



CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS

INGENIERIA EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

**Seminario de Solución a Problemas de
Programación de Sistemas Embebidos**

Ing. José Jesús Ramos Guillen

Aguilar Rodriguez Carlos Adolfo
215860049

Proyecto Final # 9

“Control de Potencia 0% - 100% de un Taladro”

4 de Diciembre del 2016

• OBJETIVOS:

Comprender, analizar, utilizar y manipular la potencia de una fuente de energía de corriente alterna de 127V - 60Hz con el uso de un microcontrolador PIC16F887; introduciendo los valores del porcentaje deseado desde 0% a 100% con un teclado matricial de 4 x 4 y mostrando los datos en un Display de Cristal Líquido.

Realizando la programación en lenguaje C con uso del software Mikro C y Proteus para la simulación.

• MARCO TEORICO:

Para la realización de este proyecto se hizo una investigación previa sobre los siguientes temas los cuales serán analizados a lo largo del reporte.

- MICROCONTROLADORES
 - Marcas
 - Arquitectura (Von Neumann y Harvard)
 - Set de Instrucciones
 - Tipos Encapsulado
 - Características
 - Breve repaso microcontrolador PIC16F887
- TECLADO MATRICIAL 4 x 4
 - Funcionamiento
 - Configuración en Mikro C
 - Antirebote
 - Pull up y pull down
- DISPLAY DE CRISTAL LIQUIDO 16x2
 - Tipos de LCD
 - Características y Funcionamiento
 - Controlador Hitachi HD 44780
 - Configuración Nativa y Mikro c
- LEY DE OHM
 - Voltaje Corriente Y Resistencia
- LEY DE WATT
- CORRIENTE ALTERNA
 - Análisis onda senoidal (Ciclo, Periodo, Frecuencia)
 - Valor medio, RMS, valor pico
 - Puente rectificador de diodos
 - Cruce por cero
- CORRIENTE DIRECTA
- DIODO
 - Región P y N
 - Huecos y Electrones
 - Tipos de Polarización
- SCR
- DIAC
- TRIAC
 - Control de Fase
 - Cruce por cero
- PUENTE RECTIFICADOR DIODOS TIPO H
- AISLADOR OPTOELECTRICO
 - 4N25 NPN
 - MOC 3011
- Materiales
- Diagrama Esquemático
- Implementación

• INTRODUCCION

MICROCONTROLADORES

Los microcontroladores actualmente están en todos lados aunque no los podamos percibir hacemos uso diario de ellos son capaces de realizar tareas de distintas aplicaciones de forma automática en campos como la robótica, industria automotriz, industria alimenticia, industria agropecuaria, domótica, electrónica, comunicaciones entre muchos otros más.

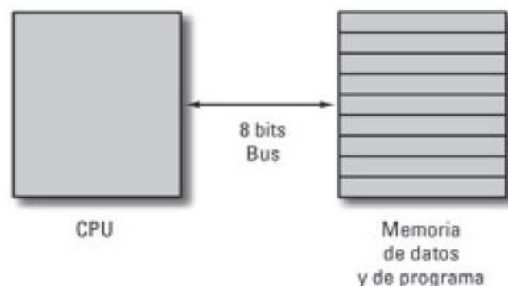
Sin duda alguna es uno de los dispositivos más usados en el área de control por su bajo consumo de energía y precio muy accesible.

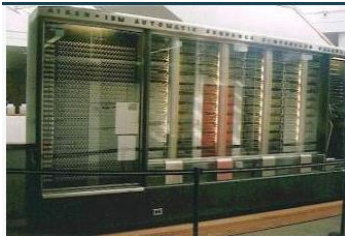
Podemos encontrar en el mercado gran variedad de marcas que fabrican microcontroladores:



ARQUITECTURA VON NEUMANN

Desarrollada en 1949 por John Von Neumann se implementó para crear computadoras como la **ENIAC**. Esta arquitectura tiene un bus destinado para la transmisión de datos e instrucciones lo que la hacía demasiado lenta cuando se transmitía gran cantidad de datos esta arquitectura fue reemplazada por la arquitectura Harvard a finales de los 80's



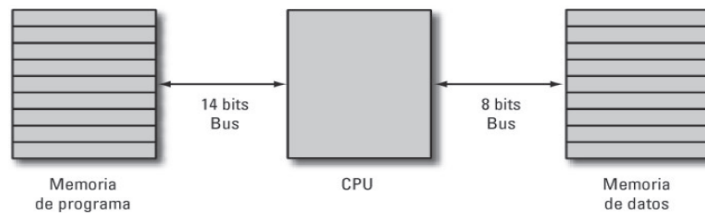


ARQUITECTURA HARVARD

El concepto y nombre de esta arquitectura viene de la computadora **MARK1** desarrollada en la universidad de Harvard en 1944

Esta arquitectura cuenta con dos buses uno para los datos y el otro para instrucciones.

Por lo que la hace más rápida que la arquitectura Von Neumann



TIPOS DE SET DE INSTRUCCIONES

- **CISC** (Computadora de conjunto complejo de instrucciones)
 - 83 instrucciones de 16 bits
- **RISC** (Computadora de conjunto reducido de instrucciones)
 - Normalmente constan de 35 instrucciones de 14 bits
 - 33 instrucciones de 12 Bits
 - 49 instrucciones de 14 Bits
- **SISC**(Computadora de conjunto específico de instrucciones)

TIPOS DE ENCAPSULADO

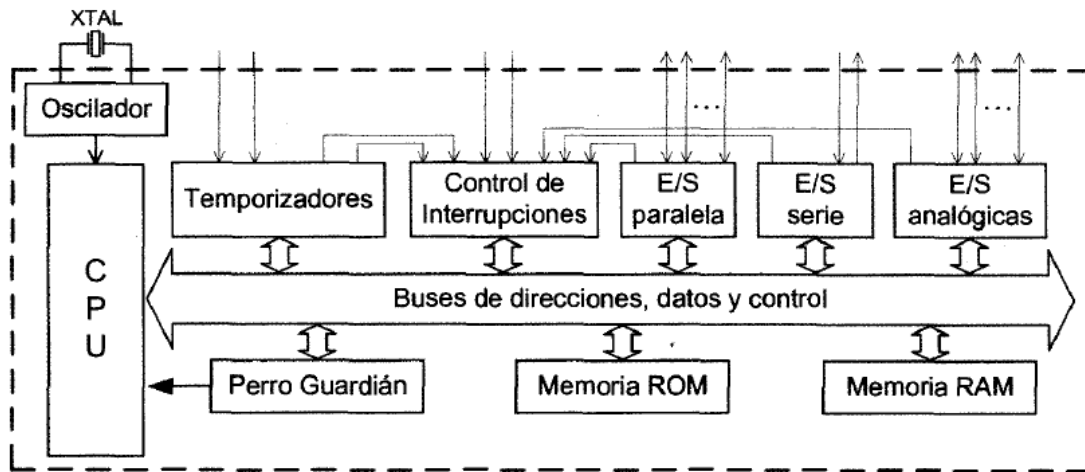


CARACTERISTICAS

Los microcontroladores pueden tener algunos o todos de los siguientes recursos

- Puertos de Entrada y Salida
- Convertidor Analógico-Digital
- Convertidor Digital-Analógico
- Comunicación Puerto Serial (Transmisión Y Recepción)
- Comunicación I2C
- Estado Sleep (Entra en bajo consumo)
- Modulación por ancho de pulso
- Comparador Analógico
- Oscilador Interno
- Interrupciones
- Reprogramables
- Contador
- Memoria Flash, EEPROM, RAM
- Watchdog Timer (Restablece el programa en caso de error)
- Brown-out Reset (Protección contra fallo de alimentación)
- Protección de Código
- Bajo consumo de energía

DIAGRAMA A BLOQUES GENERAL DE UN MICROCONTROLADOR



MICROCONTROLADORES PIC (Microchip)

La familia PIC de microchip consta de varios modelos y capacidades

- 8 Bits PIC10/12/16/18
- 16 Bits PIC24F/H dsPIC30/33
- 32 Bits PIC32

Características

- Procesador RISC de 35 instrucciones
- Velocidad máxima de trabajo de 20Mhz
- Direccionamiento Directo, Indirecto y Relativo
- Oscilador Interno (hasta 8Mhz)
- Ciclo de instrucción 200nS
- Detector de falla de oscilador en aplicaciones de precisión
- Rango de temperatura industrial
- Celdas de memoria de larga duración Flash/EEPROM
- Bajo consumo de energía (1mA a 32khz y 220mA a 4 MHz)
- Estado Sleep (Entra en bajo consumo 50nA 2 Volts)
- Memoria de programa de lectura/escritura en tiempo de ejecución
- Opción para programar Pull-up en Puerto B
- 10 Bits de resolución para el ADC con 14 canales multiplexados
- Timer 0 de 8 bits con pre escalador programable
- Módulo USART soporta RS-485 RS-232 y LIN2.0
- Despertador automático con el bit de inicio de comunicación serial
- Compatible con PIC16Fxxx
- 8,20 y 40 Pines

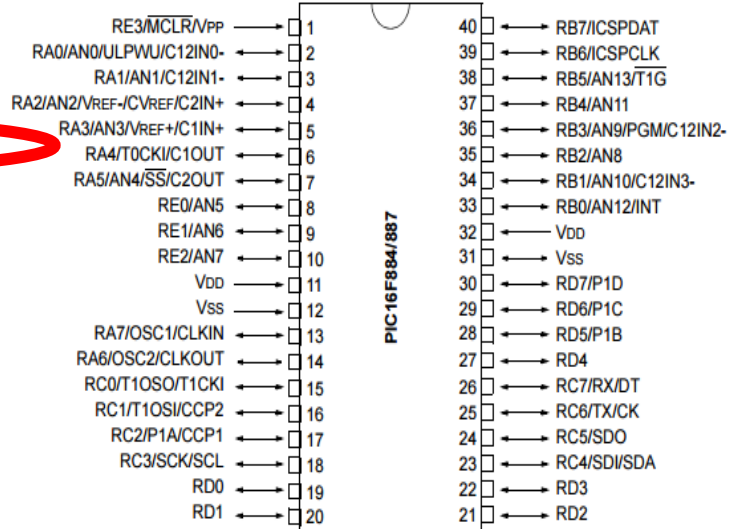
MICROCONTROLADOR PIC16F887

El microcontrolador PIC16F887 abarca todos los recursos descritos en el apartado anterior solo se hacen mención de algunos datos importantes de dichas características

Capacidades de memoria del PIC16F887

| PIC16F88X | PIN | FLASH | SRAM | EEPROM |
|-----------|-------|-------|------|--------|
| PIC16F882 | 28 | 2048 | 128 | 128 |
| PIC16F883 | 28 | 4096 | 256 | 256 |
| PIC16F884 | 40/44 | 4096 | 256 | 256 |
| PIC16F886 | 28 | 8192 | 256 | 256 |
| PIC16F887 | 40/44 | 8192 | 368 | 256 |

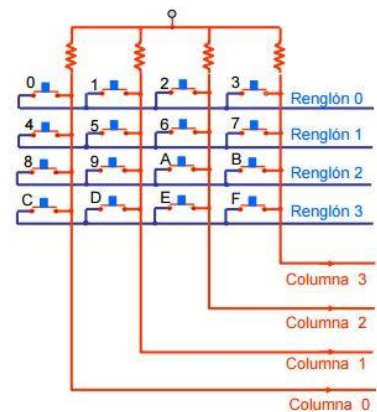
Diagrama de Pines PIC16F887



• TECLADO MATRICIAL 4x4

Un teclado matricial es un arreglo de botones donde cada tecla está conectada con una fila y una columna.

Esto nos permite leer 16 teclas utilizando 8 líneas del puerto de un microcontrolador donde los 4 bits más significativos están configurados como entradas y los 4 menos significativos como salidas también se les da inicialmente un valor de 1 (estado alto) a los 4 bits más significativos y de 0 (estado bajo) a los 4 menos significativos los cuales al presionar una tecla hace contacto con una fila haciendo que los valores del puerto donde este configurado el teclado cambien y dependiendo la combinación de 8 bits leída en el puerto le asignamos un carácter al resultado este carácter puede ser configurado dependiendo la necesidad y el modelo del teclado



Esta combinación de bits son dependientes del orden en que se leyó el teclado es decir se hace un evaluación continua de izquierda a derecha de arriba abajo hasta encontrar la tecla pulsada esto se realiza de manera cíclica cada que se lee la función del teclado

Es posible determinar con programación por medio de un while, cuando queremos que se imprima el carácter en pantalla del LCD si al presionar la tecla o al soltar la tecla una vez presionada.

