuración de hora del sistema.

2.3 Pizarra

Pulsando sobre el botón pizarra este da acceso a dejar notas escritas a mano alzada que quedaran almacenadas en una de las veinte posiciones de memoria. Para eliminar la nota hay que dirigirse al botón archivo.

2.4 Notas

El botón Notas tiene la misma utilidad que el botón pizarra con la salvedad que aquí las notas se han de dejar con el teclado en pantalla. Al igual que ocurre con la pizarra para eliminar una nota hay que dirigirse al Archivo.

2.5 Archivo

Pulsando sobre el botón archivo aparecerán veinte botones que representan las veinte posiciones de memoria, en color naranja significa que esa posición de memoria esta en uso, si se encuentra de color gris esa memoria se encuentra vacía, para eliminar una memoria solo hay que pulsar sobre ella.

2.5 Botones exteriores de emergencia y paro

Exteriormente el dispositivo posee dos pulsadores un rojo y otro verde, pulsando el pulsador rojo da aviso de emergencia ,enviando un mensaje de emergencia a la central y llamando a los contactos. Pulsando el botón verde se detiene el aviso de emergencia.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Grado en ingeniería electrónica industrial y automática

TRABAJO FIN DE GRADO

Sistema de asistencia al mayor basado en
microcontrolador ARM CORTEX

Documentos

4. Presupuesto

Autor:

Vicente Ramón Roca Cantin

Profesor tutor:

Carlos Pascual Dominguez Montagud

Valencia, julio de 2017

Índice	Página
1. Objetivo del presupuesto	3
2. Precios mano de obra y materiales	4
2.1 Mano de obra	4
2.2 Material de laboratorio	4
2.3 Material de fabricación	5
3. Precios unitarios	9
3.1 Materiales y mano de obra	9
3.2 Diseño electrónico	9
3.3 Montaje	9
3.4 Programación	9
4. Precios descompuestos	10
4.1 Materiales y mano de obra	10
4.2 Diseño electrónico	11
4.3 Montaje	12
4.4 Programación	17
5. Presupuesto parcial	19
5.1 Placa de desarrollo XM-4	19
5.2 Grabador de memorias SPI	19
5.3 Fuente de alimentación 5v 2A	19
5.4 Dispositivo S.A.M	19
6. Presupuesto total	20

1.Objetivo del presupuesto

El presente documento tiene como objetivo aportar información detallada de los costes de diseño y fabricación del trabajo fin de de grado “Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX” , el presupuesto se puede diferenciar en tres partes , diseño electrónico,montaje y programación.

Este se ha dividido en cinco apartados , los cuales se detallan en las siguientes paginas.

2. Precios de mano de obra y materiales

En el presente punto se muestran los precios unitarios de materiales y mano de obra.

2.1 Mano de obra

Mano de obra	Precio (€/und)
Hora de trabajo ingeniero	25

2.2 Material de laboratorio

Material	Precio (€/und)
Osciloscopio Rigol DS1052E	419,95
Fuente de alimentación CSI3005X	179,95
Generador de funciones SDG1020	336,45
Placas protoboard	19,95
Multímetro M-980T	128,35
Soldador AYUE INT2702	194,50
Soldador AYUE 908+	125,40
Lente de 25 aumentos	80
Estaño tri-metal 0,1 mm 500g	35,60
ST-Link v2	19,95
Kit componentes pasivos condensadores	29,95
Kit componentes pasivos resistencias	29,95
Kit componentes activos diodos	29,95
Modulo PHY Ethernet	5
Modulo pantalla SSD1963 + XPT2046	19,95
Integrado MT8880C	1
Osciloscopio Rigol DS1052E	419,95
Ordenador portátil HP I3 4GB DDR3	359,95
Software informático	0
Papel 500h	4,50
Corrector	1,25
Bolígrafos	1

