

# Práticas de Eletricidade e Eletrônica

## Experiência 1 - Componentes Ativos

Edição 2023

### Introdução

Na primeira experiência foram apresentados alguns componentes eletrônicos, com especial destaque para resistores e capacitores. Nesta segunda experiência utilizamos mais um componente de dois terminais: o diodo.

Tanto resistores, como capacitores e diodos, são considerados componentes passivos. Na figura 1, usando resistores como exemplo, podemos entender a razão do termo “passivo”.

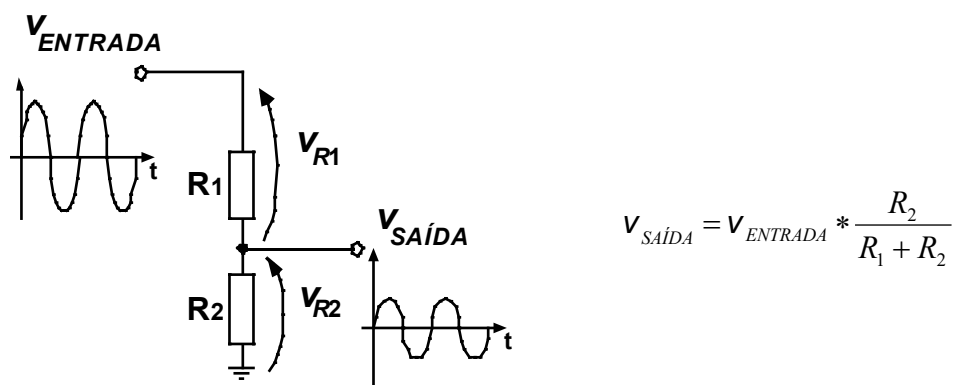


Figura 1. Um divisor resistivo ao qual aplicamos um sinal CA na entrada.

Vemos que ao aplicarmos um sinal CA na entrada, devido ao divisor resistivo formado por R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>, temos na saída um sinal CA atenuado (diminuído). Devido ao fato de nunca podermos obter um sinal CA de maior amplitude (ou melhor, com mais energia) em circuitos que empreguem apenas esse tipo de componentes, resistores, capacitores, indutores e diodos são chamados de componentes passivos. Isto é, esses componentes são incapazes de “aumentar”, ou mais especificamente, dar energia ao sinal CA.

Além disso, resistores e capacitores são componentes passivos lineares (em que há uma relação linear entre a tensão e a corrente no componente) e diodos são componentes passivos não-lineares (não há uma relação linear entre a tensão e a corrente no componente).

### Os Componentes Ativos

Existem componentes eletrônicos capazes de “aumentar”, ou dar energia, a um sinal. São os chamados componentes ativos. Com esses componentes temos a capacidade

de amplificar sinais, que é uma característica muito desejada em circuitos eletrônicos. No entanto surge uma pergunta: de onde o componente ativo tira energia para “aumentar” o sinal? O componente ativo retira essa energia de uma fonte de alimentação. Em outras palavras, o componente ativo **transforma** energia da fonte de alimentação (em geral CC) em energia de sinal (em geral CA). A Figura 2 ilustra esse conceito.

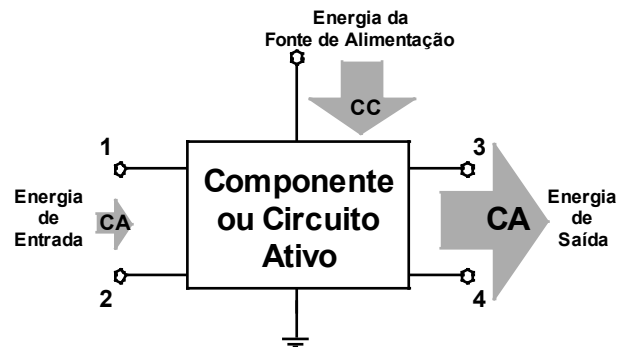


Figura 2. Forma pela qual um componente ativo aumenta a energia do sinal.

