

# ELETRÔNICA BÁSICA PARA MICROCONTROLADORES:

## 1. Definições:

### 1.1 Elétricas:

- **Condutor:** - Todo material capaz de **conduzir** corrente elétrica, ou seja, transportar elétrons. Geralmente são metais como o cobre ou alumínio.
- **Cargas elétricas:** - São os elétrons que estão em **movimento** de um átomo para outro, movendo de um pólo de maior potencial, para outro de menor potencial. Pela **concepção convencional** o sentido de movimentação dos elétrons em um condutor é do POSITIVO (5 Volts), para o NEGATIVO (GND-GrouND).
- **Corrente Elétrica:** - Ou Amperagem, é a **movimentação** de cargas elétricas (elétrons) ordenadas em um condutor.
- **Tensão Elétrica:** - Ou voltagem, é a **diferença de potencial** elétrico entre dois pontos. Esta diferença é que provoca a transição dos elétrons.
- **Resistência elétrica:** - É a **oposição**, oferecida por um condutor ou circuito, a passagem de corrente elétrica.

Pode ser feita uma comparação entre um circuito elétrico e um circuito hidráulico da seguinte forma: Uma caixa de água, para abastecer uma determinada região da cidade, deve ser colocada em uma altura tal que proporcione a **diferença necessária** para que a água possa fluir para as residências.



Nesta comparação: substituindo a água pela **carga elétrica**, os canos são os **condutores**, a diferença de altura (pressão) entre a caixa e as residências é a **tensão**, o volume de água ou vazão que passa pelo cano em um segundo é a **corrente**, e a restrição à passagem da água pelo cano (torneiras, por exemplo) é a **resistência**.

## 1.2 Notações numéricas:

- **Notação Decimal (base 10):** - Utilizamos no nosso dia a dia, por isso, é bastante familiar, *Deci* significa dez, que é a base do sistema decimal. Este sistema possui dez dígitos diferentes (0 a 9), cada casa decimal pode conter apenas um dígito e a cada “estouro”, inicializa e incrementa-se em 1 o dígito da esquerda. No *assembly* do PIC um valor decimal deve ser precedido por um “.”, por exemplo, .255
- **Notação Binária (base 2):** - O prefixo "Bi" significa dois, indicando que o sistema binário é baseado em 2. Este sistema possui dois dígitos diferentes (0 e 1), cada casa binária pode conter apenas um dígito e a cada “estouro”, inicializa e incrementa-se em 1 o dígito da esquerda. No PIC o valor deve ser precedido por um B e estar entre aspas simples, por exemplo, B'11111111'.
- **Notação Hexadecimal (base 16):** - "*hexa*" significa seis e "*deci*" significa 10, portando a base do sistema hexadecimal é 16. Este sistema possui 16 dígitos diferentes(0 a F), cada casa decimal pode conter apenas um dígito e a cada “estouro”, inicializa e incrementa-se em 1 o dígito da esquerda. A representação hexa no PIC consiste em preceder o valor por 0x, por exemplo, 0xFF.
- **ASCII(acrônimo para American Standard Code for Information Interchange)** é um conjunto de códigos para o computador representar números, letras, pontuação e outros caracteres. No PIC o código ASCII deve ser colocado entre aspas simples, por exemplo, 'A'.

No final da apostila é apresentada uma tabela contendo as representações decimal, binária, hexadecimal e os caracteres ASCII.

## 2. Grandezas e Unidades:

Grandezas e unidades são utilizadas para especificar valores e parâmetros de tudo que envolve medidas, conforme pode ser observado na tabela a seguir, iniciando por grandezas mais conhecidas seguidas pelas utilizadas na eletrônica:

Grandeza:	Unidade:
Massa	grama
Comprimento	metro
Tempo	segundo
Corrente	Ampère
Tensão	Volts
Resistência	Ohms
Potência	Wats
Capacitância	Farad
Frequência	Hertz

### 3. Magnitudes fundamentais:

Para facilitar a escrita e a visualização são utilizados múltiplos e submúltiplos sempre que necessário. Por exemplo, um resistor de 2.200.000 é representado simplesmente por 2M2, da mesma forma uma corrente de 0,000.050 é representada apenas por 50uA.

0,000.000.000.000.000.001	Atto	a
0,000.000.000.000.001	Femto	f
0,000.000.000.001	Pico	p
0,000.000.001	Nano	n
0,000.001	Micro	u
0,001	Mili	m
1	Unidade	
1.000	Kilo	k
1.000.000	Mega	M
1.000.000.000	Giga	G
1.000.000.000.000	Tera	T
1.000.000.000.000.000	Peta	P
1.000.000.000.000.000.000	exa	E

### 3. Componentes elétricos / eletrônicos:

O microcontrolador é um componente eletrônico que quando isolado, dificilmente poderá ter alguma utilização. Serão apresentados alguns dos principais componentes que servem de “apoio” ao microcontrolador expandindo sua capacidade e gama de utilização.

Como o foco é o microcontrolador será realizada uma breve explanação sobre os componentes, sem aprofundar em parâmetros e características técnicas.

#### 3.1 Microcontrolador (PIC):

É um componente eletrônico dotado de uma memória interna na qual pode ser gravada uma sequência de ações ou comandos estruturados na forma de um programa, os quais serão executados sequencialmente quando o componente for alimentado. As instruções deste programa podem executar a leitura do nível digital (positivo ou negativo) em um pino configurado como entrada, ou impor um nível digital nos pinos que são configurados como saída. Na figura 1 é exibida a pinagem do PIC 16F628.