2.3 Material de fabricación

Material	Valor	Precio (€/und)
diode_do201	1N48	0,4
CP_18x35.5mm	4700uf	0,3
C_Radial_D10_L13_P5	680uF	0,4
C_Radial_D5_L11_P2.5	220uF	0,4
fuse_holder_CQ-2	50mA	0,50
c_1206	2A	0,3
self_cms_we-tpc_XL	33uH	0,50
JR-201S	220v	1,45
conn_hdd_15-24-4441	5v	0,55
ROCKER_SWITCH	SPST	1,15
TRANS	TRANS 10VA 12v	8,90
to220-5_5771	LM2596T-5	1,10
diode_do15	FR203	0,4
led_5mm_red	LED	0,3
Resistor_Horizontal_RM10mm	180	0,3
PCB	-	9,95
conn_usb_B_mini_smd	USB_OTG	1,1
C_1206	20pF	0,3
C_1206	100nF	0,3
C_1206	10uF	0,3
C_1206	1uF	0,3
LED_1206	LED	0,3
c_0805	1 A	0,3
Pin_Header_Straight_1x07	CONN_01X07	0,20
Pin_Header_Straight_1x05	CONN_01X05	0,20
R_1206	1k	0,3
R_1206	140	0,3
R_1206	56	0,3
PCB_PUSH	RESET	0,20

Universidad Politécnica de Valencia - Escuela técnica superior de ingeniería del diseño
TFG – Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX

LQFP-48_7x7mm_Pitch0.5mm	STM32F103C8Tx	2,30
SOT-223	AP111733	1,10
crystal_hc-49s	8MHz	1,10
PCB	-	5
dc_socket	12v	1
LQFP-100_14x14mm_Pitch0.5mm	STM32F407VGTx	6,70
Pin_Header_Straight_2x25	CONN_02X25	0,20
C_1206	2.2uF	0,3
C_Radial_D5_L11_P2	100uF	0,4
C_1206	4.7uF	0,3
C_1206	1uF	0,3
LED_1206	LED	0,3
c_0805	1 A	0,3
vasch_strip_10x2	CONN_02X10	0,20
R_1206	140	0,3
R_1206	10K	0,3
PCB_PUSH	Reset	0,20
to220_5770	LM7805CT	1,10
R_1206	1k	0,3
PCB	-	5
FPC_40	PFC_40	0,45
R15.5x6	560	0,3
T-AUDIO	TR-AUDIO	2,20
RJHSE538X	RJ45_LEDS	1,50
LQFP-48_7x7mm_Pitch0.5mm	DP83848C	7,5
C_1206	2.2uF	0,3
C_1206	1nF	0,3
C_1206	68nF	0,3
C_1206	132nF	0,3
C_Radial_D5_L11_P2	10uF	0,4
C_Radial_D10_L13_P5	470uF	0,4
R_1206	1M	0,3

Universidad Politécnica de Valencia - Escuela técnica superior de ingeniería del diseño
TFG – Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX

R_1206	1k	0,3
R_1206	7.5k	0,3
R_1206	2K	0,3
R_1206	47k	0,3
R_1206	24k	0,3
R_1206	4.7	0,3
Pin_Header_Straight_2x01	SPEAKER	0,20
LQFP-128_14x14mm_Pitch0.4mm	SSD1963	8,95
DIP-8_W7.62mm	OP07	0,55
TMA0505D	TMA0505D	2,40
DIP-8_W7.62mm	TDA2822M	0.25
Potentiometer_Triwood_RM-065	10k	0,4
C_Disc_D6_P5	68nF	0,4
TO-92_Inline_Narrow_Oval	BC547	0,45
R_1206	500	0,3
C_1206	10uF	0,3
C_1206	200pF	0,3
SOD-323	28v	0,4
R_1206	2.2k	0,3
R_1206	1.5K	0,3
R_1206	2.2K	0,3
R_1206	4.7k	0,3
R_1206	51	0,3
R_1206	150	0,3
R_1206	18	0,3
R_1206	110	0,3
R_1206	10k	0,3
R_1206	120	0,3
R_1206	22	0,3
R_1206	50K	0,3
crystal_fa128	OSC_CMOS	1,2

Universidad Politécnica de Valencia - Escuela técnica superior de ingeniería del diseño
TFG – Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX

