



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Trabajo Fin de Grado

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles

PLANOS

Autor:

Pedro Fco Fernández Muñoz

Tutor:

Sergio García-Nieto Rodríguez

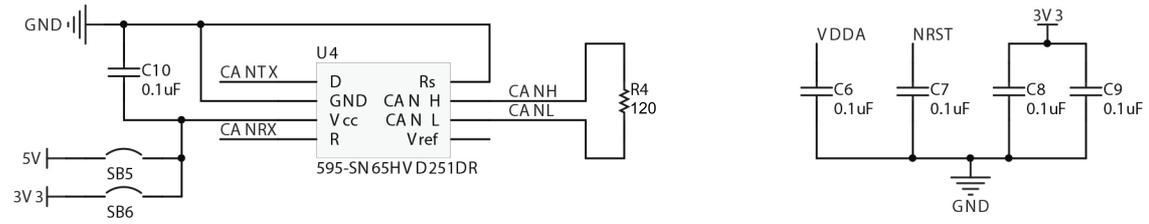
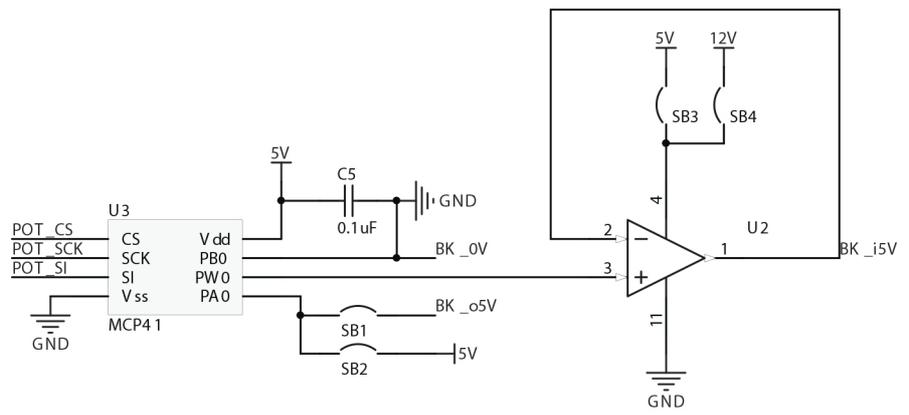
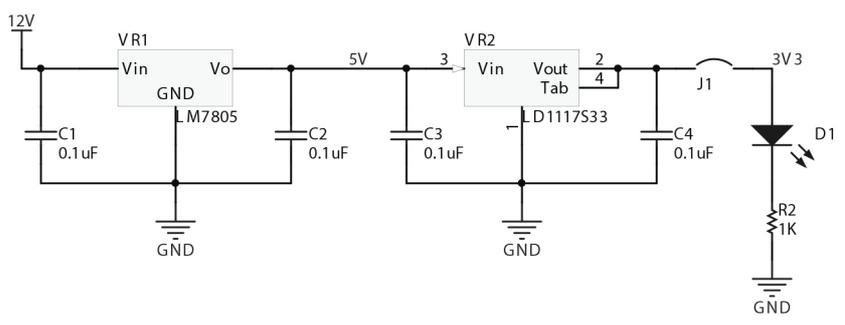
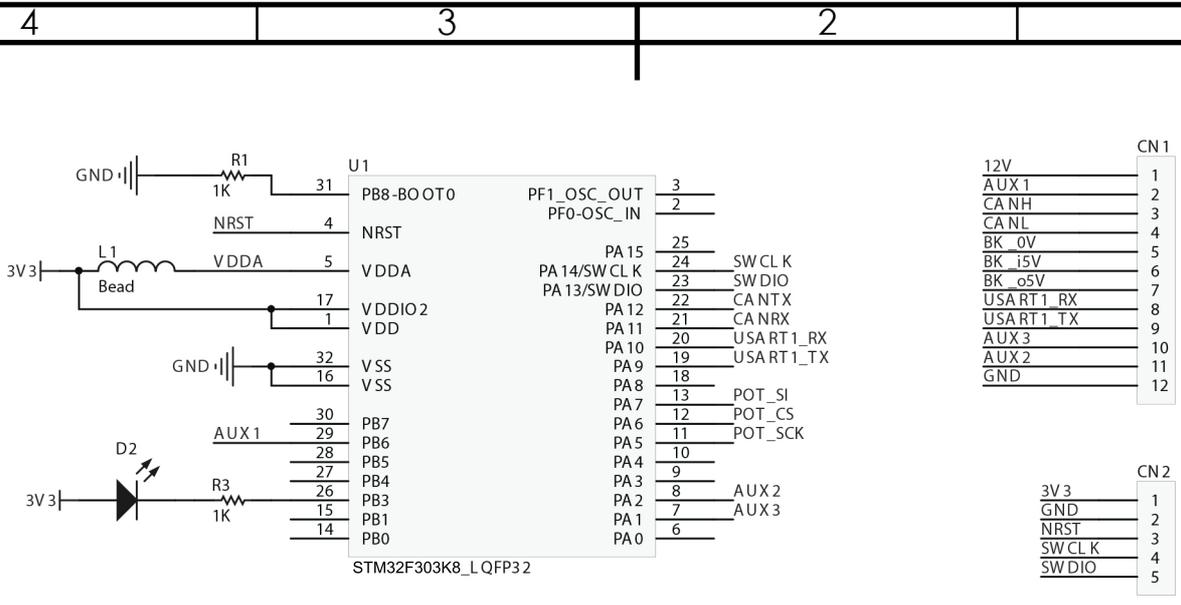
Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática



Valencia, mayo 2017

ÍNDICE

Esquemático	1
Capa superior	2
Capa inferior	3
Máscara de soldadura superior	4
Máscara de soldadura inferior	5
Pads capa superior	6
Pads capa inferior	7
Stencil superior	8
Stencil inferior	9
Serigrafía superior	10
Serigrafía inferior	11
Taladros	12
Lista de materiales	13
Carcasa. Parte superior	14
Carcasa. Parte inferior	15



TÍTULO: **Esquemático**

AUTOR: Pedro Fco Fernández FECHA: 09/04/2017 TAMAÑO: A4 ESCALA: HOJA: 1 de 15

PROYECTO: Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.



4

3

2

1

F

F

E

E

D

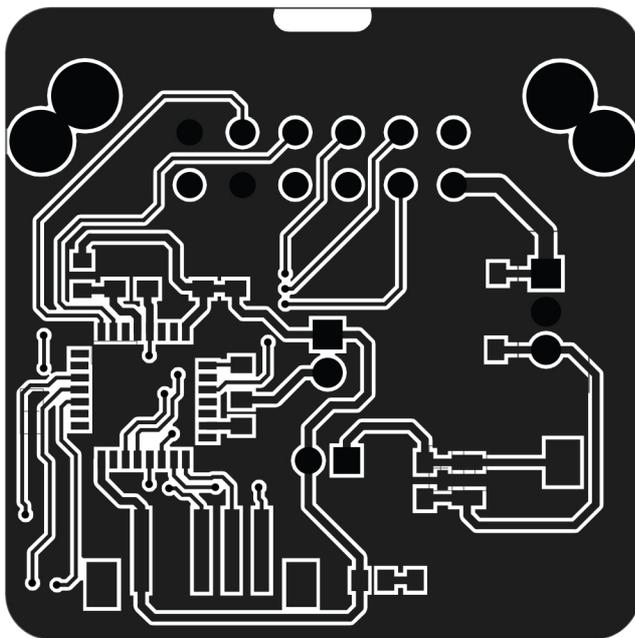
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Capa superior



A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 2 de 15

A

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

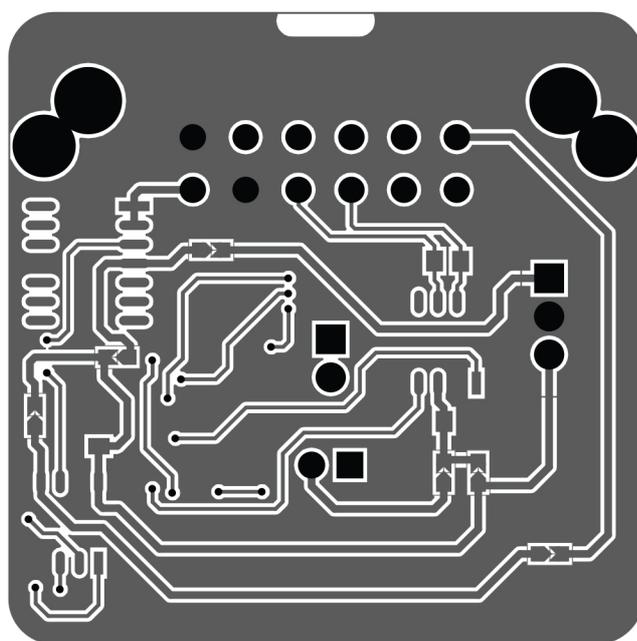
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Capa inferior



A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 3 de 15

A

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

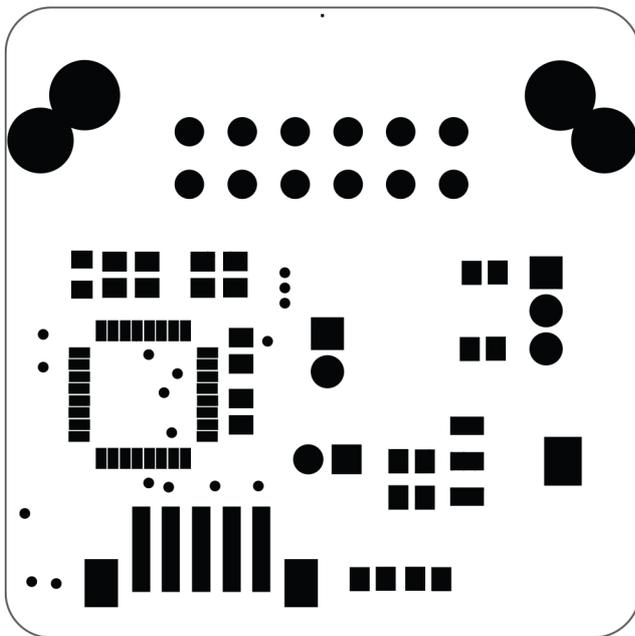
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Máscara de soldadura superior



A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 4 de 15

A

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

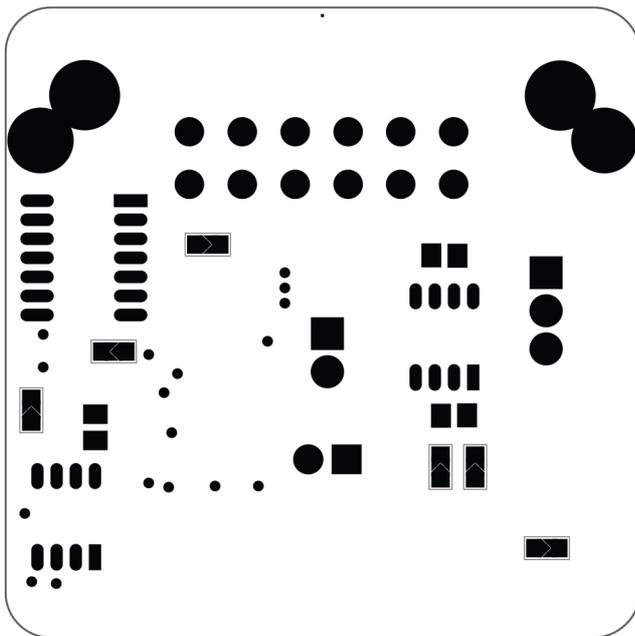
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Máscara de soldadura superior



A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 5 de 15

A

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

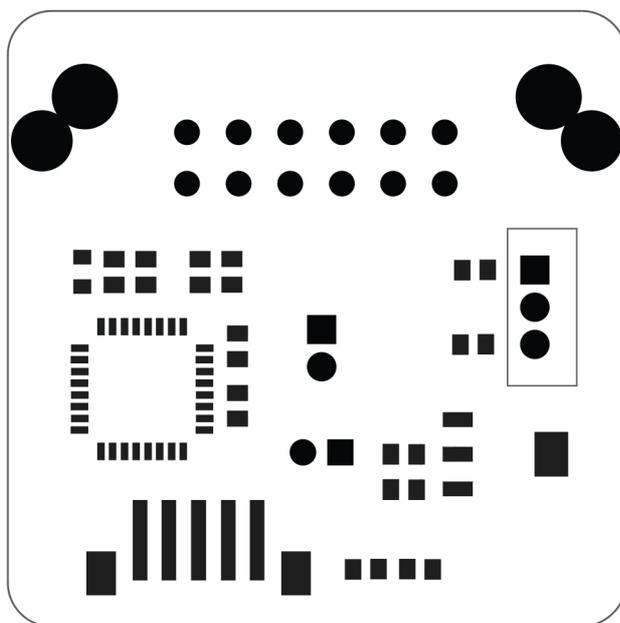
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Pads capa superior



A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 6 de 15

A

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

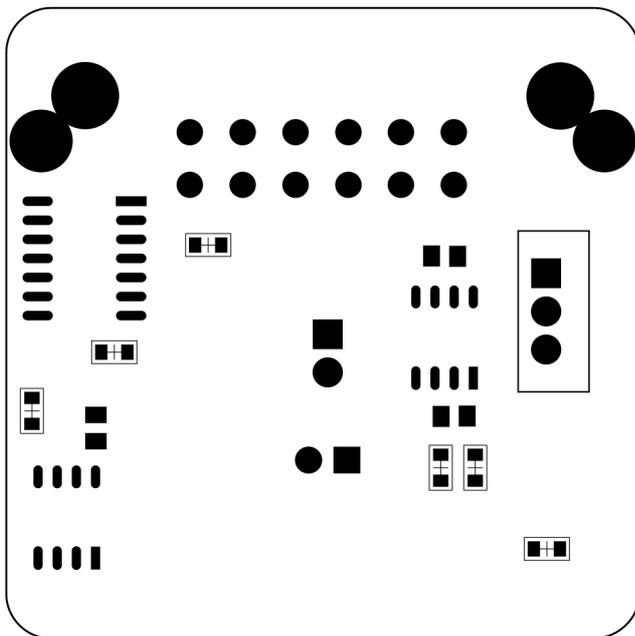
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Pads capa inferior



A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 7 de 15

A

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

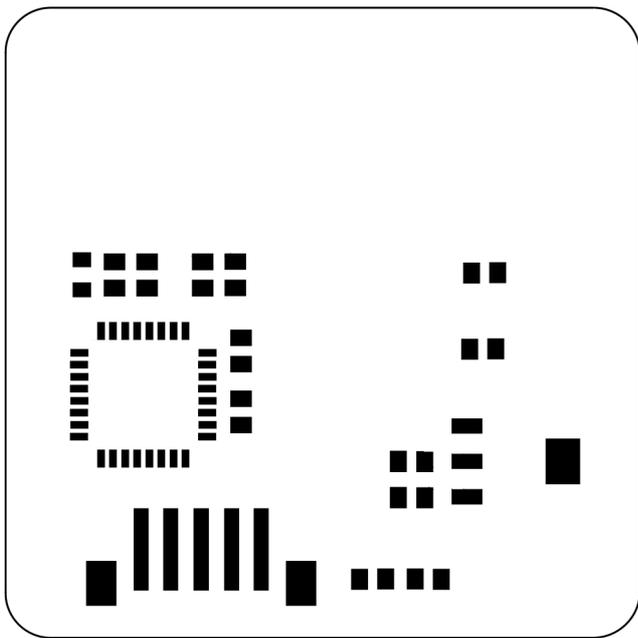
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Stencil superior



A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 8 de 15

A

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

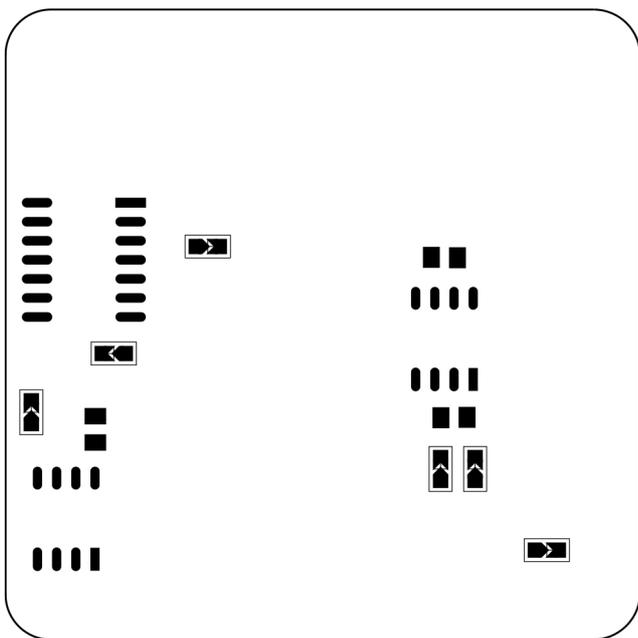
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Stencil inferior