Micro C Maneja una librería previamente configurada

De comandos con funciones básicas

| Función | Descripción |
|--------------------|---|
| Keypad_Init() | Inicializa un puerto para el trabajo con el teclado |
| Keypad_Key_Press() | Lee una tecla cuando es presionada |
| Keypad_Key_Click() | Lee una tecla cuando es presionada y liberada |

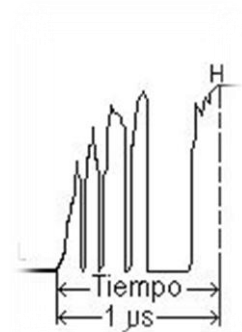
Para la elaboración del programa **NO** se hace uso de las librerías previamente configuradas por Mikro c

• FUNCION ANTIREBOTE

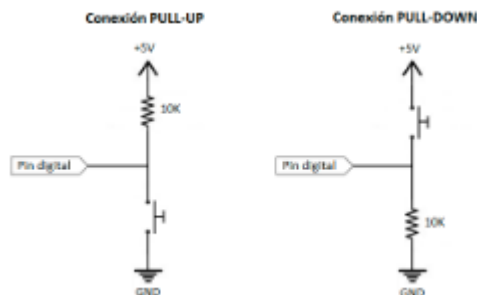
Los efectos de rebotes mecánicos son un efecto natural no deseado que genera un tren de pulsos en el transcurso del accionar de un contacto en este caso del teclado.

Una manera de lograr el antirebote es con un ciclo while condicionado al presionar un botón y que este ciclo salga del mismo cuando se suelte la tecla acompañado de un retardo entre 5ms y 10ms

Así evadirá los eventos que ocurran antes del transcurso de este retardo



También es necesario complementarlo con una resistencia pull up o pull down

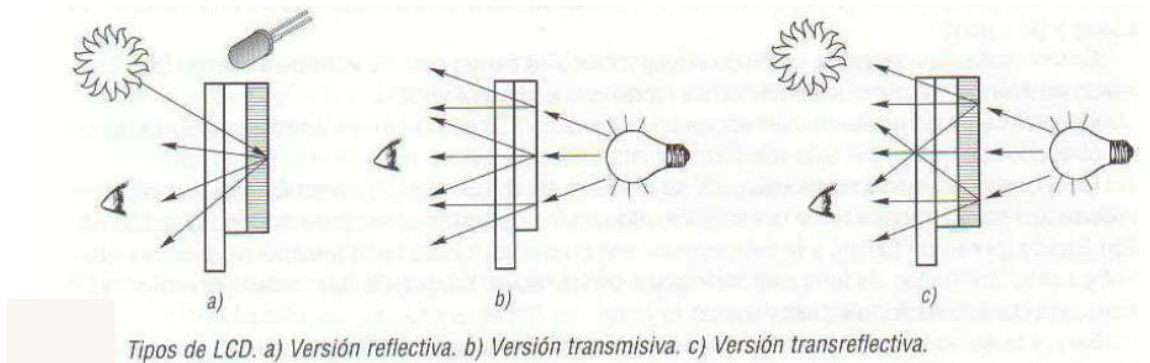


El uso de resistencias como pull up o pull down nos permiten tener un valor fijo cuando no es presionado ningún botón para que el microcontrolador no detecte señales erróneas a causa del ruido o del tren de pulsos;

En esta aplicación el teclado está conectado con resistencias pull-up

- **Tipos de display de cristal liquido**

Son elementos no luminosos sino ópticos para su visualización es necesario la ayuda de una fuente de luz externa.



LCD REFLECTORES

Los símbolos se hacen visibles por incidencia sobre ellos de las fuentes externas de luz.

LCD TRANSMISORES

Son Transparentes y hacen visibles sus símbolos al ser iluminados por la parte posterior con ayuda de una fuente de luz interna.

LCD TRANSREFLECTORES

En los que se aprovecha tanto la luz exterior como la interior

Los Cristales Líquidos en su mayoría son compuestos orgánicos que tienen moléculas alargadas. Estas sustancias pueden tomar un estado en el cual presentan simultáneamente propiedades de sólido y líquido.

Como cualquier líquido sus moléculas tiene gran libertad de movimiento; Como sólido cristalino sus moléculas retienen un cierto orden. Para que estas sustancias orgánicas se encuentren en ese estado cristal-líquido parcialmente ordenado, han de trabajar entre unas temperaturas bien definidas:

La temperatura de transición sólido-líquido (punto de fusión) y la temperatura a la cual el líquido se hace totalmente desordenado.

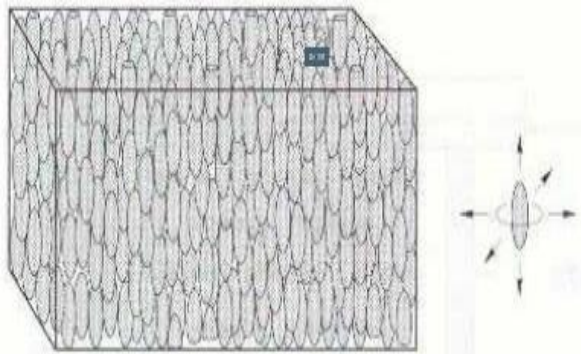
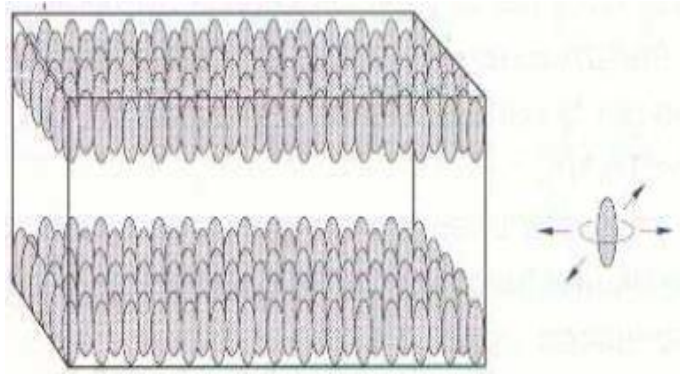
Entre estos dos puntos los ejes de las moléculas poseen una orientación preferida conocida como director del cristal líquido.

Según la disposición de las moléculas del cristal líquido, estos se clasifican en

- Nematicos
- Esméticos
- Colestéricos

ESMETICA

En la estructura esmetica las moléculas de cristal líquido están dispuestas en capas, con el director u orientación preferida perpendicular al plano de las capas. En esta estructura las moléculas pueden moverse dentro del plano de las capas siempre que su orientación siga siendo la misma



NEMATICA

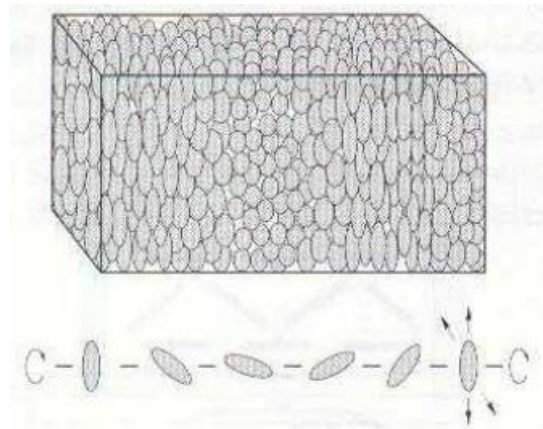
En la estructura nematica las moléculas están dispuestas igualmente con los directores paralelos entre sí, pero no posee capas. En esta estructura las moléculas pueden moverse dentro de la masa del líquido y solo la orientación está limitada

COLESTERICA

En la estructura colestérica también existen las capas, pero el director es paralelo a las capas y ligeramente girado entre capas adyacentes, formando una imagen helicoidal normal a los planos de las capas.

Aquí la orientación también está limitada y las moléculas pueden moverse libremente por la masa del líquido.

En este caso se induce en el cristal líquido un flujo periódico cuando la tensión alcanza un cierto valor denominado umbral óptico.



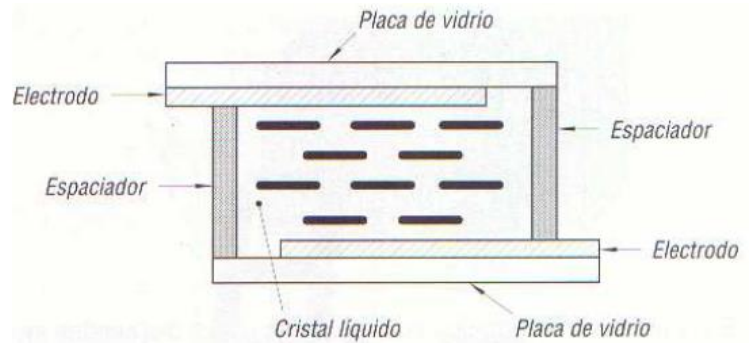
ESTRUCTURA BASICA DE UNA CELULA DE LCD

CARACTERISTICAS

Las características de los LCD pueden ser las siguientes

- Tensión de umbral óptico (Rango de V para iniciar la visualización)
- Tensión de excitación para el contraste
- Componente de CC de la tensión de excitación
- Tensión de excitación
- Consumo de corriente
- Tensión entre cualquier segmento y el electrodo posterior
- Frecuencia de funcionamiento
- Capacidad con todos los elementos conectados
- El margen de temperatura de funcionamiento
- (normalmente -10°C y 60°C)
- El margen de temperatura de almacenamiento
- Tiempos de respuesta
- Angulo de observación

Los formatos en que se encuentran son de 2x8 2x16 4x20, 4x40 el primer dígito indica las filas y el segundo las columnas. Y es muy común que se manejen con el controlador de Hitachi HD44780



($T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7$ to 4.5V)

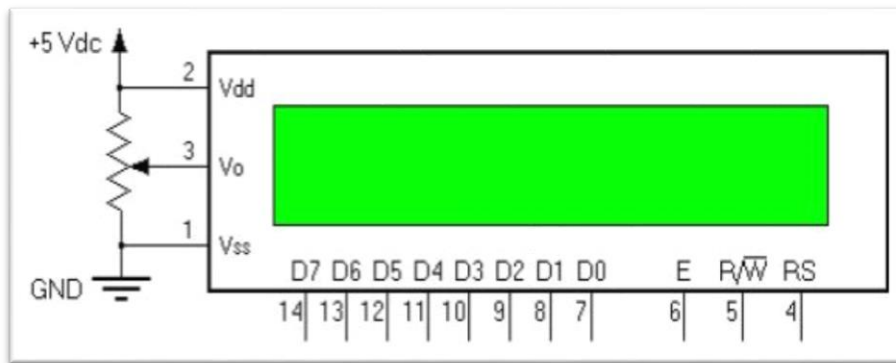
| Characteristics | Symbol | Limit | | | Unit | Test Condition |
|----------------------------|-----------|---------|------|--------|---------------|--|
| | | Min. | Typ. | Max. | | |
| Operating Current | I_{DD} | - | 0.2 | 0.4 | mA | External clock (Note) |
| Input High Voltage | V_{IH1} | 0.7VDD | - | VDD | V | Pins: (E, RS, R/W, DB7 - 0) |
| Input Low Voltage | V_{IL1} | -0.3 | - | 0.55 | V | |
| Input High Voltage | V_{IH2} | 0.7VDD | - | VDD | V | Pin OSC1 |
| Input Low Voltage | V_{IL2} | -0.2 | - | 0.2VDD | V | |
| Input High Current | I_{IH} | -1.0 | - | 1.0 | μA | Pins: (RS, R/W, DB7 - 0) |
| Input Low Current | I_{IL} | -5.0 | -15 | -30 | μA | VDD = 3.0V |
| Output High Voltage (TTL) | V_{OH1} | 0.75VDD | - | - | V | $I_{OH} = -0.1\text{mA}$ Pins: DB7 - 0 |
| Output Low Voltage (TTL) | V_{OL1} | - | - | 0.2VDD | V | $I_{OL} = 0.1\text{mA}$ Pins: DB7 - 0 |
| Output High Voltage (CMOS) | V_{OH2} | 0.8VDD | - | - | V | $I_{OH} = -40\mu\text{A}$, Pins: CL1, CL2, M, D |
| Output Low Voltage (CMOS) | V_{OL2} | - | - | 0.2VDD | V | $I_{OL} = 40\mu\text{A}$, Pins: CL1, CL2, M, D |
| Driver ON Resistance (COM) | R_{COM} | - | - | 20 | K Ω | $I_O = \pm 50\mu\text{A}$, $V_{LCO} = 4\text{V}$ Pins: COM16 - 1 |
| Driver ON Resistance (SEG) | R_{SEG} | - | - | 30 | K Ω | $I_O = \pm 50\mu\text{A}$, $V_{LCO} = 4\text{V}$ Pins: SEG40 - 1 |
| LCD Voltage | V_{LCO} | 3.0 | - | 11.0 | V | VDD-V5, 1/4 bias or 1/5 bias |