O componente ativo básico em eletrônica é o chamado transistor. O transistor possui dois tipos mais importantes, que têm seus símbolos mostrados na Figura 3.

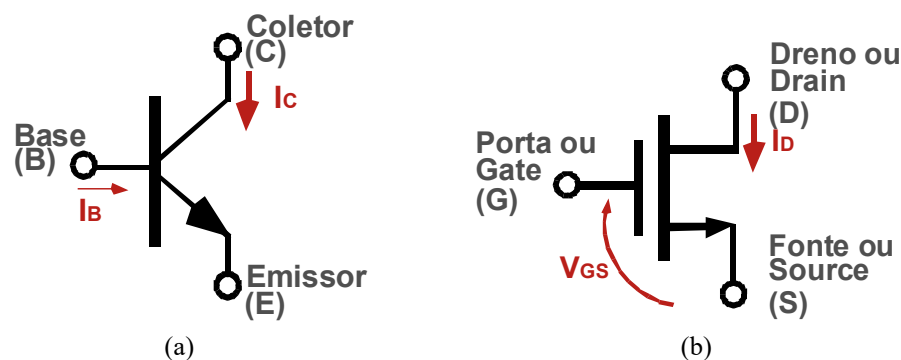


Figura 3. a) Símbolo de um transistor bipolar (tipo npn); b) Símbolo de um transistor FET (tipo MOS canal n). A seta no terminal de emissor (ou de fonte) indica o sentido da corrente elétrica entre emissor e coletor (ou dreno e fonte).

O transistor apresentado na Figura 3.a é chamado de transistor bipolar e tem como característica principal a capacidade de apresentar no terminal de saída (coletor - C) uma corrente muito maior e proporcional à **corrente** no terminal de entrada (base - B). O transistor apresentado na Figura 3.b é chamado de transistor de efeito de campo (*field effect transistor* – FET) e tem como característica principal a capacidade de apresentar no terminal de saída (dreno - D) uma corrente proporcional à **tensão** entre o terminal de entrada (porta ou *gate* - G) e o terminal da fonte (ou *source* – S). A Figura 4 mostra dois circuitos, um empregando transistor bipolar outro empregando transistor FET. É interessante observar que os transistores são fabricados em materiais sólidos com propriedades semicondutoras (e por isso são chamados de **componentes semicondutores** ou componentes em estado sólido). Uma característica importante dos componentes semicondutores é que, por não apresentarem partes móveis, possuem elevada confiabilidade.

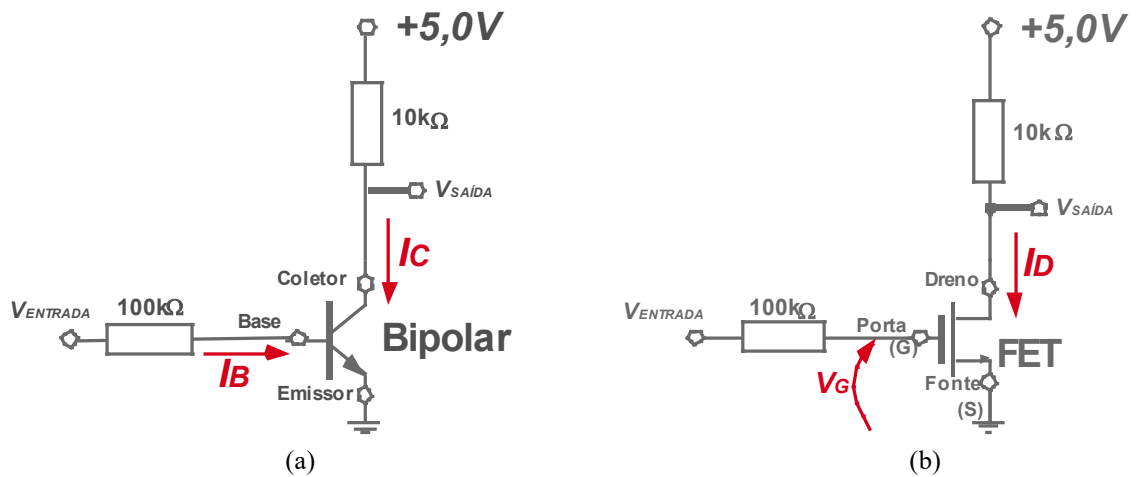


Figura 4. a) Circuito empregando transistor bipolar *npn*; b) Circuito empregando transistor MOSFET canal *n*.

