

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BALANZA ELECTRÓNICA CON UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA VISUALIZACIÓN

Otero Valladares Patricia Elizabeth, Ing.

RESUMEN

Este proyecto aborda la construcción y diseño de una balanza electrónica dedicada a la venta de productos al peso, para lo que cuenta con funciones como mostrar el peso del producto, el precio unitario y el precio total del mismo. Se tiene además comunicación serial RS-232 con la computadora, para permitir la visualización de la información en la pantalla.

El hardware de la balanza está compuesto por elementos que permiten la detección y visualización del peso, además de posibilitar funciones especiales como: encendido, ingreso de hora y fecha actuales, cambio de unidades, ingreso de código del producto, consulta de código y comunicación serial con el computador para el envío del peso y la recepción de la base de datos de los productos. Estos elementos son:

- Celda de Carga de Galgas Extensiométricas.
- Circuito Acondicionador de Señal
- Microcontrolador ATMEGA16.
- Teclado Matricial.
- Pantalla LCD
- Memoria Serial.
- Conversor TTL a RS232 para comunicación serial.
- Fuentes de Voltaje.

El software del microcontrolador y de la interfaz gráfica del computador, procesan la información del peso y la combinan con la base de datos de los productos para mostrar y calcular el precio unitario y el precio total.

ELEMENTOS DE UNA BALANZA ELECTRÓNICA

La balanza o báscula es un instrumento utilizado para conocer la masa de un cuerpo, a través de la medición de la fuerza de gravedad que la tierra ejerce sobre éste, es decir el peso. Realiza la medición basándose en las leyes de la mecánica y funciona equilibrando dos fuerzas que pueden ser de diferente naturaleza, pero al menos una de éstas es el peso.

No existe diferencia entre los términos balanza y báscula, sin embargo se tiende a usar la expresión báscula para designar a una balanza de mayor capacidad como son las balanzas para ganado o camiones.

Las balanzas pueden clasificarse según su tipo de funcionamiento en balanzas mecánicas y balanzas electrónicas. Casi en su totalidad las balanzas electrónicas utilizan como sensor a la celda de carga de galgas extensiométricas en diferentes disposiciones según las necesidades de capacidad de la aplicación.

Sea cual fuere el mecanismo sensor de peso en una balanza electrónica, la característica básica es que entrega una señal de voltaje o frecuencia que debe ser acondicionada y procesada para su posterior visualización.

Los elementos de una balanza estarán orientados a soportar el peso para el que fue diseñado el equipo y a proporcionar el rango de medición requerido en la aplicación. Como elementos se tiene:

- Bandeja de Pesaje.
- Sensor de Peso.
- Acondicionador de la señal.
- Microprocesador.
- Elementos de Visualización.
- Otros. Según las necesidades del usuario las balanzas incorporan elementos como la impresión de tickets, comunicación en red, entre otros.

GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS

Son transductores pasivos que aplicados sobre un elemento flexible (celda de carga), miden la presión o el esfuerzo a partir de la deformación producida por fuerzas de compresión, tracción o flexión. La deformación provoca variación de la longitud y el diámetro de la sección de la galga, y por tanto, de la resistencia eléctrica.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1.2)$$

Donde:

R = resistencia
 ρ = resistividad
 L = Longitud
 A = sección transversal

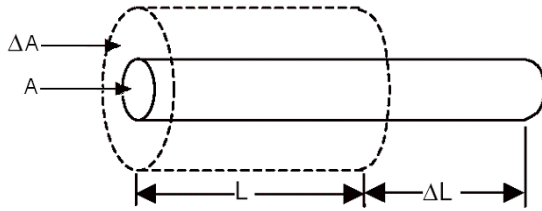


Figura 1.1 Alargamiento de un Conductor

En la figura 1.1 Δ es el incremento de la cantidad en el área (A) y en la longitud (L).

Para realizar la medición las galgas extensiométricas se colocan sobre la celda de carga en disposición de cuarto de puente, medio puente o puente completo, según se requiera en la aplicación.

Las galgas pueden ser metálicas de aleaciones de níquel y platino o semiconductoras

DISEÑO DEL HARDWARE

El diseño del equipo puede resumirse en el diagrama de bloques de la figura 2.1.