VALORES MAXIMOS DE OPERACION

| Characteristics | Symbol | Ratings |
|-----------------------|-----------|---|
| Operating Voltage | VDD | -0.3V to +7.0V |
| Driver Supply Voltage | V_{LCO} | VDD-12V to VDD+0.3V |
| Input Voltage Range | V_{IH} | -0.3V to VDD + 0.3V |
| Operating Temperature | T_A | $0^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ |
| Storage Temperature | T_{STO} | $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ |

• Funcionamiento del módulo LCD 16x2

Los módulos 16x2 normalmente traen esta numeración en los pines pueden variar de acuerdo al modelo pero esto lo más común:



| N° PIN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
|--------|-----------------|---|
| 1 | V _{ss} | Alimentación negativa (masa) |
| 2 | V _{DD} | Alimentación positiva (+5Vdc) |
| 3 | V _O | Ajuste del contraste |
| 4 | RS | Selección de Registro (Register Select) RS = 1 ⇒ Registro de Datos RS = 0 ⇒ Registro de Instrucciones |
| 5 | R/ \bar{W} | Lectura / Escritura (Read/Write) R/ \bar{W} = 1 ⇒ Lectura R/ \bar{W} = 0 ⇒ Escritura |
| 6 | E | Habilitación del display (Enable) E = 1 ⇒ Habilitado E = 0 ⇒ Deshabilitado |
| 7-14 | DB[0..7] | Pines del 0 al 7 del bus de datos bidireccional |

• CONTROLADOR HD44780

Los LCD con controlador HD44780 de Hitachi cuentan con una tabla de caracteres previamente configurados

| b7- b3 -b0 | b7- b4 -b0 | 0000 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 | 1010 | 1011 | 1100 | 1101 | 1110 | 1111 |
|------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0000 | CG RAM (1) | | 0 | 1 | A | Q | a | q | . | 7 | 8 | 9 | α | p |
| 0001 | (2) | | ! | 2 | B | R | b | r | Γ | ι | ψ | × | ä | q |
| 0010 | (3) | | " | 3 | C | S | c | s | ┐ | ウ | て | ε | β | θ |
| 0011 | (4) | | # | 4 | D | T | d | t | 、 | エ | ト | パ | ε | ω |
| 0100 | (5) | | \$ | 5 | E | U | e | u | . | オ | ナ | ユ | σ | Ω |
| 0101 | (6) | | % | 6 | F | V | f | v | ヲ | カ | ニ | ヨ | ρ | Σ |
| 0110 | (7) | | & | 7 | G | W | g | w | フ | キ | ヌ | ラ | ρ | Σ |
| 0111 | CG RAM (8) | | ' | 8 | H | X | h | x | イ | ク | ネ | リ | ρ | Σ |
| 1000 | CG RAM (1) | | < | 9 | I | Y | i | y | ウ | ケ | ル | ニ | ρ | Σ |
| 1001 | (2) | | > | 0 | J | Z | j | z | エ | コ | ロ | レ | j | チ |
| 1010 | (3) | | * | = | K | L | k | l | ク | サ | ヒ | ロ | * | π |
| 1011 | (4) | | + | : | K | L | k | l | ク | サ | ヒ | ロ | * | π |
| 1100 | (5) | | , | < | L | ¥ | 1 | l | パ | シ | フ | ワ | φ | π |
| 1101 | (6) | | - | = | M | J | m | j | ユ | ズ | ヘ | ン | μ | ÷ |
| 1110 | (7) | | . | > | N | ^ | n | ^ | ヨ | セ | ホ | シ | ñ | |
| 1111 | CG RAM (8) | | / | ? | O | _ | o | _ | ッ | ソ | マ | □ | ö | |

CONFIGURACION

- Normalmente al dar alimentación por primera vez a un LCD sin haber mandado ningún comando muestra la primera fila con todos sus caracteres en negro.
De lo contrario se debe ajustar el contraste con una resistencia variable conectada en el pin 3 cuanto mayor sea la resistencia mayor será el contraste
- El pin4 (RS) sirve para seleccionar el registro de datos (DR) o el de instrucciones (IR) poniendo RS=1 o RS=0
- El pin5 permite leer (R/W=1) o escribir (R/W=0) datos o instrucciones
- El pin6 (E) permite habilitar con (E=1) o deshabilitar con (E=0).
- Los pines del 7 al 14 forman un bus de datos bidireccional de 8 bits DB7-DB0 por donde se escriben datos e instrucciones También puede ser manejado con 4 bits de datos. (utilizando el nibble más significativo)

- **DDRAM (Display Data RAM)**

Memoria interna donde se envían los caracteres en código ASCII de 8 bits que se quieren visualizar en el LCD. Su capacidad es de 80 Bytes.

- **CGRAM (Character Generator ROM)**

Memoria interna donde está definido todo el juego de caracteres que el display puede mostrar.

Tiene almacenado hasta 160 caracteres de 5 x 7 puntos para números, letras y símbolos y 32 de 5x10 para símbolos griegos

- **REGISTROS INTERNOS CONTROLADOR HD44780**

El controlador HD44780 cuenta con dos registros internos de 8 bits un registro de datos (DR) y un registro de instrucciones (IR) que se pueden leer y escribir

El (IR) almacena el código de la instrucción en modo escritura:

- Clear display
- Cursor home
- Set DDRAN address

En modo lectura permite leer la bandera de ocupado (Busy Flag) se pone a 1 cuando se está realizando una operación y no se puede atender otras instrucciones.

El (DR) almacena temporalmente el dato que va a ser escrito o leído tanto en o de la DDRAM como en o de la CCGRAM

El Address Counter (AC) se encarga de direccionar la DDRAM y la CGRAM cuando se envía una instrucción del tipo ``set DD/CGRAM address `` al IR , la dirección que ha sido pasada al IR se carga sobre el AC.

| RS | R/W | FUNCIÓN |
|----|-----|--|
| 0 | 0 | Escribe en el IR y ejecuta operación interna (clear display, cursor home,etc.) |
| 0 | 1 | Lee el IR. Lee Busy Flag (DB7) y Address Counter (DB0-DB6) |
| 1 | 0 | Escribe dato en DR y ejecuta operación interna (DR→DDRAM o DR→CGRAM) |
| 1 | 1 | Lee un dato del DR y ejecuta operación interna (DDRAM→DR o CGRAM→DR) |

Comandos Del Módulo LCD 16x2

- **Clear Display** (Limpiar pantalla)

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Tiempo de ejecución: 82 μ s \div 1.64 ms | | | | | | | | | |

La DDRAM se rellena con el carácter correspondiente al espacio (0x20). El contador de direcciones se pone a cero (AC=0).

- **RETURN HOME (RH)** ``Retorno a Casa``

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | * |
| Tiempo de ejecución: 40 μ s \div 1.64 ms | | | | | | | | | |

Retorna el curso a la posición actual (dirección 0x00). El contador de direcciones se pone a 0 (AC=0)

- **ENTRY MODE SET (EMS)** ``Establece Modo de Entrada``

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | I/D | S |
| Tiempo de ejecución: 40 μ s | | | | | | | | | |

I/D Cursor izquierda/derecha

I/D=1 Izquierda **I/D=0** Derecha

S (Pantalla Izquierda/derecha) Cuando S=1 el display entero se desplaza una posición a la izquierda (I/D=1) o a la derecha (I/D=0)

Cuando S=0 el display no se desplaza. Tampoco se desplaza cuando se escriben datos en la CGRAM

- **DISPLAY ON/OFF CONTROL (DC) ``Control Encendido/Apagado de pantalla``**

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | D | C | B |
| Tiempo de ejecución: 40 μ s | | | | | | | | | |

D (Display On/Off) Cuando D=1 el display se habilita. Cuando D = 0 el display se apaga pero el contenido en la DDRAM se mantiene

C (Cursor On/OFF) Cuando C=1 el cursor se muestra en la posición especificada por el AC cuando C = 0 el cursor no se muestra en pantalla

B (Parpadeo On/Off) Cuando B=1 el carácter que se encuentra en la posición del cursor parpadea cuando B=0 se deshabilita el parpadeo

- **CURSOR OR DISPLAY SHIFT (CDS) ``Desplazamiento Cursor o Pantalla``**

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | S/C | R/L | * | * |
| Tiempo de ejecución: 40 μ s | | | | | | | | | |

La pantalla y/o el cursor son desplazados a la derecha (R/L=1) o izquierda (R/L=0) sin modificar el contenido de la DDRAM. Ejemplo:

Para un display de 2 líneas el cursor es movido desde la posición 40 de la primera línea a la posición 1 de la segunda línea. Pero de la posición 40 de la segunda línea no pasa a la posición 1 de la línea 1 sino que pasa a la posición 1 de la segunda línea.

| S/C | R/L | FUNCIÓN |
|-----|-----|---|
| 0 | 0 | Desplaza cursor a la izquierda (AC = AC - 1) |
| 0 | 1 | Desplaza cursor a la derecha (AC = AC + 1) |
| 1 | 0 | Desplaza el display entero, con el cursor, a la izquierda (AC no se modifica) |
| 1 | 1 | Desplaza el display entero, con el cursor, a la derecha (AC no se modifica) |

- **FUNCION SET (FS)``Establece Funcion``**

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | DL | N | F | * | # |
| Tiempo de ejecución: 40 μ s | | | | | | | | | |

DL (Ancho del Bus de Datos):

Cuando DL = 1 se utiliza un bus de 8 bits (BD7 – BD0)

Cuando DL = 0 se utiliza un bus de 4 bits (DB7 – DB4)

N (Numero de Líneas)

Selecciona el formato del display (1 o 2 líneas)

N = 1, 2 líneas

N = 0, 1 línea

F (Tamaño de las fuentes)

Cuando F = 1, se usan caracteres de 5 x 10

Cuando F = 0, se usan caracteres de 5 x 7

Esta instrucción debe ser ejecutada al inicio del programa antes de cualquier otra instrucción excepto las instrucciones read byte flag address

FS no puede ser ejecutada de nuevo salvo para cambiar el bus de datos. Una vez establecido el formato del display no puede ser modificado.

- **SET CGRAM ADDRESS (SCG)``Establece Direccion CGRAM``**

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 1 | A _{CG} | | | | | |
| Tiempo de ejecución: 40 μs | | | | | | | | | |

El Contador de direcciones (AC) es cargado con una dirección de 6 bits (ACG) de la CGRAM.

Después de esta instrucción los siguientes envíos de datos se realizarán a través de la CGRAM. El controlador HD44780, además de tener definidos los caracteres ASCII permiten definir en la memoria CGRAM hasta 8 caracteres adicionales de 5x7 o 4 de 5x10. Cada byte que forma un carácter se guarda de manera consecutiva en la CGRAM tiene 64 Bytes dedicados para estos caracteres.

- **SET DDRAM ADDRESS (SDD)** ``Establece Direccion DDRAM``

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|----------------------------|-----|-----|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 1 | A _{DD} | | | | | | |
| Tiempo de ejecución: 40 μs | | | | | | | | | |

El Contador de direcciones (AC) es cargado con una dirección de 7 bits (ADD) de la DDRAM.

Después de esta instrucción las posteriores transferencias de datos serán realizadas a través de la DDRAM. Para display de 1 línea (N=0) ADD puede ir de 0x00 a 0x4F

Para display de 2 líneas (N=1) ADD puede ir de 0xx00 a 0x27 para la primera línea y de 0x40 a 0x67 para la segunda línea.

- **READ BUSY FLAG&ADDRESS (RBF)** ``Lee BF y Direccion``

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 1 | BF | AC | | | | | | |
| Tiempo de ejecución: 1 μ s | | | | | | | | | |

Se lee la bandera de ocupado (Busy flag BF) que indica si el LCD está ejecutando una operación interna (BF=1 si o no BF=0) con BF=1 no se aceptara la siguiente instrucción hasta que BF=0

- **WRITE DATA TO CG/DDRAM (WD):** ``Escribe Dato a CG/DDRAM``

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 0 | DATO | | | | | | | |
| Tiempo de ejecución: 46 μ s | | | | | | | | | |

Escribe una palabra de 8 bits en la CGRAM o en la DDRAM dependiendo de la instrucción de establecimiento de dirección (SCG o SDD) más recientemente ejecutada.

