Informes Técnicos Ciemat

1329

Septiembre, 2014

UPS9: Manual de Usuario

F. Martín
E. Sánchez

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemat
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

Informes Técnicos Ciemat

1329

Septiembre, 2014

UPS9: Manual de Usuario

F. Martín
E. Sánchez

Laboratorio Nacional de Fusión por Confinamiento Magnético

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesauro del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Catálogo general de publicaciones oficiales
http://www.060.es

Depósito Legal: M-26385-2011
ISSN: 1135-9420
NIPO: 721-14-044-3

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

S70
ION SOURCES; PIEZOELCTRIC; CALIBRATION; ELECTRIC COILS; SOLENOIDS

UPS9: Manual de usuario.

Martín, F.; Sánchez, E.

34 pp. 14 figs. 1 tabla

Resumen:

El circuito impreso UPS9 es una fuente de alimentación pulsada controlada por tensión que permite configurar múltiples modos de salidas. La salida aislada puede aplicar pulsos de hasta 200 voltios de amplitud, positivos o negativos, usando una fuente de alimentación de 24 VDC. Este sistema fue ideado y optimizado para el uso sobre válvulas de gas, ya sean solenoides o piezoeléctricas.

UPS9: Hardware Manual.

Martín, F.; Sánchez, E.

34 pp. 14 figs. 1 table

Abstract:

The UPS9 printed circuit board is a power pulsed supply controlled by voltage that allow multiple output modes. Isolated output pulses of up to 200 V amplitude can be generated with either positive or negative polarity from a single 24 VDC power source. This circuit was designed and optimized for driving both solenoid and piezoelectric type gas valves..

.

.

Lista de contenido

1. Introducción 5
1.1 Ámbito de aplicación del documento 5
1.2 Antecedentes 5
1.3 Especificaciones 5
1.3.1 Formato y dimensiones: 6
1.3.2 Características de las señales: 6
1.3.3 Impedancias: 6
1.3.4 Aislamiento: 6
1.3.5 Alimentación: 6
1.4 Conceptos 6
1.4.1 Entrada: 6
1.4.2 Aislador: 6
1.4.3 Salida amplificada: 6
2. Descripción del circuito 7
2.1 Componentes 7
2.2 Conexión externa 8
2.3 Alimentación 8
2.4 *Control de habilitación de entradas y enclavamiento (Opcional) 8
2.5 LED´s indicadores 9
2.6 Esquema completo 9
3. Configuraciones, montaje y pruebas 11
3.1 Configuración sin control de habilitación de entradas y enclavamiento 11
3.2 Configuración con control de habilitación de entradas y enclavamiento 12
3.3 Montaje 14
3.4 Pruebas 14
3.4.1 Funcionamiento pulsado 14
3.4.2 Funcionamiento en continuo 18
3.4.3 Pruebas de resistencia 19
3.5 Calibración 20
3.5.1 Calibración de salida respecto al Voffset de entrada 20
3.5.2 Calibración de la medida de salida 21
3.6 Problemas resueltos 21
3.6.1 Estabilidad del PA241 y PA341 21
3.6.2 Ruido 22
4. Aplicaciones 23
4.1 Configuración Fuente de Iones NBI, para válvulas piezoeléctricas 23
4.2 Configuración Neutralizador NBI, para válvulas piezoelectricas con enclavamiento 25
4.3 Configuración Neutralizador NBI, para válvulas solenoides con enclavamiento 27
5. Layout UPS9 29
6. Listado de componentes 36
7. Anexo: UPS9 Front Panel Serigraphy 37

Lista de ilustraciones y tablas

Ilustración 1: Esquema completo. 9
Ilustración 2: Configuración sin control de habilitación de entradas y enclavamiento .. 11
Ilustración 3: Conector DB9. 11
Ilustración 4: Señales en entrada, conector DB9. 12
Ilustración 5: Circuito de enclavamiento. 12
Ilustración 6: Salida. 13
Ilustración 7: Señales en funcionamiento pulsado para válvula piezoeléctrica. 15
Ilustración 8: Señales en funcionamiento pulsado para válvula solenoide. 16
Ilustración 9: Señales en funcionamiento pulsado para máxima corriente. 16
Ilustración 10: Tiempo de respuesta. 17
Ilustración 11: Tiempo de subida de salida. 18
Ilustración 12: Degradación de la salida con la temperatura. 19
Ilustración 13: Mejora de la salida usando un ventilador para refrigeración. 20
Ilustración 14: Configuración para Fuente de Iones con válvula piezoeléctrica. 23
Ilustración 15: Configuración para Neutralizador con válvula piezoeléctrica. 25
Ilustración 16: Configuración para Neutralizador con válvula solenoide. 27

Tabla 1: Tabla de la verdad para el sistema de enclavamiento. 9
Tabla 2: Tabla de la verdad para el sistema de habilitación de entradas. 9
Tabla 3: Listado de componentes. 36

1. Introducción

1.1 Ámbito de aplicación del documento

Este documento proporciona una descripción técnica del módulo UPS9, proporcionando la información necesaria para su configuración. No está destinado a usuarios finales, aunque puede ayudarles a la compresión y solución de posibles problemas y averías.

1.2 Antecedentes

En un sistema experimental, tal y como es el sistema NBI (Neutral Beam Injection) en el TJ-II del CIEMAT, es necesario que el sistema de gestión de gases sea lo más rápido y preciso posible. En el caso del NBI, la cantidad de gas, así como la forma en que se suministra y el tiempo de suministro es fundamental para la creación de correctos plasmas de arco, de donde se extraen los iones positivos que son acelerados y neutralizados para su incorporación al plasma del reactor TJ-II. El control de inyección de este gas (hidrógeno), se realiza mediante válvulas de accionamiento eléctrico de muy rápida reacción. Los módulos UPS9 suministran la tensión eléctrica a estas válvulas.

El sistema NBI inyecta gas hidrógeno en dos zonas para generar el haz de neutros. La primera en la fuente de iones para generar el plasma de arco, de donde se extraen los iones positivos que serán acelerados. La segunda en el bloque de neutralización, donde los iones acelerados son neutralizados. De esta manera las partículas neutras aceleradas se introducen en el plasma del TJ-II ayudando al aumento de temperatura y densidad del plasma original, función elemental del sistema NBI.

Los tipos de válvulas disponibles en NBI son dos:

- Válvulas piezoeléctricas: Son un tipo de válvulas muy rápidas (sobre 1 ms) en las que, dependiendo del valor de tensión eléctrica que se aplique en su sistema accionador, el caudal de la válvula es mayor o menor.

- Válvulas solenoides: Son válvulas rápidas, aunque menos que las piezoeléctricas (unos 15 ms). La tensión eléctrica que se debe aplicar en el accionador es menor que en las piezoeléctricas, pero su consumo es mayor. Además, son las únicas que se pueden adquirir hoy en día para conseguir los resultados deseados, debido a que las válvulas piezoeléctricas ya no se fabrican.

1.3 Especificaciones

Las siguientes especificaciones han sido establecidas de acuerdo a las necesidades del sistema NBI, aunque se ha pensado en posibles aplicaciones futuras, tanto para NBI como para cualquier sistema que pueda necesitar accionamiento sobre válvulas, tales como las válvulas de gas del TJ-II

1.3.1 Formato y dimensiones:

- Tamaño: 160mm*100mm, formato Eurocard.
- Anchura: 6HP con frontal metálico.
- Conector de alimentación DIN41612 "H11" en la parte trasera.
- Conector DB9 en la parte delantera, para los canales de entrada, señales de habilitación y enclavamiento.
- Conectores BNC de 75Ω hembra, en la parte delantera, para la salida y la señal de medida.

1.3.2 Características de las señales:

- Dos canales de entrada de +/- 10 V.
- Dos canales de habilitación de entradas, 0-5 V.
- Tensión para la activación del enclavamiento, 24 V.
- Salida de 200 V pico a pico, corriente pico 100 mA, 60 mA corriente máxima sostenida.

1.3.3 Impedancias:

- Impedancia de salida de 12 Ω.
- Impedancia de entrada por canal, 6 MΩ.

1.3.4 Aislamiento:

- Aislamiento a la salida respecto a tierra de 1.5 KV de pico, si se configura con salida flotante (puente JP17 no instalado).

1.3.5 Alimentación:

- Tensión: 24 V_{DC}, 500mA.
- Tolerancia: 18 a 36 V_{DC}.

1.4 Conceptos

La tarjeta UPS9 es una fuente de alimentación pulsada controlada por tensión ideada para actuar sobre válvulas eléctricas, usando señales de control externas, que se instala en bastidores con alimentación para tarjetas modelo eurocard 3U. Su rango de tensión de alimentación va de 18 a 36 V V_{DC}, y su salida puede aplicar tensiones de hasta 200 Vpp, de forma simétrica o asimétrica. El circuito se puede dividir en tres partes:

1.4.1 Entrada:

La entrada es un circuito sumador para dos canales. Inicialmente fue pensada para sumar una tensión de compensación al valor de tensión determinado en el otro canal. De igual manera podemos usar sólo uno de los canales de entrada.

1.4.2 Aislador:

Se ha incluido un bloque aislador para poder separar las masas de las entradas respecto de la salida. Se ha tenido en cuenta la posibilidad de trabajar en ambientes donde las electroválvulas estén unidas o ligadas a masas de sistemas de alta tensión, donde los transitorios pueden ser muy potentes y es necesario que las masas de referencia entre las señales de control y la salida del circuito sean distintas

1.4.3 Salida amplificada:

Bloque de amplificación que puede aplicar altas tensiones, hasta 200 Vpp, de forma simetrica (+/- 100 votios) o asimetrica (+190V/-10V, ó +10V/-190V).

2. Descripción del circuito

2.1 Componentes

El diagrama eléctrico de la UPS9 puede dividirse en seis areas:

- *Area de alimentación:*
  Esta compuesto por una serie de convertidores DC/DC que, alimentados por una fuente de alimentación externa de 24 voltios, proporcionan el voltaje suficiente para alimentar a toda la circuitería, incluyendo al amplificador de salida que necesita altos valores de tensión. Su distribución es la siguiente:
  - U1 al U7: Con estos bloques se alimenta al amplificador de salida, al que se le puede aplicar hasta 210 voltios, 30 por DC/DC, de forma simétrica o asimétrica, colocando de forma apropiada los puentes JP para seleccionar la +Vs (VOutPiezo+), masa de referencia (VC#0) y -Vs (VOutPiezo-). La condición mínima de alimentación para los amplificadores PA241DW es que la diferencia de tensión entre la +Vs y la -Vs sea, al menos, 100 voltios. Para el PA341DW la alimentación mínima +Vs/-Vs es de +/- 10V.
  - U8: Da alimentación con +15V/-15V al bloque de chips de acondicionamiento de entrada.
  - U9: Da alimentación con +15V/-15V al bloque de medida de salida.
- *Circuito de entradas de señales:*
  Se trata de un circuito sumador, de dos entradas, más un inversor que acondiciona la señal para su amplificación.
- *Amplificador:*
  Se trata de un amplificador operacional de potencia (PA241DW ó PA341DW), en modo no inversor, cuya ganancia se determina con las resistencias que se monten en su configuración:

  $$G = 1 + \frac{R9 + R11}{R8}$$

  Se puede prescindir del potenciometro R11 si se instala el puente JP3.
  A la salida del amplificador se han dejado lugares libres para poder instalar componentes que estabilicen y acondicionen la salida. Están representados por los componentes D1, D2 y RV1. Se pueden instalar los componente que se crean convenientes (circuitos R-L, R-C, diodos estabilizadores, etc). En las aplicaciones propuestas se incluyen ejemplos con circuitos R-C y diodos Zener estabilizadores.
- *Señal de medida:*
  Se trata de la señal de salida atenuada por el mismo valor de ganancia que se ha aplicado en el bloque de amplificación. De esta manera, la señal de medida debe coincidir con la señal de entrada.

  $$SignalVoltage = \frac{Vo}{G} \quad ; \quad SignalVoltaje = \frac{Vo * R15}{R14 + R15}$$

  $$A = \frac{1}{G} \quad ; \quad A = \frac{R14 + R15}{R15}$$

- *Aisladores:*
  Los bloques de aislamiento (ISO124P) se instalaron para poder separar galvanicamente las masas de las entradas de control con la salida, evitando posibles problemas con los transitorios de alta tensión que se pueden llegar a dar. Este aislamiento puede ser suprimido instalando los puentes JP17 y JP18.
- *Entradas de habilitación y enclavamiento:*
  Para habilitar las señales de entrada se han implementado dos canales de habilitación y un enclavamiento como sistema de seguridad, poniendo la salida al valor de referencia (GND ó VC0#, si las masas de referencia están separadas) si no se suministra 24 voltios al bloque del relé.

2.2 Conexión externa

Su alimentación es a través de un conector trasero DIN41612 "H11.

Las entradas de señal y control se conectan a través de un DB9 hembra.

Para la salida amplificada y la medida de la señal de salida, se dispone de dos conectores BNC con impedancia característica de 75Ω.

2.3 Alimentación

Como se ha comentado anteriormente, la UPS9 está diseñada para ser instalada en un bastidor alimentado. Este bastidor debe tener una fuente que suministre una tensión entre 18 y 36 V_{DC}, y 500 mA de corriente mínima.

