



**Faculdade
de Ciências**

UNESP - Bauru

Faculdade de Ciências

Bacharelado em Ciência da Computação

Dispositivos e Circuitos Eletrônicos

Professor: Dr. Clayton Pereira

Transistores: JFET, MOSFET e CMOS

Igor dos Reis Gomes

Fernando Hiroshi Murusaki

BAURU-SP, maio de 2024

1 Introdução

Transistor é um dispositivo feito com metais semicondutores feito para barrar, chavear ou amplificar a passagem de corrente, são amplamente utilizados em circuitos eletrônicos e chips de computador. Neste trabalho não somente explicaremos as peculiaridades de cada tipo de transistor, como também mostraremos algumas de suas diversas aplicações práticas no meio computacional. [HEL]

2 JFET

2.1 Funcionamento

Os JFET (Junction Field Effect Transistor) são transistores de efeito de campo de três terminais: source (S), dreno (D) e gate (G). Diferentemente dos outros transistores, ele é um dispositivo semicondutor **unipolar**, o que significa que sua operação depende apenas da condução de elétrons ou lacunas. Sua estrutura se baseia nos canais "n" e "p" que conecta a fonte ao dreno e é modulado pelo campo elétrico gerado pela tensão aplicada na porta.

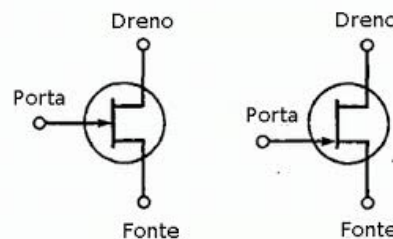


Figura 1: JFET aberto e fechado.

No JFET de canal N uma tensão negativa aplicada ao gate reduz o tamanho do canal, diminuindo a corrente entre a fonte e o dreno, com tensão suficientemente negativa, o canal pode ser completamente “fechado”, interrompendo o fluxo de corrente. Sem tensão aplicada, o JFET está totalmente “aberto”, permitindo a livre passagem de corrente. O JFET de canal P opera de maneira oposta, nele uma tensão suficientemente positiva aplicada ao gate diminui a largura da região de depleção e aumenta o fluxo de corrente, permitindo a passagem de corrente.[BOY13]

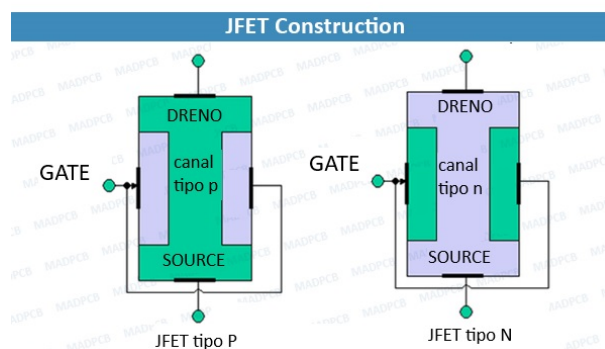


Figura 2: Diferença estrutural dos JFET's

2.2 Aplicações

Os JFETs são frequentemente usados em dispositivos analógicos, como amplificadores de áudio e rádiofrequência (RF) devido à sua alta impedância de entrada e linearidade. Essas características os tornam ideais para aplicações que exigem o mínimo consumo de energia, proporcionando amplificação de sinais de baixa amplitude com eficiência e baixo ruído. No exemplo de amplificador abaixo, temos um JFET de canal N conectado em uma configuração de fonte comum. Quando uma tensão é aplicada ao gate (G) do JFET, um campo elétrico é criado na região de canal entre o dreno (D) e a fonte, esse campo elétrico controla a corrente, permitindo que o JFET atue como um amplificador ou chave eletrônica. (S).[BRA]

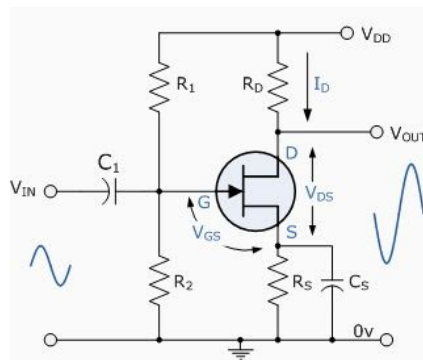


Figura 3: Circuito de um amplificador

3 MOSFET

3.1 Funcionamento

São transistores de efeito de campo, que utilizam a tensão para amplificar a intensidade de corrente de um circuito ou como uma chave que permite a passagem de corrente elétrica ou não, dependendo da polarização. Possuem 3 pinos, sendo estes chamados de Gate, Source e Drain.