El dato se guarda en la dirección que hubiese sido especificada por el AC en la instrucción correspondiente (SCG o SDD). Tras la escritura del dato de la RAM, el AC se incrementa o decrementa por uno según se haya establecido en la instrucción EMS

READ DATA FROM CG/DDRAM (RD): ``Lee dato desde CG/DDRAM``

| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|----------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 1 | DATO | | | | | | | |
| Tiempo de ejecución: 46 μs | | | | | | | | | |

Lee un Dato de 8 bits de la CGRAM o de la DDRAM. La instrucción que se haya

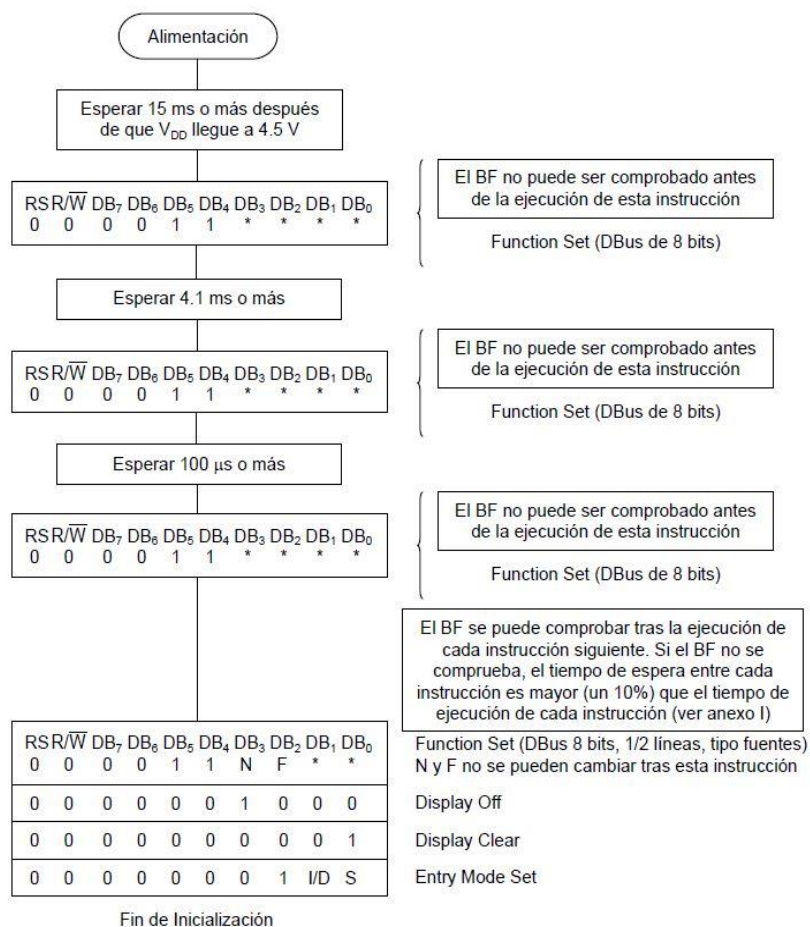
ejecutado inmediatamente antes indicara el lugar de lectura (SCG o SDD). El AC contendrá la dirección de la RAM de donde debe ser leído el dato. Antes de ejecutar esta instrucción de lectura (RD) se ha de ejecutar una instrucción SCG o SDD

- Inicialización del módulo LCD**

El proceso de inicialización es necesario y si no se siguen los pasos y tiempos que indica el fabricante el LCD no puede ser puesto en marcha.

Esto puede ser llevado a cabo de dos formas:

Mediante un reset interno o mediante instrucciones El controlador de LCD tiene internamente un CI para reiniciar automáticamente el modulo cuando se da alimentación. Si los tiempos especificados por el fabricante no se cumplen se tendrá que iniciar mediante instrucciones



Control de Potencia de Taladro

Es importante saber que la unidad de carga eléctrica es el culombio el valor de la carga de un electrón es $-1.602^{-19} \text{Coulomb}$:

La corriente eléctrica es el movimiento de electrones su unidad es el Amperio

La tensión con que pasa esa corriente se mide en voltios

La oposición a estas dos variables es la resistencia y se mide en ohm Ω



LEY DE OHM

Desarrollada en 1827 por George Simón Ohm Físico y Matemático Profesor de la universidad de colonia 22 años pasaron para que su trabajo tuviese reconocimiento en el área de la ciencia.

Dicha ley establece que:

La corriente es proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia.

La corriente eléctrica se puede obtener con las siguientes ecuaciones

$$I = V / R - I = \sqrt{W/R} - I = W/V$$

También la ley de ohm nos dice que el voltaje es igual a la corriente por la resistencia

Un Volt es lo mismo que 1 J/C

El voltaje se puede obtener con cualquiera de las siguientes ecuaciones

$$V = I \times R - V = W / I - V = \sqrt{W * R}$$

Además que la resistencia es igual al voltaje entre la corriente

La resistencia se considera como la absorción de energía o la oposición al paso de corriente

La resistencia se puede obtener con cualquiera de las siguientes ecuaciones

$$R = V / I - R = V^2 / W - R = W / I^2$$

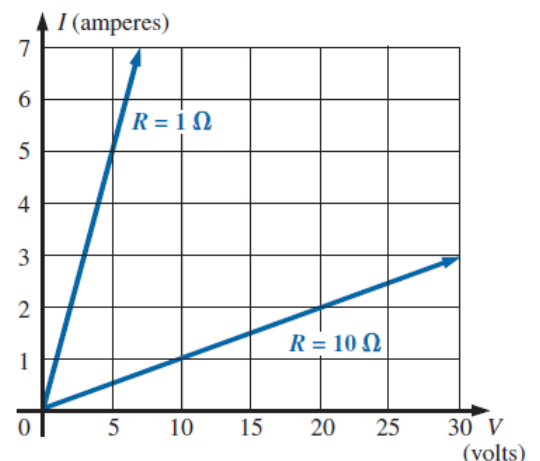
La ley de ohm puede ser representada en una gráfica: Donde el eje de la ordenada representa los amperes y la abscisa representa el voltaje

En el caso de la resistencia si se desconoce el valor de la resistencia de una curva puede determinarse en cualquier punto, una línea recta indica una resistencia fija.

En cualquier punto de la curva determine la corriente, el voltaje y aplique la ecuación anterior ($R=V/I$) Entre menor sea el valor de la resistencia mayor será la inclinación de la recta en sentido de los amperes

Entre mayor sea el valor de la resistencia menor será la pendiente

Como dato adicional lo contrario a la resistencia es la conductancia se mide en siemens y se mide de manera no oficial en mhos y se representa con la letra griega omega invertida \mathfrak{G}



LEY DE WATT (POTENCIA)

En términos electivos definimos a la potencia como la velocidad en que se realiza un trabajo

La energía es medida en Joules la potencia en Joules x Segundo 1 watt es lo mismo que un joule * segundo

Lay aportada por James Watt además creador de la máquina de vapor, el cuadrante, la brújula balanzas entre otros además introdujo el término caballo de fuerza (Horse Power) el cual es igual a 746 Watts

El valor de potencia se puede obtener con las siguientes ecuaciones:

$$W = V * I - W = I^2 * R - W = V^2 R$$

La siguiente tabla nos muestra el consumo algunos aparatos eléctricos

| Aparato | Consumo en watts | Aparato | Consumo en watts |
|---|------------------|--|--------------------------------|
| Equipo de aire acondicionado (habitación) | 1400 | Computadora portátil: en hibernación | <1 (por lo común de 0.3 a 0.5) |
| Secadora de pelo | 1300 | Consumo promedio | 80 |
| Teléfono celular: | | Horno de microondas | 1200 |
| En espera | ≅ 35 mW | Nintendo Wii | 19 |
| Conversación | ≅ 4.3 W | Radio | 70 |
| Reloj | 2 | Estufa eléctrica (autolimpieza) | 12,200 |
| Secadora de ropa (eléctrica) | 4300 | Refrigerador (descongelación automática) | 1800 |
| Cafetera | 900 | Rasuradora | 15 |
| Lavadora de trastes | 1200 | Lámpara solar | 280 |
| Ventilador: portátil | 90 | Tostador | 1200 |
| de ventana | 200 | Compactador de basura | 400 |
| Calentador | 1500 | TV: | |
| Equipo de calefacción: | | de plasma | 340 |
| Ventilador de horno | 320 | LCD | 220 |
| Motor de quemador de petróleo | 230 | VCR/DVD | 25 |
| Plancha, en seco | | Lavadora de ropa | 500 |
| o de vapor | 1000 | Calentador de agua | 4500 |
| | | Xbox 360 | 187 |

Para limitar el nivel de corriente en caso de corto circuito se hace uso de dos fusibles de 4 Amperes en el cable de línea el cual alimenta al puente de diodos y al triac junto con el taladro

Esto nos permite tener un seguro que puede salvar vidas tal seguro debe aplicarse a todo circuito que contenga sistemas de potencia en este caso el taladro ya que consume 450 – 500 watts esto tomando en cuenta el voltaje 127 de línea tenemos que el taladro exige 3.9 Amperes

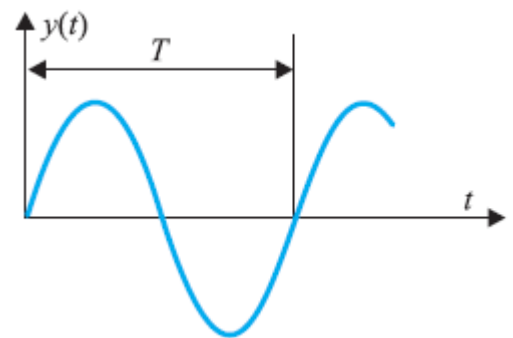
• CORRIENTE ALTERNA

La corriente alterna llega a la ingeniería eléctrica cuando Lucien Gaulard y John-Dixon Gibbs descubren en 1884 lo que ellos llamaron generador secundario y tras algunas modificaciones realizadas por Deri, Blathy y Zypernowsky de la Compañía Ganz de Budapest, se convertiría en el transformador.

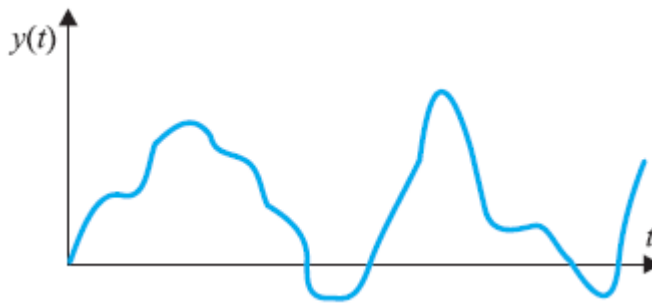
El transformador sería la base para el desarrollo de las redes de transporte y distribución con c.a. que comenzó en el año 1885.

La corriente alterna es aquella que está cambiando su polaridad constantemente con el tiempo sus principales características son el ciclo, periodo y frecuencia de estas tres variables tenemos la siguiente relación donde $f = 1/T$ en américa oscila 60 veces por segundo en Europa 50 veces por segundo esto es medido en Hertz

Un generador de alterna también es llamado fuerza electro motriz ellas pueden ser periódicas y no periódicas la siguiente imagen representa una onda periódica



Onda no periódica son aquellas en las que no tienen ciclos repetitivos también pueden surgir de ruido, picos de voltaje y en los armónicos de línea.



• VALOR MEDIO

Se conoce como valor medio al valor medio de un ciclo se representa con la siguiente ecuación

$$Y_{\text{med}} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

• VALOR RMS (Root Mean Square) O VALOR EFICAZ

Es el valor medio del cuadrado de la función en un periodo su ecuación es:

$$Y = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [f(t)]^2 dt}$$

• VALOR PICO

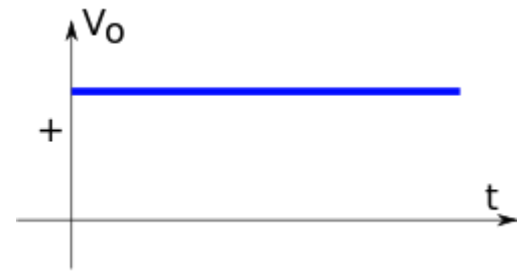
Es aquella que representa el valor máximo de un onda periódica y pueden existir valores distintos en el caso de la corriente alterna para el polo negativo y el positivo del

- **CORRIENTE DIRECTA**

Esta corriente no cambia su polaridad con el tiempo siempre es constante pero no está exento de que varié su valor además la dirección de la corriente siempre es la misma,

La CD es la responsable de que funcionen casi todos los dispositivos eléctricos y electrónicos

También se rige por la ley de ohm



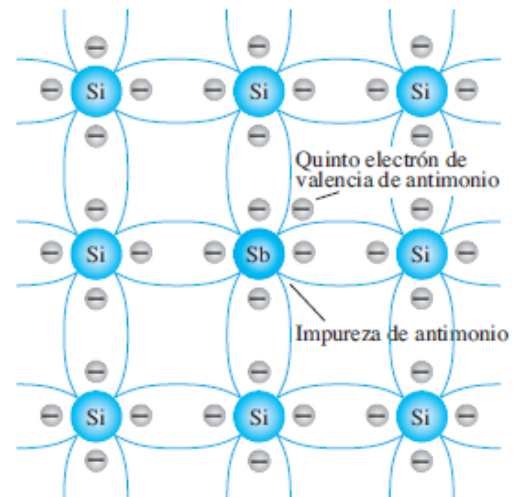
- **DIODO SEMICONDUCTOR**

Hay dos materiales extrínsecos de inmensurable importancia en la fabricación de dispositivos semiconductores: materiales tipo n y tipo p .

