

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS.

**CONSTRUCCIÓN DE UN TACOMETRO DIGITAL PARA
MAQUINARIA INDUSTRIAL.**

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO

HERRERA SALAZAR ALEX DANILO.
dukelex@hotmail.com

DIRECTOR: ING. PABLO LÓPEZ.
pwlopezm@hotmail.com

Quito, febrero 2009.

DECLARACIÓN

Yo Alex Danilo Herrera Salazar, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Alex Danilo Herrera Salazar.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Alex Danilo Herrera Salazar, bajo mi supervisión.

Ing. Pablo López.

DIRECTOR.

AGRADECIMIENTO.

Doy gracias a Dios por haberme guiado por el camino de la superación haciendo que los objetivos planteados en mi vida se cumplan, además deseo extender mi agradecimiento al Ing. Pablo López, Director de tesis quien con su acertada vocación me ha transmitido valiosos conocimientos permitiéndome culminar este trabajo. Así como a la empresa Megaelectronic con su Gerente Técnico Ing. Edwin Molina quien me permitió utilizar sus instalaciones, a la Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos por los valiosos conocimientos impartidos en sus aulas.

DEDICATORIA.

A mis padres que con su apoyo incondicional hicieron posible la culminación de un peldaño más en mi vida y a mis hermanos que contribuyeron con sus conocimientos gracias a la experiencia que ellos adquirieron cada uno en su área de trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN	4
PRESENTACION	5
CAPITULO 1.- MARCO TEÓRICO.	
1.1 EL TACÓMETRO.	11
1.2 EL MICROCONTROLADOR.	22
1.2.1 EL MICROCONTROLADOR PIC.	14
1.2.2 ARQUITECTURA DE LOS MICROCONTROLADORES PIC.	14
1.2.2.1 La Arquitectura Von Neumman.	15
1.2.2.2 La Arquitectura Harvard.	15
1.2.3 MEMORIA DE PROGRAMA.	16
1.2.4.1 EEPROM.	16
1.2.4 MEMORIA DE DATOS.	18
1.2.5 EL MICROCONTROLADOR PIC 16F628A.	19
1.3 LCD.	19
1.3.1 CARACTERES DEL LCD.	20
1.3.2 ASIGNACIÓN DE PINES.	22
1.3.3 CONTROL DEL LCD CON EL MICROCONTROLADOR.	23
1.3.3.1 Instrucción DEFINE.	23
1.3.3.1 Instrucción LCDOUT.	24
1.4 SENSORES.	24
1.4.1 SENSORES INDUCTIVOS.	25

1.4.1.1 Funcionamiento.	25
1.4.1.2 Estados del Sensor Inductivo.	27
1.4.1.3 Modelos de sensores Inductivos.	29
1.4.1.4 Ventajas de sensores Inductivos.	30
1.4 PARTE MECÁNICA.	30
1.4.1 RODAMIENTOS (GENERALIDADES).	30
1.4.1.1 Cojinetes de bolas.	31
1.4.2 EJES O FLECHAS.	33
1.4.3 CHASIS.	34

CAPITULO 2.-CONSTRUCCIÓN

2.1 DIAGRAMA DE BLOQUE.	36
2.1.1 ESTUDIO DEL PROYECTO.	37
2.1.2 INVESTIGACIÓN DEL TIPO DE TACÓMETROS.	37
2.1.3 ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO (EQUIPOS EXISTENTES).	37
2.1.3.1 Tacómetro de contacto.	37
2.1.4 DISEÑO DEL PROTOTIPO.	38
2.1.5 DIAGNOSTICO DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS (SENSORES).	38
2.1.6 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR.	39
2.1.7 PRUEBAS DE SIMULACIÓN.	43
2.1.7.1 Isis Profesional.	44
2.1.8 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS A UTILIZARSE.	48
2.2 ELEMENTOS MECÁNICOS.	49

2.2.1 BASE INTERNA.	50
2.2.2 EJE.	51
2.2.3 BASES PARA RODAMIENTOS.	52
2.2.4 RODAMIENTOS (626-2RS C3).	52
2.2 CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.	53
2.2.1 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN.	53
2.3.2 CIRCUITO DE PROCESAMIENTO DE DATOS.	54
2.3.2.1 Circuito Detector.	54
2.3.2.2 Circuito de Procesamiento.	55
2.2.3 CIRCUITO DE TRANSMISIÓN DE DATOS.	55
2.4 CIRCUITO TOTAL.	58
CAPITULO 3.- PROGRAMACIÓN.	
3.1 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.	66
3.2 DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA.	70
3.3 FUNCIONAMIENTO.	71
CAPITULO 4.- PRUEBAS.	
4.1 CUADRO DE PRUEBAS.	73
4.2 CONCLUSIONES.	73
4.3 RECOMENDACIONES.	74
BIBLIOGRAFÍA.	75
ANEXOS.	76

ÍNDICE DE FIGURAS.

CAPITULO 1

Fig. N° 1.1 Tacómetro optico.	11
Fig. N° 1.2 Tacómetro de contacto	12
Fig. N° 1.3 Estructura interna del microcontrolador.	13
Fig. N° 1.4 Oscilador R-C	13
Fig. N° 1.5 XT. Cristal.	14
Fig. N° 1.6 Arquitectura Von Neumman.	15
Fig. N° 1.7 Arquitectura Harvard.	15
Fig. N° 1.8 Memoria de programa.	17
Fig. N° 1.9 Memoria de datos.	18
Fig. N° 1.10 Distribución de pines del PIC 16F628A.	19
Fig. N° 1.11 Display de cristal liquido (LCD).	20
Fig. N° 1.12 Matriz de representación de caracteres.	21
Fig. N° 1.13 Generación de campo magnético.	25
Fig. N° 1.14 Generación de campo magnético devanado del sensor.	26
Fig. N° 1.15 Triángulos de Impedancia.	27
Fig. N° 1.16 Estados del sensor inductivo.	28
Fig. N° 1.17 Modelos de sensores Inductivos.	29
Fig. N° 1.18 Sensor tipo PNP.	29

Fig. N° 1.19 Sensor tipo NPN.	30
Fig. N° 1.20 Rodamientos.	31
Fig. N° 1.21 Rodamientos de bolas y rodillos.	31
Fig. N° 1.22. Cojinete de bolas de ranura profunda (Conrad).	32
Fig. N° 1.23 Cojinete de bolas de contacto angular.	33
Fig. N° 1.24 Sistema de transmisión de movimiento.	34
Fig. N° 1.25 Esquema del chasis básico de un sedan.	34

CAPITULO 2

Fig. N° 2.1 Tacómetro de contacto MT-200.	37
Fig. N° 2.2 Sensor inductivo.	38
Fig. N° 2.3 Sensor inductivo de 3 hilos PNP (normalmente cerrado).	39
Fig. N° 2.4 Ventana principal del software MicroCode Studio Plus.	39
Fig. N° 2.5 Menu de microprocesadores. (MicroCode Studio Plus).	40
Fig. N° 2.6 Espacio ocupado por el programa del Pic.	40
Fig. N° 2.7 Visualizacion de errores de programa.	40
Fig. N° 2.8 Icono de compilacion del programa.	41
Fig. N° 2.9 Ventana principal del software Isis Profesional.	44
Fig. N° 2.10 Component Mode.	44
Fig. N° 2.11 Elegir componentes.	44
Fig. N° 2.12 Ventana de elección de elementos.	45
Fig. N° 2.13 Menu del Pic (Isis Profesional).	46

Fig. N° 2.14	Venta de edición de las propiedades del componente.	47
Fig. N° 2.15	Control de simulación.	47
Fig. N° 2.16	Simulación de programa.	48
Fig. N° 2.17	Base interna.	50
Fig. N° 2.18	Eje.	51
Fig. N° 2.19	Base para rodamiento.	52
Fig. N° 2.20	Rodamiento Serie- 626.	52
Fig. N° 2. 21	Circuito de alimentación.	53
Fig. N° 2.22	Dimensiones del sensor.	54
Fig. N° 2.23	Sensado.	55
Fig. N° 2.24	Conectores DB9	56
Fig. N° 2.25	Circuito electrónico del tacómetro.	59
Fig. N° 2.26	Icono de la herramienta ARES.	59
Fig. N° 2.27	Ventana principal de ARES.	60
Fig. N° 2.28	Icono Component Mode.	60
Fig. N° 2.29	Circuito previo al ruteo.	61
Fig. N° 2.30	Icono de auto ruteo.	61
Fig. N° 2.31	Ventana de auto ruteo.	61
Fig. N° 2.32	Edición de estrategias para ruteo.	62
Fig. N° 2.33	Circuito ruteado.	63
Fig. N° 2.34	Circuito de montaje de elementos electrónicos.	63
Fig. N° 2.35	Placa de elementos electrónicos.	64

CAPITULO 3

Fig. N° 3.1 Ventana principal del software IC- Prog. 68

Fig. N° 3.2 Icono Programar Todo. 69

Fig. N° 3.3 Medición de RPM. 72

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 1.

Tabla N° 1.1 Códigos de representación de los caracteres.	21
Tabla N° 1.2 Distribución de pines del LCD.	22
Tabla N° 1.3 Comandos de la instrucción LCDOUT.	24

CAPITULO 2.

Tabla N° 2.1 Conexiones Microcontrolador – LCD.	56
Tabla N° 2.2 Descripción de pines del Puerto DB9.	57
Tabla N° 2.3 Conexiones PIC. - MAX232.	58
Tabla N° 2.4 Conexiones MAX232. - DB9.	

CAPITULO 4.

Tabla N° 4.1 Cuadro de pruebas.	73
---------------------------------	----

RESUMEN.

El trabajo expuesto tiene como objetivo realizar una investigación acerca de la construcción de un tacómetro digital para medir las revoluciones (RPM) de ejes de maquinaria industrial, así como el estudio del funcionamiento de diferentes tipos de dispositivos electrónicos que se pueden utilizar para construir dicho equipo.

Además mediante la experimentación se descartó elementos electrónicos que no presentaron las características suficientes que requería el tacómetro para su funcionamiento, como son: precisión, ahorro de espacio, velocidad de procesamiento, entre otras.

Encontrándonos en el camino con los microcontroladores que no son más que unas pequeñas computadoras, las cuales permiten realizar el procesamiento de datos a una gran velocidad, evitando ocupar otro tipo de circuitos integrados como compuertas lógicas, flip-flops, memorias, etc.

Además este trabajo ocupa un sensor inductivo de alta precisión tipo PNP para la generación de pulsos, que luego serán procesados por el microcontrolador, ya que otro tipo de sensores como los ópticos no presentan una generación de pulsos libre de rebotes ocasionando errores de lectura.

Teniendo como resultado un tacómetro digital confiable y portátil con una punta de eje que utiliza técnicas de medida de contacto para monitorear las revoluciones de ejes de motores, turbinas y sistemas de transmisión de movimiento, que además puede transferir los datos de velocidad mediante un puerto serial hacia el computador.

PRESENTACIÓN.

Si bien en el mercado existen desde hace mucho tiempo este tipo de equipos se propone su construcción con la intención de indagar en el mundo de la instrumentación, ya que de este depende el mantenimiento y vida útil de muchas maquinas. Teniendo una recopilación de datos sobre el tipo de instrumentos existentes su funcionamiento y utilidades.

A más de esto se incorpora en este trabajo información acerca del uso y programación de dispositivos electrónicos como los microcontroladores Pic, mediante el manejo de herramientas como el software Proteus, Ic-Prog y el hardware que es un programador serial, ya que estos pueden ayudar a las personas a la hora de diseñar o ensamblar un proyecto de electrónica.

Teniendo en el primer capítulo información teórica sobre el tacómetro, el microcontrolador, funcionamiento y características del sensor inductivo, descripción del LCD y su forma de empleo mediante la conexión con un Pic, así como información básica de los elementos mecánicos usados en la construcción del Tacómetro.

El segundo capítulo trata de la construcción del proyecto en sus etapas electrónica y mecánica, terminando con la presentación del circuito final, en el tercer capítulo se muestra la secuencia de instrucciones que comprende el programa, así como su diagrama de flujo; luego se da una reseña del funcionamiento interno y empleo del tacómetro para medir la velocidad de ejes.

Finalmente en el cuarto capítulo se expone un cuadro que contiene datos de pruebas realizadas con un Tacómetro patrón, concluyendo en los objetivos logrados y alcances que este proyecto puede tener en el futuro.

CAPITULO 1.- MARCO TEÓRICO.

1.1 EL TACÓMETRO.

El tacómetro (Del griego, *tachos* = velocidad y *metron* = medida) es un dispositivo que mide las revoluciones por minuto (RPM) del rotor de un motor o una turbina. Son utilizados para llevar un registro de las velocidades del elemento que tengamos en estudio, este nos permite saber si está trabajando la máquina de forma adecuada, evitando que se detenga en un momento no esperado, dando a la maquinaria un mantenimiento preventivo. También se pueden emplear para conocer distancias recorridas por ruedas, engranes o bandas.

Existen dos tipos de tacómetros muy utilizados: el tacómetro óptico y el tacómetro de contacto.

El tacómetro óptico mide con precisión la velocidad rotatoria (RPM) usando un haz de luz visible, puede ser usado a una distancia de hasta 8 mm en un elemento rotatorio. La construcción robusta, portabilidad y características notables del tacómetro óptico, lo hacen la opción ideal para el departamento de mantenimiento, operadores de maquinas y varias otras aplicaciones en maquinarias.

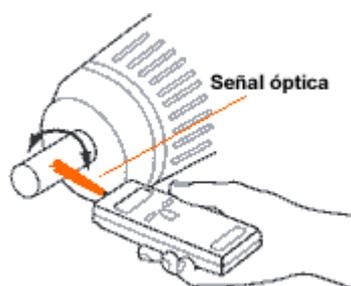


Fig. N° 1.1 Tacómetro óptico.

El tacómetro de contacto mide con precisión la velocidad rotatoria de ejes mediante una punta de eje que es acoplado de forma axial. La medición por

contacto se lleva a cabo por medio de un adaptador mecánico con cabeza o con rueda de medición.

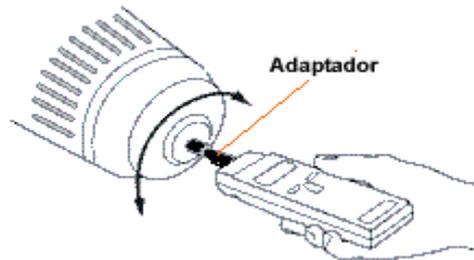


Fig. 1.2 Tacómetro de contacto

Este tipo de instrumentos son óptimos para establecer las revoluciones de máquinas, piezas e instalaciones giratorias (por ejemplo: cintas transportadoras, motores y mecanismos accionados por correas, entre otros).

La importancia de estos equipos radica en que cuando medimos las velocidades en RPM estamos controlando la velocidad adecuada de los equipos, esto permite una operación continua del equipo, evitando así los paros innecesarios que repercutirían en grandes costos.

1.2 EL MICROCONTROLADOR.

El microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica, sus partes o componentes principales son:

- Memoria ROM (Memoria de sólo lectura).
- Memoria RAM (Memoria de acceso aleatorio).
- Líneas de entrada/salida (I/O) También llamados puertos.
- Lógica de control. Coordina la interacción entre los demás bloques.
- CPU.

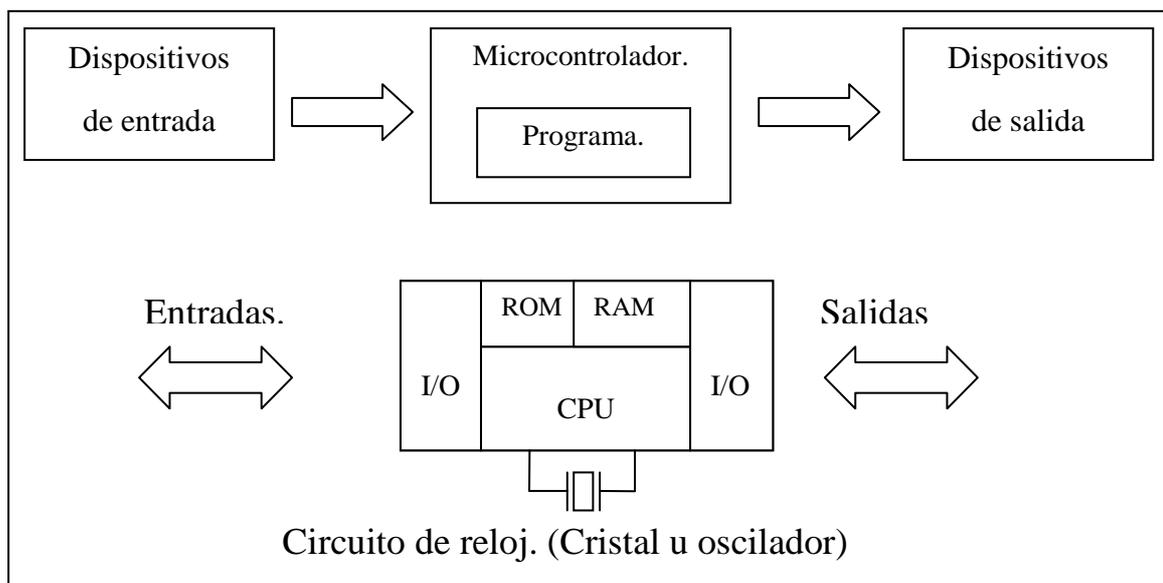


Fig. N° 1.3 Estructura interna del microcontrolador.

En la figura se puede observar la estructura interna de un microcontrolador, y cómo se puede apreciar posee un circuito de reloj, el cual indica al micro la velocidad a la que debe trabajar. Este circuito, que se conoce como oscilador o reloj, es muy simple pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema, ya que sin el no podíamos ejecutar las órdenes o las líneas de instrucción que se encuentran programadas en el mismo.

Los diferentes tipos de osciladores más comunes para un microcontrolador PIC son:

RC. Oscilador con resistencia y condensador.

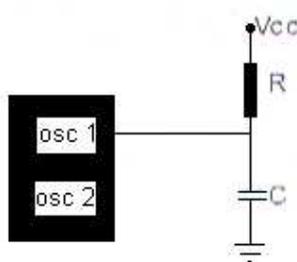


Fig. N° 1.4 Oscilador R-C

Donde R puede tomar valores entre 5K - 100K y $C = 20\text{pF}$ para configurar este oscilador a una frecuencia de 4Mhz

Oscilador XT o resonador.

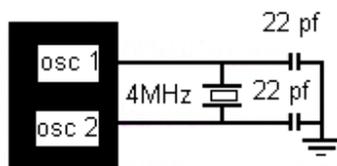


Fig. N° 1.5 XT. Cristal.

Para generar un oscilador de 4MHz se debe contar con un cristal de 4MHz y C puede tener valores superiores a 20pf.

1.2.1 EL MICROCONTROLADOR PIC.

Los PIC son circuitos integrados de Microchip Technology Inc, que pertenecen a la categoría de los microcontroladores, los que pueden considerarse como unas microcomputadoras, para su funcionamiento requieren de periféricos de entrada y salida.

En las entradas se pueden utilizar sensores, pulsadores, teclados interruptores, etc. Dependiendo de las necesidades, en las salidas se pueden conectar dispositivos de visualización o de audición tales como: displays, lcd, leds, computadores, sirenas, etc.

1.2.2 ARQUITECTURA DE LOS MICROCONTROLADORES PIC.

1.2.2.1 La Arquitectura Von Neumman.

Es la arquitectura tradicional de computadoras y microprocesadores. En este esquema, la unidad central de proceso (CPU), está conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos.

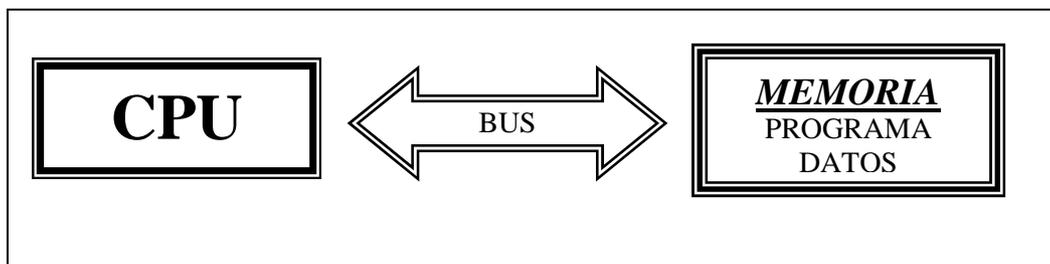


Fig. N° 1.6.- Arquitectura Von Neumman.