Confrontando-se a Figura 2 e a Figura 4 é de se esperar que em ambos os circuitos da Figura 4 a potência do sinal CA de entrada ( $v_1.i_1$ ) seja menor que a potência do sinal CA na saída ( $v_2.i_2$ ) para se realizar a amplificação.

## A chave eletrônica

O transistor também pode ser empregado como chave. Nesse caso o sinal que aciona a chave não está aplicado diretamente sobre a mesma. Os circuitos apresentados na Figura 4 podem ser empregados para utilizar os transistores como chave.

Vamos considerar inicialmente o caso do transistor bipolar. Para que ele funcione como chave aberta basta que a corrente na entrada (corrente de base) seja nula. Para que ele funcione como chave fechada basta que a corrente na entrada (corrente de base) seja maior que um valor pré-determinado, que chamaremos de  $I_{Bon}$ . Nesses casos o transistor pode ser representado por uma chave aberta (Figura 5a) ou uma chave fechada (Figura 5b). A mesma consideração vale para o transistor FET, considerando-se a tensão de entrada ao invés da corrente de entrada.

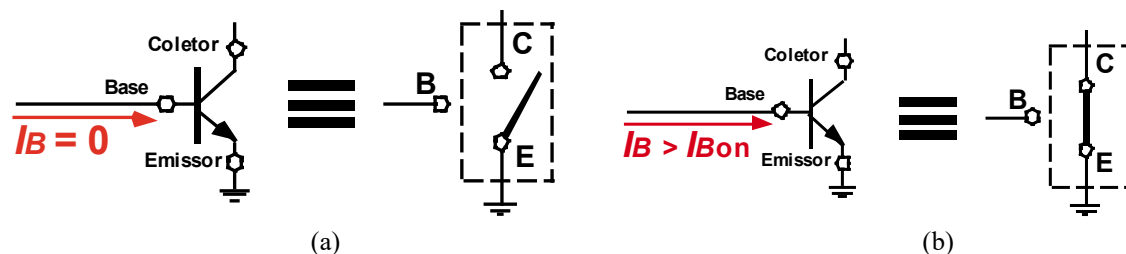


Figura 5. Transistor bipolar sendo representado por: a) Chave aberta (neste caso  $I_B = 0$ ) e b) Chave fechada (neste caso  $I_B > I_{Bon}$ ).

É importante observar que o sinal de controle, aplicado na entrada do transistor, normalmente é de baixa potência, e o sinal chaveado na saída é de potência geralmente maior. Assim, o transistor continua operando como componente ativo.

Um outro componente semiconductor muito conhecido é o diodo, mais simples que o transistor, e que também pode ser empregado como chave aberta/chave fechada. Note porém, que ele é um componente passivo não linear e por isso não amplifica sinais. Para funcionar como uma chave aberta (Figura 6a) ou uma chave fechada (Figura 6b) basta que

a tensão sobre ele seja inferior a 0,6V (chave aberta) ou superior a esse valor (chave fechada). Como o sinal que comanda essa chave é o próprio sinal a ela aplicada as aplicações do diodo são mais limitadas que as dos transistores.