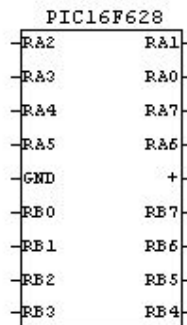


Figura 1- PIC16F628

Este nível digital é tratado internamente como bit 1 para 5 volts e bit 0 para 0 volt, e sempre com uma corrente de apenas **25mA**. Este valor é muito baixo para a maioria das aplicações, necessitando de componentes que formam uma **interface de potência**, ou seja, um circuito com componentes eletrônicos para amplificar esta corrente e permitir sua utilização.

### 3.2 Transistor Bipolar:

O transistor é um componente eletrônico que pode ser utilizado como uma chave eletrônica, formando uma interface de potência que permite ampliar a utilização do nível digital presente na saída do microcontrolador. Suas principais características são: tensão de operação em volts, corrente que pode suportar em Ampère, frequência máxima de chaveamento em Hertz, ganho ou fator de amplificação e polaridade. Na figura 2 pode ser observada a aparência, símbolo utilizado nos diagramas esquemáticos e a nomenclatura dos três terminais do transistor que são Base (B), Coletor (C) e Emissor (E).

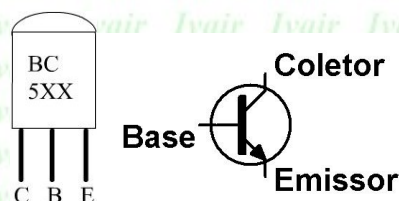
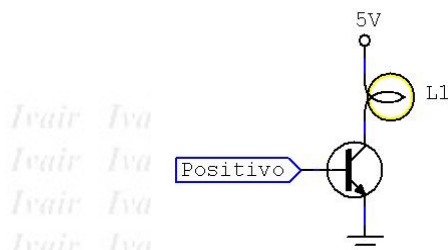


Figura 2- Terminais do transistor

Em uma configuração comum o nível digital de controle é aplicado na base, a carga controlada (elemento que receberá a alimentação) é conectada no coletor e o positivo ou negativo, de acordo com o tipo do transistor, é conectado terminal emissor. Em um transistor com polaridade NPN (positivo, negativo, positivo) a base deve receber um nível de tensão positivo para que o dispositivo seja acionado. Para um transistor com polaridade PNP (negativo, positivo, negativo) o nível de tensão na base deve ser negativo. Estas configurações podem ser observadas na figura 3.

### Transistor NPN:



### Transistor PNP

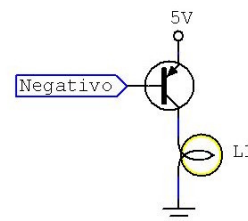


Figura 3 – Tipos de configuração

Como foi citado, pela concepção convencional a corrente sempre flui do positivo para o negativo (GND). Assim para ligar a lâmpada L1 com um transistor NPN o nível digital na base do transistor deve ser positivo fazendo com que uma pequena corrente elétrica circule nos terminais base e emissor, saturando o transistor e permitindo que uma grande corrente circule e entre coletor e emissor **através** da carga. Desta forma o transistor funciona como uma chave (interruptor) ligada, conforme pode ser observado na figura 4.

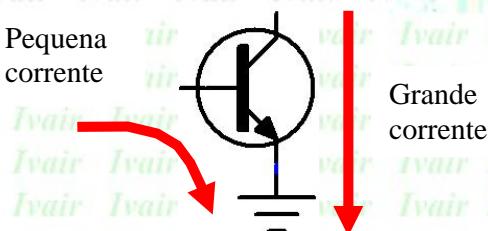


Figura 4 – Saturação de um transistor NPN

Na figura 5 é possível observar que, de forma similar, nos transistores PNP o nível digital na base do transistor deve ser Negativo (GND) fazendo com que uma pequena corrente elétrica circule nos terminais emissor e base, saturando o transistor e permitindo que uma grande corrente circule e entre emissor e coletor **através** da carga.

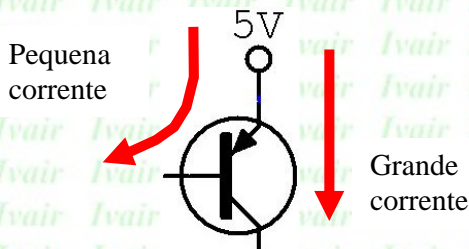


Figura 5 – saturação de um transistor PNP

Diversos são os fabricantes e os modelos de transistores, cada qual com suas características, como capacidade para trabalhar com alta corrente ou alta tensão, frequências elevadas, alta amplificação (ganho) entre outras. A tabela a seguir cita alguns modelos de transistores e na figura 6 podem ser visualizada sua aparência

<b>NPN</b>	Aciona com positivo na base		
USO GERAL	Média potencia	Alta potencia	Darlington
BC547	BD135	TIP31	TIP120
BC548	BD137	TIP41	TIP121
BC549	BD139	2N3055	TIP122
BC337	BD235		
BC338			

<b>PNP</b>	Aciona com negativo na base		
Uso geral	Média potência	Alta potência	Darlington
BC557	BD135	TIP32	TIP125
BC558	BD138	TIP42	TIP126
BC559	BD140	2N2955	TIP127
BC327	BD236		
BC328			

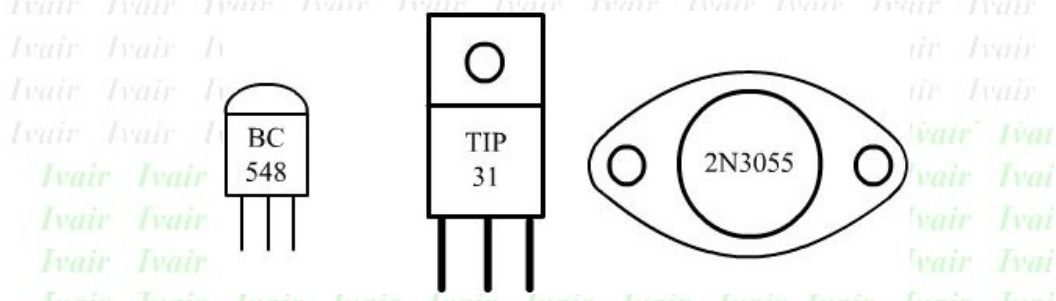


Figura 6 – invólucro de transistores

### 3.3 Resistor:

É um Componente eletrônico que oferece uma resistência ao fluxo da corrente elétrica, desta forma reduz esta corrente a um valor que não danifica o componente alimentado. Suas características são: resistência em Ohms e dissipação em Wats. Na figura 7.a pode ser observada a aparência e na figura 7.b a simbologia do resistor.



