



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

CONTROL DE PESAJE INDUSTRIAL

MEMORIA

Alumno: Josué Lerga Olcoz

Tutor: Vicente Senosiain Miquelez

Pamplona, 6 de Noviembre 2013

1.1- INTRODUCCIÓN:	3
1.2- OBJETIVOS DEL PROYECTO	5
1.2.1- OBJETIVO DEL CONTROL DE CALIDAD	5
1.3- HARDWARE DEL CONTROL	7
1.3.1-DIAGRAMA DE BLOQUES	7
1.3.2- TARJETA MICROCONTROLADORA	10
1.3.2.1- Conversor A/D	12
1.3.2.2.- Comunicación Serie (USART)	19
1.3.2.3.- Transmisión	21
1.3.2.4- Recepción	22
1.3.3- AMPLIFICADORA Y FILTRO	23
1.3.3.1- Filtro	24
1.3.3.2- Amplificadora	25
1.3.4- BALANZA	28
1.3.4.1-Estructura de la balanza	28
1.3.4.2- Descripción interna	30
1.3.4.3-Celda de carga	31
1.3.4.4- Offset	34
1.3.4.5-Calibración	36
1.3.5- MODULADOR DE ANCHURA DE IMPULSO (PWM)	40
1.3.5.1-PWM	40
1.3.5.2-PWM para PIC 18F4520	41
1.3.5.3- Concepto de ERROR	43
1.3.6- BUFFER INTEGRADO 10A8DD	44
1.3.7- FILTRO SOFTWARE Y CONSECUENCIA SOBRE EL LAZO DE VELOCIDAD	46
1.3.8- MOTOR CC CON ENGRASADOR	47
1.3.8- LÍMITE HARDWARE	48

1.1- INTRODUCCIÓN:

El presente proyecto de fin de carrera se ha realizado en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Pamplona, UPNA bajo la supervisión de **D. Vicente Senosiain Miquelez** director del proyecto. Ha sido posible gracias a su aportación tanto intelectual como material. Así como la de empresas como HBM y MTorres que han aportado diferentes materiales a la realización de este proyecto.

Este proyecto tiene como finalidad la automatización de un proceso industrial para supervisar y hacer un seguimiento en la calidad de unas piezas.

Hoy en día todas las fábricas dependen de la calidad final de su producto para poder seguir en el mercado. Es por ello que hay que estar constantemente invirtiendo en tecnología que ejecute o realice los controles de calidad pertinente. Todo esto al menor costo posible, porque sino aunque la calidad mejore, si los costos se disparan ya no es competitiva la fabrica. Esta ha sido la causa de realizar este proyecto, el cual realiza un control de calidad por pesado de forma automática. De forma que no exige la mano de obra constante, esta abierto a modificaciones y crea un entorno para poder hacer un seguimiento de gran utilidad para mejorar la calidad.

El proyecto no ha sido realizado para llevar el control de calidad de ningún producto en concreto, sino que sirve para todo tipo de piezas de las cuales este control sea determinante en su resultado final. Es fácil imaginar que cualquier empresa, haga lo que haga, ya sea de la alimentación, metalurgia, transporte, necesita controlar el peso de sus productos, de de forma continuada y en grandes cantidades. Por lo que el uso de este proyecto tiene un abanico de posibilidades muy amplio.

El control de calidad por pesado consiste en controlar que el peso de un tipo de pieza sea el requerido, o sea que este dentro de los parámetros establecidos por el fabricante. Por ejemplo en una fábrica de grasa. Uno de sus procesos es llenar los barriles de grasa. En este proceso de llenado se necesita un seguimiento para comprobar que la cantidad de grasa introducida en el barril es la requerida. Para controlar esto se puede utilizar este proyecto, que realizaría el seguimiento pesando el barril con una balanza antes de ser llenado y lo pesaría después de ser llenado con la misma báscula. Y realizando los

cálculos pertinentes por ordenador podríamos saber la cantidad de gasa introducida.

Este proyecto es para una fábrica de rodamientos. Al igual que el barril unos de los procesos es inyectarle grasa, y de la cantidad suministrada depende la calidad.

1.2- OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1- OBJETIVO DEL CONTROL DE CALIDAD

Hoy en día para las empresas, además de una gran cantidad de producción, otro factor importante es la calidad de los productos. Así que las empresas están constantemente invirtiendo en procesos de control de calidad mirando que el costo sea el menor.

Por calidad se entiende que el producto cumpla al máximo las exigencias del cliente y las que se le prometen. Es decir que el producto fabricado cumpla su cometido al cliente como esperaba y si es posible superarlo mejor.

Este proyecto sirve para realizar un control de calidad en una fábrica de rodamientos. Uno de los procesos que sufren los rodamientos es el engrasado, y una cantidad incorrecta de grasa inyectada puede mermar mucho la calidad de estos. Así que se necesita una forma de controlar que el engrasado se haga correctamente. Esto es lo que vamos a hacer.

El objetivo es realizar un sistema de control que nos permita tomar datos de los pesos de las piezas, para así saber la cantidad de grasa que se le ha inyectado. Esto se hace mediante una balanza que voy a construir con una celda de carga.

También poder visualizar los datos, para hacer un seguimiento del proceso en tiempo real. Para ello dibujaremos graficas en Visual Basic.

Analizarlos y responder si el engrasado se esta realizando bien o mal. Esto también se hace con Visual Basic y la ayuda de Access.

Por ello uno de los objetivos de este proyecto, es la creación de un programa ejecutable en cualquier plataforma bajo el sistema operativo Windows XP o superior. Que permita la instalación y posterior uso de la aplicación sin necesidad de tener instalado el software de desarrollo Visual Basic 6.0. El Visual que sirva como interface con el usuario, permita el control del sistema y la visualización, tratamiento y almacenamiento de los pesos. También se permiten modificar los parámetros de control como la media o tolerancias para medir diferentes tipos de pieza.

De esta forma la fábrica adquiere una forma de controlar este proceso bastante autónoma, sin necesidad de tener que dejar a nadie realizando esto constantemente.

Otra gran ventaja es que los resultados de la grasa introducida en el rodamiento son guardados en una base de datos.

1.3- HARDWARE DEL CONTROL

1.3.1-DIAGRAMA DE BLOQUES

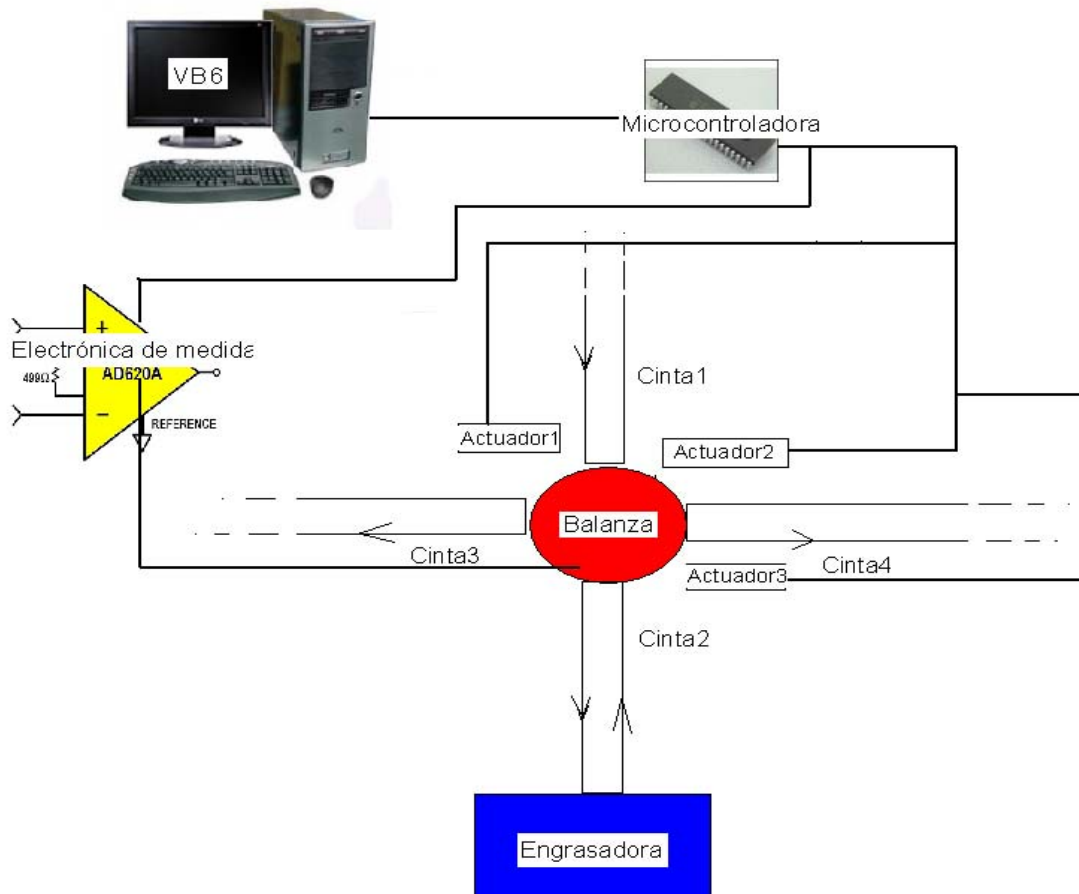
Este proyecto tienes dos partes. Una es la electrónica-mecánica, que es la real. Y otra la parte virtual, que es un programa en VB6 que se encarga de recoger los pesos obtenidos, analizarlos y ejecutar ordenes.

La parte electrónica-mecánica es la que se encarga de recoger los pesos de los rodamientos y enviarlos al pc para que la parte virtual los analice. Todo lo necesario está diseñado e implementado.

La parte virtual, pero no por ello la menos importante y costosa, es el cerebro del control. Porque es la que realmente hace el control de calidad sobre el sistema de control de calidad.

En definitiva se consigue extraer el peso de cada uno de los rodamientos, y manejar estos datos para visualizarlos, almacenarlos y hacer datos estadísticos de gran utilidad en la producción. Con un programa de fácil manejo para que el operario pueda estar viendo los resultados y haga las modificaciones necesarias.

Este es un esquema general, la parte virtual va dentro del PC y se explicara más tarde:



El esquema anterior representa cada una de las partes de control de calidad por pesado. Cada parte cumple una función concreta. Empiezo explicando el proceso de pesado de los rodamientos con la parte electrónica-mecánica apoyándome en el esquema.

Suponemos que el rodamiento accede a la balanza. En la simulación lo realizaremos con un vaso, o un plato.

Inicialmente el operario tendrá que meter una consigna manualmente desde el PC. Esta consigna será enviada al micro donde podremos calcular el error. El error es la diferencia entre la consigna y la medida real.

Inicialmente debemos offsetear el sistema debido a que el rodamiento tiene un peso el cual no nos interesa saber para nuestro proceso. Solo nos interesa saber el peso del producto que vamos a verter sobre la balanza.

Para offsetear el sistema pulsamos el botón “RB0” de la placa de MPLAB. Así conseguimos estabilizar en cero nuestra medida inicial del proceso.

Seguidamente pulsaremos el botón “RA0” de la placa de MPLAB para iniciar el proceso de engrasado y llenado de nuestro producto.

-La balanza como se ha dicho anteriormente se diseña en el proyecto, se utiliza para controlar el proceso en todo momento. El sensor es una celda de carga monopiano, va situada sobre un soporte de acero y se le coloca un plato de acero sobre el que se van colocando las piezas. Su diseño esta en el apartado 1.3.4 de Memoria.

-Electrónica de medida: la báscula nos van a proporcionar una señal de tensión diferencial muy baja, para procesarla es necesario amplificarla. Así que se diseña el circuito pertinente para su amplificación. Al ser la señal tan baja nos afectaran mucho los ruidos electromagnéticos producidos por otros aparatos de alrededor, con lo que debemos incluir detrás de la amplificadora un filtro pasa bajo que también se diseña. Su diseño esta en el apartado 1.3.3 de Memoria.

Microcontrolador: es el encargado de recoger el peso de la báscula a través del puerto analógico, mandar el peso a través de rs-232 al ordenador. Ira colocada en una placa programadora. Diseñaremos su programa en C con el entorno Mplab. La tarjeta microcontroladora donde va alojado el micro no la he diseñado yo pero si su programación. El diseño del programa esta en el apartado 1.3.2 de Memoria, y el esquema del programa en el apartado 2.4.2 de Cálculos.

-Programa Visual Basic: se diseña un programa en Visual Basic 6.0, el cual corre en un ordenador industrial, con puerto serie habilitado para realizar el control de calidad de las piezas. Se pretende que este programa sea muy visual y de fácil manejo, para que el operario que trabaja en el control pueda manejarlo sin problemas. Su función será la de recoger los pesos obtenidos de la bascula, exponerlos gráficamente, guardarlos en ficheros Access, hacer cálculos estadísticos, decidir si son correctos, enviar al microcontrolador las ordenes pertinentes, permitirle al operario acceder a los resultados obtenidos del control. Su funcionamiento y diseño se explica detalladamente en el apartado 2.5 de Cálculos.

1.3.2- TARJETA MICROCONTROLADORA

El microcontrolador utilizado en este proyecto es el PIC18F4520 de Microchip, es el encargado de recoger el peso de la báscula a través del puerto analógico, mandar la consigna y leer el peso a través de rs-232 al ordenador, para finalmente ejecutar el PWM y controlar un motor. Irá colocada en una placa programadora de Microchip y se programa con el programador MPLAD ICD2 y el programa MPLAB IDE.

Características generales del PIC18F4520:

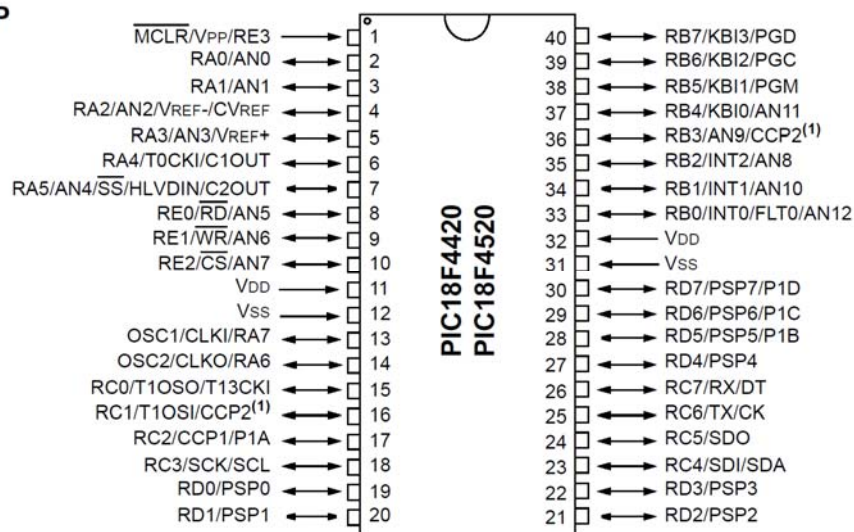
- Conversores Analógicos/Digitales: 13 de 10 bits
- Entradas y Salidas: 36 pines
- Memoria de datos EEPROM: 256 bytes
- SRAM: 1536 bytes
- Periféricos de comunicación digital: UART, SPI, I2C
- 3 TIMERS

Hemos elegido este microcontrolador debido al gran número de puertos de entrada/salida que permite manejar. Además, sus sobradas prestaciones dan pie a futuras ampliaciones, como por ejemplo, añadir más básculas o procesar las señales más a fondo, debido a las posibilidades de trabajo que permite a grandes velocidades.

Es un dispositivo muy utilizado, es fácil de encontrar en cualquier tienda de electrónica y además es económico.

Las funciones utilizadas del mismo, se detallan a continuación:

40-Pin PDIP



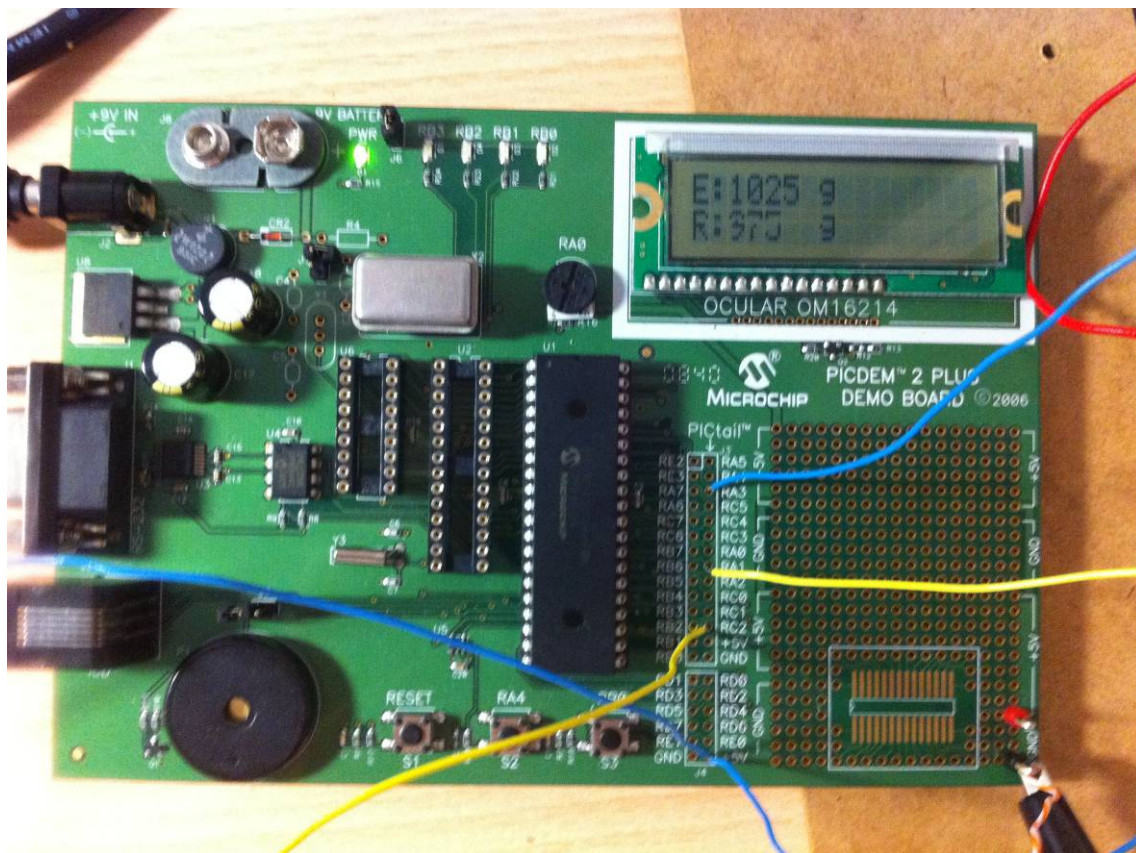
Los pines RA1 es la entrada analógica de la báscula. El pin RA3 es la entrada de tensión de referencia para el convertidor.

Los pines RB0, RA4, son las entradas digitales. RB0 sirve para offsetear el sistema y RA4 inicia el proceso de carga.

Los pines RB2 y RB4 son las salidas digitales. RB2 sirve para habilitar el puente en H que maneja el motor CC y RB4 es utilizada para invertir el sentido de giro al motor.

El esquema del programa esta en el apartado 2.4.2 de Cálculos.

Esta es la foto de la tarjeta microcontroladora:



1.3.2.1- Conversor A/D

Una vez que las señales provenientes de la báscula son debidamente acondicionadas con la tarjeta amplificadora y filtro estas son enviadas al micro.

Como sabemos estas señales se quieren enviar al pc para poder procesarlas empleando el software de diseño Visual Basic. Para poder enviarlas es necesario transformarlas a señales digitales y enviarlas de la tarjeta del micro al pc. El microcontrolador PIC 18F4520 contiene integrado un convertidor analógico-digital y una UART, por lo que la señal output que sale de la tarjeta acondicionadora irá conectada a una de las entradas analógicas del micro RA1. De forma que al programar el micro nos haga las funciones que necesitamos. En el apartado 2.3 de Cálculos están los cálculos de la resolución del CAD con el resto del proyecto.

El microcontrolador tiene integrado 13 ADC de 10 bits, de las 40 patillas que tiene el micro, y se seleccionan mediante un multiplexor analógico integrado cuyo direccionamiento debe programarse por software.

Antes de nada lo que se hace es programar los pines como entradas o salidas según se vayan a utilizar. Esto se hace a través de los registros TRISA, TRISB y TRISC. Por ejemplo escribiendo TRISA0=1, estoy programando que el pin 0 de el puerto A es una entrada, y por ser del puerto A será analógica.

La entrada analógica carga un condensador de muestreo y retención. La salida de este circuito de muestreo y retención es la entrada al convertidor. Éste, genera un resultado binario en función del nivel analógico presente en la entrada, por medio de un CAD tipo aproximaciones sucesivas. La conversión digital es un número de 10 bits. El módulo CAD posee entrada de referencia de tensión baja y alta, que el software seleccionará en combinación con VDD, VSS, RA2 o RA3.

Este es el esquema de una entrada analógica:

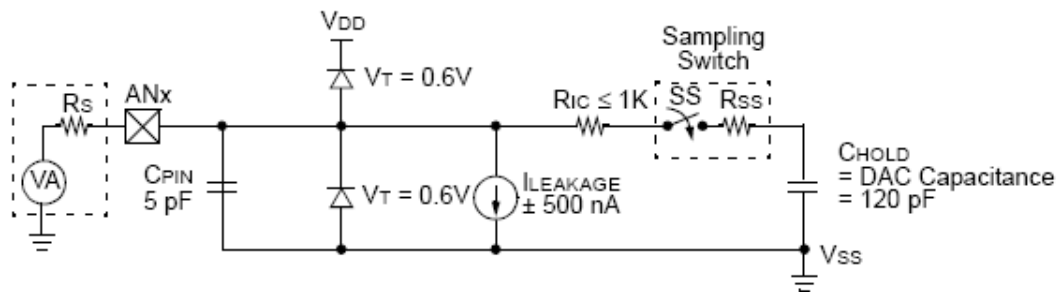
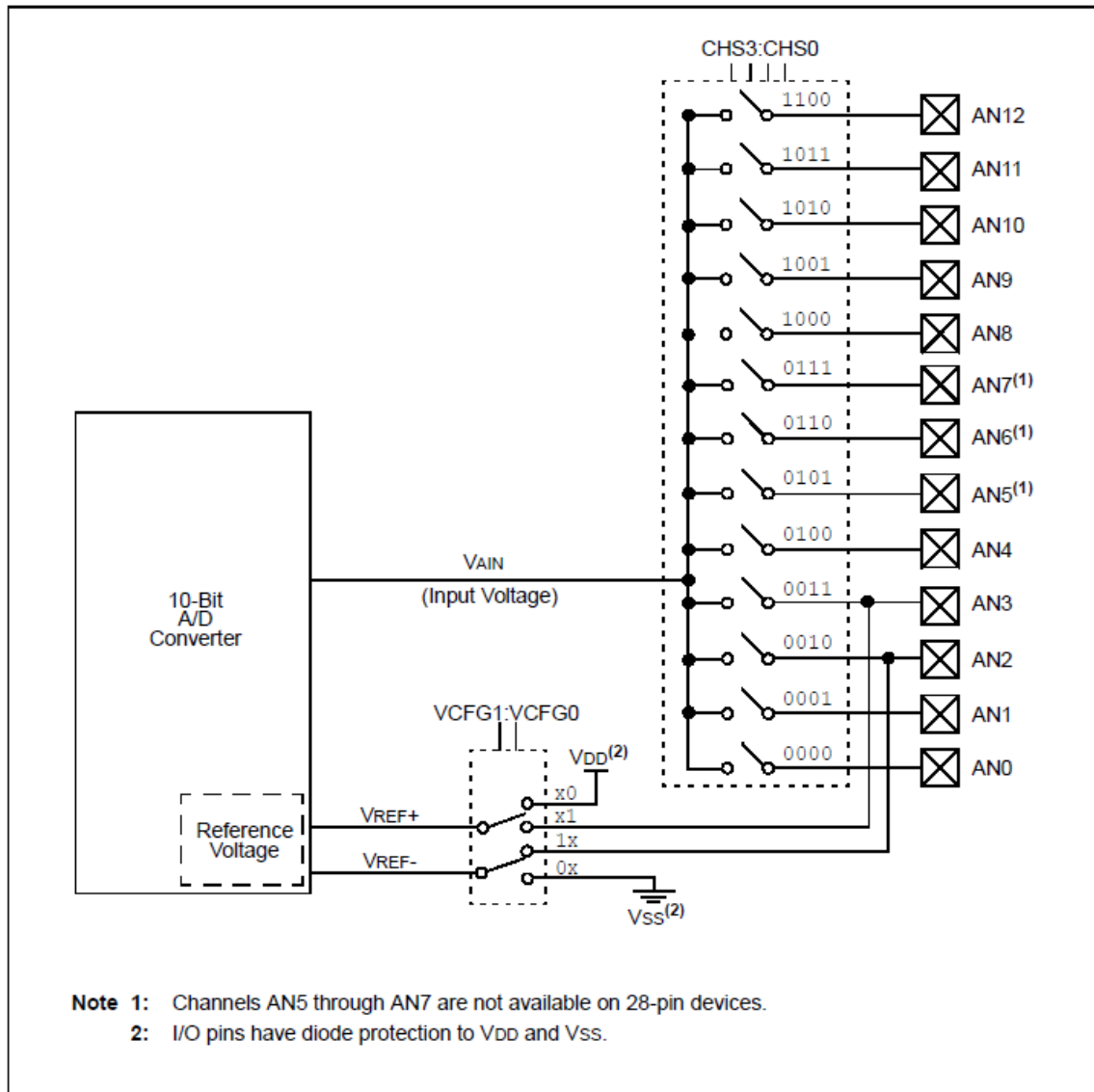


FIGURE 19-1: A/D BLOCK DIAGRAM



El dibujo anterior corresponde para nuestro dispositivo de la familia de 40 patillas, con 13 patillas dedicadas al ADC.