SOT-23-6	TPS61040	0,95
SOT-223	AP1117	0,95
SOIJ- 8_5.3x5.3mm_Pitch1.27mm	W25Q32BV	1,25
crystal_hc-49s	10MHz	1,10
SOD-323	SS14	0,35
C_1812	10uF	0,3
C_1206	22uF	0,3
C_1206	4.7uF	0,3
C_1206	1uF	0,3
LED_1206	LED	0,3
conn_hdd_15-24-4441	CONN_01X04	0,20
R_1206	140	0,3
SOT-223	AP111733	1,15
R_1206	100k	0,3
R_1206	4.7M	0,3
R_1206	374k	0,3
R_1206	3.3k	0,3
DIP-20_W7.62mm	MT8880C	1,25
crystal_hc-49s	3.57MHz	1,10
C_1206	10nF	0,3
RJ11	CONN_01X06	0,20
tssop-16	XPT2046	1,45
Relay-mini	Relay-mini	1,10
SOD-323	4.3	0,4
self_cms_we-tpc_XL	10uH	0,65
Pin_Header_Straight_1x05	SWD	0,20
Pin_Header_Straight_1x04	External buttons	0,20
PCB	-	15
FPC_40	PFC_40	0,45

3. Precios unitarios

En el siguientes apartado se muestran los precios unitarios de las unidades de obra.

3.1 Materiales y mano de obra

Unidad de obra	Precio (€)
Materiales del laboratorio	1655,9
Materiales del puesto de trabajo	370,95
Mano de obra	25

3.2 Diseño electrónico

Unidad de obra	Precio (€)
Diseño placa de desarrollo XM-4	1081,06
Diseño fuente de alimentación 5v 2A	540,52
Diseño grabador de memorias SPI	1081,06
Diseño dispositivo S.A.M	5425,62

3.3 Montaje

Unidad de obra	Precio (€)
Montaje fuente de alimentación 5v 2A	82,45
Montaje grabador de memorias SPI	72,55
Montaje placa de desarrollo XM-4	80,15
Montaje dispositivo S.A.M	314,71

3.4 Programación

Unidad de obra	Precio (€)
Programación dispositivo S.A.M	10000
Programación Font creator	2059,35
Programación BMP to Hex	405,93
Programación S.A.M Server	2030,42

4.Precios descompuestos

En el siguiente apartado se muestran los precios descompuestos por unidades de obra, además estos se agrupan en materiales diseño electrónico, montaje y programación.

4.1 Materiales y mano de obra

Unidad de obra 1 (UD1)	Materiales del laboratorio		
Concepto	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Osciloscopio Rigol DS1052E	1	419,95	419,95
Fuente de alimentación CSI3005X	1	179,95	179,95
Generador de funciones SDG1020	1	336,45	336,45
Placas protoboard	3	19,95	19,95
Multímetro M-980T	2	128,35	128,35
Soldador AYUE INT2702	1	194,50	194,50
Soldador AYUE 908+	1	125,40	125,40
Lente de 25 aumentos	1	80	80
Estaño tri-metal 0,1 mm 500g	1	35,60	35,60
ST-Link v2	1	19,95	19,95
Kit componentes pasivos condensadores	1	29,95	29,95
Kit componentes pasivos resistencias	1	29,95	29,95
Kit componentes activos diodos	1	29,95	29,95
Modulo PHY Ethernet	1	5	5
Modulo pantalla SSD1963 + XPT2046	1	19,95	19,95
Integrado MT8880C	1	1	1
Total			1655.9

Unidad de obra 2 (UD2)	Materiales del puesto de trabajo		
Concepto	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Ordenador portátil HP I3 4GB DDR3	1	359,95	359,95
Software informático	1	0	0
Papel 500h	1	4,50	4,50

Corrector	2	1,25	2,5
Bolígrafos	4	1	4
Total			370,95

Unidad de obra 3 (UD3)		Mano de obra	
Concepto	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Hora de trabajo de ingeniero	1	25	25
Total			25

4.2 Diseño electrónico

Unidad de obra 4 (UD4)		Diseño placa de desarrollo XM-4	
Concepto	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3	40	25	1000
UD1	0,04	1655.9	66,23
UD2	0,04	370,95	14,83
Total			1081,06

Unidad de obra 5 (UD5)		Diseño fuente de alimentación 5v 2A	
Concepto	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3	20	25	500
UD1	0,02	1655.9	33.11
UD2	0,02	370,95	7,41
Total			540,52