2.4 *Control de habilitación de entradas y enclavamiento (Opcional)

Se ha pensado en la instalación de un sistema de enclavamiento que habilite o inhabilite la salida de la UPS9, poniendola a 0 voltios si se producen ciertas condiciones en la entrada del sistema. De esta forma se evita que el sistema actue sobre las valvulas en situaciones no deseadas. Su funcionalidad se puede dividir en dos partes, sistema de control de habilitación de entradas y el relé de enclavamiento propiamente. Para ambos canales de entrada hay una entrada de habilitación con señales entre 0 y 5 voltios. Estas señales de habilitación van directamente al conmutador analógico DG442, que en caso de estar a 0 voltios inhabilita la entrada correspondiente, poniéndola 0 voltios.

En el enclavamiento tenemos un rele, K1, con una bobina que necesita una tensión de 24 voltios. Si falla esa tensión, suministrada desde el exterior a través del conector DB9, el contacto del rele pone la salida a 0 voltios. Este sistema de seguridad, garantiza la puesta a 0 voltios de la salida en caso de fallo de alimentación, evitando problemas con posibles tensiones flotantes.

A continución se muestra la tabla de la verdad para el funcionamiento del sistema. Esta tabla es válida para habilitar tanto el canal de entrada Pulse Level(con la señal Pulse Enable), como el canal de entrada Offset Level(con la señal Offset Enable), así como si se desea sumar ambas señales de entrada.

Señal 24Voltios	*Señal PulseEnable*	*Señal OffsetEnable*	*Salida habilitada (Status OPout)*
0 V	No importa	No importa	No habilitada
24 V	0 V	0 V	Habilitada
24 V	Transición 0 V → 5 V	0 V	Habilitada
24 V	0 V	Transición 0 V → 5 V	Habilitada
24 V	Transición 0 V → 5 V	Transición 0 V → 5 V	Habilitada
Transición 0 V → 24 V	0 V	0 V	Transición No habil.→ habil.
Transición 0 V → 24 V	0 V	5 V	No habilitada
Transición 0 V → 24 V	5 V	0 V	No habilitada
Transición 0 V → 24 V	5 V	5 V	No habilitada

Tabla 1: Tabla de la verdad para el sistema de enclavamiento.

Como indica el título del apartado, este montaje es opcional. Si se desea suprimir el control de habilitación de entradas y el enclavamiento, sólo es necesario instalar los puentes JP1, JP2 y JP16 no montando los siguientes componentes: U14, U17, K1, R12, R13, R18, R19 y D3).

De igual manera, el sistema de habilitación de las señales de entrada se puede montar independientemente del sistema de enclavamiento. Para montar sólo el sistema de habilitación de entradas, sería necesario montar el puente JP16 y los siguientes componentes no serían montados: U17, K1, R12, R13 y D3.

Señal PulseEnable	*Señal OffsetEnable*	*Salida*
5 V	0 V	Pulse Level*Ganancia
0 V	5 V	Offset Level*Ganancia
5 V	5 V	(PulseLevel+OffsetLevel)*Ganancia

Tabla 2: Tabla de la verdad para el sistema de habilitación de entradas.

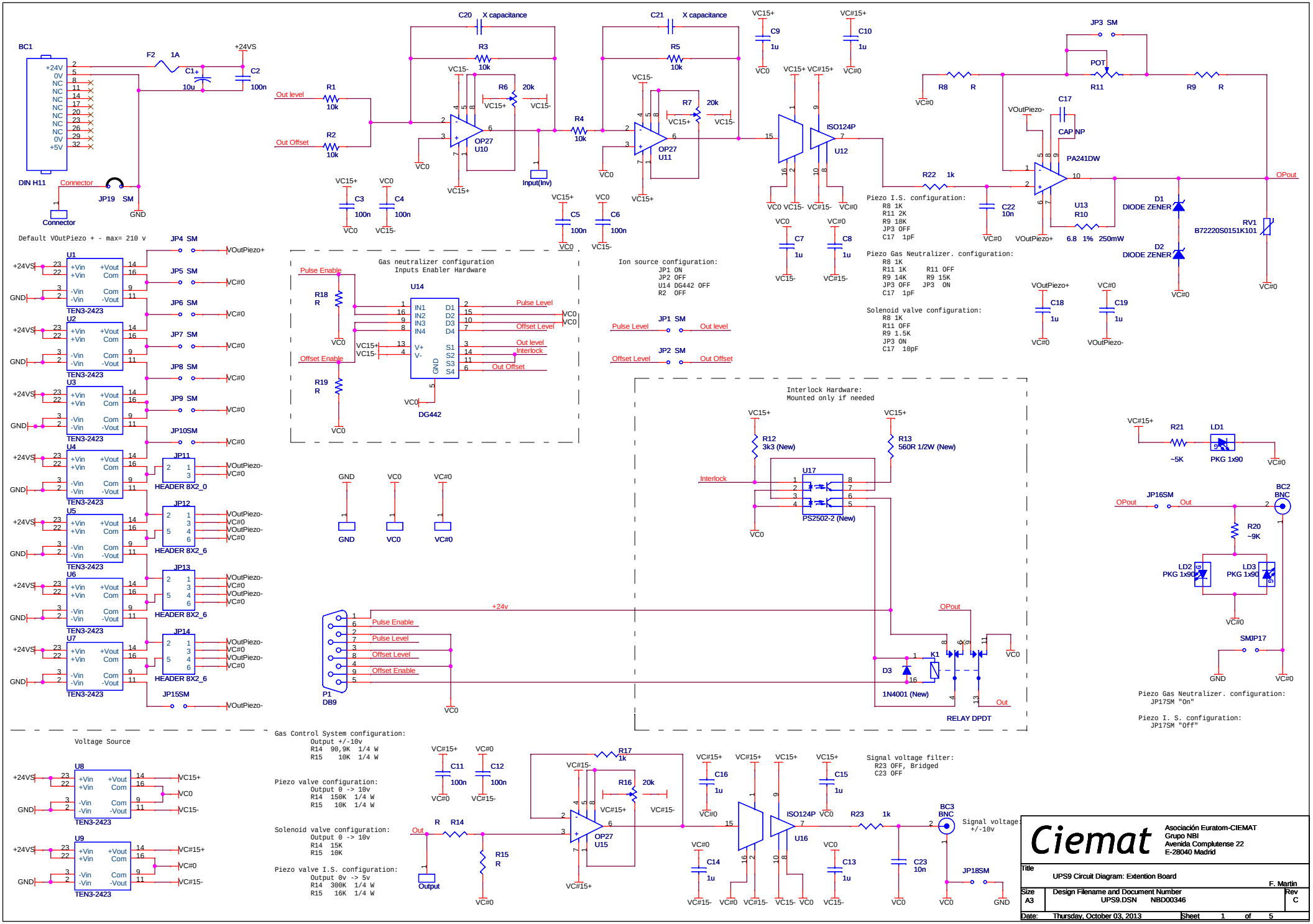
2.5 LED´s indicadores

Hay tres leds indicadores de relevancia:

- Level +: Se enciende si la tensión de salida es mayor a 1,7 vóltios.
- Level -: Se enciende si la tensión de salida es menor a -1,7 vóltios.
- UPS9 ON: Se enciende si la UPS9 tiene alimentación.

2.6 Esquema completo

Ilustración 1: Esquema completo.


BC1
DIN H11
Connector
JP19 SM
GND
F2 1A
+24VS
C1+ 10u
C2 100n
Out level
Out Offset
R1 10k
R2 10k
C20 X capacitance
R3 10k
R6 20k
OP27 U10
Input(Inv)
R4 10k
C21 X capacitance
R5 10k
R7 20k
OP27 U11
C9 1u
C10 1u
ISO124P U12
C3 100n
C4 100n
C5 100n
C6 100n
C7 1u
C8 1u
JP3 SM
POT R11
R8 R
R9 R
C17 CAP NP
PA241DW U13
R22 1k
C22 10n
R10 6.8 1% 250mW
D1 DIODE ZENER
D2 DIODE ZENER
RV1 B72220S0151K101
OPout
VOutPiezo+
VOutPiezo-
C18 1u
C19 1u
Piezo I.S. configuration:
R8 1K
R11 2K
R9 18K
JP3 OFF
C17 1pF
Piezo Gas Neutralizer. configuration:
R8 1K
R11 1K R11 OFF
R9 14K R9 15K
JP3 OFF JP3 ON
C17 1pF
Solenoid valve configuration:
R8 1K
R11 OFF
R9 1.5K
JP3 ON
C17 10pF
Default VOutPiezo + - max= 210 v
JP4 SM
JP5 SM
JP6 SM
JP7 SM
JP8 SM
JP9 SM
JP10SM
JP11
JP12
JP13
JP14
JP15SM
U1
U2
U3
U4
U5
U6
U7
TEN3-2423
HEADER 8X2_0
HEADER 8X2_6
Gas neutralizer configuration
Inputs Enabler Hardware
Pulse Enable
Offset Enable
R18 R
R19 R
U14
DG442
Pulse Level
Offset Level
Out level
Interlock
Out Offset
Ion source configuration:
JP1 ON
JP2 OFF
U14 DG442 OFF
R2 OFF
JP1 SM
JP2 SM
Interlock Hardware:
Mounted only if needed
R12 3k3 (New)
R13 560R 1/2W (New)
U17
PS2502-2 (New)
Interlock
D3
1N4001 (New)
K1
RELAY DPDT
+24v
P1 DB9
R21 ~5K
LD1 PKG 1x90
JP16SM
BC2 BNC
R20 ~9K
LD2 PKG 1x90
LD3 PKG 1x90
SMJP17
Piezo Gas Neutralizer. configuration:
JP17SM "On"
Piezo I. S. configuration:
JP17SM "Off"
Voltage Source
U8
U9
VC15+
VC15-
VC#15+
VC#15-
VC0
VC#0
Gas Control System configuration:
Output +/-10v
R14 90,9K 1/4 W
R15 10K 1/4 W
Piezo valve configuration:
Output 0 -> 10v
R14 150K 1/4 W
R15 10K 1/4 W
Solenoid valve configuration:
Output 0 -> 10v
R14 15K
R15 10K
Piezo valve I.S. configuration:
Output 0v -> 5v
R14 300K 1/4 W
R15 16K 1/4 W
C11 100n
C12 100n
R14
R15 R
Output
R17 1k
R16 20k
OP27 U15
C16 1u
C15 1u
ISO124P U16
C14 1u
C13 1u
R23 1k
C23 10n
BC3 BNC
JP18SM
Signal voltage filter:
R23 OFF, Bridged
C23 OFF
Signal voltage: +/-10v
Ciemat
Asociación Euratom-CIEMAT
Grupo NBI
Avenida Complutense 22
E-28040 Madrid
Title
UPS9 Circuit Diagram: Extention Board
F. Martin
Size A3
Design Filename and Document Number
UPS9.DSN NBD00346
Rev C
Date: Thursday, October 03, 2013
Sheet 1 of 5

3. Configuraciones, montaje y pruebas

En lo que se refiere a las configuraciones se va a explicar, básicamente, la configuración sin bloque de control de habilitación de entradas y enclavamiento, y la configuración con dicho bloque.

3.1 Configuración sin control de habilitación de entradas y enclavamiento

En esta configuración no se tiene nunguna restricción ni control sobre la salida y las señales de entrada. El circuito funciona como un amplificador sumador de dos canales. Es necesario tener en cuenta que los puentes JP1, JP2 y JP16 han de estar puestos, y que los componentes U14, U17, K1, R12, R13, R18, R19 y D3, no están instalados.

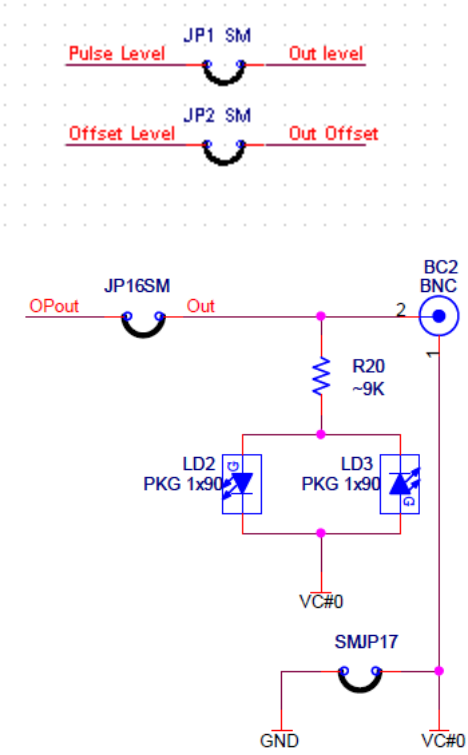


Ilustración 2: Configuración sin control de habilitación de entradas y enclavamiento

Del conector DB9, que está preparado para poder recibir más señales, sólo se tienen en cuenta las señales Pulse Level y Offset Level. La suma de ambas señales, si no supera los 12 voltios entre ambas, es amplificada y mostrada en la salida

Ilustración 3: Conector DB9.

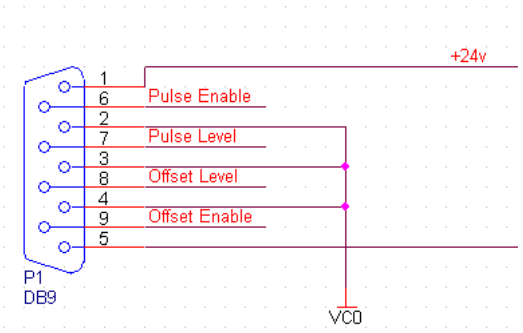


Ilustración 4: Señales en entrada, conector DB9.

3.2 <u>Configuración con control de habilitación de entradas y enclavamiento</u>

En esta configuración, sí se tienen en cuenta las demás señales de entrada que admite el conector DB9. A continuación se detalla sus funciones:

- Funcionamiento del control de habilitación de entradas:

  Como se indica en el apartado 2.4 con el bloque de habilitación de entradas, las señales Pulse Enable y Offset Enable, cuando están a 5 voltios, permiten que las señales Pulse Level y Offset Level sean amplificadas, respectivamente. En caso de estar ambas señales de habilitación activas, se amplifica la suma de ambas.