O Mosfet é dividido em 2 categorias, o Mosfet de depleção e o Mosfet de enriquecimento, e ambos podem ser de tipo P ou de tipo N. Os de canal P são mais lentos e possuem uma resistência de condução maior, devido à menor mobilidade dos elétrons e os de canal N são mais rápidos e possuem uma resistência de condução menor. [Per24]

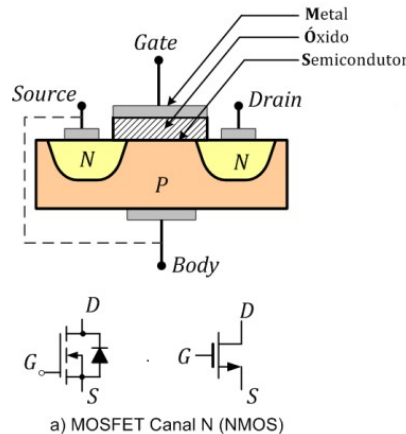
3.1.1 MOSFET de tipo N (NMOS)

São formados a partir de uma camada de semiconductor tipo P, fracamente dopada. Sobre essa camada, é adicionada outras duas camadas de semicondutores fortemente dopados, os pinos Source e Drain são conectados à eles. A superfície dos semicondutores são revestidos por uma camada de Óxido de silício, que age como um isolante e, por cima deste, existe um metal, onde é conectado o pino Gate. Percebe-se então, que o Gate não é ligado ao semiconductor e é isolado pelo Óxido de silício.

Para que o Mosfet entre em funcionamento, é necessário aplicar uma tensão entre o Drain e o Source. A carga entra pelo Drain e quem realiza a passagem de carga é o Gate. Para que ocorra a passagem da carga, é necessário que a tensão entre os pinos Gate e Source seja maior que a tensão mínima (tensão de limiar). A quantidade de corrente que passa entre o Drain e o

Source é controlada pela tensão que existe no Gate. Portanto, quanto maior a tensão do Gate, maior é o canal entre o Source e o Drain, fluindo mais corrente entre eles[Per24].

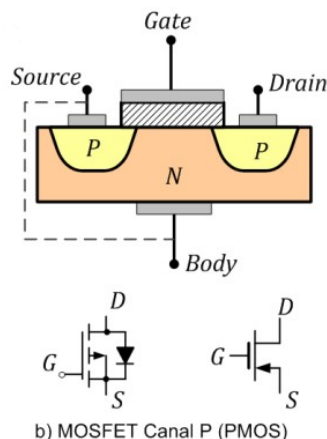
Conclui-se que o Mosfet de tipo N é um dispositivo que tem como objetivo controlar a passagem de corrente elétrica entre 2 terminais (Source e Drain) a partir da tensão de outro terminal (Gate).[KOF04]



3.1.2 MOSFET de tipo P (PMOS)

Funciona de forma semelhante ao Mosfet de tipo N, com apenas algumas diferenças. O Mosfet de tipo P é formado a partir de uma camada de semicondutor tipo N, que é fortemente dopada e sobre essa camada, outras duas camadas de semicondutores fortemente dopadas, são colocadas onde os terminais Source e Drain são inseridos e, assim como o de tipo N, existe uma camada de Óxido de silício e uma de metal, onde o terminal Gate é inserido.[BAB24]

Para que haja passagem de corrente entre o Drain e o Source, é necessário uma tensão menor ou igual a tensão de limiar entre esses dois terminais. Assim, o controle da passagem se dá a partir da tensão aplicada no terminal Gate, quanto mais negativa for a tensão no Gate, maior é o canal entre o Source e o Drain, gerando assim uma maior passagem de corrente.[KOF04]