Este modulo CAD se controla a través de cuatro registros y una serie de bits de otros registros que también intervienen en la programación del CAD. Los registros son los siguientes:

- Registro Alto del Resultado A/D (ADRESH)
- Registro Bajo del Resultado A/D (ADRESL)
- Registro 0 de Control A/D (ADCON0)
- Registro 1 de Control A/D (ADCON1).
- Registro 2 de Control A/D (ADCON2).

El registro ADCON0, controla la operación del módulo A/D.

El registro ADCON1, configura la función de las patillas de los puertos. Éstas, pueden configurarse como entradas analógicas (RA3 también puede ser la tensión de referencia) o como entradas-salidas digitales.

El registro ADCON2, configura la fuente del reloj, el tiempo de adquisición y la justificación.

Este es el registro ADCON1:

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0 ⁽¹⁾	R/W-q ⁽¹⁾	R/W-q ⁽¹⁾	R/W-q ⁽¹⁾	
—	—	VCFG1	VCFG0	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	
bit 7								bit 0

bit 7-6 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5 **VCFG1:** Voltage Reference Configuration bit (VREF- source)

1 = VREF- (AN2)

0 = AVSS

bit 4 **VCFG0:** Voltage Reference Configuration bit (VREF+ source)

1 = VREF+ (AN3)

0 = AVDD

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits:

PCFG3:PCFG0 = 0000, AN10 – AN0 as analog input

PCFG3:PCFG0 = 1111, AN10 – AN0 as digital I/O

La configuración del registro ADCON1 es la siguiente.

Necesitamos 1 entrada analógica, una para la bascula, y nuestra propia tensión de referencia para coger mas precisión en la bascula, así que según la siguiente tabla tendremos PCFG3=1 PCFG2=1 PCFG1=0 PCFG0=1. Donde AN0 y AN1 son entradas analógicas y la patilla AN3 será la toma de referencia para el CAD.

PCFG3: PCFG0	AN12	AN11	AN10	AN9	AN8	AN7 ⁽²⁾	AN6 ⁽²⁾	AN5 ⁽²⁾	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0
0000 ⁽¹⁾	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0001	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0010	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0011	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0100	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0101	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0110	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0111 ⁽¹⁾	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A
1000	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A
1001	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A
1010	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A
1011	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A
1100	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A
1101	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A
1110	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A
1111	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

A = Analog input

D = Digital I/O

Este es el registro ADCON0:

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON
bit 7							bit 0

bit 5-2

CHS3:CHS0: Analog Channel Select bits

0000 = Channel 0 (AN0)
 0001 = Channel 1 (AN1)
 0010 = Channel 2 (AN2)
 0011 = Channel 3 (AN3)
 0100 = Channel 4 (AN4)
 0101 = Channel 5 (AN5)^(1,2)
 0110 = Channel 6 (AN6)^(1,2)
 0111 = Channel 7 (AN7)^(1,2)
 1000 = Channel 8 (AN8)
 1001 = Channel 9 (AN9)
 1010 = Channel 10 (AN10)

bit 1

GO/DONE: A/D Conversion Status bitWhen ADON = 1;

1 = A/D conversion in progress
 0 = A/D Idle

bit 0

ADON: A/D On bit

1 = A/D converter module is enabled
 0 = A/D converter module is disabled

Con los bits CHS0, CHS1 y CHS2 elijo que canal analógico es el que quiero leer cada vez.

Este es el registro ADCON2:

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	ACQT2	ACQT1	ACQT0	ADCS2	ADCS1	ADCS0
bit 7							bit 0
	bit 7	ADFM: A/D Result Format Select bit 1 = Right justified 0 = Left justified					
	bit 6	Unimplemented: Read as '0'					
	bit 5-3	ACQT2:ACQT0: A/D Acquisition Time Select bits 111 = 20 TAD 110 = 16 TAD 101 = 12 TAD 100 = 8 TAD 011 = 6 TAD 010 = 4 TAD 001 = 2 TAD 000 = 0 TAD ⁽¹⁾					
	bit 2-0	ADCS2:ADCS0: A/D Conversion Clock Select bits 111 = FRC (clock derived from A/D RC oscillator) ⁽¹⁾ 110 = Fosc/64 101 = Fosc/16 100 = Fosc/4 011 = FRC (clock derived from A/D RC oscillator) ⁽¹⁾ 010 = Fosc/32 001 = Fosc/8 000 = Fosc/2					

El bit ADFM será 1 así rellena los bits de ADRESH con ceros cuando no se ocupan.

Del registro ADCON2 es importante configurar los bits ADCS0, ADCS1 y ADCS2 (ADCON1), que controlan el tiempo de conversión por bit llamado TAD. Algo que hay que tener en cuenta ya que hay unas exigencias mínimas de tiempo para la conversión ya que la conversión A/D necesita un mínimo de 12TAD por 10 bits de conversión, 10TAD + 2TAD (es necesario esperar 2TAD antes de iniciar una nueva conversión debido al descargo del condensador CHOD de la entrada analógica, en este caso esto se cumplirá). La fuente del reloj de conversión A/D se selecciona por software. Siete opciones son posibles para TAD:

- 2Tosc
- 4Tosc
- 8Tosc
- 16Tosc
- 32Tosc
- 64Tosc
- Oscilador RC interno

Para una correcta conversión A/D, el reloj debe seleccionarse para asegurar un tiempo mínimo de 1µs.

La tabla siguiente muestra los tiempos resultantes TAD, derivados de la frecuencia de trabajo del dispositivo y de la fuente de reloj seleccionada.

TABLE 19-1: TAD vs. DEVICE OPERATING FREQUENCIES

AD Clock Source (TAD)		Maximum Device Frequency	
Operation	ADCS2:ADCS0	PIC18F2X20/4X20	PIC18LF2X20/4X20 ⁽⁴⁾
2 Tosc	000	2.86 MHz	1.43 kHz
4 Tosc	100	5.71 MHz	2.86 MHz
8 Tosc	001	11.43 MHz	5.72 MHz
16 Tosc	101	22.86 MHz	11.43 MHz
32 Tosc	010	40.0 MHz	22.86 MHz
64 Tosc	110	40.0 MHz	22.86 MHz
RC ⁽³⁾	x11	1.00 MHz ⁽¹⁾	1.00 MHz ⁽²⁾

Note 1: The RC source has a typical TAD time of 1.2 µs.

2: The RC source has a typical TAD time of 2.5 µs.

3: For device frequencies above 1 MHz, the device must be in Sleep for the entire conversion or the A/D accuracy may be out of specification.

4: Low-power (PIC18LFXXXX) devices only.

Como la frecuencia máxima de mi dispositivo es 4Mhz elijo la operación a 4Tosc ya que $4 \times 1/4 = 1\mu\text{s}$ así que se cumple el tiempo de conversión A/D por cada bit. Así que los bits de ADCON2 serán ADCS0=1, ADCS1=0 y ADCS2=0.

Secuencia de conversión A/D:

1º- Después de haber configurado los registros anteriores como se indica, para que se lleve a cabo la conversión es necesario que el bit ADON del registro ADCON0 este a 1 para “encender” el conversor.

2º- Elijo el canal analógico que deseo leer a través de los bits CHS0 CHS1 y CHS2.

3º- Cuando la conversión arranca el bit ADGO(ADCON0) se pone a 1, Los registros ADRESH y ADRESL de 8 bits cada uno, contienen los 10 bits resultantes de la conversión. Cuando la conversión arranca el bit ADGO(ADCON0) se pone a 1.

4º- Cuando la conversión ha terminado el resultado es guardado en este par de registros (ADRESH y ADRESL) y el bit ADGO se pone a 0 indicando que es el momento de leer ADRESH y ADRESL y guardando su valor en una variable numérica.

El ADC del microcontrolador tiene unas especificaciones de carácter eléctrico que se deben de respetar durante el diseño de los circuitos relacionados con él,

como el amplificador de la señal cuya salida se conectará a la entrada del ADC, o el circuito en el que se genera la tensión de referencia. De no tener en cuenta estas características se podría dañar el ADC o el propio microcontrolador. Por lo tanto, durante su diseño se debe de tener cuidado de respetar siempre éstas limitaciones. La siguiente figura muestra las características eléctricas del ADC del PIC18F4520.

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ	Max	Units	Conditions
A01	NR	Resolution	—	—	10	bit	$\Delta V_{REF} \geq 3.0V$
A03	EIL	Integral Linearity Error	—	—	$<\pm 1$	LSb	$\Delta V_{REF} \geq 3.0V$
A04	EDL	Differential Linearity Error	—	—	$<\pm 1$	LSb	$\Delta V_{REF} \geq 3.0V$
A06	E _{OFF}	Offset Error	—	—	$<\pm 1$	LSb	$\Delta V_{REF} \geq 3.0V$
A07	E _{GN}	Gain Error	—	—	$<\pm 1$	LSb	$\Delta V_{REF} \geq 3.0V$
A10	—	Monotonicity	Guaranteed ⁽¹⁾			—	$V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$
A20	ΔV_{REF}	Reference Voltage Range (V _{REFH} – V _{REFL})	1.8	—	—	V	V _{DD} < 3.0V V _{DD} ≥ 3.0V
			3	—	—	V	
A21	V _{REFH}	Reference Voltage High	V _{SS}	—	V _{REFH}	V	
A22	V _{REFL}	Reference Voltage Low	V _{SS} – 0.3V	—	V _{DD} – 3.0V	V	
A25	V _{AIN}	Analog Input Voltage	V _{REFL}	—	V _{REFH}	V	
A30	Z _{AIN}	Recommended Impedance of Analog Voltage Source	—	—	2.5	kΩ	
A50	I _{REF}	V _{REF} Input Current ⁽²⁾	—	—	5	μA	During V _{AIN} acquisition. During A/D conversion cycle.
			—	—	150	μA	

Algunas importantes son: la entrada analógica (V_{AIN}) no puede ser mayor que V_{REFH} y la tensión de referencia (V_{REFH}) no puede ser mayor que 5v donde V_{REFH} = 5v.

1.3.2.2.- Comunicación Serie (USART)

El microcontrolador empleado dispone de una USART (ADDRESSABLE UNIVERSAL SYNCHRONOUS ASYNCHRONOUS RECEIVER TRANSMITTER) integrada que permite la comunicación bidireccional full duplex con otros dispositivos. En éste caso se realiza una comunicación con un PC a través del puerto serie para enviarle los datos procedentes de la conversión A/D del DAC integrado en el microcontrolador realizada a la señal analógica procedente de la tarjeta amplificadora de las básculas.

Es necesario enviar los resultados de la señal producida por las básculas al pc para poder procesarlos y representarlos mediante graficas y tablas. En base a las interpretaciones que hace el pc de estos datos, se envían al microcontrolador unos comandos desde el pc, para controlar los actuadores que intervienen en el control de calidad. Todo esto se hace en un tiempo muy corto con lo que se hace esencial el uso de la transmisión y recepción de esta USART.

Para controla esta velocidad de transmisión y recepción de bits, la USART dispone de un generador de baudios que es un contador de 8 bits especializado en generar la velocidad de circulación de los bits salientes o entrantes.

La programación de esta USART dependerá en gran medida de si la comunicación es sincronía o asíncrona. Yo necesito comunicación asíncrona, ya que es la utiliza el puerto serie. Esto significa que no existe un intervalo predefinido entre el envío de caracteres (por ejemplo, cuando los caracteres se escriben a una velocidad irregular en un teclado). El dispositivo receptor necesita saber, por lo tanto, cuándo va a recibir los datos. Para ello, se delimitan los bits de datos con un bit de inicio y otro de parada que indican el principio y fin del carácter. Los bits de datos ascienden, por lo general, a un total de 7 u 8: por ejemplo, los caracteres ASCII se representan mediante 7 u 8 bits, dependiendo del juego de códigos seleccionado. Se utiliza, también, un bit de paridad que se coloca justo delante del bit de parada y que constituye un buen método de detección de errores. Se puede elegir entre tres tipos de paridad: sin paridad, paridad par (el número total a que ascienden los bits de datos, incluido el de paridad, es un número par) y paridad impar (el número

total a que ascienden los bits de datos, incluido el de paridad, es un número impar). En este caso no se utilizara el bit de paridad.

La USART (transmisión y recepción)

Lo primero que debemos de tener en cuenta para programar el modulo USART es la velocidad de transmisión y recepción de bits que se desea, ya que la velocidad que se utilice en el micro, se debe utilizar en el programa visual Basic para que se puedan poner en comunicación ambos y no se pierdan datos en el limbo.

Como se ha dicho este generador de baudios esta basado en un contador de 8 bits, que no es más que un registro de 8 bits llamado SPBRG.

Para programar el generador de baudios aparte del registro SPBRG, se utiliza el bit BRGH del registro TXSTA que es el encargado de controlar la velocidad en modo asíncrono. Yo elijo alta velocidad con lo que BRGH=1. Elegidos una velocidad y Fosc dadas, el valor entero más próximo para SPBRG puede calcularse usando la fórmula en la tabla siguiente, donde X es el valor decimal de SPBRG.

TABLE 18-1: BAUD RATE FORMULAS

Configuration Bits			BRG/EUSART Mode	Baud Rate Formula
SYNC	BRG16	BRGH		
0	0	0	8-bit/Asynchronous	$F_{osc}/[64(n+1)]$
0	0	1	8-bit/Asynchronous	$F_{osc}/[16(n+1)]$
0	1	0	16-bit/Asynchronous	
0	1	1	16-bit/Asynchronous	$F_{osc}/[4(n+1)]$
1	0	x	8-bit/Synchronous	
1	1	x	16-bit/Synchronous	

Legend: x = Don't care, n = value of SPBRGH:SPBRG register pair

Entonces yo tengo un oscilador de cristal de cuarzo para controlar mi micro de 4Mhz y quiero una velocidad de 9600 baudios. Por lo que mi formula será:

$$\frac{F_{osc}}{[16(N+1)]} = \text{Baudios} \rightarrow N = [4\text{Mhz}/(16 \times 9600)] - 1 = 25$$

Se puede ver en la siguiente tabla que nuestro cálculo coincide con el del fabricante:

BAUD RATE (K)	SYNC = 0, BRGH = 0, BRG16 = 1								
	FOSC = 4.000 MHz			FOSC = 2.000 MHz			FOSC = 1.000 MHz		
	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)
0.3	0.300	0.04	832	300	-0.16	415	300	-0.16	207
1.2	1.202	0.16	207	1201	-0.16	103	1201	-0.16	51
2.4	2.404	0.16	103	2403	-0.16	51	2403	-0.16	25
9.6	9.615	0.16	25	9615	-0.16	12	—	—	—
19.2	19.231	0.16	12	—	—	—	—	—	—
57.6	62.500	8.51	3	—	—	—	—	—	—
115.2	125.000	8.51	1	—	—	—	—	—	—

1.3.2.3.- Transmisión

Para manejar la transmisión de datos del modulo USART a periféricos, se tiene que programar el registro TXSTA.

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R-1	R/W-0
CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D
bit 7							bit 0

El bit CSRC en modo asíncrono no hace falta programarlo.

El bit TX9 se pone a cero indicando que utilizaremos transmisión de 8 bits.

El bit TXEN se pone a 1 para habilitar la transmisión.

El bit SYNC se pone a cero para elegir modo asíncrono.

El bit BRGH como se ha dicho se pone a 1 para elegir alta velocidad de transmisión.

Además intervienen otros bits como TXIF del registro PIR1<4>

Los bits últimos no los toco ya que no quiero paridad.

1.3.2.4- Recepción

Para manejar la recepción de datos en la USART, enviados desde periféricos por puerto serie, se tiene que programar el registro RCSTA.

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-x
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
bit 7				bit 0			

El bit SPEN se pone a 1 para habilitar el puerto serie.

El bit RX9 se pone a 0 para que la recepción sea de 8 bits.

El bit SREN en modo asíncrono no programa.

El bit CREN se pone a 1 para que la recepción sea continua.

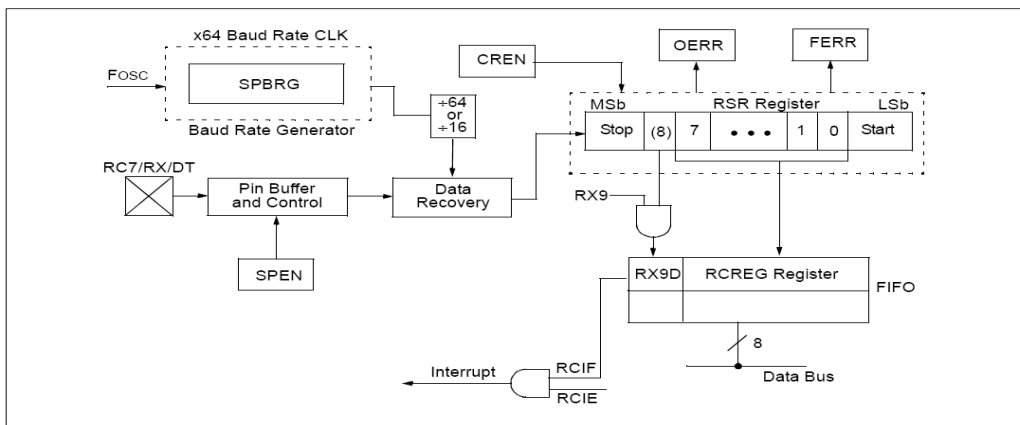
El bit ADDEN solo se programa para recepción de 9 bits. Este no es el caso.

El bit OERR es para controlar el error por desbordamiento. Se pone a 0.

El bit RX9D es para recepción de 9 bits.

Además intervienen en la recepción otro bit como el RCIF del registro PIR1.

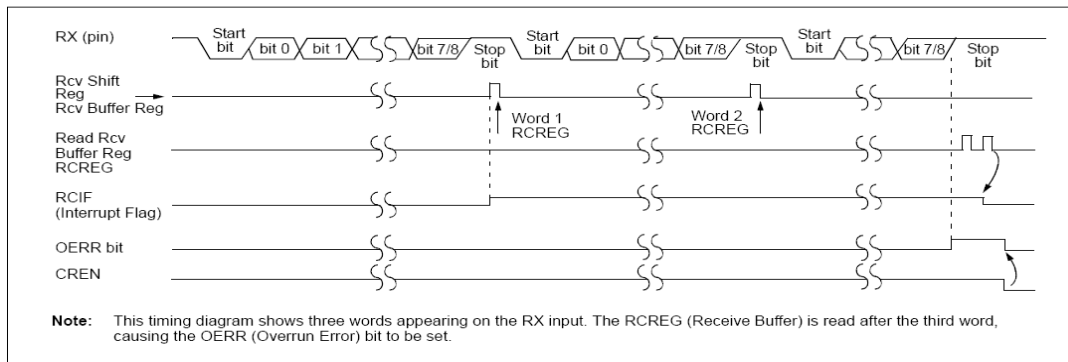
El diagrama a bloques del receptor USART se muestra en la figura siguiente.



El corazón del receptor es el registro de desplazamiento serie de recepción (RSR). Después de la captura del bit de STOP, el dato recibido en el registro RSR se transfiere al registro RCREG (si está vacío). Si la transferencia se completa, se activa el bit indicador RCIF (PIR1<5>). El bit RCIF es de lectura, y se borrará por hardware. Esto se producirá cuando el registro RCREG se ha leído y queda vacío. El RCREG es un registro de doble buffer (una FIFO de dos posiciones). Por esto es posible, simultáneamente, cargar RCREG desde la CPU, transferir a RCREG desde el RSR, y comenzar a desplazar en RSR desde la patilla RX. Al detectar el bit de STOP que entra por la patilla RX, si el

registro RCREG está todavía lleno, se activará el bit de error por desbordamiento OERR (RCSTA<1>). En este caso no se usa el error por desbordamiento.

La siguiente figura muestra la secuencia de los bits en la recepción.



Se puede ver como al llegar el bit de stop por la patilla RX al registro de desplazamiento RSR, los datos pasan automáticamente al registro RCREG y el bit RCIF se pone a 1, el cual no se vuelve a poner a cero hasta que no se lea el registro RCREG y quede vacío.

1.3.3- AMPLIFICADORA Y FILTRO

Como se ha indicado antes, la tensión diferencial que va a proporcionar la célula de carga es muy pequeña. La máxima tensión que se puede dar entre los terminales de salida de la celda es de 2 milivoltios que se da cuando esta soporta el peso nominal de 30kg. Además su variación será de escalas menores a los milivoltios. Esto ocurre porque la celda de carga está compuesta por un puente de Wheatstone, que va pegado en su superficie. De manera que cuando la celda sufra un esfuerzo y se produzca una elongación, las galgas extensiométricas del puente también sufrirán la elongación y variarán su resistencia provocando una varianza de la tensión. Esta varianza es muy pequeña, debido a ello debe de ser cuidadosamente acondicionada para minimizar el acoplamiento y amplificación de componentes frecuenciales procedentes del ruido electromagnético ambiental.

La señal procedente de la celda debe ser llevada al convertidor analógico digital del microcontrolador para convertirla a valor digital y así poder procesarla, analizarla y enviarla al pc. El microcontrolador posee un puerto de entradas analógicas de las que solo se usa una para la báscula. Esta entrada

admite como máximo 5v, y satura el convertidor cuando supera la tensión de referencia la cual se puede elegir según convenga. De todas formas las señales provenientes de la celda de carga sigue siendo demasiado pequeñas, así que se diseña una tarjeta acondicionadora que se encarga de amplificar y filtrar esta señal a unos niveles más aceptables, antes de entrar en la entrada analógica del micro.

1.3.3.1- Filtro

La celda de carga viene de fábrica con un cable suficientemente largo para este proyecto. La balanza estará lo suficientemente cerca del microcontrolador. Según el fabricante, con esa longitud de cable, la señal no se ve afectada por atenuación y ruidos. En otros casos si se necesitara mayores distancias, sería necesario incluir más de una etapa de acondicionamiento de señal para filtrarla y amplificarla para que no afectara la distancia.

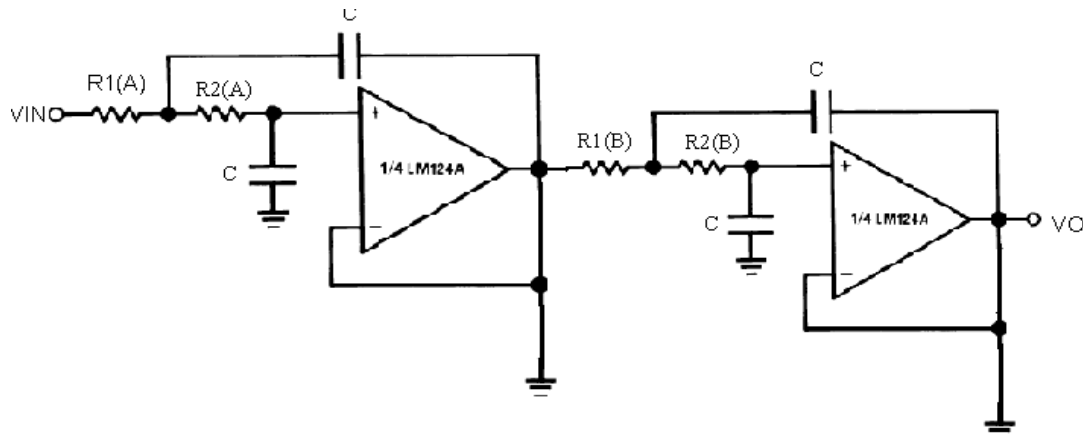
La tarjeta acondicionadora esta compuesta por el amplificador y después el filtro de señal.

Para el filtrado de la señal se utiliza un filtro activo paso bajo de orden cuatro tipo Butterworth con frecuencia de corte 25Hz. Toda la señal(V_o) que pase de 25HZ la minimiza hasta hacerla 0v.



Esto permite minimizar suficientemente el acoplamiento de la mayoría de las componentes frecuenciales acopladas en el entorno habitual en el que se utilizan las básculas, sin perjudicar la capacidad de medida. Este filtro esta hecho sobre el común integrado Lm324, el cual posee cuatro operacionales en su interior que se alimento a +5v, pero también podría ser +5v-0v.

Este es el esquema del filtro:



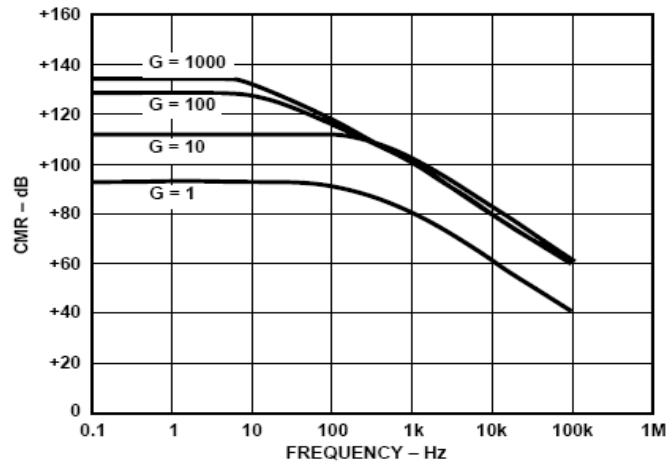
Los cálculos de este filtro están en la parte de 3.2.3 de Cálculos.