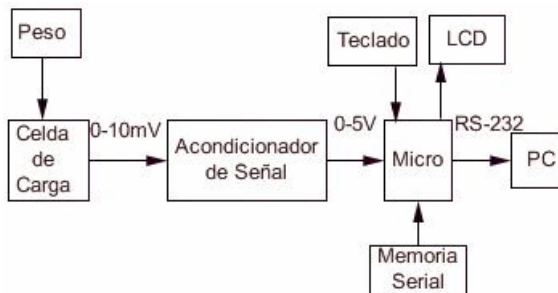


Figura 2.1 Diagrama de Bloques del Equipo

CELDA DE CARGA

El sensor de peso de la balanza es la celda de carga. E, en su selección se consideró, entre otros factores, el valor máximo del peso a detectar. La más conveniente resulta ser la de punto único, no solo por cumplir con la capacidad de carga, sino, por ser una de las más económicas, tener diseño compacto, buena linealidad y ser de simple colocación en la estructura. Las características técnicas se resumen en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Especificaciones Técnicas de la Celda de Carga

Parámetro	Unidad	Valor
Capacidad	kg	40
Sensitividad	mV/V	2
Tamaño Máximo de la plataforma	cm	35 x 35
Límite de Carga	% Cap.	150
Límite de Ruptura	% Cap.	300
Excitación Nominal	V	10
Excitación Máxima	V	15
Impedancia de Entrada	Ohm	415 ± 15
Impedancia de Salida	Ohm	350 ± 3
Tipo de Circuito de Compensación		Puente Balanceado
Largo del Cable	metros	0.5
Construcción		Aluminio

ACONDICIONADOR DE SEÑAL

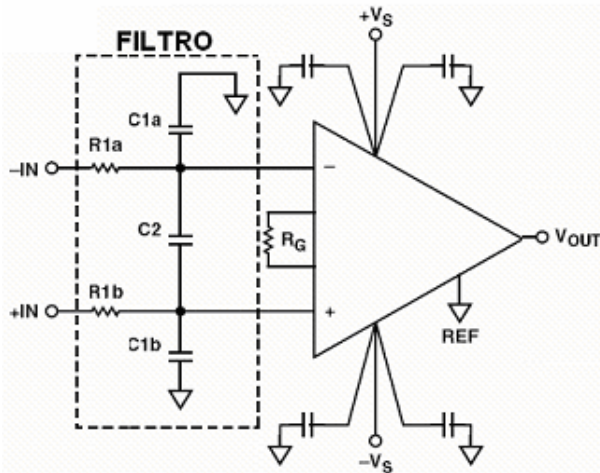
El voltaje diferencial del puente conformado con la galga extensiométrica en la celda de carga requiere ser amplificado en un amplificador de instrumentación, ya que la señal es muy pequeña y puede incluir ruido.

En general los amplificadores de instrumentación cuentan con una alta relación de rechazo en modo común, impedancia de salida casi nula, ganancia regulable y alta impedancia de entrada. Estas cualidades lo hacen apropiado para la amplificación de señales pequeñas.

La manera clásica de implementar un amplificador de instrumentación es con tres operacionales; sin embargo, en el mercado existen circuitos integrados con mejores características como el AD620 de la Analog Devices.

Como ningún amplificador de instrumentación tiene una relación de rechazo en modo común infinita, para eliminar el ruido restante, en el caso del AD620, se puede agregar una filtro RC a la entrada de la señal, como se muestra en la figura 2.2

Figura 2.2 Amplificador de Instrumentación con Filtro Pasa Bajos



Mediante la resistencia R_g se escoge la ganancia del amplificador, y gracias al filtro y a la relación de rechazo en modo común, ya no se requiere de etapas adicionales para el acondicionamiento

MICROCONTROLADOR ATMEGA16

El ATmega16 es un microcontrolador de la casa ATMEL tipo CMOS de 8 bits, basado en arquitectura AVR RISC mejorada, que lo posibilita a optimizar el consumo de energía y aumentar la velocidad de procesamiento en comparación con otros microcontroladores.

Utiliza arquitectura Harvard, con buses y memoria separada para programa y datos. La función principal del CPU de este microcontrolador es asegurar la ejecución correcta del programa. Por tanto está habilitado para tener acceso a la memoria, realizar cálculos, controlar periféricos y manejar interrupciones.

Todos los pines del ATmega16 tienen funcionalidad de Leer-Modificar-Escribir, cuando son usados como entradas o salidas. Esto significa que la dirección del pin puede ser cambiada sin necesidad de modificar su configuración inicial. Cada pin del puerto tiene internamente resistencias pull-up individuales y diodos de protección, gracias a estas características y al circuito de manejo de los pines, estos son suficientemente fuertes como para manejar un led directamente.