Este esquema tiene ciertas limitaciones:

- El tamaño de la unidad de datos o instrucciones está determinado por el ancho del bus de la memoria. Un microprocesador con un bus de 8 bits que conecta la memoria, manejará instrucciones y datos de 8 bits (1 byte). Cuando deba acceder a una instrucción o dato de mayor longitud, deberá realizar más de un acceso a la memoria.
- El uso de un único bus limita la velocidad de operación del microprocesador, debido a que no puede buscar en memoria una nueva instrucción mientras no termine de procesar la anterior.

1.2.2.2 La Arquitectura Harvard.

La arquitectura conocida como Harvard, consiste simplemente en un esquema en el que el CPU está conectado a dos memorias a través de dos buses independientes (y no necesariamente deben tener el mismo ancho). Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa (Memoria de Programa) y la otra almacena los datos (Memoria de Datos).

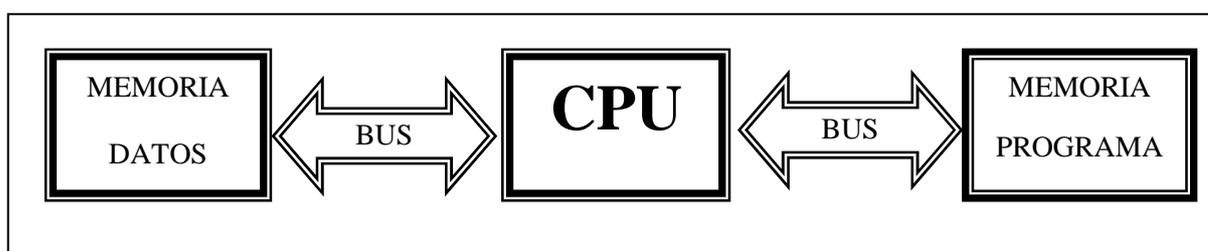


Fig. N° 1.7.- Arquitectura Harvard.

Con este esquema, se resuelven las limitaciones propias de la arquitectura Von Neumman:

- Al no estar relacionado el tamaño de las instrucciones con el de los datos, la memoria de programa puede diseñarse para que cualquier instrucción ocupe una sola posición de la misma. Esto permitirá escribir programas más compactos y de ejecución más veloz.
- Al ser los buses independientes, el CPU puede estar accediendo a los datos para completar la ejecución de una instrucción, y al mismo tiempo estar leyendo la próxima instrucción a ejecutar.

Los microcontroladores PIC utilizan la arquitectura Harvard, con una memoria de datos de 8 bits, y una memoria de programa que, según el modelo, puede ser de 12, 14 o 16 bits.

1.2.3 MEMORIA DE PROGRAMA.

Esta es la memoria de instrucciones, aquí es donde almacenaremos el programa o código que el micro debe ejecutar. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación.

1.2.3.1 EEPROM.

Esta memoria tiene la propiedad de almacenar datos sin que estos se pierdan al desconectar la alimentación, se pueden almacenar datos en esta memoria opcionalmente.

Para almacenar datos en las Memorias EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory - Memoria de sólo lectura Programable y borrrable eléctricamente) se utiliza un circuito grabador, bajo el control de un PC (IC-PROG). El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito aproximadamente 1000 veces.

Las memorias FLASH conservan las características semejantes que la EEPROM, pero ésta tiene menor consumo de energía y su capacidad de almacenamiento es mayor, por ello está sustituyendo a la memoria EEPROM.

La memoria de programa se divide en páginas de 2048 posiciones.

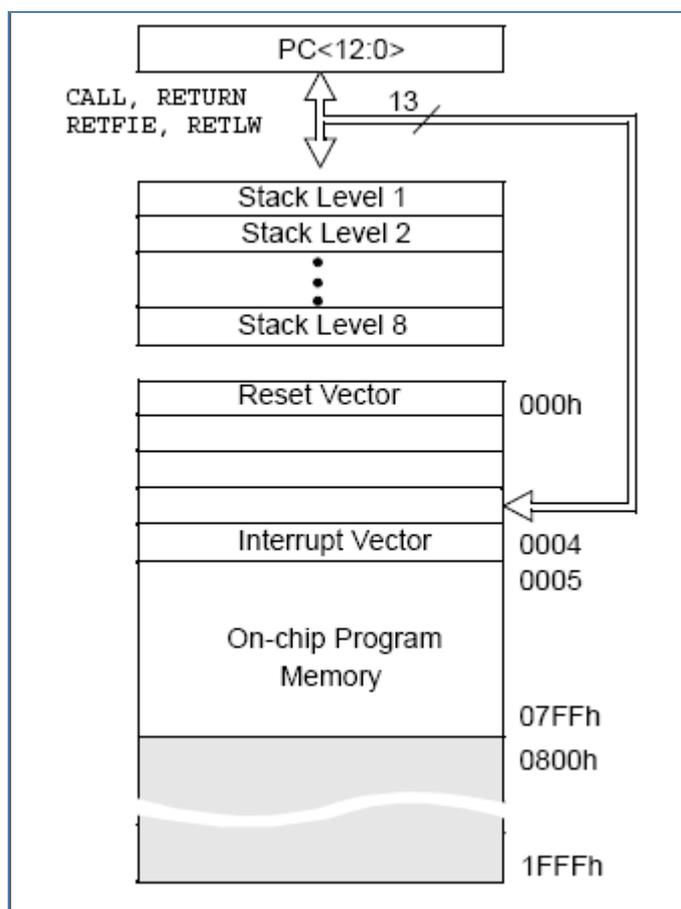


Fig. N° 1.8.- Memoria de programa.

Cuando ocurre un Reset, el contador de programa (PC) apunta a la dirección 0000h, y el programa que se encuentra almacenado en el microcontrolador se inicia nuevamente. Por esta razón, en la primera dirección del programa se debe escribir todo lo relacionado con la iniciación del mismo.

Si ocurre una interrupción el contador de programa (PC) apunta a la dirección 0004h, entonces ahí escribiremos la programación necesaria para atender dicha interrupción.¹

¹ Corrales V. Santiago, Electrónica Práctica con Microcontroladores Pic. , Ecuador, Imprenta Grafica, 2006, p.12.

1.2.3 MEMORIA DE DATOS.

La memoria de datos esta dividida en dos bancos como son el banco de registros especiales (SFR) con 24 posiciones de tamaño byte aunque dos de ellas no son operativas y los registros de propósito general (GPR) son de uso exclusivo del usuario con 68 posiciones.

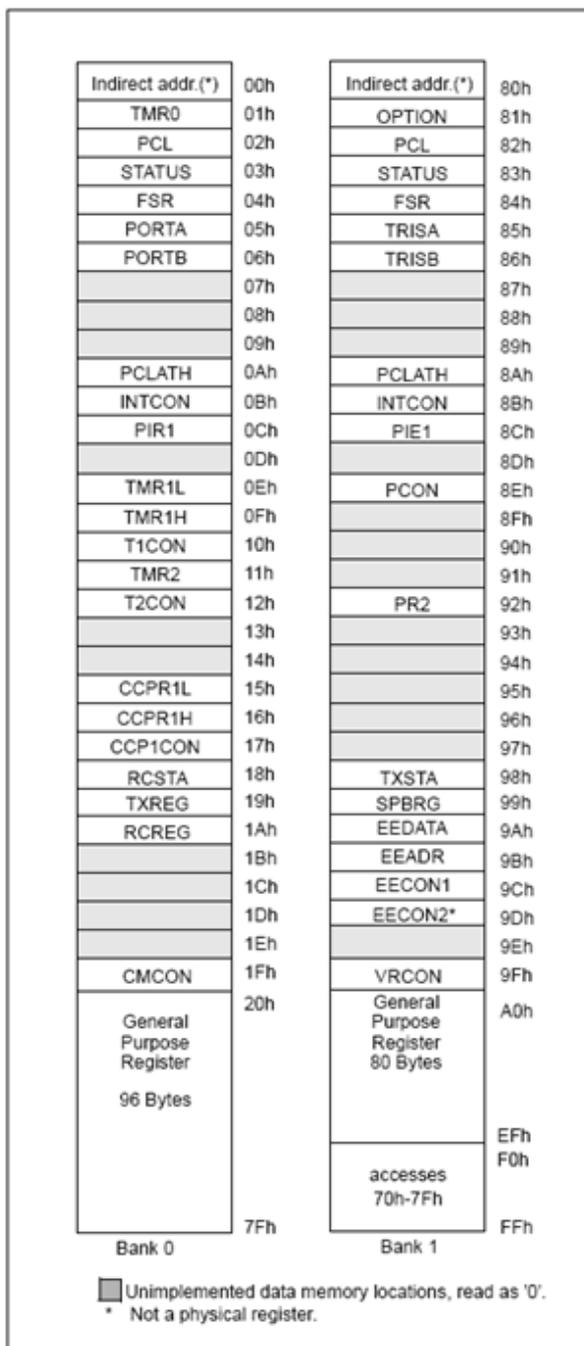


Fig. N° 1.9 Memoria de datos

1.2.4 EL MICROCONTROLADOR PIC 16F628A.

El microcontrolador PIC 16F628A, soporta 1000 ciclos de escritura en su memoria FLASH y 1.000.000 de ciclos en su memoria EEPROM, la memoria de programa que posee es de 2048 palabras, la memoria de datos EEPROM es de 128 bytes, la memoria RAM es de 224 bytes, 16 pines de entrada y salida, y posee 2 comparadores.

A más de esto posee grandes ventajas como son: Comunicación AUSART, Oscilador interno de 4 MHz, Master Clear (MCLR) programable, etc.

La alimentación del microcontrolador PIC en general es de $V_{ss} = GND = 0V$ y de $V_{dd} = V_{cc} = 5V$, este valor de V_{dd} puede variar desde 3V hasta 5.5V. Posee a más de ello 2 puertos de entrada y salida (I/O) el Puerto A y el Puerto B, los cuales trabajan a 8 bits cada uno y entregan 25mA por cada PIN, y en modo sumidero pueden soportar hasta 25mA por cada PIN.²

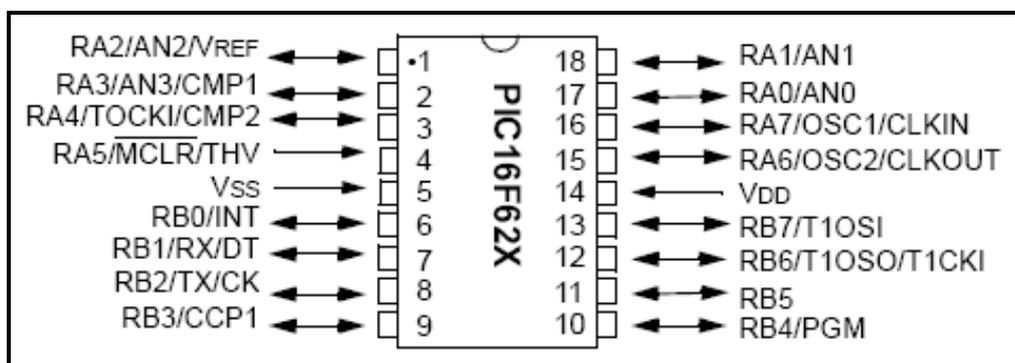


Fig. 1.10 Distribución de pines del PIC 16F628A

² Corrales V. Santiago, Electrónica Práctica con Microcontroladores Pic, Ecuador, Imprenta Gráfica, 2006, p13.

1.3 LCD.

Un LCD es una pantalla de cristal líquido que permite visualizar ciertos caracteres. Símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos). Para su funcionamiento un LCD, debe estar conectado a un circuito impreso en el que estén integrados los controladores del display, y los pines para la conexión del display. Sobre el circuito impreso se encuentra el LCD en sí, rodeado por una estructura metálica que lo protege.

Tiene un consumo de energía menor a 5mA y son ideales para dispositivos que requieran una visualización pequeña o media.

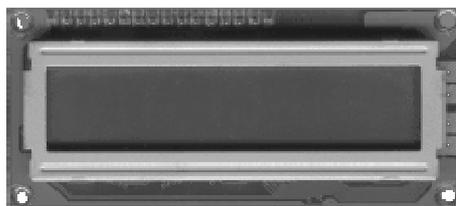
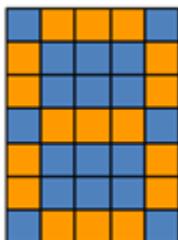


Fig. N° 1.11 Display de cristal liquido (LCD)

1.3.1 LOS CARACTERES DEL LCD.

El LCD dispone de una matriz de 5x7 puntos (pixel) para representar cada carácter. En total se pueden representar 256 caracteres diferentes. 240 caracteres están grabados dentro del LCD y representan las letras mayúsculas, minúsculas, signos de puntuación, números, etc. Existen 8 caracteres que pueden ser definidos por el usuario.



Cada caracter está formado por una matriz de 5x7 puntos (pixeles)

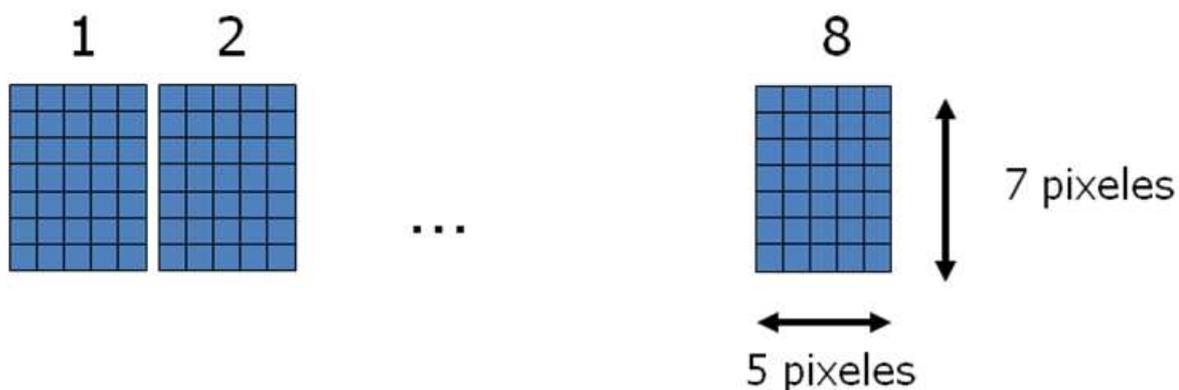


Fig. N°1.12 Matriz de representación de caracteres.

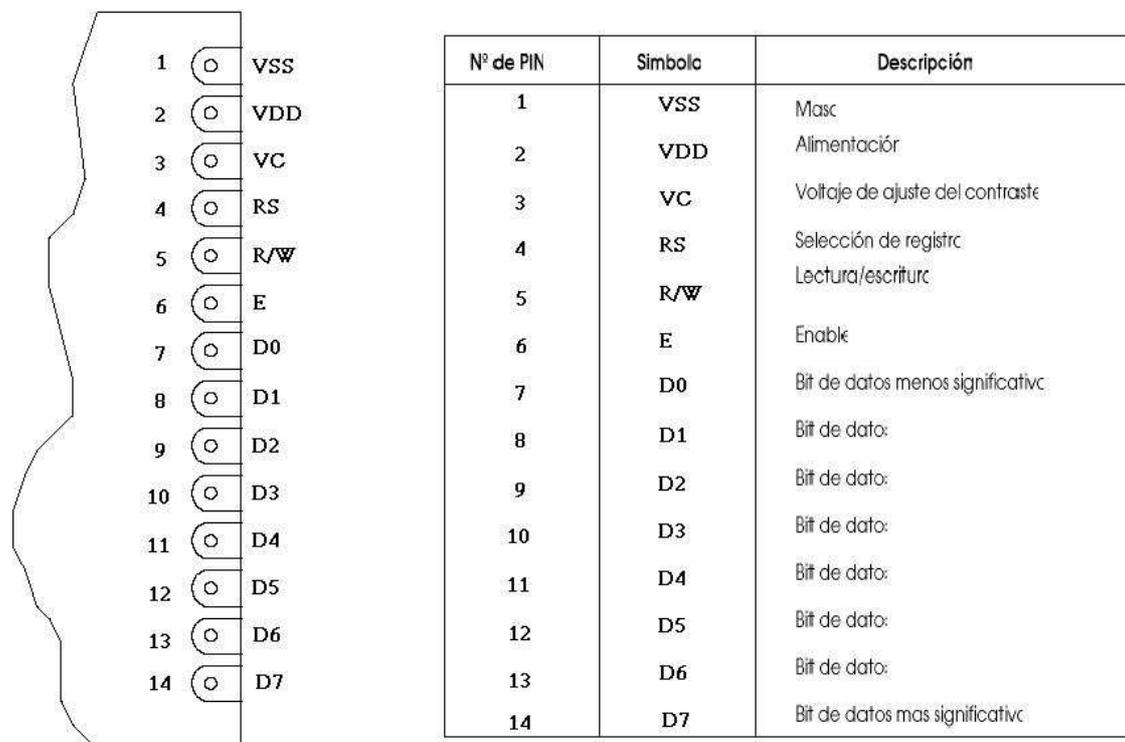
En la siguiente tabla se muestran los caracteres más importantes que es capaz de mostrar la pantalla LCD. No están representados los caracteres correspondientes a los códigos desde el \$80 hasta el \$FF, que corresponden a símbolos extraños. Los códigos comprendidos entre el 0 y el 7 están reservados para que el usuario los defina.

Código	Carac.	Código	Carac.	Código	Carac.	Código	Carac.	Código	Carac.	Código	Carac.
\$20	Espacio	\$30	0	\$40		\$50	P	\$60	`	\$70	p
\$21	!	\$31	1	\$41	A	\$51	Q	\$61	a	\$71	q
\$22	“	\$32	2	\$42	B	\$52	R	\$62	b	\$72	r
\$23	#	\$33	3	\$43	C	\$53	S	\$63	c	\$73	s
\$24	\$	\$34	4	\$44	D	\$54	T	\$64	d	\$74	t
\$25	%	\$35	5	\$45	E	\$55	U	\$65	e	\$75	u
\$26	&	\$36	6	\$46	F	\$56	V	\$66	f	\$76	v
\$27	‘	\$37	7	\$47	G	\$57	W	\$67	g	\$77	w
\$28	)	\$38	8	\$48	H	\$58	X	\$68	h	\$78	x
\$29	(	\$39	9	\$49	I	\$59	Y	\$69	I	\$79	y
\$2A	*	\$3A	:	\$4A	J	\$5A	Z	\$6A	j	\$7A	z
\$2B	+	\$3B	;	\$4B	K	\$5B	[	\$6B	k	\$7B	{
\$2C	,	\$3C	<	\$4C	L	\$5C		\$6C	l	\$7C	|
\$2D	-	\$3D	=	\$4D	M	\$5D	]	\$6D	m	\$7D	}
\$2E	.	\$3E	>	\$4E	N	\$5E	^	\$6E	n	\$7E	
\$2F	/	\$3F	?	\$4F	O	\$5F	-	\$6F	o	\$7F	

Cuadro 1.1 Códigos de representación de los caracteres

1.3.2 ASIGNACION DE PINES.

A continuación podemos ver la asignación de pines de una pantalla LCD.



Cuadro N° 1.2 Distribución de pines del LCD

Los pines 1 y 2, son los utilizados para la alimentación del módulo LCD. La tensión utilizada es de 5 voltios.

El pin 3 se utiliza para ajustar el contraste de la pantalla LCD. Por medio de un potenciómetro regularémos la intensidad de los caracteres, a mayor tensión mayor intensidad. Se suele utilizar un potenciómetro de 10 o 20 kΩ, que regulará la misma tensión que se utiliza para la alimentación.

El pin 4 se utiliza para indicar al bus de datos si la información que le llega es una instrucción o por el contrario es un carácter. Si RS=0 indicara que en el bus de datos hay presente una instrucción, y si RD=1, indicará que tiene un carácter alfanumérico.