Unidad de obra 6 (UD6)		Diseño grabador de memorias SPI		
Concepto		Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3		40	25	1000
UD1		0,04	1655.9	66,236
UD2		0,04	370,95	14,83
Total				1081,06

Unidad de obra 7 (UD7)		Diseño dispositivo S.A.M		
Concepto		Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3		200	25	5000
UD1		0,21	1655.9	347,73
UD2		0,21	370,95	77,89
Total				5425,62

4.3 Montaje

Unidad de obra 8 (UD8)		Montaje fuente de alimentación 5v 2A		
Concepto	Valor	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3	-	2	25	50
UD1	-	0,002	1655.9	3,31
UD2	-	0,002	370,95	0,74
diode_do201	1N48	1	0,4	0,40
CP_18x35.5mm	4700uf	2	0,3	0,60
C_Radial_D10_L13_P5	680uF	1	0,4	0,40
C_Radial_D5_L11_P2.5	220uF	1	0,4	0,40
fuse_holder_CQ-2	50mA	1	0,50	0,50
c_1206	2A	1	0,3	0,30
self_cms_we-tpc_XL	33uH	1	0,50	0,50
JR-201S	220v	1	1,45	1,45
conn_hdd_15-24-4441	5v	1	0,55	0,55

Universidad Politécnica de Valencia - Escuela técnica superior de ingeniería del diseño
TFG – Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX

ROCKER_SWITCH	SPST	1	1,15	1,15
TRANS	TRANS 10VA 12v	1	8,90	8,90
to220-5_5771	LM2596T-5	1	1,10	1,10
diode_do15	FR203	4	0,4	1,60
led_5mm_red	LED	1	0,3	0,30
Resistor_Horizontal_RM10mm	180	1	0,3	0,30
PCB	-	1	9,95	9,95
Total				82,45

Unidad de obra 9 (UD9)		Montaje grabador de memorias SPI		
Concepto	Valor	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3	-	2	25	50
UD1	-	0,002	1655.9	3,31
UD2	-	0,002	370,95	0,74
conn_usb_B_mini_smd	USB_OTG	1	1,1	1,10
C_1206	20pF	2	0,3	0,60
C_1206	100nF	9	0,3	2,70
C_1206	10uF	1	0,3	0,30
C_1206	1uF	1	0,3	0,30
LED_1206	LED	4	0,3	1,20
c_0805	1 A	1	0,3	0,30
Pin_Header_Straight_1x07	CONN_01X07	2	0,20	0,40
Pin_Header_Straight_1x05	CONN_01X05	1	0,20	0,40
R_1206	1k	1	0,3	0,30
R_1206	140	1	0,3	0,30
R_1206	56	3	0,3	0,90
PCB_PUSH	RESET	1	0,20	0,20
LQFP-48_7x7mm_Pitch0.5mm	STM32F103C8Tx	1	2,30	2,30
SOT-223	AP111733	1	1,10	1,10
crystal_hc-49s	8MHz	1	1,10	1,10
PCB	-	1	5	5
Total				72,55

Unidad de obra 10 (UD10)		Montaje placa de desarrollo XM-4		
Concepto	Valor	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3	-	2	25	50
UD1	-	0,002	1655.9	3,31
UD2	-	0,002	370,95	0,74
dc_socket	12v	1	1	1
LQFP-100_14x14mm_Pitch0.5mm	STM32F407VGTx	1	6,70	6,70
Pin_Header_Straight_2x25	CONN_02X25	2	0,20	0,40
C_1206	20pF	2	0,3	0,60
C_1206	2.2uF	2	0,3	0,60
C_1206	100nF	13	0,3	3,90
C_Radial_D5_L11_P2	100uF	1	0,4	0,40
C_1206	4.7uF	1	0,3	0,30
C_1206	1uF	1	0,3	0,30
LED_1206	LED	1	0,3	0,30
c_0805	1 A	1	0,3	0,30
vasch_strip_10x2	CONN_02X10	1	0,20	0,20
conn_usb_B_mini_smd	USB_OTG	1	1,1	1,10
R_1206	140	1	0,3	0,30
R_1206	10K	3	0,3	0,90
PCB_PUSH	Reset	1	0,2	0,2
to220_5770	LM7805CT	1	1,10	1,10
SOT-223	AP111733	1	1,10	1,10
crystal_hc-49s	8.0 Mhz	1	1,10	1,25
R_1206	1k	1	0,3	0,30
PCB	-	1	5	5
			Total	80,15