A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 9 de 15

A

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

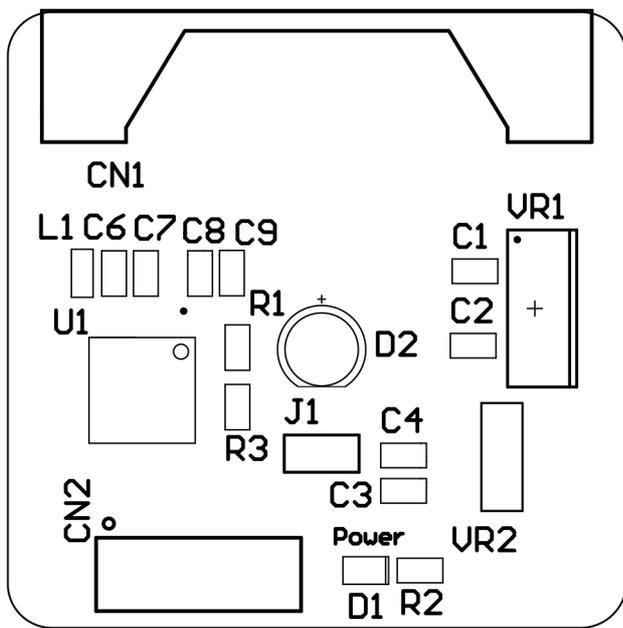
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Serigrafía superior



A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 10 de 15

A

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

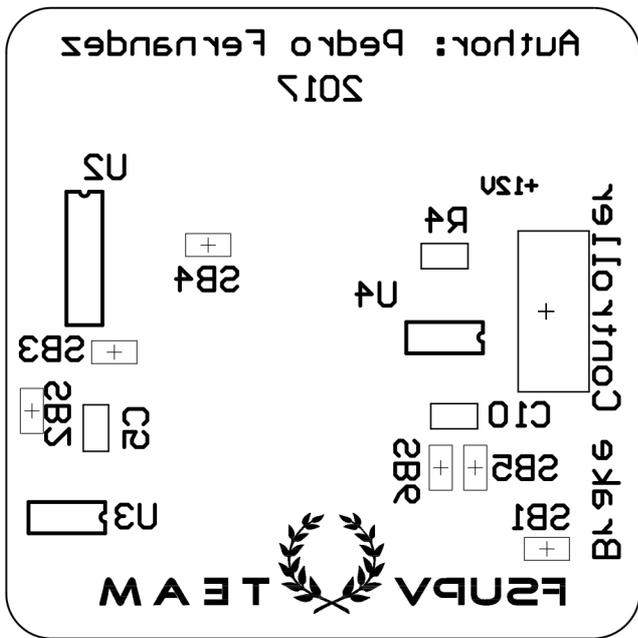
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Serigrafía inferior



AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 11 de 15

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

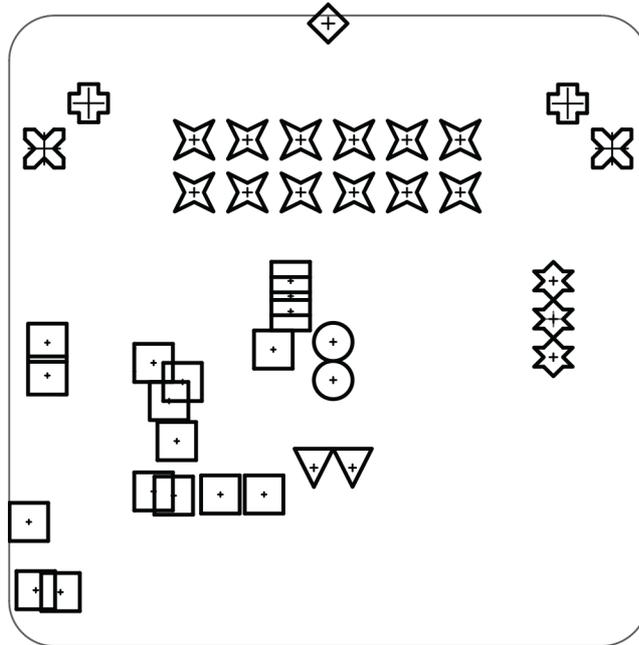
C

B

B

A

A



Symbol	Hit Count	Finished Hole Size	Plated	Hole Type	Physical Length	Rout Path Length
◇	1	1.600mm (62.99mil)	PTH	Slot	6.000mm (236.22mil)	4.400mm (173.23mil)
○	2	0.800mm (31.50mil)	PTH	Round		
▽	2	0.900mm (35.43mil)	PTH	Round		
⊕	2	4.000mm (157.48mil)	PTH	Round		
⊗	2	4.200mm (165.35mil)	PTH	Round		
⊛	3	1.000mm (39.37mil)	PTH	Round		
⊠	12	1.200mm (47.24mil)	PTH	Round		
□	17	0.300mm (11.81mil)	PTH	Round		
	41 Total					

TÍTULO:

Taladros

FSUPV TEAM

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 12 de 15

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

4

3

2

1

F

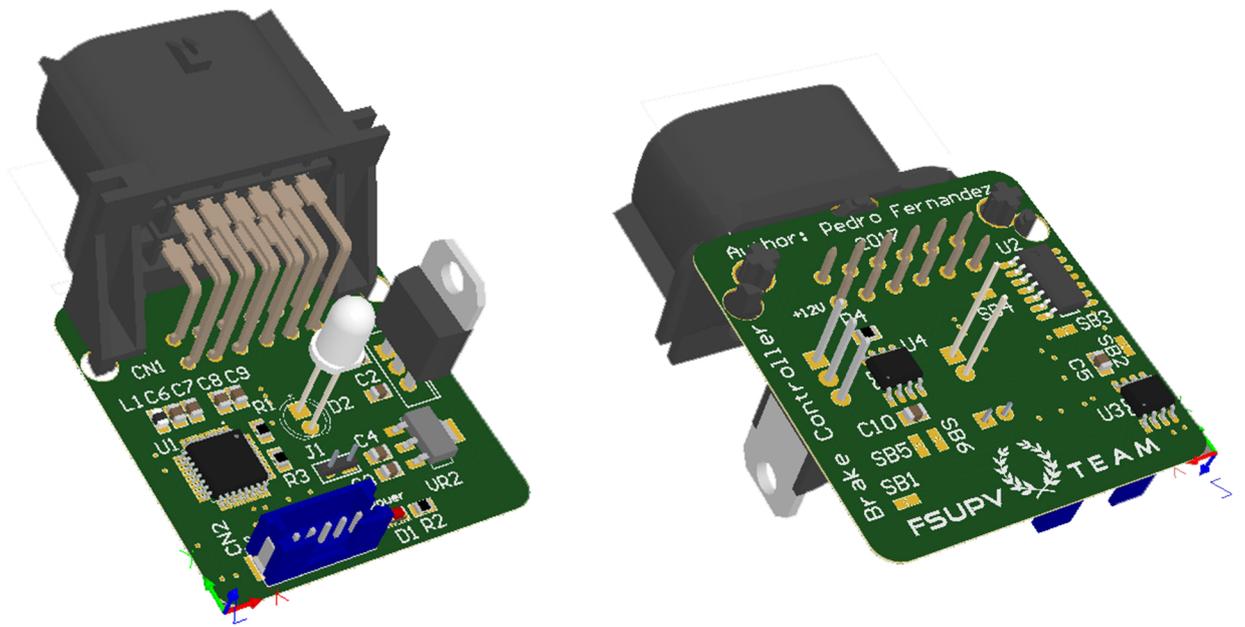
F

E

E

D

D



C

C

B

B

Designador	Descripción	Fabricante	Modelo	Ref.	Cantidad
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10	Condensador	KEMET	0.1 uF	C0805C104M5RACTU	10
R1, R2, R3	Resistencia	Yageo	1 K Ω	RC0805FR-071KL	3
R4	Resistencia	Yageo	120 Ω	RC0805JR-07120RL	1
D1	LED	Kingbright	5mm rojo	WP710A10ID5V	1
D2	LED	OSRAM	rojo	LG Q396-PS-35	1
L1	Bead	KEMET	33 Ω	Z0805C330BPWST	1
VR1	Regulador de voltaje 5 V	ON Semiconductor	7805T	NCP7805TG	1
VR2	Regulador de voltaje 3.3 V	STMicroelectronics	LD1117S33	LD1117S33TR	1
J1	Jumper	TE Connectivity	2x1	826936-2	1
CN1	Conector	Molex	MX120G	36792-1201	1
CN2	Conector	JST	PH x5	B5B-PH-SM4-TB	1
U1	Microcontrolador	STMicroelectronics	STM32F303K8	STM32F303K8T6	1
U2	Amp. Operacional Quad	Texas Instruments	LM324	LM324MX/NOPB	1
U3	Potenciómetro digital	Microchip	MCP41010	MCP41010-I/SN	1
U4	Transceptor CAN	Texas Instruments	SN65HVD251	SN65HVD251DR	1

TÍTULO:

Lista de materiales

FSUPV  TEAM

A

A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 13 de 15

PROYECTO:

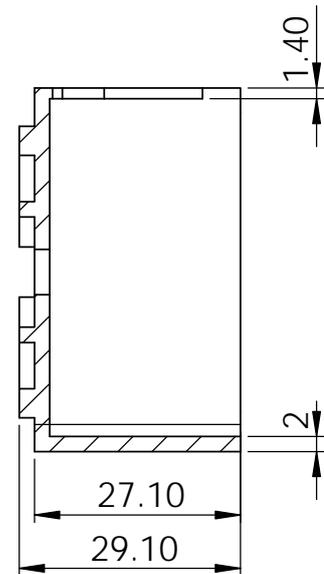
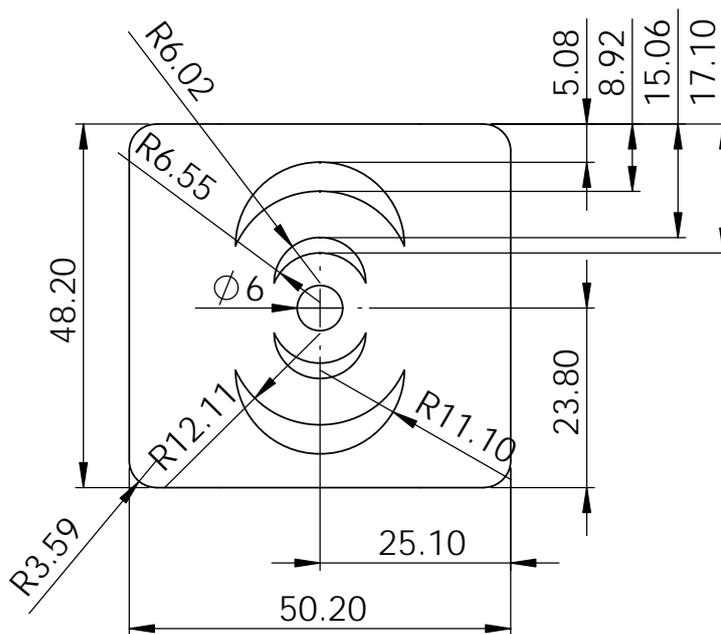
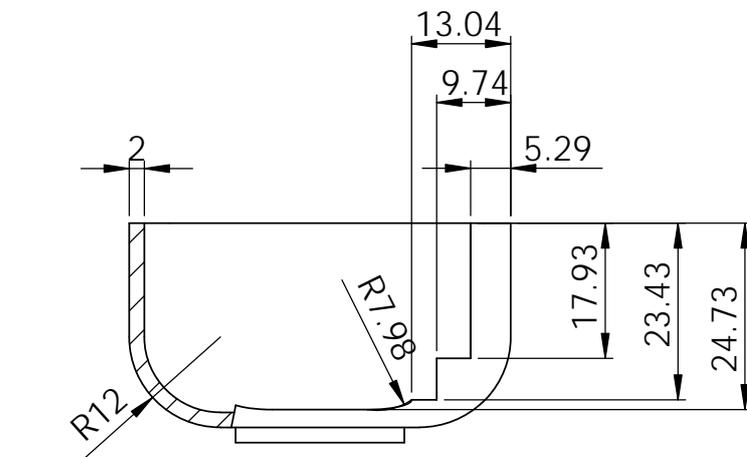
Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1



TÍTULO:

Carcasa. Parte superior



AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 1:1

HOJA: 14 de 15

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1

F

F

E

E

D

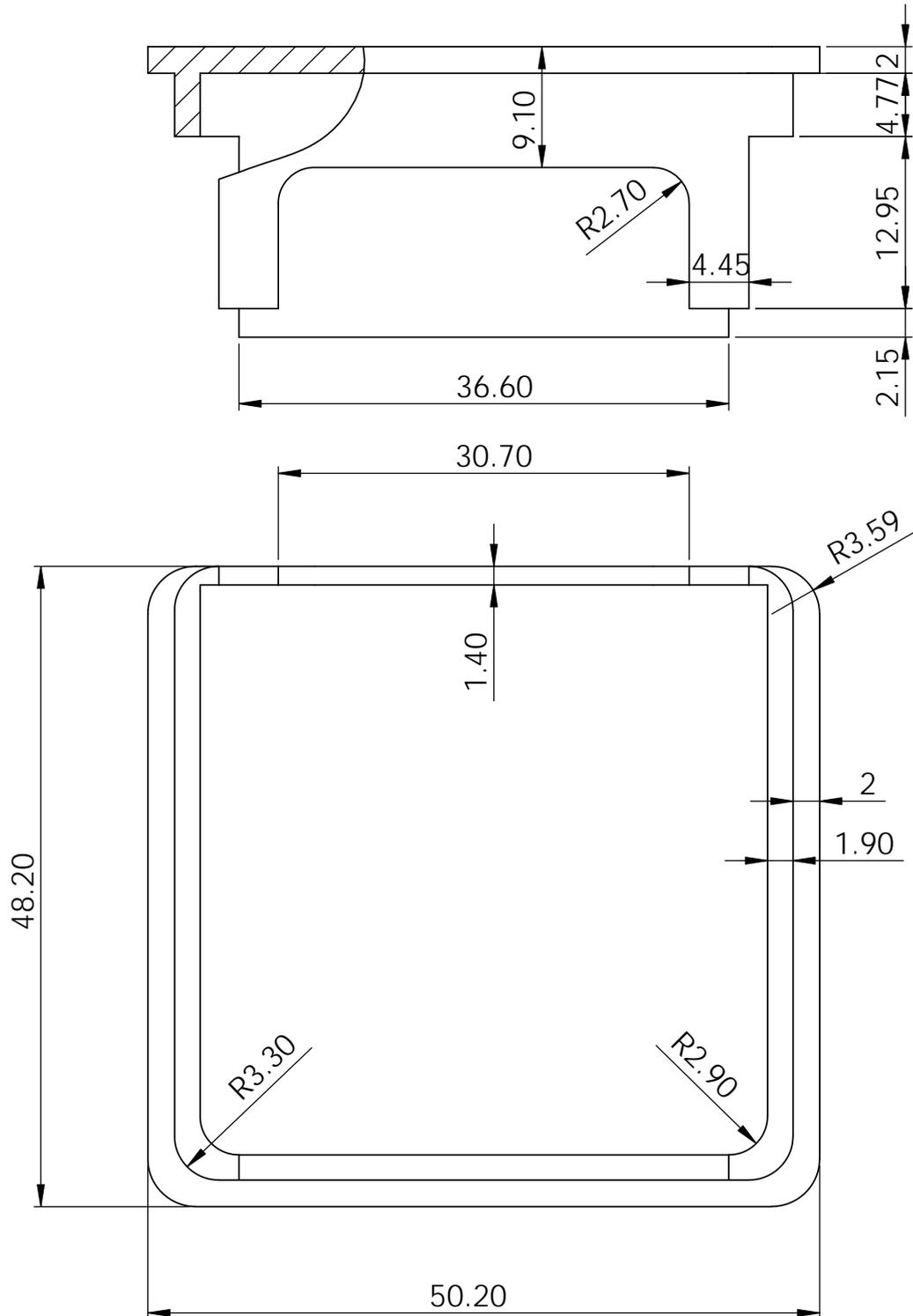
D

C

C

B

B



TÍTULO:

Carcasa. Parte inferior



A

AUTOR: Pedro Fco Fernández

FECHA: 09/04/2017

TAMAÑO: A4

ESCALA: 2:1

HOJA: 15 de 15

A

PROYECTO:

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles.

4

3

2

1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Trabajo Fin de Grado

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles

PRESUPUESTO

Autor:

Pedro Fco Fernández Muñoz

Tutor:

Sergio García-Nieto Rodríguez

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática



Valencia, mayo 2017

ÍNDICE

Introducción	1
1. Precios de la mano de obra	2
2. Precios de materiales	3
2.1. Desarrollo	3
2.2. Fabricación	3
3. Precios unitarios	5
3.1. Estudio del sistema	5
3.2. Diseño y desarrollo del control	5
3.3. Desarrollo del <i>hardware</i>	5
3.4. Desarrollo del <i>software</i>	5
3.5. Diseño de la carcasa y ensamblaje	5
4. Precios descompuestos	6
4.1. Cálculo de horas por tarea	6
4.1.1. Estudio del sistema	6
4.1.2. Diseño y desarrollo del control	6
4.1.3. Desarrollo del <i>hardware</i>	7
4.1.4. Desarrollo del <i>software</i>	8
4.1.5. Diseño de la carcasa y ensamblaje	8
4.2. Precios descompuestos	9
4.2.1. Estudio del sistema	9
4.2.2. Diseño y desarrollo del control	9
4.2.3. Desarrollo del <i>hardware</i>	10
4.2.4. Desarrollo del <i>software</i>	12
4.2.5. Diseño de la carcasa y ensamblaje	14
5. Presupuesto parcial	15
5.1. Estudio del sistema	15
5.2. Diseño y desarrollo del control	15
5.3. Desarrollo del <i>hardware</i>	15
5.4. Desarrollo del <i>software</i>	15
5.5. Diseño de la carcasa y ensamblaje	16
6. Presupuesto total	17

INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo proporcionar toda la información detallada del coste de ejecución del proyecto: “Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles”.