1.3.3.2- Amplificadora

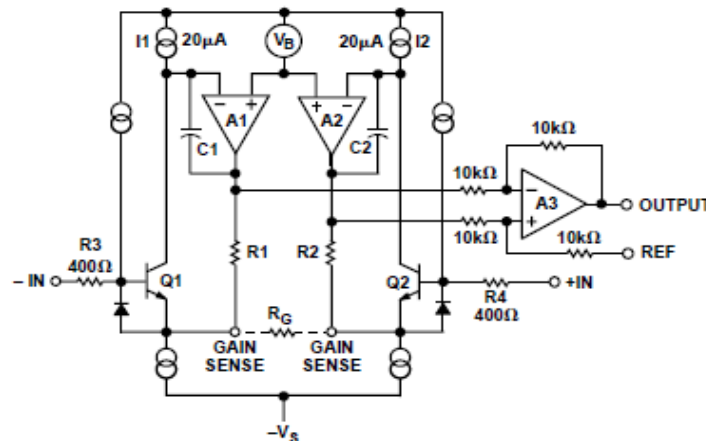
Para la amplificación se ha empleado el circuito integrado AD620, que es un amplificador de instrumentación basado en una modificación de los clásicos tres amplificadores operacionales, cuya ganancia es controlable mediante una única resistencia externa (R_g).

Se trata de un circuito recomendable para la amplificación de señales diferenciales muy débiles, con una alta impedancia de entrada y una alta relación de rechazo al modo común (CMRR), con capacidad para amplificar con una gran ganancia (1-1000) y con unos niveles de ruido muy reducidos. Además el coste no es muy elevado. Por estas y más características se ha utilizado este amplificador para amplificar la señal de la báscula

La especificación de CMRR en función de la frecuencia se obtiene de las hojas de datos. En la figura siguiente se puede apreciar como el CMRR, disminuye a medida que aumenta la frecuencia.



El dibujo siguiente es una simplificación del esquema interno del AD620



donde $V_{OUT}(\text{output}) = V_{IN} \times \text{Ganancia} + V_{REF}$

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1$$

esta es la ecuación de la ganancia donde RG es la resistencia que la controla. En esta tabla el fabricante recomienda el empleo de un conjunto de valores de ganancia concretos, indicando los valores de los resistores de precisión comerciales que más se aproximan a los necesarios matemáticamente para lograr dicha ganancia.

Yo he elegido para la amplificación de la señal de mi balanza la resistencia de 49,9Ω, porque necesito la máxima ganancia posible pero no hay resistencias de 49,490Ω en el mercado a precio razonable para este proyecto. Como sacar este valor tan ajustado con el potenciómetro multivuelta es muy difícil, debido a que los aparatos de medida de los que dispongo no son suficientemente

precisos. Me sale mas barato y pierdo menos tiempo poniendo una de 49,9 Ω que si son mas baratas y se seguro que la ganancia que tengo es 990. Cosa que me ayuda muchísimo a la hora de calibrar la báscula y hacer los cálculos.

1% Std Table Value of R_G , Ω	Calculated Gain	0.1% Std Table Value of R_G , Ω	Calculated Gain
49.9 k	1.990	49.3 k	2.002
12.4 k	4.984	12.4 k	4.984
5.49 k	9.998	5.49 k	9.998
2.61 k	19.93	2.61 k	19.93
1.00 k	50.40	1.01 k	49.91
499	100.0	499	100.0
249	199.4	249	199.4
100	495.0	98.8	501.0
49.9	991.0	49.3	1,003

Cabe destacar el terminal “REF” suma la tensión que se le meta a la de salida en “OUTPUT”. Con lo cual me puede ayudar a eliminar el offset que se produce en los terminales de entrada. En este caso esta tensión de offset es muy pequeña así que se conecta “REF” a masa del circuito, ya que no se puede dejar al aire. El problema que se pueda producir por el offset se soluciona por medio del software del micro y del Visual. Esta es una de las grandes ventajas de mezclar la instrumentación con el software, el hecho de que te puedes ahorrar el tener que montar circuitos para resolver problemas que se pueden resolver con software.

En 2.2.2 de Cálculos se explica detalladamente mediante formulas, la elección de la ganancia escogida, así como todas las resistencias y condensadores necesarios para realizar las etapas de amplificación y filtro.

Foto de la amplificadora y filtro:



1.3.4- BALANZA

1.3.4.1-Estructura de la balanza

Según el uso que se le vaya a dar, hay para elegir distintos modelos de balanzas. Por ejemplo en las fábricas de embutidos se utilizan las balanzas de gancho para colgar cómodamente los animales y sus derivados.



Otro tipo son las balanzas de cinta transportadora para pesar mientras se transporta el elemento a medir. Utilizadas en productos en los que no es necesario pesar uno por uno, como los productos vegetales.



Las balanzas de precisión, como su propio nombre indica tiene mucha precisión, lo que significa una precisión de lectura de 0,1 g/m². Utilizada para tareas de laboratorio.



La balanza anterior entra dentro de las llamadas balanzas de plataforma, que es la que se diseña en este proyecto. El término **balanza de plataforma** cubre hoy en día un amplio abanico de aplicaciones en la tecnología de pesaje industrial. Cubre desde el diseño y configuración de los equipos como son las balanzas de alta precisión para laboratorios, balanzas médicas, balanzas

comerciales, balanzas para correos etc... . Las balanzas de plataforma se caracterizan por una o más células de carga, normalmente instalada bajo una plataforma o plato donde se depositan los objetos para pesarlos.

Yo elijo la balanza de plataforma por que necesito una plataforma donde poner la piezas a medir de una en una, dejarlas quietas mientras se miden y según la cantidad de grasa que se les ha suministrado, expulsarlas del proceso de fabricación o colocarlas en la cinta transportadora para que siga su proceso.

La estructura de mi balanza es de acero, he puesto una base pesada y amplia a la que va atornillada la celda de carga, para que no se venza con el peso de las piezas. Y atornillado al otro extremo de la celda va un plato de acero muy fino de 350gr para que influya lo menos posible en peso a la celda.

Un dato importante a tener en cuenta en la fabricación de esta balanza es que la celda tiene conectado su chasis a la malla de su cable, y esta malla esta conectada a la GND de la fuente y del circuito. Como no hay aislamiento entre la celda y la balanza de acero, también la balanza está conectada a masa, esto evita que la balanza haga de antena cogiendo ruidos externos y se sumen a la señal buena.

Fotos de la Balanza:





1.3.4.2- Descripción interna

Mirar el documento Anexo

1.3.4.3-Celda de carga

Como se ha dicho fabricar una celda de carga es muy costoso y difícil. Costoso por las herramientas necesarias y difícil por que el montaje de las galgas tiene que ser muy preciso para que la linealidad se cumpla. Por ello me sale mas barato comprar una comercial que es muy lineal y robusta.

Dentro de los diferentes modelos de celdas de carga que existen. Tenemos varios tipos dependiendo de las siguientes características: según como se desee aplicar la fuerza, cuantos kilos soporta, donde van montadas, velocidad de pesado, sensibilidad, espacio, etc,,. Algunas son las celdas de carga de



tracción (3000kg → 10000kg)



celda de carga de flexión (50kg → 500kg)

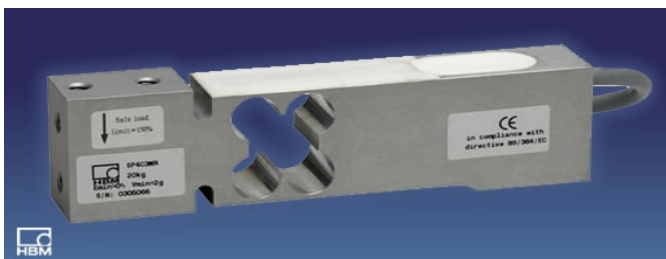


celda de compresión (20000kg → 50000kg)



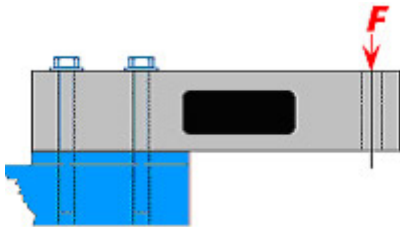
la celda de carga de cortadura  (500kg → 5000kg),

o la celda carga monopiano también llamada de un solo punto por que todo el peso se pone sobre un solo punto

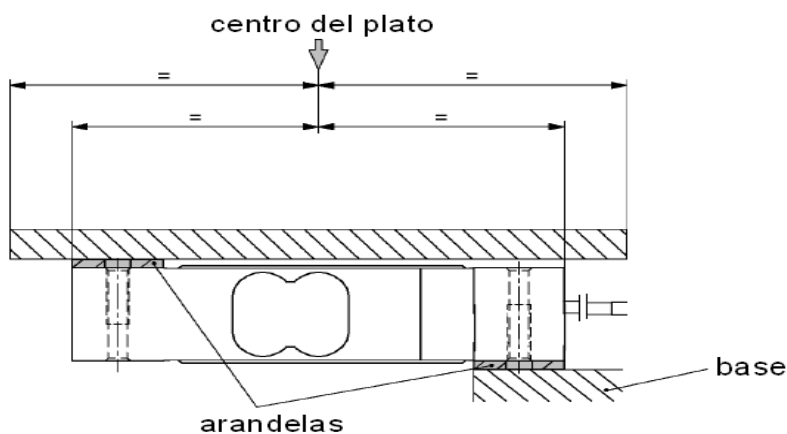


que es la que se usa para fabricar la balanza de este proyecto. Es de la marca HBM.

La elección de este tipo de celda ha sido porque es la más recomendable para balanzas estáticas de pocos kilos. Destacando que su costo no es alto y su montaje es muy fácil, por un extremo se atornilla a la base de la balanza y en el otro se atornilla el plato donde se posan las piezas tal como recomienda el fabricante. El peso provoca que la celda se doble mínimamente en su parte más flexible, y así también se doblaran las galgas que contiene en su interior.



El fabricante, para evitar introducir fuerzas parasitas, recomienda que el centro del plato coincida con el centro de la celda, así que lo tengo en cuenta en el montaje.



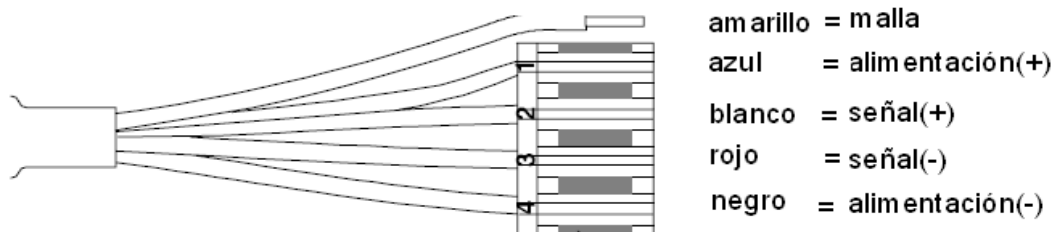
Las características más importantes de la celda son:

- Capacidad máxima(E_{max}) \rightarrow 30kg.
- Intervalo de peso mínimo que reconoce \rightarrow 2 gramos.
- Muy buena linealidad y precisión.
- Balanceado del cero \rightarrow 0,1 mV/V
- Rango de temperatura nominal \rightarrow de -10 a 40(°C)
- Resolución \rightarrow Es el mínimo incremento en la lectura de peso que puede registrar la célula. Es el intervalo de peso mínimo que reconoce. Esta célula es de 2gr, por lo que la variación de peso deberá ser mayor de 2gr para que la célula varíe su salida.

-Y lo más importante sensibilidad → 2mV/V quiere decir que por cada voltio de alimentación genera 2 mv cuando está en máxima capacidad de peso (30kg). Mi voltaje de alimentación es 5v, lo que quiere decir que la capacidad máxima de respuesta será 10mv a 30kg. Ahora bien, la celda sin ninguna carga mide 0mv. De esta forma se ve que no esta desviada. Según esto la formula de funcionamiento es:

$$V_{\text{celda}} = \frac{V_{\text{alimentacion}} \times 2\text{mv}}{\frac{30}{\text{peso}}}$$

De la celda sale un cable que contiene 7 cables:

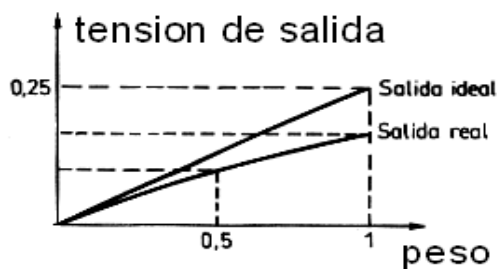


Se pueden usar los 7 pero yo utilizo 5. El negro y el azul me sirven para alimentar la celda a 5v, el blanco y el rojo me proporcional la tensión de salida que ira la tarjeta amplificadora. Y el amarillo es la malla del cable, esta malla esta conectada al cuerpo de la celda y por lo tanto también a la base y el plato de la balanza. Este sirve para evitar que se meta ruidos indeseados en la señal de salida, variando el valor real de esta. Así que se conecta a la masa de la fuente y del circuito para derivar estos posibles ruidos. Se observa en las mediciones realizadas de prueba que la calidad de la señal de salida mejora considerablemente.

1.3.4.4- Offset

Para este proyecto se ha elegido una celda de carga comercial, debido a que viene ya ajustada y no da problemas de linealidad. Pues hacerla por mi cuenta sería muy difícil, porque para colocar bien las galgas en la estructura de la celda de carga se requieren herramientas costosas, y el resultado sería que la variación de las galgas extensiométricas no sería igual provocando una no linealidad difícil de regular.

La linealidad consiste en que la tensión de salida dada por la celda corresponda al peso que tiene encima esta de forma que si se pone otro peso el aumento de tensión de salida de la celda sea proporcional al aumento del peso que tiene encima.



Otros problemas que surgen son las ligeras variaciones en la resistencia entre las ramas del puente y la resistencia de los cables pueden generar una tensión inicial distinta de 0V (tensión de 'offset'). Existen distintos modos en que un sistema puede manejar esta tensión inicial de 'offset':

1- Compensación por Software. Compensa la tensión inicial de 'offset' mediante software. Con este método, se toma una medida inicial de la celda de carga sin peso al iniciar el programa y se guarda esa tensión como la de 0kg y en base a la comparación con esa tensión se van sacando los demás pesos. Esto también se conoce como auto-cero. Este método es simple, rápido y no requiere ajustes manuales. La desventaja del método de compensación por software es que no se eliminará la tensión real de 'offset' del puente. Si el 'offset' es lo suficientemente grande, se limitará la ganancia que el amplificador

puede aplicar a la tensión de salida, por lo tanto limitará el rango dinámico de la medida.

2- Circuito de anulación del 'offset'. Este método utiliza una resistencia regulable, o potenciómetro, para ajustar físicamente la salida del puente a 0V. Al variar la posición del potenciómetro se puede controlar el nivel de la salida del puente – ajuste inicial de la salida a 0V.

3- Anulación del 'offset' mediante 'buffer'. Al igual que el método de equilibrado por software, no afecta al puente directamente. Con un buffer de anulación, un circuito de anulación añade una tensión ajustable a la salida del amplificador de instrumentación.

Yo utilizo el primer método de compensación por software aprovechando que utilizo un microcontrolador. Al arrancar el programa lo primero que hace es coger los valores de la balanza sin peso, solo el peso del plato donde se posan las piezas, y guardarlo en una variable llamada offset. Entonces cuando se lee el valor de una balanza con peso, se le resta a ese valor el offset y así conseguimos el valor real de la pieza. Cada vez que se va a pesar con la balanza se calcula antes su peso y se guarda en la variable offset, así consigo que en caso de que el valor en estado de reposo de la balanza varíe por distintas causas (suciedad en el plato, variación de las resistencias del cable, etc...), no afecte al peso real de la pieza a medir.

1.3.4.5-Calibración

1.3.4.5.1-Calibracion de la balanza

La balanza entra dentro de los sistemas de instrumentación que funcionan en régimen estático, dado que la magnitud objeto de medida (masa), permanece constante o varía con una frecuencia no superior a 1 o 2 Hz. Las características estáticas vienen dadas por las características estáticas del sensor.

Las características estáticas se definen a través de la curva de calibración estática. La curva de calibración estática se puede definir mediante formulas matemáticas del sensor o mas fácilmente mediante pesos patrón que es la forma que voy a utilizar yo.

Para conseguir mis pesos patrones dispongo de una balanza comercial que la usaré como referencia. Es la típica balanza que se usa para pesar alimentos en la cocina.

Como pesos dispongo de pesas de gimnasio (4,055kg) que las he pesado en la balanza comercial, la chapa que hace de base en mí balanza (350gr) con un par de tornillos (10gr) y un grupo de folios que pesan 585gr justos. Todos estos pesos suman exactamente 5kg. Con estos pesos que los conozco y las tensiones que me proporcione mi balanza dibujo mi recta de calibración.

Con la formula de la celda puedo ir viendo que las tensiones que me proporciona de los pesos son coherentes.

Además para definir una curva adecuadamente se necesita saber su forma y sus límites. Estos últimos se especifica con algunos de los siguientes parámetros:

- Campo o rango de medida: límites superior e inferior de peso. En mi caso. Peso mínimo será 350gr que pesa el plato de acero más 2 tornillos que lo sujetan que pesan 10gr y el peso máximo será 5000gr que son 2 pesas de 4,055kg, más el plato con los tornillos y un paquete de folios de 0,585kg que suman un total de 5kg.
- Fondo de escala a la entrada: $5000 - 440 = 4560\text{gr}$.
- Fondo de escala a la salida: después de aplicar una ganancia de 990, a la salida con 5000gr tengo 1,67v y con 350gr es 0,12v. Pero realmente me ha dado 0,15gr al amarrar la base con los tornillos. A esta tensión le corresponde 440gr. Así que el fondo de escala es $1,67 - 0,15 = 1,52\text{v}$ que es suficiente para coger una buena resolución.

Según la formula:

$$V_{\text{celda}} = \frac{V_{\text{alimentacion}} \times 2\text{mv}}{\frac{\text{Peso nominal}}{\text{peso actual}}}$$

, las salidas que me tendría que haber dado la celda es 1,67v a 5000gr y 0,1169v con el plato de 350gr, pero la alimentación no es 5v justos, las conexiones pueden añadir resistencias, la parte mecánica de la balanza puede que introduzca fuerzas parasitas y las herramientas de fabricación también tienen un margen de error que puede afectar. Pero en cualquier caso no importa mientras se cumpla linealidad y este desfase no sea demasiado grande.

- Sensibilidad: la sensibilidad en un punto de la curva de calibración es la pendiente de la curva de calibración en ese punto. Según el fabricante es de 2mv/v con 30kg. Calculándola con mi curva la sensibilidad sería coger dos puntos, el máximo peso y el mínimo:

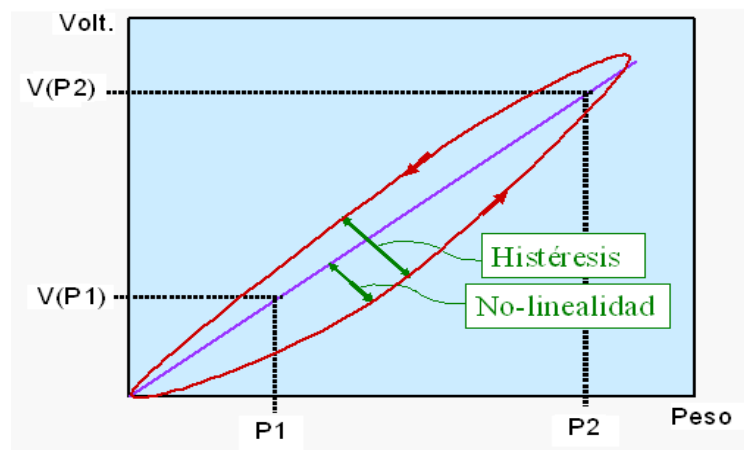
$$\text{Sensibilidad} = \frac{1,67\text{v} - 0,15\text{mv}}{5000\text{gr} - 440\text{gr}} = 3,33 \times 10^{-4}$$

Donde $3,33\text{mv/gr}$. El valor en mv para 30 kg será:

$3,33\text{e}^{-4}\text{ mv/gr} \times 30000\text{gr} = 10\text{mv}$ y como he alimentado a 5v la celda:
 $10\text{mv} / 5\text{v} = 2\text{mv/v}$, con lo que se cumple la sensibilidad especificada por el fabricante.

- No linealidad. Es la mínima desviación de la curva de calibración con respecto a la línea recta por la que se ha aproximado.

Mi celda de carga de la balanza es totalmente lineal, garantizado por el fabricante, pues tiene muy poca histéresis ($\pm 0,015$ de la sensibilidad), poniendo los pesos patrones lo puedo ir viendo. En la grafica 1 se puede ver como después de poner varios pesos la linealidad se mantiene entre uno y otro, lo poco que puede variar es debido a causas mecánicas y ambientales como se a descrito anteriormente. El siguiente dibujo muestra un ejemplo grafico de la no linealidad:



Siguiendo con la calibración de mi balanza, hay que tener en cuenta que la ganancia es 990 y no 1000 por que a la hora de hacer la calibración habrá que añadir un poco más de peso al resultado para que por ejemplo 2000kg en una balanza comercial coincidan con 2000kg en mi programa con mi balanza. La forma de solucionar esto es a través del programa de c++, que cuando lea el dato que le llega del CAD, lo interprete de tal manera que la ganancia de 990 no se note. Y si se ponen 2000gr en la balanza, el micro indique que se han puesto 2000gr y no menos.

Todos los cálculos y conclusiones que voy a sacar en el calibrado son gracias a que la ganancia de la tarjeta amplificadora de la balanza es de 990 justos, gracias a una resistencia de $49,9\Omega$ de precisión 1% que pongo en la RG del amplificador de instrumentación con lo que la salida a peso nominal(5000gr) es 1,67v.

Pongo la tensión de referencia del convertidos CAD sea 1,67v y de esta manera aprovecho los 1023 pasos de los que dispone el convertidor.

He hecho una recta para la balanza con los pesos patrones que le voy metiendo(los folios y las pesas de gimnasio) que se lo que valen exactamente. Ya que los he pesado previamente con mí bascula comercial de patrón.

Compruebo finalmente que diversos pesos coinciden realmente con la medida deseada.

1.3.5- MODULADOR DE ANCHURA DE IMPULSO (PWM)

1.3.5.1-PWM

La modulación por anchura de impulso (PWM) es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal de cierto periodo (una senoidal o una onda cuadrada que es nuestro caso), para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

En este proyecto nos interesa controlar la velocidad de desplazamiento lineal que tiene nuestro motor CC para ello utilizamos este sistema de PWM que ofrece nuestro PIC 18F4520.

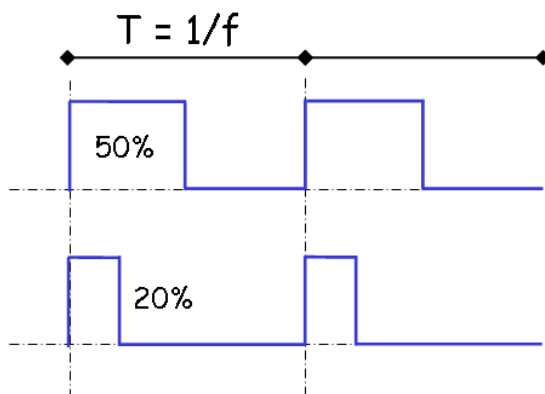
Modificaremos el ciclo de trabajo de una señal periódica, es decir, el ancho relativo de su parte positiva. Expresado matemáticamente:

$$D = \frac{\tau}{T}$$

D es el ciclo de trabajo.

τ es el tiempo en que la función es positiva (ancho de pulso).

T es el período de la función.



Ejemplo de una onda cuadrada con un duty del 50% y del 20%.

1.3.5.2-PWM para PIC 18F4520

Nuestro PIC dispone de una salida de PWM.

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		EUSART	Comp.	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI	Master I ² C™			
PIC18F2420	16K	8192	768	256	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2520	32K	16384	1536	256	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4420	16K	8192	768	256	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4520	32K	16384	1536	256	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3

La mayoría de microcontroladores actuales disponen de un periférico denominado “Módulo de Captura, Comparación y PWM” o CCP.

Este módulo consta de un registro de 16bits CCPx que puede operar como registro de captura de datos, comparación de datos o como registro para fijar el ciclo de trabajo de una señal PWM.

El pic 18F4520 dispone de un módulo denominado CCP1 que vamos a usar como PWM.

Configuración del Módulo PWM:

Para configurar el pin RC2 (CCP1) como salida PWM1 debemos seguir los siguientes pasos:

Incluir en nuestro programa las funciones de control pwm.

```
#include<pwm.h>
```

Configurar el pin RC2 como salida.

```
TRISCbits.RC2=0;
```

Configurar el TIMER2 como temporizador, sin interrupciones y con el prescaler (PR2) adecuado. El postescaler es ignorado.

```
OpenTimer2(TIMER_INT_OFF&T2_PS_1_X);// Donde X=1,4 o 16
```

Configurar el módulo CCP en modo PWM y fijar el periodo.

```
OpenPWM1(valor);
```

Fijar el ciclo de trabajo.

```
SetDCPWM1(duty);
```

Poner en marcha el módulo.

```
SetOutputPWM1(SINGLE_OUT, PWM_MODE1);
```

Cuando quiero elegir un 100% de ciclo de trabajo (duty) lo implemento de la siguiente manera:

```
if(error>=10)
{
    PORTBbits.RB2=0;//Habilitamos PWM

    OpenTimer2(TIMER_INT_OFF&T2_PS_1_16); //interrupciones OFF,
preescaler 1:16
    OpenPWM1(155);
    SetDCPWM1(624);// Este es el 100%
    SetOutputPWM1(SINGLE_OUT, PWM_MODE_1);
}
```

Inicialmente había implementado que el duty se fuera reduciendo a medida que el peso se incrementaba pero la respuesta no fue la deseada. Por eso establecí 2 velocidades. Mi proceso de llenado va ir al 100% de trabajo y al 50% aproximándose al error 0 para hacer un llenado lo más preciso de la balanza.

Implementación al 50% de duty:

```
else if((error<30)&(error>=10))
{
    PORTBbits.RB2=0;//Habilitamos PWM en la cucaracha

    OpenTimer2(TIMER_INT_OFF&T2_PS_1_16); //interrupciones OFF,
preescaler 1:16
    OpenPWM1(155);
    SetDCPWM1(312); Este es el 50%
    SetOutputPWM1(SINGLE_OUT, PWM_MODE_1);
}
```

Efectivamente vemos que el duty que sale por la patilla RC2 es del 50% aproximadamente.