El pin 5 es el de escritura o lectura. Si esta a 0 el módulo escribe en pantalla el dato que haya en el bus de datos, y si esta a 1 leeremos lo que hay en el bus de datos.

El pin 6 identifica el Enable, este habilita y deshabilita el módulo LCD. Cuando E=0 no se podrá utilizar el display y cuando E=1 se podrán transferir datos y realizar las demás operaciones.

Las pines del 7 al 14 son los del bus de datos.

1.3.3 CONTROL DEL LCD CON EL MICROCONTROLADOR.

Para continuar con el estudio de este dispositivo electrónico, debemos conocer las instrucciones DEFINE y LCDOUT, las cuales permitirán controlar y manejar estos módulos.

1.3.3.1 INSTRUCCIÓN DEFINE.

Algunos elementos como el oscilador, master clear, etc. Se encuentran predefinidos en el compilador Pic Basic Pro, ésta instrucción permite definir ciertos elementos o cambiarlos de definición a los que necesite el usuario.

Para el caso de los módulos de LCDs, es necesario definir lo siguiente:

```

DEFINE LCD_DREG PORTB    ;Definición para utilizar solo 4 bits del Puerto B
                          ;para la transmisión de datos.
DEFINE LCD_DBIT 4        ;Desde el bit B.4 hasta el B.7
DEFINE LCD_RSREG PORTA  ;Definición para utilizar el registro de
                          ;control/dato: en el puerto A
DEFINE LCD_RSBIT 2       ;En el bit A.2.
DEFINE LCD_EREG PORTB   ;Definición para utilizar el Enable en el puerto B.
DEFINE LCD_EBIT 3       ;En el bit B.3.

```

1.3.3.1 INSTRUCCIÓN LCDOUT.

Esta instrucción es de escritura solamente, y su función es fijar el cursor en el módulo LCD para empezar a escribir cada uno de los caracteres que posee, y necesita de un comando para la utilización de cada operación. A continuación se presenta una tabla con cada uno de los comandos que posee el compilador.³

COMANDO	OPERACIÓN
\$FE, 1	Limpia el visor del LCD.
\$FE, 2	Vuelve al inicio del LCD.
\$FE, \$OC	Apaga el cursor.
\$FE, \$OE	Subrayado del cursor activo.
\$FE, \$OF	Parpadeo del cursor activo.
\$FE, \$10	Mover el cursor a una posición a la izquierda.
\$FE, \$14	Mover el cursor una posición a la derecha.
\$FE, \$80	Mueve el cursor al comienzo de la primera línea.
\$FE, \$CO	Mueve el cursor al comienzo de la segunda línea.

Tabla N° 1.3 Comandos de la instrucción LCDOUT.

1.4 SENSORES.

Un sensor es un dispositivo que detecta, o sensa manifestaciones de fenómenos físicos, como la energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, etc. Podemos decir también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro elemento. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura.

Muchos de los sensores son eléctricos o electrónicos, aunque existen otros tipos. Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere

³ Corrales V. Santiago, Electrónica Practica con Microcontroladores Pic, Ecuador, Imprenta Gráfica, 2006, p81.

medir, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (ej. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores sensados puedan ser leídos por un humano.

A continuación se indican algunos tipos y ejemplos de sensores:

Sensores de temperatura: Termopar, Termistor

Sensores de deformación: Galga extensiométrica

Sensores de acidez: IsFET

Sensores de luz: fotodiodo, fotorresistencia, fototransistor

Sensores de sonido: micrófono

Sensores de contacto: final de carrera

Sensores de imagen digital (fotografía): CCD o CMOS

Sensores de proximidad: sensor inductivo.

1.4.1 SENSORES INDUCTIVOS.

Los sensores inductivos son una clase de sensores de proximidad que sirven para detectar conductores metálicos, estos materiales metálicos interactúan con el campo electromagnético externo del sensor para realizar funciones de sensado como son: control de presencia o de ausencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, y de conteo.

1.3.3.1 Funcionamiento.

Siempre que exista una corriente (i) que circule a través de un material conductor, se genera un campo eléctrico.



Fig. N° 1.13 Generación de campo magnético.

Los sensores de proximidad inductivos contienen un devanado interno. Cuando una corriente circula por el mismo, un campo magnético es generado, que tiene la dirección de las flechas de la fig. 1.14. Cuando un metal es acercado al campo magnético generado por el sensor de proximidad, éste es detectado.

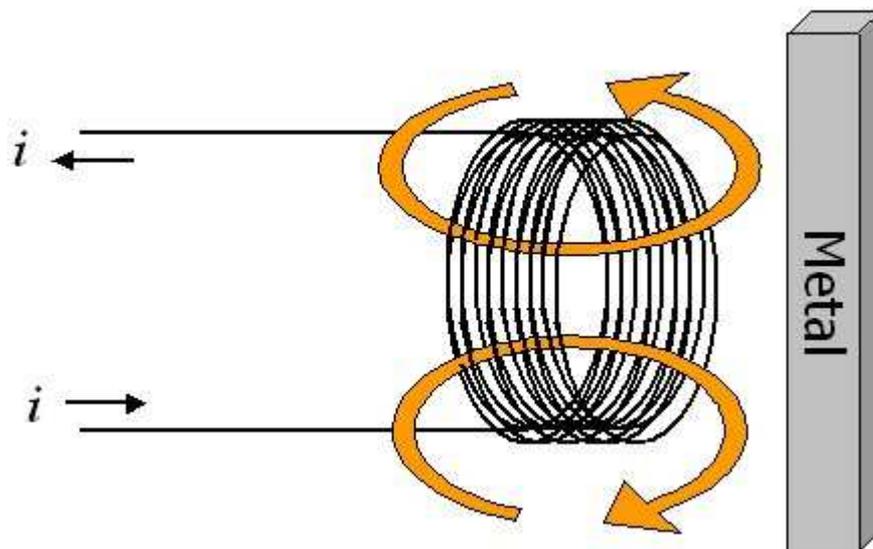


Fig. N° 1.14 Generación de campo magnético por el devanado interno del sensor.

La bobina del sensor inductivo induce corrientes de Foucault en el material a detectar. Éstas, a su vez, generan un campo magnético que se opone al de la bobina del sensor, causando una reducción en la inductancia de la misma. Esta reducción en la inductancia de la bobina interna del sensor, trae aparejado una disminución en la impedancia de ésta.

La inductancia, es un valor intrínseco de las bobinas, que depende del diámetro de las espiras y el número de ellas., se calcula de la siguiente forma:

$$XL = 2\pi fL$$

Donde:

XL = Reactancia Inductiva medida en Ohm (Ω)

π = Constante Pi (3,1416...).

f = Frecuencia del sistema medida en Hertz (Hz).

L = Inductancia medida en Henrios (H)

R = Resistencia en ohmios (Ω)

Z = Impedancia

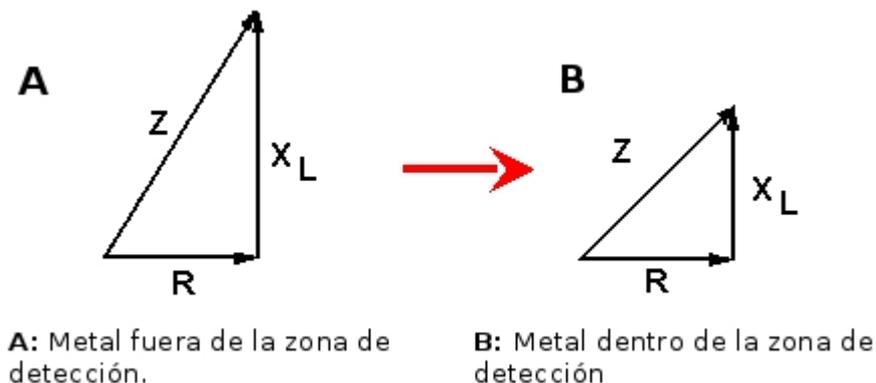


Fig. Nº 1.15 Triángulos de Impedancia

En resumen, el circuito detector reconocerá el cambio en la impedancia de la bobina del sensor (Debido a las corrientes de Foucault inducidas en el objeto a detectar) y enviará una señal al amplificador de salida, el cual cambiará el estado de la misma. Cuando el metal a detectar es removido de la zona de detección, el oscilador podrá generar nuevamente el campo magnético con su amplitud normal. Es en este momento en que el circuito detector nuevamente detecta este cambio de impedancia y envía una señal al amplificador de salida para que sea éste quién, nuevamente, restituya el estado de la salida del sensor.

Si el sensor tiene una configuración "Normal Abierta", éste activará la salida cuando el metal a detectar ingrese a la zona de detección. Lo opuesto ocurre cuando el sensor tiene una configuración "Normal Cerrada" Estos cambios de estado son evaluados por unidades externas tales como: PLC, Relés, PC, etc.

1.3.3.2 Estados del Sensor Inductivo.

1.- Objeto a detectar ausente.

- Amplitud de oscilación al máximo, sobre el nivel de operación.
- La salida se mantiene inactiva (OFF)

2.- Objeto a detectar acercándose a la zona de detección.

- Se producen corrientes de Foucault -“Transferencia de energía”.
- El circuito de detección detecta una disminución de la amplitud, la cual cae por debajo del nivel de operación.
- La salida es activada (ON)

3.- Objeto a detectar se retira de la zona de detección.

- Eliminación de corrientes de Foucault.
- El circuito de detección detecta el incremento de la amplitud de oscilación.
- Como la salida alcanza el nivel de operación, la misma se desactiva (OFF).⁴

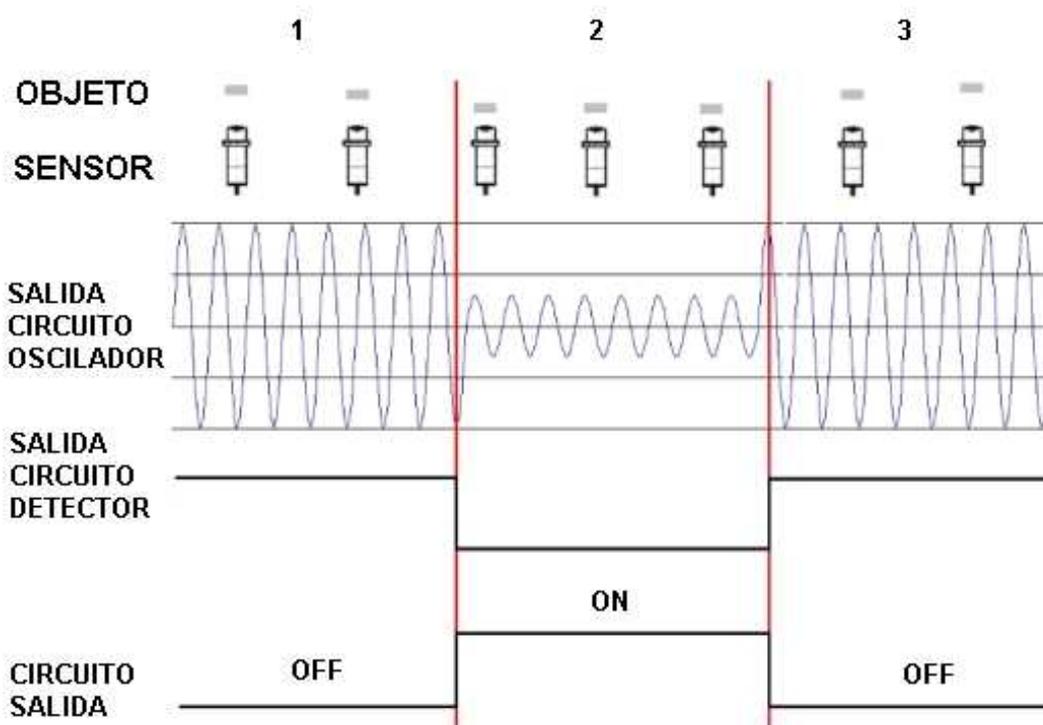


Fig. N° 1.16 Estados del sensor inductivo.

⁴ Wikipedía, sensor Inductivo, Consulta 02 julio, <www.wikipedia.com>

1.3.3.3 Modelos de sensores Inductivos.

Tenemos tres modelos de sensores inductivos como son:

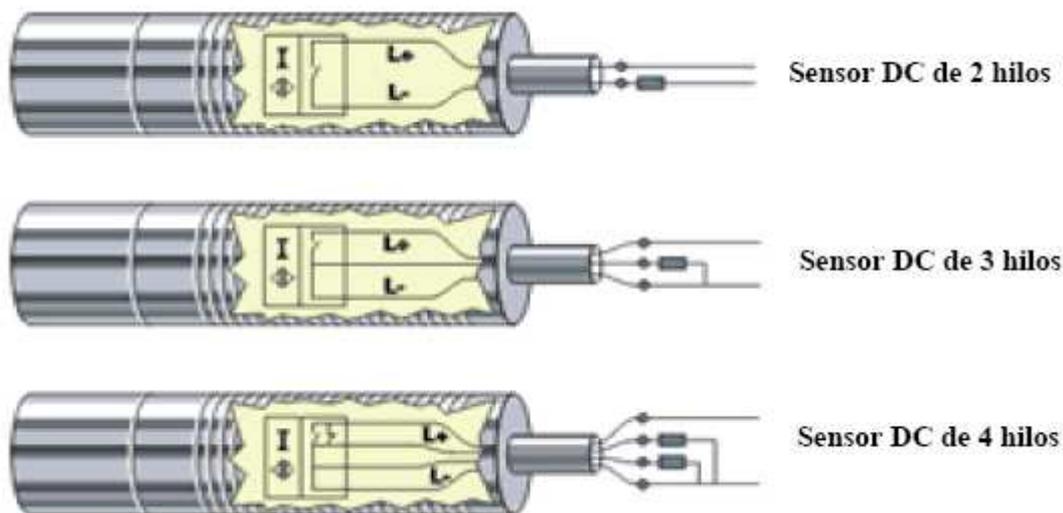


Fig. N° 1.17 Modelos de sensores Inductivos

A pesar de existir en el mercado sensores de 2 hilos de corriente directa DC, los modelos que mayor difusión tienen en la industria son los de 3 hilos y 4 hilos, necesitando estos de una fuente de alimentación externa de corriente continua para su polarización esta corriente puede variar de 5VDC hasta 24 VDC.

Los sensores de proximidad de DC de 3 hilos pueden ser dispositivos de suministro de corriente o de drenado de corriente.

Los sensores de tipo suministro de corriente usan transistores tipo PNP para conmutar la corriente de carga.

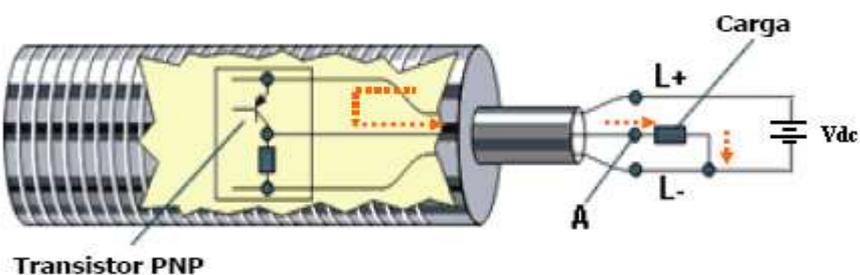


Fig. N° 1.18 Sensor tipo PNP.

Un sensor de tipo drenado de corriente, utiliza un transistor NPN, cuando el transistor se satura fluye una corriente de la carga hacia el transistor ya que la dirección de la corriente es hacia el sensor.

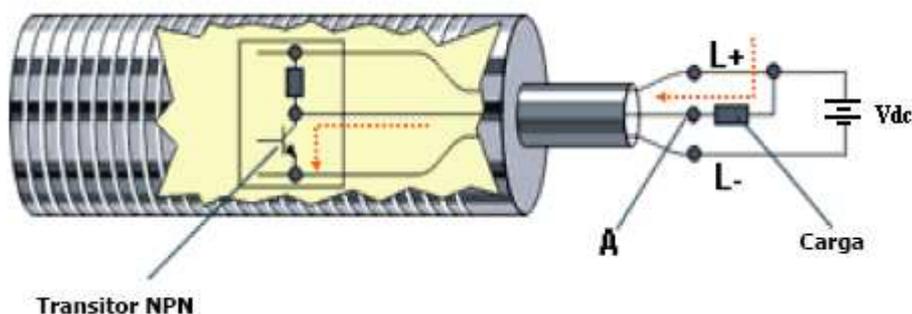


Fig. 1.19 Sensor tipo NPN

1.3.3.4 Ventajas de sensores Inductivos.

Las ventajas de los sensores inductivos son:

- Conmutación: Sin desgaste y de gran longevidad.
- Libre de rebotes y sin errores de impulsos.
- Libres de mantenimiento.
- De precisión electrónica.
- Soporta ambientes hostiles.

1.4 PARTE MECÁNICA.

1.4.1 RODAMIENTOS.

Los rodamientos, también denominados cojinetes son elementos mecánicos que se utilizan para reducir la fricción de un eje y piezas conectadas a este, sirviendo de apoyo y facilitando su desplazamiento.



Fig. 1.20 Rodamientos

Existen dos categorías generales de rodamientos: los de elementos rodantes y las chumaceras.

Los rodamientos de elementos rodantes constan de cuatro componentes básicos: el anillo interior, el anillo exterior, la jaula, también conocida como separador o retén, y los elementos rodantes, ya sea bolas o rodillos. El anillo interior está montado sobre la flecha con los elementos rodantes entre ésta y el anillo exterior, todo lo cual va dentro del alojamiento.

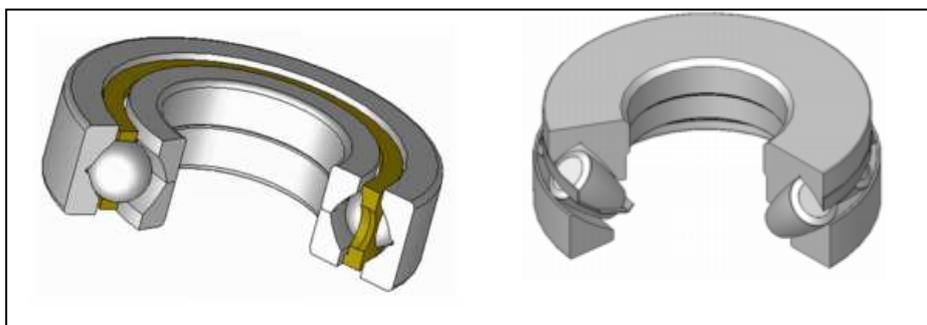


Fig. Nº 1.21 Rodamientos de bolas y rodillos

1.4.1.1 Cojinetes de bolas.

Los cojinetes de bolas tienen varias ventajas sobre los cojinetes de rodillos, pero también presentan ciertas desventajas.

Las ventajas son:

- Baja fricción
- Baja generación de calor
- Velocidades más altas
- Bajo costo
- Reciben cargas radiales y de empuje
- Menos propensión a los errores de montaje

Las desventajas son:

- Menor vida
- Menor capacidad de carga

Existen muchos tipos de cojinetes de bolas, cada uno diseñado para una clase de aplicación específica. El tipo más común de cojinete de bolas es el Conrad o de tipo de ranura profunda. Es adecuado para cargas radiales, cargas de empuje en ambas direcciones, o para una combinación de ambas. Este cojinete utiliza ya sea una jaula remachada de dos piezas o una jaula de polímero con cierre de resorte. Esta característica del cojinete tiende a limitar su velocidad máxima cuando se necesita una jaula de una pieza, pero es apropiada para la mayoría de las velocidades de las máquinas industriales.



Fig.Nº1.22. Cojinete de bolas de ranura profunda (Conrad).

Otro tipo común de cojinete de bolas es el de contacto angular, diseñado básicamente para las cargas de empuje, pero puede soportar cargas radiales limitadas si también hay presentes suficientes cargas de empuje. La carga de

empuje debe ser en una dirección sólo en los cojinetes sencillos. Este cojinete posee la ventaja de tener una mayor capacidad y una vida más larga que el cojinete con rodillo de ranura profunda debido a que uno de sus anillos está ensanchado, lo que permite que se monten más bolas en el cojinete. Otra ventaja para las velocidades muy altas es que, de ser necesario, puede utilizarse una jaula de una pieza. Los cojinetes de contacto angular están disponibles con ángulos de contacto diferentes, dependiendo de cuánto empuje se presentará con relación a la carga radial.⁵



Fig. Nº 1.23 Cojinete de bolas de contacto angular. (Cortes/a de SKF USA, Inc.)