- Funcionamiento del sistema de enclavamiento:

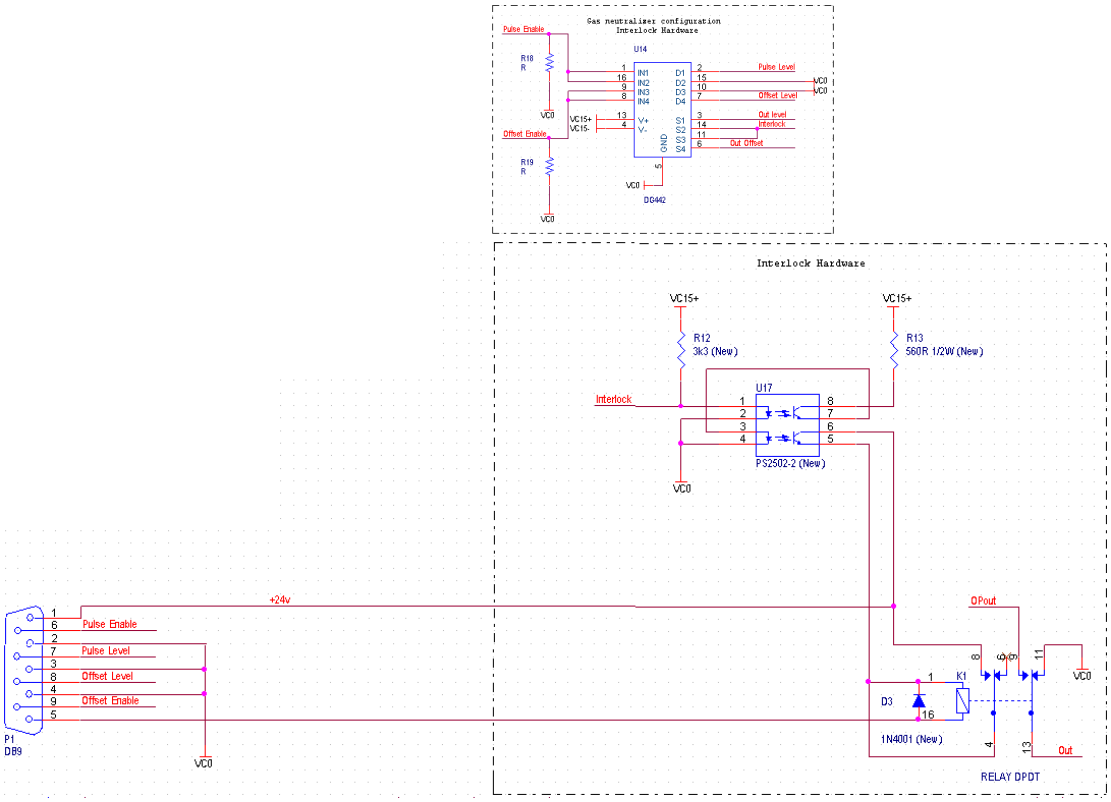


Ilustración 5: Circuito de enclavamiento.

Lo primero que se debe conseguir es que circule corriente por la bobina del relé. Para ello se debe de aplicar 24 voltios entre los pines 1 y 5 del conector DB9 y que las entradas Pulse Enable y Offset Enable estén a nivel bajo. Estos 24 voltios deben proceder de la alimentación del sistema de control para que, en caso de que el sistema se apague, imposibilite que haya tensión en la salida.

Una vez conseguido esto, el segundo contacto del relé une la salida del amplificador de potencia con el conector de salida de la UPS9.

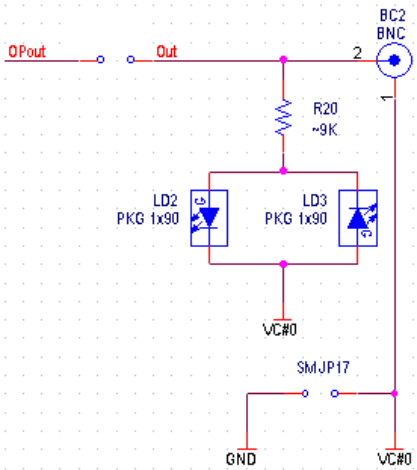


Ilustración 6: Salida.

Ahora, tras el cierre del contacto relé, las señales de habilitación Pulse Enable y Offset Enable deben ponerse a nivel alto, 5 voltios, permitiendo que los valores de tensión en Pulse Level y Offset Level sean amplificados y aplicados en la salida. *(Nota: Los puentes JP1, JP2 y JP16 deben estar quitados).*

3.3 Montaje

Los archivos Gerber han sido facilitados a los fabricantes para producir las placas de circuito impreso. El montaje y la soldadura de componentes se han realizado manualmente, dependiendo de las necesidades del servicio.

Todos los chips, salvo el amplificador de potencia U13 por cuestiones de espacio, han sido montados sobre zócalos, para posibilitar la reparación rápida en caso de avería.

Si se monta el bloque de enclavamiento, el relé debe ser soldado directamente sobre placa para que éste quepa en el módulo de montaje 6HP.

Por último, indicar que dependiendo de la tensión que se busque a la salida, se debe calcular los valores de ganancia de la salida respecto a la entrada y las resistencias de la salida de medida. La entrada se ha diseñado para que pueda admitir hasta +/-12 voltios (valor máximo permitido, resultante de la suma de las entradas Pulse Level y Offset Level).

Ganancia:

$G = 1 + \frac{R9 + R11}{R8}$, si se instala del potenciometro R11, ó $G = 1 + \frac{R9}{R8}$ si se instala JP3.

La salida de medida:

$$SignalVoltage = \frac{Vo}{G} \quad ; \quad SignalVoltaje = \frac{Vo * R15}{R14 + R15}$$

$$A = \frac{1}{G} \quad ; \quad A = \frac{R14 + R15}{R15}$$

3.4 Pruebas

3.4.1 Funcionamiento pulsado

Las pruebas de funcionamiento se han realizado sobre válvulas piezo electricas y sobre válvulas solenoides, siendo la característica más importante en las válvulas piezoeléctricas la necesidad de aplicar una tensión alta (más de 100 vóltios), y sobre las válvulas solenoides la corriente, sobre 100 mA. Esto lleva al máximo al amplificador al principio del pulso, que es capaz se suministrar esa corriente durante pocos milisegundos, y unos 60 mA durante el resto del pulso. La longitud de los pulsos de pruebas realizados han sido de 500 milisegundos, considerando que los pulsos de TJII son inferiores en duración, para ganantizar su funcionamiento.

A continuación se muestran varios ejemplos de funcionamiento pulsado:

- Válvula piezoeléctrica, ganancia de la fuente 16, alimentación del amplificador de salida +/-105 voltios, caída por alimentación ~ 5 voltios. Duración del pulso 500 ms, prepulso de 20 ms, periodo entre el prepulso y el pulso 10ms.

  Amarillo: señal de salida
  Azul: Señal de entrada
  Rosa: Señal de medida.

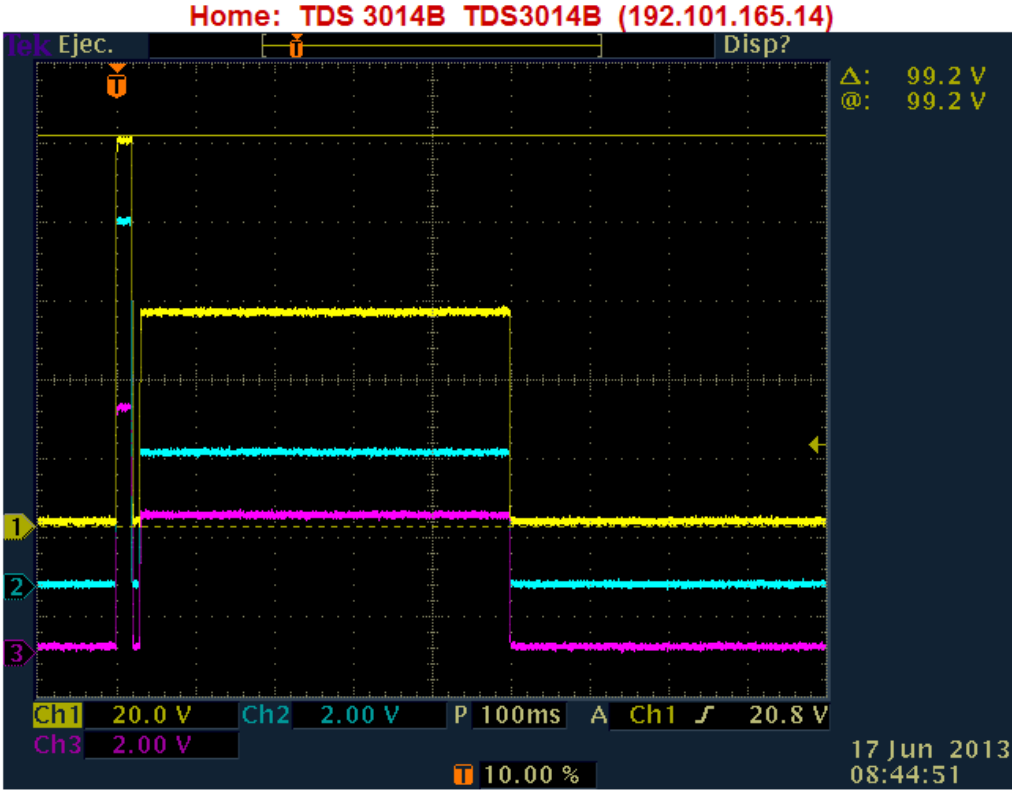


Ilustración 7: Señales en funcionamiento pulsado para válvula piezoeléctrica.

(Nota: La señal de entrada tiene un prepulso de 9.35 voltios, que tras la amplificación serían 150 V de salida. Este valor está truncado por la alimentación del amplificador de salida a +/-100 V, límite de saturación. Si se desease conseguir +150 V en la salida se tendría que cambiar la configuración de alimentación cambiando la posición de los puentes JP o añadiendo más conversores DC/DC, si se pudiese).

- Válvula solenoide, ganancia de la fuente 16, Vs del amplificador de salida +/-105 voltios, duración del pulso 500 ms, prepulso de 20 ms, periodo entre el prepulso y el pulso 10ms.

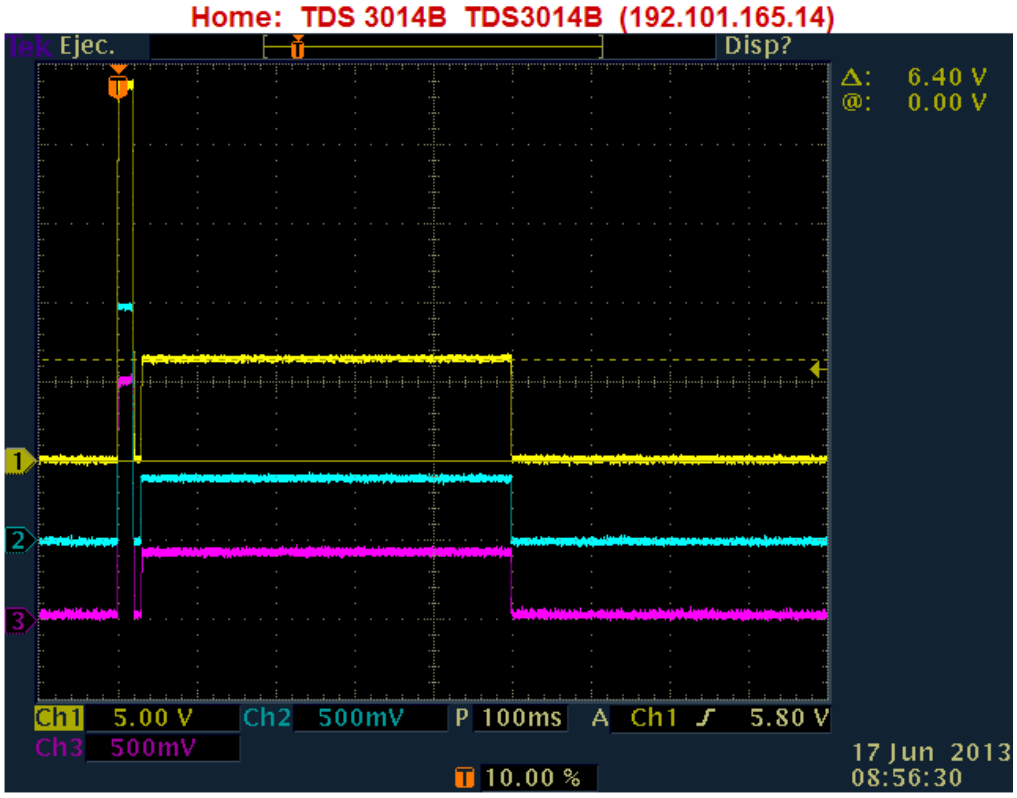


Ilustración 8: Señales en funcionamiento pulsado para válvula solenoide.