1.3.5.3- Concepto de ERROR

Para generar nuestro PWM y controlar nuestro proceso continuamente debemos de monitorizar y actualizar la variable "error". Este error va a ser la diferencia entre nuestro valor de consigna y nuestro valor real de la célula de carga.

//Calculo del Error

error=consigna-realval;

Es decir, cuando nuestro error sea muy grande debemos usar una velocidad elevada del motor (duty=100%) a medida que reduzcamos el error el motor va a reducir la velocidad para que no se produzca un sobrepasamiento de grasa en nuestro proceso de llenado.

Por eso es muy importante refrescar en todo momento la variable error que se actualiza a través de la célula de carga.

1.3.6- BUFFER INTEGRADO 10A8DD

La finalidad de este apartado es aislar de manera controlada el circuito de control del circuito de potencia que ataca el motor. Para el buffer usaremos este servo amplificador que dispone de un puente en H interno. Este puente en H nos permitirá controlar nuestro motor de CC de manera proporcional ya que admite señal PWM de entrada y también permite controlar el sentido del motor. El lazo de velocidad lo cerraremos desde la balanza actualizando en todo momento el error que tiene el sistema en cada momento. Dispone de una entrada para limitar la corriente del motor y otra para controlar el lazo de corriente.

Usaremos las siguientes patillas del integrado:

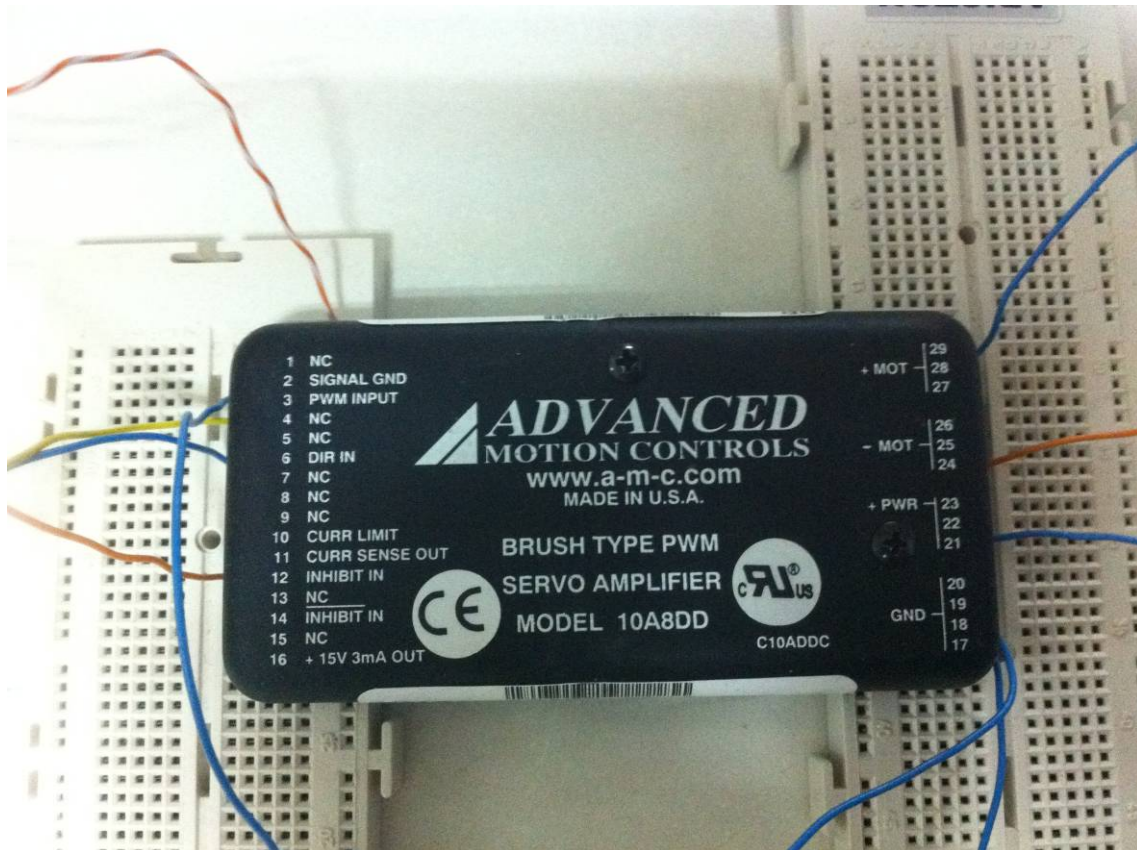
Entradas:

- 2. Signal GND; nuestro terminal de tierra
- 3. PWM INPUT; entrada PWM salida de RC2 del PIC 18F4520
- 6. DIR IN; dirección del motor
- 12. INHIBIT IN; deshabilita el movimiento al motor
- 21-23. +PWR; Entrada V+ de la fuente de alimentación regulable (12v).
- 17-20. GND; Entrada GND de la fuente de alimentación que alimenta el motor

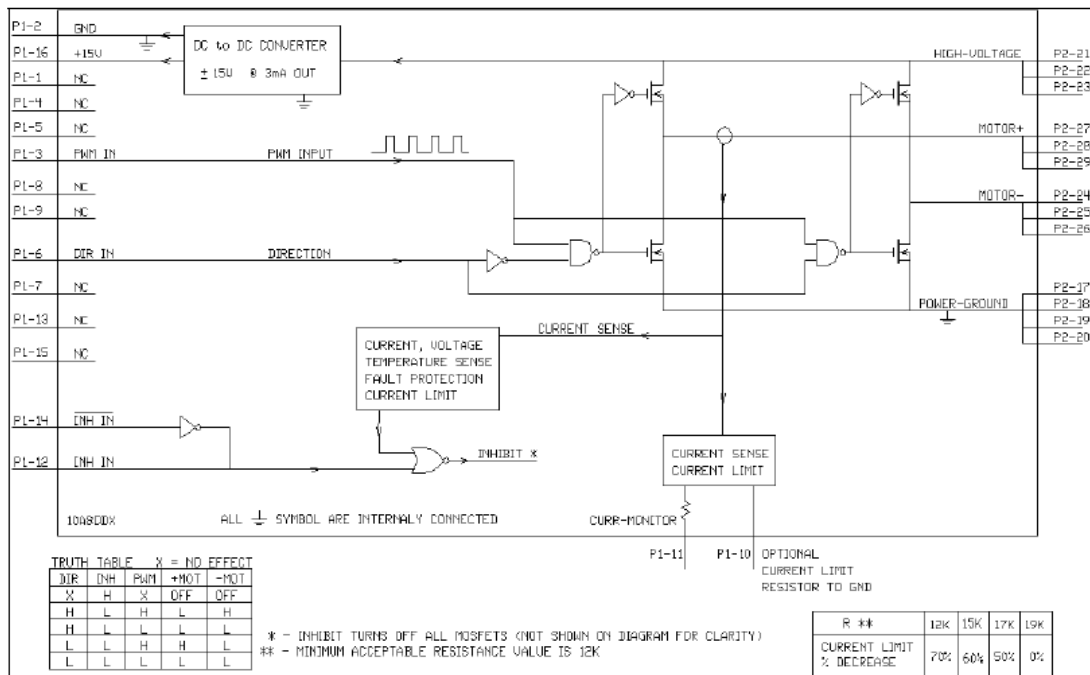
Salidas:

- 27-29. +MOT; Salida + para motor de CC.
- 24-26. -MOT; Salida - para motor de CC.

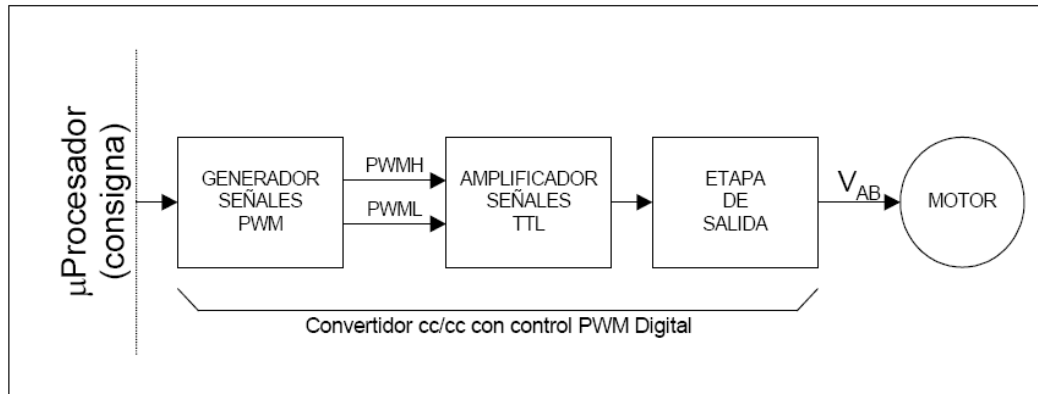
Montaje:



Esquemático interno del circuito:



Estructura básica de un convertidor de cc/cc en puente completo (puente en H) de cuatro cuadrantes con control PWM digital:



1.3.7- FILTRO SOFTWARE Y CONSECUENCIA SOBRE EL LAZO DE VELOCIDAD

Como expliqué en el apartado 2.3 de Cálculos mi resolución va a ser de 5gr. Es decir, cada paso que detecte el convertidor analógico digital de los 1023 pasos que tiene va a hacer cambiar 5gr en mi sistema.

Como estamos hablando de variaciones muy pequeñas de tensión (milivoltios) se ven afectadas por ruidos, por ello he implementado un filtro hardware. Pero no es suficiente para hacer estabilizar la señal. Finalmente tengo en la medida una fluctuación de +-5gr continuamente. Para eliminar este efecto he realizado un filtro software que realiza la media de 10 valores obtenidos en la señal analógica que viene de la balanza. De esta manera la señal se estabiliza.

Pero este beneficio afecta en contra al lazo de velocidad que controla el PWM. Como estoy usando continuamente la señal de error que se actualiza a través de "realval" (valor de la célula de carga). Este filtro software ralentiza el refresco de la variable "error" afectando considerablemente a la dinámica del sistema.

Por ello me veo obligado a tomar 2 opciones:

- 1.- Anular el filtro software en un rango de error próximo a cero para controlar la velocidad del proceso. El filtro se activará al principio del proceso y al final del proceso de carga.
- 2.- Anular la variación de velocidad fijando el PWM a una velocidad fija (duty fijo) que me garantice una gran estabilidad en el proceso.

Finalmente mostraré la que mejor garantice una estabilidad y robustez al sistema.

1.3.8- MOTOR CC CON ENGRASADOR

Para la implementación de este sistema de pesaje industrial se ha adquirido un motor de CC con desplazamiento lineal por husillo. Tiene una carrera de 45cm y desarrolla una fuerza de hasta 20000N haciendo posible la expulsión de grasa sobre la balanza.

Funciona a 12 voltios y su consumo de corriente continua ronda los 0,5Amperios cuando expulsa grasa y 0,7Amperios en el momento de la retracción.



Se ha soldado a un soporte y se ha acoplado un engrasador. Para que empuje como un cilindro el engrasador y expulse la grasa sobre la balanza.

1.3.8- LÍMITE HARDWARE

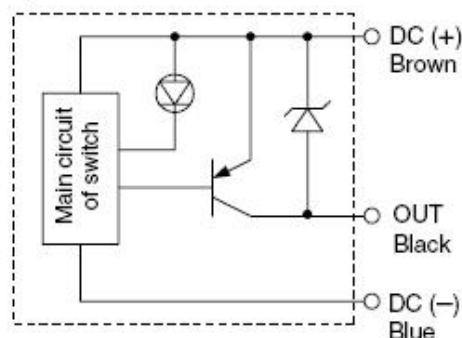
Entendemos por límite hardware un elemento exterior al propio motor que nos va a servir para establecer un límite en sentido positivo a nuestra carrera. Utilizamos este límite debido a que si realizamos toda la carrera podríamos dañar el engrasador. Además nuestro sistema no cuenta con un encoder de motor. Por eso nos vemos obligados a colocar un sensor inductivo que sirva para esta finalidad.

Este sensor es de la marca SMC. En concreto el modelo D-M9P-MAPC.



Es un sensor de 3 hilos. Tipo PNP. El esquema es el siguiente según fabricante:

D-M9P, D-M9PV



Sensores PNP:

La salida PNP, tiene niveles lógicos que cambian entre el voltaje de alimentación y el voltaje y el voltaje a circuito abierto. En este caso, como se muestra en la figura, el transistor PNP tiene el emisor conectado a DC(+), mientras la carga se encuentre en el aire.

Cuando la salida está conectada a una carga, el transistor tendrá voltajes entre cero (cuando el transistor está apagado) y DC(+) (cuando esta encendido).

Implementación en el programa:

Vamos a controlar la salida del sensor en todo momento mientras movemos el motor. En cuanto nuestro sensor detecte que el motor ha llegado a límite hardware el motor cambiará de sentido. Una vez que el motor haya retrocedido toda su carrera procederemos a la carga del depósito de grasa.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

CONTROL DE PESAJE INDUSTRIAL

CÁLCULOS

Alumno: Josué Lerga Olcoz

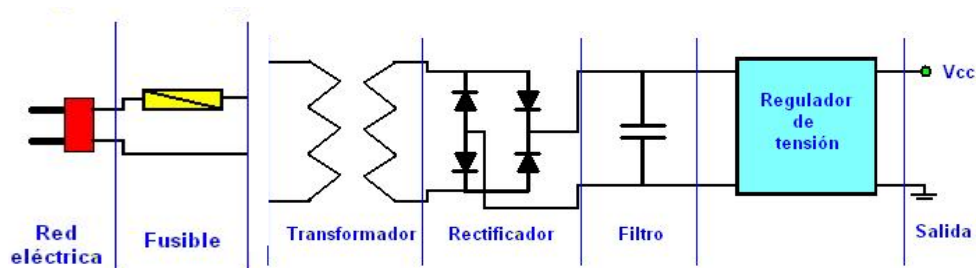
Tutor: Vicente Senosiain Miquelez

Pamplona, 6 de Noviembre 2013

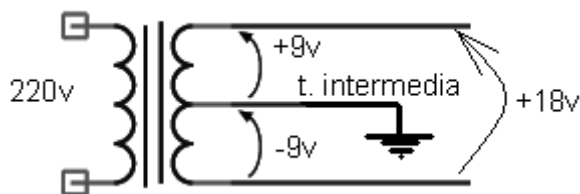
2.1- CALCULO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN Y REFERENCIA:	3
2.1.1.- EL FILTRO	7
2.1.2.- REGULADORES	8
2.2- CÁLCULO DE LA TARJETA AMPLIFICADORA Y FILTRO	15
2.2.1.- CONEXIONES CÉLULA Y AMPLIFICADORA	15
2.2.2.- CÁLCULOS CIRCUITO AMPLIFICADORA	16
2.2.3.- CÁLCULOS DEL CIRCUITO DE FILTRADO	19
2.3- CÁLCULO DE LA RESOLUCIÓN:	22
2.4- SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR:	25
2.4.1 – PROGRAMAS UTILIZADOS	26
2.4.2 – EXPLICACIÓN DEL PROGRAMA	28
2.4.3 – CÁLCULOS PWM	38
2.5- SOFTWARE VISUAL BASIC:	40
2.5.1 – EXPLICACIÓN DEL PROGRAMA:	41

2.1- CALCULO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN Y REFERENCIA:

El proyecto se alimenta a +5v, -5v y 3,33v de tensión continua, con lo que la fuente debe disponer de estas tres salidas. Así que se diseña una fuente lineal y simétrica que utiliza un transformador para disminuir el nivel de tensión en la red eléctrica al nivel necesario en nuestro circuito que sigue el siguiente esquema de estructura básica:



Se llama simétrica porque en el secundario tengo dos salidas de 9v referenciadas a una misma referencia, la toma intermedia. De forma que una parte de la fuente se conectara a una borna y la toma intermedia (+9v) y la otra parte a la otra borna y la toma intermedia (-9v).



Lo primero que se necesita es un cable de red para enchufar la fuente a la red eléctrica que soporte la tensión de la red (220v 50Hz) y la corriente que va a consumir el circuito

El fusible entre la red y el transformador se pone para evitar el calentamiento, quemado o rotura del circuito de la fuente o lo que tengamos alimentado. Por ello es muy importante. Si algún cortocircuito se produce, el fusible se funde y nos desconectamos de la red eléctrica. El parámetro básico que se necesita calcular para seleccionar nuestro fusible es la corriente nominal.

El transformador es un dispositivo electrónico que nos permite transformar una tensión alterna de entrada en una tensión alterna de salida de distinto valor. La principal ventaja que tienen los transformadores es su alto rendimiento, tiene pocas pérdidas.

Esta ecuación nos dice que la relación entre la tensión de entrada y de salida (U_1 , U_2), viene dada por la relación que existe entre el número de espiras (N_1 , N_2) que tengan los devanados. A esta relación (r) se le denomina relación de transformación en vacío.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = r$$

Donde N_1 y N_2 son el número de espiras del primario y el del secundario respectivamente.

Como hemos dicho anteriormente el transformador es un dispositivo con muy pocas pérdidas por lo que podemos decir que la potencia en el primario será igual a la potencia en el secundario (si hubieran perdidas la potencia del primario sería igual a la potencia del secundario más la potencia de las perdidas). Esto nos permite igual las potencial del primario y del secundario según la siguiente ecuación:

$$P_1 = P_2 \Rightarrow U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

La corriente que circula por el arrollamiento primario (el cual está conectado a la red) genera una circulación de corriente magnética por el núcleo del transformador. Esta corriente magnética será más fuerte cuantas más espiras (vueltas) tenga el arroyamiento primario.

En el arroyamiento secundario ocurre el proceso inverso, la corriente magnética que circula por el núcleo genera una tensión que será tanto mayor cuanto mayor sea el número de espiras del secundario y cuanto mayor sea la corriente magnética que circula por el núcleo (la cual depende del número de espiras del primario).

Por lo tanto, la tensión de salida depende de la tensión de entrada y del número de espiras de primario y secundario. Como fórmula general se dice que:

$$V_1 = V_2 \times \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

Yo tengo un transformador con una relación de transformación de 220V a 18v, no podemos saber cuántas espiras tiene el primario y cuantas el secundario pero si podemos conocer su relación de espiras:

Para esta fuente se utiliza un transformador con el secundario con toma intermedia: El secundario dispone de 3 bornas, en el que la tercera toma está conectada en medio de la bobina del secundario. Este transformador es de entrada 220V y salidas 9V, 0V, 9V. Por tanto en el secundario hay una tensión entre las dos bornas extremas de 18V. Hay que tener en cuenta que estas tensiones son alternas y cuando se dan es en valores eficaces, que es el valor que la tensión tendría si fuese una continua. Pero en realidad el valor de pico

$$V_{ef} = \frac{V_{PK}}{\sqrt{2}} = 9 \times 1,4142 = 12,72.$$

de la alterna es

Además el fabricante indica la corriente máxima en el secundario 0,6A.

La toma intermedia del transformador la voy a utilizar como masa de todo de la fuente simétrica y de todos los circuitos a ella conectados. No puedo utilizar otra pues la referencia no sería la misma y causaría serios problemas.

Mi transformador tiene una relación de transformación de 220V a 18V, no podemos saber cuántas espiras tiene el primario y cuantas el secundario pero si podemos conocer su relación de espiras:

$$N_1/N_2 = V_1/V_2 = 220/18 = 12.22$$

Por el primario y el secundario pasan corrientes distintas, la relación de corrientes también depende de la relación de espiras pero al revés, de la siguiente forma:

$$I_2 = I_1 \times \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

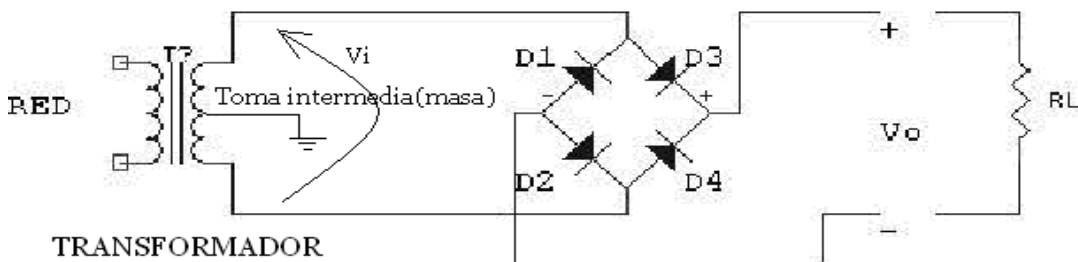
Como sé que la corriente máxima del secundario es 0,6A, podemos calcular corriente máxima en el primario para saber que fusible de protección necesitamos como mínimo para que el transformador no se quemé:

$$I_2 = 0,6 \times \left(\frac{1}{12,22} \right) = 49 \text{mA}$$

Mí circuito me va a pedir 60mA como mucho, valor que queda muy lejano de los 600mA que puede dar el trafo, así que el fusible se fundirá en casos extremos, además el resto de la fuente la calculo como si fuese de 500mA.

Por otra parte, los reguladores de tensión que pongo en la última etapa de la fuente tienen protección térmica contra cortocircuitos, por lo que no exigirán corriente en caso de cortocircuito.

El rectificador es el que se encarga de convertir la tensión alterna que sale del transformador en tensión continua. Para ello se utilizan diodos. Un diodo conduce cuando la tensión de su ánodo es mayor que la de su cátodo. Es como un interruptor que se abre y se cierra según la tensión de sus terminales: El rectificador más usado y el que voy a usar es el llamado rectificador en puente, su esquema es el siguiente:

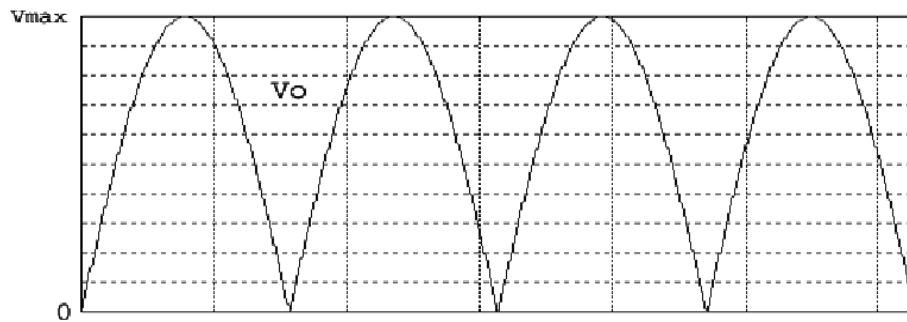


Cuando V_i es positiva los diodos D2 y D3 conducen, siendo la salida V_o igual que la entrada V_i

Cuando V_i es negativa los diodos D1 y D4 conducen, de tal forma que se invierte la tensión de entrada V_i haciendo que la salida vuelva a ser positiva.

Yo preciso de un transformador con toma media en el secundario. Un transformador de este tipo tiene una conexión suplementaria en la mitad del arrollamiento secundario, que voy a tomar como referencia o masa para todos los circuitos conectados a esta fuente (micro y amplificadora).

El resultado es el siguiente:



Yo utilizo el B380C que soporta 1.5^a y aguanta de sobra los 18v que le entran. Cuando un diodo está cerrado tiene una caída de tensión de entre 0,7 voltios y 1 voltio, dependiendo de la corriente que este conduciendo esta caída puede ser mayor. Según el datasheet de mi puente caen 1v por diodo.

Esto quiere decir que por cada diodo que este conduciendo en un momento determinado se "pierde" un voltio aproximadamente

En mi rectificador en puente conducen siempre dos diodos a la vez, por lo tanto la tensión de pico de la salida Vmax será dos voltios inferior a la Vmax de entrada. En mi transformador de 9 voltios para saber la tensión de pico que me queda al ponerle el rectificador en puente, la tensión de salida de pico Vmax será la siguiente:

$$V_{MAX} = (9 \times 1.4142) - 2 = 10.72V$$

2.1.1.- EL FILTRO

La tensión en la carga que obtengo del rectificador es en forma de pulsos. En un ciclo de salida completo, la tensión en la carga aumenta de cero a un valor de pico, para caer después de nuevo a cero. Esta no es la clase de tensión continua que precisan los reguladores de tensión que vamos a utilizar para estabilizar la tensión a +5v, -5v y 3,33v. Se necesita una tensión mucho más constante o continua y para eso pongo un filtro en paralelo tras el rectificado.

El filtro que utilizo es un condensador en paralelo tras el puente de diodos. Es un condensador electrolítico de 1000µF y 50v. La regla empírica que se suele aplicar para calcular el condensador, suele estar sobre los 2.000 uF por

Amperio de salida y la tensión del orden del valor superior estándar al requerido, o sea, según esto, con lo cual me sobra con estos condensadores.

Para ajustar el valor del condensador al menor posible, esta fórmula me da el valor del condensador para que el rizado sea de un 10% de Vo (regla del 10%):

$$C = \left(\frac{5 \times I}{f \times V_{MAX}} \right)$$

C: capacidad del condensador = ¿? Hay que calcularla a continuación

I: Corriente que suministrará la fuente = (0,1A)

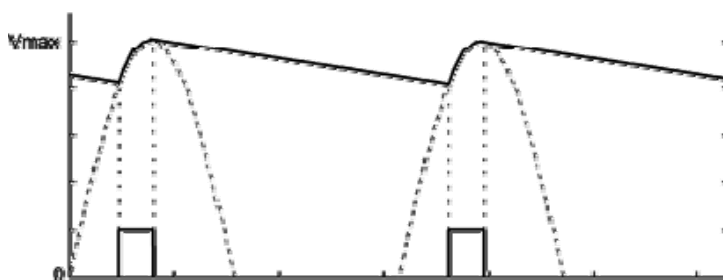
f: frecuencia de la red =(50Hz)

Vmax: tensión de pico de salida del puente (aproximadamente Vo) =(10,72v)

$$C = \frac{(5 \times 0,1)}{(50 \times 10,72)} = 934 \mu F$$

Yo elijo de 1000 µF.