En las próximas páginas se indican con detalle los costes de la mano de obra, así como de los materiales empleados. Después, se exponen las unidades de obra en las que se ha dividido el proyecto y su coste.

Las unidades de obra se han organizado en cinco grupos que a continuación se detallan:

- Estudio del sistema
 - o Estudio e ingeniería inversa del módulo de potencia
 - o Estudio e ingeniería inversa del controlador manual
- Diseño y desarrollo del control
 - o Modelado del sistema de frenado
 - o Diseño del controlador
 - o Ajuste fino en planta
- Desarrollo del *hardware*
 - o Diseño de la placa de circuito impreso
 - o Montaje de la placa de circuito impreso
 - o Testeo de la placa de circuito impreso
- Desarrollo del *software*
 - o Programación del dispositivo
 - o Implementación del algoritmo de control
 - o Depuración del código
- Diseño de la carcasa y ensamblaje
 - o Diseño de la carcasa
 - o Ensamblaje

1. PRECIOS DE LA MANO DE OBRA

En este apartado se calcula el coste de los distintos empleados que intervendrán en la ejecución del proyecto. Para ello se partirá del salario bruto mensual, a partir del cual se calcula el salario bruto anual que percibirá cada tipo de trabajador. A este se le aplica el 33% de la cotización a la seguridad social, se obtiene el precio total del profesional al año. Seguidamente se reparte este precio entre las horas laborables del año y se obtendrá el coste/hora de cada uno.

Para la ejecución se contratará a un ingeniero electrónico que realizará labores de estudio electrónico, modelado del sistema, diseño, programación etc. También se empleará un técnico con conocimientos de electrónica para llevar a cabo otras tareas como la fabricación y ensamblaje.

El cuadro resumen de cálculos y coste final por hora queda:

	Ingeniero electrónico	Técnico
Salario bruto mensual (€/mes)	4000	1700
Horas de trabajo al día	8	8
Días laborables por mes	20	20
Salario (€/h)	25	10.63
Salario anual	48000	20400
33% de Seguridad social	15840	6732
Coste anual	63840	27132
Precio(€/h)	33.25	14.13

2. PRECIOS DE MATERIALES

A continuación se detallan los precios de los materiales empleados para el desarrollo y fabricación del proyecto.

2.1. DESARROLLO

Materiales	Precio (€/ud)
Osciloscopio Rigol DS1052E	373.08
Multímetro UNI-T UT139C	39.1
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	979
Placa de desarrollo STM32F303K8	9.98
Kit de herramientas Proskit	56.05
Rollo de cable 25m 0.5 mm	4.65
Cable USB-micro USB	2.25
Cable USB-mini USB	1.25
Extensor cable USB	1.95
Conversor serie-USB	16.09
Cinta aislante 3M	0.99
Placa preperforada	2.51
Amplificador operacional LM324	0.64
Potenciómetro digital MCP41010	1.344
Transceptor CAN SN65HVD251	2.67
Licencia gratuita Keil uVision	0
Licencia estudiante Altium Designer	0
Licencia estudiante MATLAB	0
Licencia estudiante Solidworks	0
Fuente de alimentación ps3005	76.71
Placa Protoboard	5.95
Programador externo ST-Link V2	20.75

2.2. FABRICACIÓN

Materiales	Precio (€/ud)
Condensadores 0.1 uF	0.09
Resistencias 1Kohm y 120 ohm	0.09
Diodo LED 5mm Kingbright	0.80
Diodo LED SMD OSRAM	0.24

Bead 33 ohm KEMET	0.10
Regulador de voltaje 5 V 7805T	1.24
Regulador de voltaje 3.3 V LD1117S33	0.42
Jumper	0.42
Conector Molex MX120G	2.07
Conector JST PH x5	0.28
Microcontrolador STM32F303K8	3.23
Amplificador operacional LM324	0.64
Potenciómetro digital MCP41010	1.34
Transceptor CAN SN65HVD251	2.67
PCB doble cara	6.42
Carcasa impresión 3D	10.08
Estaño sin plomo 100g Felder	10.15
Flux JBC	8.95
Estación de soldadura LF-389D	69.99
Malla desoldadora Loctite	4.60
Pinzas soldadura Proskit	9.95
Alicates de corte Proskit	4.95

3. PRECIOS UNITARIOS

A continuación se muestran los precios unitarios de cada unidad de obra.

3.1. ESTUDIO DEL SISTEMA

Unidad de obra	Precio (€)
Estudio e ingeniería inversa del módulo de potencia	1775.74
Estudio e ingeniería inversa del controlador manual	75.25

3.2. DISEÑO Y DESARROLLO DEL CONTROL

Unidad de obra	Precio (€)
Modelado del sistema de frenado	1519.31
Diseño del controlador	1111.32
Ajuste fino en planta	2008.93

3.3. DESARROLLO DEL *HARDWARE*

Unidad de obra	Precio (€)
Diseño de la placa de circuito impreso	2937.79
Montaje de la placa de circuito impreso	329.39
Testeo de la placa de circuito impreso	1654.21

3.4. DESARROLLO DEL *SOFTWARE*

Unidad de obra	Precio (€)
Programación del dispositivo	2773.02
Implementación del algoritmo de control	1089.67
Depuración del código	1911.88

3.5. DISEÑO DE LA CARCASA Y ENSAMBLAJE

Unidad de obra	Precio (€)
Diseño de la carcasa	1590.89
Ensamblaje	86.86

4. PRECIOS DESCOMPUESTOS

En este apartado se realiza un cálculo de las horas necesarias de cada empleado para la realización de cada unidad de obra. Para ello, cada unidad de ha desglosado en las tareas que la componen. Seguidamente se presenta una descomposición de los precios por

4.1. CÁLCULO DE HORAS POR TAREA

4.1.1. Estudio del sistema

UNIDAD DE OBRA 1	Estudio e ingeniería inversa del módulo de potencia	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico
Desmontaje completo del módulo	1	0
Análisis del módulo y sus componentes	5	0
Preparación de experimentos	2	0
Pruebas	2	0
TOTAL	10	0

UNIDAD DE OBRA 2	Estudio e ingeniería inversa del controlador manual	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico
Desmontaje completo del módulo	0.5	0
Análisis del módulo y sus componentes	0.5	0
TOTAL	1	0

4.1.2. Diseño y desarrollo del control

UNIDAD DE OBRA 3	Modelado del sistema de frenado	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico
Preparación de experimentos	1	0
Realización de ensayos	5	0
Procesado de datos	2	0
Realización de modelos	4	0
Simulación y otros	2	0
TOTAL	14	0

UNIDAD DE OBRA 4	Diseño del controlador	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico
Diseño	2	0
Simulación	1	0
TOTAL	3	0

UNIDAD DE OBRA 5	Ajuste fino en planta	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico
Diseño de experimentos	1	0
Realización de ensayos	24	0
Procesado de datos	3	0
TOTAL	28	0

4.1.3. Desarrollo del *hardware*

UNIDAD DE OBRA 6	Diseño de la placa de circuito impreso	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico
Elección componentes	5	0
Diseño de prototipo	2	0
Montaje de prototipo	5	0
Testeo del prototipo	2	0
Diseño esquemático	4	0
Diseño PCB	15	0
Revisión y comprobaciones	1	0
TOTAL	39	0

UNIDAD DE OBRA 7	Montaje de la placa de circuito impreso	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico
Revisión PCB	0	1
Montaje y soldadura	0	5
TOTAL	0	6

UNIDAD DE OBRA 8	Testeo de la placa de circuito impreso	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico
Revisión montaje	0	1
Conexión y pruebas	3	0
TOTAL	3	1

4.1.4. Desarrollo del *software*

UNIDAD DE OBRA 9		Programación del dispositivo	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico	
Desarrollo de módulos para los componentes	8	0	
Desarrollo del programa principal	8	0	
Desarrollo adquisición de datos	4	0	
Desarrollo sistema de grabación y transmisión	16	0	
TOTAL	36	0	

UNIDAD DE OBRA 10		Implementación del algoritmo de control	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico	
Implementación	1	0	
Verificación	1	0	
TOTAL	2	0	

UNIDAD DE OBRA 11		Depuración del código	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico	
Depuración programa principal	1	0	
Depuración potenciómetro digital	4	0	
Depuración bus CAN	6	0	
TOTAL	11	0	

4.1.5. Diseño de la carcasa y ensamblaje

UNIDAD DE OBRA 12		Diseño de la carcasa	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico	
Diseño	1	0	
Modelado	16	0	
TOTAL	17	0	

UNIDAD DE OBRA 13		Ensamblaje	
TAREAS	Horas ingeniero	Horas técnico	
Revisión carcasa y retoque de imperfecciones	0	2.9	
Ensamblaje	0	0.1	
TOTAL	0	2	

4.2. PRECIOS DESCOMPUESTOS

4.2.1. Estudio del sistema

UNIDAD DE OBRA 1		Estudio e ingeniería inversa del módulo de potencia		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)	
Mano de obra ingeniero	10	33.25	332.50	
Osciloscopio Rigol DS1052E	1	373.08	373.08	
Multímetro UNI-T UT139C	1	39.1	39.10	
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	1	979	979.00	
Total antes de costes			1723.68	
Costes directos (1%)			17.24	
Costes indirectos (2%)			34.82	
TOTAL			1775.74	

UNIDAD DE OBRA 2		Estudio e ingeniería inversa del controlador manual		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)	
Mano de obra ingeniero	1	33.25	33.25	
Multímetro UNI-T UT139C	1	39.1	39.10	
Total antes de costes			72.35	
Costes directos (1%)			0.72	
Costes indirectos (2%)			2.18	
TOTAL			75.25	

4.2.2. Diseño y desarrollo del control

UNIDAD DE OBRA 3		Modelado del sistema de frenado		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)	
Mano de obra ingeniero	14	33.25	465.50	
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	1	979	979.00	
Placa de desarrollo STM32F303K8	1	9.98	9.98	
Cable USB-micro USB	1	2.25	2.25	
Extensor cable USB	1	1.95	1.95	
Convertor serie-USB	1	16.09	16.09	
Licencia estudiante MATLAB	1	0	0.00	
Total antes de costes			1474.77	

Costes directos (1%)	14.75
Costes indirectos (2%)	29.79
TOTAL	1519.31

UNIDAD DE OBRA 4	Diseño del controlador		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)
Mano de obra ingeniero	3	33.25	99.75
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	1	979	979
Licencia estudiante MATLAB	1	0	0
Total antes de costes			1078.75
Costes directos (1%)			10.7875
Costes indirectos (2%)			21.79
TOTAL			1111.32

UNIDAD DE OBRA 5	Ajuste fino en planta		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)
Mano de obra ingeniero	28	33.25	931.00
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	1	979	979.00
Programador externo ST-Link V2	1	20.75	20.75
Cable USB-mini USB	1	1.25	1.25
Extensor cable USB	1	1.95	1.95
Convertor serie-USB	1	16.09	16.09
Licencia estudiante MATLAB	1	0	0
Total antes de costes			1950.04
Costes directos (1%)			19.50
Costes indirectos (2%)			39.39
TOTAL			2008.93

4.2.3. Desarrollo del *hardware*

UNIDAD DE OBRA 6	Diseño de la placa de circuito impreso		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)
Mano de obra ingeniero	39	33.25	1296.75
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	1	979	979.00
Placa de desarrollo STM32F303K8	1	9.98	9.98
Cable USB-micro USB	1	2.25	2.25
Osciloscopio Rigol DS1052E	1	373.08	373.08
Multímetro UNI-T UT139C	1	39.1	39.10

Kit de herramientas Proskit	1	56.05	56.05
Rollo de cable 25m 0.5 mm	1	4.65	4.65
Cinta aislante 3M	1	0.99	0.99
Placa perforada	1	2.51	2.51
Amplificador operacional LM324	1	0.64	0.64
Potenciometro digital MCP41010	1	1.344	1.34
Transceptor CAN SN65HVD251	1	2.67	2.67
Licencia estudiante Altium Designer	1	0	0.00
Fuente de alimentación ps3005	1	76.71	76.71
Placa Protoboard	1	5.95	5.95
Total antes de costes			2851.67
Costes directos (1%)			28.52
Costes indirectos (2%)			57.60
TOTAL			2937.79

UNIDAD DE OBRA 7			
Concepto	Montaje de la placa de circuito impreso		
	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)
Mano de obra técnico	6	14.13	84.78
Multímetro UNI-T UT139C	1	39.1	39.1
Kit de herramientas Proskit	1	56.05	56.05
Licencia estudiante Altium Designer	1	0	0
Condensadores 0.1 uF	10	0.09	0.9
Resistencias 1Kohm y 120 ohm	4	0.09	0.36
Diodo LED 5mm Kingbright	1	0.80	0.8
Diodo LED SMD OSRAM	1	0.24	0.24
Bead 33 ohm KEMET	1	0.10	0.1
Regulador de voltaje 5 V 7805T	1	1.24	1.24
Regulador de voltaje 3.3 V LD1117S33	1	0.42	0.42
Jumper	1	0.42	0.42
Conector Molex MX120G	1	2.07	2.07
Conector JST PH x5	1	0.28	0.28
Microcontrolador STM32F303K8	1	3.23	3.23
Amplificador operacional LM324	1	0.64	0.64
Potenciometro digital MCP41010	1	1.34	1.34
Transceptor CAN SN65HVD251	1	2.67	2.67
PCB doble cara	1	6.42	6.42
Carcasa impresión 3D	1	10.08	10.08
Estaño sin plomo 100g Felder	1	10.15	10.15
Flux JBC	1	8.95	8.95
Estación de soldadura LF-389D	1	69.99	69.99
Malla desoldadora Loctite	1	4.60	4.6

Pinzas soldadura Proskit	1	9.95	9.95
Alicates de corte Proskit	1	4.95	4.95
Total antes de costes			319.73
Costes directos (1%)			3.20
Costes indirectos (2%)			6.46
TOTAL			329.39

UNIDAD DE OBRA 8		Testeo de la placa de circuito impreso		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)	
Mano de obra ingeniero	3	33.25	99.75	
Mano de obra técnico	1	14.13	14.13	
Osciloscopio Rigol DS1052E	1	373.08	373.08	
Multímetro UNI-T UT139C	1	39.1	39.1	
Fuente de alimentación ps3005	1	76.71	76.71	
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	1	979	979	
Cable USB-mini USB	1	1.25	1.25	
Extensor cable USB	1	1.95	1.95	
Programador externo ST-Link V2	1	20.75	20.75	
Total antes de costes			1605.72	
Costes directos (1%)			16.06	
Costes indirectos (2%)			32.44	
TOTAL			1654.21	

4.2.4. Desarrollo del *software*

UNIDAD DE OBRA 9		Programación del dispositivo		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)	
Mano de obra ingeniero	36	33.25	1197.00	
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	1	979	979.00	
Placa de desarrollo STM32F303K8	1	9.98	9.98	
Cable USB-micro USB	1	2.25	2.25	
Osciloscopio Rigol DS1052E	1	373.08	373.08	
Multímetro UNI-T UT139C	1	39.1	39.10	
Rollo de cable 25m 0.5 mm	1	4.65	4.65	
Potenciómetro digital MCP41010	1	1.344	1.34	
Transceptor CAN SN65HVD251	1	2.67	2.67	
Licencia gratuita Keil uVision	1	0	0.00	
Fuente de alimentación ps3005	1	76.71	76.71	
Placa Protoboard	1	5.95	5.95	

Total antes de costes	2691.73
Costes directos (1%)	26.92
Costes indirectos (2%)	54.37
TOTAL	2773.02

UNIDAD DE OBRA 10	Implementación del algoritmo de control		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)
Mano de obra ingeniero	2	33.25	66.50
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	1	979	979.00
Placa de desarrollo STM32F303K8	1	9.98	9.98
Cable USB-micro USB	1	2.25	2.25
Licencia gratuita Keil uVision	1	0	0.00
Total antes de costes			1057.73
Costes directos (1%)			10.58
Costes indirectos (2%)			21.37
TOTAL			1089.67

UNIDAD DE OBRA 11	Depuración del código		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)
Mano de obra ingeniero	11	33.25	365.75
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	1	979	979.00
Placa de desarrollo STM32F303K8	1	9.98	9.98
Cable USB-micro USB	1	2.25	2.25
Licencia gratuita Keil uVision	1	0	0.00
Osciloscopio Rigol DS1052E	1	373.08	373.08
Multímetro UNI-T UT139C	1	39.1	39.10
Potenciómetro digital MCP41010	1	1.344	1.34
Transceptor CAN SN65HVD251	1	2.67	2.67
Licencia gratuita Keil uVision	1	0	0.00
Fuente de alimentación ps3005	1	76.71	76.71
Placa Protoboard	1	5.95	5.95
Total antes de costes			1855.83
Costes directos (1%)			18.56
Costes indirectos (2%)			37.49
TOTAL			1911.88

4.2.5. Diseño de la carcasa y ensamblaje

UNIDAD DE OBRA 12		Diseño de la carcasa		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)	
Mano de obra ingeniero	17	33.25	565.25	
Ordenador portátil Toshiba A50-C-20	1	979	979.00	
Licencia estudiante Solidworks	0	9.98	0.00	
Total antes de costes			1544.25	
Costes directos (1%)			15.44	
Costes indirectos (2%)			31.19	
TOTAL			1590.89	

UNIDAD DE OBRA 13		Ensamblaje		
Concepto	Rendimiento (h o ud)	Precio (€)	Importe (€)	
Mano de obra técnica	2	14.13	28.26	
Kit de herramientas Proskit	1	56.05	56.05	
Total antes de costes			84.31	
Costes directos (1%)			0.84	
Costes indirectos (2%)			1.70	
TOTAL			86.86	

5. PRESUPUESTO PARCIAL

A continuación se presentan los precios de cada unidad de obra junto con la cantidad requerida.