- La corriente máxima continua que proporciona la fuente en es 60mA. *(Datos de prueba: RL = 390 Ω, pulso de 500 ms).*

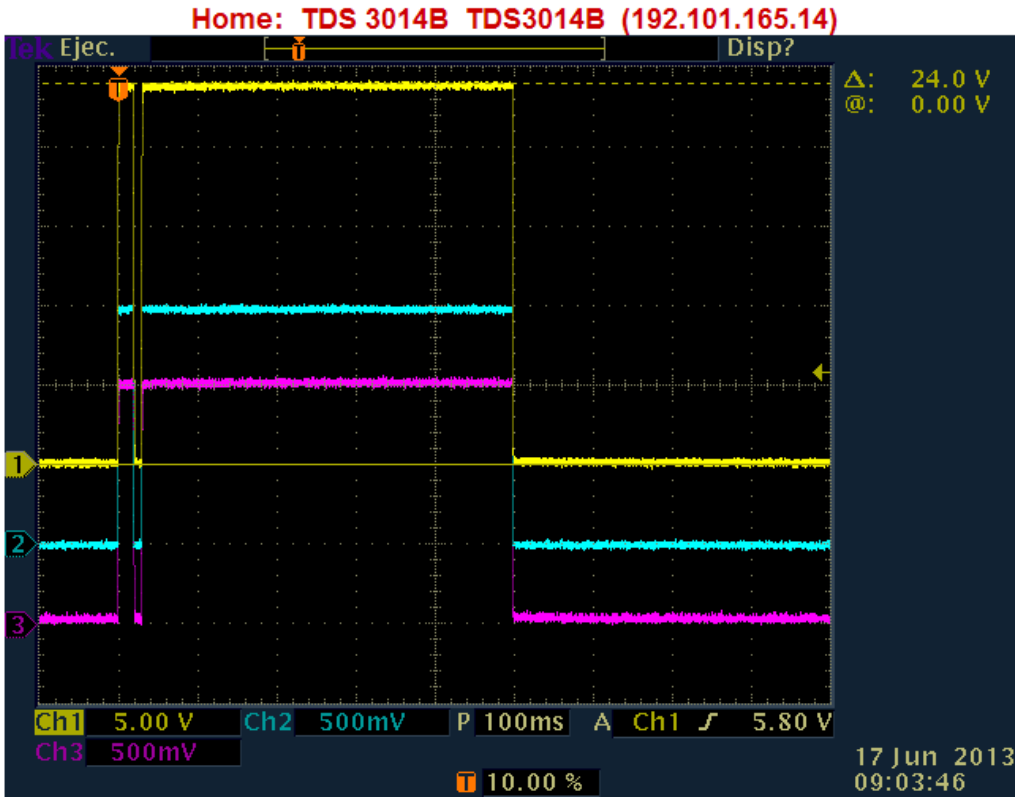


Ilustración 9: Señales en funcionamiento pulsado para máxima corriente.

- Retraso de la salida respecto a la entrada:

  Amarillo: señal de entrada
  Azul: Señal de salida

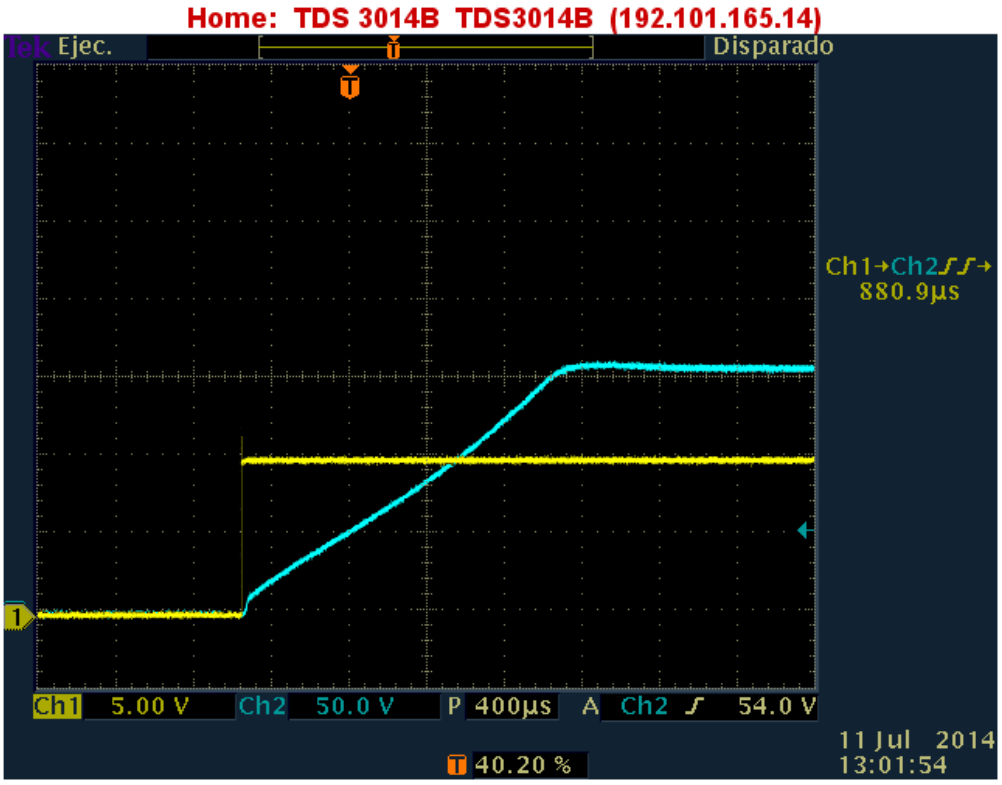


Ilustración 10: Tiempo de respuesta.

El tiempo de respuesta de la salida respecto a la entrada para funcionamiento pulsado es de 880 µs. Este retraso en la respuesta es debido al filtro paso bajo de primer orden entre la salida del bloque aislador y la entrada del amplificador de potencia.

- Tiempo de subida de la señal de salida:

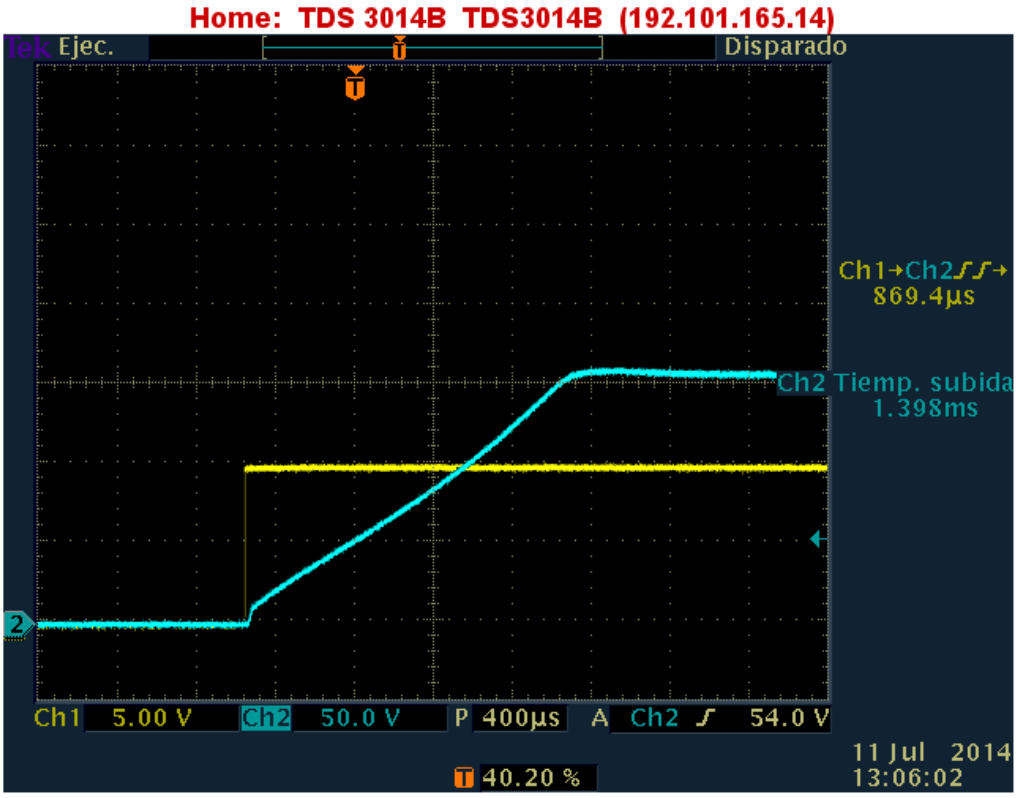


Ilustración 11: Tiempo de subida de salida.

El tiempo de subida de la señal de salida, para el valor máximo en la salida, es inferior a 1.5 ms. Esto también es debido al filtro en el aislador, ya que la rapidez de respuesta (slew rate) típica determinada por el fabricante es de 30 V/µs.

3.4.2 Funcionamiento en continuo

Este dispositivo no ha sido, inicialmente, diseñado para suministrar alimentación de forma contínua, pero podria funcionar como amplificador de señal o alimentación continua si la corriente de salida no supera los 60 mA y siempre que se cumplan los condiciones que se muestran en la gráfica "reducción de potencia" (Power Derating). Es importante señalar que al aumentar la temperatura en el amplificador de salida, la potencia interna capaz de disipar cae, y con ello la corriente que suministra. El fabricante muestra esa caída de potencia en esa grafica. Ante esto, es posible que sea necesario aplicar alguna medida de disipación de temperatura para poder garantizar el correcto funcionamiento.

3.4.3 Pruebas de resistencia

El amplificador PA241DW/PA341DW es capaz de aplicar a la salida 60 mA de forma continua, pero está en el límite de su funcionamiento, y con el aumento de temperatura se va degenerando la señal de salida.

En estas gráficas se muestra esa degradación, aunque sean con trenes de pulso. *(Datos de prueba: RL = 390 Ω, Amplificador PA241DW).*

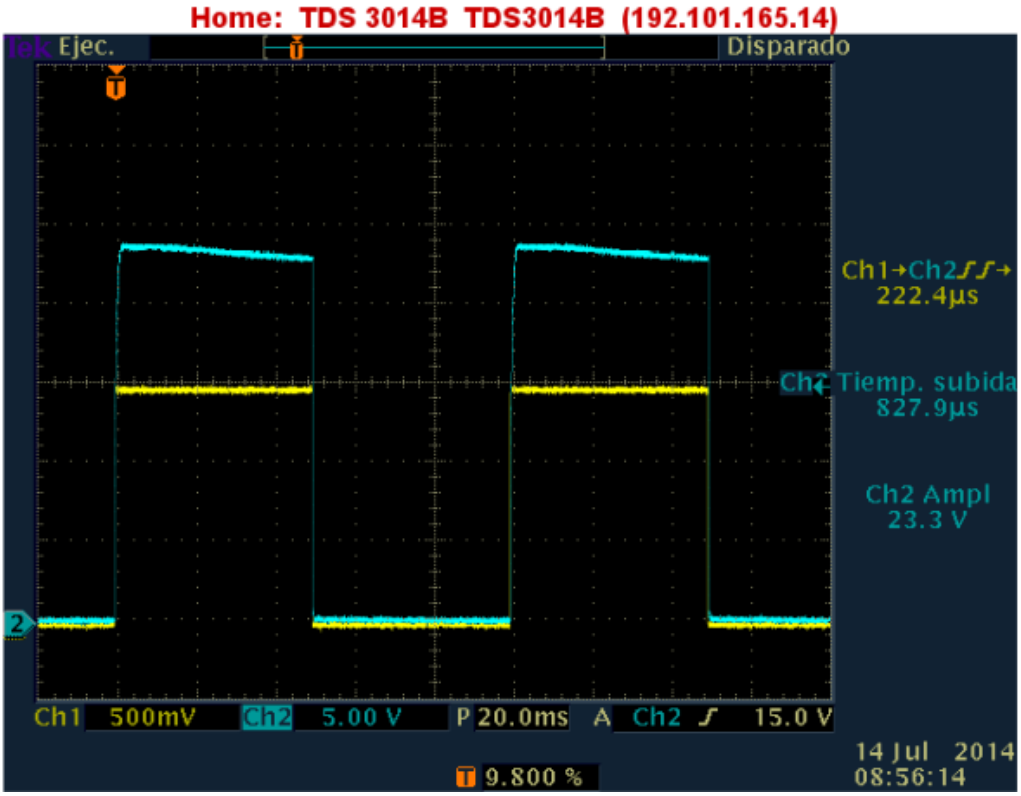


Ilustración 12: Degradación de la salida con la temperatura.

Para solucionarlo se puede de aplicar algún procedimiento de disipación térmica. A continuación se muestra como mejora el funcionamiento aplicando un ventilador sobre la UPS9.

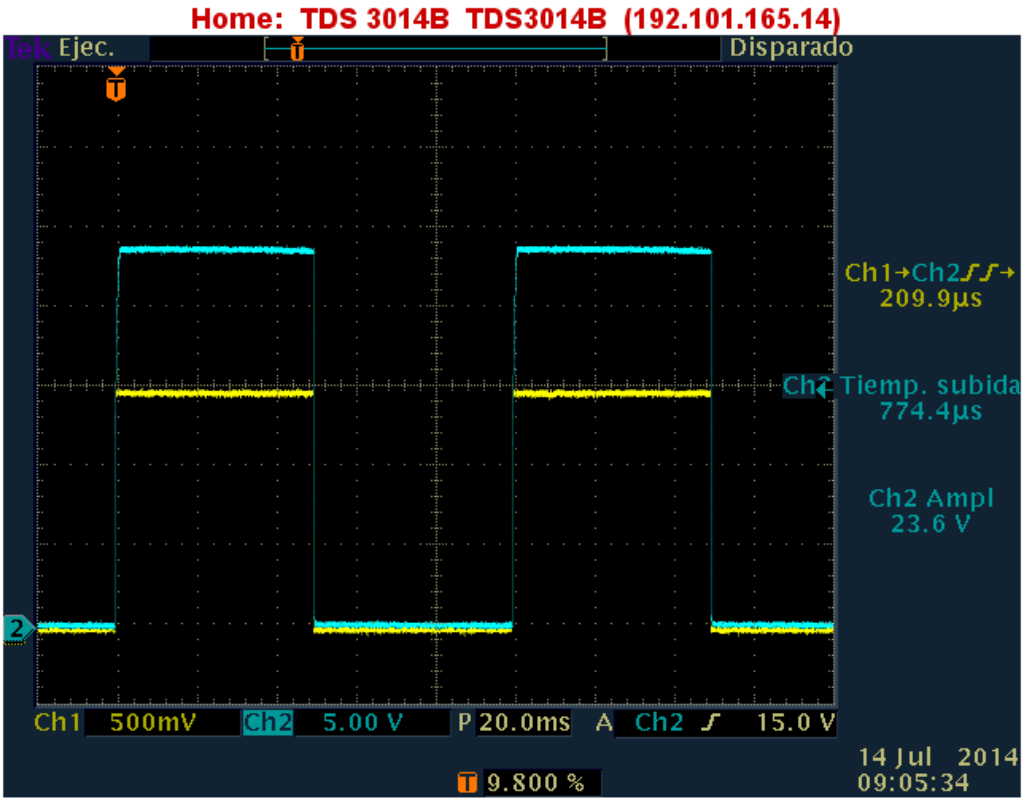


Ilustración 13: Mejora de la salida usando un ventilador para refrigeración.