1.4.1 EJES O FLECHAS.

Los ejes son barras con geometría fundamentalmente asimétrica que atraviesan un cuerpo giratorio para servir de apoyo al movimiento, sin transmitir ningún esfuerzo de torsión.

Los ejes en las máquinas están encargados de la transmitir las revoluciones de los sistemas de transmisión, en los motores es el elemento axial al que se aplica un par motor para producir el giro.

⁵ Larburu Nicolás, Máquinas Prontuario. Editorial Aula Magna, España, 2006

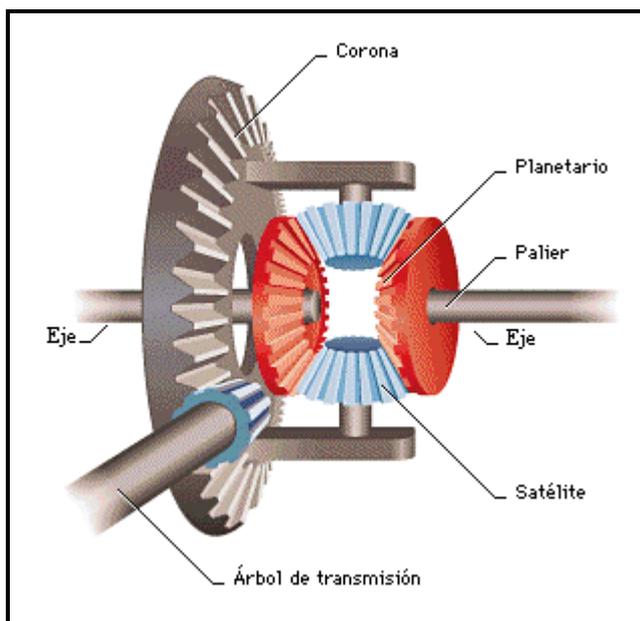


Fig. N° 1.24 Sistema de transmisión de movimiento.

1.4.3 CHASIS.

Se denomina chasis a la estructura que esta encargada de sostener y brindar apoyo aportando rigidez a un vehículo u objeto portable.

En un automóvil, el chasis es el equivalente al esqueleto del ser humano, sosteniendo el peso y aportando rigidez al conjunto y condicionando la forma final del mismo.

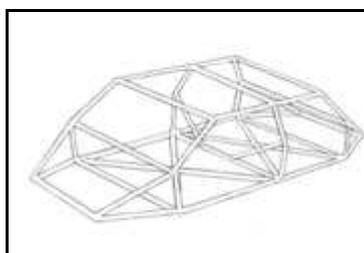


Fig. N° 1.25 Esquema del chasis básico de un sedan.

Suele estar realizado en diferentes materiales, dependiendo de la rigidez, precio y forma necesarios, los más habituales son de acero o aluminio. Las formas básicas

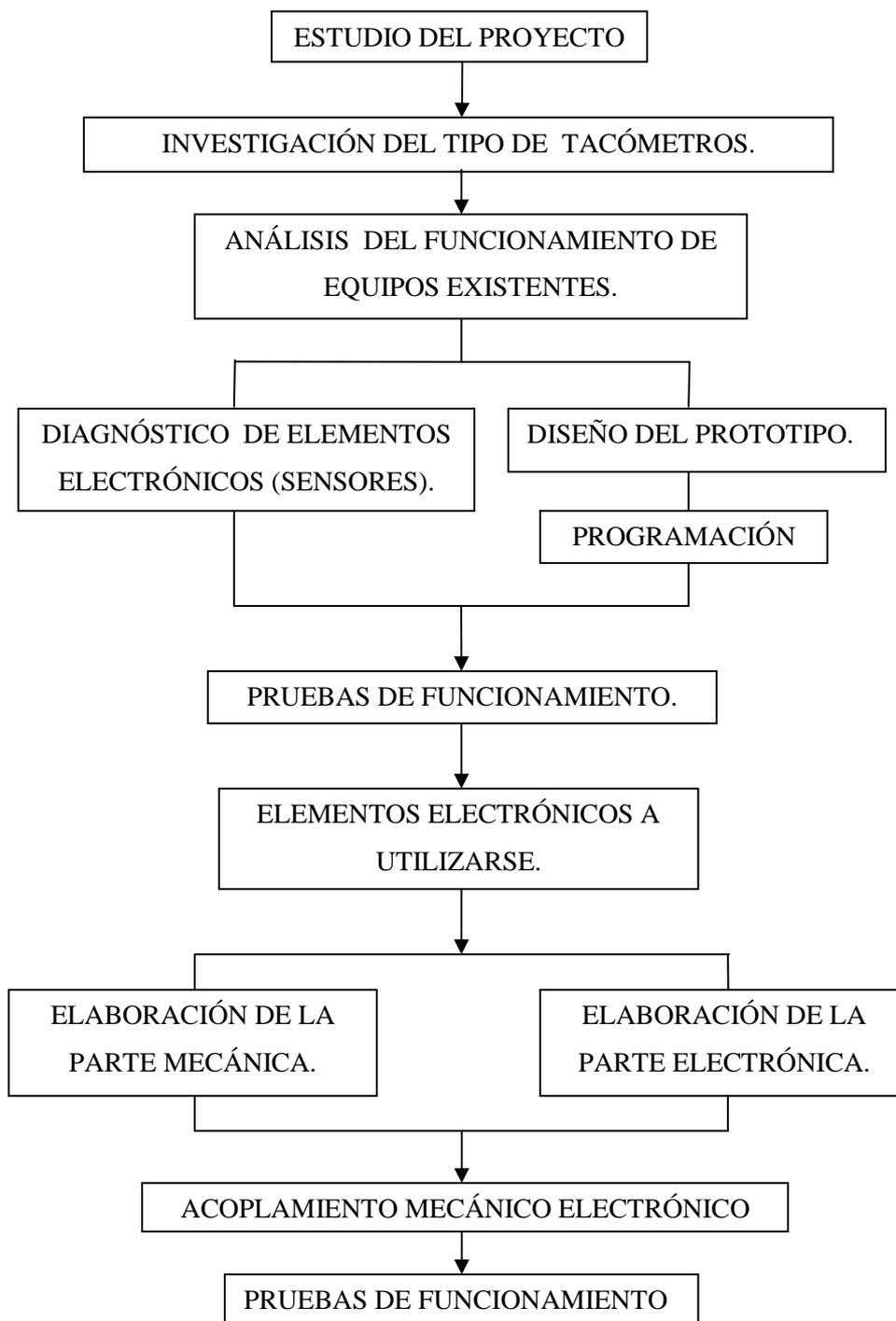
que lo componen suelen ser tubos o vigas. Aunque debido a la elasticidad del caucho es utilizado para la construcción de mecanismos de las carcasas de máquinas para reducir las vibraciones.

A veces, sobre todo en aparatos electrónicos, el chasis es la misma carcasa que lo recubre, pues no es necesaria rigidez adicional.⁶

⁶ Wikipedia, sensor Inductivo, Consulta 02 julio, <www.wikipedia.com>

CAPITULO 2.- CONSTRUCCIÓN

2.1 DIAGRAMA DE BLOQUE.



En donde:

2.1.1 ESTUDIO DEL PROYECTO.

El estudio del proyecto constituye en la investigación previa a la elaboración del tacómetro. Ya que se desea tener una idea precisa del tacómetro su funcionamiento y utilidades.

2.1.2 INVESTIGACIÓN DEL TIPO DE TACÓMETROS.

Al investigar los tipos de tacómetros encontramos que en el mercado existen dos tipos de tacómetros como son:

- Tacómetro óptico.
- Tacómetro de contacto.

2.1.3 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS EXISTENTES.

2.1.3.1 Tacómetro de contacto.

Este tipo de instrumentos poseen un eje que debe ser colocado en forma axial con los ejes a ser monitoreados, tomando una muestra de la velocidad de dicho eje para que este dato sea procesado y luego mostrado como la velocidad a la que se encuentra girando en RPM.



Fig. N° 2.1 Tacómetro de contacto MT-200

2.1.4 DISEÑO DEL PROTOTIPO.

El diseño del prototipo emplea un microcontrolador que se encargara de:

Conteo de pulsos.

Procesar los pulsos

Operaciones.

Enviar la información hacia el LCD.

Enviar información hacia la CPU.

Se utiliza un LCD alfanumérico 8*2 para la visualización de las RPM.

Para la generación de pulsos se hace uso de un sensor.

2.1.5 DIAGNOSTICO DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS (SENSORES).

En primera instancia se realizo pruebas con un sensor óptico, encontrando que la luz ambiente influía como ruido, impidiendo una generación de pulsos correcta, lo que provoca lecturas erróneas en el LCD, por tanto se busco otra forma de generación de pulsos hacia el microcontrolador, utilizando finalmente el sensor inductivo.

Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor, este sensor ignora objetos no metálicos.

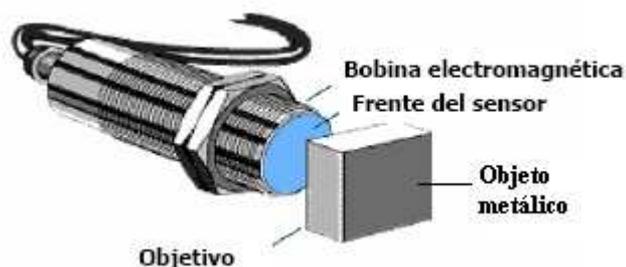


Fig. N° 2.2 Sensor inductivo.

En este caso se utiliza un sensor de 3 hilos tipo PNP normalmente cerrado, para tomar la muestra de las revoluciones del eje del tacómetro, cuyo símbolo se muestra en la siguiente figura.

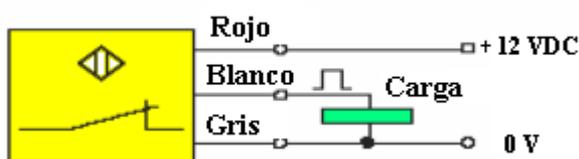


Fig. N° 2.3 Sensor inductivo de 3 hilos PNP (normalmente cerrado).

2.1.6 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR.

Para la programación se utiliza el programa **Pic Basic Pro y MicroCode Studio Plus** estos dos programas interactúan juntos, el primero como compilador y el segundo como un editor de texto, permitiendo programar al PIC en lenguaje de alto nivel como es el lenguaje BASIC.

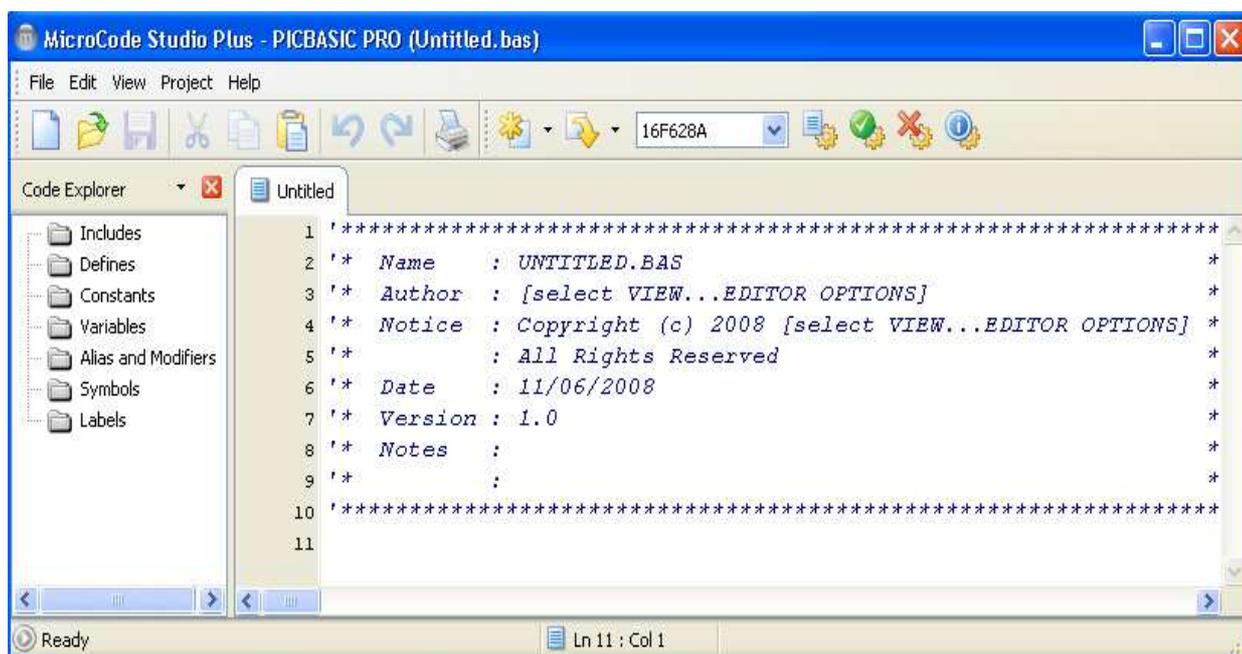


Fig. N° 2.4 Ventana principal del software MicroCode Studio Plus.

Para empezar con la programación del microcontrolador se utiliza la siguiente ventana para encontrar el Pic 16F628A

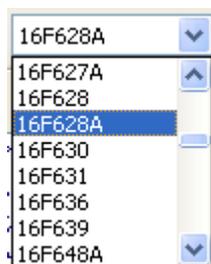


Fig. N° 2.5 Menu de microprocesadores. (MicroCode Studio Plus).

Una vez elaborado el programa con todas las secuencias de instrucciones se observa el espacio ocupado haciendo uso de la siguiente ventana.



Fig. N° 2.6 Espacio ocupado por el programa del Pic.

Así se tiene que se a ocupado 386 words (palabras) de 2048 words disponibles en el Pic 16F628A, además permite ver los errores generados al crear el programa, ya sean estos de sintaxis o al utilizar erróneamente los comandos.

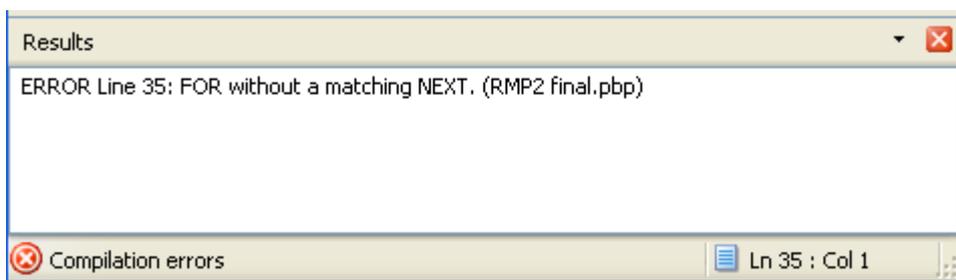


Fig. N° 2.7 Visualizacion de errores de programa.

La figura 2.7 indica que se produjo un error en la línea 35 debido a que se utiliza el comando FOR y no se cerró el lazo con la instrucción NEXT.

Para la compilación del programa se puede utilizar la tecla **F9** desde el teclado del computador o bien el icono siguiente:



Fig. N° 2.8 Icono de compilación del programa.

Al compilar el programa se generara 4 archivos como son: .ASM, .MAC, .PBP, y .HEX

El archivo .HEX se lo utiliza para grabar el programa en el microcontrolador mediante el software IC-Prog y el Hardware que es un programador serial.

Una vez analizado el manejo del software PIC BASIC PRO se procede con la programación.

1 Cambiamos el encabezado del programa:

```

1 *****
2 '* Name      : TACOMETRO DIGITAL          *
3 '* Author   : ALEX HERRERA                *
4 '* Notice   : Copyright (c) 2008 [select VIEW...EDITOR OPTIONS] *
5 '*          : All Rights Reserved         *
6 '* Date     : 03/011/2008                 *
7 '* Version  : 1.0                         *
8 '* Notes    :                             *
9 *****

```

En esta ventana se coloca el nombre del proyecto, el nombre del autor y la fecha de elaboración del programa.

2 Se utiliza el Master Clear interno, se incluye librerías para la comunicación serial y se digitaliza el puerto A ya que este también es un puerto análogo.

```

10 @ device MCLR_OFF           'UTILIZAMOS EL MASTER CLEAR INTERNO
11 INCLUDE "MODEDEFS.BAS"     'INCLUIMOS UNA LIBRERÍA DE COMUNICACION SERIAL
12 DEFINE osc 4               'DEFINIMOS EL OSCILADOR A 4mhz
13 cmcon=7                    'DIGITALES A LOS PUERTOS

```

3 Declaramos las variables que se van a utilizar en el programa.

```

17 revo2 VAR WORD             'VARIABLE = 65535
18 revo VAR WORD              'VARIABLE = 65535
19 Y VAR BYTE                 'VARIABLE = 255
20 rpm VAR WORD               'VARIABLE = 65535

```

4 Como se utiliza un LCD es necesario definir lo siguiente:

```

21 DEFINE lcd_dreg portB     'Definicion para utilizar 4 bits del puerto B
22 DEFINE lcd_dbit 4         'Desde el B.4 hasta el B.7
23 DEFINE lcd_rsreg portA    'Definicion para utilizar el puerto A para el
24                           'registro de control
25 DEFINE lcd_rsbite 2       'En el bit A.2
26 DEFINE lcd_ereg portB    'Definicion para utilizar el Enable en el puerto B
27 DEFINE lcd_ebit 3        'En el bit B.3

```

5 Como siguiente paso se procederá a realizar el cuerpo del programa para que este reconozca los pulsos entregados por el sensor hacia el pin B.0 del microcontrolador.

```

32 prog:
33   COUNT portb.0,2080, revo2 'Cuenta los pulsos que ingresan al puerto B.0
34                               'en el intervalo de 2seg
35                               'y los almacena en la variable revo

```

6 Una vez almacenados los n pulsos en la variable revo2 se multiplica por treinta ya que dicha variable almacena los pulsos generados en dos segundos

$$Rpm = n \frac{\text{pulsos}}{\text{seg}} \times 30 \frac{\text{seg}}{\text{min}}$$

```

36   rpm =revo2 * 30           'Multiplica los pulsos de revo por 30

```

Y se almacena el nuevo dato en la variable rpm.

Las revoluciones por segundo se las adquiere dividiendo la variable revo2 para dos.

```
37 revo = (revo2)/2           'Se obtiene las revoluciones por segundo
```

7 Para la transmisión de los datos a la PC se utiliza un lazo For para que este repita la trama de datos 10 veces para que el computador la reconozca y la muestre en la pantalla.

```
38 FOR Y=0 TO 10             'Lazo repite hasta 10
39 SEROUT PORTB.2,t9600,[revo] 'envie el dato"revo/2" serialmente a una velocidad
40                           'de 9600 bits por segundo por el bit B.2
41 NEXT
```

8 Para la visualización de la velocidad (RPM) y n vueltas en la pantalla de cristal líquido de 8*2 se utiliza las siguientes instrucciones:

```
42 LCDOUT $fe,1,DEC (revo),"Hz" 'Limpia el LCD y muestra en la primera linea revo/2+Hz
43 LCDOUT $fe,$c0,DEC rpm,"RPM" 'En la segunda linea muestra la variable rpm + RPM
```

9 Para que el programa se actualice constantemente se utiliza una instrucción que haga que el programa inicie nuevamente desde **prog**:

```
44 GOTO prog
```

10 Finalmente se da la instrucción de finalización del programa.

```
45 END
```

2.1.6 PRUEBAS DE SIMULACIÓN.

Una vez creado el programa se procede a la simulación del circuito mediante el software PROTEUS (con su herramienta ISIS). Además este programa ayuda en la elaboración del circuito esquemático, así como en la creación de la placa a ser quemada (con la herramienta ARES) para el montaje de los elementos electrónicos.

2.1.3.1 Isis Profesional.

Es una herramienta indispensable para la simulación de circuitos electrónicos ya que evita quemar el microcontrolador y armar el circuito en el protoboard.