5.1. ESTUDIO DEL SISTEMA

Unidad de obra	Cantidad	Precio (€)
Estudio e ingeniería inversa del módulo de potencia	1	1775.74
Estudio e ingeniería inversa del controlador manual	1	75.25

5.2. DISEÑO Y DESARROLLO DEL CONTROL

Unidad de obra	Cantidad	Precio (€)
Modelado del sistema de frenado	1	1519.31
Diseño del controlador	1	1111.32
Ajuste fino en planta	1	2008.93

5.3. DESARROLLO DEL *HARDWARE*

Unidad de obra	Cantidad	Precio (€)
Diseño de la placa de circuito impreso	1	2937.79
Montaje de la placa de circuito impreso	1	329.39
Testeo de la placa de circuito impreso	1	1654.21

5.4. DESARROLLO DEL *SOFTWARE*

Unidad de obra	Cantidad	Precio (€)
Programación del dispositivo	1	2773.02
Implementación del algoritmo de control	1	1089.67
Depuración del código	1	1911.88

5.5. DISEÑO DE LA CARCASA Y ENSAMBLAJE

Unidad de obra	Cantidad	Precio (€)
Diseño de la carcasa	1	1590.89
Ensamblaje	1	86.86

6. PRESUPUESTO TOTAL

A continuación se expone el coste total de ejecución material, de inversión y base de licitación.

CONCEPTO	COSTE (€)
Unidad de obra 1: Estudio e ingeniería inversa del módulo de potencia	1775.74
Unidad de obra 2: Estudio e ingeniería inversa del controlador manual	75.25
Unidad de obra 3: Modelado del sistema de frenado	1519.31
Unidad de obra 4: Diseño del controlador	1111.32
Unidad de obra 5: Ajuste fino en planta	2008.93
Unidad de obra 6: Diseño de la placa de circuito impreso	2937.79
Unidad de obra 7: Montaje de la placa de circuito impreso	329.39
Unidad de obra 8: Testeo de la placa de circuito impreso	1654.21
Unidad de obra 9: Programación del dispositivo	2773.02
Unidad de obra 10: Implementación del algoritmo de control	1089.67
Unidad de obra 11: Depuración del código	1911.88
Unidad de obra 12: Diseño de la carcasa	1590.89
Unidad de obra 13: Ensamblaje	86.86
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	18864.26
15% Gastos generales	2829.63
6% Beneficio industrial	1131.85
TOTAL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN	22825.74
21% I.V.A.	4793.40
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	27619.14

- El Presupuesto de Ejecución Material asciende a la cantidad expresada en EUROS: DIECIOCHOMIL OCHOCIENTOS SESENTA Y CUATRO CON VENTISEIS.
- El Presupuesto de Inversión asciende a la cantidad expresada en EUROS: VEINTIDOSMIL OCHOCIENTOS VEINTICINCO CON SETENTA Y CUATRO.
- El Presupuesto base de Licitación asciende a la cantidad expresada en EUROS: VEINTISIETEMIL SEISCIENTOS DIECINUEVE CON CATORCE.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Trabajo Fin de Grado

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles

PLIEGO DE CONDICIONES

Autor:

Pedro Fco Fernández Muñoz

Tutor:

Sergio García-Nieto Rodríguez

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática



Valencia, mayo 2017

ÍNDICE

1. Descripción de las obras	1
1.1. Unidades de obra	1
1.1.1. Estudio del Sistema	1
1.1.2. Diseño y Desarrollo del Control	1
1.1.3. Desarrollo del <i>Hardware</i>	1
1.1.4. Desarrollo del <i>Software</i>	1
1.1.5. Diseño de la Carcasa y Ensamblaje	2
2. Condiciones Generales	3
2.1. Disposiciones Generales	3
2.1.1. Documentación del Contrato de Obra	3
2.2. Condiciones Generales Facultativas	3
2.2.1. Funciones a Desarrollar por el Contratista	3
2.2.2. Funciones a Desarrollar por el Ingeniero Director	5
2.2.3. Libro de Órdenes	5
2.3. Condiciones Generales de la Ejecución	6
2.3.1. Ritmo de las Obras	6
2.3.2. Orden de los Trabajos	6
2.3.3. Ampliación del Proyecto por Causas Imprevistas	6
2.3.4. Prórroga por Causas de Fuerza Mayor	6
2.3.5. Condiciones Generales de Ejecución de los Trabajos	6
2.3.6. Trabajos Defectuosos	6
2.3.7. Defectos Ocultos	7
2.3.8. Procedencia de Materiales y Aparatos	7
2.3.9. Materiales Defectuosos	7
2.3.10. Pruebas y Ensayos	7
2.3.11. Obas Sin Prescripciones	7
2.3.12. Recepción	8
2.3.12.1. Recepción provisional	8
2.3.12.2. Documentación final de la obra	8
2.3.12.3. Medición definitiva y liquidación provisional	8
2.3.12.4. Recepción definitiva	8
2.3.12.5. Prórroga de la garantía	8
2.4. Condiciones Generales Económicas	9
2.4.1. Principio General	9
2.4.2. Fianzas	9
2.4.3. Los Precios	9
2.4.3.1. Composición de los Precios	9
2.4.3.2. Precios Contradictorios	10
2.4.3.3. Revisión De Precios Contratados	10
2.4.4. Valoración de los Trabajos	11
2.4.4.1. Formas de Abono	11
2.4.4.2. Certificaciones	11
2.4.4.3. Mejoras de Obras	11
2.4.4.4. Pagos	12
2.4.4.5. Trabajos Ejecutados Durante el Periodo de Garantía	12
2.4.5. Penalizaciones	12
2.5. Condiciones Legales Generales	13

2.5.1.	El Contratista	13
2.5.2.	El Contrato	14
2.5.3.	Arbitraje	14
3.	Condiciones Particulares	15
3.1.	Estudio del Sistema	15
3.1.1.	Estudio e Ingeniería Inversa del Módulo de Potencia	15
3.1.2.	Estudio e Ingeniería Inversa del Controlador Manual	15
3.2.	Diseño y Desarrollo del Control	15
3.2.1.	Modelado del Sistema de Frenado	15
3.2.2.	Diseño del Controlador	16
3.2.3.	Ajuste Fino en Planta	16
3.3.	Desarrollo del <i>Hardware</i>	16
3.3.1.	Diseño de la Placa de Circuito Impreso	16
3.3.2.	Montaje de la Placa de Circuito Impreso	17
3.3.3.	Testeo de la Placa de Circuito Impreso	17
3.4.	Desarrollo del <i>Software</i>	17
3.4.1.	Programación del Dispositivo	17
3.4.2.	Implementación del Algoritmo de Control	17
3.4.3.	Depuración del Código	18
3.5.	Diseño de la Carcasa y Ensamblaje	18
3.5.1.	Diseño de la Carcasa	18
3.5.2.	Ensamblaje	18

1. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

En el siguiente pliego de condiciones se hace referencia a las especificaciones técnicas, legales y económicas para la ejecución del presente proyecto.

En este apartado únicamente se enumeran las obras a ejecutar, estando las mismas descritas con mayor detalle en los siguientes capítulos de este Pliego de Condiciones.

1.1 UNIDADES DE OBRA

Las unidades de obra del proyecto se pueden agrupar en:

- Estudio del sistema
- Diseño y desarrollo del control
- Desarrollo del *hardware*
- Desarrollo del *software*
- Diseño de la carcasa y ensamblaje

1.1.1 ESTUDIO DEL SISTEMA

Este apartado incluye las unidades de obra previas al desarrollo del dispositivo, que son de obligada realización para el conocimiento del sistema con el que se cuenta.

- Estudio e ingeniería inversa del módulo de potencia
- Estudio e ingeniería inversa del controlador manual

1.1.2 DISEÑO Y DESARROLLO DEL CONTROL

Este apartado está conformado por tareas relativas a la parte de regulación en las que se basa el funcionamiento del dispositivo.

- Modelado del sistema de frenado
- Diseño del controlador
- Ajuste fino en planta

1.1.3 DESARROLLO DEL *HARDWARE*

En este apartado se trata lo relativo al proceso de diseño hasta la fabricación del dispositivo físico, como tal.

- Diseño de la placa de circuito impreso
- Montaje de la placa de circuito impreso
- Testeo de la placa de circuito impreso

1.1.4 DESARROLLO DEL *SOFTWARE*

En este apartado se tratan unidades de obra relativas al programa que ejecuta el dispositivo para funcionar.

- Programación del dispositivo

- Implementación del algoritmo de control
- Depuración del código

1.1.5 DISEÑO DE LA CARCASA Y ENSAMBLAJE

En este apartado se enuncian las unidades de obra que tienen que ver con aspectos secundarios del desarrollo del dispositivo, pero imprescindibles como son la carcasa protectora y el ensamblaje final.

- Diseño de la carcasa
- Ensamblaje

2. CONDICIONES GENERALES

2.1 DISPOSICIONES GENERALES

La finalidad de este apartado es regular la ejecución de las obras, delimitando las funciones que corresponden al constructor, al dueño de la obra y al ingeniero, así como las relaciones entre todos ellos. En él se recogen los aspectos legales del proyecto y se fijan las condiciones que regirán la ejecución y puesta en marcha del mismo: características de los materiales, técnicas a emplear en la ejecución, controles de calidad exigidos, normas y leyes que rigen el proyecto. Constituye la especificación de carácter facultativo, económico y legal que regirá en el desarrollo de las obras.

2.1.1 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

El contrato de obra se encuentra formado por los siguientes documentos:

- Condiciones fijadas en el documento de contrato.
- Pliego de condiciones técnicas particulares.
- El presente pliego general de condiciones.
- El resto de documentación del proyecto (memoria, planos y documentos).

Las órdenes e instrucciones de la dirección de obra se incorporan al proyecto como interpretación o precisión de este. En cada documento las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos la cota prevalece sobre la medida a escala.

2.2 CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS

En este apartado se describen y regulan las relaciones entre la contrata y la dirección facultativa para ejecución de las obras.

2.2.1 FUNCIONES A DESARROLLAR POR EL CONTRATISTA

Corresponde al contratista de las obras:

- Organizar los trabajos y autorizar las instalaciones provisionales y auxiliares de la obra.
- Observar la normativa vigente en cuanto a seguridad e higiene en el trabajo y velar por su cumplimiento.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.

- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados, rechazando aquellos que no cuenten con las garantías exigidas por la normativa vigente o el presente pliego de condiciones.
- Facilitar a la Dirección Facultativa los materiales para el cumplimiento de su cometido.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

Derechos y obligaciones

- Conocer las leyes y verificar los documentos del proyecto. El constructor deberá indicar que la documentación del proyecto le resulta suficiente para la comprensión de la obra o solicitar aclaraciones pertinentes.
- Elaborar el plan de seguridad e higiene para la aprobación por parte de la dirección facultativa.
- El constructor debe comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra el cual asumirá las funciones planas del constructor.
- La contrata debe ejecutar los trabajos necesarios para la buena construcción y aspecto de las obras, aún cuando estos no se hallen expresamente determinados, siempre que lo disponga el ingeniero dentro de los límites de las posibilidades de los presupuestos. Requiere reformado del proyecto con consentimiento de la propiedad toda variación que suponga el incremento de los precios de alguna unidad de obra en más del 20 por 100 o del total del presupuesto en un 10 por 100.
- Las aclaraciones, interpretaciones y modificaciones de los preceptos del pliego de condiciones o de las indicaciones de los planos se comunicarán por escrito al constructor, debiendo este devolver los originales comunicando el enterado mediante su firma al pie de todas las instrucciones, avisos u órdenes que reciba.
- El constructor podrá requerir del ingeniero o ingeniero técnico cuantas instrucciones o aclaraciones precise para la correcta ejecución del proyecto. Asimismo, recibirá solución a los problemas técnicos no previstos en el proyecto que se presenten durante la ejecución de las obras.
- Las reclamaciones del contratista contra órdenes o instrucciones de la dirección facultativa las presentará ante la propiedad a través del ingeniero, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en el pliego de condiciones correspondiente. Contra disposiciones de orden técnico no podrá interponer reclamación alguna, pudiendo el contratista a fin de salvar su responsabilidad exponer razonablemente al ingeniero, el cual puede limitar su contestación al acuse de recibo.
- El contratista no podrá recusar al ingeniero o personal encargado por estos para el control de las obras, ni pedir la designación de otros facultativos para los reconocimientos o mediciones.

- En caso de desobediencia, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de las obras, el ingeniero puede requerir al contratista que aparte a los operarios causantes de la perturbación.
- El contratista puede subcontratar capítulos o unidades de obra con sujeción a lo estipulado en el pliego de condiciones y sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.
- El contratista no iniciará una unidad de obra sin la autorización de la dirección.

2.2.2 FUNCIONES A DESARROLLAR POR EL INGENIERO DIRECTOR

Es el máximo responsable de la ejecución del proyecto, decide sobre el comienzo, ritmo y calidad de los trabajos. Velará por el cumplimiento de los mismos y por las condiciones de seguridad del personal de la obra. Las funciones que corresponden al ingeniero director son:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras las veces que la naturaleza y complejidad de las mismas requieran a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones necesarias.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos.
- Preparar la documentación final de la obra, expedir y suscribir junto con el aparejador o ingeniero técnico el certificado final de la misma.
- Comprobar instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo.
- Ordenar y dirigir la ejecución con arreglo al proyecto, normas técnicas y reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer de las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según el plan de control, así como los controles necesarios para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. Informar al constructor de los resultados de las pruebas e impartir, en su caso, las órdenes oportunas.
- Planificar el control de calidad y el control económico de las obras.

2.2.3 LIBRO DE ÓRDENES

Es obligatoria la existencia a pie de obra de un libro de órdenes e incidencias, visado por los colegiados profesionales correspondientes donde se recogerán las órdenes y modificaciones que se dicten en cada momento.

2.3 CONDICIONES GENERALES DE LA EJECUCIÓN

2.3.1 RITMO DE LAS OBRAS

El instalador o contratista iniciará las obras en el plazo marcado por el pliego de condiciones particulares, desarrollándolas para que queden ejecutados los trabajos dentro de los periodos parciales establecidos y así ejecutar la obra dentro del plazo exigido en el contrato. El contratista dará cuenta por escrito al ingeniero del comienzo de los trabajos con, al menos, tres días de antelación.

2.3.2 ORDEN DE LOS TRABAJOS

La determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo en casos que por circunstancias técnicas estime conveniente su variación la dirección facultativa.

2.3.3 AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS

Cuando haya que ampliar el proyecto, bien por motivos imprevistos o razones de fuerza mayor, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el ingeniero en tanto se formula o tramita el proyecto reformado. El constructor deberá realizar los trabajos necesarios de carácter urgente, anticipando ese servicio, el cual le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente.

2.3.4 PRÓRROGA POR CAUSAS DE FUERZA MAYOR

Si por causas de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor no pudiesen iniciarse las obras, o fuesen suspendidas o no se acabasen en los plazos prefijados, se otorgará una prórroga para el cumplimiento de la contrata previo informe favorable del ingeniero.

2.3.5 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que entreguen por escrito bajo su responsabilidad el ingeniero o el aparejador o ingeniero técnico.

2.3.6 TRABAJOS DEFECTUOSOS

El constructor deberá emplear materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones técnicas generales y particulares del pliego de condiciones y realizar los trabajos de

acuerdo con lo especificado en el pliego. Hasta la recepción definitiva es el responsable de la ejecución y de los defectos derivados de una mala ejecución. Por esto cuando el aparejador o ingeniero técnico advierta defectos en los trabajos, o que los materiales o los aparatos colocados no reúnen las condiciones exigibles, entonces antes de la recepción de la obra podrá disponer la reposición de las partes defectuosas.

2.3.7 DEFECTOS OCULTOS

Si el aparejador tiene fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción, ordenará efectuar antes de la recepción definitiva los ensayos que crea conveniente para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Pagará los ensayos el constructor si existe y la propiedad si no existe este.

2.3.8 PROCEDENCIA DE MATERIALES Y APARATOS

El constructor se proveerá de materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente excepto en los casos en que el pliego de condiciones preceptúe una procedencia determinada. El constructor deberá informar de la idoneidad y procedencia de los mismos. A petición del ingeniero, el constructor presentará muestras de los materiales.