Figura 7 – Resistor, aparência (a) e símbolo elétrico (b)

A identificação do valor de um resistor é realizada por um código de cores, as quais são impressas no componente. Os mais comuns são os resistores de 4 e 5 faixas coloridas. Nos resistores de 4 faixas a primeira e a segunda representam um número, a terceira indica a quantidade de 0 (zeros) que devem ser adicionados após estes dois



números e a quarta a tolerância, ou seja, o desvio que este valor pode ter em relação ao valor declarado. Uma representação gráfica do resistor é apresentada na figura 8.

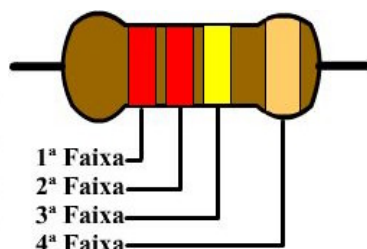


Figura 8 – código de cor em resistores

Tabela de cores de resistores:

Cor da Faixa	1ª faixa 1º dígito	2ª faixa 2º Dígito	3ª faixa Nº de Zeros	4ª faixa Tolerância
Preto	0	0	0	-
Marrom	1	1	1	1%
Vermelho	2	2	2	2%
Laranja	3	3	3	3%
Amarelo	4	4	4	4%
Verde	5	5	5	-
Azul	6	6	6	-
Violeta	7	7	7	-
Cinza	8	8	-	-
Branco	9	9	-	-
Ouro	-	-	-	5%
Prata	-	-	-	10%

Se a base de um transistor NPN for conectada diretamente ao positivo da alimentação, ocorre a queima do componente. Da mesma forma, para ligar um LED (Diodo Emissor de Luz) é necessário diminuir a corrente para cerca de 20mA evitando que o componente seja danificado. A limitação desta corrente é realizada pela inserção, em série, de um resistor com um valor calculado em função da corrente elétrica suportada pelo componente. Esta configuração é exibida no circuito exibido na figura 9.

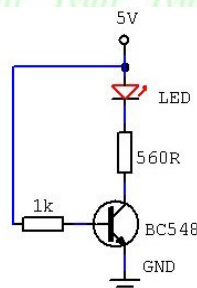


Figura 9 – Limitação de corrente com resistor

Para a utilização do transistor somente como uma chave eletrônica, ou seja, saturação (ligado) ou corte (desligado) pode ser utilizado na sua base um resistor com o

valor padrão de 1k para todas as aplicações. Da mesma forma para acionar um LED em 5 volts pode ser utilizado um resistor de 470R e para 12 volts um resistor de 1k.

### 3.4 Capacitor:

São componentes eletrônicos que armazenam energia. Esta propriedade é conhecida como capacitância e é aplicada na elaboração de filtros e acoplamentos de sinais. Suas características são: capacitância em Farad e tensão de trabalho em Volts.

Os tipos mais comuns são os capacitores eletrolíticos, normalmente com valores mais altos, e capacitores cerâmico e de poliéster com valores menores. Sua aparência e simbologia podem ser observadas na figura 10.

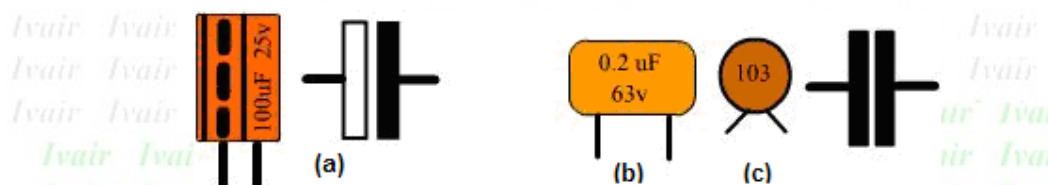


Figura 10 - capacitor eletrolítico (a), poliéster (b) e cerâmico (c)

O capacitor é formado por duas placas (eletrodos) paralelas que armazenam cargas opostas, separadas por um material isolante (dielétrico). Os elétrons não podem passar diretamente através do dielétrico de uma placa do capacitor para a outra.

Quando uma tensão na forma de **corrente contínua** (sempre na mesma polaridade positivo ou negativo) é aplicada a um capacitor a corrente flui para uma das placas, carregando-a, enquanto a outra placa é carregada com a tensão oposta. Em outras palavras, quando tensão aplicada a um terminal capacitor mudar, o capacitor será descarregado e carregado novamente com o outra polaridade.

Assim correntes alternadas podem fluir pelo capacitor devido a este fenômeno, denominado reatância capacitiva, de uma forma proporcionalmente inversa a frequência da alternância do sinal. Na figura 11 pode ser observado a carga de um capacitor com corrente continua.

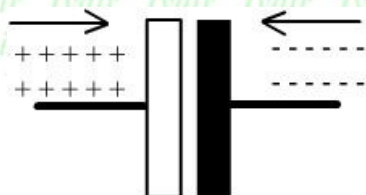


Figura 11 – carga de um capacitor



### 3.5 Diodo:

São componentes eletrônicos que permitem o fluxo da corrente somente em um sentido. São utilizados normalmente em retificação de corrente alternada, proteção de circuitos, e reguladores de tensão (diodo Zener). Suas características são: Tensão de trabalho, em Volts, e Corrente suportada, em Ampère. A figura 12 exibe a aparência e a simbologia do diodo.