Al abrir el programa aparecerá la siguiente ventana:

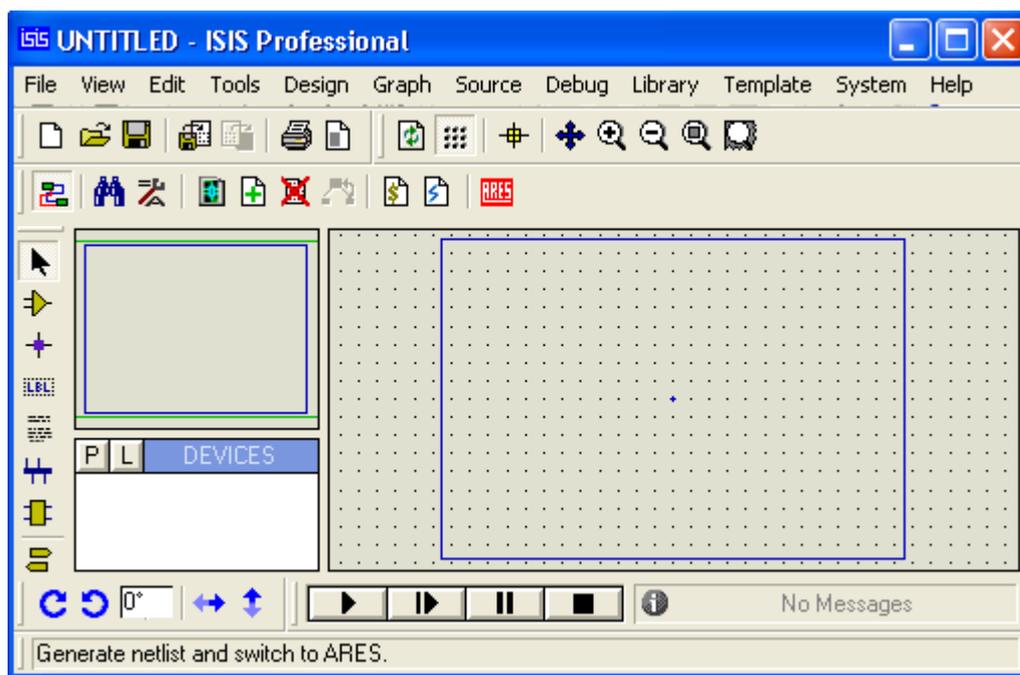


Fig. N° 2.9 Ventana principal del software Isis Profesional.

Se da un clic en este icono de la fig. N° 2.10 (Component Mode) para elegir los elementos a utilizar en el circuito.



Fig. N° 2.10 Component Mode

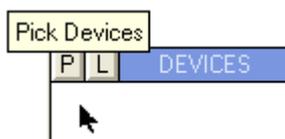


Fig. N° 2.11 Elegir componentes.

Luego se hace clic en la letra **P** y aparecerá una ventana en la que se puede escribir una referencia del elemento a utilizarse, empezaremos escribiendo en Keywords lo siguiente 16F628A.

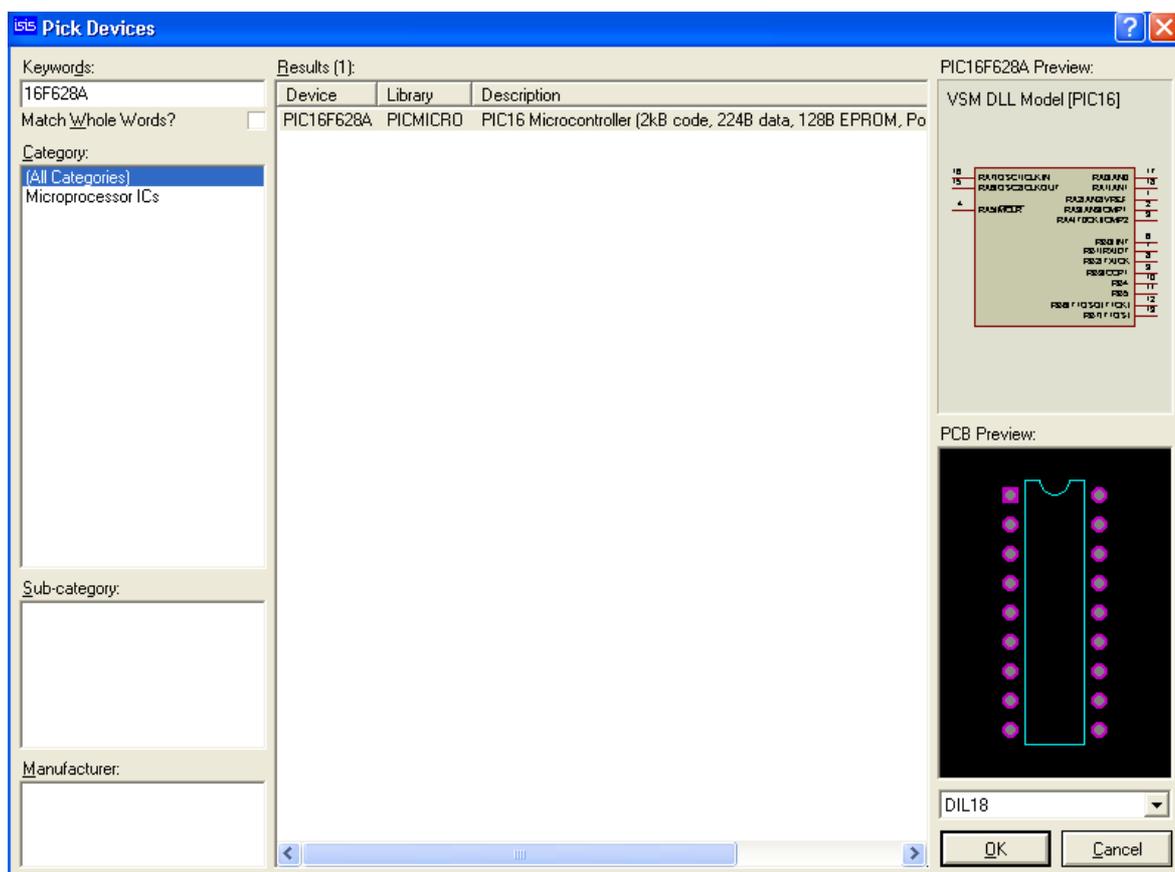


Fig. N° 2.12 Ventana de elección de elementos.

Se da un clic en aceptar y aparecerá el PIC16F628A en nuestra pantalla.

De esta forma se elige los elementos como el PIC, LCD, LED, resistencias de 330Ω y 4.7kΩ, un potenciómetro de 10kΩ, y un pulsador para la generación de pulsos hacia el microcontrolador.

Luego de escoger los elementos se procede a armar el circuito en base al programa creado anteriormente en el software PIC BASIC PRO

Teniendo en cuenta que el registro de control (RS) del LCD debe estar conectado al pin 1 del PIC16F628A, así como el Enable al pin 9 y el bus de datos que va del 11 al 14 del LCD a los pines desde el 10 al 13 del PIC correspondientemente.

Para la simulación del circuito se debe cargar el archivo hexadecimal al PIC del software ISIS para lo que se da un clic derecho en el elemento.

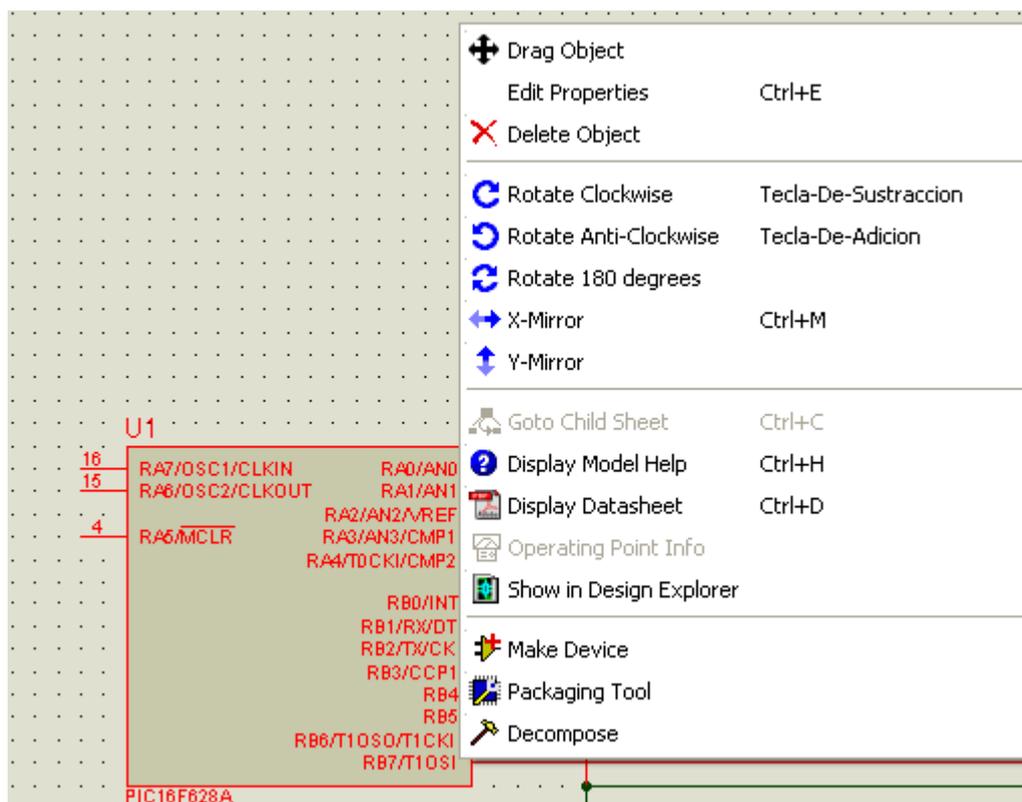


Fig. N° 2.13 Menu del Pic (Isis Profesional).

Al aparecer este menú se hace clic en la segunda opción Edit Properties donde aparecerá una ventana, luego se da un clic en el icono de Program File que es igual a una carpeta.

Buscamos el archivo con la terminación .HEX en este caso RPM2final.hex, se da un clic en abrir, luego se cambia el reloj a 4MHz y se hace clic en OK.

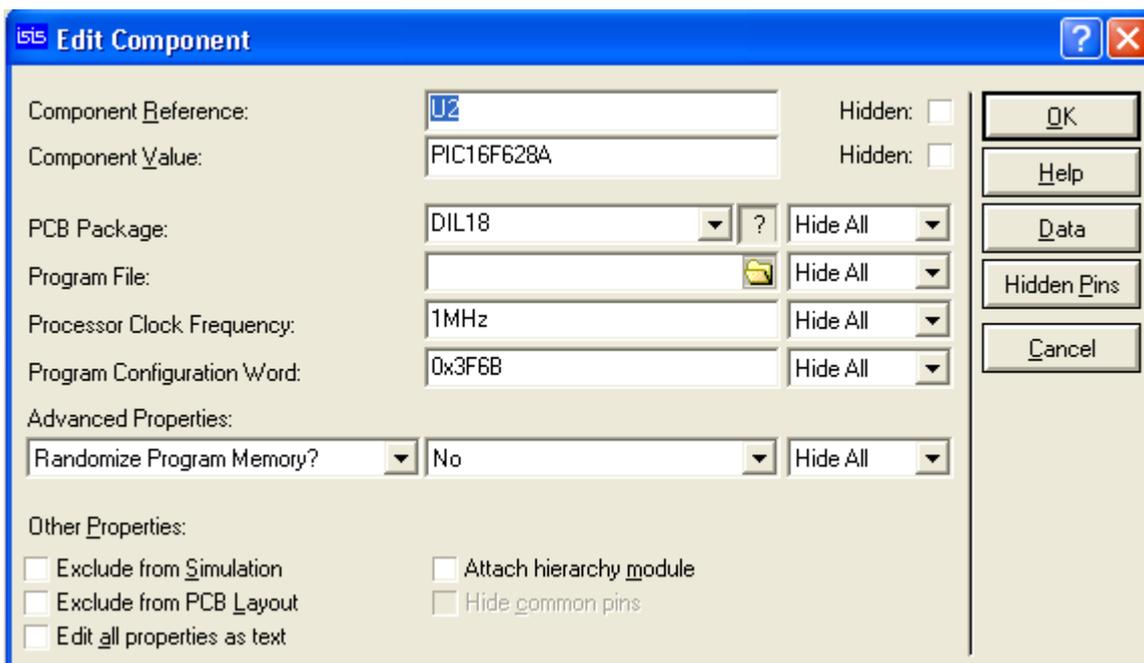


Fig. N° 2.14 Vista de edición de las propiedades del componente

Para la simulación del circuito electrónico se da un clic en Play que se encuentra en la parte inferior de la ventana principal.



Fig. N° 2.15 Control de simulación.

El programa se pondrá en ejecución y para verificar el funcionamiento correcto del software y Hardware, se genera pulsos con el pulsador conectado en el pin 6 del microcontrolador.

De esta forma se observa la simulación del circuito

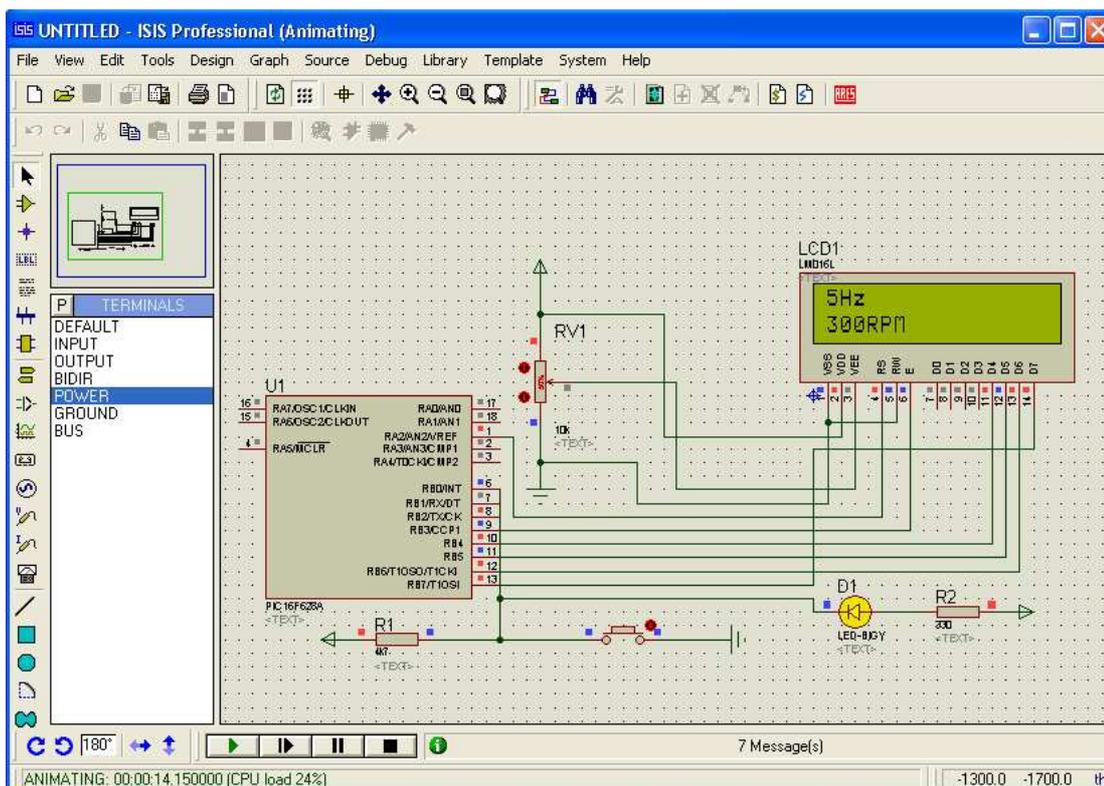


Fig. N° 2.16 Simulación de programa

2.1.8 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS A UTILIZARSE.

Como se observa en el circuito de simulación se utiliza un pulsador para la generación de pulsos hacia el PIC16F628A, este será remplazado en la práctica por un sensor inductivo debido a las características confiables que demostró en el diagnostico de elementos electrónicos anteriormente descrito en la pagina 38.

Además se utiliza:

- Un PIC16F628
- Un potenciómetro de $5K\Omega$ encapsulado debido a que el tacómetro estará sujeto a vibraciones.
- Un led.

- Una resistencia de 330Ω .
- Un LCD 8*2
- Un MAX 232 para la transmisión de datos hacia la PC.
- Cuatro condensadores electrolíticos de $10\mu\text{F}$.
- Un 7805 como regulador de voltaje.
- Una batería de 9V.

2.2 ELEMENTOS MECÁNICOS.

Estos fueron construidos en una mecánica industrial y con la ayuda de un mecánico, debido a que era necesaria la utilización de un torno, suelda, cortadora, entre otras herramientas para su elaboración:

Los elementos mecánicos del tacómetro digital esta conformado por:

- Base interna.
- Eje.
- Base para los rodamientos.
- Rodamientos.
- Chasis.

2.2.1 BASE INTERNA.

En esta base van acoplados los elementos anteriormente descritos, además tiene dos perforaciones con un diámetro igual a $\varnothing 12$ mm, el primero se utiliza para colocar el sensor inductivo, y el segundo para el montaje del eje.

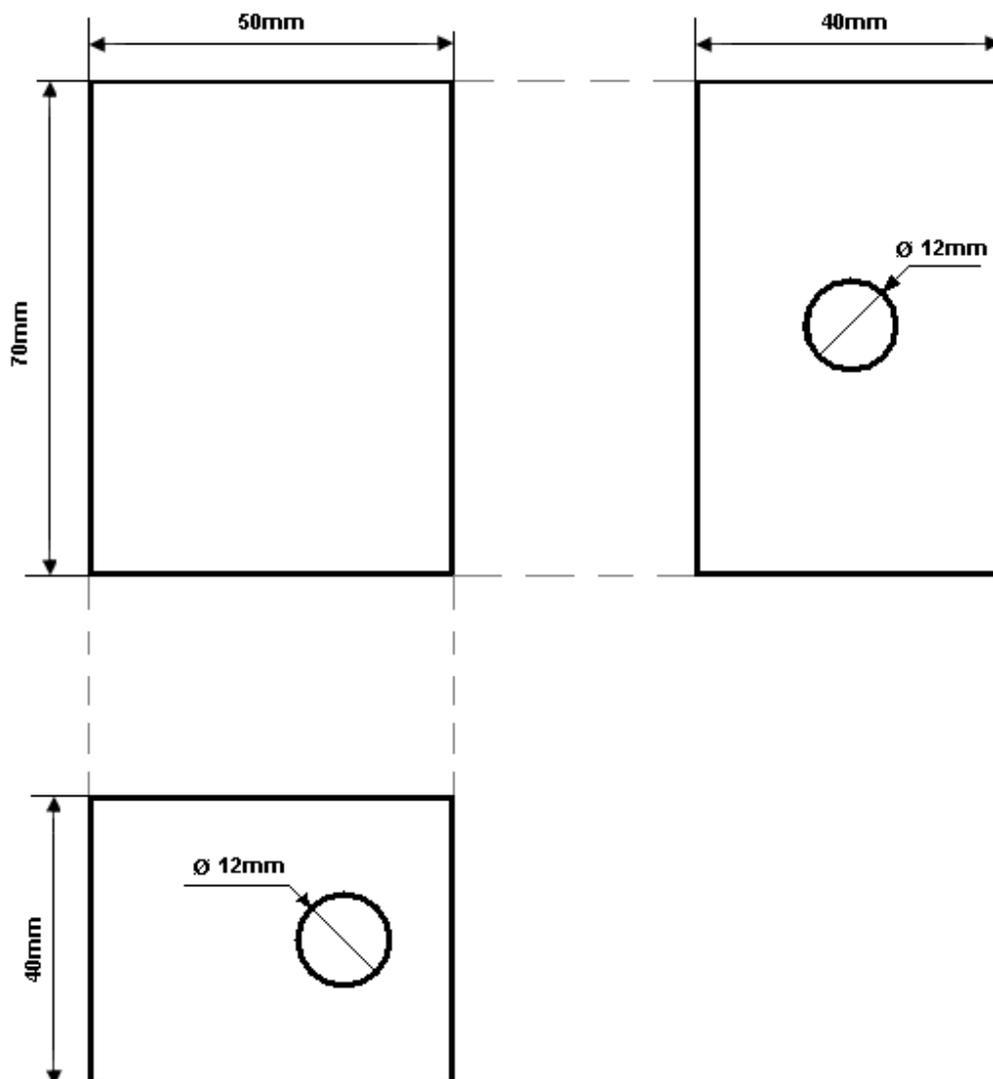


Fig. N° 2.17 Base interna.