Cuanto mayor es la capacidad del condensador, menor será el rizado de la onda que saca y más continúa por lo tanto. Ya que el condensador se carga con la subida de la onda y más tardara en descargarse según aumenta su capacidad. Pero no es conveniente pasarse porque se reduce el tiempo de conducción de los diodos y aumenta la corriente eficaz afectando al transformador.



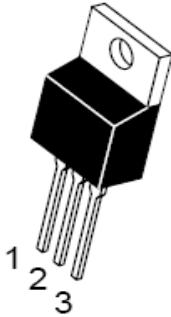
Esta imagen es para un puente de media onda pero es igualmente aplicable para el de onda completa que utilizo., pero el doble de ondas

2.1.2.- REGULADORES

Finalmente utilizo reguladores para sacar los valores exacto de +5v , -5v y 3,33v. Los reguladores o estabilizadores son unos circuitos que se encargan de reducir el rizado y de proporcionar una tensión de salida de la tensión exacta que queramos. Vienen en encapsulados TO-220.

Para el +5v pongo un 7805 y para el - 5v un 7905

7805



- 1-Input
- 2-GND
- 3-Output

7905



- 1-GND
- 2-Input
- 3-Output

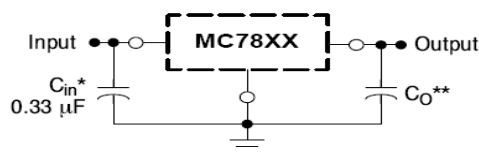
Los terminales GND los conecto a masa del circuito (toma intermedia del transformador), los terminales Input a la tensión de salida del filtro u el terminal Output me proporciona los +5v y -5v

Para montar el 7805y el 7905 el fabricante recomienda añadirle un par de condensadores en paralelo uno a la entrada y otro a la salida.

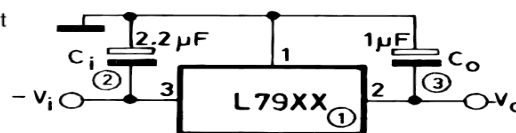
CO sirve para evitar respuestas transitorias que causen inestabilidades en la salida. Lo fijo en $0,1\mu\text{F}$, valor que es recomendado por el fabricante

Ci es necesario por si el integrado está lejos de la etapa del filtro, como no es mi caso no lo pongo.

7805



7905



Para sacar los 1,67v utilizo un 317

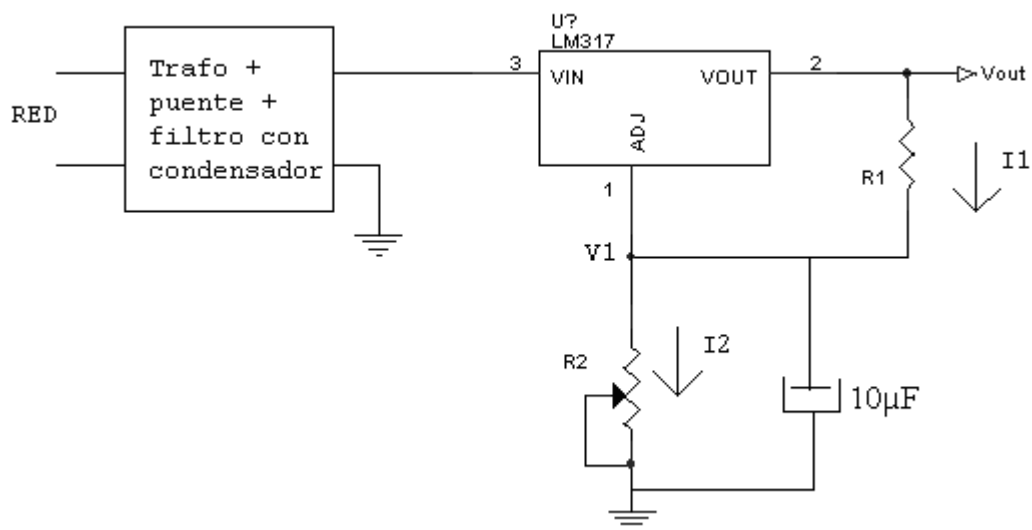


1-terminal de ajuste

2-Output(1,25-37v)

3-Input

Este regulador de tensión proporciona una tensión de salida variable sin más que añadir una resistencia y un potenciómetro. El esquema de su montaje es el siguiente:



El condensador de 10µF ayuda a eliminar la tensión de rizado que pueda aparecer y provoque una variación de la salida.

La tensión entre los terminales Vout y ADJ es de 1,25 voltios, por lo tanto puedo calcular inmediatamente la corriente I1 que pasa por R1:

$$I_1 = \frac{1,25}{R_1}$$

Por otra parte puedo calcular I2 como:

$$I_2 = \frac{(V_{OUT} \cdot 1'25)}{R_2}$$

Como la corriente que entra por el terminal ADJ la considero despreciable toda la corriente I1 pasará por el potenciómetro R2. Es decir:

$$I_1 = I_2$$

$$1,25 / R_1 = (V_{out} - 1,25) / R_2$$

que despejando Vout queda:

$$V_{out} = 1,25 * (1 + R_2/R_1)$$

Si pongo en R2= 0Ω, llego a la conclusión de que la salida solo se puede ajustar desde 1,25 en adelante.

Los valores de R1 y R2 dependerán de la tensión de salida máxima que quiera obtener. En mi caso pongo 7v como tensión máxima a obtener, podría poner mayor pero entonces me sería más difícil luego ajustarla a 1,67v con el potenciómetro.

fijo R1=220 Ω que es un valor recomendable y cálculo R2:

$$R_2 = (V_{OUT} - 1'25) \times \left(\frac{R_1}{1'25} \right) \rightarrow (7 - 1'25) \times \left(\frac{220}{1'25} \right) = 1012 \text{ohm} \quad \text{por lo que}$$

pongo un potenciómetro de 1k. El potenciómetro es multivuelta porque me permite mayor ajuste.

Por el mismo motivo que en el 7805 y el 7905, le coloco un condensador en paralelo a la salida. El valor es de 1μF tal como indica el fabricante.

El 7805 me puede dar como máximo recomendado 1A , el 7905 1,5A y el 317 1,5A valores que no los voy a necesitar. Se recomienda alimentarlos 2v por encima de la tensión de salida, es decir 7v. De mí fuente les entran 11v más o menos así que me sobra.

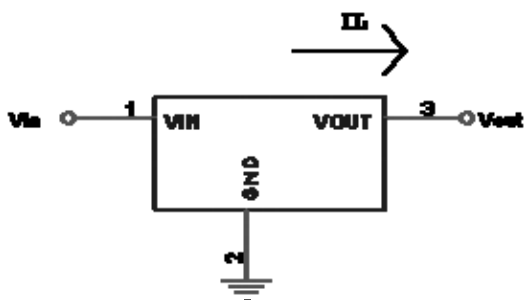
Un dato importante a tener en cuenta es que estos integrados, tanto el 7805 como el 7905 y el 317 tienen protección interna contra cortocircuito (interna short circuit current limit). Esto hace que se produce un cortocircuito en la fuente o en las circuitos alimentados, y la corriente k se exige al integrado se dispara. El integrado se corta internamente y deja de sacar corriente,

pudiéndose quedar en este estado indefinidamente y volviendo a funcionar tras arreglar el cortocircuito.

También tienen (internal thermal overload protection), que provoca que si el integrado se calienta en exceso debido a la potencia que cae sobre él. Salta una protección térmica interna que provoca una disminución de corriente en su salida proporcional al aumento de temperatura que sufre.

Gracias a estas dos protecciones no es necesario colocar fusibles a la salida de estos integrados, que provocarían una caída de tensión considerable debido a su resistencia.

Hay que tener en cuenta la potencia que pueden disipar pues cuando un regulador está funcionando se calienta. Esto es debido a que parte de la potencia tomada del rectificador es disipada en el regulador. La potencia disipada depende de la corriente que se esté entregando a la carga y de la caída de tensión que haya en el regulador.



La figura muestra un regulador funcionando. La corriente que lo atraviesa es la corriente de la carga I_L . Recordemos también que para que un regulador funcione correctamente la tensión de entrada V_{in} tenía que ser mayor que la tensión de salida V_{out} . Por lo tanto la caída de tensión en el regulador V_r será:

$$V_r = V_{in} - V_{out}$$

Y la potencia disipada vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$P_D = V_r \cdot I_L$$

Mis reguladores son capaces de disipar una potencia de 2 o 3 W como mucho por sí solos. Si se llega a esta potencia es necesario montarlos sobre unos radiadores adecuados, que serán más grandes cuanto más potencia queramos disipar.

Para evitar que la potencia disipada sea lo menor posible tendrás que procurar que V_{in} que le entra del filtro no sea mucho mayor que los 5v de salida.

Lo cálculo para el 7805 la tensión máxima de salida es 5v, la tensión de entrada al regulador es 11v mas o menos. La caída de tensión en el regulador será de $11 - 5 = 6v$, la corriente es 0.1 A luego:

$$PD = 6 * 0,1 = 0.6W$$

Pongo un disipador TO-220 de 36x27x9mm.

Para el 7905 es idéntico al 7805 pero con tensiones inversas y la corriente máxima que se exige es menor. Pero pongo el mismo disipador

Lo cálculo para el 7805. La tensión máxima de salida es 5v, la tensión de entrada al regulador es 11v más o menos. La caída de tensión en el regulador será de $11 - 1.25 = 9,75v$. la corriente es 0.02 A como máxima porque lo único que me sirve es para alimentar la tensión de referencia del convertidor que es muy pequeña luego:

$$PD = * 0,02 = 0.19W$$

Pongo un disipador To-220 de 20x20x13mm.

Este es el esquema simplificado de la fuente:

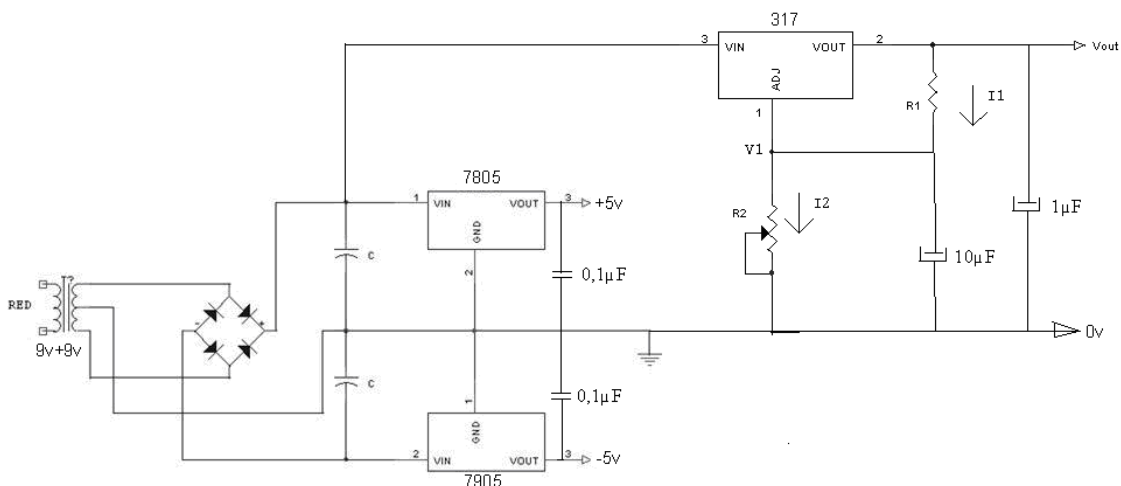


Foto de la Fuente de Alimentación:



2.2- CÁLCULO DE LA TARJETA AMPLIFICADORA Y FILTRO

2.2.1.- CONEXIONES CÉLULA Y AMPLIFICADORA

Estos son los cables de la celda:

Excitation + : blue
 Excitation - : black
 Signal - : red
 Signal + : white

La célula da de carga se alimenta a través de los terminales; azul(5v) y negro(0v), y nos da la salida en los terminales; blanco(positivo, signal+) y rojo(negativo, signal-).

De acuerdo con las hojas de características de esta, la fórmula que nos da la salida es;

$$V_{\text{celda}} = \frac{V_{\text{alimentacion}} \times 2\text{mv}}{\frac{\text{Peso nominal}}{\text{peso actual}}}$$

La celda se puede alimentar de 0 a 12v, yo alimento a V.alimentación=5v.

El Peso nominal es 30kg, a partir de ahí la respuesta no es lineal. Y con 0kg la V.celda (V.diferencial) debería ser 0v ya que el puente está totalmente equilibrado, pero en realidad me da 0,07después de amplificarla 990.

Para conectar la celda a la tarjeta amplificadora utilizo conectores DB-9, para hacerlo de forma más limpia, resistente y preservar mejor la señal del ruido electromagnético

CONEXIONES ENTRE CÉLULA Y AMPLIFICADOR

Celda-----→Amplificador

Las conexiones entre ambos es: blanco-----→+IN

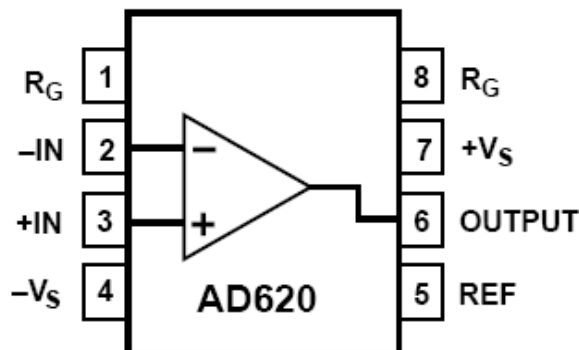
Rojo-----→-IN

La alimentación de la célula la cojo de los mismos 5v de la tarjeta amplificadora a través del conector DB-9 también y la masa 0v también.

2.2.2.- CÁLCULOS CIRCUITO AMPLIFICADORA

Como se ha dicho en la memoria es necesario amplificar lo que se pueda la señal proveniente de la báscula para poder analizarla, pues esta señal es de milivoltios y necesito valores más grades.

Para la amplificación se ha empleado el circuito integrado AD620.



La ganancia (G) que nos proporciona es de 1 a 1000 y se varía conectando la resistencia correspondiente entre los terminales Rg(1,8) del amplificador. La fórmula para calcularla es:

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1$$

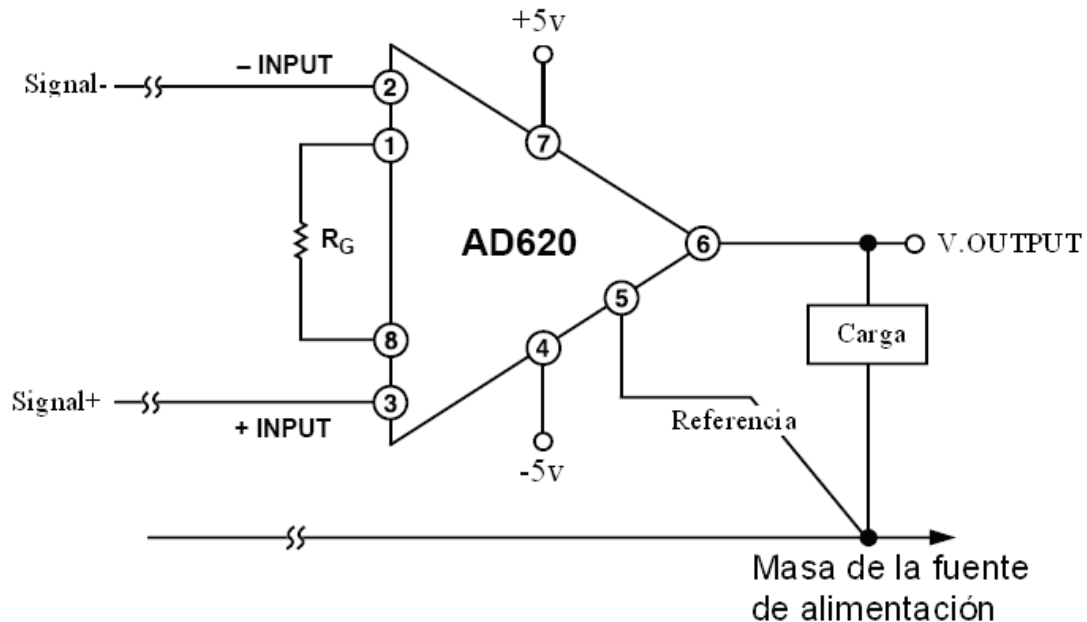
La fórmula para que relacionar las tensiones de entrada y salida con la ganancia es:

$$V_{in} \times G + V_{ref} = V_{output}$$

Hay que destacar la entrada "REF" que es una entrada cuyo valor de tensión se suma a la tensión de salida del amplificador ya que esta tensión la toma el amplificador como referencia, de forma que si le meto una tensión determinada,

me la suma a la salida. En mi caso me puede ayudar a eliminar el offset que se produce en los terminales de entrada, así que se conecta a la masa del circuito.

Este es el esquema de conexión:



Este amplificador es de alimentación bipolar y el rango es de $+2.3V$ a $-18V$. Yo alimento a $+5V$. En $+Vs(5V)$, $-Vs(-5V)$ e importante es $REF(0V)$, si la dejas suelta se mete ruidos. La salida $V.output$ la tomamos de $OUTPUT$

Un riesgo importante a tener en cuenta, es que según el fabricante, la salida depende de la alimentación del amplificador, de esta forma:

$$\text{Output Swing} \quad -V_s + 1.1 \quad +V_s - 1.2$$

En mi caso al alimentar a $+5V$ la máxima tensión de salida ($V.OUTPUT$) positiva que puedo conseguir es:

$$5 - 1,2 = 4,8V$$

Como he dicho antes el amplificador satura a $4,8V$, por lo que intentare que mi salida del amplificado de la báscula se aproxime lo máximo a $4,8V$ para poder coger mayor rango y así aumentar la resolución.

Voy a acondicionar la salida para que en un futuro si quiero pueda usar la balanza hasta 10kg más la placa amarrada 10440gr. El fondo de escala en este caso aumentará a 10gr.

Primero cálculo la salida que me proporciona la báscula cuando tenga el máximo peso sobre ella (10440gr), para ver lo que me puedo aproximar a los 4,8v.

Según la fórmula de la celda de carga:

$$V_{celda} = \frac{V_{alimentacion} \times 2mv}{\frac{\text{Peso nominal}}{\text{peso actual}}}$$

El peso nominal es 30kg y el peso actual será 10,44kg.

$$30 / 10,44 = 2,8735$$

La alimentación es a 5v, tenemos:

$$V_{celda} = \frac{5}{2,8735} \times 2 = 3,48_{mv}$$

Como la fórmula del amplificador es $V_{in} \times G + V_{ref} = V_{output}$, necesitaría una ganancia más grande que 1000 para alcanzar el tope del amplificador (4,8v) por lo que hago es poner el valor de RG 49,9Ω que es un valor comercial, para ajustar la ganancia a 990. Con esto la máxima salida que tengo que es cuando pongo 10,44kg es.

$$990 \times 3,48mv = 3,44V$$

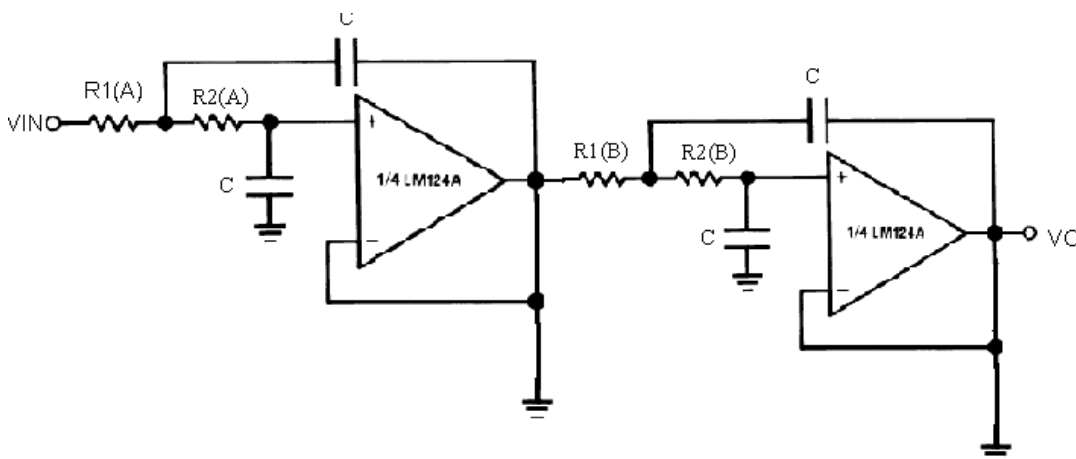
Realmente se me quedan en 3,33v que puede ser debido a diversas causas como pequeñas variaciones de la resistencia de 49,9Ω, que la alimentación de la celda sea algo menor que 5v o que el peso que pongo no sea exactamente 10,44kg.

2.2.3.- CÁLCULOS DEL CIRCUITO DE FILTRADO

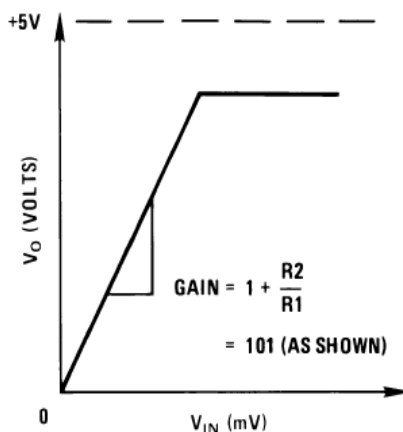
Debido a que las variaciones de tensión de la celda de carga son de niveles muy bajos, la señal de tensión diferencial tendrá un margen muy reducido. Por ello es muy fácil que se le acople ruido electromagnético de otros aparatos. Para poder limpiar estos ruidos de la señal, se incluye una etapa de filtrado detrás de la de amplificación para conseguir una señal mas limpia.

El filtro que se diseña es un filtro activo de orden cuatro tipo Butterworth de paso bajo con una frecuencia de corte de 25Hz. Después de hacer varias pruebas se compruebo que la señal sale mas limpia y con menos variaciones que perturben el resultado final.

Se puede demostrar que, para un filtro de orden dos:



En la rama de realimentación negativa no hay resistencias de forma que la ganancia que aporta cada operacional es 1. Pues la ganancia depende de estas resistencias en un A.O. no inversor



Calculando las resistencias tengo:

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{\frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2}}{S^2 + \left(\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_1} \right) S + \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2}} = \frac{(2\pi f_0 K)^2}{S^2 + \alpha(2\pi f_0 K)S + (2\pi f_0 K)^2}$$

Donde en un filtro de orden cuatro:

$$f_0 = 25 \text{ HZ}$$

$$K = 1$$

$$\alpha_A = 1,848$$

$$\alpha_B = 0,765$$

Fijando todas las capacidades a $C = 100 \text{ nF}$:

$$R_{2A} + R_{1A} = \frac{2 f_0 \alpha_A}{\pi} \cdot 10^3 = \frac{50 \cdot 1,848}{\pi} \cdot 10^3 = 29 \text{ K}$$

$$R_{2B} + R_{2A} = \frac{2 f_0 \alpha_B}{\pi} \cdot 10^3 = \frac{50 \cdot 0,765}{\pi} \cdot 10^3 = 12 \text{ K}$$

Pongo:

$$R1(A) = 12 \text{ K}$$

$$R2(A) = 18 \text{ K}$$

$$R1(B) = 8 \text{ K}$$

$$R2(B) = 3 \text{ K}$$

Hay que tener en cuenta que la salida máxima que puede proporcionar este integrado depende de a cuanto se este alimentando. Según el fabricante:

Large output voltage swing 0V to V+ - 1.5V

Como yo alimento a +-5v:

$5 - 1,5 = 3,5\text{v}$ nos dará como máximo a la salida. Pero no me va a afectar porque como máximo yo le voy a exigir 1,67v.

2.3- CÁLCULO DE LA RESOLUCIÓN:

La resolución es el mínimo incremento de peso que puede registrar nuestro sistema. Es un factor importante pues de él depende que la calidad de la báscula. Cuanta más resolución mejor.

Como se ha visto en la memoria la resolución de esta celda es de 2gr. Pero puede que nuestra electrónica de medida no alcance a captar las variaciones de tensión en la salida de la celda al variar 2gr. Esto depende de la amplificación que tenemos en el amplificador AD620 y de el convertidor analógico digital del micro.

El convertidor analógico digital que dispone el micro es de tipo aproximaciones sucesivas de 10 bits de resolución. Es decir el resultado de la conversión es una palabra de 10 bits (de 0000 0000 a 1111 1110). Esto indica el número de estados que pueden darse en la palabra binaria:

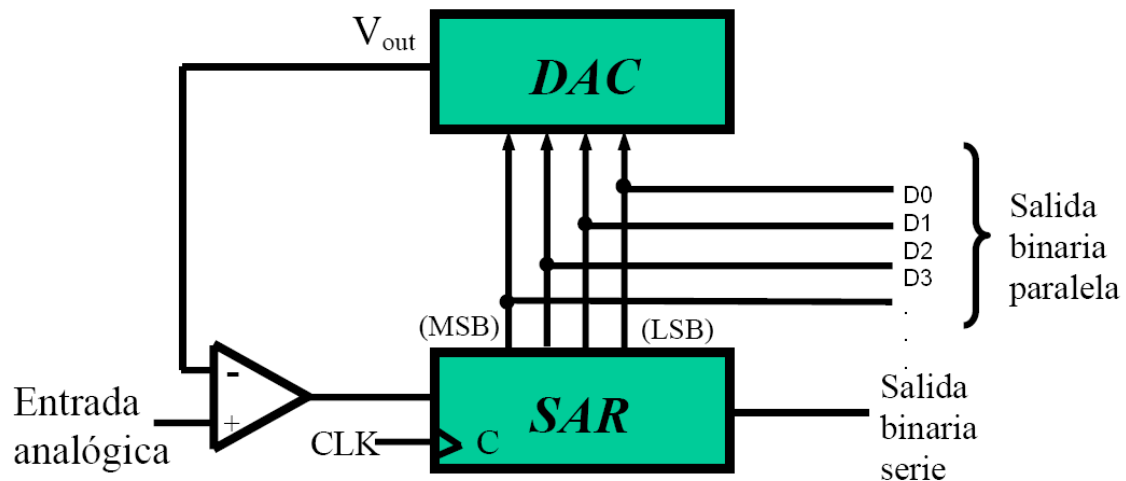
$2^{10} = 1024$ estados teniendo en cuenta que el 0000 0000 también es un estado. El programa del micro lee el resultado decimal de esta palabra binaria con lo cual el rango decimal esta de 0 a 1023.