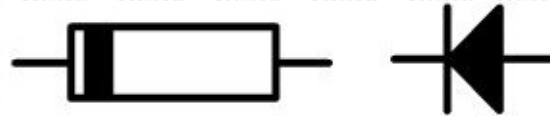


Figura 12 - Diodo

### 3.6 Potenciômetro:

Componente eletromecânico que funcionam como um resistor variável. É formado por três terminais, sendo o terminal central preso ao eixo do componente. Este ao ser girado muda o valor da resistência em relação aos dois terminais laterais, aumentando um e diminuindo o outro na mesma proporção. Suas características são: resistência em ohms e potência em Wats. Na figura 13 pode ser visualizada seu símbolo esquemático.

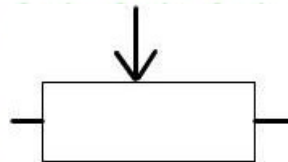


Figura 13 – Potenciômetro

### 3.7 LED:

Componente eletrônico polarizado que emite luz quando energizado. É encontrado em diversas cores visíveis e também em um tipo que emite radiação infravermelho, este ultimo utilizado para comunicação de dados. Os leds sempre devem ser ligados em série com um resistor para limitar a corrente que circula pelo componente, impedindo desta forma que seja danificado. Seus terminais são conhecidos por katodo, que deve ser conectado ao negativo e anodo conectado ao positivo.

A identificação de sua polaridade no momento da montagem pode ser feita por um chanfro no encapsulamento, o qual marca o terminal que deve ser conectado ao

negativo. O símbolo esquemático do componente tem forma de uma seta que indica o sentido da corrente elétrica apontando para o negativo da alimentação. Sua aparência e símbolo esquemático podem ser visto na figura 13.



Figura 13 - Leds

### 3.8 Relês:

São dispositivos eletromecânicos responsáveis por fornecer uma interface de alta potência, por intermédio de contatos mecânicos, os quais podem controlar correntes e tensões elevadas. Suas características são: tensão de operação da bobina, em Volts e capacidade de corrente dos contatos, em Ampère. Seu símbolo esquemático e sua aparência podem ser observado na figura 14.

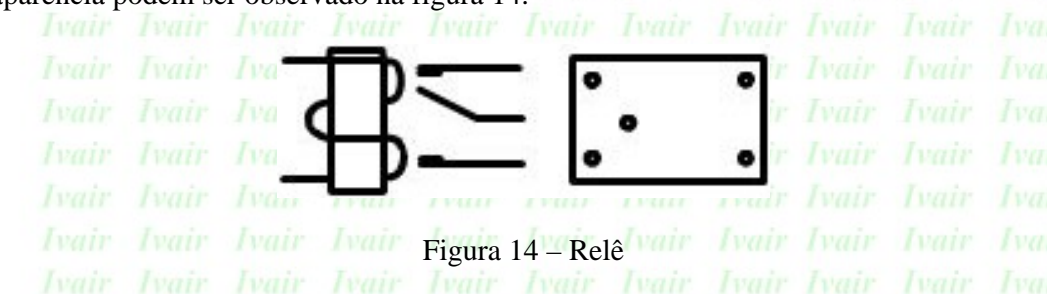


Figura 14 – Relê

Os relês são compostos por uma bobina que é acionada por uma pequena corrente. Quando magnetizada atrai um núcleo de ferro movimentando um mecanismo interno que liga ou desliga os contatos de saída. Estes contatos normalmente estão em série com o dispositivo controlado. A maioria dos relês conta com três terminais de saída sendo eles: comum (C), normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF). Quando a bobina do relê não está energizada o terminal C fica conectado ao NF e quando a bobina está energizada o terminal C se conecta ao NA, conforme é exibido na figura 15.

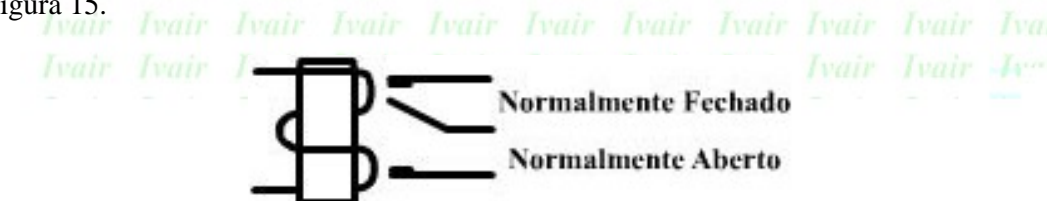


Figura 15 – Contatos C, NA e NF de um relê

Na figura 16 pode ser observado um diagrama de circuito para acionamento de um relê. Para isto, utiliza-se um transistor de uso geral para alimentar a bobina e um diodo polarizado inversamente para proteger o transistor de transientes, que são pulsos de alta tensão gerados pelo relê no momento em que são desenergizados.

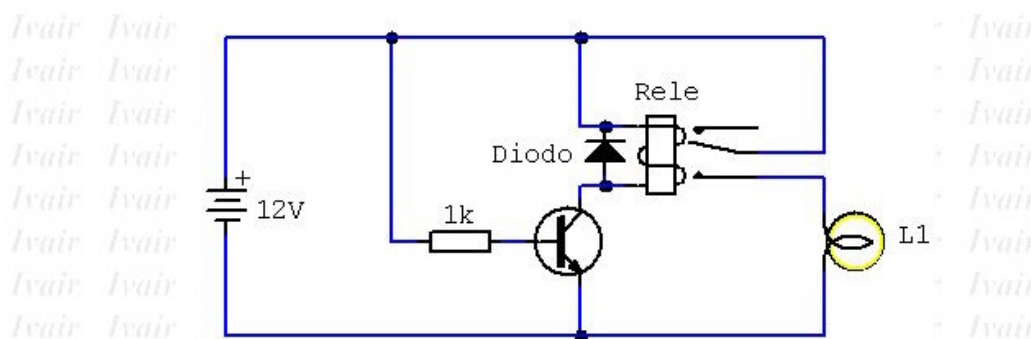


Figura 16 – Acionamento de um relê

### 3.9 Fontes:

Fornecem a energia elétrica para o circuito eletrônico. A extremidade marcada com o sinal “+” é o positivo da alimentação e a outra o negativo. Suas características são: Tensão fornecida, em Volts e capacidade de corrente, em Ampère. São constituídas por fonte de bancada, bateria ou até mesmo uma simples pilha. O símbolo utilizado em diagramas esquemáticos pode ser observado na figura 17.