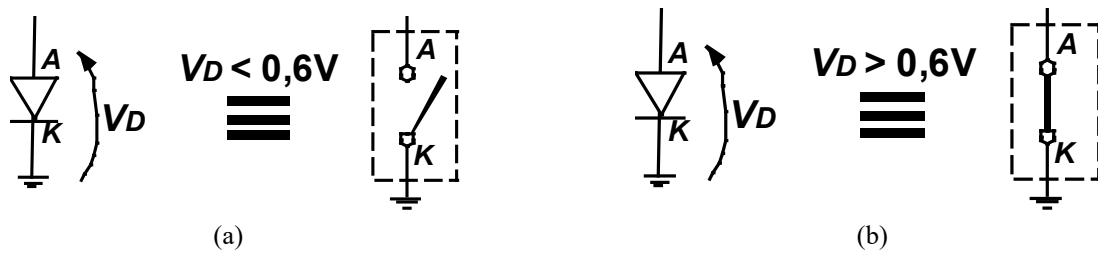


Figura 6. Diodo funcionando como: a) Chave aberta ( $V_D < 0,6V$ ); b) Chave fechada ( $V_D > 0,6V$ ).

## A eletrônica digital

A eletrônica está dividida em duas grandes áreas, a eletrônica analógica e a eletrônica digital. A eletrônica analógica preocupa-se em processar em tempo real sinais elétricos que se comportam analogamente a outras grandezas encontradas na natureza (temperatura, pressão, etc.). Esse processamento inclui a **amplificação**.

Já a eletrônica digital representa todas as grandezas de interesse por sinais elétricos digitais (representados em base 2 e portanto compostos apenas de uns e zeros) que podem ser facilmente transmitidos e processados por **chaves** eletrônicas. Na eletrônica digital, por exemplo, o número 14 é representado pela seqüência 1110. Para decodificar o sinal 1110 basta fazer a conversão da base 2 para a base decimal (base 10):

$$1110 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 8 + 4 + 2 + 0 = 14$$

Do ponto de vista prático, temos aí uma aplicação muito importante de transistores. Quando operam como chave eles podem ser utilizados no processamento de sinais para eletrônica digital. Assim, por exemplo, uma chave fechada representa um “0” e uma chave aberta representa um “1”. Em termos de tensão, normalmente atribui-se o valor 0 V (zero volt) ao valor digital “0” e o valor 5 V (cinco volts) ao valor digital “1”. Logo, em um circuito digital, ao medirmos um valor de 5 V temos um nível 1 e ao medirmos 0 V temos um nível 0. É interessante notar que o circuito da Figura 6 converte um sinal “1” (5 V) aplicado em sua entrada em um sinal “0” (0 V) em sua saída. Portanto o circuito da Figura 6 é um inversor lógico.

Transistores operando como chave são os elementos básicos da eletrônica digital, pois através deles é possível processar informações (o circuito da Figura 4 executa a forma mais simples de processamento lógico que é inverter um valor lógico) e armazenar essas informações (um exemplo é mostrado na Figura 7).

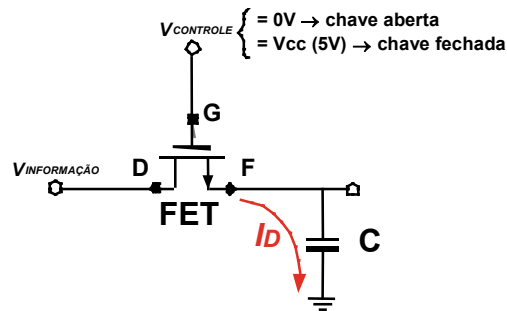


Figura 7. Um transistor FET tipo MOS sendo utilizado para armazenar informações em um capacitor de uma memória RAM.

### Notas Interessantes:

1. As pastilhas (*chips*) de memórias RAM de seu computador são fabricados utilizando-se apenas capacitores e transistores.
2. Os microprocessadores são constituídos praticamente de transistores na forma integrada.
3. Tanto as memórias RAM como os microprocessadores são fabricados em sua grande maioria empregando-se apenas transistores FET (na variedade metal-óxido-semicondutor – MOS) e não transistores bipolares.