2.2.2 EJE.

El eje posee un largo de 142mm y un diámetro de \varnothing 6mm, con una leva de igual diámetro con una altura de 4mm. El sensor inductivo genera un pulso cada vez que la leva pase frente a él mientras gira el eje.

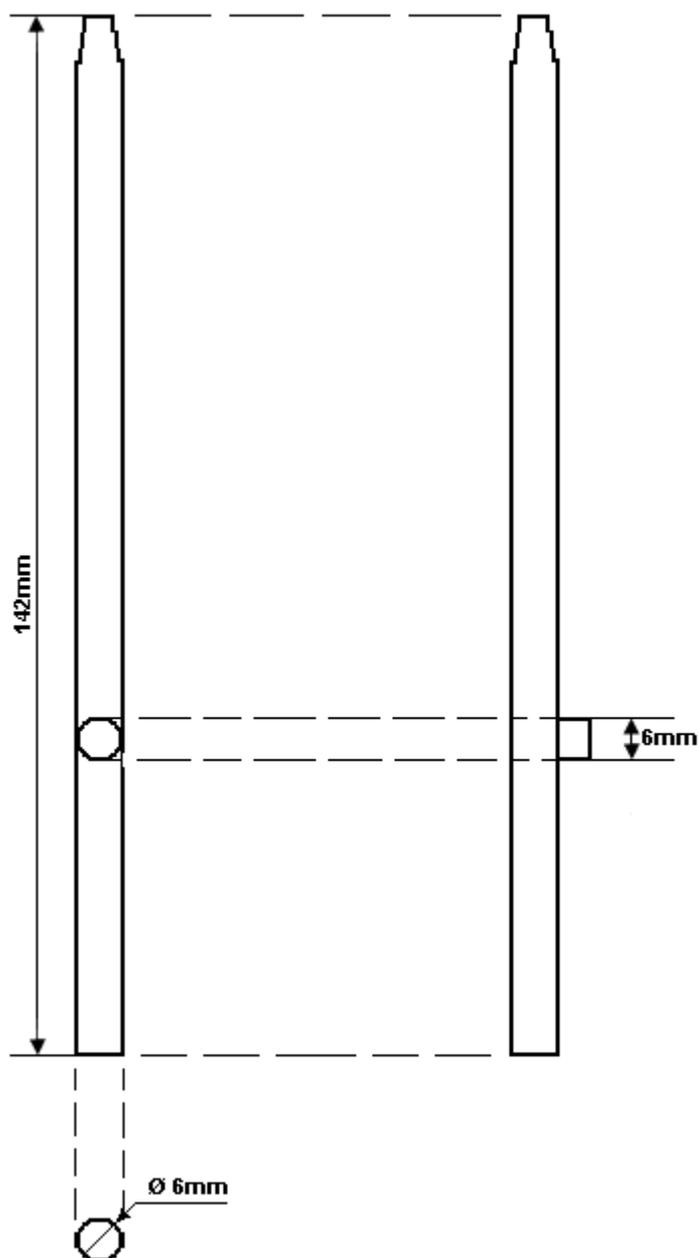


Fig. N° 2.18 Eje.

2.2.3 BASES PARA RODAMIENTOS.

Las bases para los rodamientos se utilizan debido a que el chasis esta elaborado de una lamina de metal de 1mm y esto no permite la colocación de cojinetes en sus paredes.

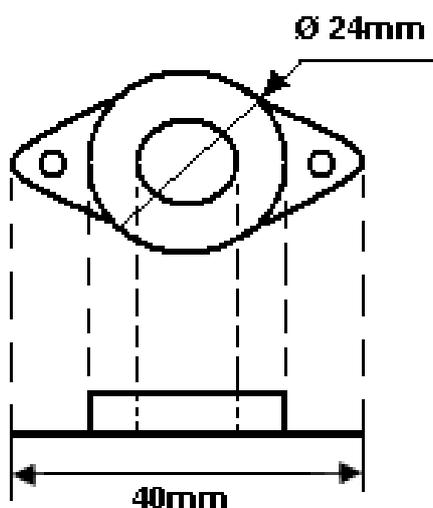


Fig. N° 2.19 Base para rodamiento.

2.2.4 RODAMIENTOS.

Los rodamientos se utilizan para apoyar el eje ya que es necesario que este gire con la menor fricción posible para evitar una lectura errónea, para esto se recurre a dos rodamientos de bolas de ranura profunda con el número de serie 626 con bajo la norma 2RS C3.



Fig. N° 2.20 Rodamiento Serie- 626

2.3 CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.

Para el funcionamiento de este proyecto se dispone de tres circuitos::

- Circuito de alimentación.
- Circuito de procesamiento de datos.
- Circuito de transmisión de datos.

2.3.1 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN.

Ya que es necesario polarizar el microcontrolador PIC16F628 con un voltaje $V_{ss}=0V$ y de $V_{dd} = 5V$, con una variación de voltaje de 3V hasta 5.5V, el circuito de alimentación dispone de una batería de 9V y un circuito integrado 7805 que actúa como un regulador de voltaje transformando el voltaje de la batería de 9VDC a 5VDC en los pines 3 y 2, siendo el pin 3 el positivo.

Además este circuito posee un interruptor (S1) encargado del encendido y apagado del equipo de instrumentación, adicionalmente se colocó un pulsador normalmente cerrado (P1), en el caso de que se desee, hacer una nueva medición sin tener que retirar el tacómetro del eje monitoreado.

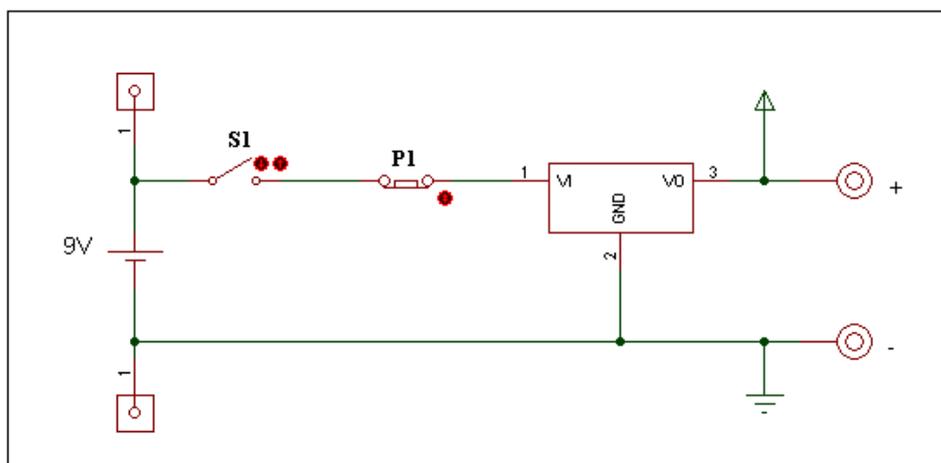


Fig. N° 2. 21 Circuito de alimentación.

2.3.2 CIRCUITO DE PROCESAMIENTO DE DATOS.

2.3.2.1 Circuito Detector.

Ya que es necesario elaborar un generador de pulsos para realizar el conteo de las revoluciones mediante el microcontrolador es necesario utilizar un sensor industrial de precisión, como es el sensor inductivo tipo tres hilos PNP (XS3 - P12NA370), normalmente cerrado cuyas dimensiones se presentan en la siguiente figura.

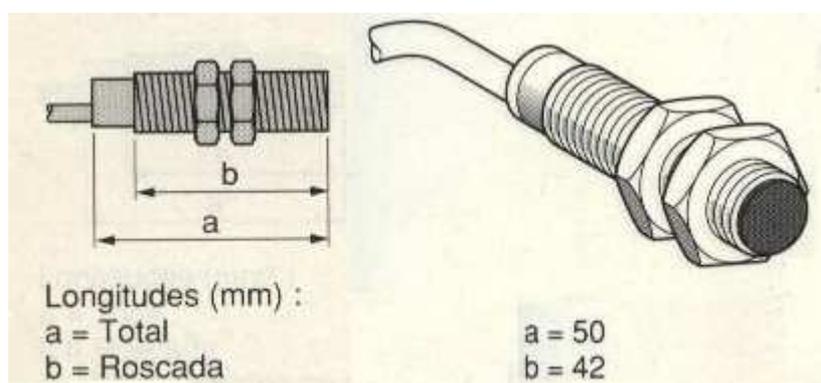


Fig. N° 2.22 Dimensiones del sensor.

El sensor del circuito se encuentra polarizado mediante la fuente de 5VDC, siendo el cable rojo VDC, el cable gris es GND y el conductor blanco el cable de salida que se conecta con el pin número 6 del microcontrolador.

Este sensor cambia de estado lógico de 1L a 0L cada vez que la leva del eje pase frente a él, ya que esta corta el campo electromagnético del sensor, disminuyendo la impedancia interna de la bobina, lo que hace que el circuito detector envíe una señal al amplificador de salida para realizar el cambio de estado de cerrado a abierto.

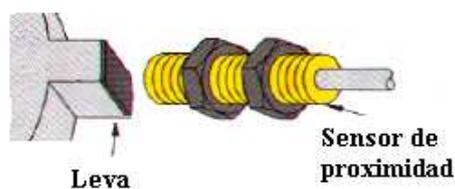


Fig. N° 2.23 Sensado.

Una vez que la leva ya no se encuentre cerca del sensor el campo magnético regresa a su estado original, retornando el transductor a su estado normalmente cerrado.

2.3.2.1 Circuito de Procesamiento.

El circuito de procesamiento de datos toma los pulsos generados por el sensor inductivo gracias al giro del eje y los envía al Pin número 6 del Pic. 16F628.

Mediante el programa generado para el microcontrolador se tiene que, el pin 6 que se encuentra en el puerto B identificado como RB0, se lo configuro como un puerto de entrada y este a su vez mediante la instrucción Count como un contador de pulsos por un determinado tiempo (2080us).

Estos pulsos serán almacenarlos en la variable denominada revo2, que no es mas que el número de revoluciones a las que el eje se encuentra girando en el lapso de dos segundos, una vez almacenados los pulsos en revo2 serán multiplicados por treinta para obtener las revoluciones por minuto, dando lugar a otra variable la cual será almacenada como rpm.

2.3.3 CIRCUITO DE TRANSMISIÓN DE DATOS.

Las variables revo y rpm serán enviadas a una pantalla de cristal liquido o LCD de 8*2 y a la pantalla del computador, pudiendo ser visualizadas en forma alfanumérica.

Para la transmisión de datos hacia la pantalla de LCD se utiliza el puerto B desde el Pin RB4 hasta RB7, se muestra un cuadro sobre la conexión de los pines entre el PIC y el LCD.

PIC16F628A		LCD		
#Pin	Descripción	#Pin	Símbolo	Descripción
1	RA2	4	RS	Registro de control/datos
9	RB3	6	E	Enable, habilita el modulo LCD
10	RB4	11	D4	Bit para el dato menos significativo
11	RB5	12	D5	
12	RB6	13	D6	
13	RB7	14	D7	Bit para el dato mas significativo

Tabla Nº 2.1 Conexiones Microcontrolador – LCD

Como se puede apreciar en la tabla se configuro el Pic para que la transmisión de datos hacia el LCD sea solo mediante 4 bits lo que significa que se estarán enviando grupos de 4 bits.

De igual forma la tabla muestra que el registro de control de datos se lo realizara mediante el Pin 1 del Pic 16F628A, se habilitara y deshabilitara el modulo LCD utilizando el Pin 9 del Pic.

Para la transmisión de datos hacia el computador se utiliza el circuito integrado Max 232 que actúa como una interface entre el Pic y el puerto DB9 del computador.

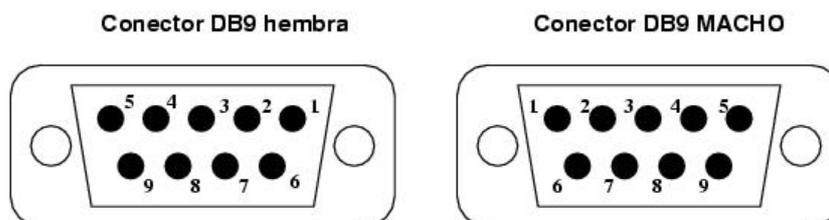


Fig. Nº 2.24 Conectores DB9

Se ocupa el puerto DB9 del computador para la recepción de datos ya que este utiliza la comunicación serial del tipo RS232 para la conexión de periféricos de entrada, cada pin del puerto esta dedicado a un propósito específico, que se encuentra determinado por el estándar RS232 mostrado en el cuadro.

# PIN	DESCRIPCIÓN
1	Tierra Chasis.
2	Recepción de Datos.(RD)
3	Transmisión de datos.(TD)
4	Terminal de datos. (DTR)
5	Tierra de señal.
6	Conjunto de datos esta listo. (DRS)
7	Solicita permiso para enviar datos.(RTS)
8	Pista libre para enviar datos.(CTS)
9	Timbre telefónico.(RI)

Tabla N° 2.2 Descripción de pines del Puerto DB9.

Para la transmisión de datos se utiliza los pines 2, 3 y 5. Con estos se logra enviar los datos necesarios para la visualización de las RPM en el computador.

La conexión entre los pines del Pic16F628 con el circuito integrado Max232 se muestran en la tabla 2.3 y las del Max con el conector DB9 se lo puede observar en la tabla 2.4.

PIC		Max 232	
#Pin	Descripción.	#Pin	Descripción.
8	RB2	10	T2IN
7	RB1	9	R2OUT

Tabla N° 2.3 Conexiones PIC. - MAX232.

Max 232		DB9	
#Pin	Descripción.	#Pin	Descripción.
7	T2OUT	2	Recepción de datos.
8	R2IN	3	Transmisión de datos.
		5	Tierra de señal.

Tabla N° 2.4 Conexiones MAX232. - DB9.

En la tabla se tiene que el pin 8 del Max232 y el pin 3 del conector DB9 pueden ser omitidos ya que solo se realiza una transmisión del tacómetro hacia la PC y no se realiza una transmisión de datos del computador hacia el tacómetro digital.

2.4 CIRCUITO TOTAL.

Una vez analizado el tacómetro en cada fase de su funcionamiento como la de alimentación, procesamiento de datos y transmisión, se presenta el circuito final creado en Proteus gracias a su herramienta ISIS. Siguiendo los pasos que fueron descritos en la etapa de elaboración del circuito para la simulación del programa del Pic.

Obteniendo el circuito de la figura 2.25, se está listo para crear el diagrama de montaje de elementos en la fibra de vidrio.

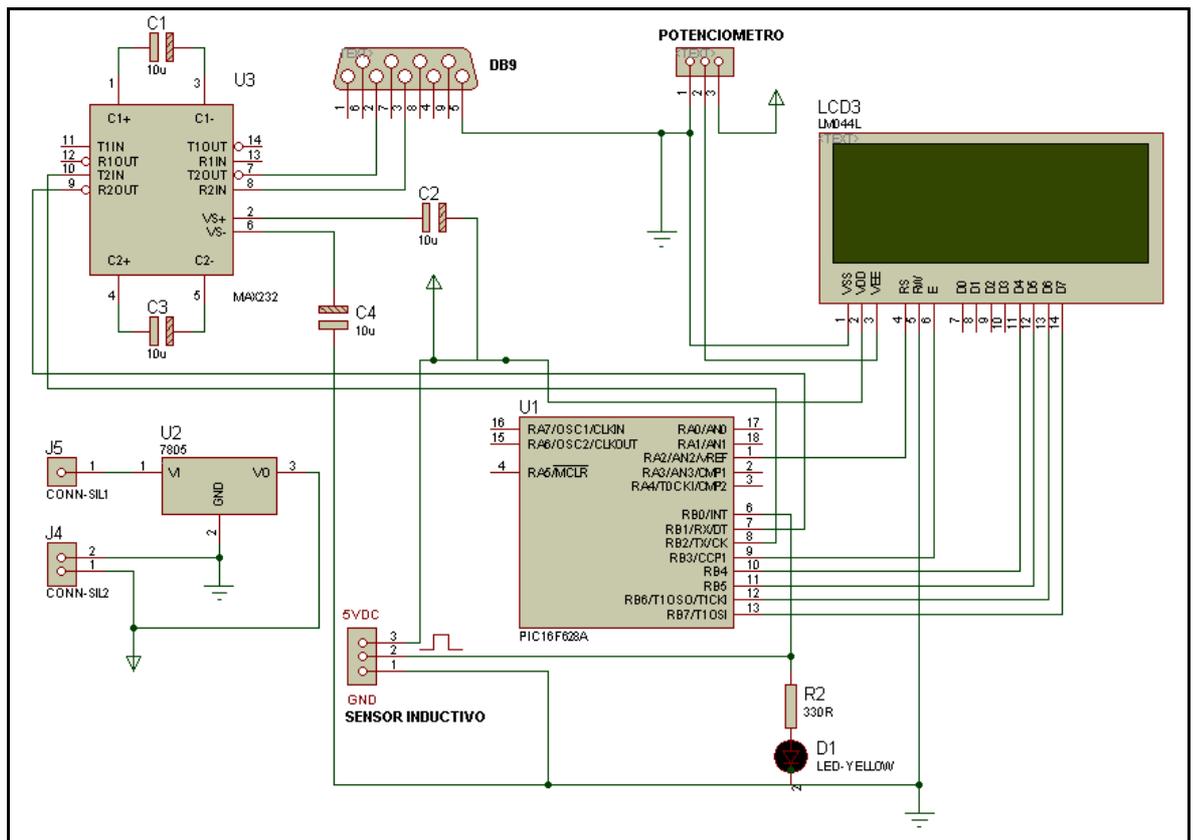


Fig. N° 2.25 Circuito electrónico del tacómetro

Para la elaboración de placa se guarda el circuito esquemático de la figura 2.25 y se realiza un clic en el icono siguiente, (fig 2.26) que se encuentra en la parte superior de la ventana principal de la herramienta ISIS.



Fig. N° 2.26 Icono de la herramienta ARES.

Luego aparecerá la ventana que contiene el área de trabajo de la herramienta Ares que sirve para el ruteo de la placa a ser quemada en la fibra o baquelita.

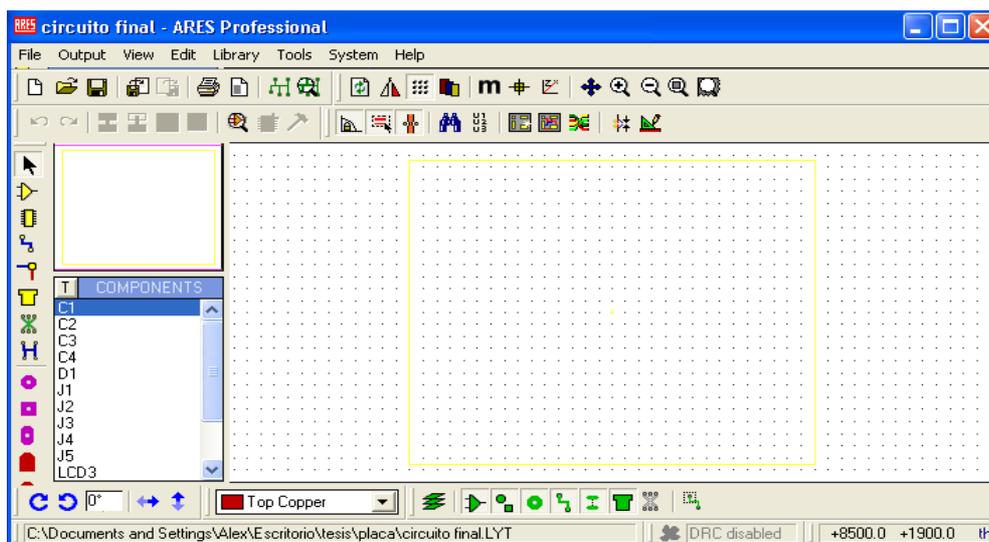


Fig. N° 2.27 Ventana principal de ARES

Esta ventana identifica la segunda herramienta del Proteus llamada Ares.

