

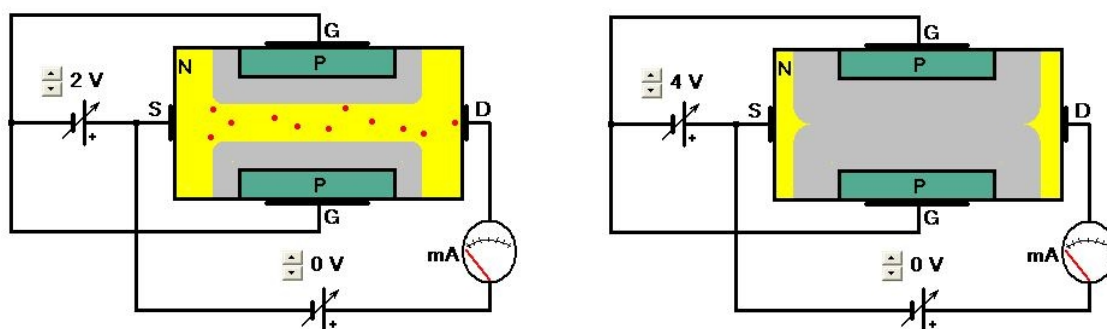
Metodický návod:

1. Spuštění souborem „a.1.1_JFET.exe“.
Zobrazena je struktura tranzistoru JFET typu s kanálem N. Na rozhraních polovodičů se nachází hradlová vrstva. Obě napětí jsou nulová, tranzistorem neprochází proud – červené tečky znázorňující elektrony se nepohybují.
2. Při $U_{DS} = 0 \text{ V}$ zvyšování napětí U_{GS} z 0 V na 4 V .
Přechody P-N jsou polarizovány v závěrném směru. Dochází k rozšiřování hradlové vrstvy – zmenšování účinného průřezu kanálu. Protože je $U_{DS} = 0 \text{ V}$, neprochází tranzistorem proud (elektrony jsou nehybné).
3. Při $U_{DS} = 1 \text{ V}$ zvyšování napětí U_{GS} z 0 V na 4 V .
Vodivým kanálem prochází proud. Při takto malých hodnotách U_{DS} je po celé délce kanálu téměř stejný účinný průřez, tranzistor se chová jako napětím U_{GS} řízený lineární odpor (při $U_{GS} = 4 \text{ V}$ je odpor „nekonečný“).
4. Při $U_{GS} = 0 \text{ V}$ zvyšování U_{DS} z 0 V na 3 V .
Elektrony se dávají do pohybu. Díky úbytku napětí na vodivém kanále se hradlová vrstva rozšiřuje směrem k elektrodě D.
5. Nastavení $U_{GS} = 0 \text{ V}$, $U_{DS} = 4 \text{ V}$.
Dochází k zaškrcení kanálu.
6. Při $U_{GS} = 0 \text{ V}$ zvyšování U_{DS} z 4 V na 8 V .
Zaškrcení kanálu se rozšiřuje. Elektrony procházejí touto oblastí s velkým odporem díky urychlení silným elektrickým polem. Proud již dále nenarůstá.

Výklad:

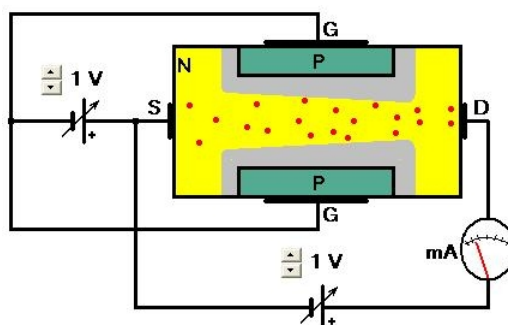
JFET je tvořen kanálem mezi elektrodami S a D a dvěma oblastmi po stranách kanálu opačného typu vodivosti. Elektroda S (Source) dodává do kanálu nositele z vnějšího obvodu. Ti jsou po průchodu kanálem odsáti elektrodou D (Drain). Přívody k oblastem opačného typu vodivosti jsou označeny jako G (Gate) – řídicí elektroda. Napětí U_{DS} a U_{GS} musí být takové polarity, aby P-N přechody mezi hradlem a kanálem byly vždy polarizovány v závěrném směru. Protože se napětí U_{GS} pohybuje řádově v jednotkách voltů a napětí U_{DS} může nabývat i několika desítek voltů, je jediné přípustné zapojení podle obr. 9.4.

Při zařazení do výuky je třeba demonstrovat změny rozměrů hradlové vrstvy v závislosti na obou napětích. Je vhodné nejprve nastavit $U_{DS} = 0V$ a měnit pouze U_{GS} . Při zvyšování tohoto napětí je vidět rozšiřování hradlové vrstvy (obr. 9.4). Tím se zmenšuje účinný průřez vodivého kanálu a zvyšuje se odpor tranzistoru. Při dostatečném napětí ($U_{GS} = 4V$) se vodivý kanál zcela uzavírá. Protože je nastaveno napětí $U_{DS} = 0V$, neprochází vodivým kanálem proud, červené tečky znázorňující elektrony se nepohybují.

