EXPERIÊNCIA 3: O MOSFET

PROCEDIMENTO:

MOSFET DO TIPO DEPLEÇÃO

O MOSFET do tipo Depleção basicamente pode operar em ambos os modos: Depleção ou Intensificação. Portanto, todos os métodos de polarização vistos para o JFET podem ser usados para polarizar um MOSFET do tipo depleção. Estes métodos são: Polarização da porta, autopolarização, polarização por divisor de tensão e polarização por fontes de corrente. Além de todos estes métodos, o MOSFET do tipo depleção pode ser polarizado por outro método conhecido por Polarização zero. Como ele pode operar tanto no modo depleção como no modo intensificação, pode-se fixar o ponto Q em $V_{GS} = 0$, como é mostrado na figura 3.1:

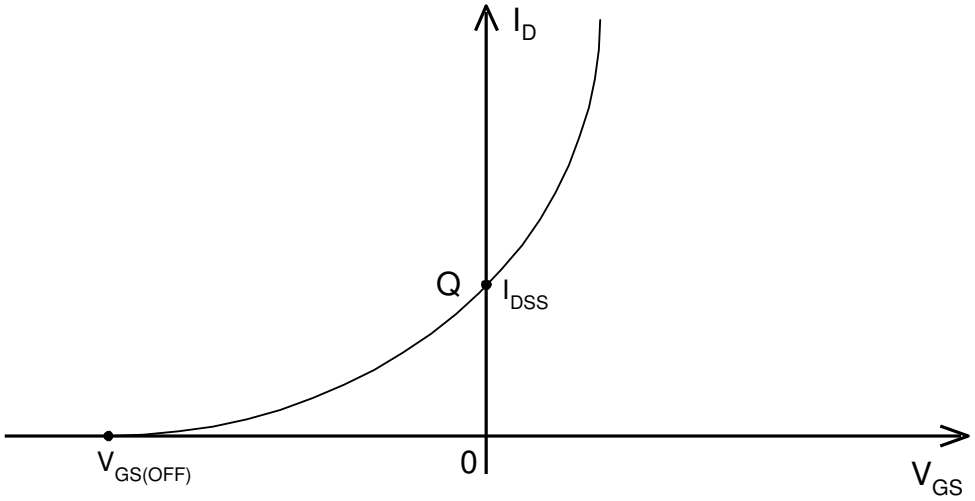

Figura 3.1 – Curva de transcondutância do MOSFET e definição do ponto Q em polarização zero.

Qualquer sinal AC na porta produz variações para cima e para baixo do ponto Q. O fato da tensão VGS ser zero é uma vantagem deste método de polarização, pois como não é necessário aplicar tensão nenhuma no terminal da porta nem da fonte, resulta um circuito de polarização muito simples. O circuito de polarização zero é mostrado na figura 3.2:

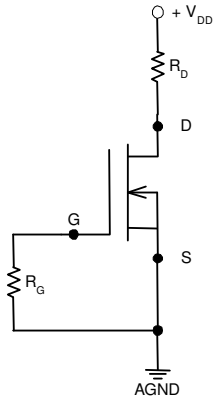

Figura 3.2 – Circuito de polarização zero para MOSFET tipo depleção.

OBS.: A polarização zero é exclusiva do MOSFET tipo depleção e não é aplicável para transistores bipolares ou JFET's.

Sugere-se a montagem em proto-board do circuito mostrado na figura 3.2, para uma melhor análise e compreensão deste método de polarização.

MOSFET DO TIPO FORTALECIMENTO (PARÂMETROS):

TENSÃO DE LIMIAR (THRESHOLD VOLTAGE):

1. Com a fonte variável desligada, ajustar a tensão da fonte positiva em +15 V. A placa CEB-05 deve estar instalada.

2. Colocar o miliamperímetro entre os terminais A1 e A3, ajustando-o na escala adequada. Verificar a conexão e ligar a fonte. O circuito para medição de tensão de limiar de um MOSFET de canal N é mostrado na figura 3.3 a seguir:

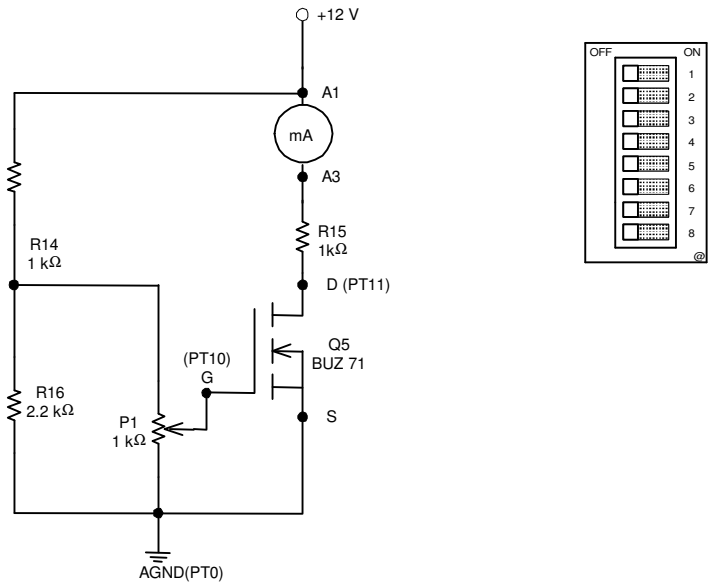

Figura 3.3 – Circuito para medir tensão Threshold ($V_{GS(th)}$).

3. Ajustar o potenciômetro de 1 kΩ (no módulo universal) de modo a obter uma corrente I_D de aproximadamente 10 uA. A tensão que produz este valor de corrente de dreno é conhecida como tensão de limiar ($V_{GS(th)}$). Para tensões menores de $V_{GS(th)}$, a corrente de dreno é considerada nula. Para tensões maiores do que $V_{GS(th)}$, o transistor conduz. O valor da tensão de limiar pode variar entre valores menores que 1 V até valores próximos de 5 V, dependendo do dispositivo MOSFET utilizado.

4. Anotar o valor da tensão de limiar:

$V_{GS(th)}$ = _____ [V]

CURVA DE TRANSCONDUTÂNCIA:

5. Variar gradativamente o potenciômetro de 1 kΩ de modo a obter outros valores de I_D e V_{GS} . Anotar estes valores na tabela 3.1, procurando obter os valores de I_D próximos dos sugeridos.

I_D Sugerido	I_D Medido	V_{GS} Medido
10 uA		$V_{GS\ (th)}$ =
0,5 mA		
1.0 mA		
2,0 mA		
3,0 mA		
4,0 mA		
5,0mA		
6,0 mA		
7,0 mA		
8,0 mA		
9,0 mA		
10,0 mA		

Tabela 3.1 – Valores de I_D e V_{GS} para traçar curva de transcondutância.

6. Com os valores medidos de I_D e V_{GS} , traçar a curva de transcondutância do MOSFET

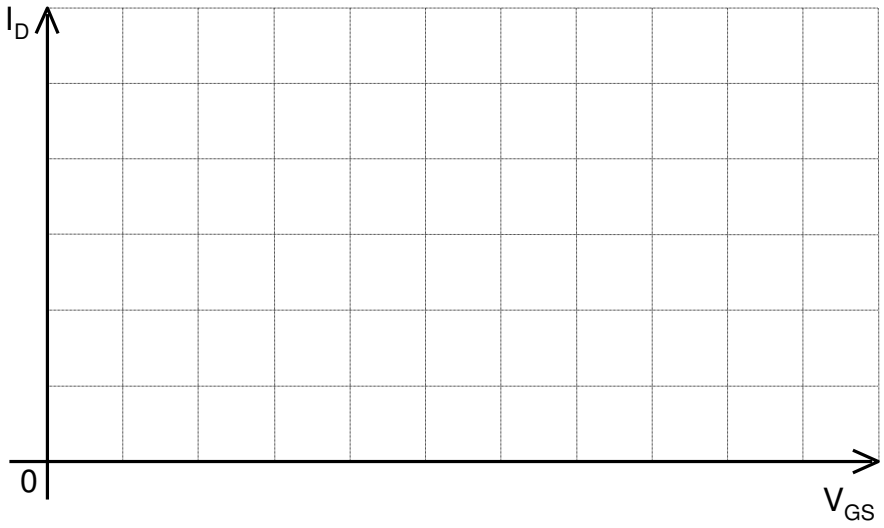

Figura 3.4 – Curva de transcondutância do MOSFET

Nota: A curva de transcondutância do MOSFET tipo intensificação, também segue a lei quadrática, ou seja, tem a forma de uma parábola. O vértice desta parábola está em $V_{GS(th)}$, o que o diferencia da curva de transcondutância vista para o JFET e o MOSFET tipo depleção.