- **MATERIAL TIPO N**

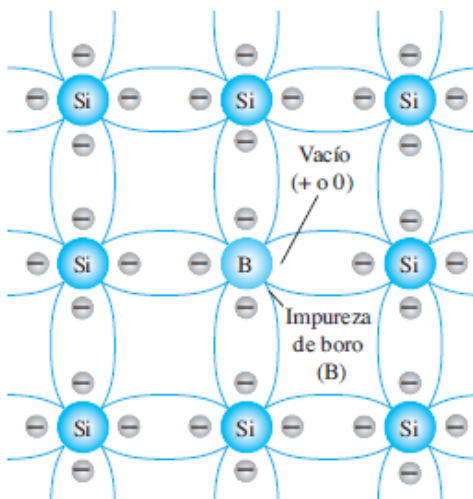
Un material tipo n se crea introduciendo elementos de impureza que contienen cinco electrones de valencia (pentavalentes), como el antimonio, el arsénico y el fósforo.

Las impurezas difundidas con cinco electrones de valencia se conocen como átomos donadores



- **MATERIAL TIPO P**

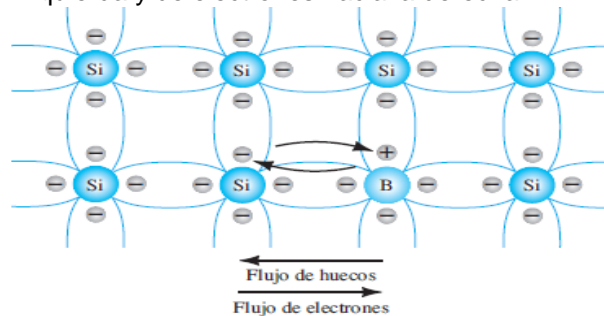
El material tipo p se forma dopando un cristal de germanio o silicio puro con átomos de impureza que tienen tres electrones de valencia. Los elementos más utilizados para este propósito son *boro*, *galio* e *indio*



El diodo es una unión de un material de tipo n con otro de tipo p

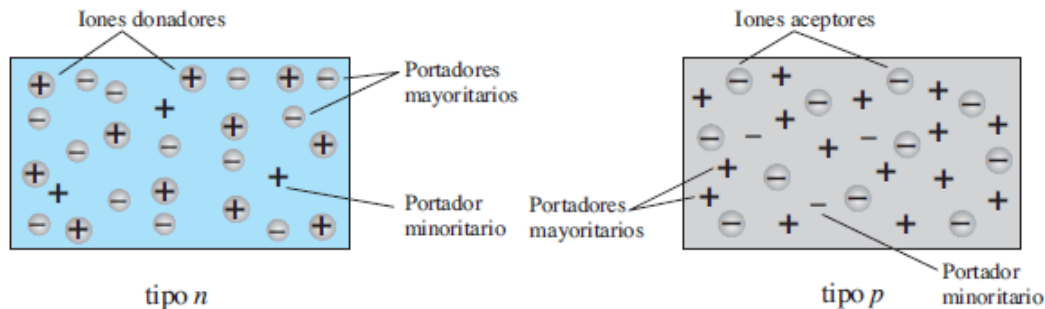
Flujo de electrones contra flujo de huecos

Si un electrón de valencia adquiere Suficiente energía cinética para romper su enlace covalente y llenar el vacío creado por Un hueco, entonces se creará un vacío o hueco en la banda covalente que cedió el electrón. Existe, Por consiguiente, una transferencia de huecos hacia la izquierda y de electrones hacia la derecha



• Portadores mayoritarios y minoritarios

En el estado intrínseco, el número de electrones libres en Germanio o Silicio se debe sólo a los electrones en la banda de valencia que adquirieron suficiente energía de fuentes térmicas o luminosas para romper la banda covalente o a las impurezas que no pudieron ser eliminadas. Los vacíos que quedan en la estructura de enlace covalente representan una fuente muy limitada de huecos. En un material tipo n , el número de huecos no cambia significativamente con respecto a este nivel intrínseco. El resultado neto, por consiguiente, es que el número de electrones sobrepasa por mucho al de huecos. Por eso:

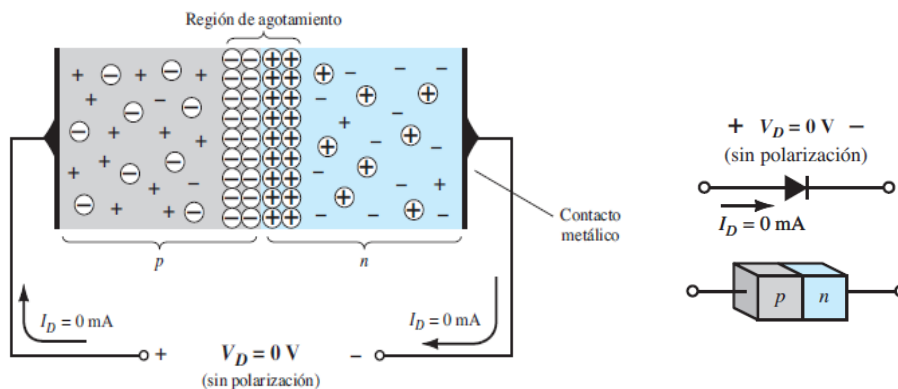


En un material tipo n el electrón se llama portador mayoritario y el hueco portador Minoritario.

En un material tipo p , el hueco es el portador mayoritario y el electrón el minoritario.

Cuando el quinto electrón de un átomo donador abandona el átomo padre, el átomo que queda Adquiere una carga positiva neta: de ahí el signo más en la representación de ión donador. Por Las mismas razones, el signo menos aparece en el ión aceptor. Los materiales tipo n y p representan los bloques de construcción básicos de los dispositivos Semiconductores.

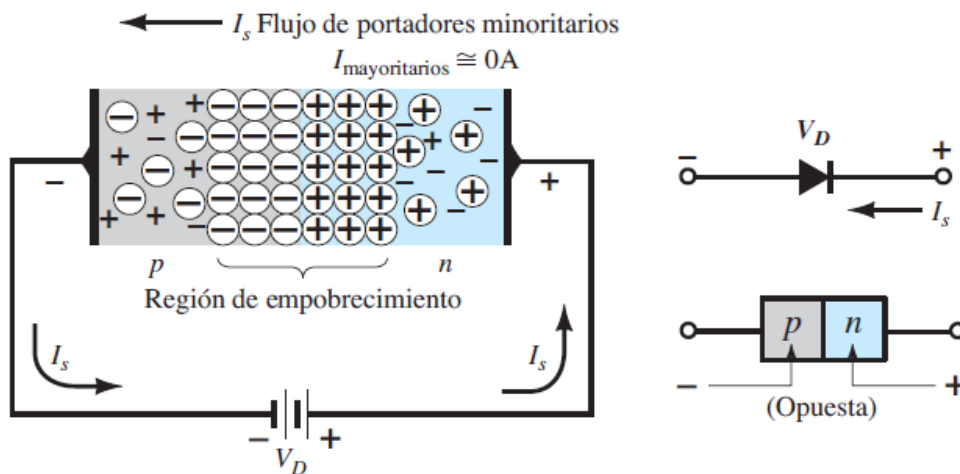
DIODO SIN VOLTAJE APLICADO



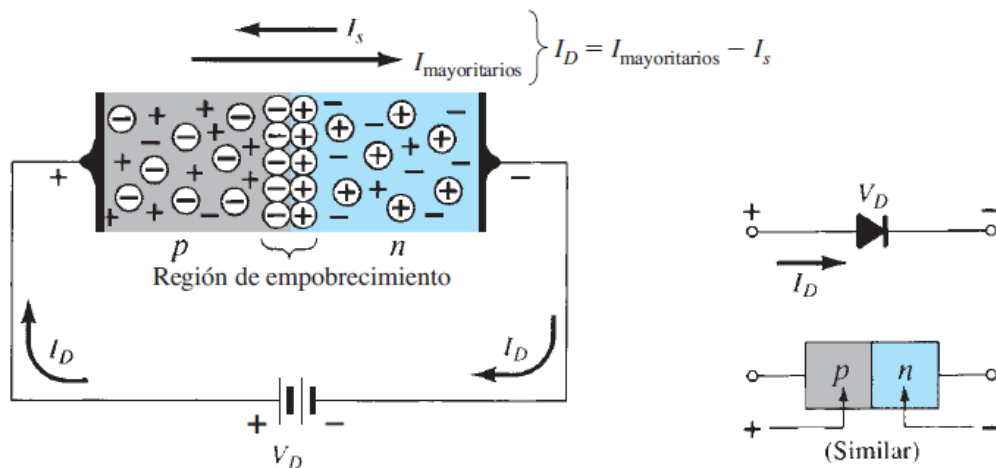
Esta región de iones positivos y negativos Revelados se llama región de “empobrecimiento” Debido a la disminución de portadores libres En la región.

• DIODO EN POLARIZACION INVERSA – SATURACION

Si se aplica Voltaje a través de la unión p - n con la terminal positiva Conectada al material tipo n y la negativa conectada al material tipo p el número de iones positivos revelados en la región de empobrecimiento del material tipo n se incrementará por la gran cantidad de electrones libres atraídos por el potencial positivo. Por las mismas razones, el número de iones negativos no revelados se incrementará en el material tipo p haciendo que la región de empobrecimiento crezca

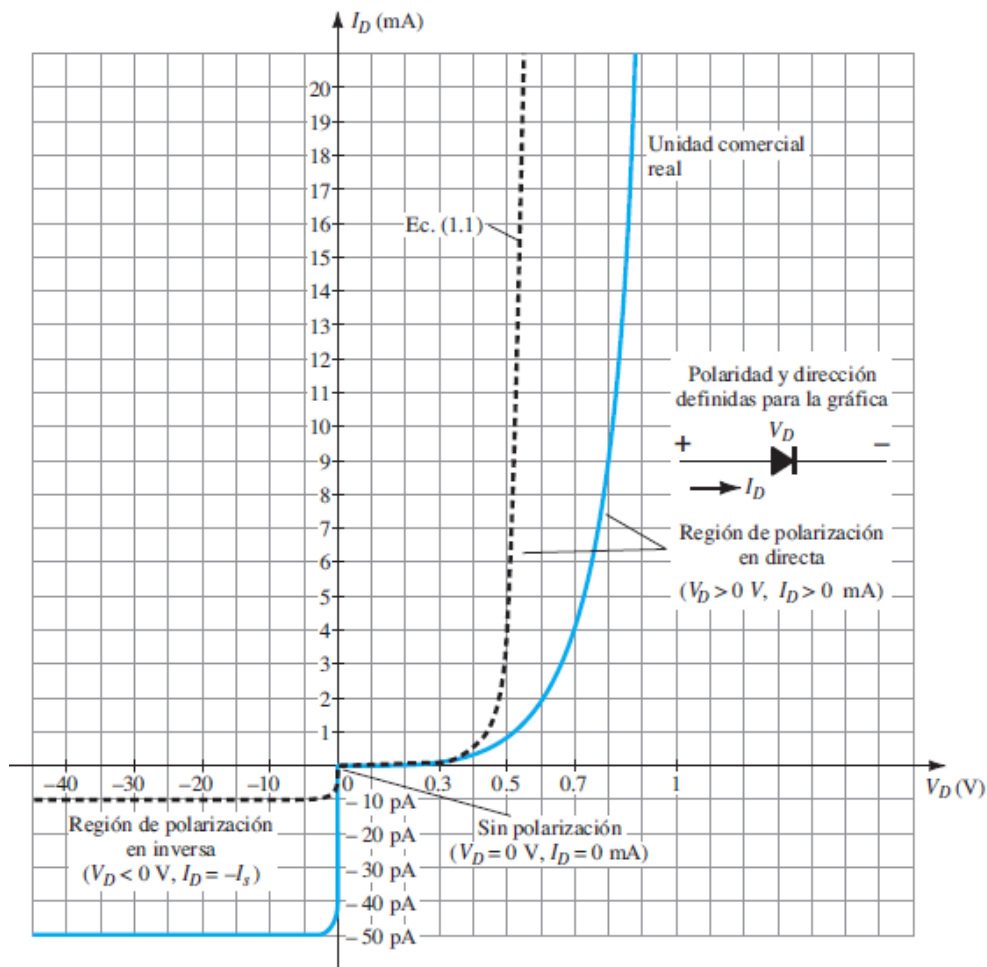


• DIODO POLARIZADO EN DIRECTA



Este tipo de polarización es aplicando voltaje positivo a la región p y negativo a la región n aquí la región de empobrecimiento se reduce permitiendo la circulación de electrones entre los huecos

Grafica de comportamiento de un diodo de silicio



Se puede comprobar el comportamiento de un diodo mediante la siguiente ecuación de Shockley

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{nV_T}} - 1 \right)$$

I_S es la corriente de saturación en inversa

V_D es el voltaje de polarización en directa aplicado a través del diodo

V_T es el voltaje térmico se determina por $V_T = kT/q$

- K es la constante de Boltzmann = $1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K

- T es la temperatura absoluta de Kelvin = $273 + ^\circ\text{C}$

- q es la magnitud de la carga del electrón $1.6 \cdot 10^{-19}$

n es un factor de idealidad, el cual es una función de las condiciones de operación y

Construcción física; varía entre 1 y 2 según una amplia diversidad de factores.