Por último, en las hojas de característica facilitadas por el fabricante hay un apartado donde se informa sobre el área de operación segura (Safe Operating Area, "SOA") y cuál debe ser la corriente de salida.

3.5 Calibración

Se han dispuesto varios potenciometros para calibrar las Voffset de los amplificadores operacionales.

3.5.1 Calibración de salida respecto al Voffset de entrada

La calibración de la Voffset en la salida cuenta de dos potenciometros para regular su valor. Estos son el R6 y el R7

Para las configuraciones con el bloque de enclavamiento montado, es necesario que el contacto del relé esté cerrado para poder ajustar el valor de 0 voltios en la salida.

Dependiendo del tipo de amplificador operacional que se utilice en el circuito de entrada, los niveles de Voffset serán distintos, por ello se ha establecido la posibilidad, en la placa base, de alimentar los cursores de los potenciometros R6 y R7 con +15V ó –15V.

En el caso de las UPS9 para NBI, los amplificadores en la entrada usados han sido OP27, pero se pueden usar multiples tipos de amplificadores con semejantes caracteristicas, como ejemplo el OPA277, el cual su nivel de

Voffset en la salida es muy bajo y se podria suprimir el potenciometro de ajuste.

3.5.2 Calibración de la medida de salida

La señal de medida de salida también dispone de un potenciometro de ajuste para Voffset (R16), que ajusta el cero de la señal de medida de igual manera que en el circuito de entrada.

3.6 Problemas resueltos

3.6.1 Estabilidad del PA241 y PA341

Los amplificadores de potencia, fabricados por APEX, PA241 y su modelo mejorado PA341, son amplificadores capaces de suministrar altos valores de tensión a la salida con una respuesta muy rápida. Esa rapidez de respuesta (alto Slew Rate) puede provocar que la salida oscile y es necesario tomar algunas medidas en el diseño del circuito. Todas estas medidas son facilitadas por el fabricante, tanto en los documentos de especificación de los amplificadores (PA241/PA341), como en el documento APEX Application Note 19, y se deben tener en cuenta. Estas son:

- El paralelo de las resistencias de entrada con la resistencia de realimentación debe ser inferior a 5KΩ.
- Tener muy presente la tabla de curvas para elegir el condensador de compensación de fase respecto a la ganancia y a la temperatura de operación. El condensador de compensación debe ser estable respecto a la temperatura. Se aconsejan ceramicos de los tipos NPO o COG.
- La alimentación en un amplificador de potencia suele ser una fuente para los problemas de oscilación en la salida, a traves de lazos parasitos entre la carga y la masa de la fuente de alimentación. Para evitarlo se han instalado condensadores entre la alimentación y la masa, C18 y C19 (técnica de Bypass para alta frecuencia).
- Instalacion de un circuito RC Snubber que amortigua la oscilación en la salida. En el ya referido documento APEX Application Note 19, se enumeran los posibles escenarios de inestabilidad en sus amplificadores, y en su apartado "OUTPUT STAGE OSCILLATIONS/OUTPUT R-C SNUBBER" se detalla la necesidad de la instalación, en la salida, de dicho circuito amortiguador si esa inestabilidad se produce por lazos de realimentación con el transistor de salida del amplificador.

3.6.2 Ruido

Los amplificadores de aislamiento ISO124P que se utilizan para poder aislar las señales de control y medida respecto a la salida, han provocado problemas de ruido en la salida. La base de funcionamiento de estos dispositivos es la conversión tensión-frecuencia, y esa oscilación interactuaba directamente con el amplificador de salida en forma de ruido, que se amplificaba mostrandose en la salida, llegando a ser de +/- 200 mV. La solución adoptada ha sido filtrar la señal de entrada al amplificador con un pequeño filtro RC, que filtra las frecuencias mayores de 16 KHz: $fc = \frac{1}{2\pi RC}$ R22=1KΩ, C22=10nf. Con ello se ha reducido a más de la mitad la amplitud del ruido.

4. Aplicaciones

Dentro de las necesidades del grupo NBI, se han diseñado tres configuraciones distintas para la UPS9 que pueden valer de ejemplo para otras futuras configuraciones:

4.1 Configuración Fuente de Iones NBI, para válvulas piezoeléctricas

El amplificador PA241DW/PA341DW se alimenta con valores de +120V/-30V. Para ello es necesario instalar los convertidores DC/DC U1, U2, U3, U4 y U5. (30 voltios entre los pines de salida de cada TEN3-2423). La referencia a 0 voltios se consigue colocando un puente entre los pines 2-3 del JP12. Los -30 voltios necesitan otro puente entre los pines 1-2 del JP13. El puente JP4, siempre debe estar puesto.

Señal de entrada: 0V -> 5V.

Ganancia = 20.

Tensión de salida = 0V -> 100V.

La configuración de salida:

R8 = 1KΩ.
R9 = 18KΩ.
R11 = 2KΩ (cursor a 1KΩ).
JP3 no instalado.
JP16 instalado.

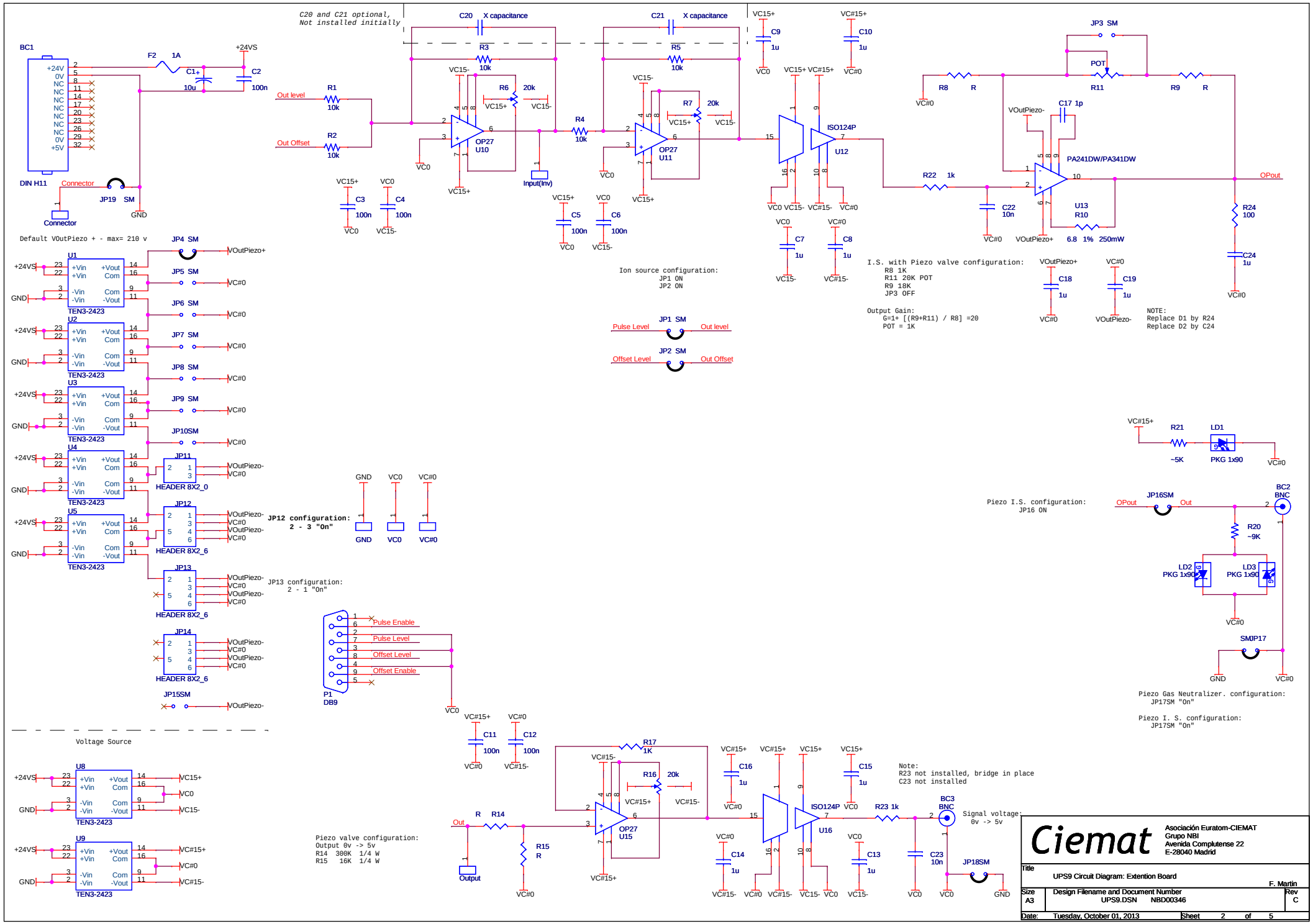
Configuración de la salida de medida:

R14 = 300KΩ.
R15 = 16KΩ.
C23 no instalada.
R23 puenteada.

El bloque de habilitación y enclavamiento no se utiliza por lo que:

U14 no instalado.
U17 no instalado.
K1 no instalado.
D3 no instalado.
R12 no instalada.
R13 no instalada.
R18 no instalada.
R19 no instalada.
JP1 instalado.
JP2 instalado.

Ilustración 14: Configuración para Fuente de Iones con válvula piezoeléctrica.


C20 and C21 optional,
Not installed initially
BC1
DIN H11
Connector
JP19 SM
F2 1A
+24VS
C1+ 10u
C2 100n
GND
Out level
Out Offset
R1 10k
R2 10k
C20 X capacitance
C21 X capacitance
R3 10k
R5 10k
R6 20k
R7 20k
R4 10k
OP27 U10
OP27 U11
Input(Inv)
C3 100n
C4 100n
C5 100n
C6 100n
C9 1u
C10 1u
ISO124P U12
C7 1u
C8 1u
JP3 SM
POT R11
R8 R
R9 R
C17 1p
PA241DW/PA341DW
U13
R10 6.8 1% 250mW
R22 1k
C22 10n
OPout
R24 100
C24 1u
C18 1u
C19 1u
VOutPiezo+
VOutPiezo-
Default VOutPiezo + - max= 210 v
JP4 SM
JP5 SM
JP6 SM
JP7 SM
JP8 SM
JP9 SM
JP10SM
JP11
JP12
JP13
JP14
JP15SM
U1
U2
U3
U4
U5
TEN3-2423
HEADER 8X2_0
HEADER 8X2_6
JP12 configuration:
2 - 3 "On"
JP13 configuration:
2 - 1 "On"
Ion source configuration:
JP1 ON
JP2 ON
Pulse Level
Offset Level
JP1 SM
JP2 SM
Out level
Out Offset
I.S. with Piezo valve configuration:
R8 1K
R11 20K POT
R9 18K
JP3 OFF
Output Gain:
G=1+ [(R9+R11) / R8] =20
POT = 1K
NOTE:
Replace D1 by R24
Replace D2 by C24
R21 ~5K
LD1 PKG 1x90
Piezo I.S. configuration:
JP16 ON
JP16SM
BC2 BNC
R20 ~9K
LD2 PKG 1x90
LD3 PKG 1x90
SMJP17
Piezo Gas Neutralizer. configuration:
JP17SM "On"
Piezo I. S. configuration:
JP17SM "On"
P1 DB9
Pulse Enable
Pulse Level
Offset Level
Offset Enable
Voltage Source
U8
U9
VC15+
VC0
VC15-
VC#15+
VC#0
VC#15-
C11 100n
C12 100n
R17 1K
R16 20k
OP27 U15
R14
R15 R
Output
Piezo valve configuration:
Output 0v -> 5v
R14 300K 1/4 W
R15 16K 1/4 W
C16 1u
C14 1u
ISO124P U16
C15 1u
C13 1u
R23 1k
C23 10n
BC3 BNC
JP18SM
Note:
R23 not installed, bridge in place
C23 not installed
Signal voltage:
0v -> 5v
Ciemat
Asociación Euratom-CIEMAT
Grupo NBI
Avenida Complutense 22
E-28040 Madrid
Title
UPS9 Circuit Diagram: Extention Board
F. Martin
Size A3
Design Filename and Document Number
UPS9.DSN NBD00346
Rev C
Date: Tuesday, October 01, 2013
Sheet 2 of 5

4.2 Configuración Neutralizador NBI, para válvulas piezoelectricas con enclavamiento

El amplificador PA241DW/PA341DW se alimenta con valores de +165V/-15V. Para ello es necesario instalar los convertidores DC/DC U1, U2, U3, U4, U5 y U6. (30 voltios entre los pines de salida de cada TEN3-2423). La referncia a 0 voltios se consigue colocando un puente entre los pines 5-6 del JP13. Los -15 voltios necesitan otro puente entre los pines 1-2 del JP14. El puente JP4, siempre debe estar puesto.