La resolución de un convertidor analógico-digital es la razón de cambio del valor en el voltaje de entrada que se requiere para cambiar en 1LSB la salida digital. Es la mínima variación de tensión que debe producirse a la entrada del CAD para que este varíe un paso en la palabra binaria de 10 bits. Esto es lo que tengo que calcular para ver de cuanta resolución dispongo y poder compararla con la de la celda de carga de mí balanza.

Hay otros factores del CAD como la linealidad, la precisión o el tiempo de asentamiento que no me influyen así que no los estudio.

Este convertidor va aproximando su salida con cada pulso de reloj, y comparándola con la señal de entrada analógica que se quiere convertir para ver si esta por encima o por debajo de ella. El modulo SAR es un registro de 10 bits que va variando bit por bit, empezando por el mas alto con el fin de aproximarse a la entrada analógica. Entonces este registro se convierte a señal analógica mediante el módulo DAC y la lleva al comparador, para compararla con la entrada analógica. En función de la salida del comparador, si el registro

SAR corresponde con un valor mas alto que la entrada analógica pone el bit que había puesto a 1 a 0 y si el registro corresponde con un valor menor, pues lo deja a 1. Así continuamente hasta que se completan los 10 bits del SAR y saca la salida.



ADC por aproximaciones sucesivas

El convertidor dispone de una entrada analógica de referencia, que en función de esta nos da la resolución. La fórmula de la resolución en un CAD por aproximaciones sucesivas es:

$$Resolucion = V_{ref} \times \frac{1}{2^{10}}$$

Como la máxima salida que tengo de la celda a máximo peso (5000gr) es 1,67v, lo que hago es poner la tensión de referencia (Vref) del CAD a 1,67v. De forma que cuando tenga sobre la báscula (5000gr) el valor resultante del convertidor será 1023. De esta forma consigo mayor resolución:

$$Resolucion = 1,67 \times \frac{1}{2^{10}} = 1,63 \text{ mv}$$

Esto indica que para que la salida del CAD varíe un paso, la variación de tensión a la entrada debe ser de 1,63mv.

Ahora habrá que comparar con la mínima variación de tensión que me proporciona la celda. Como la resolución de la celda es 2gr, calculo la tensión a 2gr con la formula de la celda:

$$V_{celda}(2gr) = \frac{\frac{5}{30000} \times 2}{2} = 0,666\mu v$$

0,666 μ v es la mínima variación de tensión a la salida que produce la celda y es cada 2gr. Cada 2gr sube la tensión 0,666 μ v la tensión de salida de la célula. Por lo que se puede decir que de la tensión que tengo a 5,00kg que es 1,67mv (valor que debería tener según cálculos), si la divido por 0,666 μ v me salen 2500 pasos de 2 en 2gr. El CAD solo tiene 1024 pasos, por lo que no puede captarlos todos.

Ahora calculo la variación de tensión mínima que varía el amplificador, que será cuando se dé la mínima variación en la célula (0,666 μ v):

$$0,666\mu v \times 990 = 0,659mv$$

Como la resolución del CAD es 1,63mv, dividiendo por la variación de tensión mínima que varía el amplificador, me da la variación mínima de gramos que el CAD puede captar:

$$\frac{1,63\text{ mv}}{0,659\text{ mv}} = 2,473$$

Esto quiere decir que para que el CAD detecte un cambio en su entrada analógica el amplificador debe variar 2,473 veces. Y como la salida del amplificador varía cada 2 gr de variación en el peso de la báscula. La conclusión es que el CAD detectara 2,473 x 2 = 4,946~ 5gr que será el mínimo peso que variará la salida del convertidor.

Se puede decir que la resolución final que consigo con todo el sistema de báscula y la electrónica de medida es de 5gr.

Por ejemplo cuando la bascula esta en vacío y después de haber descontado el peso del plato, la salida del CAD es 0, si le pongo 5gr la salida sera1, con 10gr 2, y así sucesivamente.

2.4- SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR:

La implementación del software del microcontrolador se ha realizado mediante el lenguaje de programación C. El C es un lenguaje de programación muy cercano a la máquina, tiene la posibilidad de trabajar a bajo nivel con bits y bytes, y utilizar directamente los recursos del procesador y de los periféricos accediendo directamente a la memoria, siempre que el sistema operativo se lo permita. Su juego de instrucciones es muy básico, y por ello se deben usar librerías de instrucciones estándares o propias.

En definitiva, y comparándolo con el ensamblador, el C es un lenguaje sencillo, fácil de entender, sin necesidad de ser un experto programador o incluso sin necesidad de saber nada de programación. El ensamblador tiene como ventajas un lenguaje más cercano al lenguaje del microcontrolador y por lo tanto mayor eficiente, pero resulta más complejo.

2.4.1 – PROGRAMAS UTILIZADOS

MPLAB

MPLAB-IDE es una Plataforma de Desarrollo Integrada bajo Windows, con múltiples prestaciones, que permite escribir el programa para los PIC en lenguaje ensamblador (assembler) o en C (el compilador C se compra aparte), crear proyectos, ensamblar o compilar, simular el programa y finalmente programar el componente, si se cuenta con el programador adecuado.

MPLAB incorpora todas las utilidades necesarias para la realización de cualquier proyecto y, para los que no dispongan de un emulador, el programa permite editar el archivo fuente en lenguaje ensamblador de nuestro proyecto, además de ensamblarlo y simularlo en pantalla, pudiendo ejecutarlo posteriormente en modo paso a paso y ver como evolucionarían de forma real tanto sus registros internos, la memoria RAM y/o EEPROM de usuario como la memoria de programa, según se fueran ejecutando las instrucciones. Además el entorno que se utiliza es el mismo que si se estuviera utilizando un emulador.

Partes de MPLAB-IDE:

EDITOR: Editor incorporado que permite escribir y editar programas u otros archivos de texto.

PROJECT MANAGER: Organiza los distintos archivos relacionados con un programa en un proyecto. Permite crear un proyecto, editar y simular un programa. Además crea archivos objetos y permite bajar archivos hacia emuladores (MPLAB-ICE) o simuladores de hardware (SIMICE).

SIMULADOR: Simulador de eventos discretos que permite simular programas con ilimitados breakpoint, examinar/modificar registros, observar variables, tiempos y simular estímulos externos.

ENSAMBLADOR: Genera varios tipos de archivos objetos y relacionados, para programadores Microchip y universales.

LINKER: Permite unir varios archivos objetos en uno solo, generados por el ensamblador o compiladores C como MPAB-C18 o compiladores de terceros.

PROGRAMADOR: Mplab-IDE puede trabajar con varios tipos de programadores. El usuario debe seleccionar con cual trabajará, haciendo click en opción *Programmer/ Select programmer*, se pueden seleccionar 4 programadores distintos:

PICSTART Plus

MPLAB ICD 2

MPLAB PM 3

PRO MATE II

2.4.2 – EXPLICACIÓN DEL PROGRAMA

Al comienzo del programa cargamos las librerías que van a ser usadas para realizar diversas funciones (librerías standard, librería personalizada para manejar la LCD, librería para el PWM, librería para menjo del ADC, etc).

```
#include <stdio.h>
#include "inicio.h"
#include <adc.h>
#include "xlcdGre.h"
#include <string.h>
#include <pwm.h>
#include <timers.h>
#include <usart.h>
```

Después definimos las diferentes funciones para manejo de la USART:

Declaramos las funciones con el tipo de variable que necesita;

```
void initUART(void);
void EscribeUART(unsigned char);
void LeeUART();
```

Declaración de variables globales, estas variables al ser globales pueden ser usadas en cualquier punto del programa;

```
////////////////////////////////////
```

```
//Variables globales
    unsigned char c,InputUART,data;
    unsigned int convert,k,code;
    unsigned int Buffer[4];
    unsigned char vector2[4];
```

Función que configura los registros para la comunicación serie;

```

/*****
función inicialización UART
*****/

void initUART(void)
{
    TXSTA=0x24; //high baudrate, 8-bit
    SPBRG=25; //9600 bps XTAL=4MHz
    TXSTAbits.TXEN=1; //transmit enable
    RCSTAbits.SPEN=1; //enable serial port
    RCSTAbits.CREN=1; //repcion continua
    RCSTAbits.OERR=0;
}

```

El programa principal comienza con la inicialización de las variables que se usan en el programa y de sus periféricos;

```

//Inicializacion periféricos y variables
    initUART();//Configura puerto serie
inicio://Llamada que va a ser usada para reiniciar el proceso

```

Inicialización de variables:

```

error=dutypercentage=dutypwm=gramos=aux=cont=start=prub=conta=i=mediaalto=mediabajo=
0;
consigna=realval=milivolts=alto1=bajo1=alto2=bajo2=0;
InputUART=0;
convert=1;
vector2[0]=0;vector2[1]=0;vector2[2]=0;vector2[3]=0;
consigna=0;

```

Configuración de los puertos como E/S, configuración de las entradas analógicas e inicialización de LCD:

```
TRISB = 0b00000001;// salidas menos RB0 como entrada
OpenXLCD(FOUR_BIT & LINES_5X7); // Init the LCD Display
ADCON0bits.ADON=1; //ADON=1; /* enable A2D converter */
PIE1bits.ADIE=0; //ADIE=0; /* not interrupt driven */
ADCON1=13;//Habilitamos AN0 y AN1 como analógicas para nuestro sistema
ADCON0=1;//Habilitación del convertidor AD
ADCON2=0b10101100;//Configuración de la manera de leer las entradas analógicas y tiempos
de adquisición del dato
lcd_clear();

PORTBbits.RB2=1;//Enciendo RB2 para deshabilitar cucaracha
offset=0;
```

El programa corre bajo un “Bucle permanente” no es más que un while que se repite infinitamente.

Se escribe así:

```
while(1)
```

CONSIGNA

Lo primero que hace nuestro programa es leer el valor de consigna que envía Visual Basic. Para ello primero VB envía una letra ‘O’ en hexadecimal que es un (0x4F). Entonces nuestro programa entra en el while que nos coge 4 caracteres por el puerto serie y los convierte en número, metiéndolos finalmente en la variable consigna.

```
//Leemos CONSIGNA por el puerto serie desde Visual Basic
LeeUART();
while((convert==1)&(InputUART==0x4F))
{
    conta=0;
    getsUSART(vector2,4);
    for(conta=0;conta<4;conta++)
```

```
{
    switch(vector2[conta])
    {
        case 48:code=0;break;
        case 49:code=1;break;
        case 50:code=2;break;
        case 51:code=3;break;
        case 52:code=4;break;
        case 53:code=5;break;
        case 54:code=6;break;
        case 55:code=7;break;
        case 56:code=8;break;
        case 57:code=9;break;
        //default:code=20;break;
    }
    if(conta==0)
    {
        prub=code;
    }
    else if(conta==1)
    {
        prub=prub+(code*10);
    }
    else if(conta==2)
    {
        prub=prub+(code*100);
    }
    else if(conta==3)
    {
        prub=prub+(code*1000);
    }
    }
    convert=0;
}
consigna=prub;
```


Una vez que tenemos la consigna ahora lo que nos interesa es monitorizar constantemente el valor de la célula de carga. Para ello configuramos los puertos analógicos y la Vref que hemos explicado anteriormente:

```
//VISUALIZACION DE LA SEÑAL DE LA CELULA DE CARGA (REAL)
ADCON1=0b00011101;//Habilitamos AN0 y AN1 como analógicas para nuestro
sistema pero con Vref+=1.67v
//ADCON0 debemos seleccionar ahora la otra entrada analógica que vamos a
usar la del sensor
ADCON0=0b00000111;// Selecciono el AN1
ADCON0bits.GO=1;//proceso de conversión en marcha
while(ADCON0bits.GO);
PIR1bits.ADIF=0;
    bajo= ADRESL;
    alto = ADRESH;

    mediabajo=mediabajo+bajo;
    mediaalto=mediaalto+alto;
    i=i+1;

if(i>=10)
{
    bajo2=mediabajo/10;
    alto2=mediaalto/10;
    total= (unsigned int)alto2<<8 | bajo2;//Desplazamiento de bits y union
con la parte baja del byte
    volts=0;
    decivolts=0;
    miligra=total;

    for(miligra=(miligra*1000)/1023;miligra>=10;miligra-=10)//1000;   pasos
para la célula de carga
    {
        decivolts++;
    }
}
```

```

if(decivolts>=10)
{
volts++;
decivolts-=10;
}
}

```

milivoltios=miligras;//Tengo que pasar de unsigned short long a unsigned

int

*gramos=(((volts*100)+(decivolts*10)+milivoltios))*5)-offset;//Por cada*

paso que detecte el sensor incrementara 5g

aux=gramos;//valor real que usamos para offsetear el sistema

lcd_gotoxy(1,2);

sprintf(gramillos,"R:%d ",aux);

lcd_puts(gramillos);

lcd_gotoxy(8,2);

putrsXLCD("g");

realval=aux;

volts=decivolts=milivoltios=0;//ponemos a 0 para volver a hacer otra

conversión

if (consigna>0)

{

EscribeUART(bajo2);

EscribeUART(alto2);

while(!TXSTAbits.TRMT)//indica cuando TSR esta vacio, sera cuando

termine de transmitir por el serie el MSB(alto)

{

}

}

i=mediabajo=mediaalto=0;

}

Una vez que obtenemos el valor analógico en los registros ADRESH y ADRESL los volcamos sobre 2 variables temporales (bajo y alto) que usamos para realizar un filtro software como hemos explicado en la memoria. Para ello realizamos la captura de datos 10 veces y luego mandamos el resultado al PC por el puerto serie y a la LCD.

Es un filtro software para sacar un valor más limpio, ya que la señal obtenida de la báscula puede variar debido al ruido electromagnético. Como se explica en la memoria, la tarjeta amplificadora ya contiene un filtro hardware pero nunca está de más uno digital. En el programa corresponde con esta parte, que se repite cada vez que se lee el peso de la báscula.

OFFSET

Offset es una variable que se guarda el peso de la báscula en vacío, o sea solo con el plato vacío. Sirve para cuando se lee el peso de una pieza a la entrada del control, se le resta esta variable al peso obtenido. De forma que se le descuenta el peso del plato y sacamos el valor real del peso de la pieza a pesar.

Para introducir offset al sistema debemos de pulsar el botón "RB0" de la placa de MPLAB. Enviaremos también a la vez un número (50000) por el puerto serie que notificará al PC que hemos introducido el offset a nuestro sistema. Visualizaremos el valor real de nuestro sistema en el LCD y en la pantalla del PC.

if((PORTBbits.RB0==0)&(cont==0))//al pulsar RB0 metemos el offset al sistema solo una vez lo podemos pulsar

```
{  
  
    offset=aux;  
  
    cont=1;//Marca para saber que hemos offsetado  
  
    Delay10KTCYx(100);  
  
    bajo1=0b01010000;  
  
    alto1=0b11000011;  
  
    EscribeUART(bajo1);  
  
    EscribeUART(alto1);  
  
    while(!TXSTAbits.TRMT)//indica cuando TSR esta vacio, sera cuando termine de  
  
transmitir por el serie el MSB(alto)
```

```
    {  
    }  
}
```

Como he tenido problemas a la hora de introducir el offset al pulsar el botón "RB0" he introducido un retardo para evitar problemas en la comunicación. A pesar de que los botones son anti rebotes. De esta manera se soluciona el problema.

```
Delay10KTCYx(100);
```

ERROR

Una vez que ya tenemos el valor de la célula de carga en la variable "realval" calculamos el error que es la diferencia entre nuestro valor de consigna y nuestro valor real. Lo visualizamos también en la pantalla LCD. Para asegurarnos que nuestro valor de consigna concuerda con el introducido.

```
//Calculo del Error
```

```
error=consigna-realval;  
lcd_home();  
sprintf(gramillos,"E:%d ",error);  
lcd_puts(gramillos);  
lcd_gotoxy(8,1);  
putrsXLCD("g");
```

GENERADOR DE PWM Y CONTROL DEL LAZO DE VELOCIDAD

Habilito el botón RA4 como entrada de tal manera que sea necesario pulsar este botón para iniciar el proceso de llenado.

Una vez que pulso el botón comienza a generarse el PWM por la patilla RC2. La variable "error" es la que controla la velocidad del sistema. Tengo 2 velocidades para el sistema. Mientras queden más de 30gramos para llegar al llenado final el motor va al 100% de velocidad, entre 30gramos y 10 gramos reduzco la velocidad al 50%. Los últimos 10gramos realizo la parada del sistema debido a que el sistema lleva cierta inercia. Finalmente el llenado se produce con un +-5 gramos de error. Que es la resolución de mi balanza.

Deshabilito el puente en H a través de una patilla del PIC (RB2) cuando el error es menor que 10 gramos.

```
TRISA = 0b11111111; // Configura el PORTA como entradas
if((PORTAbits.RA4==0)&(cont==1))//Si pulsamos RA4 y hemos offsetado el sistema
    start=1;
if (start==1)//Si pulsamos el boton RA4 iniciamos el proceso de carga
{
    //Comienza el PWM por RC2

    //Inicializo puertos
    TRISC=0xB1;
    LATC=0x00;
    dutypercentage=error;
    dutypercentage=dutypercentage*100;
    dutypercentage=(dutypercentage)/2000;
    dutypwm=(624*dutypercentage)/100;
    dutypwm=312;//Valor fijo 50% duty

    if(error>=30)
    {
        PORTBbits.RB2=0;//Habilitamos PWM en la cucaracha
```

```

    OpenTimer2(TIMER_INT_OFF&T2_PS_1_16); //interrupciones OFF, preescaler 1:16
    OpenPWM1(155);
    SetDCPWM1(624);
    SetOutputPWM1(SINGLE_OUT, PWM_MODE_1);
}

else if((error<30)&(error>=10))
{
    PORTBbits.RB2=0;//Habilitamos PWM en la cucaracha

    OpenTimer2(TIMER_INT_OFF&T2_PS_1_16); //interrupciones OFF, preescaler 1:16
    OpenPWM1(155);
    SetDCPWM1(dutypwm);
    SetOutputPWM1(SINGLE_OUT, PWM_MODE_1);
}

else if(error<10)
{

    PORTBbits.RB2=1;//Deshabilito PWM en la cucaracha
    dutypwm=0;
    LeeUART();
    if(InputUART==0x58)//Si pulso nueva consigna inicio ciclo recibo 'X'
        {
            goto inicio;
        }

    }//Paramos el PWM si el error<0
    }//Acabamos el proceso de cargar

        }//while
}

Si pulso en Visual Basic el botón "Nueva consigna" realizo un salto al inicio del
programa y comienzo de nuevo el proceso.

```

2.4.3 – CÁLCULOS PWM

Supongamos que queremos generar una señal PWM de 400Hz en el pin RC2 con un ciclo de trabajo del 50%. Para ello suponemos que nuestro oscilador trabaja a 4Mhz.

Parámetros iniciales:

Fosc: 4Mhz, Tosc: 0,25us

Fpwm: 400Hz, Tpwm: 2500us

1º) Calculo del periodo: **$T_{pwm} = (\text{valor} + 1) * 4 * T_{osc} * TMR2 \text{ prescaler}$**

Despejando:

$\text{valor} = [T_{pwm} / (4 * T_{osc} * TMR2 \text{ prescaler})] - 1$

Sustituyendo para un preescaler de TMR2=16:

Valor= $[2500/4*0,05*16]-1 \Rightarrow [2500/16]-1 = 155,25 = \mathbf{155 (*)}$

(*) Elegimos el valor entero más próximo. Este es el valor que tenemos que pasar a la función OpenPWM1() para conseguir un periodo de la señal PWM de 2500us.

OpenPWM1(155);

2º) Una vez fijado el periodo tenemos que calcular valor de **duty** que tenemos que pasar a la función SetDCPWM1(duty) para conseguir un ciclo de trabajo del 50%. Para ello utilizamos la expresión:

$\text{duty} = (\text{Ton} * \text{Fosc}) / (100 * \text{Fpwm} * TMR2 \text{ preescaler})$

Sustituyendo:

Duty = $(50 * 4.000.000) / (100 * 400 * 16) = 312,5 \Rightarrow \mathbf{312}$

(*) Elegimos el valor entero más próximo. Este es el valor que tenemos que pasar a la función SetDCPWM1() para conseguir un ciclo de trabajo de 1250us.

SetDCPWM1(312);

3º) Poner en marcha el módulo:

SetOutputPWM1(SINGLE_OUT, PWM_MODE_1);

Como podemos observar el ciclo de trabajo es del 50% a una frecuencia de 400Hz.



2.5- SOFTWARE VISUAL BASIC:

Esta aplicación nos permitirá utilizar un PC que funcione sobre la plataforma Windows y así poder interactuar el operario encargado del control con el control.

La implementación del software del control se ha realizado mediante el entorno de programación Visual Basic, el cual no se ha dado en la carrera pero que es de una programación muy similar al C, que si se ha dado y me ha servido de gran ayuda para aprender Visual.

Este programa solo necesita recibir los datos correspondientes a los peso de la basculas que le envía el microcontrolador, y el los procesa para poder ser visualizados, almacenados, hacer cálculos y enviar ordenes al microcontrolador en función de los resultados de estos cálculos.

Que se necesita que haga el programa:

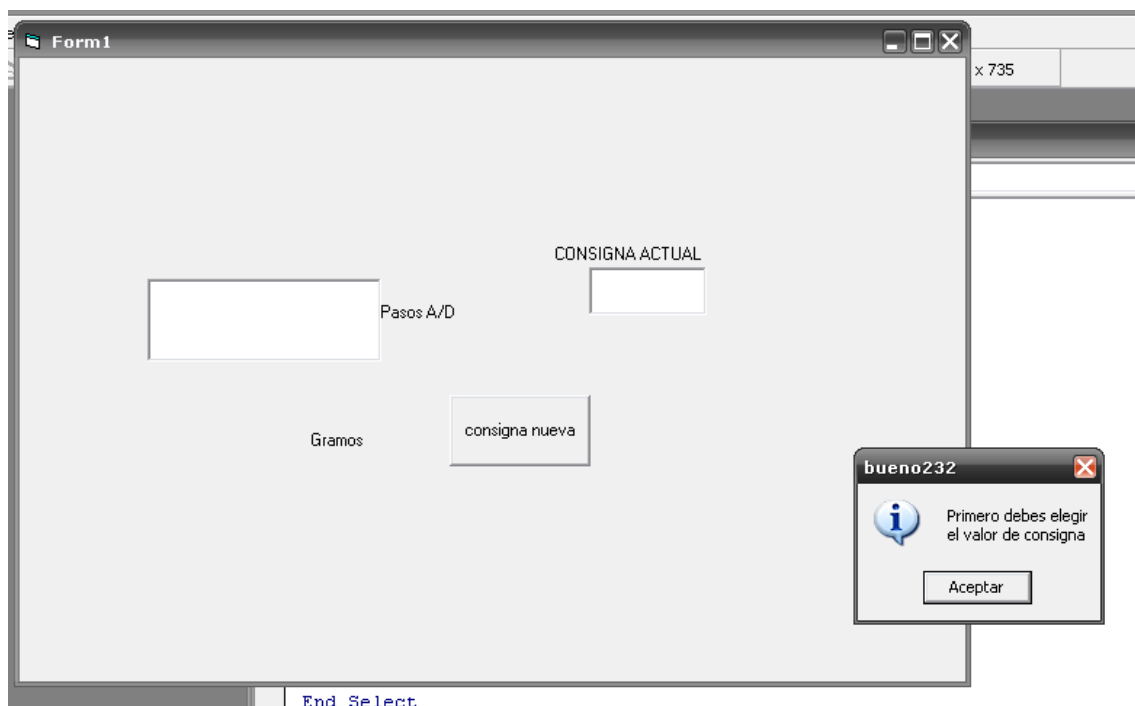
- Se va a enviar la consigna desde el PC. Tiene que ser un valor entre 5gramos y 5000gramos que es el máximo de mí balanza. Los números de la consigna deben acabar en 5. Porque la resolución de mí sistema es de 5gramos. No podemos pedirle al sistema que engrase a 44gramos. Debemos elegir entre 40gramos o 45 gramos.
- Nos pedirá el programa realizar el offset cada vez que volvamos a colocar una pieza nueva. Mientras que no pulsemos el botón RB0 de la placa del micro no se va a poder seguir visualizando el proceso.
- Una vez introducido el offset se va a visualizar en todo momento el peso de la balanza y el proceso de llenado a través de una barra de progreso.
- Una vez que termine el proceso vamos a poder ejecutar de nuevo el engrasado de otra pieza. Para ello pulsaremos el botón “Nueva consigna”.

- Los datos serán guardados en una base de datos para su posterior análisis.