2.3.9 MATERIALES DEFECTUOSOS

El ingeniero dará orden al constructor de sustituir los materiales y aparatos defectuosos por otros que satisfagan las condiciones de calidad exigidas en el presente pliego de condiciones. Si el constructor no los retirara lo hará la propiedad, cargando los gastos a la contrata.

2.3.10 PRUEBAS Y ENSAYOS

Los gastos ocasionados por pruebas y ensayos corren por cuenta de la contrata, pudiéndose repetir aquellos que no ofrezcan las suficientes garantías. Los ensayos para cada instalación se encuentran especificados en el capítulo de cada instalación.

2.3.11 OBRAS SIN PRESCRIPCIONES

En aquellos trabajos para los que no existan prescripciones en el presente pliego ni en la documentación restante, el constructor se atenderá a las instrucciones que dicte la dirección facultativa.

2.3.12 RECEPCIÓN

2.3.12.1 Recepción provisional

Tres días antes de dar fin a las obras, el ingeniero comunicará a la propiedad la proximidad de la terminación a fin de convenir la fecha para el acto de recepción provisional. Esta se realiza con la participación de la propiedad, el aparejador, el constructor y el ingeniero. Se practicará un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta para cada interviniente firmada por todos ellos. Desde esta fecha corre el periodo de garantía si las obras son admitidas. Seguidamente los técnicos de la dirección facultativa extenderán el certificado de final de obra.

En caso de estar acabado se darán las instrucciones para remediar los defectos, fijando un plazo para subsanarlos, pasado el cual se hará un nuevo reconocimiento.

2.3.12.2 Documentación final de la obra

El ingeniero director facilitará a la propiedad la documentación final con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente.

2.3.12.3 Medición definitiva y liquidación provisional

Recibidas las obras, se procederá por parte del aparejador a su medición definitiva, con la existencia del constructor. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado, que aprobada por el ingeniero con su firma servirá para el abono por parte de la propiedad del saldo resultante menos la cantidad retenida como fianza.

2.3.12.4 Recepción definitiva

Se verificará después del plazo de garantía, el cual se especifica en el pliego de condiciones particulares y nunca será inferior a nueve meses. El formulismo será el mismo que para la provisional. A partir de esta fecha cesa la obligación del constructor de reparar desperfectos propios de la normal conservación de la obra.

2.3.12.5 Prórroga de la garantía

Si la obra no se encuentra en las condiciones debidas se aplazará la recepción definitiva, el ingeniero director indicará al constructor los plazos para realizar las obras necesarias. De no cumplirse estos plazos perderá la fianza.

2.4 CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS

2.4.1 PRINCIPIO GENERAL

En este apartado se describen y regulan las relaciones económicas entre la propiedad y la contrata, así como la función de control de la dirección facultativa.

Todos los intervinientes en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractuales establecidas. La propiedad, el contratista y los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

2.4.2 FIANZAS

La fianza es el porcentaje del valor total de las obras que debe depositar la contrata como garantía a la firma del contrato.

El contratista prestará las siguientes fianzas:

- Depósito en metálico o aval bancario por importe del 10 por 100 del precio total de contrata, salvo especificación contraria en el contrato.
- Retención de un 5% en las certificaciones parciales o pagos que se van librando.

Con cargo a la fianza se aplican las penalizaciones por demoras y las reparaciones con cargo a la contrata.

Si el contratista se negase a realizar los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el ingeniero en representación del propietario ordenará su ejecución a un tercero, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones que el propietario lleve a cabo en caso de que el importe de la fianza no cubra el importe de los gastos.

La fianza será devuelta al contratista en un plazo inferior a treinta días después de firmada el acta de recepción definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el contratista acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la misma.

2.4.3 LOS PRECIOS

2.4.3.1. Composición de los Precios

El cálculo de los precios es el resultado de sumar los costes directos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Los costes directos son:

- Mano de obra con pluses, cargas y seguros sociales que intervienen directamente.

- Los materiales a los precios resultantes a pie de obra que sean necesarios para su ejecución.
- Equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para prevención y protección de accidentes.
- Gastos de personal, combustible y energía derivados del funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos.

El beneficio industrial:

- El beneficio del contratista se establece en un 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.
- Precio de ejecución material.
- El resultado obtenido por la suma de las anteriores partidas exceptuando el beneficio industrial.

El precio de contrata:

- Es la suma de costes directos, indirectos y beneficio industrial. El IVA se aplica a este precio, pero no lo integra.

2.4.3.2. Precios Contradictorios

Se producen cuando la propiedad mediante el ingeniero introduce unidades o cambios de calidad en algunas de las unidades previstas o bien es necesario afrontar situaciones imprevistas. El contratista está obligado a efectuar los cambios. El precio se resolverá entre el contratista y el ingeniero antes de comenzar la ejecución de los trabajos.

Si el contratista no reclama los precios antes de la firma del contrato, no podrá reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro de presupuesto que sirve de base para la ejecución.

2.4.3.3. Revisión De Precios Contratados

No se admite la revisión de los precios si el incremento de los mismos en las unidades que faltan por realizar no alcanza un montante superior al 3 por 100 del valor total del presupuesto del contrato. Ante variaciones al alza se efectúa la revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el pliego de condiciones particulares. El contratista percibe la diferencia que resulte por la variación del IPC superior al 3 por 100. Se aplicará alguna de las fórmulas de revisión propuestas en la ley de contratos del estado.

2.4.4 VALORACIÓN DE LOS TRABAJOS

2.4.4.1 Formas de Abono

Salvo indicación contraria en el pliego de condiciones particulares el abono de los trabajos se efectuará de una de las siguientes formas:

- Tipo fijo tanto alzado por unidad de obra, con el precio invariable fijado de antemano, pudiendo variar únicamente el número de unidades ejecutadas previa medición y aplicando al total de unidades de obra ejecutadas el precio fijado.
- Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del ingeniero director.
- Mediante listas de jornales y recibos de materiales realizados en la forma que el pliego general de condiciones económicas determina.
- Por hora de trabajo según las condiciones determinadas en el contrato.

2.4.4.2 Certificaciones

En cada fecha que se indique en el contrato o en los pliegos de condiciones particulares, el contratista formará una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos según las mediciones efectuadas por el aparejador.

Lo ejecutado se valorará aplicando al resultado de la medición los precios señalados en el presupuesto por cada una de ellas, considerando además lo establecido en el pliego general de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material.

El contratista puede presenciar las mediciones necesarias para la elaboración de la relación, así mismo, se enviará al contratista los resultados de las mediciones para que este lo examine y devolverlos firmados con su conformidad o efectuar las oportunas reclamaciones. El ingeniero aceptará o rechazará las reclamaciones dando cuenta al contratista de su resolución, pudiendo éste reclamar al propietario contra la resolución del ingeniero.

A partir de la relación valorada, el ingeniero expedirá la certificación de obras ejecutadas. La certificación se remitirá al propietario en el periodo de un mes posterior al que referencia la certificación y tendrá el carácter de documento sujeto a variaciones derivadas de la liquidación final, no suponiendo dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

2.4.4.3 Mejoras De Obras

Cuando el contratista, incluso con la autorización del ingeniero director, emplee materiales de mayor calidad, fábrica de mayor precio u obra de mayores dimensiones únicamente tendrá derecho a percibir lo que corresponde en caso de haber construido la obra con sujeción a lo proyectado o adjudicado.

2.4.4.4 Pagos

Los pagos los efectuará el propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra conformadas por el ingeniero director.

2.4.4.5 Trabajos Ejecutados Durante el Periodo de Garantía

El abono de estos trabajos se procederá de la siguiente forma:

- Si los trabajos están especificados en el proyecto y no fueron realizados a su debido tiempo serán valorados a los precios que se figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo a lo establecido en el proyecto.
- Si los trabajos tienen como objeto la reparación de desperfectos ocasionados por el uso, estos se abonarán a los precios del día previamente acordados.
- Si el objeto de los trabajos es la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencias de la instalación o de la calidad de los materiales, no se abonará nada al contratista.

2.4.5 PENALIZACIONES

Hay tres tipos de penalizaciones, por demora en la ejecución, por incumplimiento de contrato y por demora en los pagos.

Por retraso no justificado en el plazo de terminación

La indemnización por retraso no justificado en la terminación de las obras se establecerá en un 10 por mil del importe total de los trabajos contratados por cada día natural de retraso a partir del día de terminación fijado. Esta cantidad será descontada y retenida con cargo a la fianza. No se computan como días perdidos los debidos a razones de fuerza mayor como huelgas, catástrofes o causas administrativas.

Penalización por incumplimiento de contrato

Se establecerá en las condiciones del contrato una penalización por incumplimiento de contrato o mala ejecución de los trabajos.

Demora en los pagos

Si el propietario no efectuase el pago dentro del mes siguiente al plazo convenido, el contratista tendrá el derecho de percibir el abono de un cuatro y medio por ciento anual en concepto de intereses de demora. Si pasasen dos meses a partir del término de dicho plazo, el contratista tiene derecho a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación de las obras ejecutadas y materiales acopiados.

2.5 CONDICIONES LEGALES GENERALES

Ambas partes se comprometen en sus diferencias al arbitrio de amigables componedores.

2.5.1 EL CONTRATISTA

El contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos del proyecto excluida la memoria. Por tanto, está obligado a deshacer y volver hacer todo lo mal ejecutado durante las obras aunque estas partidas hayan sido abonadas. Asimismo, se obliga a lo establecido en la ley de contratos de trabajo y dispuesto en la de accidentes de trabajo, subsidio familiar y seguros sociales.

El contratista se responsabiliza de los accidentes que se produzcan por inexperiencia o descuido donde se efectúan las obras y en las contiguas. Será el único responsable y correrá de su cuenta el abono de las indemnizaciones puesto que se incluyen en los precios los gastos para seguros y medidas de seguridad.

Corre a cargo de la contrata el pago de impuestos y arbitrios municipales cuyo abono deba efectuarse durante el tiempo de ejecución de las obras y por concepto inherente a las obras.

El contratista tiene derecho, a su costa, de sacar copias de los planos, presupuestos, pliego de condiciones y demás documentos del proyecto.

Serán causas de rescisión del contrato:

1. Muerte o incapacidad del contratista.
2. La quiebra del contratista.
3. Alteraciones del contrato por:
 - Modificaciones del proyecto con alteraciones fundamentales a juicio del ingeniero director, y siempre que alguna modificación represente como mínimo el 40% del valor de alguna de las unidades del proyecto modificadas.
 - Modificación de las unidades de obra, siempre que representen el 40% como mínimo de alguna de las unidades modificadas.
4. La suspensión de la obra comenzada y el no comienzo de las obras en tres meses a partir de la adjudicación. Se procederá a devolver la fianza.
5. No comenzar los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones del contrato o del proyecto.
6. El incumplimiento de las condiciones del contrato cuando suponga descuido o mala fe con perjuicio de los intereses de la obra.
7. El abandono de la obra sin causa justificada.

2.5.2 EL CONTRATO

El contrato se establece entre la propiedad o promotor y el contratista. Hay varias modalidades:

- A precio alzado: Se estipula una cantidad para las obras que no se modificará, aunque el volumen de las obras se modifique. Sirve para obras pequeñas.
- Contrato por unidades de obra.

2.5.3 ARBITRAJE

En casos de litigio o desavenencia entre la propiedad y la contrata se recurrirá en primer lugar a la Dirección Facultativa de la obra. En caso que el desacuerdo subsista, cada parte nombrará un perito, sometiéndose las partes al acuerdo entre estos. En última instancia se acudirán a los tribunales.

3. CONDICIONES PARTICULARES

En este apartado se describen las condiciones técnicas a las que se ha de someter el proyecto, es decir, las características que han de tener los materiales, los controles de calidad, así como las pruebas y ensayos a las que se verán sometidos.

La organización de los siguientes apartados atiende a las distintas unidades de obra, que a su vez están ordenadas por similitud de características de las tareas a llevar a cabo. De este modo, no se trata de una ordenación cronológica.

3.1 ESTUDIO DEL SISTEMA

3.1.1 ESTUDIO E INGENIERÍA INVERSA DEL MÓDULO DE POTENCIA

- Se llevarán a cabo una serie de experiencias que permitan determinar con exactitud el comportamiento del módulo de potencia al completo.
- Se hará especial hincapié en la etapa de entrada por resultar de mayor interés.
- Las pruebas pueden conllevar experimentos de carácter intrusivo, como apertura y desensamblaje del aparato.

3.1.2 ESTUDIO E INGENIERÍA INVERSA DEL CONTROLADOR MANUAL

- Se llevarán a cabo una serie de experiencias que permitan determinar con exactitud el comportamiento del controlador manual al completo.
- Las pruebas pueden conllevar experimentos de carácter intrusivo, como apertura y desensamblaje del aparato.

3.2 DISEÑO Y DESARROLLO DEL CONTROL

3.2.1 MODELADO DEL SISTEMA DE FRENADO

Se realizarán las experiencias necesarias para desarrollar un modelo matemático del comportamiento del freno. Esta tarea implica dos partes, un trabajo en planta y otro posterior.

Trabajo en planta

Se desarrollarán experimentos de la siguiente forma:

- Se arrancar el sistema de grabación de datos
- Se lleva el sistema a una velocidad de giro determinada

- Se aplica un escalón de frenado

Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Es necesario utilizar el prototipo de controlador programado como módulo de adquisición de datos que permita la grabación de RPM y potencia de frenado aplicada.
- Puede ser necesario el desarrollo de algún *hardware* menor para el correcto desarrollo de las pruebas.
- Es necesario realizar un cableado temporal.

Trabajo posterior

- Se realizará un estudio y tratamiento informático de los datos obtenidos de las experiencias anteriores.
- Se obtendrá un modelo matemático.
- Se verificará el modelo mediante simulaciones informáticas.

3.2.2 DISEÑO DEL CONTROLADOR

- Se diseñará el controlador con ayuda de programas informáticos.
- Las prestaciones se particularizarán al proyecto y a su naturaleza, sobreponiendo la versatilidad y el buen funcionamiento a largo plazo.
- Se comprobará el funcionamiento mediante simulaciones informáticas.

3.2.3 AJUSTE FINO EN PLANTA

- Es imprescindible un ajuste fino en planta del controlador para salvar las diferencias entre el desarrollo teórico y la práctica.
- Las prestaciones se particularizarán al proyecto y a su naturaleza, sobreponiendo la versatilidad y el buen funcionamiento a largo plazo.
- Se hará uso de tantas sesiones de pruebas como sean necesarias para garantizar un buen ajuste.

3.3 DESARROLLO DEL *HARDWARE*

3.3.1 DISEÑO DE LA PLACA DE CIRCUITO IMPRESO

- Se desarrollará una placa de circuito impreso de alta calidad para la acomodación de los componentes del controlador.
- No se fabricará mediante técnicas de insolación.
- Se realizará un diseño a dos o más capas, con componentes de montaje superficial cuando sea posible, y con un tamaño proporcionado.
- La serigrafía deberá incluir, al menos, información breve sobre el cometido de la placa en idioma inglés o español (ejemplo: "*Brake Controller*") y el año de fabricación.

- El ruteado de las pistas habrá de seguir una distribución uniforme en la placa, minimizando el agrupamiento de señales que puedan causar interferencias.
- El grosor de las pistas vendrá determinado por los siguientes puntos:
 - i. Alimentación general al regulador: 40 mil (1.016 mm)
 - ii. Resto de alimentaciones: 20 mil (0.506 mm)
 - iii. Señales: 10 mil (0.254 mm)

3.3.2 MONTAJE DE LA PLACA DE CIRCUITO IMPRESO

- Los componentes deberán soldarse usando estaño libre de plomo.
- La técnica de soldadura en concreto es de libre elección.
- A la finalización de la soldadura se recortarán los extremos sobrantes de los componentes para asegurar el correcto encaje en la carcasa.

3.3.3 TESTEO DE LA PLACA DE CIRCUITO IMPRESO

- A la finalización del montaje se realizarán comprobaciones visuales y de continuidad eléctrica entre componentes.
- Se verificará la correcta orientación de los componentes que por su geometría puedan llevar a confusión.
- Se realizará una primera conexión a través del puerto de programación comprobando que ningún componente comience a calentarse en exceso.
- Se probará a transmitir el programa a la placa.
- Si lo anterior ha sido satisfactorio se conectará al sistema y se verificará su correcto funcionamiento.

3.4 DESARROLLO DEL SOFTWARE

3.4.1 PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO

- Se desarrollará un código en lenguaje C que permita al microcontrolador realizar un control de la velocidad del motor actuando en mayor o menor medida el freno dinamométrico.
- Para ello tendrá que comunicarse con el resto de periféricos en la placa, de manera que pueda obtener datos de unos componentes y actuar sobre otros para controlar el sistema. Estos componentes son:
 - i. Transceptor CAN
 - ii. Potenciómetro digital
 - iii. LED superior
- El *software* debe ser capaz, además, de hacer uso del LED superior para mostrar información visualmente, de la manera que se indica en el Manual de Usuario.
- El *software* debe ser capaz, además, de comunicarse con una interfaz gráfica mediante la que se maneje el controlador.

3.4.2 IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE CONTROL

- Se desarrollará un algoritmo de control basado en el controlador que se ha debido diseñar previamente.
- Se traducirá a lenguaje C y se incorporará al programa del microcontrolador.