CONVERSOR ANÁLOGO DIGITAL

El conversor del microcontrolador es de 10 bits. Para aumentar la resolución de la visualización del peso se aumentó un bit más, dividiendo la señal de la etapa de acondicionamiento en dos partes, una de 0 a 2.5 V y la otra de 2.5 a 5 V, mediante un operacional restador. De esta manera se envía la señal a dos canales del conversor análogo digital.

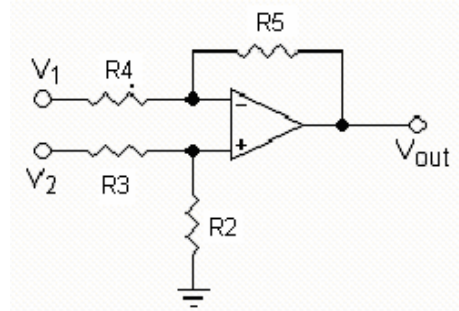


Figura 2.3 Amplificador Operacional Restador

A la señal original se restan 2.5 V utilizando una referencia de voltaje, por tanto todos los voltaje superiores a 2.5 V estarán a la salida del restador, esta señal se envía a uno de los canales, mientras que la señal original se envía a otro canal. El ADC del micro tiene una referencia de 2.5 V, lo que significa que sólo convertirá valores hasta la referencia, haciendo que la señal original en uno de los canales, pase hasta 2.5 V.

TECLADO MATRICIAL

El teclado matricial es una de las formas más sencillas de realizar una interfaz de entrada, optimizando el uso de recursos en el microcontrolador. Tomando en cuenta las funciones que realiza la balanza se implementan las siguientes 14 teclas:

- Números del 0 al 9. Estas 10 teclas se utilizan para el ingreso del código del producto, la fecha, la hora, clave para transmisión de datos y clave para despliegue de la lista de productos.
- Cero. Esta tecla se utiliza para encerrar el peso de la balanza, puede usarse para hacer las funciones de "Tara", que implicaría descontar el peso del recipiente que contenga el producto, obteniendo el peso neto del mismo.
- Cod. Accede a una pantalla en la que se puede escribir un código para consultar a que producto le corresponde.
- T. Mediante esta tecla se accede a la pantalla de ingreso de la fecha y la hora. Cada vez que se ingresa un dato se presiona esta tecla para aceptar el dato

escrito y pasar al ingreso del siguiente dato.

- C. La tecla de cambio permite alternar las unidades de presentación entre libras y kilogramos.

Para la detección de la tecla se implementa la técnica de barrido y se da un retardo por software para eliminar el rebote.

PANTALLA LCD

El LCD es una interfaz visual muy utilizada, para mostrar mensajes cortos. Lleva integrado una memoria ROM conocida como “generador de caracteres” que crea los patrones de la matriz de puntos para formar los caracteres en la pantalla. Una RAM interna almacena los caracteres y los exhibe. El Controlador del LCD es el Hitachi HD44780, que se ha convertido en un estándar con funciones imitadas por la mayoría de fabricantes.

MEMORIA SERIAL

Para el almacenamiento de la base de datos en la balanza se escogió una memoria serial 24C08 de 8Kb, la cual puede ser remplazada, en caso de requerirse más capacidad, por la 24C016 o 24C32 de 16Kb y 32Kb respectivamente, sin necesidad de modificaciones en el hardware o en el software. La memoria 24C08 está organizada en 4 bloques de 256 x 8 bits con una interfaz serial de 2 hilos, 1 para el bus de datos bidireccional y otro para el reloj serial. Utiliza el protocolo de comunicación I2C.

COMUNICACIÓN SERIAL

El transmisor receptor universal serial sincrónico y asincrónico, USART por sus siglas en inglés, es el dispositivo de comunicación serial del ATmega16. El USART está compuesto por tres partes principales, el generador de reloj, el transmisor y el receptor. Al tener unidades separadas para transmisión y recepción, está habilitado para una operación Full Duplex, tanto en modo sincrónico como asincrónico.

Para convertir los niveles TTL a los RS-232 y viceversa se utilizó el circuito de la figura 2.4, conformado con un opto-transistor que además provee aislamiento entre el circuito de la balanza y la computadora.