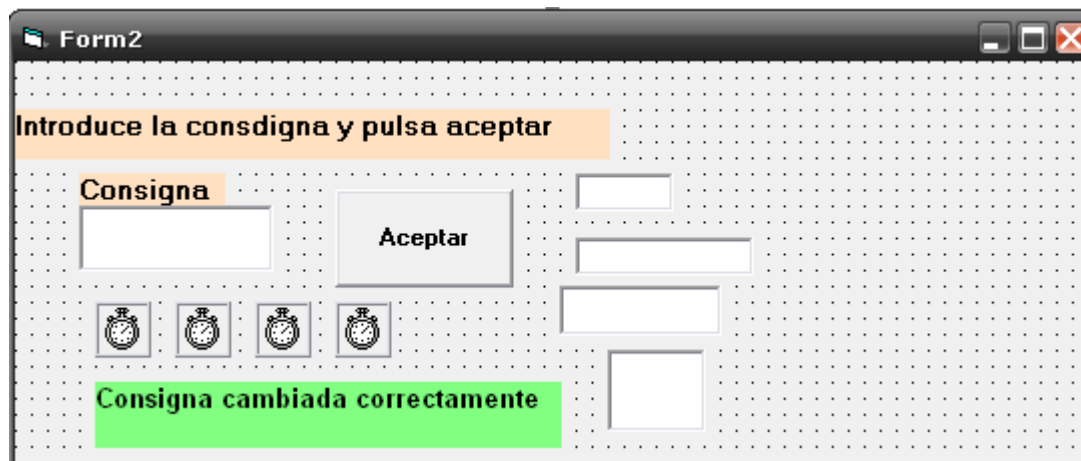
2.5.1 – EXPLICACIÓN DEL PROGRAMA:

Para explicar el programa lo mejor es hacer un ejemplo en el que se explica como utilizarlo y se va viendo paso a paso el proceso.

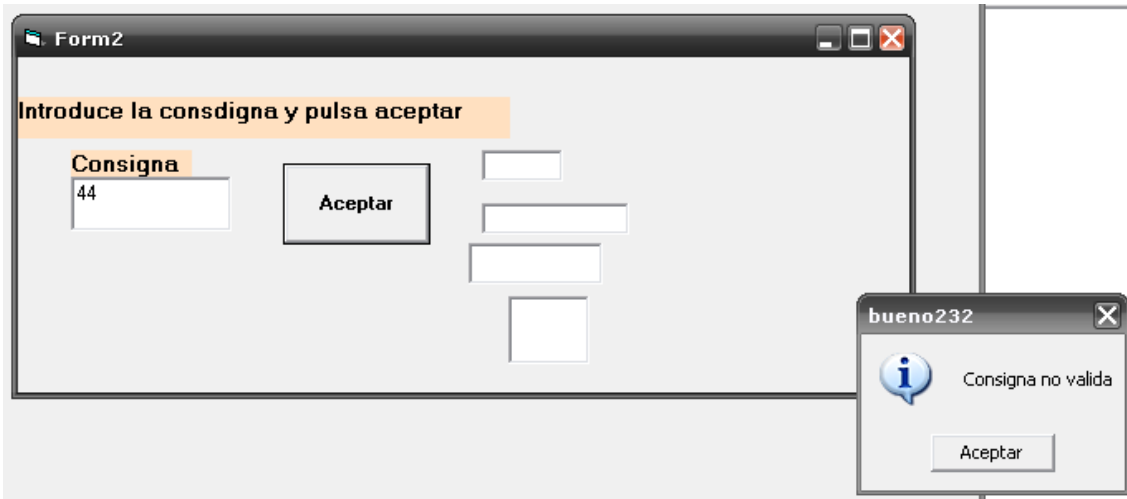
Inicialmente el programa nos pedirá introducir la consigna que deseemos. Es decir, cuanta grasa queremos verter sobre el rodamiento.



Esta es la pantalla para introducir la consigna:

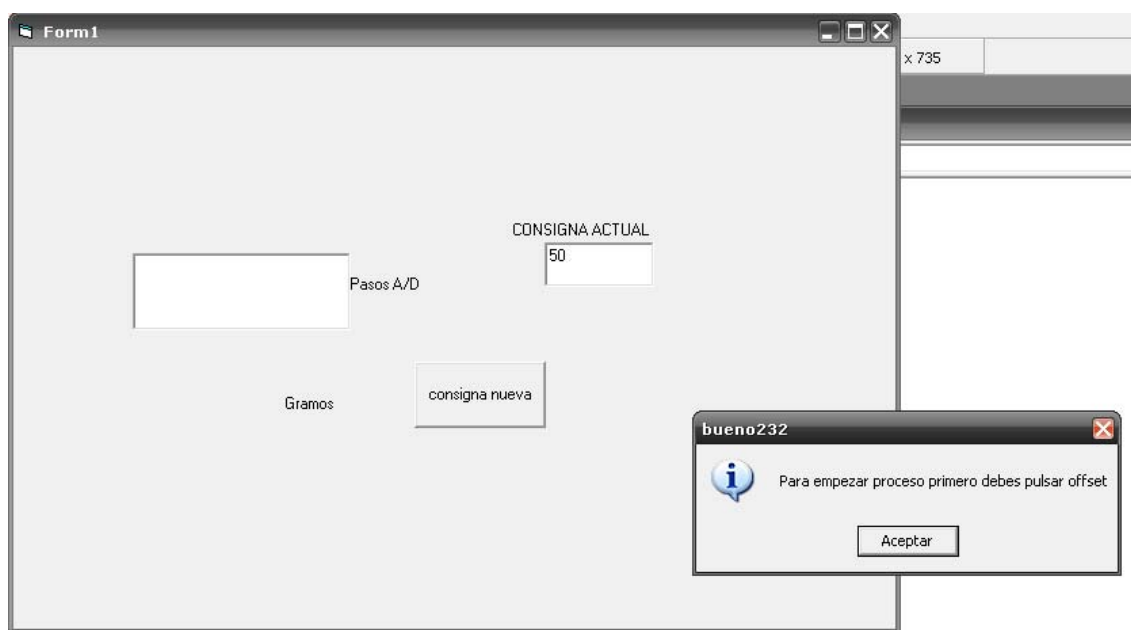


Debemos introducir un número entre 5 gramos y 5000 gramos que es nuestro máximo y en múltiplos de 5. Porque 5 gramos es la resolución de nuestro sistema. Si introducimos mal el valor visualizaremos el mensaje “Consigna no valida”. Hasta que introduzcamos un valor correcto de consigna.

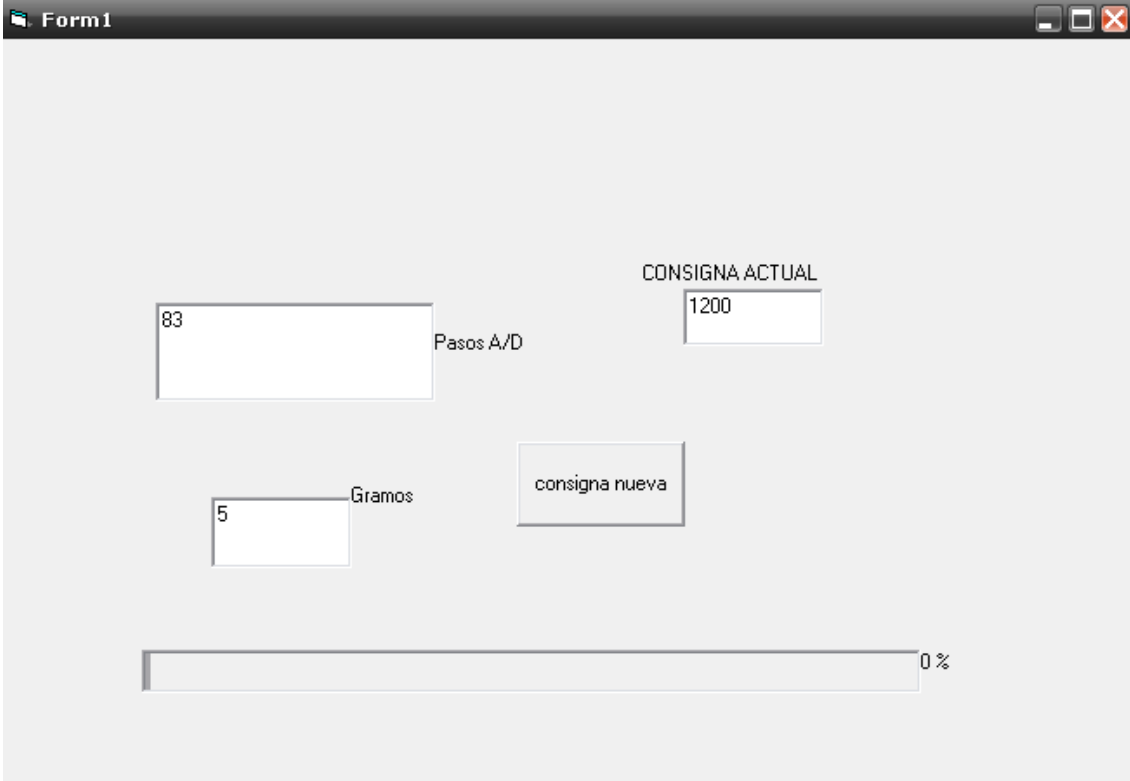


Una vez realizado correctamente este paso enviaremos el valor a través del puerto serie al PIC 18F4520 y lo depositaremos en la variable “consigna”.

Antes de pasar a la siguiente pantalla deberemos de introducir el offset al sistema. Para ello la aplicación nos mostrará el siguiente mensaje. “Para empezar proceso primero debes pulsar offset”.



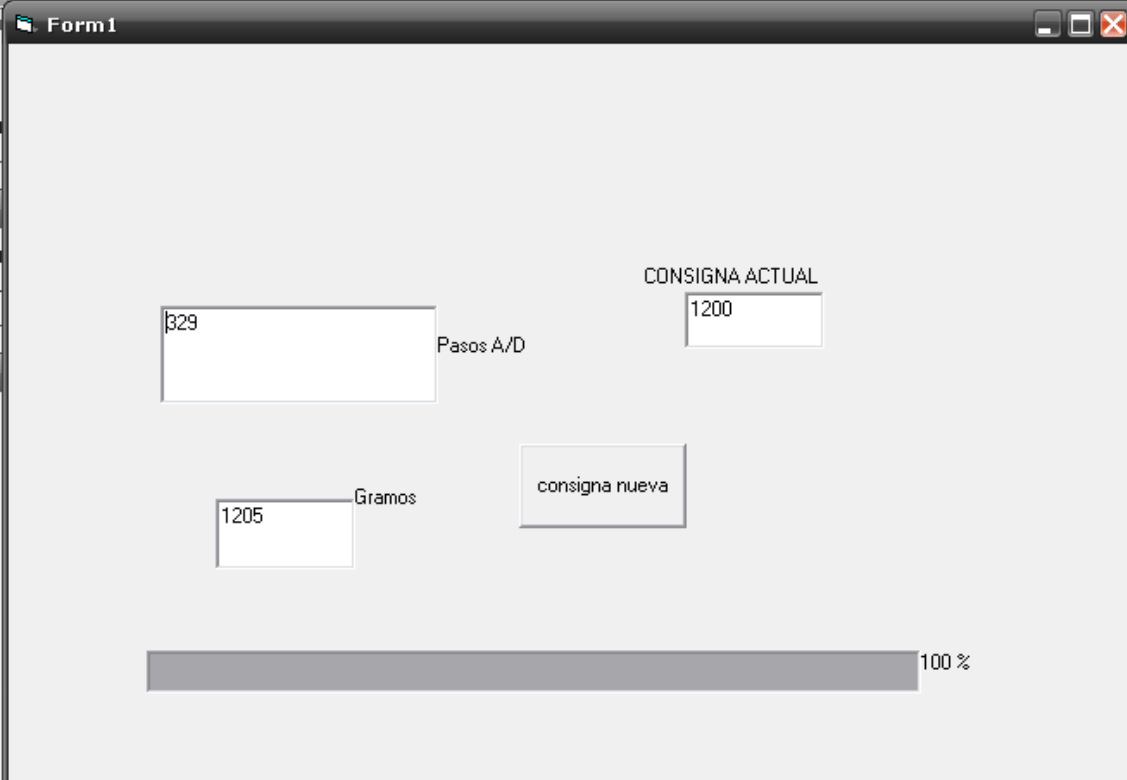
En este momento accederemos a la pantalla principal del proceso de llenado. Cuando pulsemos offset podremos visualizar el valor del peso en gramos en esta pantalla.



The screenshot shows a window titled "Form1" with a light gray background. It contains several UI elements: a text box with the value "83" labeled "Pasos A/D"; a text box with the value "5" labeled "Gramos"; a text box with the value "1200" labeled "CONSIGNA ACTUAL"; a button labeled "consigna nueva"; and a progress bar at the bottom showing "0%".

En esta pantalla podemos visualizar los pasos que recibimos de la analógica de la célula de carga. También vemos el valor real en gramos en todo momento. La consigna introducida. Una barra de progreso de nuestro proceso y un botón para introducir consigna nueva.

Una vez que pulsemos el botón RA1 del micro el motor empezará a moverse y la grasa empezará a caer sobre la balanza. Iremos viendo el progreso de llenado hasta que finalice. Cuando el valor real sea lo más próximo a la consigna el proceso ha finalizado. Consigo finalmente una precisión de +/-5 gramos debido a que es la mínima fluctuación de mi balanza.



The screenshot shows a Windows application window titled "Form1". Inside the window, there are several UI elements: a text box containing "329" with the label "Pasos A/D" to its right; a text box containing "1205" with the label "Gramos" to its right; a text box containing "1200" with the label "CONSIGNA ACTUAL" above it; a button labeled "consigna nueva"; and a progress bar at the bottom that is completely filled and labeled "100 %".

Podemos volver a introducir una nueva consigna pulsando el respectivo botón. El programa del micro recibirá la orden y comenzará de nuevo el programa. El programa de VB nos volverá a pedir nueva consigna.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

CONTROL DE PESAJE INDUSTRIAL

PLANOS

Alumno: Josué Lerga Olcoz

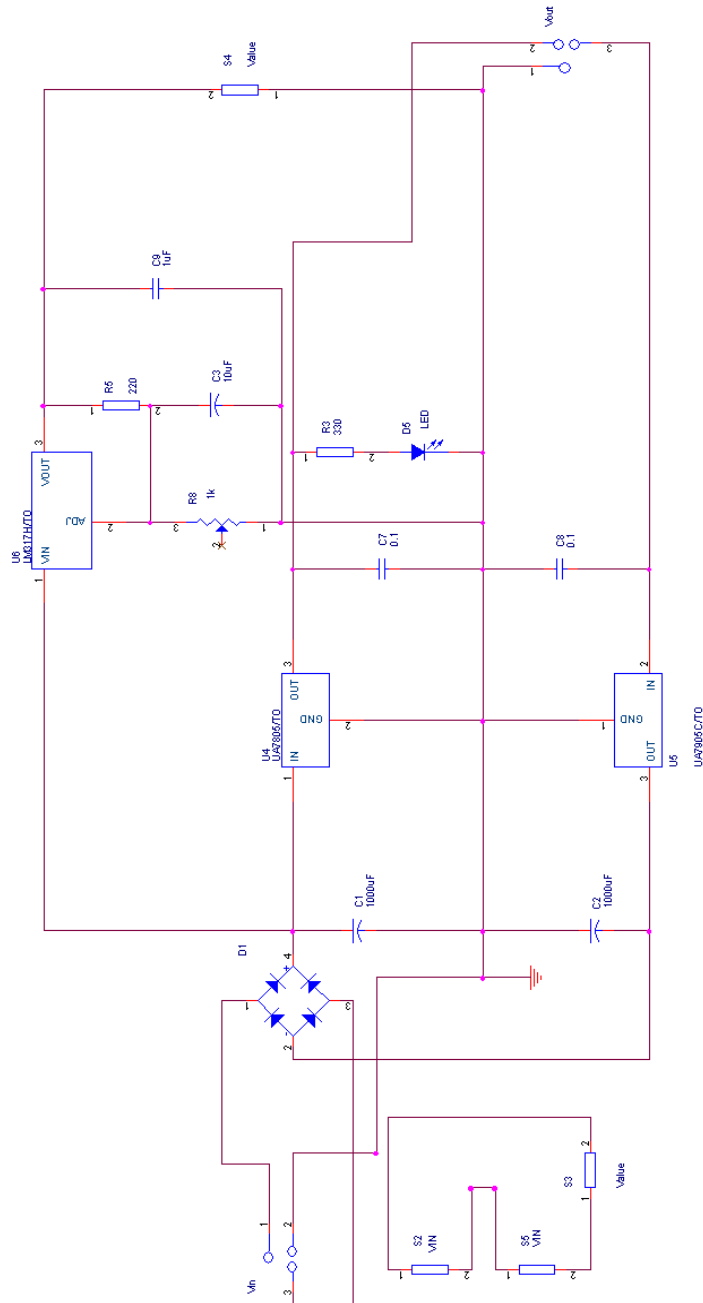
Tutor: Vicente Senosiain Miquelez

Pamplona, 6 de Noviembre 2013

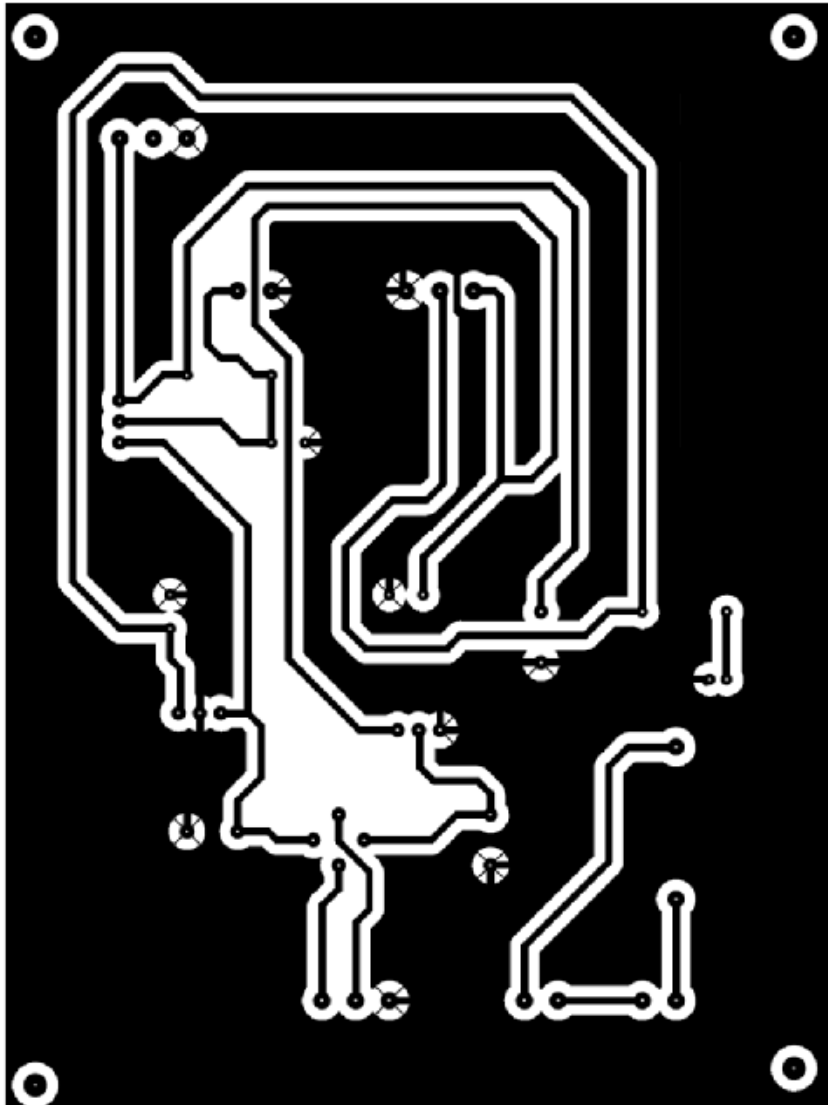
4.1- FUENTE DE ALIMENTACION:	3
4.1.1- ESQUEMA ELECTRICO:	3
4.1.2- DIGRAMA DE PISTAS (CARA BOTTOM):	4
4.2- AMPLIFICADORA Y FILTRO:	5
4.2.1- ESQUEMA ELECTRICO:	5
4.2.2- DIGRAMA DE PISTAS (CARA BOTTOM):	6

4.1- FUENTE DE ALIMENTACION:

4.1.1- ESQUEMA ELECTRICO:

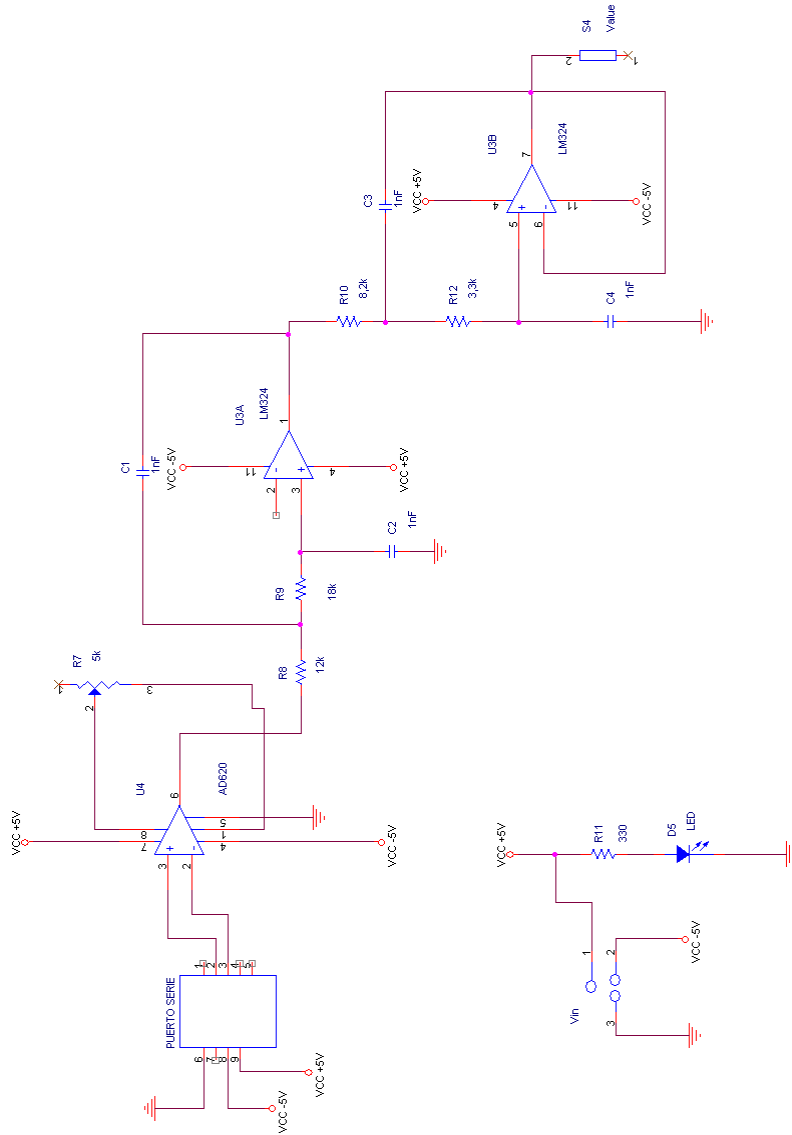


4.1.2- DIGRAMA DE PISTAS (CARA BOTTOM):

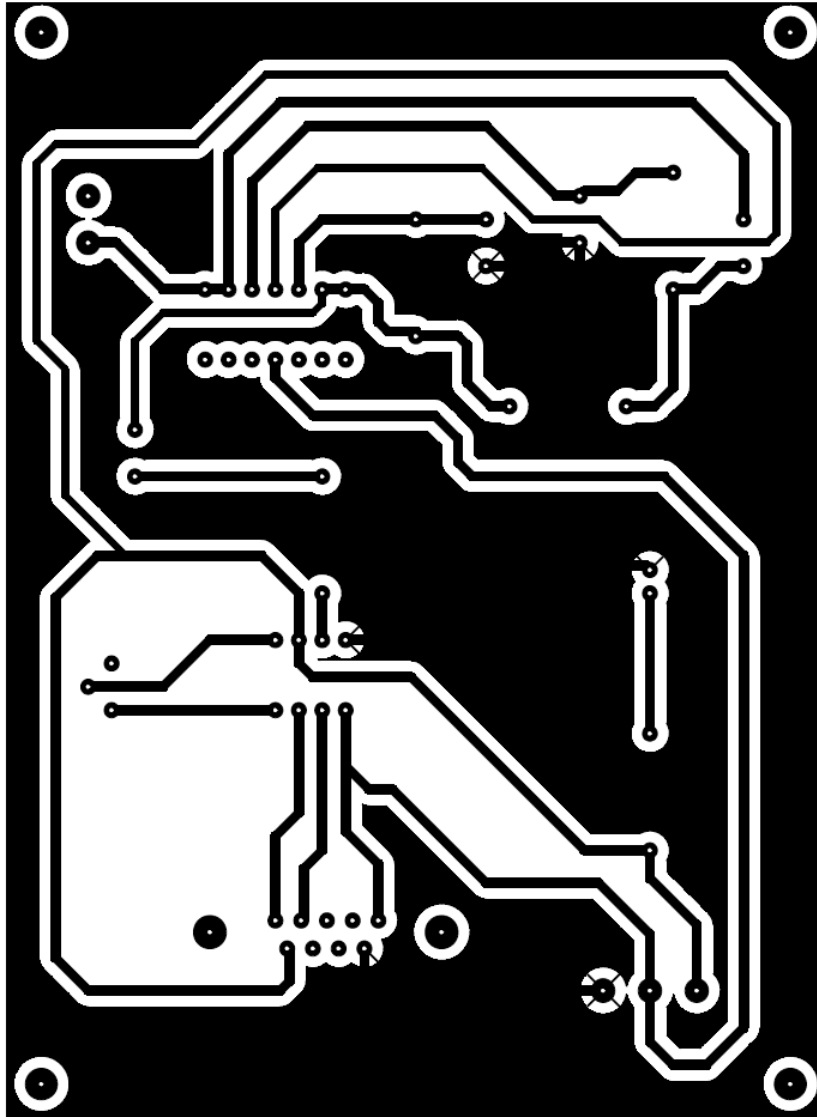


4.2- AMPLIFICADORA Y FILTRO:

4.2.1- ESQUEMA ELECTRICO:



4.2.2- DIGRAMA DE PISTAS (CARA BOTTOM):





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

CONTROL DE PESAJE INDUSTRIAL

PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Josué Lerga Olcoz

Tutor: Vicente Senosiain Miquelez

Pamplona, 6 de Noviembre 2013

4.1 – OBJETIVO DEL PLIEGO	3
4.2 - CONDICIONES TÉCNICAS	4
4.2.1 - DOCUMENTACIÓN Y NORMATIVA	4
4.2.2 - PLACAS DE CARACTERÍSTICAS	4
4.3 - CONDICIONES FACULTATIVAS	5
4.3.1 – GARANTÍA TÉCNICA	5
4.3.2 – SECRETO PROFESIONAL	6
4.4 - CONDICIONES ECONÓMICAS	6
4.4.1 - PAGOS	6
4.4.2 - RECLAMACIONES	6
4.5 - CONDICIONES LEGALES	7
4.5.1 - INTRANSFERIBILIDAD	7

4.1 – OBJETIVO DEL PLIEGO

Por el presente pliego, el Projectista se obliga a entregar al comprador los elementos constituyentes del sistema, destinados a la creación de un sistema de control de pesaje industrial, de forma que los mismos cumplan el alcance funcional necesario para alcanzar las garantías establecidas.