En esta se da un clic en el icono de la figura 2.28 y así se puede colocar los diferentes elementos como resistencias, condensadores, y todos los dispositivos electrónicos utilizados en el anterior circuito en el área de trabajo delimitada por el cuadro azul.



Fig. 2.28 Icono Component Mode.

Al arrastrar los elementos se observan unas líneas de orientación, las que indican la conexión que estas tienen con los elementos, se debe tomar en cuenta esto y colocar los elementos de forma que las líneas de conexiones no se encuentren entre cruzadas, esto ayudara al momento del ruteo para que este sea de una forma practica y eficiente, ya que al colocar los elementos de una forma indiscriminada y sin seguir el orden de acuerdo a estas líneas no se optimizara la herramienta ARES y por lo contrario resultaría mejor prescindir de este tipo de ayuda que brinda el Proteus.

Una vez arrastrados los elementos hacia el área de trabajo el circuito se observa de la siguiente manera.

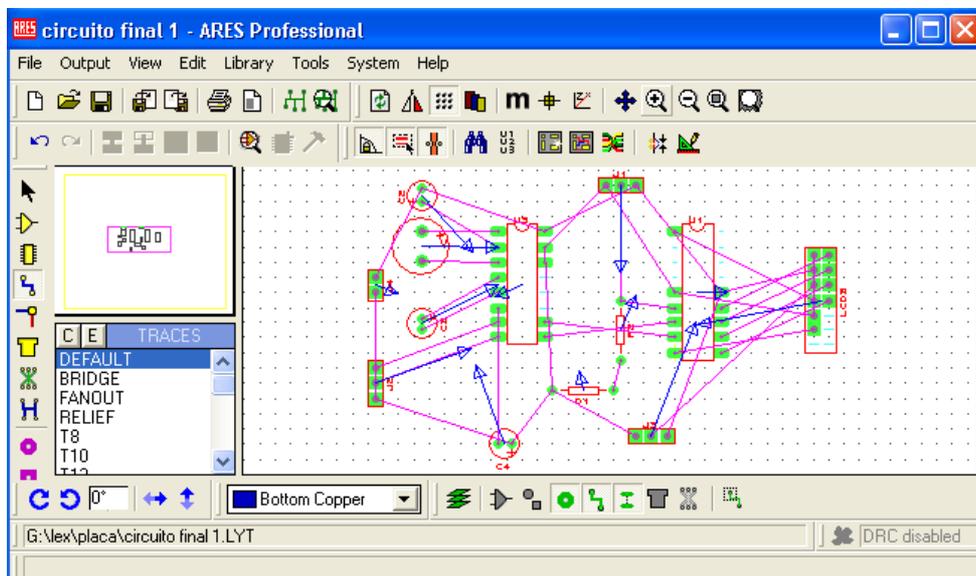


Fig. N° 2.29 Circuito previo al ruteo

Para el ruteo se utiliza el icono de auto ruteado donde es posible seleccionar diferentes tipos de estrategias para un mejor aprovechamiento de esta herramienta.



Fig. N° 2.30 Icono de auto ruteo.

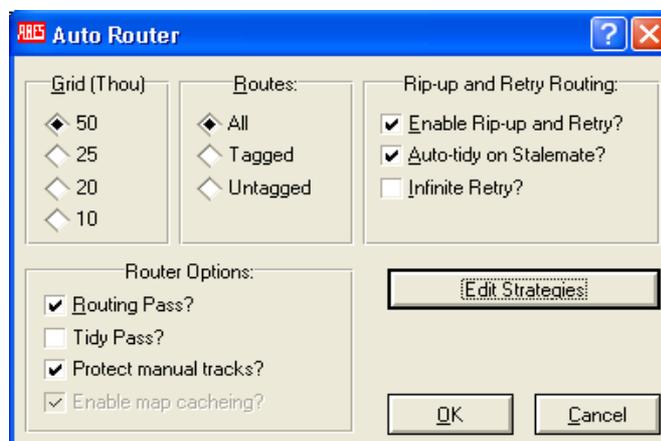


Fig. N° 2.31 Ventana de auto ruteo

A continuación se da un clic en la opción Edit Strategies y aparecen las siguientes ventanas.

En estas ventanas se deshabilita el Pair 1 (Hoz) de Strategy Power y Strategy Signal de esta forma la placa será ruteada en un solo lado de la fibra.

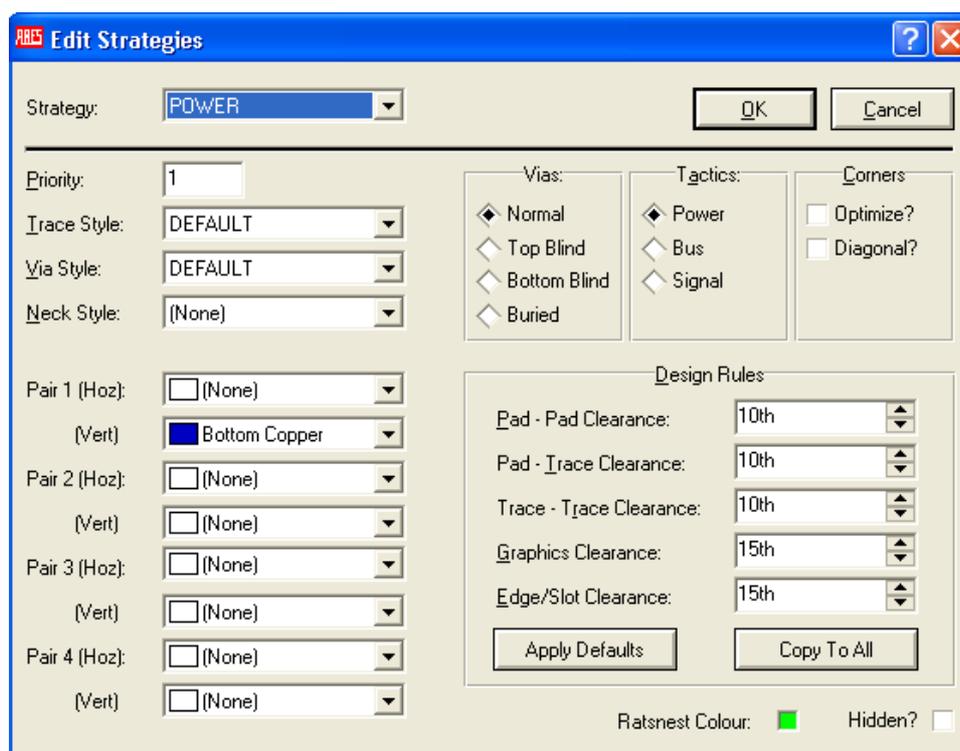


Fig. N° 2.32 Edición de estrategias para ruteo

Se da un clic en ok y luego en aceptar y ARES procederá a realizar el ruteo de las conexiones entre los elementos utilizados.

Al cabo de algunos minutos se obtuvo el siguiente circuito, el que ya puede ser impreso en una hoja de transferencia térmica para la elaboración de la placa.

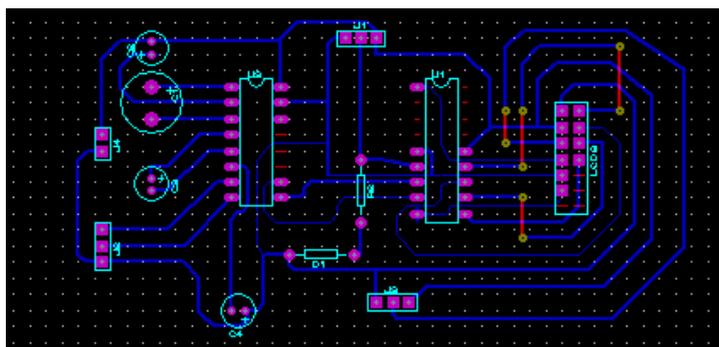


Fig. N° 2.33 Circuito ruteado.

Para mejorar el circuito fue trasladado a PAINT, al ser editado y corregido en algunas partes, se obtuvo como resultado la siguiente figura.

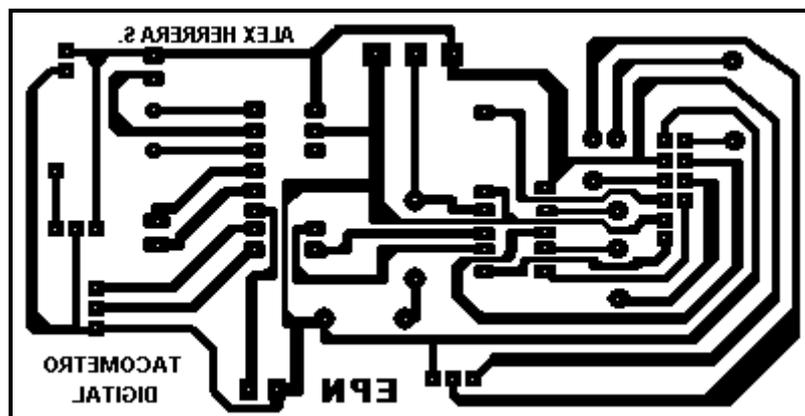


Fig. N° 2.34 Circuito de montaje de elementos electrónicos..

Esta fue impresa y luego transferida térmicamente hacia la placa de fibra para posteriormente ser tratada con cloruro férrico disuelto en un recipiente con agua.

Existe una opción en Ares que nos permite también exportar los símbolos de los elementos utilizados, estos al ser trasladados a PAINT para su edición y corrección se tiene la siguiente figura.

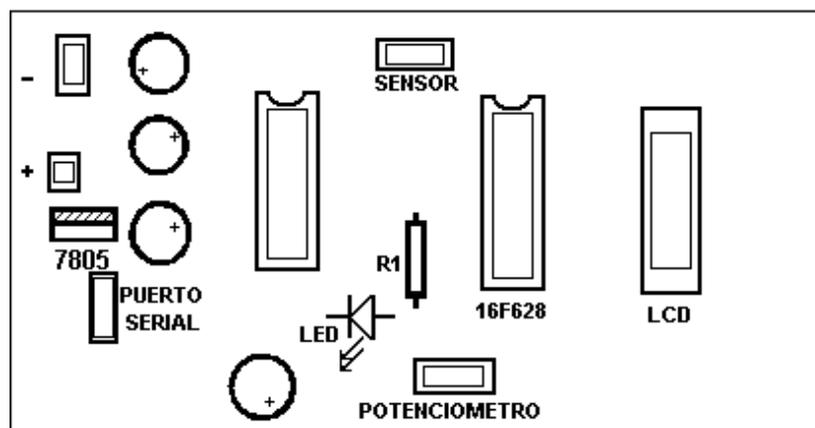
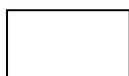
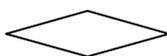


Fig. N° 2.35 Placa de elementos electrónicos.

Esta figura al ser impresa en papel térmico también se la puede transferir al otro lado de la placa de fibra, obteniendo una mejor presentación de la placa.

SÍMBOLOS Y SU SIGNIFICADO (DIAGRAMA DE FLUJO).**SÍMBOLO****SIGNIFICADO****Inicio / fin.****Flechas de flujo de la información.****Entrada de datos o información.****Proceso.****Programa ejecutable.****Conector.****Conector de página.****Decisión.****Salida (Pantalla).**

CAPITULO 3.- PROGRAMACIÓN.

3.1 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.

El lenguaje de programación es el conjunto de reglas, alfabeto, gramática y vocabulario que se utiliza para definir una secuencia de instrucciones para su procesamiento mediante un computador.

Para esto se utilizo un lenguaje de alto nivel como es el Lenguaje Basic (Acrónimo de Código de Instrucciones Simbólicas de Uso General para Principiantes) que es un lenguaje fácil de aprender y sencillo de utilizar ya que el set de instrucciones contiene palabras en ingles.

Gracias al lenguaje Basic se genero las instrucciones en el programa **MicroCode Studio Plus** que es un editor de texto del compilador **Pic Basic Pro**. En conjunto estos darán lugar a la creación de un programa con la terminación .Hex que servirá para grabar el microcontrolador mediante el software IC- Prog y un programador de Pics del tipo serial.

A continuación se tiene la secuencia de instrucciones que fueron creadas para el programa, con la respectiva descripción de cada comando utilizado.

```
@ DEVICE MCLR_OFF           'UTILIZAMOS EL MASTER CLEAR INTERNO.

INCLUDE "MODEDEFS.BAS"     'INCLUIMOS UNA LIBRERÍA DE COMUNICACION SERIAL.

DEFINE osc 4               'DEFINIMOS EL OSCILADOR A 4Mhz.

cmcon=7                   'DIGITALES A LOS PUERTOS.
```

DECLARO VARIABLES

revo2 **VAR** word 'VARIABLE = 65535

revo **VAR** word 'VARIABLE = 65535

Y **VAR** BYTE 'VARIABLE = 255

rpm **VAR** word 'VARIABLE = 65535

DEFINICIÓN PARA LCD

Define lcd_dreg portB 'DEFINICIÓN PARA UTILIZAR 4 BITS DEL PUERTO B

Define lcd_dbit 4 'DESDE EL B.4 HASTA EL B.7

Define lcd_rsreg porta 'DEFINICIÓN PARA UTILIZAR EL PUERTO A PARA EL
REGISTRO DE CONTROL

Define lcd_rsbit 2 'EN EL BIT A.2

Define lcd_ereg portB 'DEFINICIÓN PARA UTILIZAR ENABLE EN EL PUERTO B

Define lcd_ebit 3 'EN EL BIT B.3

CUERPO DEL PROGRAMA

prog:

Count portb.0,2080,revo 'CUENTA LOS PULSOS QUE INGRESAN AL PUERTO B.0
EN EL INTERVALO DE 2SEG Y LOS ALMACENA EN LA
VARIABLE REVO.

RPM = revo*30 'MULTIPLICA LOS PULSOS DE REVO POR 30

revo = (revo2)/2 'DIVIDE REVO2 PARA OBTENER REVOLUCIONES POR
SEG.

```

FOR Y=0 TO 10          'LASO REPITE HASTA 10

SEROUT PORTB.2,t9600,[revo] 'ENVÍE EL DATO "REVO" SERIAL MENTE A UNA
                           VELOCIDAD 'DE 9600 BITS POR SEGUNDO POR EL BIT B.2

NEXT

lcdout $fe,1,dec revo,"Hz" 'LIMPIA EL LCD Y MUESTRA EN LA PRIMERA LÍNEA
                           REVO+HZ

lcdout $fe,$c0,dec rpm,"RPM" 'EN LA SEGUNDA LÍNEA MUESTRA LA VARIABLE RPM +
                              RPM

GOTO prog

END

```

Mediante la utilización de Hardware y software (IC-PRG) se almacenara esta secuencia en el microcontrolador.

Una vez ejecutado el software IC-Prog se muestra una ventana en la que se debe abrir el archivo .Hex, además la ventana del IC-PROG debe estar configurada de la siguiente manera.

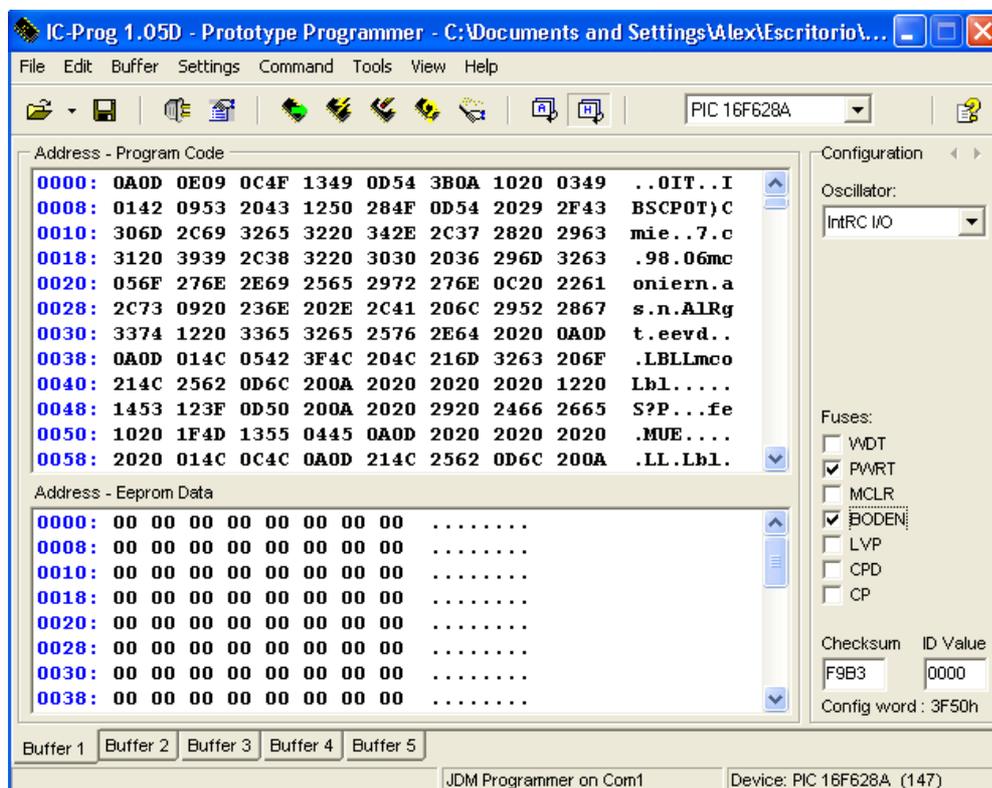


Fig. N° 3.1 Ventana principal del software IC- Prog.

En la ventana del Oscilador debe encontrarse la opción IntRC I/O y en Fuses PWRT y BODEN para que el programa de nuestro microcontrolador funcione adecuadamente.

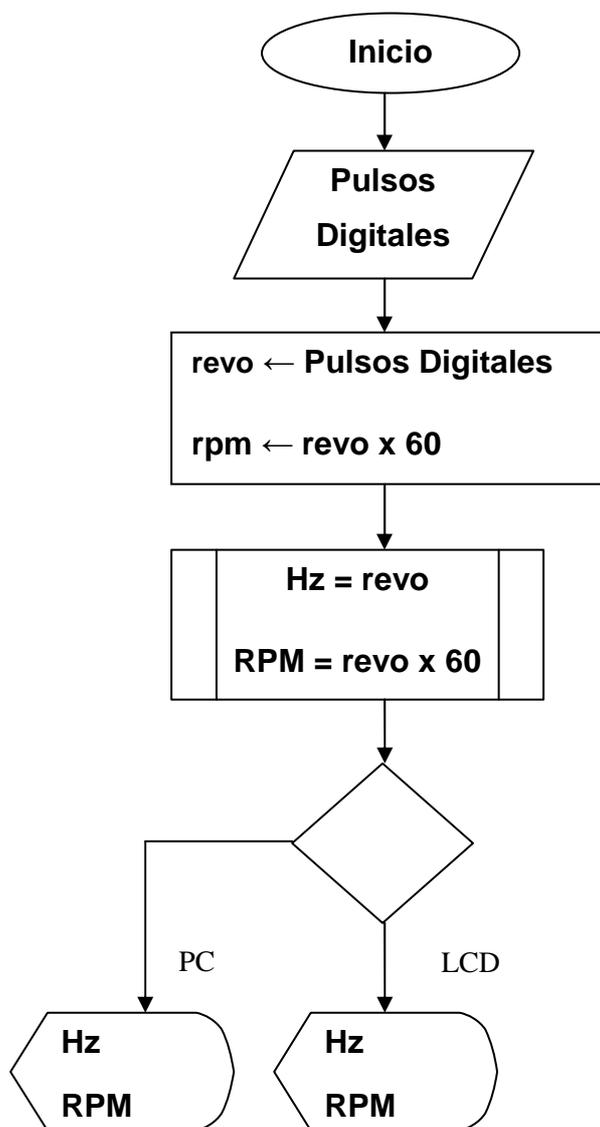
Finalmente para programar el Pic solo se debe dar un clic en el icono que muestra la Fig. 3.2 y el programa creado en Pic Basic Pro será transferido al microcontrolador.



Fig. N° 3.2 Icono programar todo.

Una vez programado el Pic esta listo para ser retirado del programador para trasladarlo a su circuito impreso, para la verificación de su funcionamiento final.