3.4.3 DEPURACIÓN DEL CÓDIGO

- El código se depurará exhaustivamente antes de realizar ninguna prueba sobre el sistema.
- La depuración debe llevarse a cabo mediante el análisis con un *debugger* externo conectado al puerto de programación.

3.5 DISEÑO DE LA CARCASA Y ENSAMBLAJE

3.5.1 DISEÑO DE LA CARCASA

- La carcasa se diseñará atendiendo a criterios funcionales y estéticos mediante el uso de programas de CAD.
- Deberá cubrir la totalidad del controlador a excepción del conector principal y el LED superior.
- Deberá ser resistente a pequeños golpes.
- No se concreta el método de fabricación, pero se aconseja la impresión 3D.

3.5.2 ENSAMBLAJE

- Se realizará un ensamblaje final que consistirá en la introducción del controlador en la carcasa y el cierre de la misma.
- Se verificará el encaje correcto entre las partes.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Trabajo Fin de Grado

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles

MANUAL DE PROGRAMACIÓN

Autor:

Pedro Fco Fernández Muñoz

Tutor:

Sergio García-Nieto Rodríguez

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática



Valencia, mayo 2017

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. Microcontrolador Cortex-M4	1
1.2. Periféricos utilizados	3
1.3. Entorno de desarrollo	4
1.4. Programación y <i>Debug</i> del microcontrolador	5
2. Flujogramas	7
2.1. Programa principal	7
2.2. Interrupciones	9
3. Funciones	11
3.1. Programa principal (main.c)	11
3.1.1. Función main	11
3.1.2. Interrupción del temporizador	12
3.2. Módulo de inicializaciones	13
3.2.1. Inicialización del reloj	13
3.2.2. Inicialización del temporizador	13
3.3. Módulo de CAN (CANF3.c)	14
3.3.1. Inicialización del CAN	14
3.3.2. Interrupción de recepción del CAN	15
3.3.3. Lectura de trama de CAN	15
3.3.4. Lectura de datos de trama de CAN	16
3.4. Módulo del potenciómetro digital (digipotF3.c)	17
3.4.1. Inicialización del potenciómetro	17
3.4.2. Escritura de valor al potenciómetro	18
3.5. Módulo del LED (ledF3.c)	18
3.5.1. Inicialización del LED	18
3.5.2. Encender el LED	19
3.5.3. Apagar el LED	19
3.5.4. Alternar el LED	19

1. INTRODUCCIÓN

El presente Manual de Programación tiene como objetivo desarrollar en detalle todo lo que concierne al *software* del controlador automático. En primer lugar, se introducirá al dispositivo con el que se trabaja en este proyecto, los periféricos que se usan y el entorno de desarrollo. Seguidamente se mostrará el flujo del programa que ejecuta y finalmente se presentarán las funciones más relevantes.

El proyecto completo con todo el código puede encontrarse en el CD que acompaña al TFG.

1.1. MICROCONTROLADOR CORTEX-M4

El dispositivo que se programa se trata de un microcontrolador ARM CORTEX-M4 modelo STM32F303K8, de la marca STMicroelectronics.



Figura 1 STM32F303K8 de 32 pines

A continuación se muestran las características más relevantes:

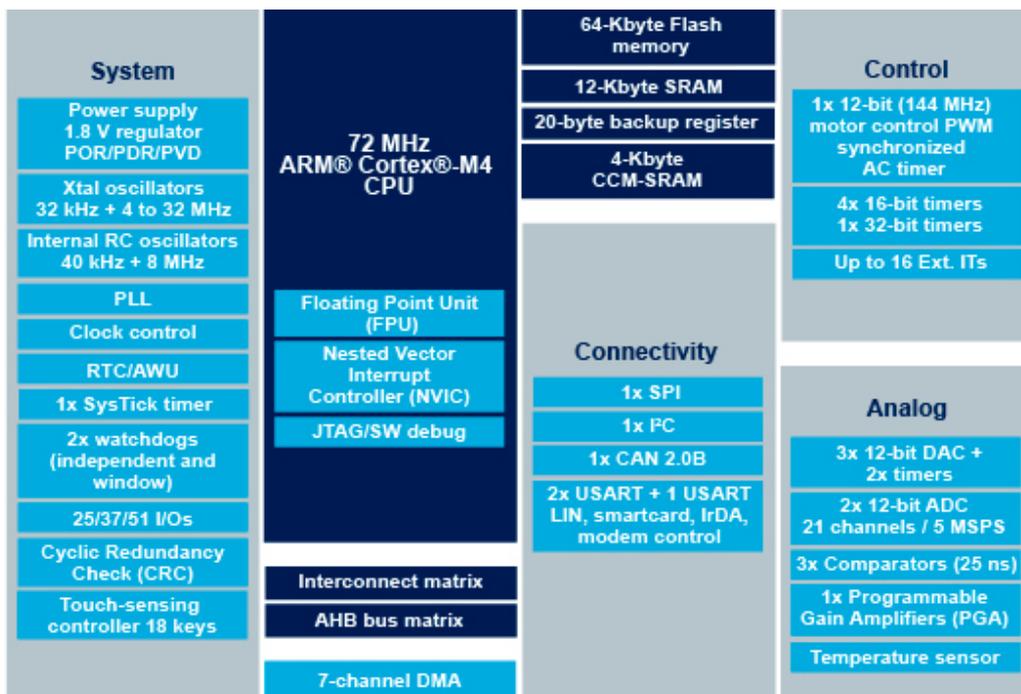


Figura 2 Características del STM32F303K8

Para una información más ampliada sobre la estructura del dispositivo utilizado, consúltese el siguiente diagrama de bloques:

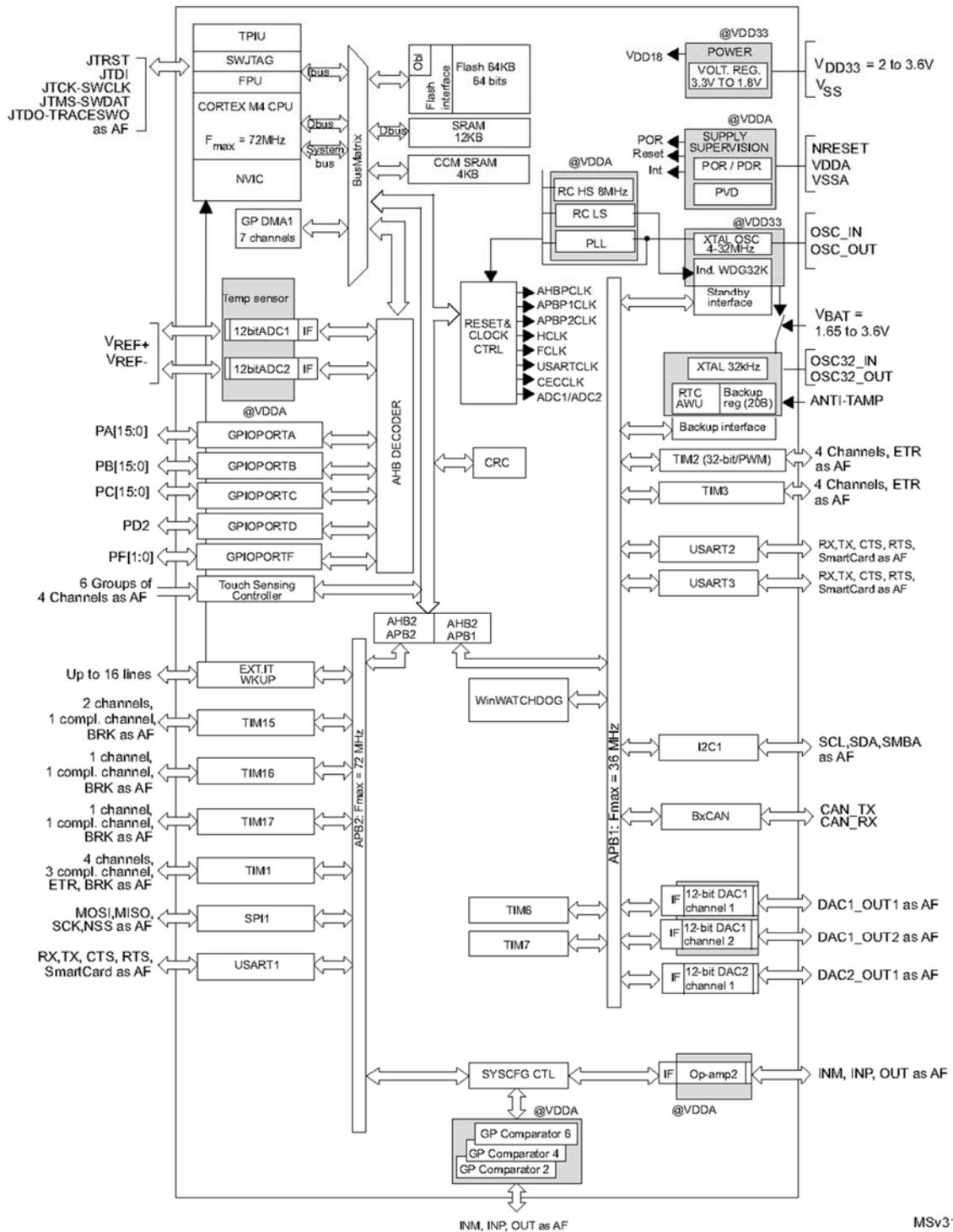


Figura 3 Diagrama de bloques del microcontrolador

1.2. PERIFÉRICOS UTILIZADOS

Como se ha visto, el microcontrolador dispone de una gran cantidad de periféricos que aportan variedad de funcionalidades. A continuación, se explican los relevantes para este proyecto.

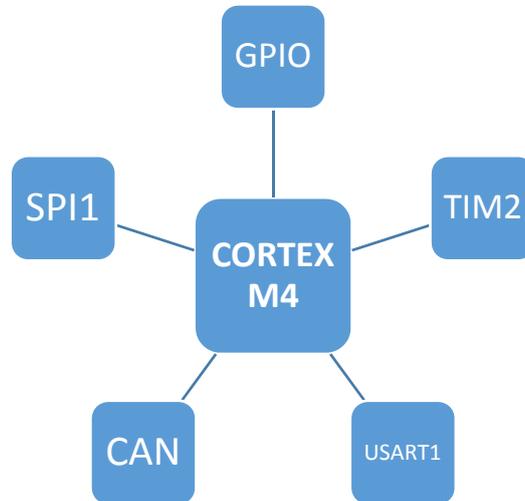


Figura 4 Periféricos usados

PERIFÉRICO DE ENTRADA/SALIDA DE PROPÓSITO GENERAL (GPIO)

Este periférico permite configurar pines del microcontrolador para bien actuar como salidas o entradas digitales, o para conectarse a algún otro periférico (función alternativa).

El nivel lógico que manejan es de 0 – 3.3 V, siendo la mayoría tolerantes a 5 V. La velocidad máxima de encendido y apagado puede llegar a los 36 MHz.

En el proyecto este periférico se utiliza principalmente para conectar el resto de periféricos con el exterior. Aparte, se también como salida digital para hacer uso del LED de señalización.

TEMPORIZADOR 2 (TIM2)

Este periférico permite numerosas funciones como temporizar eventos, contar, capturar señales digitales etc. Tiene una resolución de 32 bits, es decir, puede contar 4294967296 números. Dispone de 4 canales y un preescalador ajustable entre 1 y 65536. Además, lo más importante para el trabajo, es capaz de producir interrupciones.

En el proyecto se utiliza para ejecutar con precisión el periodo de muestreo.

USART1

El periférico USART permite una comunicación serie síncrona o asíncrona sencilla. En el microcontrolador es posible, en teoría, lograr velocidades de transmisión/recepción de hasta 9 Mbits/s.

Si bien en el proyecto final no se ha empleado esta interfaz de comunicación, ha sido imprescindible durante el desarrollo.

CONTROLADOR DE BUS CAN

Este componente permite realizar una conexión con el bus CAN y establecer una comunicación de hasta 1 Mbit/s de velocidad. El microcontrolador puede recibir y transmitir tramas con identificadores de hasta 29 bits e incluye otras características como FIFOs o filtros configurables.

Este periférico es crucial para el proyecto porque permite al controlador comunicarse con la ECU para recibir la señal de RPM y también con la interfaz gráfica para recibir la referencia y otras órdenes.

INTEFAZ SPI (SPI1)

Este periférico permite al dispositivo comunicarse con otros componentes que utilicen el bus SPI. Es capaz de alcanzar una velocidad de 18 Mbits/s y dispone de un preescalador de 3 bits configurable.

El bus SPI se usa en el proyecto para controlar el potenciómetro digital, que es el responsable de la acción de control.

1.3. ENTORNO DE DESARROLLO

El programa que se ha utilizado para desarrollar el código es Keil uVision 5.

Esta herramienta permite programar en C o C++ e incorpora entorno de desarrollo y depurador. El programa tiene una interfaz sencilla pero funcional. Consta de ayudas como la indicación de errores de sintaxis y autocompletado.

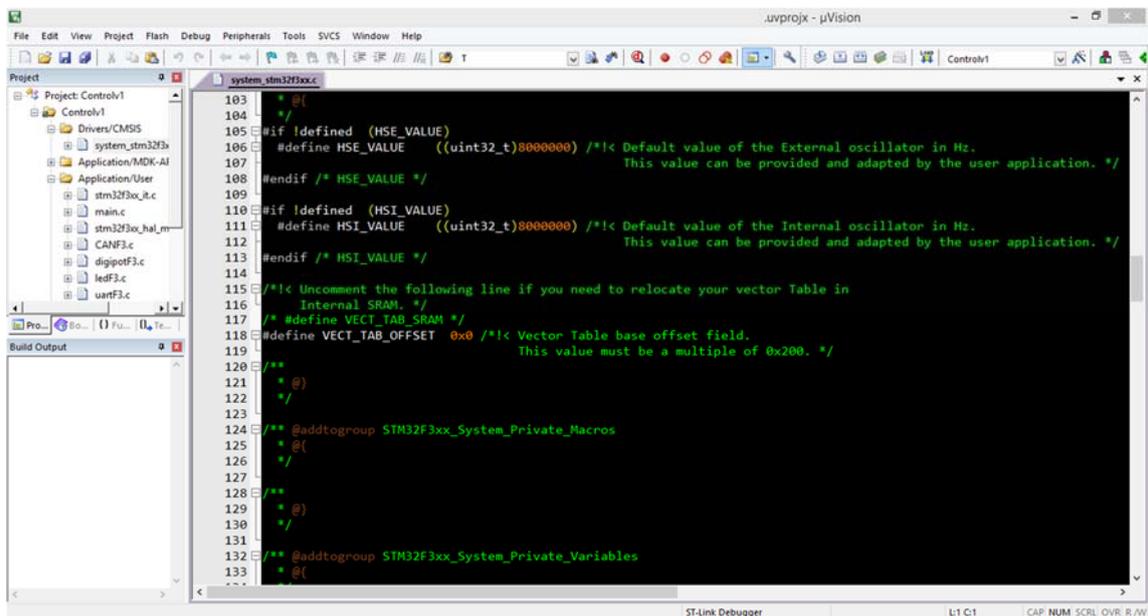


Figura 5 Keil uVision 5

El programa es capaz de realizar una optimización del código a la hora de compilarlo, y además está diseñado específicamente para microcontroladores de la plataforma ARM.

La licencia que se ha utilizado es una edición gratuita que sirve para desarrollar programas inferiores a 32 KB de tamaño en memoria. Para proyectos de mayor tamaño es necesario adquirir una licencia completa.

1.4. PROGRAMACIÓN Y *DEBUG* DEL MICROCONTROLADOR

Para cargar el programa en la memoria del microcontrolador es necesario un dispositivo externo que actúe como programador. El programador y *debugger* oficial que recomienda el fabricante es el ST-Link V2.



Figura 6 ST-Link V2

Este dispositivo se conecta al PC a través de USB y al microcontrolador a través del conector negro etiquetado como "STM32". El conector central se utiliza para programar otro tipo de microcontroladores por lo que no se utilizará, y el LED situado en la parte inferior derecha se encenderá durante el uso del aparato.



Figura 7 Puerto de programación del controlador

En la PCB del controlador se puede encontrar el puerto de programación etiquetado como "CN2", diseñado para conectar el programador y cargar el programa en memoria. Nótese que el pin 1 se encuentra señalizado con un círculo blanco en la serigrafía de la PCB.

A continuación, se muestra cómo realizar el conexionado entre el programador y el controlador.

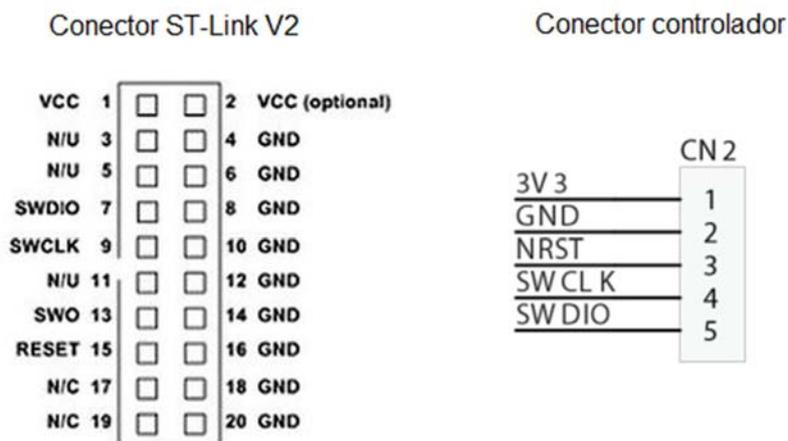


Figura 8 Conectores de programación

Función	Pin conector ST-Link V2	Pin Conector controlador
3.3 V	1	1
GND	4 al 20	2
NRST	15	3
SWCLK	9	4
SWDIO	7	5

Nótese que en la conexión de GND, cualquiera de los pines en el rango especificado es válido.