CIRCUITOS DE POLARIZAÇÃO:

Para polarizar o MOSFET tipo intensificação, também são válidos os métodos de polarização da porta e por divisor de tensão, visto anteriormente para o JFET, lembrando que a tensão da porta, neste caso, deve ser contrária à do JFET, isto é, para o MOSFET de canal N, a tensão da porta deve ser positiva em relação à tensão da fonte ($V_G > V_S$).

Além destes dois métodos, o MOSFET tipo fortalecimento permite um outro método de polarização conhecido como Polarização por Realimentação do Dreno, cujo esquema é mostrado na figura 3.5.

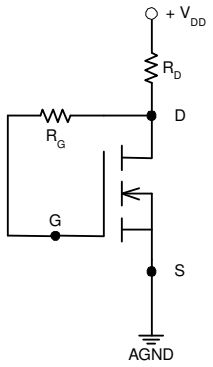

Figura 3.5 – Circuito de polarização por realimentação do dreno

Nota: Este método de polarização é exclusivo do MOSFET tipo intensificação. Sugere-se a montagem em proto-board do circuito (Figura 3.5), para uma melhor análise e compreensão do método.

DISCUSSÃO

O transistor MOSFET (Metal-oxide semiconductor FET), ao contrário do JFET, possui o gate ou porta isolado do canal de condução através do óxido de silício (SiO_2), com altíssima resistência (comparável com a resistência do vidro), que proporciona ao MOSFET uma impedância de entrada incrivelmente elevada, que pode chegar até 10^7 MΩ. Em razão desta característica, a corrente de gate é praticamente zero, e como não existe corrente de recombinação de portadores, os MOSFET's são extremamente rápidos no chaveamento. Essa propriedade é muito bem aproveitada com os MOSFET's tipo intensificação para aplicações de comutação, pois são normalmente apagados (normalmente fechados). Associando convenientemente MOSFET's de canal N e de canal P, cria-se os MOS complementares (CMOS), que funcionam como circuitos de comutação ou chaveamento aplicáveis em circuitos lógicos. Os CMOS permitem altas taxas de integração que, junto à característica de alta velocidade de comutação, fizeram com que o CMOS fosse altamente difundido em tecnologia de Circuitos Integrados e Microprocessadores.
Uma característica importante que deve levar-se em consideração ao manusear os MOSFET's é a máxima tensão gate-fonte. Sendo a camada isolante de óxido muito fina e muito sensível, destrói-se facilmente quando a tensão máxima é ultrapassada. A destruição da camada isolante acontece não somente com a aplicação direta de tensão no gate, senão também ao inserir ou retirar o componente MOSFET de um circuito quando a alimentação está ligada. As tensões transitórias causadas por inversões indutivas ou outros efeitos também podem deixar os MOSFET's inutilizados. Até ao tomá-los com as mãos, os MOSFET's podem ser destruídos, pois o corpo pode estar carregado com cargas estáticas que geralmente produzem tensões que superam a máxima tensão de gate-fonte. Alguns componentes trazem uma proteção interna com um diodo zener, mas, por segurança, sempre deve-se seguir as regras de manuseio destes tipos de componentes.

Os circuitos de polarização estudados para os JFET's podem ser usados para polarizar MOSFET's. A tabela 3.2 apresenta uma relação entre os modos de polarização que são aplicáveis ou não para cada tipo de transistores de efeito de campo.

Método de Polarização	**JFET**	**MOSFET (Depleção)**	**MOSFET (Fortalecimento)**
Polarização da Porta ou Gate	Sim	Sim	Sim
Autopolarização	Sim	Sim	Não
Polarização por divisor de tensão	Sim	Sim	Sim
Polarização por fonte de corrente	Sim	Sim	Não
Polarização zero	Não	Sim	Não
Polarização por realimentação do Dreno	Não	Não	Sim

Tabela 3.2 – Métodos de polarização de JFET's e MOSFET's