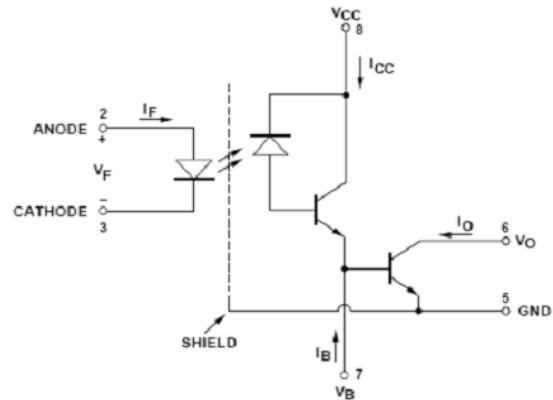


Figura 2.4 Circuito del Optoacoplador Darlington

DISEÑO DEL SOFTWARE

El administrador de los recursos de la balanza es el microcontrolador ATmega16, que está programado para procesar los datos del sensor, mostrar el peso y realizar las funciones especiales de la balanza (encendido, cambio de unidades, consulta de código, actualización de la hora, base de datos). Dispone también del envío de datos del peso del producto al computador a través de comunicación serial RS-232.

El computador tiene una interfaz gráfica, que utiliza el dato recibido del peso para desplegar en la pantalla los mismos parámetros de la balanza (peso, precio unitario y peso total) pero en una manera más elaborada que es la factura. El computador es una manera cómoda para que el usuario pueda ingresar la base de datos con el nombre, código y precio unitario de los productos. La base de datos pasa a la balanza mediante comunicación serial.

PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

Las funciones principales del microcontrolador son: adquirir, mostrar el peso y permitir la comunicación con el computador. Para realizar estas funciones, se desarrolló un programa en el compilador Bascom AVR versión 1.11.8.2.

El microcontrolador requiere ser configurado de acuerdo con los pines y recursos a utilizar, para el caso son: los pines para el teclado, los pines para el LCD, la comunicación I2C, la comunicación RS232 y el conversor análogo digital. Todos estos recursos se configuran con instrucciones especiales en el compilador que determinan en que pin van a ser utilizados y para las comunicaciones el protocolo a seguir.

A partir del barrido de teclado se interpreta la tecla presionada como parte del código del producto o parte de la clave para adquisición o presentación de la base de datos. A su vez, teclas específicas determinan las funciones especiales de la balanza como: encendido, consulta de código, cambio de unidades y actualización de la hora.

El programa principal cuenta con los procesos o subrutinas siguientes:

1. Configuración de Recursos del Microcontrolador. Incluye configuración de pines para los periféricos (pantalla y teclado), configuración del conversor A/D y configuración de comunicaciones.
2. Detección de Encendido de la Balanza, incluyendo la lectura de la posición del switch de encendido, indicada mediante el estado del pin 38 (PA2), al cual se conecta la posición ON del switch.
3. Teclado. Esta subrutina detecta la tecla presionada e interpreta si se trata de parte de un código o de una tecla de funciones especiales.
4. Pesar Producto. Esta subrutina incluye el tratamiento de los datos del sensor con un filtro digital, el encendido y la definición de las unidades de presentación (libras o kilogramos).
5. Ingresar de Fecha y Hora. Esta subrutina permite al usuario actualizar la fecha y hora de la balanza.
6. Consultar Código. Permite al usuario consultar o comprobar el código de un producto.
7. Adquisición de la Base de Datos al computador, previo al ingreso de la clave, mediante comunicación serial.
8. Presentación de la Base de Datos. Esta subrutina permite mostrar en la pantalla uno a uno los nombres de los productos con su nombre, precio unitario y código.
9. Mostrar Balanza. Es la pantalla principal del equipo, en esta se despliega el peso del producto, el precio unitario, el precio total, nombre del producto y la hora y fecha. Al ser la condición por defecto del equipo, siempre se va a mostrar a no ser que esté dentro de las pantallas de funciones especiales (base de datos, consulta de código, hora y fecha). La subrutina incluye la validación del código del producto, el cálculo del precio total y el envío continuo del dato del peso al computador

INTERFAZ GRÁFICA EN EL COMPUTADOR

La interfaz gráfica se desarrolló en Visual Basic, un entorno de programación ideal para la creación de este tipo de aplicaciones. Visual Basic combina la programación en código puro y la orientada a objetos. En una aplicación típica se utilizan formularios y controles que se denominan genéricamente objetos.

Los formularios son las conocidas ventanas, el interfaz visual hombre máquina, sirven para la entrada y salida de datos, así como para soportar a otros objetos (controles). El programa para la balanza cuenta con cinco formularios: Principal, facturación, Inventario, Configuración y Facturación, diseñados para realizar funciones similares a las de la Balanza.