Una vez realizadas las conexiones, basta dar la orden de cargar el programa o de entrar en modo depuración al entorno de desarrollo para que el programador comience a funcionar.

DEPURACIÓN EN LÍNEA

El controlador ha sido diseñado a conciencia para permitir la depuración del programa en línea.

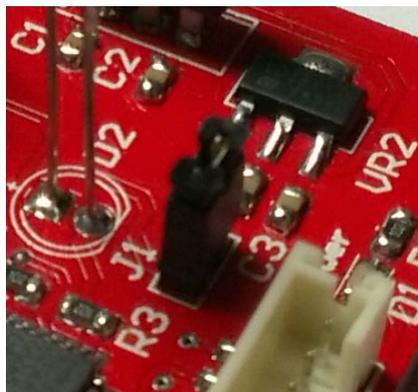


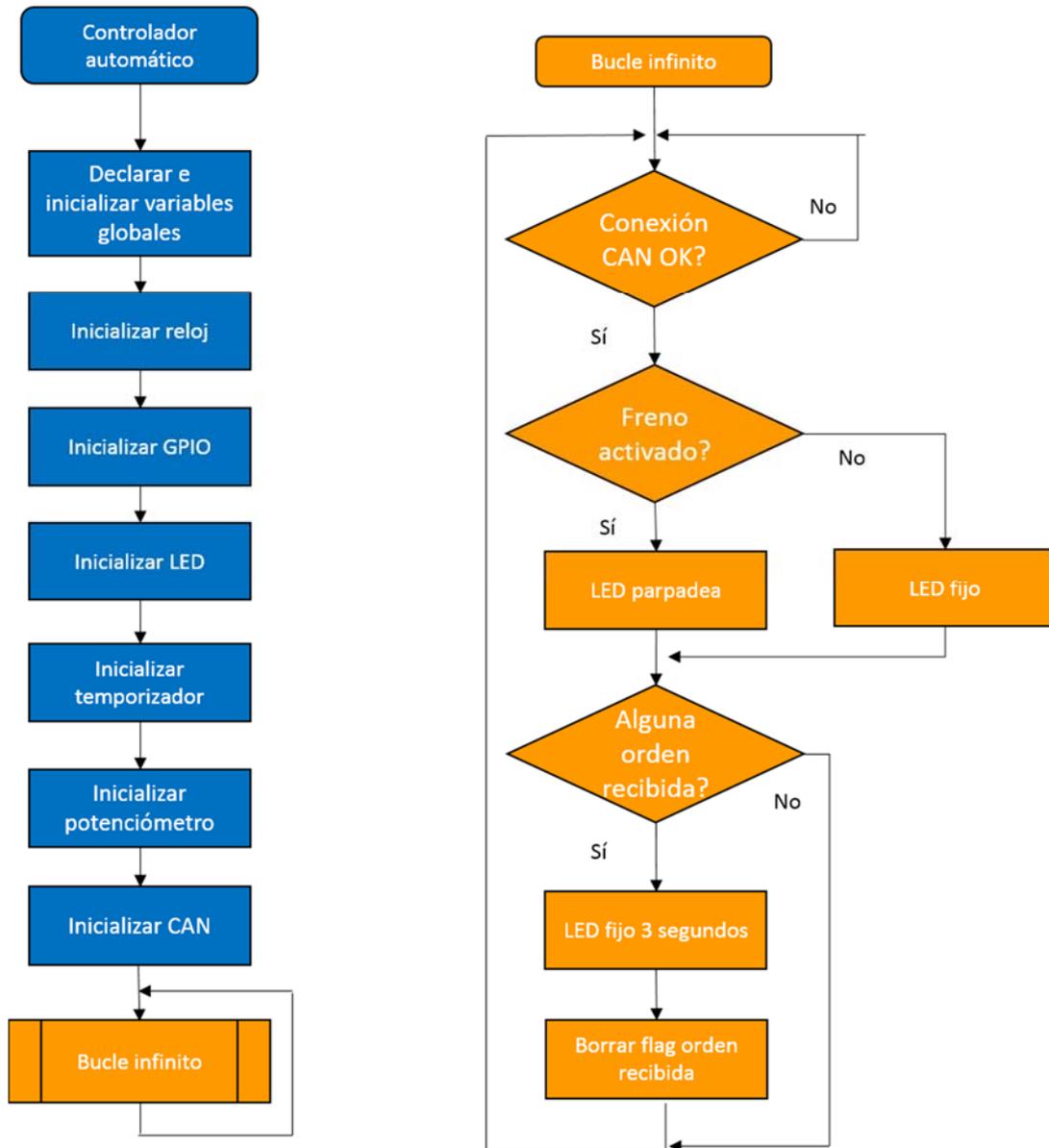
Figura 9 Jumper

La única medida que hay que tomar antes de proceder a conectar el programador es retirar el jumper J1 durante la depuración en línea para que la conexión sea satisfactoria

2. FLUJOGRAMAS

En los siguientes apartados se muestran los diagramas de flujo que corresponden al programa principal y a las interrupciones del microcontrolador.

2.1. PROGRAMA PRINCIPAL



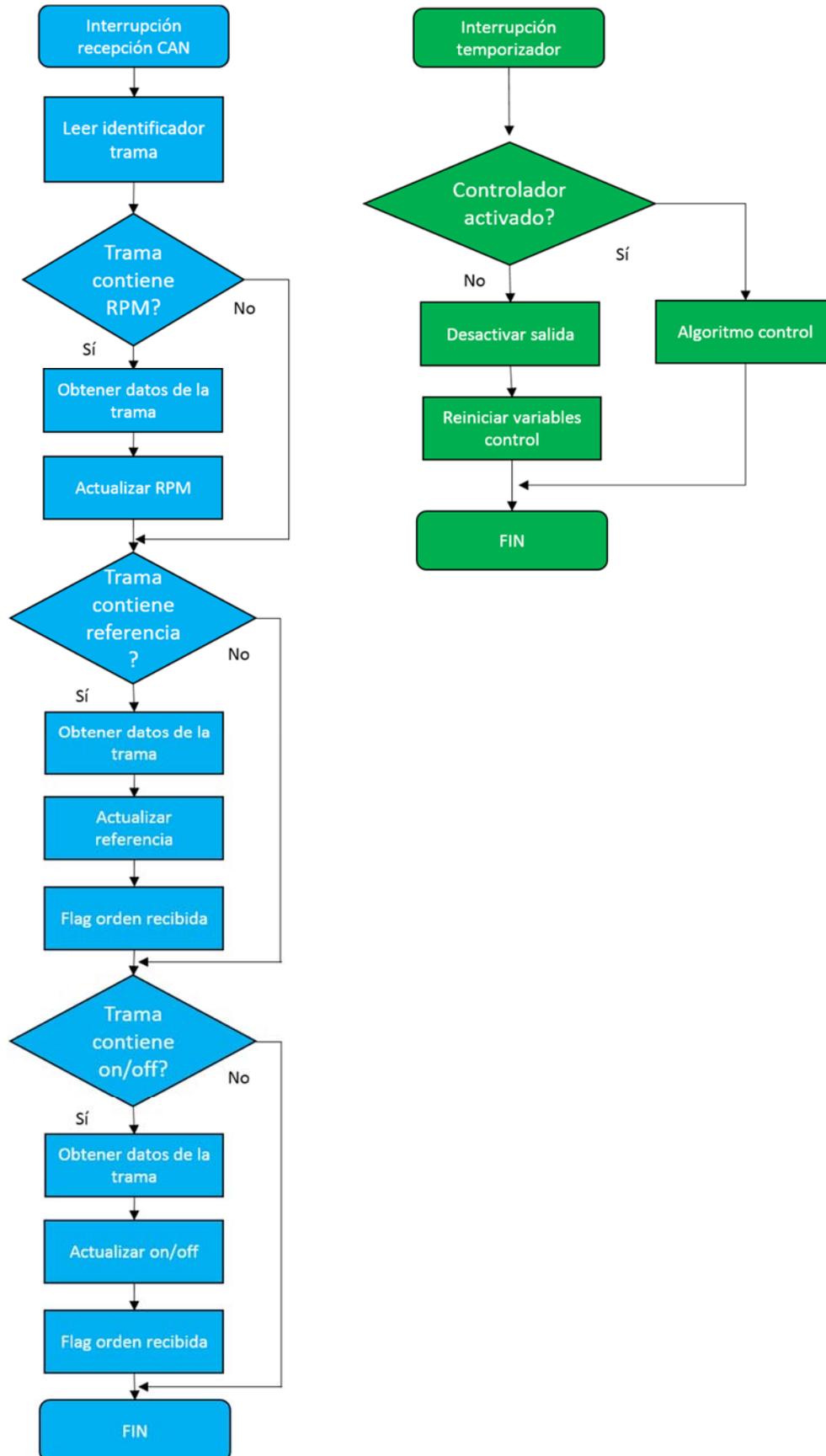
El programa principal del controlador tiene tres funcionalidades:

- En primer lugar, definir e inicializar las variables globales que se usarán en el resto del programa. Variables de este tipo son, por ejemplo, las que se usan en el algoritmo de control.

- En segundo lugar, llamar a las funciones de inicialización de, primeramente, el reloj del sistema, y seguidamente los periféricos que se necesitan, como son el temporizador o el controlador de SPI para el potenciómetro digital.
- Por último, ejecutar el bucle infinito del programa.

El bucle infinito, en este proyecto, se utiliza exclusivamente para la gestión del LED de señalización. La verdadera labor del microcontrolador, que es realizar el control, se ejecuta mediante interrupciones, como se verá a continuación.

2.2. INTERRUPCIONES



En el programa se usan dos interrupciones:

- **Interrupción de recepción del CAN:**

Esta interrupción se produce cada vez que se recibe una trama de CAN proveniente del bus. La rutina de interrupción, en primer lugar, lee el identificador de la trama. Si, de acuerdo al identificador, la trama contiene información sobre las RPM del motor, la referencia o el encendido y apagado del freno, entonces se procesa, de lo contrario se descarta.

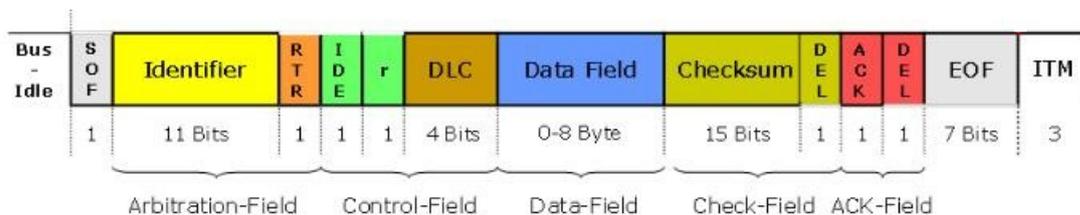


Figura 10 Trama de CAN

Una trama de CAN sigue una estructura estándar, esto permite al periférico controlador de CAN encargarse de todo lo necesario para la comunicación. De esta forma, el programador sólo tiene que leer lo que necesita, que en este caso se trata del identificador y de los datos.

El procesamiento de la trama consiste en leer la información del campo de datos y actualizar la variable que corresponda en cada caso directamente con el contenido de estos datos.

- **Interrupción del temporizador:**

La rutina de interrupción del temporizador se produce en cada periodo de muestreo y si el controlador se encuentra activado, ejecuta el algoritmo de control. Dicho algoritmo se puede encontrar explicado en profundidad en el documento Memoria, apartado 6.2.

Si por el contrario, el controlador se encuentra apagado, se desactiva la salida, es decir se establece la señal de control en 0 V, y además se reinician las variables de control a sus valores por defecto para que el regulador vuelva a comenzar correctamente cuando se active de nuevo.

3. FUNCIONES

En los siguientes apartados se explicarán las funciones del código más importantes divididas en los módulos en los que se encuentran.

En el CD que acompaña al TFG se puede encontrar el código completo y el proyecto en el formato del entorno de desarrollo utilizado. Por motivos de espacio algunos comentarios se han eliminado de este documento.

3.1. PROGRAMA PRINCIPAL (main.c)

3.1.1. Función main

Declaración:	int main(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Código de terminación del programa. 0 si se ha terminado correctamente, o distinto de 0 si no.
Descripción:	En esta función se llaman a las inicializaciones de los demás módulos y se incluye el "bucle infinito" de programa, que realiza la señalización mediante el LED.

```
int main(void)
{
    /** Inicializaciones */
    HAL_Init();
    SystemClock_Config();
    MX_GPIO_Init();
    lin();
    timerInit();
    digipotInit();
    CANInit();

    while (1)
    {
        if(BAT)
        {
            if(on_off == 1) lt();
            else lon();

            if(commandFlag)
            {
                lof();
                HAL_Delay(500);
                lon();
                HAL_Delay(3000);
                commandFlag = 0;
            }
        }
        HAL_Delay(100);
    }
}
```

```
}  
}
```

3.1.2. Interrupción del temporizador

Declaración:	void TIM2_IRQHandler(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Esta función es la rutina de interrupción de temporizador. Se ejecuta cada periodo de muestreo y realiza el algoritmo de control. La explicación detallada sobre este algoritmo puede encontrarse en el documento Memoria, apartado 6.2.2.

```
void TIM2_IRQHandler(void)  
{  
    if ( __HAL_TIM_GET_FLAG(&TIM, TIM_FLAG_UPDATE) != RESET ) {  
        __HAL_TIM_CLEAR_FLAG(&TIM, TIM_FLAG_UPDATE);  
  
        if (on_off == 1)  
        {  
            errorAc = (signed)ref - (signed)RPM;  
            intAc = intAnt + ( (kp*T) / Ti ) * errorAnt;  
            ctrlS = kp * errorAc + intAc + ctrlS_0;  
  
            if (ctrlS < satMin)  
            {  
                intAc = 0;  
                ctrlS = satMin;  
            }  
            if (ctrlS > satMax)  
            {  
                intAc = 0;  
                ctrlS = satMax;  
            }  
  
            digipotSet(ctrlS);  
  
            errorAnt = errorAc;  
            intAnt = intAc;  
        }  
        else  
        {  
            digipotSet(0);  
            errorAnt = 0;  
            intAnt = 0;  
            intAc = 0;  
        }  
    }  
}
```

3.2. MÓDULO DE INICIALIZACIONES (inits.c)

En este módulo se incluyen funciones que inicializan algunos periféricos del microcontrolador.

3.2.1. Inicialización del reloj

Declaración:	void SystemClock_Config(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Sirve para configurar el reloj interno del microcontrolador a 64 MHz. Debe ejecutarse al principio del programa.

```
void SystemClock_Config(void)
{
    RCC_OscInitTypeDef RCC_OscInitStruct;
    RCC_ClkInitTypeDef RCC_ClkInitStruct;

    RCC_OscInitStruct.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_HSI;
    RCC_OscInitStruct.HSIState = RCC_HSI_ON;
    RCC_OscInitStruct.HSICalibrationValue = 16;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_ON;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLSource = RCC_PLLSOURCE_HSI;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLMUL = RCC_PLL_MUL16;
    HAL_RCC_OscConfig(&RCC_OscInitStruct);

    RCC_ClkInitStruct.ClockType = RCC_CLOCKTYPE_HCLK|RCC_CLOCKTYPE_SYCLK
        |RCC_CLOCKTYPE_PCLK1|RCC_CLOCKTYPE_PCLK2;
    RCC_ClkInitStruct.SYSCLKSource = RCC_SYSCLKSOURCE_PLLCLK;
    RCC_ClkInitStruct.AHBCLKDivider = RCC_SYSCLK_DIV1;
    RCC_ClkInitStruct.APB1CLKDivider = RCC_HCLK_DIV2;
    RCC_ClkInitStruct.APB2CLKDivider = RCC_HCLK_DIV1;
    HAL_RCC_ClockConfig(&RCC_ClkInitStruct, FLASH_LATENCY_2);

    HAL_SYSTICK_Config(HAL_RCC_GetHCLKFreq()/1000);
    HAL_SYSTICK_CLKSourceConfig(SYSTICK_CLKSOURCE_HCLK);
    HAL_NVIC_SetPriority(SysTick_IRQn, 0, 0);
}
```

3.2.2. Inicialización del temporizador

Declaración:	void timerInit(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Sirve para inicializar el temporizador que se encargará del periodo de muestreo.

```
void timerInit(void)
{
    __TIM2_CLK_ENABLE(); //TIM2 clock running @ 64 MHz
    TIM.Instance = TIM2;
    TIM.Init.Prescaler = 99;
    TIM.Init.Period = 19200;
    TIM.Init.CounterMode = TIM_COUNTERMODE_UP;
    TIM.Init.ClockDivision = TIM_CLOCKDIVISION_DIV1;
    TIM.Init.RepetitionCounter = 0;
    HAL_TIM_Base_Init(&TIM);
    HAL_TIM_Base_Start_IT(&TIM);
    HAL_NVIC_SetPriority(TIM2_IRQn, 2, 2);
    HAL_NVIC_EnableIRQ(TIM2_IRQn);
}
```

3.3. MÓDULO DE CAN (CANF3.c)

En este módulo se incluyen funciones para el manejo del periférico controlador del CAN.