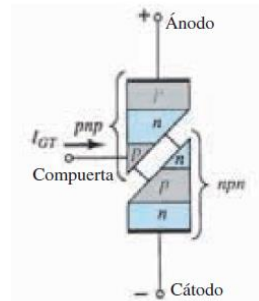
(Se supondrá $n = 1$ en todo este texto a menos que se indique de otra manera).

• RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO

Presentado por primera vez en el año 1956 por laboratorios Bell en la actualidad se diseñan los scr para controlar potencias altas de 10 MW con sus valores nominales de 2000 A a 1800 V sus intervalos de frecuencia es hasta de 50KHz

La operación del SCR es semejante a la de un diodo solo que cuenta con dos regiones mas una p y una n además cuenta con una tercera terminal conocida como compuerta (existen compuertas que se activan con luz) la cual controlara el paso de corriente del SCR su resistencia en polarización en inversa puede ser hasta de 100kΩ o mas

Un SCR no se puede apagar simplemente con eliminar la señal en la compuerta y sólo algunos se pueden apagar aplicando un pulso negativo a la compuerta es necesario aplicar polarización inversa al scr para que deje de conducir además solo conduce en un sentido.

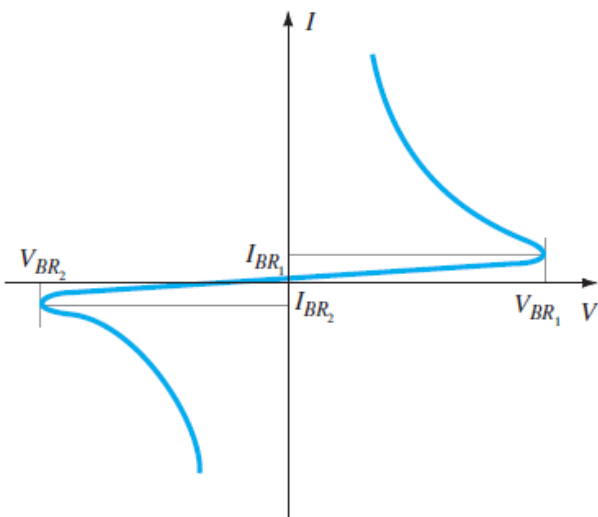
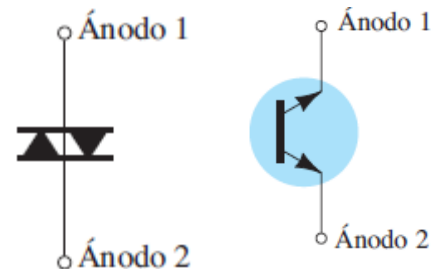


• DIAC

Se compone de dos terminales de capas semiconductoras conocidas como diodo Schockley conectadas en anti-paralelo permitiendo que conduzcan en cualquier dirección podría decirse que no cuentan con polaridad ya que aplicando voltaje positivo o negativo en cualquier lado de la terminal el diac conduce energia

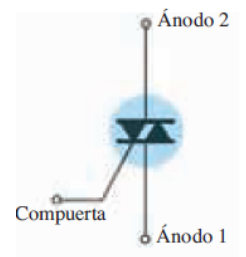
Ecuación para el DIAC $V_{BR1} = V_{BR2} ; 0.1 V_{BR2}$

Comportamiento de un diac

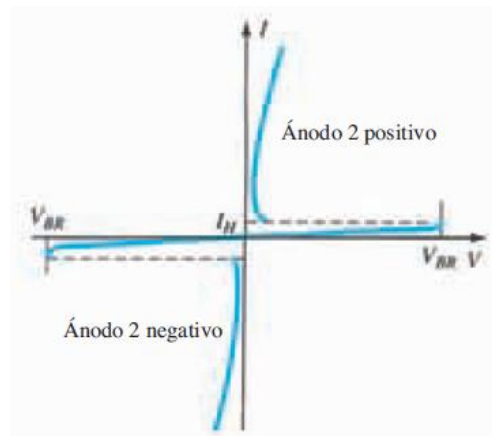


• TRIAC

El triac es lo mismo que un diac solo que cuenta con una terminal que se encarga de controlar el disparo del triac a diferencia del SCR este deja de conducir cuando ya no se aplica voltaje a la terminal de la compuerta y su conducción es en ambos sentidos es usado para electrónica de potencia muy viable para el uso de aplicaciones con corriente alterna

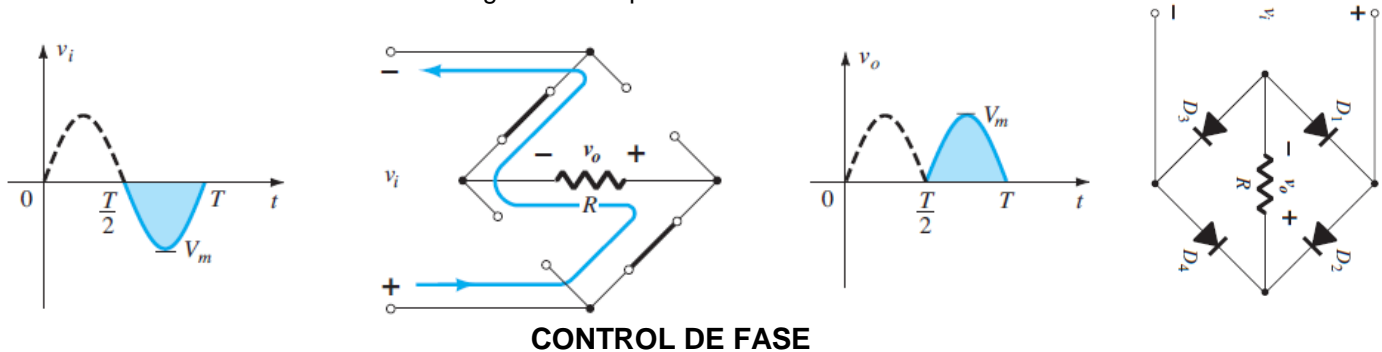


Comportamiento de un triac



• RECTIFICACION DE ONDA COMPLETA

Consta de 4 diodos en configuración de puente H



CONTROL DE FASE

Esto nos permite adquirir la potencia deseada controlando el tiempo que será disparado el triac para ello tenemos que conocer los siguientes datos.

Una frecuencia de 1 Hz tiene una duración de 1 segundo

La corriente alterna tiene una frecuencia de 60Hz por segundo por lo que un ciclo de dicha corriente dura 0.016666.... segundos

Un ciclo desde su cruce por cero oscila en sentido hacia el positivo y negativo, para la aplicación solo necesitamos controlar la fase de uno de los polos por lo que es necesario conocer la duración de ese medio ciclo = 0.0083333... segundos esto representa el 100% de la fase positiva; para programar un retardo no es posible usar decimales en Mikro c es necesario convertirlos a una escala que nos permita introducir su valor sin decimal por lo que usaremos micro segundos entonces:

8333 us es la duración del 100 % de la fase positiva

*A mayor duración del retardo de disparo del triac menor será la potencia y
A menor duración del retardo de disparo del triac mayor será la potencia adquirida*

Entonces si necesitamos el 100% de la fase podemos usar 83 us de retardo en el disparo del triac para poder dejar pasar el 100% de la corriente

De la misma manera si se requiere el 1% usaríamos un retardo de 8333 us para que no circule corriente hasta que pase este tiempo al pasar este tiempo la fase tendrá muy poca potencia

Por el tiempo de ejecución de instrucciones del microcontrolador podemos darle pequeño margen al retardo para no encimar la fase con su cruce por cero y que los porcentajes introducidos por el usuario sean los que se reflejen en la aplicación

Entonces es permitido usar un retardo de 7500 us para no sobre pasar la duración de la fase positiva

Para tener una señal más pura se puede hacer uso de capacitores

• AISLADOR OPTOELECTRICO NPN 4N25

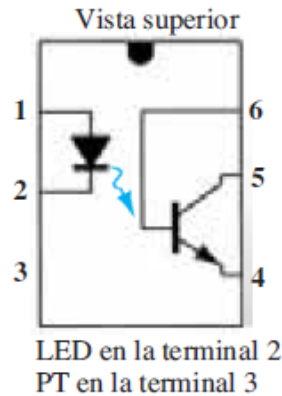
Es un CI que contiene un LED infrarrojo en su interior acompañado de un foto detector con un transistor tipo Darlington.

Funciona con solo 10mA y puede aislar hasta 500V

La aplicación que le damos al 4n25 en el circuito es de detectar el cruce por cero

El 4N25 estará conduciendo solo cuando NO pase por cero el

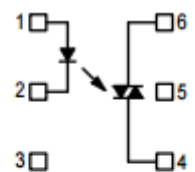
microcontrolador tomara como referencia ese punto de 0 Volts para disparar el triac el porcentaje (tiempo) determinado por el usuario



| Núm. de terminal | Función |
|---------------------|------------------|
| 1 | ánodo |
| 2 | cátodo |
| 3 | nc (no conectar) |
| 4 | emisor |
| 5 | colector |
| 6 | base |

• AISLADOR OPTOELECTRICO MOC3011

Este CI funciona con un LED infrarrojo acompañado de un foto detector es capaz de aislar 250V a diferencia del 4N25 el receptor va acompañado de un diac el cual será el encargado de disparar al triac y aislar el circuito de 127V con el de 5 V del micro

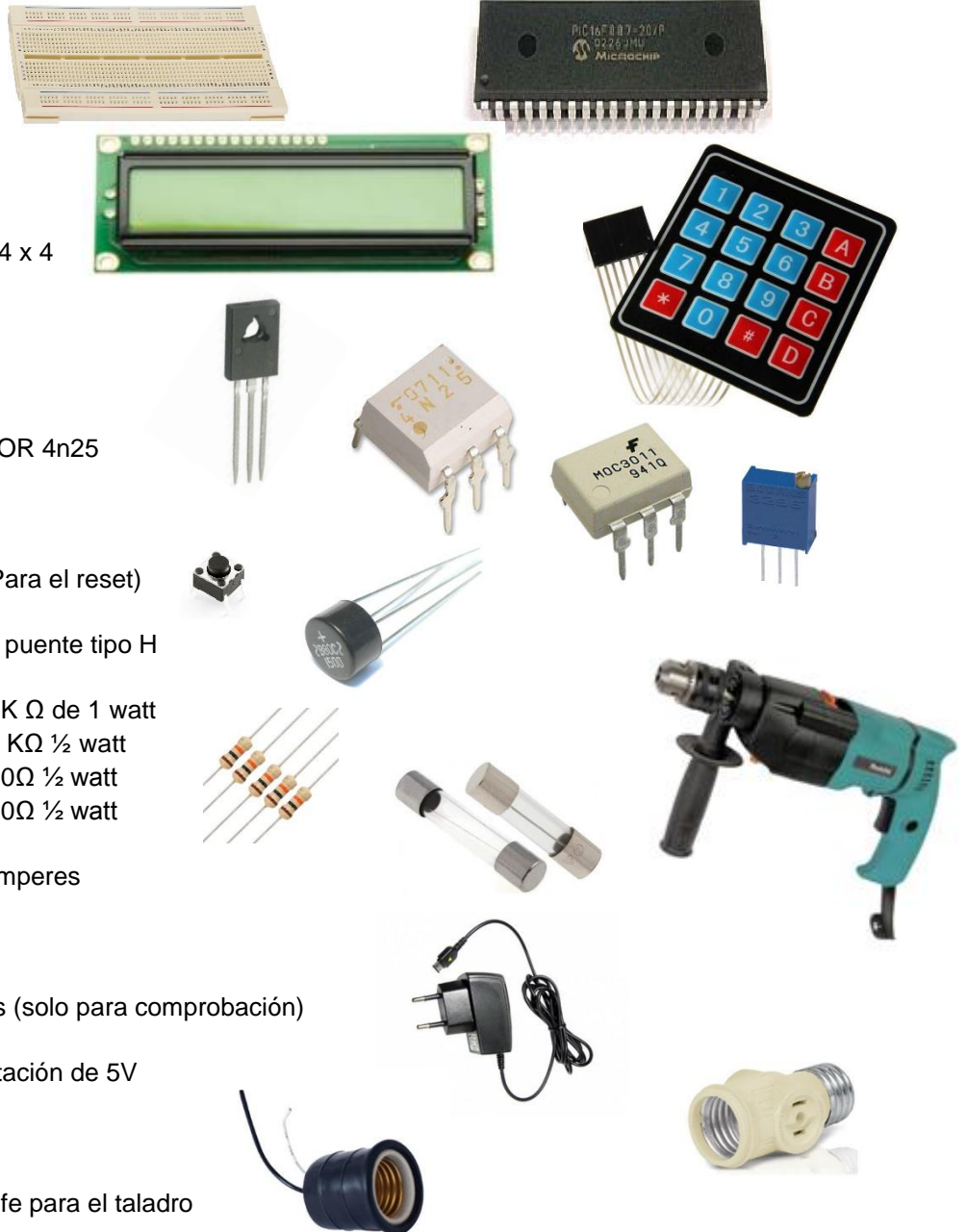


1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. MAIN TERMINAL
5. SUBSTRATE
DO NOT CONNECT
6. MAIN TERMINAL

• MATERIALES

La elaboración de este proyecto requiere el uso de los siguientes componentes:

- 2 Protoboard
- PIC16F887
- LCD 16x2
- Teclado matricial 4 x 4
- TRIAC
- MOC3011
- OPTOTRANSISTOR 4n25
- Trimpot 5 k Ω
- Botón Pulsador (Para el reset)
- Arreglo de diodos puente tipo H
- Resistencia de 33K Ω de 1 watt
- 6 Resistencias 10 K Ω ½ watt
- Resistencia de 330 Ω ½ watt
- Resistencia de 150 Ω ½ watt
- 2 Fusibles de 5 Amperes
- Taladro 500 watts
- Foco de 100 watts (solo para comprobación)
- Fuente de alimentación de 5V
- Socket para foco
- Socket con enchufe para el taladro



• DIAGRAMA ESQUEMATICO

SSPPSE

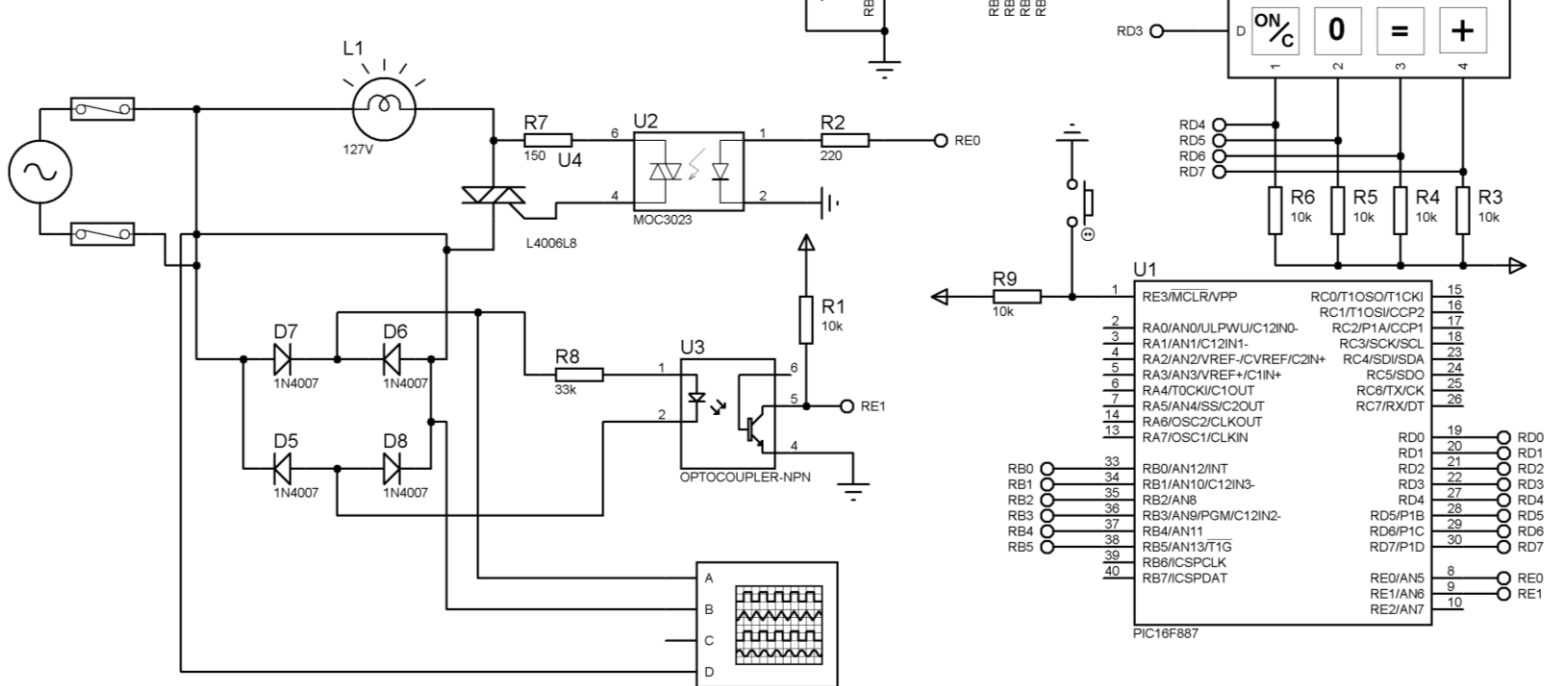
Ing. Jose Jesus Ramos Guillen

Aguilar Rodriguez Carlos Adolfo

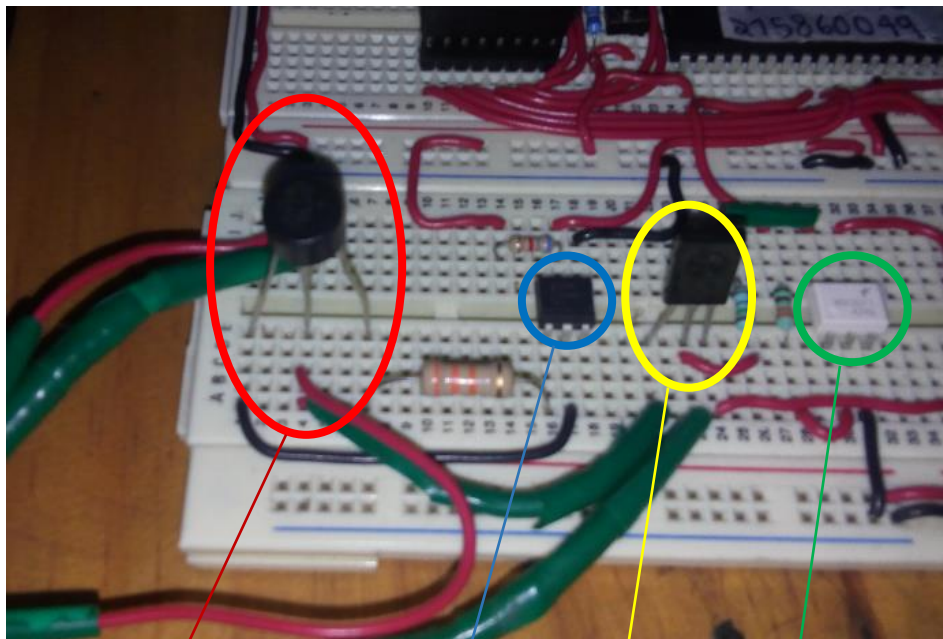
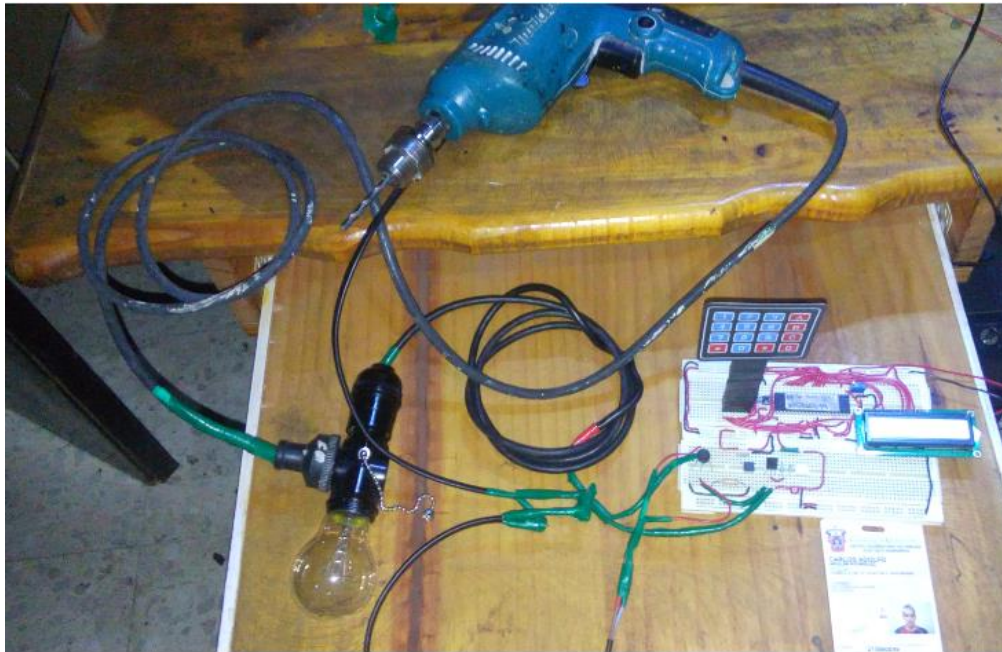
215860049