3.2 DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA.



3.3 FUNCIONAMIENTO.

El tacómetro inicia con la fase de adquisición de datos, en este caso toma el giro de los ejes y los transforma a pulsos digitales mediante el sensor inductivo, lo que permite realizar el conteo del número de vueltas o revoluciones del eje monitoreado durante dos segundos.

Este número de pulsos es almacenado en la variable denominada **revo2**, con esto se obtiene un dato que servirá para adquirir la velocidad del giro del motor en RPM.

La variable **revo2** es multiplicada por la constante 30 para obtener la variable **rpm**, en la que es almacenada la velocidad de giro de los ejes en revoluciones por minuto.

Para la obtención de las revoluciones por segundo la variable denominada **revo2** es dividida por la constante 2, luego el resultado de esta operación es almacenado en la variable **revo**.

La variable **revo** identificada con Hz es enviada al LCD en la primera línea y la variable **rpm** identificada con RPM es enviada a la segunda línea para su visualización.

La variable **revo** también es trasladada al circuito integrado Max 232 mediante el Pin RB2 a una velocidad de 9600 bits por segundo. Luego el Max lo envía mediante el conector DB9 hacia la PC

En Visual Basic es tomada la variable **revo** y de igual forma como en el programa del PIC16F628A esta se multiplica por una constante (60) para obtener la velocidad en revoluciones por minuto.

Una vez explicado el funcionamiento interno del tacómetro describiremos como se debe utilizar el equipo para el monitoreo de la velocidad en revoluciones por minuto.

El tacómetro dispone de un botón color rojo el cual al ser presionado energiza al circuito electrónico para que realice las operaciones anteriormente descritas.

Luego de encendido el dispositivo se debe colocar el eje del equipo de forma axial al eje a ser monitoreado, se tomara una muestra del giro en dos segundos y aparecerá la velocidad en RPM y Hz en la pantalla de cristal líquido.

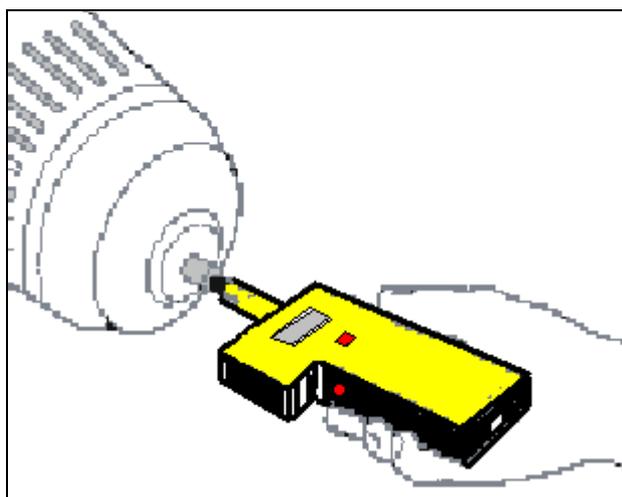


Fig. 3.3 Medición de RPM.

Si se desea hacer otra medición sin retirar el tacómetro del eje se puede presionar el pulsador del lado izquierdo del tacómetro así se reiniciara el Pic, haciendo una nueva lectura de la velocidad.

Al medir la velocidad de los ejes el tacómetro digital lo hace en el sentido de giro horario, tanto como anti horario sin ningún contratiempo.

CAPITULO 4

4.1 CUADRO DE PRUEBAS.

La tabla que a continuación se presenta es una comparación entre dos tacómetros, el del proyecto y un tacómetro inglés marca COMPACT serie CT200818.

Eje Nº	TACÓMETRO DE CONTACTO				TACÓMETRO COMPACT				ERROR	
	LECTURA				LECTURA					
1	1800	RP M	30	HZ	1792	RPM	29.8	HZ	0.4	%
2	3840	RP M	64	HZ	3823	RPM	63.7	HZ	0.4	%
3	1800	RPM	30	HZ	1780	RPM	29.6	HZ	1.1	%
4	3600	RPM	60	HZ	3590	RPM	59.8	HZ	0.2	%

Tabla Nº 4.1 Cuadro de Pruebas.

4.2 CONCLUSIONES.

- El tacómetro digital cumple con las especificaciones técnicas necesarias para realizar mediciones de velocidad (RPM) en ejes que necesiten ser monitoreados y calibrados para su correcto funcionamiento.
- Mediante el uso de un microcontrolador PIC 16F628A se consiguió procesar los pulsos entregados por el sensor inductivo de 3 hilos tipo PNP y presentarlos de una forma alfanumérica en una pantalla de cristal líquido (LCD 8x2).
- Este equipo portátil utiliza un eje que toma una muestra de la velocidad a la que se encuentre girando el objeto en estudio mediante contacto axial.

- Gracias a la utilización de elementos mecánicos y electrónicos adecuados este instrumento es de fácil manejo.
- Debido a que el tacómetro adquiere datos mientras el cuerpo en estudio se encuentre girando se logra adquirir datos para el mantenimiento de la maquinaria sin que se realicen paros innecesarios.

4.3 RECOMENDACIONES.

- El tacómetro construido posee un eje para medir las revoluciones, a más de esto sería muy conveniente añadirle un circuito que contenga un sensor óptico que genere pulsos como lo hace el sensor inductivo para que este equipo pueda hacer mediciones en lugares incómodos donde no sea posible utilizar la punta de eje que este tacómetro tiene incorporado.
- Se recomendaría elaborar un programa el cual adquiriera los datos de velocidad del tacómetro y los almacene en una base de datos en la PC ya que siempre es necesario llevar una documentación para el mantenimiento de la maquinaria.
- Para la transmisión de datos hacia la PC este tacómetro utiliza un cable serial, es aconsejable adecuar un sistema inalámbrico para dicha transmisión, dando lugar una mayor comodidad al usuario.

BIBLIOGRAFÍA.

- Larburu, Nicolás; **Máquinas Prontuario**. Editorial Aula Magna; España, 2006.
- Grupo SCHNEIDER; **Telemecanique. Catalogo**; Francia, 1994.
- Pope, J. Edward; **Soluciones Practicas para el Ingeniero Mecánico**. Mc Graw Hill; Mexico, Septiembre 2000.
- Reyes; **Aplicaciones practicas de Microcontroladores**, Ecuador.
- Corrales, Santiago; **Electrónica Practica con Microcontroladores**, Ecuador, 2006.
- **AgroADS, Tacómetro industrial digital mecánico y laser**, Consulta: 08 abril 2008, <<http://www.agroads.com>>
- Albuquerque, **Tacometros Portatiles Digitales y Mecanicos**, Consulta: 08 abril 2008, < <http://www.abq-instrumentos.com> >
- **Quiminet, Características y usos de los tacómetros**, Consulta 08 abril 2008, < www.quiminet.com.mx >
- Wikipedia, **Rodamiento, Eje, Chasis, Sensor Inductivo**, Consulta 02 julio, < www.wikipedia.com>

ANEXO 1

FOTOGRAFÍA FRONTAL DEL TACÓMETRO.



ANEXO 2

FOTOGRAFÍA POSTERIOR DEL TACÓMETRO



ANEXO 3

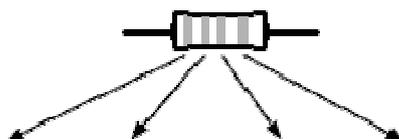
FOTOGRAFÍA LATERAL DEL TACÓMETRO.



ANEXO 4

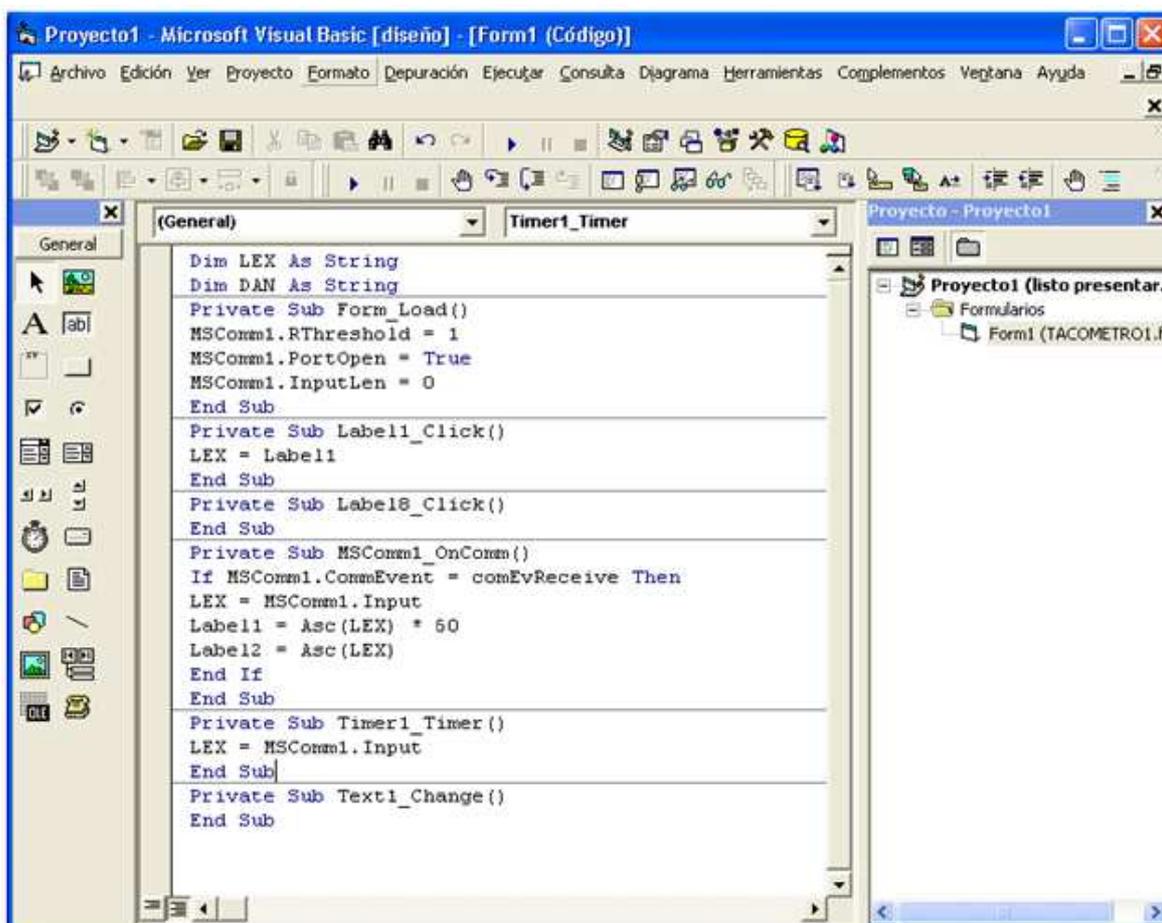
CÓDIGO DE COLORES DE LAS RESISTENCIAS.

Código de colores



Colores	1ª Cifra	2ª Cifra	Multiplicador	Tolerancia
Negro		0	0	
Marrón	1	1	$\times 10$	$\pm 1\%$
Rojo	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Naranja	3	3	$\times 10^3$	
Amarillo	4	4	$\times 10^4$	
Verde	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
Azul	6	6	$\times 10^6$	
Violeta	7	7	$\times 10^7$	
Gris	8	8	$\times 10^8$	
Blanco	9	9	$\times 10^9$	
Oro			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
Plata			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$
Sin color				$\pm 20\%$

ANEXO 5

SECUENCIA DE INSTRUCCIONES PARA TRANSFERENCIA HACIA LA PC
(VISUAL BASIC).

```
Projecto1 - Microsoft Visual Basic [diseño] - [Form1 (Código)]
Archivo Edición Ver Proyecto Formato Depuración Ejecutar Consulta Diagrama Herramientas Complementos Ventana Ayuda

Dim LEX As String
Dim DAN As String
Private Sub Form_Load()
MSComm1.RThreshold = 1
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.InputLen = 0
End Sub
Private Sub Label1_Click()
LEX = Label1
End Sub
Private Sub Label18_Click()
End Sub
Private Sub MSComm1_OnComm()
If MSComm1.CommEvent = comEvReceive Then
LEX = MSComm1.Input
Label1 = Asc(LEX) * 60
Label2 = Asc(LEX)
End If
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
LEX = MSComm1.Input
End Sub
Private Sub Text1_Change()
End Sub
```

ANEXO 6

CORRIDA DE PROGRAMA (VISUAL BASIC).

Form1

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

TACOMETRO DIGITAL



Hz

RPM

E SCIENTIA HOMINIS SALUS

MC78XX/LM78XX/MC78XXA

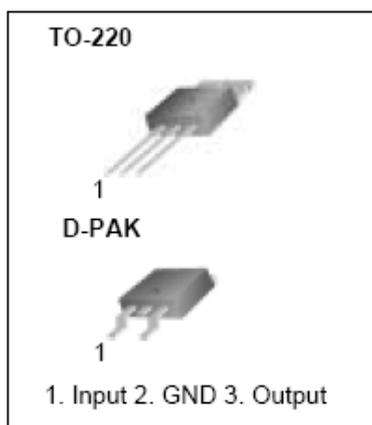
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

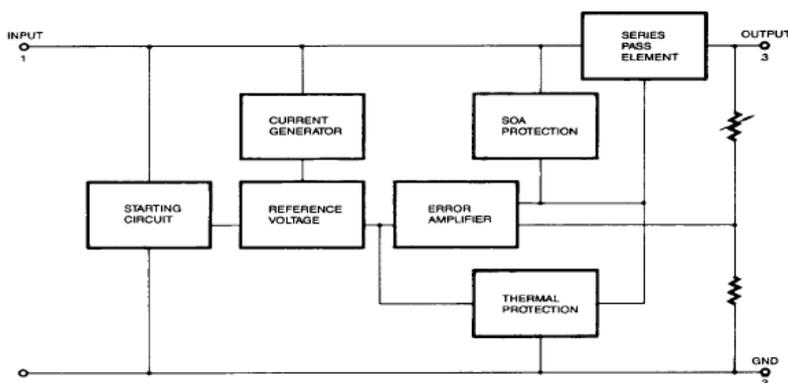
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

Detectores de proximidad inductivos

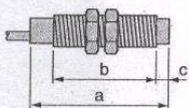
Aparatos de señal analógica
Forma cilíndrica roscada M18 x 1

Cuerpo metálico o de plástico
Conexión por cable, longitud 2 m.

Generalidades
página 3/324
Curvas de salida
página 3/324
Esquemas de conexión
página 3/324

Aparatos empotrables en el metal

no empotrables en el metal



Longitudes (mm) :

a = Total

b = Roscada

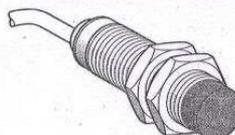
c = Para aparatos no empotrables

a = 50

b = 42

c = 0

Cuerpo metálico

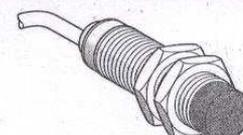


a = 40,6

b = 26

c = 8

Cuerpo plástico



a = 40,6

b = 26

c = 8

Cuerpo plástico

Alcance nominal (Sn)

0,5...5 mm

0,8...8 mm

0,8...8 mm

Referencias

Tipo 3 hilos --- Salida 0...10 mA (1) 4...14 mA (2)	-	-	XS4-P18AB110
Salida 4...20 mA (2) 0...16 mA (1)	● XS1-M18AB120	● XS4-P18AB120	-
Peso (kg)	0,120	0,080	0,080

Características

Modo de conexión	Por cable 3 x 0,34 mm ² , longitud 2 m		
Grado de protección	IP 67		
Campo de funcionamiento	0,5...5 mm	0,8...8 mm	0,8...8 mm
Reproductibilidad	± 3 %		
Error de linealidad	± 4 %		
Temperatura del aire ambiente	Para funcionamiento : - 25...+ 70 °C		
Tensión asignada de alimentación	--- 24 V	--- 24 V	--- 24...48 V
Límites de tensión (ondulación incluida)	--- 15...38 V	--- 15...38 V	--- 15...58 V
Deriva de la corriente de salida θ ambiente : - 25...+ 70 °C	≤ 10 %		
Intensidad consumida, sin carga	4 mA		

Velocidad máxima de funcionamiento 500 Hz

(1) Zona de corriente de salida Is en conexión tipo "3 hilos", ver página 3/324

(2) Zona de corriente de salida Is en conexión tipo "2 hilos", ver página 3/324

Instalación

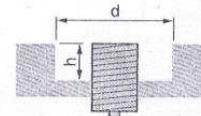
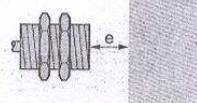
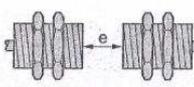
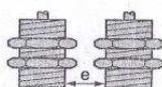
Distancias a respetar
en el montaje (mm)

Yuxtapuesto

Enfrentado

Cara a masa metálica

En soporte metálico



XS1-M18AB120 empotrable	e ≥ 10	e ≥ 60	e ≥ 15	d ≥ 18, h ≥ 0
XS4-P18AB110 no empotrable	e ≥ 32	e ≥ 96	e ≥ 24	d ≥ 54, h ≥ 16
XS4-P18AB120 no empotrable	e ≥ 32	e ≥ 96	e ≥ 24	d ≥ 54, h ≥ 16
Par de apriete de las tuercas	< 15 N.m (cuerpo metálico), < 5 N.m (cuerpo de plástico)			

PIC16F627A/628A/648A

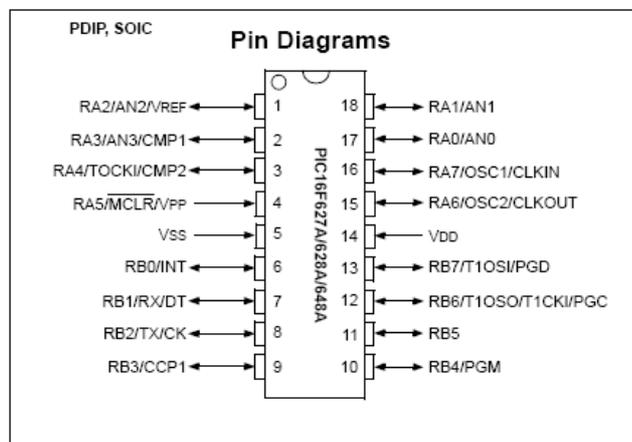


TABLE 1-1: PIC16F627A/628A/648A FAMILY OF DEVICES

		PIC16F627A	PIC16F628A	PIC16F648A	PIC16LF627A	PIC16LF628A	PIC16LF648A
Clock	Maximum Frequency of Operation (MHz)	20	20	20	4	4	4
	Flash Program Memory (words)	1024	2048	4096	1024	2048	4096
Memory	RAM Data Memory (bytes)	224	224	256	224	224	256
	EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	128	128	256
	Timer module(s)	TMR0, TMR1, TMR2					
Peripherals	Comparator(s)	2	2	2	2	2	2
	Capture/Compare/PWM modules	1	1	1	1	1	1
	Serial Communications	USART	USART	USART	USART	USART	USART
	Internal Voltage Reference	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Features	Interrupt Sources	10	10	10	10	10	10
	I/O Pins	16	16	16	16	16	16
	Voltage Range (Volts)	3.0-5.5	3.0-5.5	3.0-5.5	2.0-5.5	2.0-5.5	2.0-5.5
	Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Packages	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin QFN					

All PICmicro® Family devices have Power-on Reset, selectable Watchdog Timer, selectable Code Protect and high I/O current capability.
All PIC16F627A/628A/648A Family devices use serial programming with clock pin RB6 and data pin RB7.

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	–0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	–0.3 V to –15 V
Input voltage range, V_I : Driver	–0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	–0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	73°C/W
DW package	57°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	–65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			± 30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232	0	70	°C
		MAX232I	–40	85	

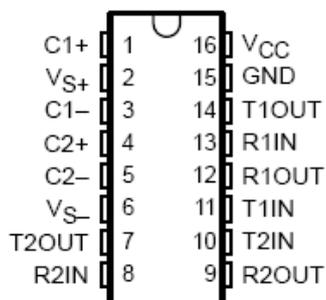
electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT	
I_{CC}	Supply current			8	10	mA

† All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5$ V ± 0.5 V.

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE (TOP VIEW)



 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265