Señal de entrada: 0V -> 10V.

Ganancia = 16.

Tensión de salida = 0V -> 160V.

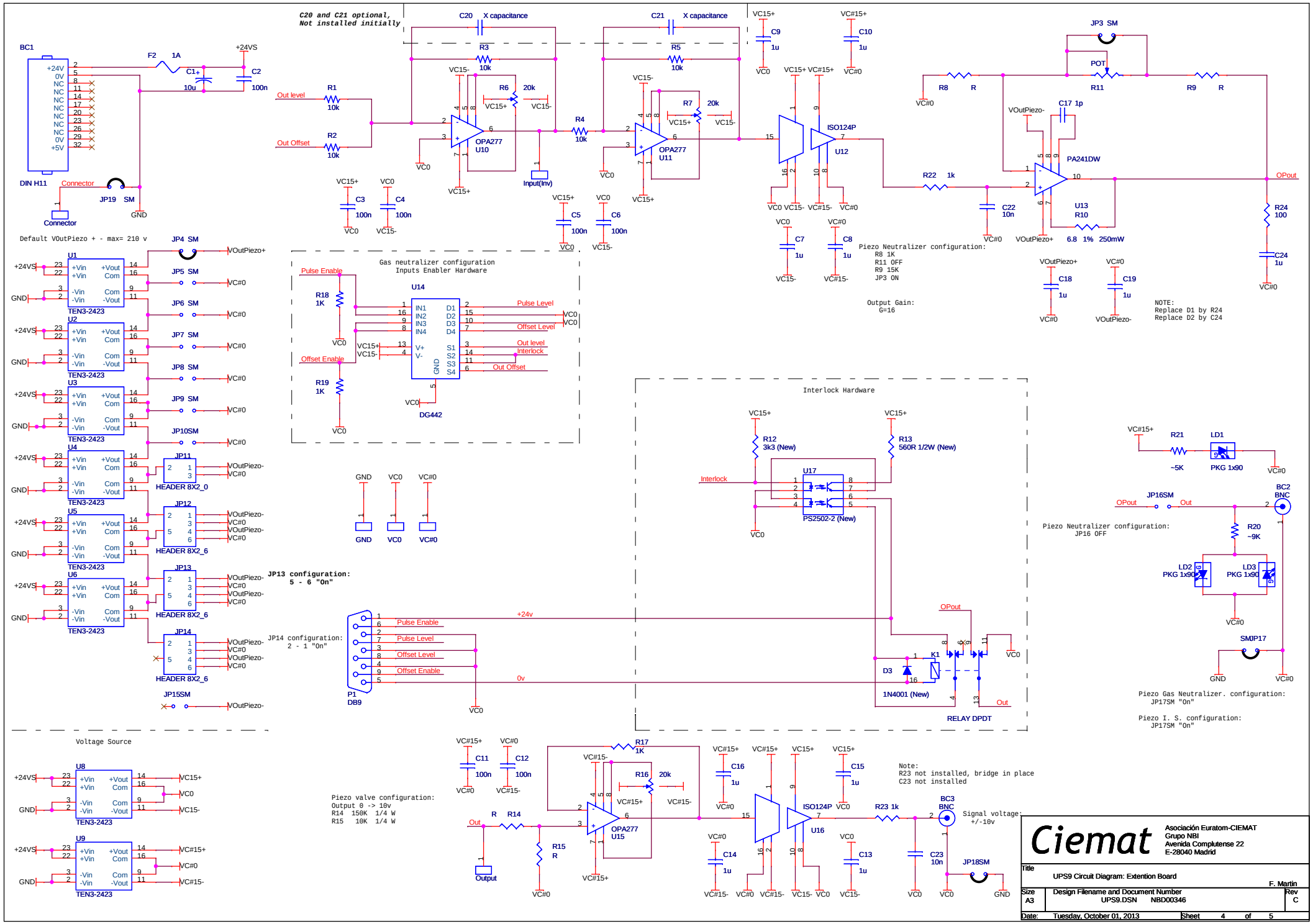
La configuración de salida:

R8 = 1KΩ.
R9 = 15KΩ.
R11 no instalada.
JP3 instalado.
JP16 no intalado.

Configuración de la salida de medida:

R14 = 150KΩ.
R15 = 10KΩ.
C23 no instalado.
R23 puenteada.

Ilustración 15: Configuración para Neutralizador con válvula piezoeléctrica.


C20 and C21 optional,
Not installed initially
BC1
DIN H11
Connector
JP19 SM
GND
F2 1A
+24VS
C1+ 10u
C2 100n
Out level
Out Offset
R1 10k
R2 10k
C20 X capacitance
R3 10k
R6 20k
OPA277 U10
Input(Inv)
C21 X capacitance
R5 10k
R7 20k
OPA277 U11
R4 10k
C3 100n
C4 100n
C5 100n
C6 100n
C9 1u
C10 1u
ISO124P U12
C7 1u
C8 1u
JP3 SM
POT R11
R8 R
R9 R
C17 1p
PA241DW U13
R10 6.8 1% 250mW
R22 1k
C22 10n
OPout
R24 100
C24 1u
C18 1u
C19 1u
Piezo Neutralizer configuration:
R8 1K
R11 OFF
R9 15K
JP3 ON
Output Gain:
G=16
NOTE:
Replace D1 by R24
Replace D2 by C24
Default VOutPiezo + - max= 210 v
U1 TEN3-2423
U2 TEN3-2423
U3 TEN3-2423
U4 TEN3-2423
U5 TEN3-2423
U6 TEN3-2423
JP4 SM
JP5 SM
JP6 SM
JP7 SM
JP8 SM
JP9 SM
JP10SM
JP11 HEADER 8X2_0
JP12 HEADER 8X2_6
JP13 HEADER 8X2_6
JP14 HEADER 8X2_6
JP15SM
VOutPiezo+
VOutPiezo-
JP13 configuration:
5 - 6 "On"
JP14 configuration:
2 - 1 "On"
Gas neutralizer configuration
Inputs Enabler Hardware
U14 DG442
Pulse Enable
Offset Enable
R18 1K
R19 1K
Pulse Level
Offset Level
Out level
Interlock
Out Offset
GND VC0 VC#0
P1 DB9
+24v
0v
Interlock Hardware
R12 3k3 (New)
R13 560R 1/2W (New)
U17 PS2502-2 (New)
D3 1N4001 (New)
K1 RELAY DPDT
OPout
Out
R21 ~5K
LD1 PKG 1x90
JP16SM
BC2 BNC
R20 ~9K
LD2 PKG 1x90
LD3 PKG 1x90
SMJP17
Piezo Neutralizer configuration:
JP16 OFF
Piezo Gas Neutralizer. configuration:
JP17SM "On"
Piezo I. S. configuration:
JP17SM "On"
Voltage Source
U8 TEN3-2423
U9 TEN3-2423
VC15+
VC15-
VC#15+
VC#15-
C11 100n
C12 100n
R17 1K
R16 20k
OPA277 U15
Out
R R14
R15 R
Output
Piezo valve configuration:
Output 0 -> 10v
R14 150K 1/4 W
R15 10K 1/4 W
C16 1u
C14 1u
ISO124P U16
C15 1u
C13 1u
R23 1k
C23 10n
BC3 BNC
JP18SM
Signal voltage:
+/-10v
Note:
R23 not installed, bridge in place
C23 not installed
Ciemat
Asociación Euratom-CIEMAT
Grupo NBI
Avenida Complutense 22
E-28040 Madrid
Title
UPS9 Circuit Diagram: Extention Board
F. Martin
Size A3
Design Filename and Document Number
UPS9.DSN NBD00346
Rev C
Date: Tuesday, October 01, 2013
Sheet 4 of 5

4.3 Configuración Neutralizador NBI, para válvulas solenoides con enclavamiento

El amplificador PA241DW/PA341DW se alimenta con valores de +60V/-60V. Para ello es necesario instalar los convertidores DC/DC U1, U2, U3 y U4. (30 voltios entre los pines de salida de cada TEN3-2423). La referncia a 0 voltios se consigue colocando el puente smd JP8. Los -60 voltios necesitan un puente entre los pines 1-2 del JP12. El puente JP4, siempre debe estar puesto.

Señal de entrada: 0V -> 10V.

Ganancia = 2.5.

Tensión de salida = 0V -> 24V (limitado por el Zener).

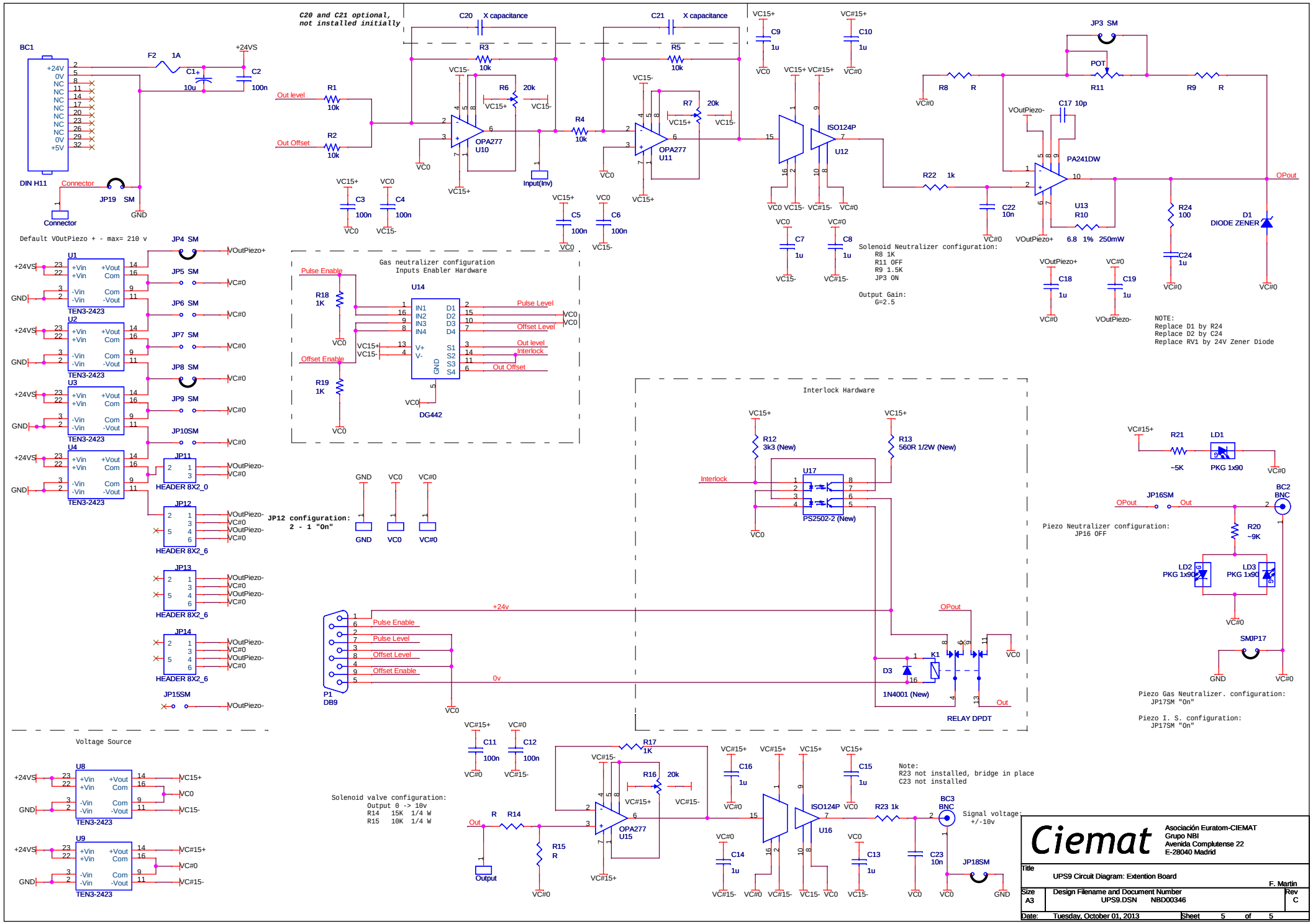
La configuración de salida:

R8 = 1KΩ.
R9 = 1.5KΩ.
R11 no instalada.
JP3 instalado.
JP16 no instalado.