Unidad de obra 11 (UD11)		Montaje dispositivo S.A.M		
Concepto	Valor	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)

Universidad Politécnica de Valencia - Escuela técnica superior de ingeniería del diseño
TFG – Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX

UD3	-	8	25	200
UD1	-	0,008	1655.9	13,24
UD2	-	0,008	370,95	2,97
FPC_40	PFC_40	1	0,45	0,45
R15.5x6	560	1	0,3	0,30
T-AUDIO	TR-AUDIO	1	2,20	2,20
RJHSE538X	RJ45_LEDS	1	1,50	1,50
LQFP-48_7x7mm_Pitch0.5mm	DP83848C	1	7,5	7,50
C_1206	20pF	4	0,3	1,20
C_1206	2.2uF	2	0,3	0,60
C_1206	100nF	38	0,3	11,40
C_1206	1nF	1	0,3	0,30
C_1206	68nF	2	0,3	0,60
C_1206	132nF	1	0,3	0,30
C_Radial_D5_L11_P2	100uF	2	0,4	0,80
C_Radial_D5_L11_P2	10uF	1	0,4	0,40
C_Radial_D10_L13_P5	470uF	2	0,4	0,80
R_1206	1M	1	0,3	0,30
R_1206	1k	3	0,3	0,90
R_1206	7.5k	1	0,3	0,30
R_1206	2K	1	0,3	0,30
R_1206	47k	2	0,3	0,60
R_1206	24k	1	0,3	0,30
R_1206	4.7	2	0,3	0,60
Pin_Header_Straight_2x01	SPEAKER	2	0,20	0,40
PCB_PUSH	Reset	1	0,20	0,20
LQFP-128_14x14mm_Pitch0.4mm	SSD1963	1	8,95	8,95
DIP-8_W7.62mm	OP07	3	0,55	1,65
LQFP-100_14x14mm_Pitch0.5mm	STM32F407VGTx	1	6,70	6,70
TMA0505D	TMA0505D	1	2,40	2,40
DIP-8_W7.62mm	TDA2822M	1	0.25	0,25

Universidad Politécnica de Valencia - Escuela técnica superior de ingeniería del diseño
TFG – Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX

crystal_hc-49s	8.0 Mhz	1	1,1	1,1
Potentiometer_Triwood_RM-065	10k	5	0,4	2
C_Disc_D6_P5	68nF	1	0,4	0,40
TO-92_Inline_Narrow_Oval	BC547	1	0,45	0,45
R_1206	500	1	0,3	0,30
C_1206	10uF	4	0,3	1,20
C_1206	200pF	1	0,3	0,30
SOD-323	28v	1	0,4	0,40
R_1206	2.2k	2	0,3	0,60
R_1206	1.5K	1	0,3	0,30
R_1206	2.2K	2	0,3	0,60
R_1206	4.7k	1	0,3	0,30
R_1206	51	4	0,3	1,20
R_1206	150	1	0,3	0,30
R_1206	18	1	0,3	0,30
R_1206	110	2	0,3	0,60
R_1206	10k	2	0,3	0,60
R_1206	120	1	0,3	0,30
R_1206	22	1	0,3	0,30
R_1206	50K	1	0,3	0,30
crystal_fa128	OSC_CMOS	1	1,2	1,20
SOT-23-6	TPS61040	1	0,95	0,95
SOT-223	AP1117	1	0,95	0,95
SOIJ-8_5.3x5.3mm_Pitch1.27mm	W25Q32BV	2	1,25	2,50
crystal_hc-49s	10MHz	1	1,10	1,10
SOD-323	SS14	1	0,35	0,35
C_1812	10uF	2	0,3	0,60
C_1206	22uF	1	0,3	0,30
C_1206	4.7uF	1	0,3	0,30
C_1206	1uF	1	0,3	0,30
LED_1206	LED	1	0,3	0,30