3.2 Aplicações

Um tipo de aplicação do MOSFET é um circuito de temporizador de lâmpada, o MOSFET é utilizado para controlar o tempo que o diodo permanece acesa. De início, a lâmpada está

desligada e acende quando recebe um sinal do terminal Gate do MOSFET pelo acionamento do botão.[Ele23]

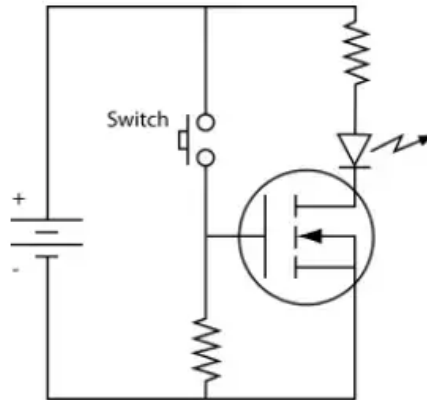


Figura 4: Fonte: www.electrical4u.com/applications-of-mosfet/

4 CMOS

4.1 Funcionamento

O CMOS é uma porta lógica que é formada a partir de dois MOSFETs, um de tipo N e outro de tipo P, operando de forma conjunta.

Possuem um controle do valor de saída a partir das entradas, onde no MOSFET de tipo P a entrada é fechada com nível baixo e o de tipo N é fechado com nível alto.

Com essa configuração é possível criar, em circuitos integrados, diversos tipos de portas lógicas, como o AND, o OR, o NOR e o NAND. [KOF04]

4.2 Aplicações

O CMOS pode ser utilizado como sensores de imagens utilizados em câmeras digitais, em smartphones e webcams, por exemplo. Seu funcionamento ocorre da seguinte forma: A luz entra na lente da câmera e atinge o sensor CMOS, que contém um diodo sensível à luz, com isso, esse diodo converte a luz em cargas elétricas, e posteriormente convertidos em sinais digitais que após a aplicação de um conversor, é realizado o processamento da imagem capturada. [KLE23]

Referências

[BAB24] Flávio BABOS. Mosfet: Funcionamento, tipos e aplicações, 2024. Disponível em: <https://flaviobabos.com.br/mosfet/>. Acesso em: 8 de mai. de 2024.

[BOY13] Robert BOYLESTAD. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos. 11ª Edição, 1:784, 2013.

- [BRA] Newton BRAGA. Seleção de circuitos com jfets (art1146). Disponível em: www.newtoncbraga.com.br/projetos/8799-selecao-de-circuitos-com-jfets-art1146.html#:~:text=Os%20transistores%20de%20efeito%20de,consumo%2C%20informtica%20e%20eletrnica%20embarcada. Acesso em: 8 de mai. de 2024.
- [Ele23] Electrical4U. Applications of mosfet: How they work and where they are used, 2023. Disponível em: <https://www.electrical4u.com/applications-of-mosfet/>. Acesso em: 8 de mai. de 2024.
- [HEL] Rafael HELERBROCK. Transistor. Disponível em: brasilescola.uol.com.br/fisica/transistor.htm#:~:text=Transistor%20%20um%20dispositivo%20semicondutor,corrente%20eltrica%20em%20circuitos%20eletrnicos. Acesso em: 8 de mai. de 2024.
- [KLE23] Nilton KLEINA. O que é um sensor cmos e como ele funciona?, 2023. Disponível em: www.mundoconectado.com.br/fotografia/o-que-e-um-sensor-cmos-e-como-ele-funciona/. Acesso em: 8 de mai. de 2024.
- [KOF04] Sérgio Takeo KOFUJI. Circuitos integrados cmos. *LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA - USP*, 1:1–15, 2004.
- [Per24] Clayton Reginaldo Pereira. Dispositivos e circuitos eletrônicos - 2024: Transistores jfet e mosfet. *Bacharelado em Ciência da Computação - Unesp*, 1(3):1–8, 2024. Artigo de base para trabalho dos alunos.