Figura 17 – Fonte de alimentação

### 3.10 Chaves:

São dispositivos de entrada cujo acionamento pode ser manual ou mecânico. As chaves tipo *push button* podem ser do tipo com trava ou acionamento momentâneo somente quando estiverem pressionadas. Na figura 18 são mostrados os símbolos esquemáticos e os respectivos nomes dos tipos mais comuns.

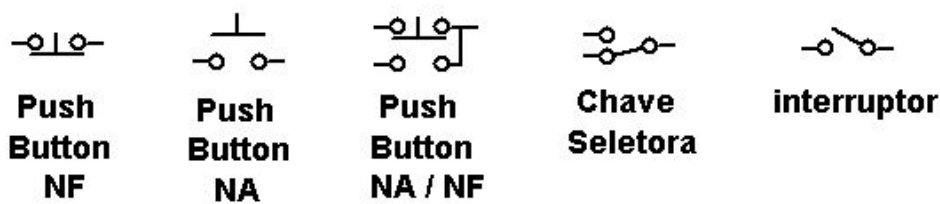


Figura 18 – Tipos de chaves



### 3.11 Sensores:

São dispositivos de entrada que captam um evento do ambiente e o transforma em um sinal digital. Este pode ser “entendido” e interpretado pelo circuito eletrônico. Existem diversos tipos de sensores cada qual com um modo de acionamento e uma aplicação diferente. Entre eles estão:

- **Fototransistor** – É um tipo especial de transistor no qual há um sensor de luz conectado à base, permitindo que o transistor seja acionado por luz.
- **Reed switch** – É um sensor magnético constituído por um pequeno tubo de vidro, cujo interior contém duas lâminas paralelas muito próximas, conectadas uma a cada terminal. Quando este componente é aproximado de um campo magnético estas lâminas são imantadas e juntam-se conectando ambos os terminais.
- **Termistores – (PTC e NTC)** – São componentes eletrônicos térmicos que oferecem uma resistência a passagem da corrente elétrica, assim como os resistores. Porém, o valor da resistência destes componentes se altera de acordo com a temperatura à qual são submetidos.

### 3.12 Displays de LEDs:

Componente eletrônico polarizado composto por um conjunto de sete LEDs (sem o ponto decimal) com o qual é possível formar qualquer número, e até mesmo os caracteres ‘A’, ‘B’, ‘C’, ‘D’ e ‘E’ utilizados na notação hexadecimal. Existem os modelos Katodo comum e anodo comum. Sua aparência é representada na figura 19.

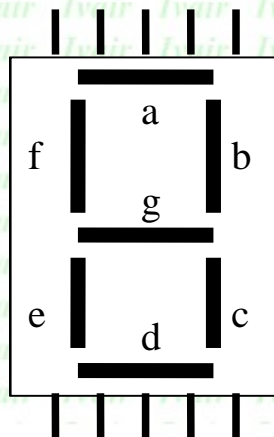


Figura 19 – Display de sete segmentos

### 3.13 Display LCD:

Uma grande vantagem da utilização de microcontroladores é a facilidade de comunicação com *Display* de Cristal Líquido (LCD), uma interface eficiente e econômica para a exibição de mensagens. O LCD é um componente implementado com um circuito integrado e duas lâminas de vidro polarizadas. Essas lâminas são separadas uma fina camada de cristal que está em um estado de transição entre o líquido e o sólido. A principal característica deste cristal é que suas moléculas podem ser reordenadas com impulsos elétricos, formando uma cortina aberta ou fechada.

Os caracteres são enviados para o LCD no formato ASCII e o circuito interno gera os pulsos elétricos necessários para a exibição destes caracteres. Um dos modelos mais comuns é o 16x2 (dezesseis colunas por duas linhas). Na figura 20 pode ser visualizado um LCD.



Figura 20 – Display LCD

### 3.14 Reguladores de tensão:

LCDs, microcontroladores e diversos circuitos integrados devem ser alimentados com um tensão fixa de 5 volts, e sofrerão danos se este valor for ultrapassado. A forma mais comum de se obter esta tensão é com a utilização de um regulador de tensão. Este circuito integrado que tem o mesmo encapsulamento do transistor, conforme pode ser observado na figura 21.

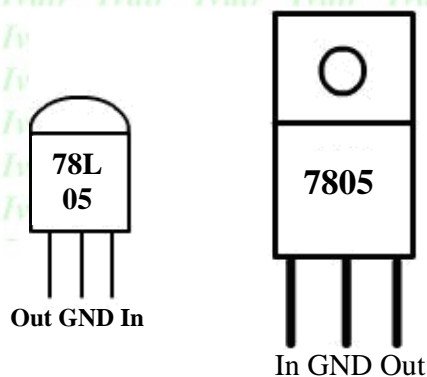


Figura 20 – reguladores de tensão

O terminal de entrada (*in*), deve ser conectado a qualquer fonte de energia elétrica contínua com 7 a 35 Volts, o terminal central é o negativo (GND) e no terminal de saída (*out*) é fornecida uma tensão estabilizada de 5 volts. Existem reguladores de tensão para 3.3, 5, 6, 8, 9, 12, 15, 18 e 24 Volts, sendo que o modelo 78LXX suporta uma corrente de até 100 miliampère e o modelo 78XX até 1 ampère.