3.3.1. Inicialización del CAN

Declaración:	void CANInit(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Sirve para inicializar el periférico del CAN interno en el microcontrolador.

```
void CANInit(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;

    __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_CAN1_CLK_ENABLE();

    GPIO_InitStructure.Pin = GPIO_PIN_11|GPIO_PIN_12;
    GPIO_InitStructure.Mode = GPIO_MODE_AF_PP;
    GPIO_InitStructure.Pull = GPIO_NOPULL;
    GPIO_InitStructure.Speed = GPIO_SPEED_HIGH;
    GPIO_InitStructure.Alternate = GPIO_AF9_CAN;
    HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    hcan.Instance = CAN;
    hcan.Init.Prescaler = 2;
    hcan.Init.Mode = CAN_MODE_NORMAL;
    hcan.Init.SJW = CAN_SJW_1TQ;
    hcan.Init.BS1 = CAN_BS1_7TQ;
    hcan.Init.BS2 = CAN_BS2_8TQ;
    hcan.Init.TTCM = DISABLE;
    hcan.Init.ABOM = DISABLE;
    hcan.Init.AWUM = DISABLE;
    hcan.Init.NART = DISABLE;
    hcan.Init.RFLM = DISABLE;
    hcan.Init.TXFP = DISABLE;
    HAL_CAN_Init(&hcan);
}
```

```
hcanFilter.FilterNumber = 0;
hcanFilter.FilterMode = CAN_FILTERMODE_IDMASK;
hcanFilter.FilterScale = CAN_FILTERSCALE_32BIT;
hcanFilter.FilterIdHigh = 0x00;
hcanFilter.FilterIdLow = 0x00;
hcanFilter.FilterMaskIdHigh = 0x00;
hcanFilter.FilterMaskIdLow = 0x00;
hcanFilter.FilterFIFOAssignment = 0;
hcanFilter.FilterActivation = ENABLE;
hcanFilter.BankNumber = 0;

HAL_CAN_ConfigFilter(&hcan, &hcanFilter);

hcan.pRxMsg=&CANRxMessage;
hcan.pTxMsg=&CANTxMessage;

HAL_NVIC_SetPriority(CAN_RX0_IRQn, 0, 0);
HAL_NVIC_EnableIRQ(CAN_RX0_IRQn);
HAL_NVIC_SetPriority(CAN_TX_IRQn, 0, 0);
HAL_NVIC_EnableIRQ(CAN_TX_IRQn);
HAL_CAN_Receive_IT(&hcan,CAN_FIFO0);
}
```

3.3.2. Interrupción de recepción del CAN

Declaración:	void CAN_RX0_IRQHandler(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Esta función es la rutina de interrupción de recepción del CAN. Se ejecuta cada vez que se recibe un mensaje del bus y llama a las demás funciones de tratamiento del mensaje.

```
void CAN_RX0_IRQHandler(void)
{
    HAL_CAN_IRQHandler(&hcan);
    readCANMsg(&CANRxMessage);
    HAL_CAN_Receive_IT(&hcan,CAN_FIFO0);
}
```

3.3.3. Lectura de trama de CAN

Declaración:	void readCANMsg (CanRxMsgTypeDef* msg)
Parámetros:	Trama de CAN
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Se encarga de interpretar la trama de CAN entrante y llama a la siguiente función para obtener la información que contiene.

```
void readCANMsg (CanRxMsgTypeDef* msg)
{
    switch(msg->StdId)
    {
        case 100: {
            RPM = ReadCanData(msg,2,2);
            break;
        }
        case 110: BAT = ReadCanData(msg,0,2); break;
        case 200: {
            ref = ReadCanData(msg,0,2);
            if(ref < 0 || ref > 20000) ref = 0;
            commandFlag = 1;
            break;
        }

        case 203: {
            on_off = ReadCanData(msg,0,1);
            if(on_off != 0 && on_off != 1) on_off = 0;
            commandFlag = 1;
            break;
        }

        default: break;
    }
}
```

3.3.4. Lectura de datos de trama de CAN

Declaración:	unsigned long ReadCanData(CanRxMsgTypeDef* Msg, unsigned char offset, unsigned char len)
Parámetros:	Trama de CAN, posición de inicio del dato, longitud del dato
Retorno:	Dato extraído de la trama de CAN
Descripción:	Se encarga de obtener el dato requerido del campo de datos de una trama de CAN.

```
unsigned long ReadCanData(CanRxMsgTypeDef* Msg, unsigned char offset,
unsigned char len)
{
    uint32_t value=0;
    uint8_t i;
    for(i=0;i<len;i++)
    {
        value += (((uint32_t)(Msg->Data[offset+i])&0xFF)<<(8*(len-1-i)));
    }
    return value;
}
```

3.4. MÓDULO DEL POTENCIÓMETRO DIGITAL (digipotF3.c)

En este módulo se incluyen funciones para el manejo del potenciómetro digital.

3.4.1. Inicialización del potenciómetro

Declaración:	void digipotInit(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Inicializa el potenciómetro digital. Para ello configura los pines de entrada salida necesarios y el periférico de SPI.

```
void digipotInit(void)
{
    __HAL_RCC_SPI1_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();

    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;

    GPIO_InitStructure.Pin = GPIO_PIN_6;
    GPIO_InitStructure.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
    GPIO_InitStructure.Pull = GPIO_NOPULL;
    GPIO_InitStructure.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_HIGH;
    HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    CS_High();

    GPIO_InitStructure.Pin = GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_7;
    GPIO_InitStructure.Mode = GPIO_MODE_AF_PP;
    GPIO_InitStructure.Pull = GPIO_NOPULL;
    GPIO_InitStructure.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_HIGH;
    GPIO_InitStructure.Alternate = GPIO_AF5_SPI1;
    HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    hspi1.Instance = SPI1;
    hspi1.Init.Mode = SPI_MODE_MASTER;
    hspi1.Init.Direction = SPI_DIRECTION_2LINES;
    hspi1.Init.DataSize = SPI_DATASIZE_16BIT;
    hspi1.Init.CLKPolarity = SPI_POLARITY_LOW;
    hspi1.Init.CLKPhase = SPI_PHASE_1EDGE;
    hspi1.Init.NSS = SPI_NSS_SOFT;
    hspi1.Init.BaudRatePrescaler = SPI_BAUDRATEPRESCALER_4; //SCK 8.33 MHz
    hspi1.Init.FirstBit = SPI_FIRSTBIT_MSB;
    hspi1.Init.TIMode = SPI_TIMODE_DISABLE;
    hspi1.Init.CRCCalculation = SPI_CRCCALCULATION_DISABLE;
    hspi1.Init.CRCPolynomial = 7;
    hspi1.Init.CRCLength = SPI_CRC_LENGTH_DATASIZE;
    hspi1.Init.NSSPMode = SPI_NSS_PULSE_DISABLE;
    HAL_SPI_Init(&hspi1);
    __HAL_SPI_ENABLE(&hspi1);
    digipotSet(0);
}
```

3.4.2. Escritura de valor al potenciómetro

Declaración:	void digipotSet(float value)
Parámetros:	Valor en voltios del potenciómetro (de 0 a 4 V).
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Establece el potenciómetro en el voltaje indicado.

```
void digipotSet(float value)
{
    uint16_t junk;
    uint16_t var = 0x1100;

    if( value >= 0 && value <= 4 ){
        else return;

        pot_value = value;
        valueInt = (uint8_t) round(value * 51);

        var = var | valueInt;

        CS_Low();
        HAL_SPI_Transmit(&hspi1, (uint8_t*) &var, 1, 0x1000);
        while(HAL_SPI_GetState(&hspi1) == HAL_SPI_STATE_BUSY);
        CS_High();
    }
}
```

3.5. MÓDULO DEL LED (ledF3.c)

En este módulo se incluyen funciones para el manejo del LED de señalización superior del dispositivo.

3.5.1. Inicialización del LED

Declaración:	void lin(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Inicializa el pin de salida necesario para el LED. El LED se inicia apagado por defecto.

```
void lin(void){
    GPIO_InitTypeDef  GPIO_InitStruct;

    __HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE();

    GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_3;
    GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
    GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_PULLUP;
```

```
GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_LOW;

HAL_GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStruct);

lof();
}
```

3.5.2. Encender LED

Declaración:	void lon(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Enciende el LED

```
void lon(void)
{
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_3, GPIO_PIN_RESET);
    on = 1;
}
```

3.5.3. Apagar LED

Declaración:	void lof(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Apaga el LED

```
void lof(void)
{
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_3, GPIO_PIN_SET);
    on = 0;
}
```

3.5.4. Alternar LED

Declaración:	void lon(void)
Parámetros:	Ninguno
Retorno:	Ninguno
Descripción:	Alterna el LED de encendido a apagado o viceversa.

```
void lt(void){

    if (on) lof();
    else lon();
}
```



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Trabajo Fin de Grado

Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles

MANUAL DE USUARIO

Autor:

Pedro Fco Fernández Muñoz

Tutor:

Sergio García-Nieto Rodríguez

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática



Valencia, mayo 2017

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Componentes del Sistema	2
3. Utilización	4
3.1. Puesta en marcha	4
3.2. Operación del Controlador	5
3.3. LED de señalización	6
3.4. Desconexión del Controlador	6
4. Resolución de Problemas	7
5. Información del Producto	8
5.1. Información de seguridad	8
5.2. Características técnicas	8

1. INTRODUCCIÓN

El presente Manual de Usuario tiene como fin instruir al operario que utilice el Controlador acerca de cómo hacerlo funcionar adecuadamente.

Por favor, lea con detenimiento el presente documento antes de proceder al uso del dispositivo.

El Controlador Electrónico es un dispositivo capaz de actuar un freno dinamométrico de manera que la velocidad del motor al que se encuentra conectado se mantenga constante en la referencia de revoluciones por minuto deseada.

2. COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema de frenado del banco de ensayos cuenta principalmente con tres componentes. A continuación, se ilustran y se describe su papel.

FRENO DINAMOMÉTRICO



Figura 1 Freno dinamométrico

El freno es el componente principal, se encuentra conectado solidario a la salida de la transmisión, a través de una cadena. Durante la operación, el freno reduce la velocidad de giro del motor hasta alcanzar la referencia indicada.

MÓDULO DE POTENCIA



Figura 2 Módulo de potencia

El Módulo de Potencia provee alimentación eléctrica al freno. Se conecta a éste a través de la manguera de cable etiquetada en la carcasa como "OUTPUT BRAKE". El módulo se conecta la red eléctrica a través del cable de alimentación que procede de "220 V INPUT". La potencia de frenado viene determinada por la señal del controlador que es amplificada por el módulo y transmitida al freno. El controlador se encuentra conectado al módulo de potencia por la entrada lateral marcada como "2 PIN".

CONTROLADOR ELECTRÓNICO



Figura 3 Controlador Electrónico

El controlador electrónico permite que el freno realice su labor de frenado en la medida necesaria para que las RPM del motor se mantengan en el número indicado. Consta de una carcasa robusta de material plástico, de la que sobresalen un LED y el conector principal.

El LED permite al usuario visualizar el estado del controlador. Se puede encontrar más información en el apartado 2.3.

El conector principal sirve para conectar el controlador al cableado del banco de ensayos.

3. UTILIZACIÓN

Durante los siguientes apartados se describe la correcta utilización del controlador. Para un buen funcionamiento es importante que siga los pasos descritos en el orden indicado.

3.1. PUESTA EN MARCHA

Antes de operar el controlador, siga los siguientes pasos para su puesta en marcha.

1. Asegúrese de que no hay ninguna alimentación conectada.
2. Conecte el controlador al cableado a través del conector principal y apriete hasta que la pestaña haga "clic".



Figura 4 Conexión del controlador al cableado

3. Conecte el enchufe del módulo de potencia a la red eléctrica.



Figura 5 Conexión a la red eléctrica

4. Conecte la alimentación del controlador desde el interruptor de la panelera.



Figura 6 Interruptor de alimentación de la panelera

3.2. OPERACIÓN DEL CONTROLADOR

La operación del dispositivo se realiza desde el *software* de gestión del banco. Este programa se ejecuta en un PC durante los ensayos y se encarga de mostrar diferentes parámetros de la adquisición de datos de los sensores del banco. Además, dispone de un área dedicada a control del freno, que será la que se utilizará a continuación.

Para operar el banco, siga los siguientes pasos:

1. Diríjase al *software* de gestión del banco de ensayos. En la sección superior derecha encontrará un apartado dedicado al control de velocidad.

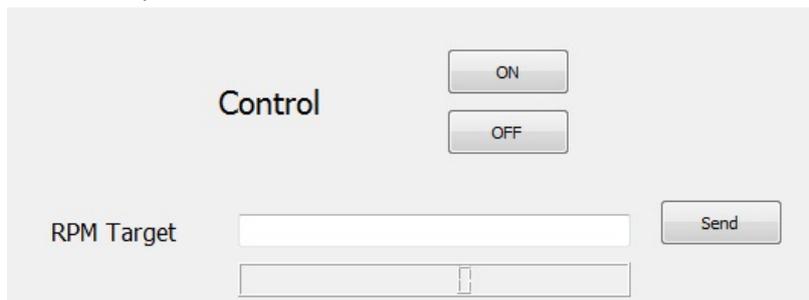


Figura 7 Interfaz de gestión del banco

2. Introduzca la referencia deseada en RPM en la casilla "RPM Target" y haga clic en "Send". De esta forma queda establecida la referencia y el controlador queda preparado para comenzar a funcionar.

Atención: Asegúrese de que el freno se encuentra girando (el embrague no se está accionando) antes proceder al paso 3, de lo contrario podrían producirse acciones de frenado bruscas.

3. Clique en "ON" para que el dispositivo comience a funcionar.

Nota: Se recomienda que para alcanzar las RPM objetivo se acelere el motor progresivamente partiendo desde el ralentí o desde cualquier velocidad inferior al objetivo. Si se desea accionar el freno desde una velocidad superior al objetivo se recomienda que la diferencia no supere las 1000 RPM.

4. Clique en "OFF" cuando termine el ensayo para detener el dispositivo.

3.3. LED DE SEÑALIZACIÓN

El controlador incorpora un LED rojo en la parte superior que permite visualizar algunas señales que pueden ser de utilidad para el usuario.

- LED apagado

El dispositivo no recibe alimentación o se ha dado un error al establecer la comunicación con el bus CAN.

- LED encendido fijo

El controlador recibe alimentación, pero se encuentra en estado de reposo, esperando a que se pulse "ON".

- LED parpadeando

El controlador está funcionando y regulando la velocidad.

- LED fijo durante 3 segundos

El controlador ha recibido una orden de cambio de referencia, de encendido o de apagado.

3.4. DESCONEXIÓN DEL CONTROLADOR

Si no va a utilizar el controlador durante un largo periodo de tiempo, o si considera necesario guardarlo en un lugar seguro, siga los siguientes pasos para su desconexión.

1. Asegúrese de que ninguna alimentación se encuentra activa.
2. Presione la pestaña que incorpora el conector del cableado en la parte superior y retire cuidadosamente el controlador.
3. Guárdelo en un lugar seguro.

4. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

El controlador electrónico es un dispositivo cuidadosamente diseñado y construido con la máxima calidad y fiabilidad. No obstante, si alguna vez experimenta algún problema, consulte esta sección donde encontrará qué acciones puede realizar.

- El LED no enciende
 - o Revisar conector
 - o Revisar alimentación del controlador
 - o Desconectar y conectar alimentación del controlador
- El freno parece no frenar
 - o Comprobar si el módulo de potencia se ha conectado a la red eléctrica
 - o Desconectar y conectar alimentación del controlador
- El freno se queda completamente frenado o frena demasiado
 - o Desconectar y conectar alimentación del módulo de potencia
 - o Desconectar y conectar alimentación del controlador

5. INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

5.1. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD

- Mantenga el dispositivo seco. El agua de lluvia, la humedad y todos los tipos de líquidos o humedad contienen minerales que corroen los circuitos electrónicos. Si el dispositivo se moja, espere a que se seque.
- No use el dispositivo en exteriores.
- No guarde el dispositivo en lugares sucios o polvorientos.
- No guarde el dispositivo en temperaturas altas. Las altas temperaturas pueden dañar el dispositivo.
- No guarde el dispositivo en temperaturas frías. Cuando el dispositivo recupera su temperatura normal, puede formarse humedad en su interior y dañarlo.
- No abra el dispositivo. Las modificaciones no autorizadas pueden dañar el dispositivo.
- No deje caer ni golpee el dispositivo. Un manejo brusco puede romperlo.

5.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Producto	Controlador automático para freno dinamométrico
Dimensiones	67 mm x 51 mm x 32 mm
Voltaje de alimentación	7 V a 15 V. Óptimo 12 V.
Frecuencia de alimentación	Corriente continua (CC)
Corriente	80 mA
Potencia	0.84 W
Rango de temperatura de funcionamiento	-40 °C a +85 °C