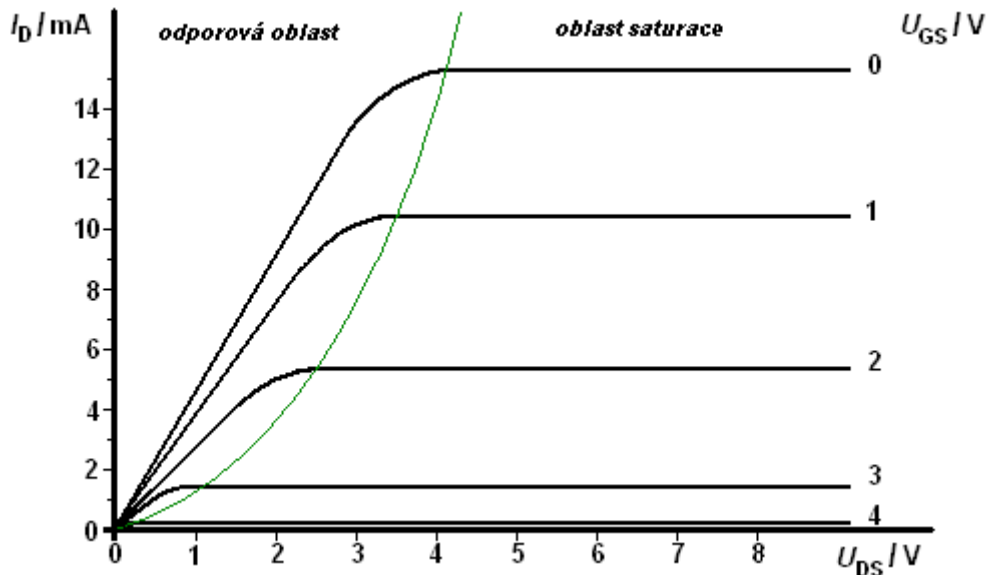


Obr. 9.4 Zvyšování napětí U_{GS} , při $U_{DS} = 0V$

Poté volíme hodnotu napětí $U_{DS} = 1V$. Červené tečky se dávají do pohybu – kanálem prochází proud. Při takto malém napětí se téměř neuplatňuje úbytek napětí na vodivém kanále a kanál má tak po celé délce téměř stejný účinný průřez (obr. 9.5). Tranzistor se při takovýchto malých hodnotách U_{DS} chová jako lineární rezistor řízený napětím U_{GS} . To je vidět i na V-A charakteristikách, které mají pro malá napětí lineární průběh (odporová oblast – obr. 9.6).

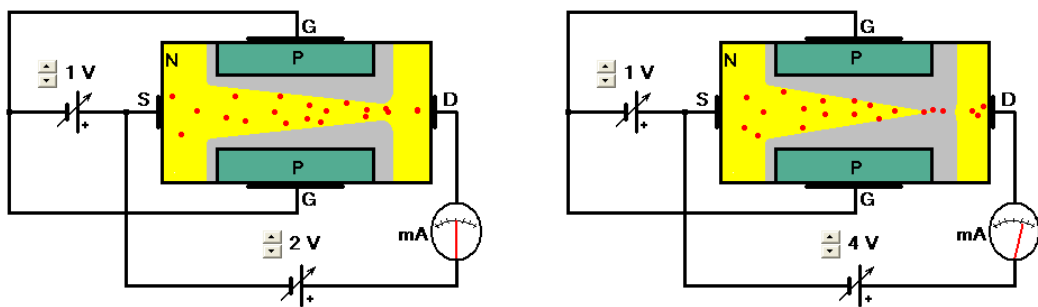


Obr. 9.5 Při malém napětí U_{DS} má kanál po celé délce téměř stejný účinný průřez



Obr. 9.6 V - A charakteristiky tranzistoru JFET

Dále je třeba ukázat, jakým způsobem se mění tvar vodivého kanálu při zvyšujícím se napětí U_{DS} . Volíme $U_{GS} = 0V$. Napětí U_{DS} se rozloží podél celého kanálu. Zatímco nejbližší k elektrodě S je na PN přechodu závěrné napětí U_{GS} , u elektrody D je to již $U_{GS} + U_{DS}$. Proto se kanál při rostoucím U_{DS} směrem k elektrodě D zužuje (obr. 9.7). Jak je vidět z V - A charakteristik, při nízkých hodnotách U_{DS} proud stoupá lineárně s napětím. V okamžiku, kdy dojde k přiškrcení kanálu, se odpor tranzistoru zvyšuje a nedochází již při dalším zvýšení napětí k lineárnímu růstu proudu (ohyb V - A charakteristik). Při dalším zvýšení U_{DS} se zaškrcení sice dále rozšiřuje, elektrony jsou však touto oblastí mohou procházet. Tato oblast má totiž větší odpor, proto zde vzniká velký úbytek napětí. Tento napěťový spád urychluje procházející elektrony. Dochází k nasycení (oblast saturace – obr. 9.6). V této oblasti vzrůstá proud I_D již nepatrně.



Obr. 9.7 Zvyšování napětí U_{DS} , při $U_{GS} = 1V$