Se especifican las normas mínimas aceptables referentes a la construcción, materiales, mano de obra y equipo que haya de incorporarse a las mismas. Tales trabajos comprenden, sin limitación alguna, el suministro de toda la mano de obra, materiales, equipo y limpieza, así como la ejecución de todas las operaciones que hayan de realizarse.

Así mismo, por el presente documento, el comprador, por el hecho de haber realizado su encargo, se obliga a recibir el material que componen tanto el paquete hardware como el software de la aplicación de forma correcta, manifestando conocer las condiciones que a continuación se detallan y aceptándolas en su totalidad, salvo que se llegue a un acuerdo con él, para la modificación de algún apartado.

El proyecto corresponde al diseño y suministro de las bases tanto materiales como técnicas para el desarrollo de un sistema de control de calidad por pesado con el pesado de los rodamientos a través de la báscula y la electrónica de medida, la microcontroladora con su Software, el motor de CC con el engrasador y el procesado de datos con el programa de Visual Basic en un ordenador industrial. También se recomienda adquirir la fuente de alimentación, por ser específicamente diseñada para este proyecto. El ordenador industrial no va incluido en el proyecto, solo el Software.

4.2 - CONDICIONES TÉCNICAS

4.2.1 - DOCUMENTACIÓN Y NORMATIVA

Para el conocimiento del funcionamiento del producto, el Proyectista se compromete a facilitar una un pequeño manual con un ejemplo que describe de forma clara y precisa la forma de manejar de la aplicación software, la báscula y su electrónica de medida. Para conocer el funcionamiento de la aplicación software y la parte electrónica-mecánica, será imprescindible leerse atentamente el anexo adjuntado en que se describe el contenido de los manuales para llevar a cabo un correcto funcionamiento de los mismos y posibles reclamaciones al Proyectista.

4.2.2 - PLACAS DE CARACTERÍSTICAS

Todas las placas de la fuente, la electrónica de medida, la microcontroladora y la balanza que sean distribuidas, irán identificadas por una serigrafía sobre la placa del circuito impreso o sobre la base, en la cual se indica:

- MODELO DE LA REVISIÓN
- Nº DE FABRICACIÓN

Por su parte el CD que contenga el instalador de la aplicación software llevará serigrafiado sobre su cara de impresión un número de serie correspondiente a su fabricación.

Para cualquier reclamación, petición de presupuestos, etc., se ruega referirse a los datos de dicha placa para facilitar el trabajo al servicio técnico y asegurar una atención al cliente rápida y segura.

4.3 - CONDICIONES FACULTATIVAS

4.3.1 – GARANTÍA TÉCNICA

Se garantizará la buena ejecución y calidad de los materiales utilizados en la realización del producto así correcto funcionamiento del sistema durante 24 meses a partir de su compra contra todo mal funcionamiento o incumplimiento de las especificaciones establecidas por el usuario a la hora de realizar el diseño.

Dicha garantía responsabiliza al Proyectista, única y exclusivamente a la reparación y/o reposición de los componentes pertenecientes al producto, que durante el periodo de garantía antes fijado resulten defectuosas, sea por defecto del diseño, mano de obra o materiales. Así mismo, se compromete a hacer la reparación y/o sustitución en el menor plazo posible.

Una alimentación inadecuada de los circuitos y la báscula puede causar la destrucción de estos, hecho que no cubre la garantía. Por ello se recomienda adquirir la fuente de alimentación.

Tampoco cubre el mal uso de la balanza, poniendo sobre ella pesos demasiado grandes que la puedan dañar.

No está comprendido en la presente garantía, el desgaste normal de las piezas, ni los desperfectos que puedan sobrevenir durante dicho período por descuido, falta de competencia o negligencia de la persona que intervenga en el manejo del hardware o el cd de instalación de la aplicación que compone el producto.

La garantía quedará anulada en el momento en el hardware del equipo o el cd de instalación de la aplicación sea manipulado de forma no adecuada.

4.3.2 – SECRETO PROFESIONAL

En el caso de que al Proyectista se le facilite información que el Comprador considere confidencial, puedan ser así códigos de seguridad e información interna de la empresa, se hará constar por éste explícitamente.

El Proyectista no revelará su contenido a terceros sin la aprobación escrita del comprador viniendo, en todo caso, obligado a darle el carácter de confidencial cuando la facilite.

4.4 - CONDICIONES ECONÓMICAS**4.4.1 - PAGOS**

Los pagos se ejecutarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones del proyecto expedidas por el Director de proyecto, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

En ningún caso podrá el Proyectista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo que el que les corresponda, con arreglo al plazo en que deban terminarse.

4.4.2 - RECLAMACIONES

Si el Contratista, antes de la firma del Contrato, no hubiese hecho la reclamación una observación oportuna, no podrá, bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirve de base para la ejecución del proyecto.

Tampoco, se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre el proyecto, se hagan en la Memoria, por no ser este documento en que sirva de base a la contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos que el presupuesto pueda contener, ya por variación de los precios, respecto de los del cuadro correspondiente, ya por errores aritméticos en las cantidades del proyecto o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen.

4.5 - CONDICIONES LEGALES

4.5.1 - INTRANSFERIBILIDAD

La copia, modificación o distribución, total o parcial de este proyecto, queda totalmente prohibida sin permiso expreso de los autores, o en su defecto del director, del mismo.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

CONTROL DE PESAJE INDUSTRIAL

PRESUPUESTO

Alumno: Josué Lerga Olcoz

Tutor: Vicente Senosiain Miquelez

Pamplona, 6 de Noviembre 2013

5.1 – PRESUPUESTO	3
5.1.1 - Coste del diseño Hardware	3
5.1.2 - Coste de los elementos empleados	5
5.1.3.- Coste del diseño software	10
5.1.4.- Mano de obra de montaje	11
5.1.5.- Coste total	11

5.1 – PRESUPUESTO

En esta sección se ha realizado un presupuesto de la parte hardware del proyecto correspondiente a los circuitos “Tarjeta microcontrolador”, “Amplificadora y filtro”, “Fuente de alimentación” así como la “Balanza” y el motor de CC acoplado a un engrasador. También del software de adquisición creado para el microcontrolador 18F4520 y para una aplicación software plenamente funcional sobre el PC en VB.

5.1.1 - Coste del diseño Hardware

Una vez se ha establecido el diseño hardware, la fabricación de la “Fuente de alimentación” es sencilla. El tiempo invertido sería alrededor de unas 24 horas. La fabricación de la “Balanza” parece sencilla pero lleva bastante rato elegir la apropiada para el proyecto, sacarle el calibre, sacar los cálculos necesarios y hacerla funcionar con la “Amplificadora y filtro” y el resto del sistema sacándole su calibración real. Son 32 horas.

La tarjeta “Amplificadora y filtro” han sido 16 horas.

La “Tarjeta microcontroladora” y puente en H para manejar motor (integrado 10A8DD) lleva 24 horas diseñarla.

Elección del motor correcto y diseño de su acople con la engrasadora han sido 16 horas.

Los honorarios de un Ingeniero Técnico que lo realice, los hemos fijado en 20€/hora, por lo que:

Coste de Diseño “Fuente de alimentación” = 20 €/ hora x 24 horas = 480 €

Coste de Diseño “Balanza” = 20 €/ hora x 32 horas = 640 €
--

Coste de Diseño “Amplificadora y filtro” = 20 €/ hora x 16 horas = 320 €

Coste de Diseño “Tarjeta microcontroladora” = 20 €/ hora x 24 horas = 480 €

Coste de Diseño “Motor y engrasadora” = 20 €/ hora x 16 hora = 320 €

Coste Total de Diseño Hardware = 2240 €

5.1.2 - Coste de los elementos empleados

El coste de los elementos utilizados en la creación de la “Balanza” se exponen en la siguiente tabla:

COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Celula de Carga (SP4C3-MR) (HBM)	1	200 €	200 €
Base y Plato de acero	1	50 €	50 €
Lagrimas de silicona	4	0,5 €	2 €
Conector DB-9 macho	1	0,8 €	0,8 €
Tornillos roscados	4	0,2 €	0,8 €
COSTE + 16 % I.V.A.			253,6 €

El coste de los elementos utilizados en la creación de la “Tarjeta microcontroladora” se exponen en la siguiente tabla:

COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
PIC 18F4520	1	6 €	6 €
Puente en H (10A8DD)	1	220 €	220 €
resistencia 330 Ω	1	0,012 €	0,012 €
Tira de pines hembra 2X8	3	0,23 €	0,7 €
Tira de pines macho acodados 1x40	1	0,39 €	0,39 €
LED 3mm verde	1	0,04 €	0,04 €
Condensador cerámico 22 pF	2	0,11 €	0,22 €
Resistencia 10 k Ω	1	0,012 €	0,012 €
Condensador electrolítico 1 μ F	4	0,15 €	0,6 €
Diodo 1N4148	1	0,1 €	0,1 €
Max 232	1	0,9 €	0,9 €
Condensador cerámico 100 nF	1	0,012 €	0,012 €
Conector Ethernet hembra	1	1 €	1 €
Pulsador	1	0,27 €	0,27 €
Cristal 4 MHz	1	1,8 €	1,8 €
Conector DB-9 hembra	1	1,05 €	1,05 €
Placa positiva 2 capas 100X160mm	1	4,05 €	4,05 €
Deslizador 2 posiciones	2	0,9 €	1,8 €
Zocalos	2	0,2 €	0,4 €
Minibornas de banana	4	0,3 €	1,2 €
COSTE + 16 % I.V.A.			240,96 €

El coste de los elementos utilizados en la creación de la “Amplificadora y filtro” se exponen en la siguiente tabla:

COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Amp. Instrumentación AD620AN	1	5,7 €	5,7 €
Resistencia 49,9 Ω 1%	1	0,1 €	0,1 €
Resistencia 330 Ω	1	0,012 €	0,012 €
Resistencia 12 k Ω	1	0,038 €	0,038 €
LED 5mm verde	1	0,1 €	0,1 €
Resistencia 18 k Ω	1	0,038 €	0,038 €
Resistencia 8,2 k Ω	1	0,038 €	0,038 €
Resistencia 3,3 k Ω	1	0,038 €	0,038 €
Amp. Operacional cuadruple LM324	1	1,4 €	1,4 €
Condensador Plastico 100nF	4	0,012 €	0,048 €
Zocalos	2	0,2 €	0,4 €
Borna 2 pines	3	0,3 €	0,9 €
Conector DB-9 hembra	1	1,05 €	1,05 €
Patas de acero	8	0,3 €	2,4 €
COSTE + 16 % I.V.A.	16,31€		

El coste de los elementos utilizados en la creación de la “Fuente de alimentación” se exponen en la siguiente tabla:

COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Regulador de tensión 7805	1	3 €	3 €
Regulador de tensión 7905	1	3 €	3 €
Borna 2 pines	3	0,3 €	0,9 €
Borna 3 pines	1	0,4 €	0,4 €
Portafusible	3	0,5 €	1,5 €
LED 5mm verde	1	0,1 €	0,1 €
Resistencia 330 Ω	1	0,012 €	0,012 €
Pot. Multivuelta 1 k Ω	1	1 €	1 €
Resistencia 220 Ω	1	0,08 €	0,08 €
Condensador electrolítico 10 μ F	1	0,15 €	0,15 €
Condensador electrolítico 1000 μ F 50v	2	0,25 €	0,5 €
Condensador plástico 0,1 μ F	2	0,012 €	0,024 €
Condensador electrolítico 1 μ F	1	0,15 €	0,15 €
Puente de diodos B38C1500	1	0,8 €	0,8 €
Fusible 50mA	1	0,3 €	0,3 €
Fusible 200mA	2	0,2 €	0,4 €
Patas de acero	8	0,3 €	2,4 €
Radiador To-220 de 20x20x13mm	1	0,3	0,3
Radiador To-220 de 36x27x9mm	2	0,4	0,8
Placa positiva 1 capa 100x200mm	1	7 €	7 €
Bolsa arandelas de Nylon	1	1,8 €	1,8 €
Transformador 9v/0v/9v 0,6A	1	6€	6€
COSTE + 16 % I.V.A.	30,61€		

El coste de los elementos utilizados en la creación del montaje del motor de CC con husillo acoplado a un engrasador.

COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Motor CC 12voltios	1	20 €	20 €
Detector Inductivo	1	30€	30 €
Engrasador	1	15 €	15 €
COSTE + 16 % I.V.A.	65,00 €		

Coste Total de los Elementos Empleados =

= 253,60€ + 240,96 € + 16,31€ + 30,61€ + 65,00 € = 606,48 €

5.1.3.- Coste del diseño software

El software a desarrollar consta de dos apartados, la programación del PIC 18F4520 basado en lenguaje C y la programación en Visual Basic. El profesional encargado de cada uno de los desarrollos podría ser un Técnico Superior en Desarrollo de Productos Electrónicos para el caso de la programación del microcontrolador, cuyos honorarios los estimamos en torno a los 25 € / hora.

El tiempo empleado en este cometido sería aproximadamente de 20 días de 8 horas. Por lo tanto 160 horas para desarrollo de microcontrolador.

Coste de Desarrollo del Software microcontrolador = 25 € / hora x 160horas = 4000 €
--

Y otro Técnico Superior en Aplicaciones informáticas o/y Visual Basic para desarrollar la aplicación software completamente operativa y funcional, cuyos honorarios los estimamos en torno a los 25 € / hora.

El tiempo estimado para este cometido sería de 10 días. Son 80 horas, así pues resultaría:

Coste de Desarrollo del Software aplicación = 25 € / hora x 80 horas = 2000 €
--

5.1.4.- Mano de obra de montaje

Para el montaje de las placas en sus respectivas cajas se tarda aproximadamente unas 5 horas para el caso de la “Fuente de alimentación”, 12 horas para hacer la “Tarjeta microcontroladora” y para la instalación del Software y pruebas necesarias 2 horas.

Para hacer la “Amplificadora y filtro” se necesitan 4 horas y 1 para probarla.

La “Balanza” se monta en 1 hora.

Para soldar y montar en un soporte el motor con la engrasadora necesitaremos 4 horas.

Para este trabajo necesitaremos un Electrónico Oficial de 3ª, cuya mano de obra la estimamos en 12 €, por lo que:

Mano de Obra de Montaje = 12 €/ hora x 29 horas = 348 €
--

5.1.5.- Coste total

El coste total del desarrollo del presente proyecto sería la suma del coste de los materiales empleados, del diseño hardware, del desarrollo software y del coste de mano de obra de montaje, por lo que:

Coste Total = CME + CDH + CDS + CMO
--

Coste Total = 2240 € + 606,48 € + 6000€ + 348 € = 9194,48 €
--



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

CONTROL DE PESAJE INDUSTRIAL

ANEXOS

Alumno: Josué Lerga Olcoz

Tutor: Vicente Senosiain Miquelez

Pamplona, 6 de Noviembre 2013

6.1- Descripción interna de la celda de carga	3
6.2- Conexiones celda con amplificadora y alimentación	7
6.3- PIC 18F4520	8

6.1- Descripción interna de la celda de carga

Una célula de carga es un transductor que convierte la fuerza mecánica en señales eléctricas.

Las celdas de carga convencionales, consisten de una pieza de metal en donde se adhieren galgas extensiométricas las cuáles cambian su resistencia al flexionarse.

El metal se calcula para que trabaje en su zona elástica...esto es lo que define la capacidad de una celda. El arreglo de las resistencias se hace con un puente de wheatstone, de modo que al alimentarse con un voltaje entregan una salida de voltaje proporcional a la fuerza aplicada en el metal (en el orden de milivoltios)

La base sobre la que esta hecha la celda de carga son las galgas extensiométricas.

Las galgas extensométricas se basan en el efecto piezorresistivo, o la variación de la resistencia de un conductor cuando es sometido a un esfuerzo mecánico.

Considerando un hilo metálico de longitud l , sección A , y resistividad ρ , su resistencia eléctrica R es

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Si el hilo conductor es sometido a un esfuerzo mecánico en dirección longitudinal, cada una de las tres magnitudes que intervienen en el valor de R modificarán su valor, lo que hará que la resistencia del hilo conductor varíe también de la forma siguiente:

$$dR = \frac{l}{A} d\rho + \frac{\rho}{A} dl - \frac{\rho \cdot l}{A^2} dA \rightarrow \frac{dR}{R} = \frac{dR}{\rho \frac{l}{A}} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dl}{l} - \frac{dA}{A}$$

$$\boxed{\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dl}{l} - \frac{dA}{A}}$$

Esta ecuación demuestra que la variación relativa de la resistencia eléctrica producida debido a la aplicación de un esfuerzo mecánico en el conductor, es en principio función de las variaciones relativas que se producen en su resistividad, su longitud y su sección.

Una variación en la temperatura ocasionaría una variación en la resistencia eléctrica de la galga extensométrica sin haberse aplicado ninguna tensión mecánica, por lo que se produciría un error de medida.

Los efectos de la variación de la temperatura debidos únicamente a los parámetros de la galga, prácticamente se pueden eliminar por medio de la correcta aplicación del puente de Wheatstone, haciendo que se anulen entre si las variaciones en la resistencia debidas a la temperatura de las diferentes galgas dispuestas en el puente

El puente de Wheatstone es el montaje empleado habitualmente en los sistemas de instrumentación electrónica que contienen galgas extensométricas. Los parámetros principales proporcionados por el fabricante de las galgas son los siguientes:

Resistencia nominal de la galga en reposo: $R_0(\Omega)$

Longitud de la galga en reposo: $L_0(mm)$

Factor de galga: $GF = \frac{\Delta R/R_0}{\Delta L/L_0} \approx 2$

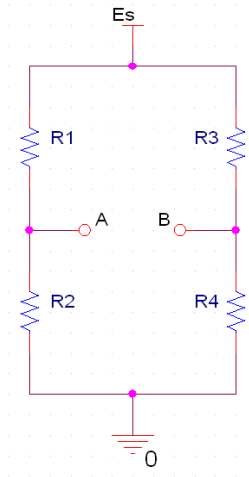
Donde ΔR es el cambio relativo de la resistencia para una deformación ΔL .

Para la inclusión de las características de la variación de la resistencia de las galgas en las relaciones matemáticas del puente de Wheatstone es necesario obtener la ecuación que expresa éste incremento. De la definición del factor de galga se obtiene que:

$$\Delta R = GF \cdot R_0 \frac{\Delta L}{L_0}$$

El puente de Wheatstone proporciona una tensión diferencial de salida procedente de dos ramas divisoras de tensión en las que pueden encontrarse conectados los sensores utilizados. Las resistencias mostradas a continuación representan las posibles ubicaciones de los sensores empleados. Puede ser

necesario emplear uno o varios sensores, que se conectarán como se muestra. La ecuación de ésta tensión diferencial de salida se puede obtener de la siguiente forma:



$$\left. \begin{aligned} V_A &= E_S \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\ V_B &= E_S \frac{R_4}{R_3 + R_4} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_{AB} = E_S \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$

En equilibrio, el puente se calibra para que:

$$V_{AB} = V_{ABeq} = 0V \Rightarrow \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{R_1}{R_2} + 1 = \frac{R_3}{R_4} + 1 \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

En la práctica, la tensión diferencial en equilibrio puede no ser nula, debido a que las resistencias de las ramas del puente no sean idénticas según la relación anterior debido a sus tolerancias, o puede ocurrir que el puente se desequilibre durante el uso prolongado del sistema, por a la deformación permanente de la superficie a la que las galgas están adheridas. Debido a ello en el diseño de circuito que incluye el puente de Wheatstone se debe de tener la consideración de permitir la calibración parcial de la tensión de equilibrio $V_{ABeq} = 0V$.

En la práctica, V_{ABeq} corresponde a la tensión diferencial en el puente dada cuando no se está aplicando ningún esfuerzo mecánico que provoque la deformación de las galgas extensométricas. Al permanecer estable su valor resistivo en R_0 , el puente está equilibrado y la tensión diferencial entre ambas ramas es nula. Cuando se aplica un esfuerzo mecánico al sistema, las galgas extensométricas se deforman y se modifica su resistencia, por lo que el puente de Wheatstone se desequilibra y la tensión diferencial es no nula.

La tensión diferencial del puente fuera de la situación de equilibrio será la suma de la tensión en equilibrio más el incremento debido a la aplicación del esfuerzo.

$$V_{ABno.eq} = V_{ABeq} + \Delta V_{AB}$$

Si se ha calibrado el puente para que $V_{ABeq} = 0V$ resulta que:

$$V_{ABno.eq} = \Delta V_{AB}$$

Por lo tanto la magnitud de la tensión diferencial del puente de Wheatstone, en un sistema correctamente calibrado, será proporcional al esfuerzo ejercido. Interesa conocer la variación de la tensión diferencial V_{AB} dependiendo de las variaciones producidas en cada una de las resistencias del puente.

Existen diferentes tipos de montajes del puente de Wheatstone dependiendo de cuantas resistencias del puente sean galgas extensiométricas. Los tipos son el cuarto de puente, el medio puente y el puente completo.

Las células de carga en general, utilizan cuatro galgas extensométricas en una configuración de puente de Wheatstone, lo que significa que cada rama resistiva del circuito está activa. Esta configuración se conoce como puente completo. El uso de una configuración de puente completo aumenta enormemente la sensibilidad del circuito a los cambios de deformación, proporcionando unas medidas más precisas. Aunque hay una teoría más profunda sobre los puentes de Wheatstone, no es necesario conocerla, porque las células de carga son por lo general una "caja negra" con dos cables de excitación (0V y V_{ex}) y dos cables para la señal de salida (AI+ y AI-). Los fabricantes de las células de carga proporcionan la curva de calibración de cada célula de carga, lo cual permite correlacionar la tensión de salida con una cantidad específica de la fuerza.

6.2- Conexiones celda con amplificadora y alimentación

2.2.1 Conexiones célula y amplificadora. (Cálculos)

6.3- PIC 18F4520

1.3.2 Tarjeta microcontroladora (Memoria)



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

CONTROL DE PESAJE INDUSTRIAL

BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Josué Lerga Olcoz

Tutor: Vicente Senosiain Miquelez

Pamplona, 6 de Noviembre 2013

7.1 – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
7.2 – PROGRAMAS DE CÁLCULO	5
7.3 – OTRAS REFERENCIAS	5

7.1 – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Para la consulta de las hojas de características y manuales de los principales componentes electrónicos del proyecto se han consultado las siguientes direcciones a través de Internet:

MpLab:

http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=64

Visual basic:

<http://www.elguille.info/>

Celda de carga:

<http://www.hbm.com/es/>

Programacion en C:

<http://www.todopic.com.ar/>

- EL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN C. Brian W.Kernighan, Dennis M.Ritchie. Ed PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A. 1991.

Fuente de alimentacion:

http://www.mcbtec.com/fuentes_lineales.htm

Tarjeta amplificadora:

<http://www.alldatasheet.com/>

Electrónica analógica y digital:

- 1.LÓGICA DIGITAL Y MICROPROGRAMABLE. Fernando Remiro Domínguez, Antonio J.Gil Padilla, Luis M.Cuesta García. Ed McGRAW-HILL 1999.
- 2.ELECTRÓNICA GENERAL. Antonio J.Gil Padilla. Ed McGRAW-HILL 2004.
- 3.PRÁCTICAS DE ELECTRÓNICA. 2 SEMICONDUCTORES AVANZADOS Y OP-AM. J.Pareja, A.Muñoz, C.Angulo. Ed McGRAW-HILL 1998.
- 4.APUNTES DE LA ASIGNATURA “LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DIGITAL”. Jesús M. Corres Sanz. UPNA.

7.2 – PROGRAMAS DE CÁLCULO

Para la realización del programa del microcontrolador se ha utilizado el programa MPLab IDE versión 8.10 de Microchip.

Para la realización de la aplicación software se ha utilizado el programa Visual Basic 6.0. En este caso ha sido necesario la utilización de la ayuda que ofrece el programa así como los ejemplos prácticos disponibles en el mismo.

7.3 – OTRAS REFERENCIAS

Para la realización de los circuitos eléctricos y los diagramas de pistas se ha utilizado el programa Orcad Release 9.

Libro:

- DISEÑOS DE CIRCUITOS IMPRESOS CON ORCAD CAPTURE Y LAYOUT V.9.2. M^a Auxilio Recansens Bellver y José González Calabuig. Ed THOMSON 2004.