### 3.14 Motores:

São dispositivos eletromecânicos que transformam a energia elétrica em energia mecânica realizando a rotação de um eixo, o qual pode ter o sentido e a velocidade de rotação controlada pela potência e polaridade desta energia elétrica. Não podem ser conectados diretamente aos terminais do PIC, pois, o consumo de corrente é elevado, portanto necessitam de uma interface de potência.

São utilizados em uma ampla gama de aplicações, como binquedos, impressoras e drivers (disquete, CDRom, HD). Os dois tipos de motores mais utilizados em pequenas aplicações são:

#### Motor de Corrente contínua:

São os motores mais comuns, podem alcançar grandes velocidades e força, seu sentido de rotação é dado pela polarização da alimentação no seus dois fios de entrada. Se a polaridade da alimentação for invertida o sentido de rotação também é invertido.

Suas principais características são tensão de alimentação, em Volts e velocidade de rotação em RPM (rotações por minuto). Na figura 19 pode ser observado uma ilustração de um motor de corrente contínua.

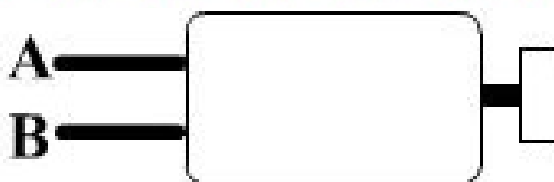


Figura 21 – Motor de Corrente Contínua

#### Motor de Passo.

São motores utilizados em equipamentos que exigem grande precisão, porém não são dispositivos de grande velocidade ou força. Sua rotação é dada pela alimentação sequencial de suas bobinas internas por seus quatro fios de alimentação, de acordo com a velocidade de troca do fio alimentado, e da sequência de alimentação (direita ou esquerda) é realizado o controle de velocidade e sentido de rotação do motor.

Suas principais características são Tensão de alimentação em volts, corrente suportada em Amprère e passo em graus. Na figura 20 é exibida a forma de acionar um motor de passo do tipo unipolar.



O número um (“1”) representa uma tensão compatível com o motor e o zero (“0”) um fio sem alimentação. A alimentação negativa é realizada no terminal comum.

Passo	A	B	C	D
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	1	0	0	0
6	0	1	0	0
7	0	0	1	0
8	0	0	0	1

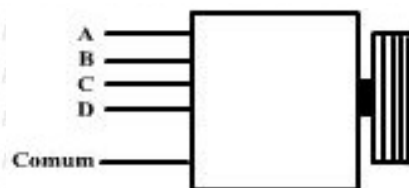


Figura 22 – Acionamento do motor de passo unipolar

Na figura 21 é exibido o esquema de alimentação de um motor de passo do tipo bipolar, cuja diferença está na inversão de polaridade nos fios de alimentação. Neste tipo de motor o “+” representa a alimentação positiva e o “-” a alimentação negativa.

Passo	A	B	C	D
1	+	-	-	-
2	-	+	-	-
3	-	-	+	-
4	-	-	-	+
5	+	-	-	-
6	-	+	-	-
7	-	-	+	-
8	-	-	-	+

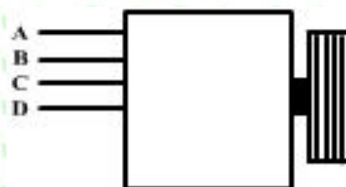


Figura 23 – Acionamento do motor de passo bipolar

### 3. Matriz de contatos:

A matriz de contatos é um equipamento que disponibiliza uma forma rápida e eficiente de se realizar experimentos eletrônicos em laboratório. Possui furos nos quais são inseridos os terminais dos componentes eletrônicos proporcionando a conexão dos terminais e servindo de suporte para a montagem.

A montagem deve ser realizada com a fonte desligada e sempre que possível o terminal de um componente deve ser conectado diretamente ao terminal de outro componente, nos casos que esta ação não puder ser realizada utilizar fios curtos e próximos a placa, de forma a realizar uma montagem limpa e clara.

Após a montagem, antes de ligar a alimentação do circuito, rever cuidadosamente as ligações, principalmente as conexões ao positivo e negativo da alimentação evitando a ocorrência de erros que possam danificar os componentes.

Na figura 22 é mostrada uma representação da matriz, na qual as linhas contínuas 1 e 2 mostram o sentido de ligação dos pinos no interior da matriz. As linhas longas (2) normalmente são utilizadas para alimentação e as linhas curtas (1) para interligação dos componentes.

Normalmente posiciona-se a matriz na horizontal, com os bornes de alimentação (preto e vermelho) do lado esquerdo, conecta a alimentação negativa na parte inferior (2) e a alimentação positiva na parte superior.