Configuración de la salida de medida:

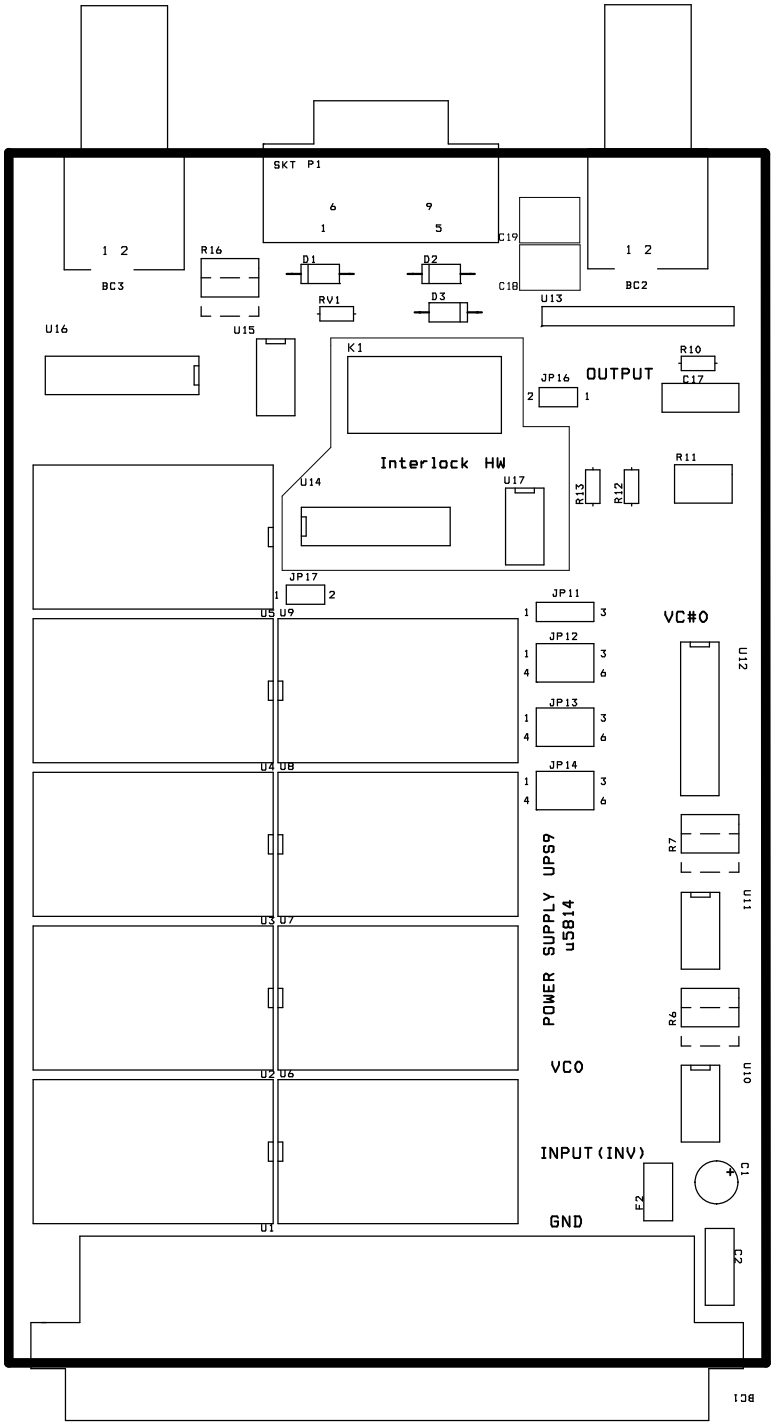
R14 = 15KΩ.
R15 = 10KΩ.
C23 no instalado.
R23 puenteada.

Ilustración 16: Configuración para Neutralizador con válvula solenoide.

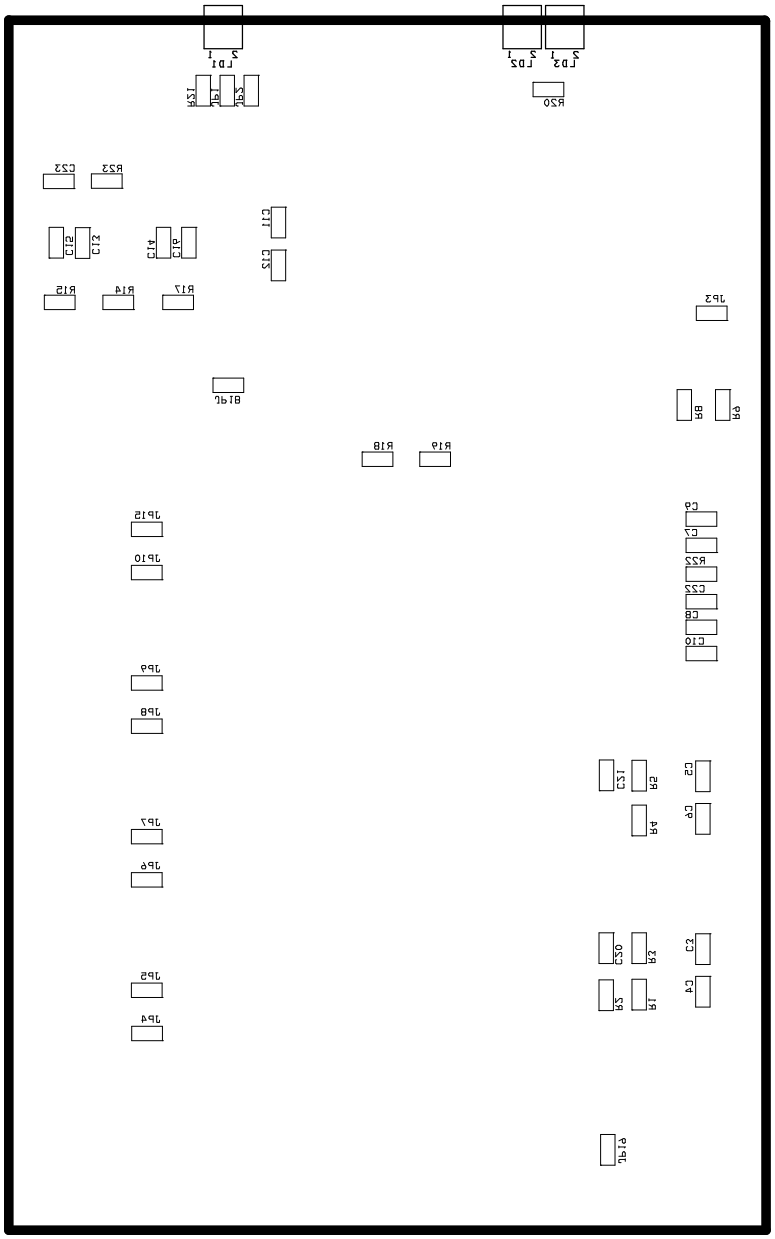

C20 and C21 optional, not installed initially
BC1
DIN H11
Connector
JP19 SM
GND
F2 1A
+24VS
C1+ 10u
C2 100n
Out level
Out Offset
R1 10k
R2 10k
C20 X capacitance
R3 10k
R6 20k
OPA277 U10
Input(Inv)
C21 X capacitance
R5 10k
R7 20k
OPA277 U11
R4 10k
C3 100n
C4 100n
C5 100n
C6 100n
C9 1u
C10 1u
ISO124P U12
C7 1u
C8 1u
JP3 SM
POT R11
R8 R
R9 R
C17 10p
PA241DW
R22 1k
C22 10n
U13 R10 6.8 1% 250mW
R24 100
C24 1u
D1 DIODE ZENER
OPout
C18 1u
C19 1u
Solenoid Neutralizer configuration:
R8 1K
R11 OFF
R9 1.5K
JP3 ON
Output Gain:
G=2.5
NOTE:
Replace D1 by R24
Replace D2 by C24
Replace RV1 by 24V Zener Diode
Default VOutPiezo + - max= 210 v
U1 TEN3-2423
U2 TEN3-2423
U3 TEN3-2423
U4 TEN3-2423
JP4 SM
JP5 SM
JP6 SM
JP7 SM
JP8 SM
JP9 SM
JP10SM
JP11 HEADER 8X2_0
JP12 HEADER 8X2_6
JP13 HEADER 8X2_6
JP14 HEADER 8X2_6
JP15SM
JP12 configuration:
2 - 1 "On"
Gas neutralizer configuration
Inputs Enabler Hardware
Pulse Enable
Offset Enable
R18 1K
R19 1K
U14 DG442
Pulse Level
Offset Level
Out level
Interlock
Out Offset
Interlock Hardware
R12 3k3 (New)
R13 560R 1/2W (New)
U17 PS2502-2 (New)
D3 1N4001 (New)
K1
RELAY DPDT
R21 ~5K
LD1 PKG 1x90
JP16SM
BC2 BNC
R20 ~9K
LD2 PKG 1x90
LD3 PKG 1x90
SMJP17
Piezo Neutralizer configuration:
JP16 OFF
Piezo Gas Neutralizer. configuration:
JP17SM "On"
Piezo I. S. configuration:
JP17SM "On"
P1 DB9
+24v
0v
Voltage Source
U8 TEN3-2423
U9 TEN3-2423
C11 100n
C12 100n
R17 1K
R16 20k
OPA277 U15
R14
R15 R
Output
Solenoid valve configuration:
Output 0 -> 10v
R14 15K 1/4 W
R15 10K 1/4 W
C16 1u
C14 1u
ISO124P U16
C15 1u
C13 1u
R23 1k
C23 10n
BC3 BNC
JP18SM
Note:
R23 not installed, bridge in place
C23 not installed
Signal voltage:
+/-10v
Ciemat
Asociación Euratom-CIEMAT
Grupo NBI
Avenida Complutense 22
E-28040 Madrid
Title
UPS9 Circuit Diagram: Extention Board
F. Martin
Size A3
Design Filename and Document Number
UPS9.DSN NBD00346
Rev C
Date: Tuesday, October 01, 2013
Sheet 5 of 5