Universidad Politécnica de Valencia - Escuela técnica superior de ingeniería del diseño
TFG – Sistema de asistencia al mayor basado en microcontrolador ARM CORTEX

conn_hdd_15-24-4441	CONN_01X04	1	0,20	0,20
R_1206	140	1	0,3	0,30
SOT-223	AP111733	1	1,15	1,15
R_1206	100k	2	0,3	0,60
R_1206	4.7M	1	0,3	0,30
R_1206	374k	1	0,3	0,30
R_1206	3.3k	1	0,3	0,30
DIP-20_W7.62mm	MT8880C	1	1,25	1,25
crystal_hc-49s	3.57MHz	1	1,10	1,10
C_1206	10nF	2	0,3	0,60
RJ11	CONN_01X06	1	0,20	0,20
tssop-16	XPT2046	1	1,45	1,45
Relay-mini	Relay-mini	1	1,10	1,10
SOD-323	4.3	2	0,4	0,80
self_cms_we-tpc_XL	10uH	1	0,65	0,65
Pin_Header_Straight_1x05	SWD	1	0,20	0,20
Pin_Header_Straight_1x04	External buttons	1	0,20	0,10
PCB	-	1	15	15
Total				314,71

4.4 Programación

Unidad de obra 12 (UD12)	Programación dispositivo S.A.M		
Concepto	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3	400	25	10000
UD1	0,42	1655,9	695,48
UD2	0,42	370,95	155,8
Total			10851,28

Unidad de obra 13 (UD13)		Programación Font creator		
Concepto		Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3		80	25	2000
UD2		0,16	370,95	59,35
Total				2059,35

Unidad de obra 14 (UD14)		Programación BMP to Hex		
Concepto		Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3		16	25	400
UD2		0,016	370,95	5,93
Total				405,93

Unidad de obra 15 (UD15)		Programación S.A.M Server		
Concepto		Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
UD3		80	25	2000
UD2		0,082	370,95	30,42
Total				2030,42

5. Presupuesto parcial

5.1 Placa de desarrollo XM-4

Unidad de obra	Precio (€)
Diseño placa de desarrollo XM-4	1081,06
Montaje placa de desarrollo XM-4	80,15
Total	1161,21

5.2 Grabador de memorias SPI

Unidad de obra	Precio (€)
Diseño grabador de memorias SPI	1081,06
Montaje grabador de memorias SPI	72,55
Total	1153,61

5.3 Fuente de alimentación 5v 2A

Unidad de obra	Precio (€)
Diseño fuente de alimentación 5v 2A	540,52
Montaje fuente de alimentación 5v 2A	82,45
Total	622,97

5.4 Dispositivo S.A.M

Unidad de obra	Precio (€)
Diseño dispositivo S.A.M	5425,62
Montaje dispositivo S.A.M	314,71
Programación dispositivo S.A.M	10000
Programación Font creator	2059,35
Programación BMP to Hex	405,93
Programación S.A.M Server	2030,42
Total	20236,03

6.Presupuesto total

En el siguiente apartado se muestran los presupuestos, de ejecución material, inversión y base de licitación.

Concepto	Precio (€)
Diseño placa de desarrollo XM-4	1081,06
Montaje placa de desarrollo XM-4	80,15
Diseño grabador de memorias SPI	1081,06
Montaje grabador de memorias SPI	72,55
Diseño fuente de alimentación 5v 2A	540,52
Montaje fuente de alimentación 5v 2A	82,45
Diseño dispositivo S.A.M	5425,62
Montaje dispositivo S.A.M	314,71
Programación dispositivo S.A.M	10000
Programación Font creator	2059,35
Programación BMP to Hex	405,93
Programación S.A.M Server	2030,42
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	23173,82
15% Gastos generales	3476,073
6% Beneficio industrial	1390,42
TOTAL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN	28040,31
21% IVA	5888,47
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	33928,78

- El presupuesto de EJECUCIÓN MATERIAL asciende a la cantidad expresada en euros:
VEINTITRES MIL CIENTO SETENTA Y TRES CON OCHENTA Y DOS
- El presupuesto de INVERSIÓN asciende a la cantidad expresada en euros:
VEINTIOCHO MIL CUARENTA CON TREINTA Y UNO
- El presupuesto de BASE DE LICITACIÓN asciende a la cantidad expresada en euros:
TREINTATRES MIL NOVECIENTOS VEINTIOCHO CON SETENTA Y OCHO