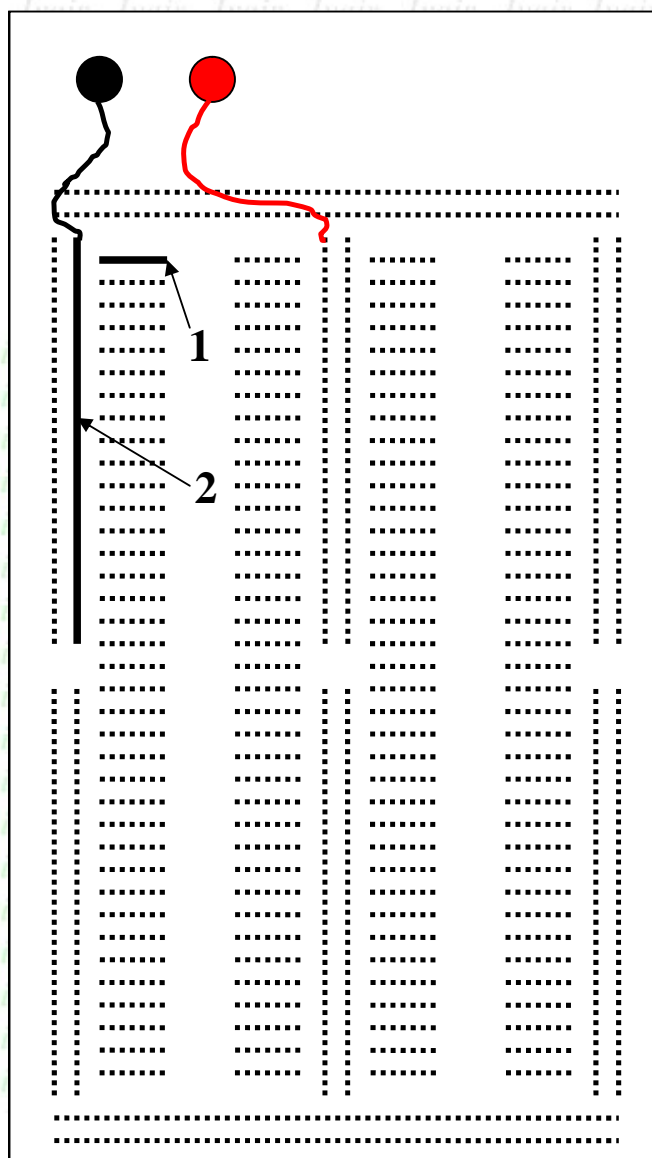


Figura 24 – Matriz de contatos

Na figura 23 pode ser observado um exemplo de montagem de um circuito na matriz de contato. Neste circuito na mesma coluna de furos que está o pino 1 do microcontrolador também está conectado um dos terminais de um resistor de 470R. O outro terminal deste resistor vai até outra coluna de furos, na qual é conectado ao terminal do LED, este por sua vez, está conectado diretamente a alimentação negativa do circuito. Observe também a conexão positiva a negativa do PIC.

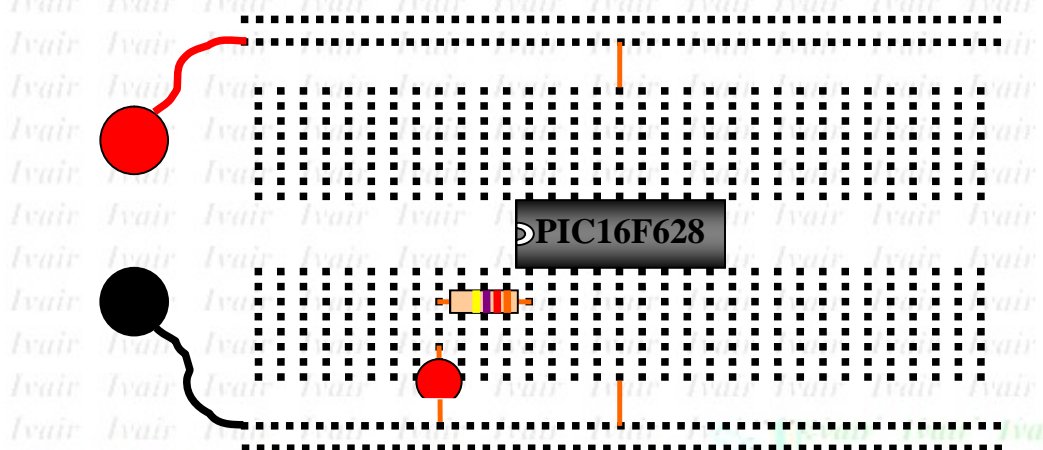


Figura 25 – Exemplo de montagem na matriz

## 4. Multímetro Digital:

O multímetro, mostrado na figura 26, é um equipamento usado para medir corrente elétrica contínua, corrente elétrica alternada, tensão contínua, tensão alternada e resistência elétrica. A função desejada pode ser escolhida através da chave seletora localizada na parte central do aparelho.



Figura 26 – Multímetro digital



Na figura 27 é exibida a chave seletora que deve ser posicionada corretamente para realizar a medição da grandeza desejada.