5. Layout UPS9

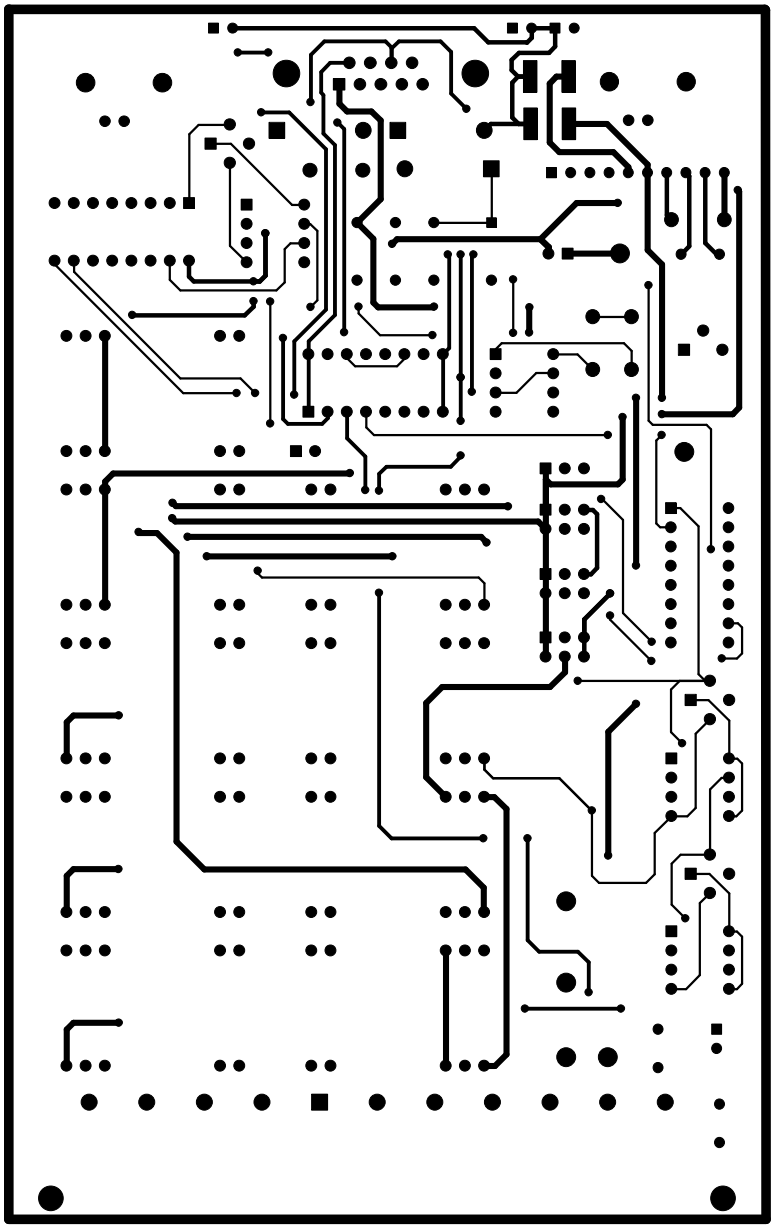
Top Layer Components



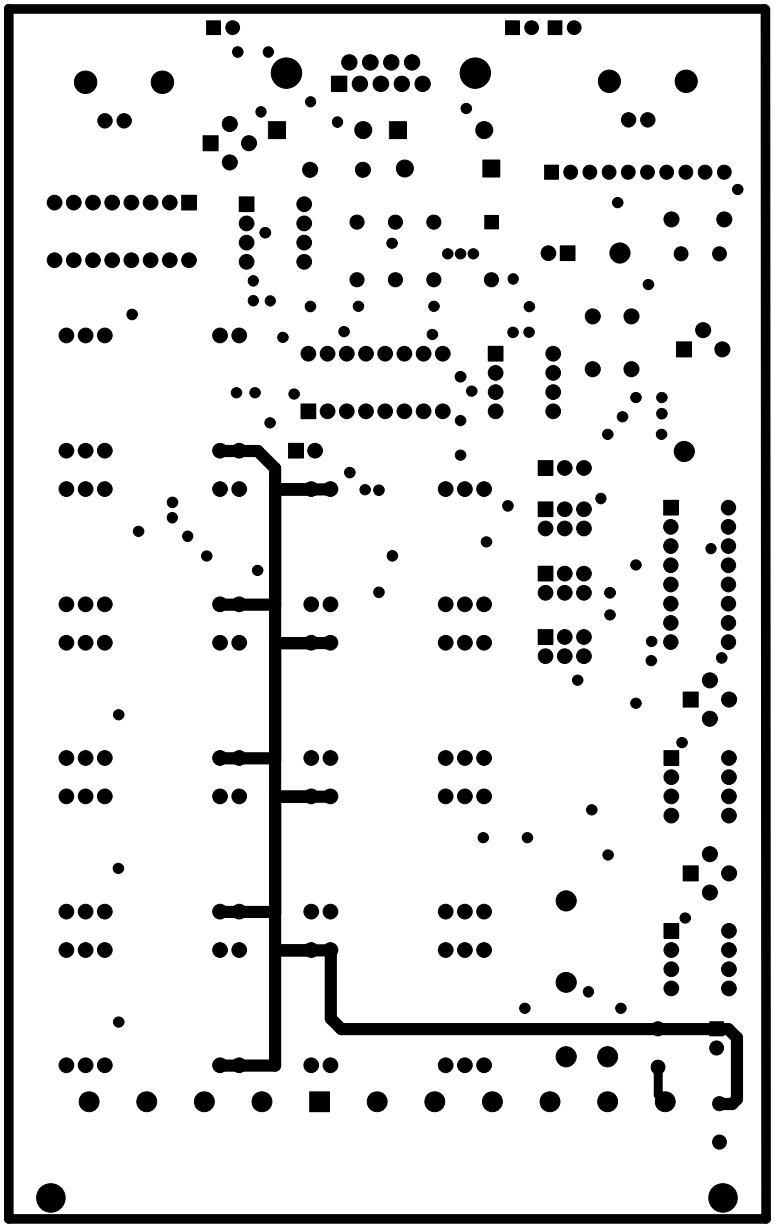
Bottom Layer Components



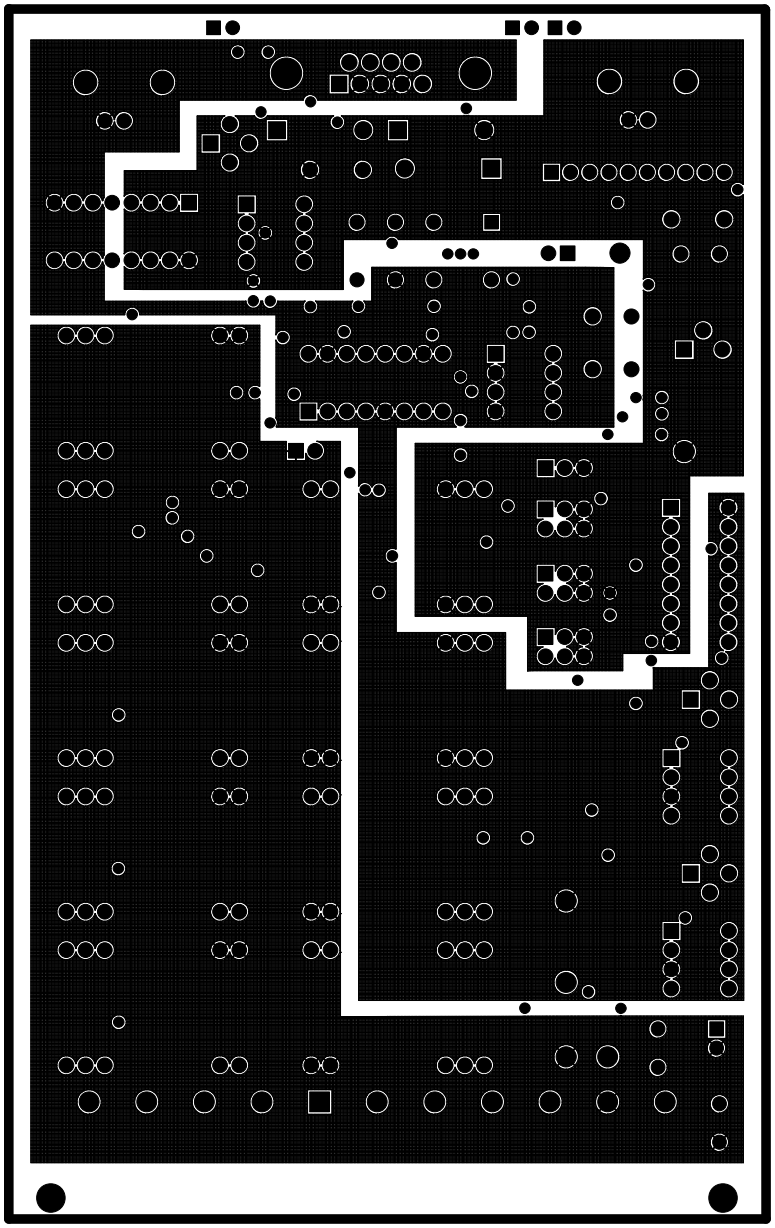
TOP LAYER



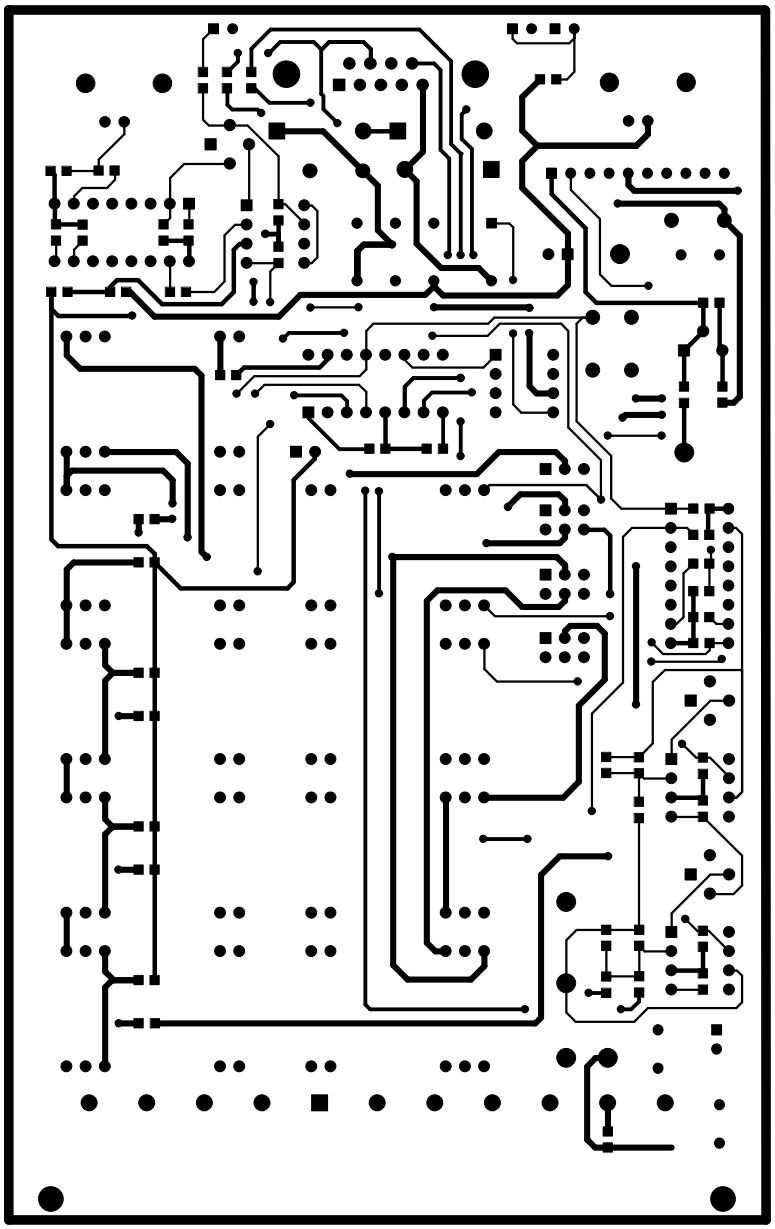
PWR LAYER



GND LAYER



BOTTOM LAYER

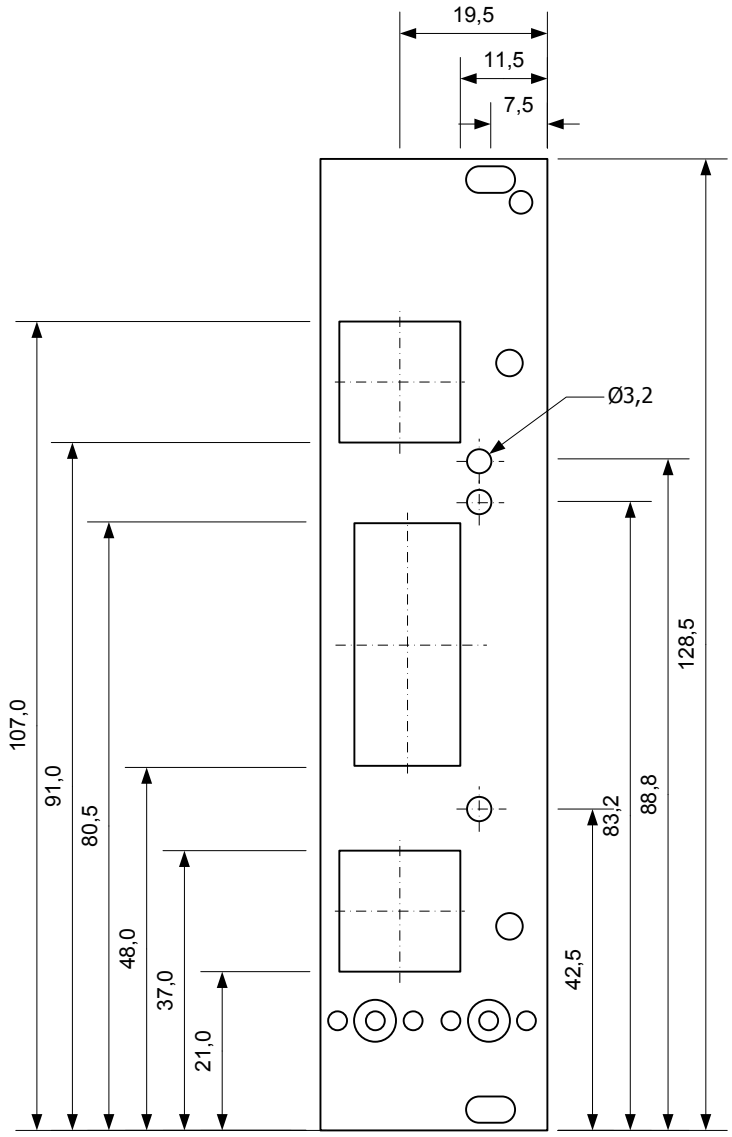


6. Listado de componentes

Reference	Part	VNom	Description	Observation
1	1	BC1	DIN H11	
2	2	BC2,BC3	BNC	
3	6	VC0,VC#0,Output,Input(Inv),GND	TEST POINT	
4	1	C1	10u	
5	6	C3,C4,C5,C6,C11,C12	100n	SMD 0805
6	8	C7,C8,C9,C10,C13,C14,C15,C16, C22, C23	1u	SMD 0805
7	2	C18,C19	1u	SMD 2220
8	1	C2	100n	
9	1	C17	To be determined by the design	
10	2	C20,C21	X capacitance	SMD 0805
11	2	D1,D2	To be determined by the design	
12	1	D3	1N4001	
13	1	F2	1A	
14	13	JP1,JP2,JP3,JP4,JP5,JP6,JP7,JP8,JP9,JP10,JP15,JP18,JP19	SM Solder	Manual solder
15	2	JP16, JP17	HEADER 1X2	
16	1	JP11	HEADER 1X3	
17	3	JP12,JP13,JP14	HEADER 2X3	
18	1	K1	RELAY DPDT	Relay MT2-C93431, Company: TE Connectivity
19	3	LD1,LD2,LD3	PKG 1x90	
20	1	P1	DB9 F	
21	1	RV1	To be determined by the design	
22	5	R1,R2,R3,R4,R5	10k	SMD 0805
23	3	R6,R7,R16	20k (POT)	
24	6	R8,R9,R14,R15,R18,R19	R	SMD 0805
25	1	R10	6.8 1% 250mW	
26	1	R11	20k (POT)	
27	1	R12	3k3	
28	1	R13	560R 1/2W	
29	1	R17	1K	SMD 0805
30	1	R20	~9K	SMD 0805
31	1	R21	~5K	SMD 0805
32	9	U1,U2,U3,U4,U5,U6,U7,U8,U9	TEN3-2423	
33	3	U10,U11,U15	OP27	
34	2	U12,U16	ISO124P	
35	1	U13	PA241DW/PA341DW	
36	1	U14	DG442	
37	1	U17	KB825 (Optocouplers)	

Tabla 3: Listado de componentes.

7. Anexo: UPS9 Front Panel Serigraphy



Rear View

		UPS9 Front Panel			
		Asociación Euratom-Ciemat Grupo NBI Avenida Complutense 22 E-28040 Madrid			
		TAMAÑO: A4P	NOMBRE DE ARCHIVO: UPS9.VSD	Nº DIBUJO: NBD00347	REV.: A
DIBUJADO POR: F. Martín	FECHA: 02/07/2012	ESCALA: 1:1	F. Martín	HOJA: 1 DE 2	

POWER SOURCE

PS
OUT

Level -

Level +

CONTROL
INPUTS

UPS9
ON

SIGNAL

UPS9/0001

POWER SOURCE

PS
OUT

Level -

Level +

CONTROL
INPUTS

UPS9
ON

SIGNAL

UPS9/0002

POWER SOURCE

PS
OUT

Level -

Level +

CONTROL
INPUTS

UPS9
ON

SIGNAL

UPS9/0003

POWER SOURCE

PS
OUT

Level -

Level +

CONTROL
INPUTS

UPS9
ON

SIGNAL

UPS9/0004

POWER SOURCE

PS
OUT

Level -

Level +

CONTROL
INPUTS

UPS9
ON

SIGNAL

UPS9/0005

1135-9420