Los Controles realizan todas las tareas requeridas para el funcionamiento de la aplicación, para la balanza se necesitarían controles para la base de datos, comunicación serial y el reloj en tiempo real, que son las funciones principales para las que fue diseñada. A estos controles se les añade eventos y propiedades mediante los cuales pueden usarse en el desarrollo de las funciones más específicas que se encuentran en los formularios. El software cuenta con estos tres controles principales:

- Control Mscmm. Permite la comunicación entre una aplicación de Visual Basic. Sus propiedades realizan la configuración de los parámetros para comunicación serial, incluyendo la selección y habilitación del puerto
- Control Timer. Se utiliza en conjunto con el MSCmm para la comunicación serial. Proporciona un evento de intervalo de tiempo que es utilizado en la comunicación serial. En la comunicación serial se da un intervalo entre cada recepción y cada transmisión, lo que habilita al programa a mantener una comunicación continua.
- RecordSet. Es un objeto tipo DAO (Data Access Object) que utiliza el Motor de Bases de Datos Jet de Microsoft y trabaja sobre el fichero que contiene la base de datos utilizando punteros.

Con estos recursos el programa es capaz de realizar las siguientes funciones:

- Realizar una factura de los productos que se pesan, para lo cual recibe por comunicación serial el peso del producto en la balanza y tiene acceso a la base de

datos para buscar el código que el usuario ingresó por teclado.

- Cuando se encuentra en la facturación el usuario puede consultar el código y los datos de un producto ingresado al listado de productos.
- El usuario tiene acceso a la base de datos del Inventario de productos, en la cual puede modificar, añadir o eliminar los productos y sus datos.
- El usuario puede configurar el software con respecto a las unidades que utilizará la base de datos y al puerto en el que se conectará la balanza.

CONCLUSIONES

La balanza permite la medición de pesos de 0 a 30 Kg, con una resolución de 10 gr, rangos que son apropiados para la aplicación para la cual fue diseñada que es la venta de productos al peso en supermercados.

La celda de carga es la parte fundamental de una balanza ya que determina el rango de pesado y la precisión. Este sensor es uno de los más sencillos en cuanto a principio de funcionamiento y colocación en el equipo, por esta razón actualmente casi todas las balanzas electrónicas utilizan una celda de carga.

Una de las debilidades de la Celda de Carga es la sensibilidad al ruido, esto puede mejorarse con la tecnología de construcción. Debido a la sensibilidad al ruido del sensor en la construcción del acondicionador se optó por la utilización del amplificador de instrumentación especialmente diseñado para eliminar las señales de ruido

El microcontrolador administra los recursos que facilitan la interfaz hombre máquina como son la pantalla LCD y el teclado matricial. La pantalla LCD es una manera sencilla de implementar una interfaz hombre máquina amigable, ya que permite dar un mejor detalle de los datos y de las funciones al usuario. La utilización de teclados matriciales permite ahorrar recursos del microcontrolador, al mismo tiempo se amplían las funciones del equipo, como el ingreso de claves y teclas para tareas especiales.

En la construcción del equipo se tomó en cuenta las necesidades del mercado nacional, para habilitar las funciones y tareas de la

balanza, de manera que se adapte lo mejor posible a los requerimientos de la aplicación.

Las funciones de la balanza están complementadas con la aplicación en la computadora, que es una interfaz gráfica para mostrar el peso en la balanza y como valor agregado utiliza este dato para presentarlo en una sencilla factura, la cual puede ser mandada a imprimir desde el programa. De esta manera se complementa el objetivo de simplemente adquirir y mostrar el peso en el computador, elaborando un formato más complejo que resulta apropiado para la aplicación.

La balanza tiene la posibilidad de funcionar, aún cuando la batería está descargada, conectándose a la red.

BIBLIOGRAFÍA

- **COUGLIN, Robert**, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales. 5ª Edición. Prentice Hall. México. 1997
- **DOEBELIN**, Sistemas de Medición e Instrumentación, 5ª Edición. McGraw Hill. México. 2005.
- **CREUS SOLÉ, Antonio**, Instrumentación Industrial. 6ª Edición. Alfaomega. Barcelona. 1997.
- **NATIONAL SEMICONDUCTORS**. Nacional Analog and Interface Products Databook. Edición 2001. National Semiconductors. Estados Unidos. 2001.
- **ANALOG DEVICES**. www.analog.com
- **INNOVATIVE TECHNOLOGIES**. www.ibtbattery.com
- **ENCICLOPEDIA LIBRE WIKIPEDIA**. www.wikipedia.org.
- **COMUNIDAD DE ELECTRÓNICOS**. www.comunidaddeelectronicos.com
- **ORGANISATION INTERNATIONALE DE MÉTROLOGIE LÉGALE**. www.oiml.org
- **METTLER TOLEDO**. ec.mt.com
- **OMEGA**. www.omega.com
- **ATMEL CORPORATION**. www.atmel.com