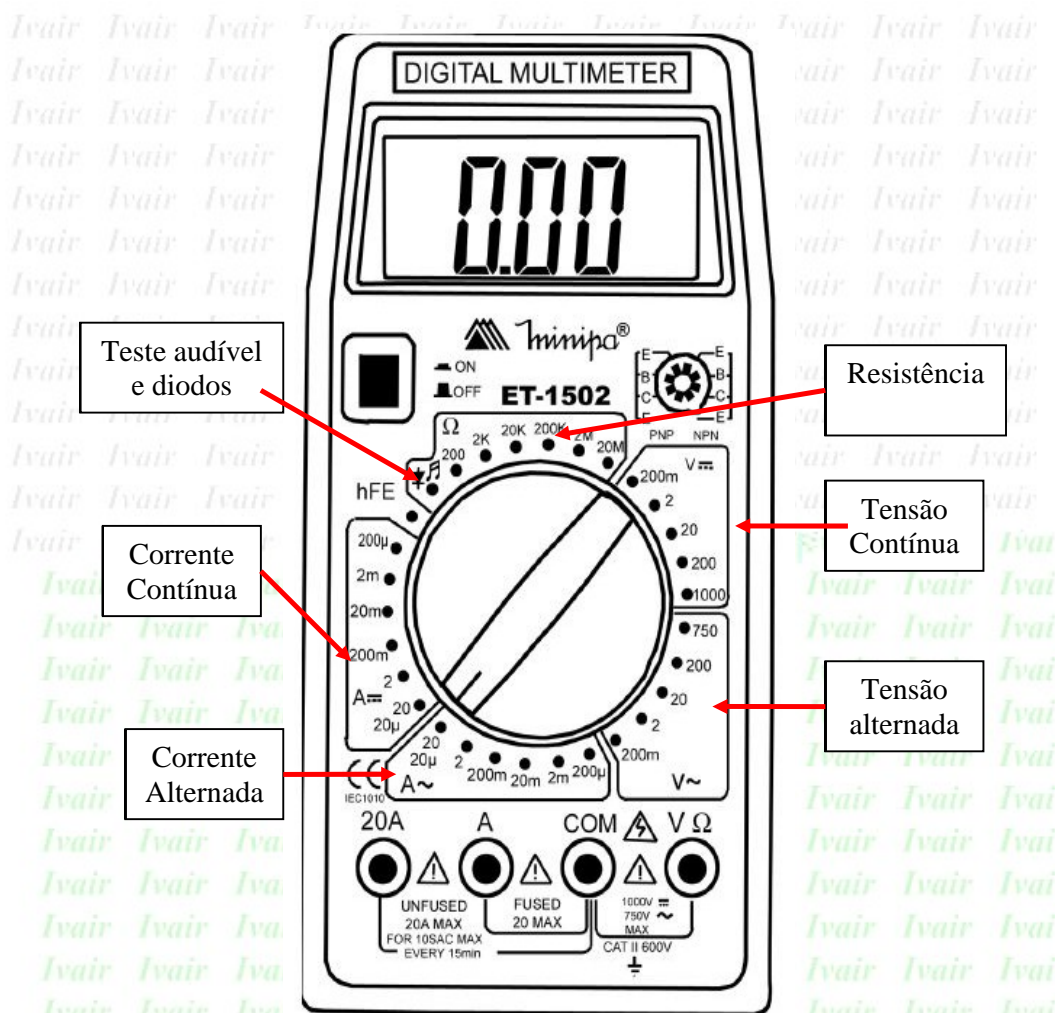


Figura 27 – Posicionamento da chave seletora

Além da chave seletora, deve ser observado também a conexão das pontas de prova, da seguinte forma:

- A ponta de prova na cor preta (negativo) deve sempre estar conectada a entrada “COM”.
- A ponta de prova vermelha (positivo) deve estar conectada a entrada “V  $\Omega$ ” para a medição de tensão ou resistência.
- A ponta de prova vermelha (positivo) deve estar conectada a entrada “20A” para a medição corrente entre 2A e 20A (permanecer no máximo 15 segundos).
- A ponta de prova vermelha (positivo) deve estar conectada a entrada “A” para a medição corrente até 2A.

# Anexo 1 – Tabela de representações Decimal, Binário, Hexa e ASCII

Decimal	hexadecimal	Binário	ASCII
0	0	00000000	
1	1	00000001	
2	2	00000010	
3	3	00000011	
4	4	00000100	
5	5	00000101	
6	6	00000110	
7	7	00000111	
8	8	00001000	
9	9	00001001	
10	A	00001010	
11	B	00001011	
12	C	00001100	
13	D	00001101	
14	E	00001110	
15	F	00001111	
16	10	00010000	
17	11	00010001	
18	12	00010010	
19	13	00010011	
20	14	00010100	
21	15	00010101	
22	16	00010110	
23	17	00010111	
24	18	00011000	
25	19	00011001	
26	1A	00011010	
27	1B	00011011	
28	1C	00011100	
29	1D	00011101	
30	1E	00011110	
31	1F	00011111	
32	20	00100000	space
33	21	00100001	!
34	22	00100010	“
35	23	00100011	#
36	24	00100100	\$
37	25	00100101	%
38	26	00100110	&
39	27	00100111	‘
40	28	00101000	(
41	29	00101001	)
42	2A	00101010	*
43	2B	00101011	+
44	2C	00101100	,
45	2D	00101101	-
46	2E	00101110	.
47	2F	00101111	/
48	30	00110000	0
49	31	00110001	1
50	32	00110010	2
51	33	00110011	3
52	34	00110100	4
53	35	00110101	5
54	36	00110110	6
55	37	00110111	7
56	38	00111000	8
57	39	00111001	9
58	3A	00111010	:
59	3B	00111011	;
60	3C	00111100	<
61	3D	00111101	=
62	3E	00111110	>
63	3F	00111111	?
64	40	01000000	@
65	41	01000001	A
66	42	01000010	B
67	43	01000011	C
68	44	01000100	D
69	45	01000101	E
70	46	01000110	F
71	47	01000111	G
72	48	01001000	H
73	49	01001001	I
74	4A	01001010	J
75	4B	01001011	K
76	4C	01001100	L
77	4D	01001101	M
78	4E	01001110	N
79	4F	01001111	O
80	50	01010000	P
81	51	01010001	Q
82	52	01010010	R
83	53	01010011	S
84	54	01010100	T
85	55	01010101	U
86	56	01010110	V
87	57	01010111	W
88	58	01011000	X
89	59	01011001	Y
90	5A	01011010	Z
91	5B	01011011	[
92	5C	01011100	\
93	5D	01011101	]
94	5E	01011110	^
95	5F	01011111	~
96	60	01100000	
97	61	01100001	a
98	62	01100010	b
99	63	01100011	c
100	64	01100100	d
101	65	01100101	e
102	66	01100110	f
103	67	01100111	g
104	68	01101000	h
105	69	01101001	i
106	6A	01101010	j
107	6B	01101011	k
108	6C	01101100	l
109	6D	01101101	m
110	6E	01101110	n
111	6F	01101111	o
112	70	01110000	p
113	71	01110001	q
114	72	01110010	r
115	73	01110011	s
116	74	01110100	t
117	75	01110101	u
118	76	01110110	v
119	77	01110111	w
120	78	01111000	x
121	79	01111001	y
122	80	01111010	z
123	81	01111011	{
124	82	01111100	
125	83	01111101	}
126	84	01111110	~
127	85	01111111	DELETE
128	86	10000000	