Proyecto Final

3 de Diciembre del 2016



IMPLEMENTACION



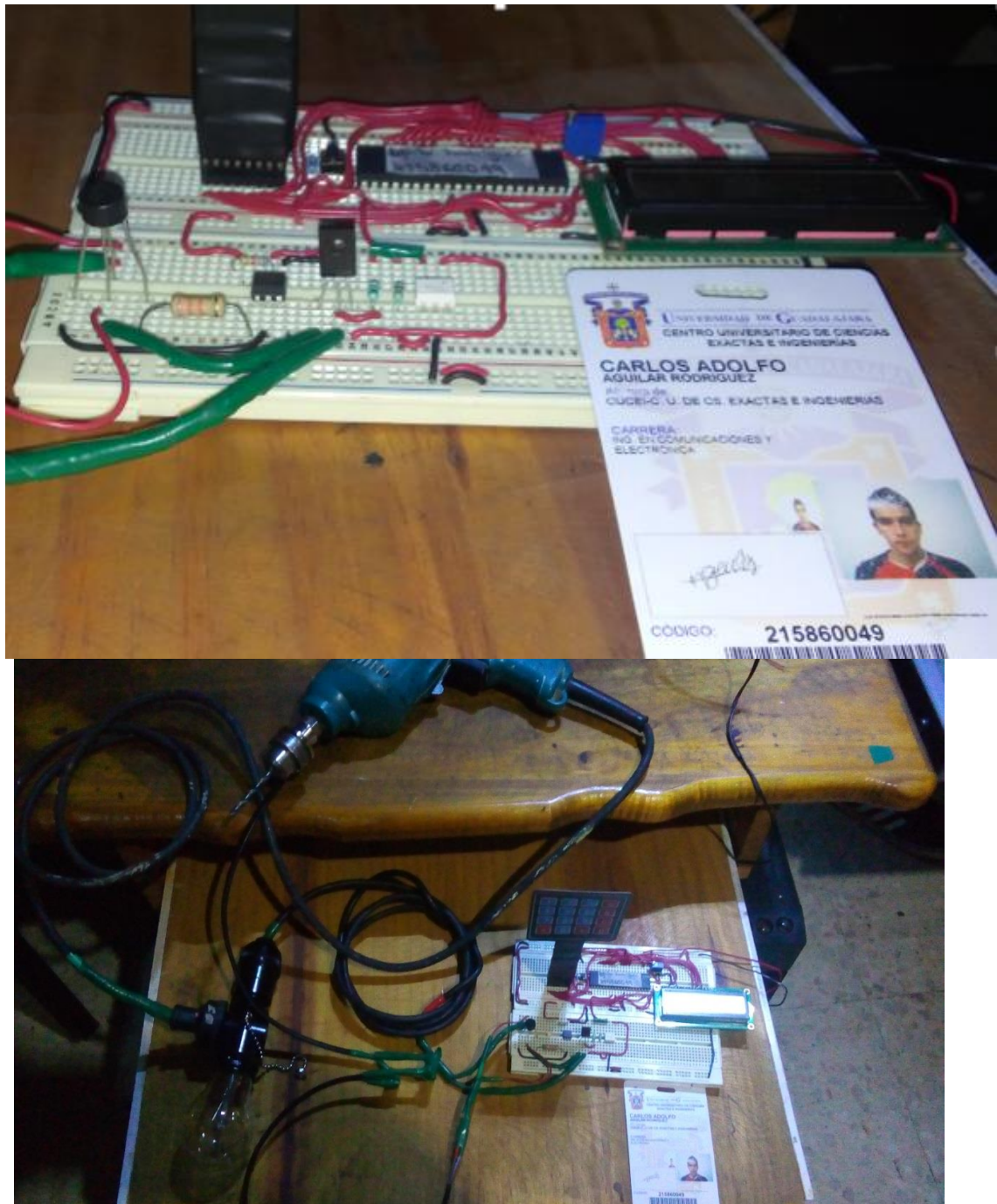
Puente de diodos

4N25

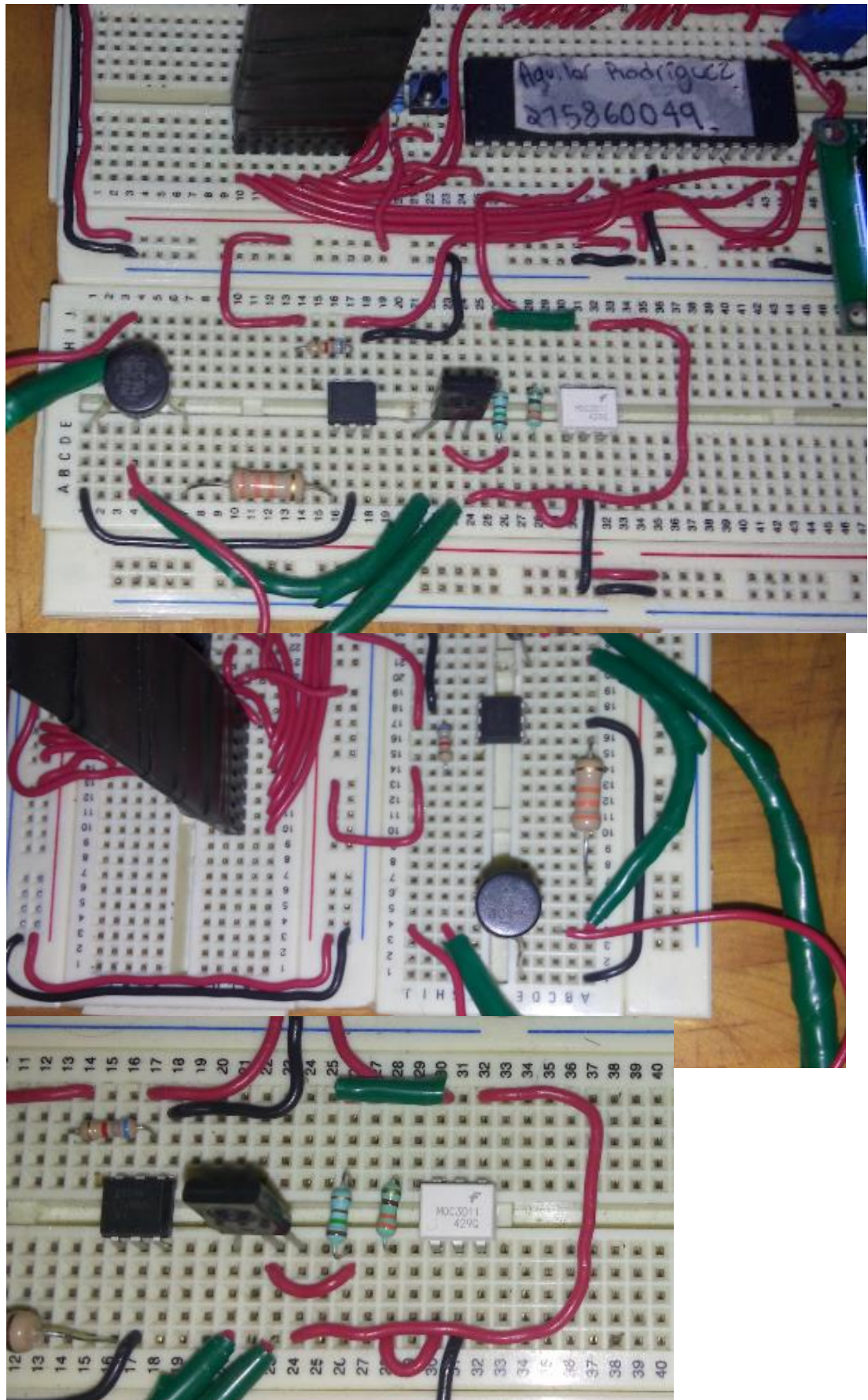
TRIAC

MOC3011

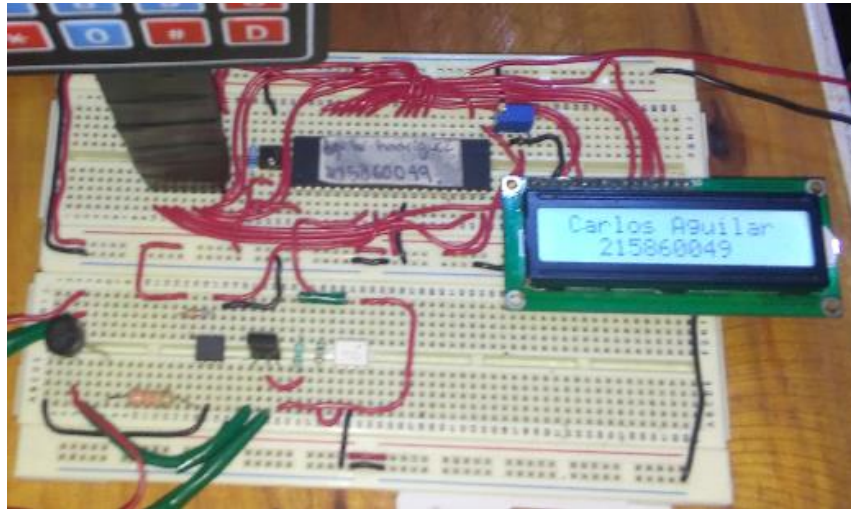
Control de Potencia de Taladro



Control de Potencia de Taladro



Aguilar Rodriguez Carlos Adolfo 215860049

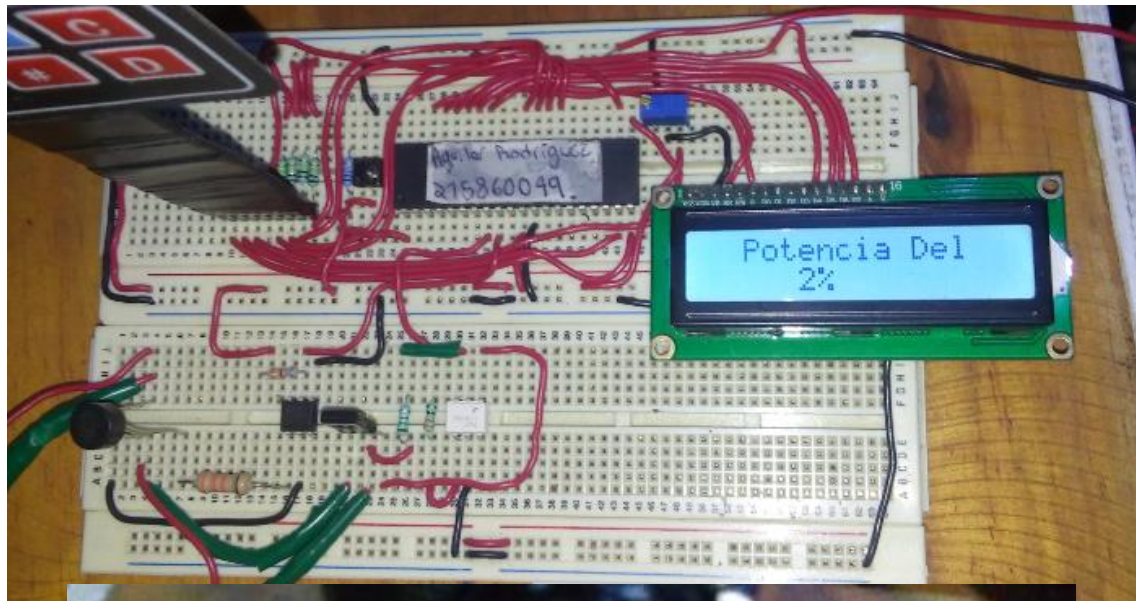


- COMPROBACION



1% de potencia

Control de Potencia de Taladro

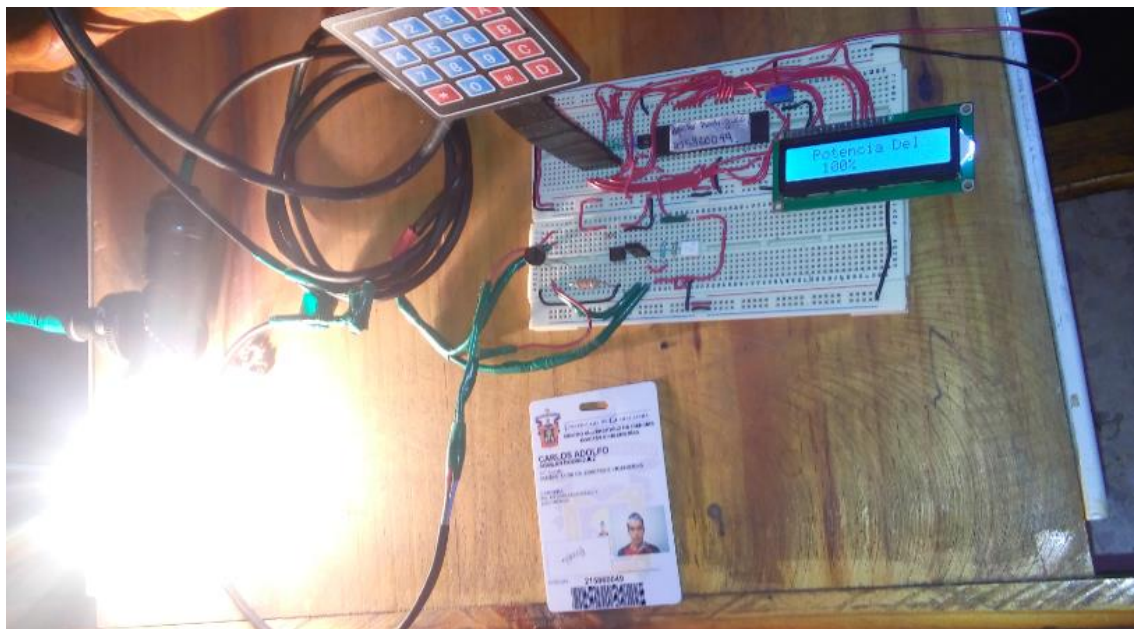


10% de Potencia

Aguilar Rodriguez Carlos Adolfo 215860049

Control de Potencia de Taladro

Control de las potencias 0 – 100 %



Potencia del 100 %

Nota: Se anexo un video como comprobación del proyecto en la carpeta del proyecto

Aguilar Rodriguez Carlos Adolfo 215860049

• INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA CONTROL DE TALADRO

Después de mostrar los mensajes al usuario la aplicación nos pide introducir un porcentaje deseado de 0-100 para ello después de introducir el porcentaje deseado se debe presionar enter en este caso el (*) donde se quedara constante dicho porcentaje para introducir cualquier otro valor se presiona cualquier otra tecla y así se puede introducir cualquier otro porcentaje de igual forma se ejecutara constantemente el nuevo porcentaje hasta introducir alguno otro

BIBLIOGRAFIA/REFERENCIAS

- Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos
 - Robert L. Boylestad
 - Louis Nashelsky
- Análisis de circuitos en ingeniería
 - William H. Hayt, Jr
 - Jack E. Kemmerly
 - Steven M. Durbin
- Dispositivos Electrónicos
 - Thomas Floyd
- Cómo gobernar un display LCD alfanumérico basado en el controlador HD44780
 - José Ignacio Suárez Marcelo

