SK CHIPS Competence Centre

Tranzistory

16.10.2026

Ing. Robert Szobolovszký, PhD.,
Nikola Gvistová,
Ing. Michal Pifko

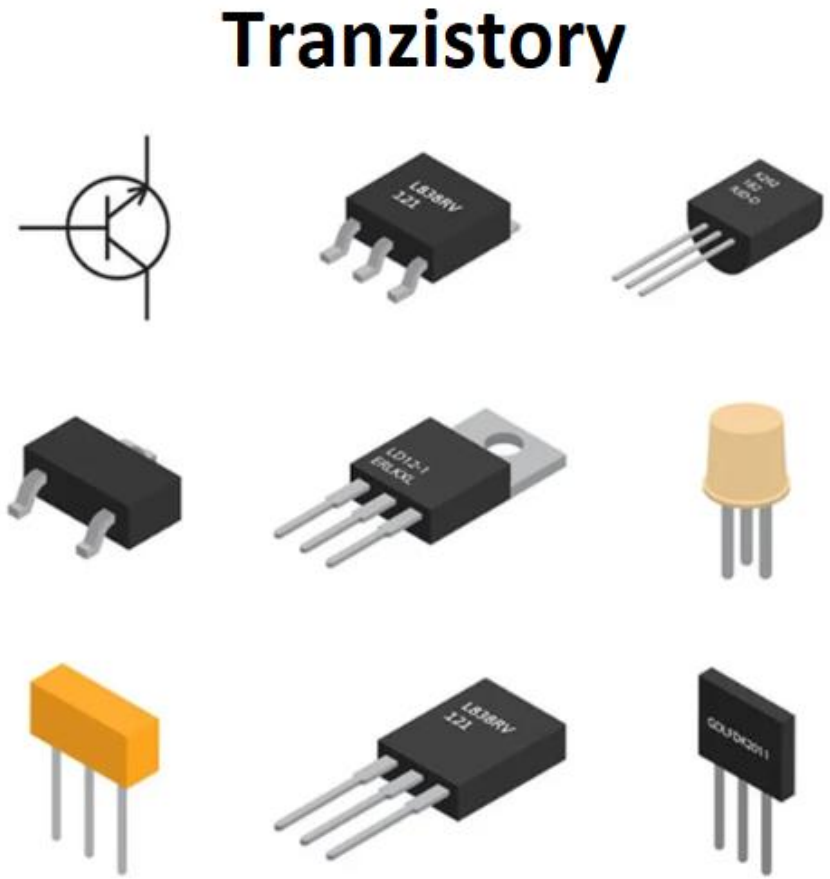


Chips JU

MINISTRY OF EDUCATION, RESEARCH, DEVELOPMENT AND YOUTH OF THE SLOVAK REPUBLIC

MINISTRY OF ECONOMY OF THE SLOVAK REPUBLIC

Čo je tranzistor ?



Tranzistor je polovodičová súčiastka, ktorá umožňuje riadiť elektrický prúd. Používa sa najmä ako **elektronický spínač** alebo **zosilňovací prvok**.

Využíva sa predovšetkým ako:

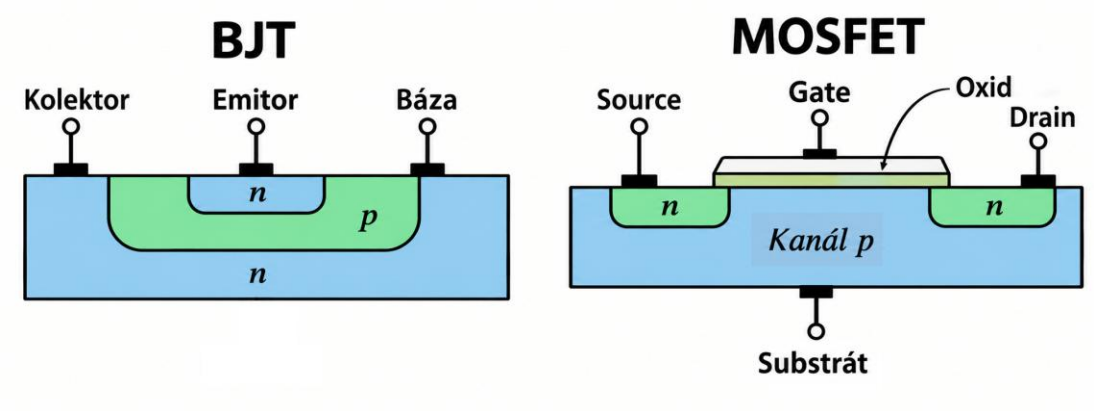
- **spínač** – prepína **medzi vodivým a nevodivým stavom**
- **zosilňovač** – **malá zmena** vstupného signálu spôsobí **väčšiu zmenu** výstupného signálu

Má mnoho aplikácii, napríklad ako súčasť logických obvodov, oscilátorov, stabilizátorov a meničov

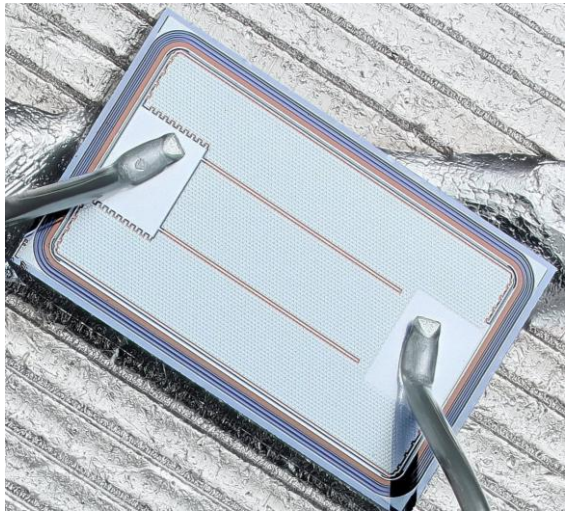
Patrí medzi **aktívne súčiastky** a sú základom prakticky všetkej modernej elektroniky.

Tranzistory

Rozdelenie tranzistorov







Tranzistory môžeme podľa spôsobu vedenia elektrického prúdu rozdeliť na dve základné skupiny.

Bipolárne tranzistory – **BJT** (Bipolar Junction Transistor)
Je riadený prúdom privedeným na riadiacu elektródu
Na vedení prúdu sa podieľajú **elektróny aj diery**.

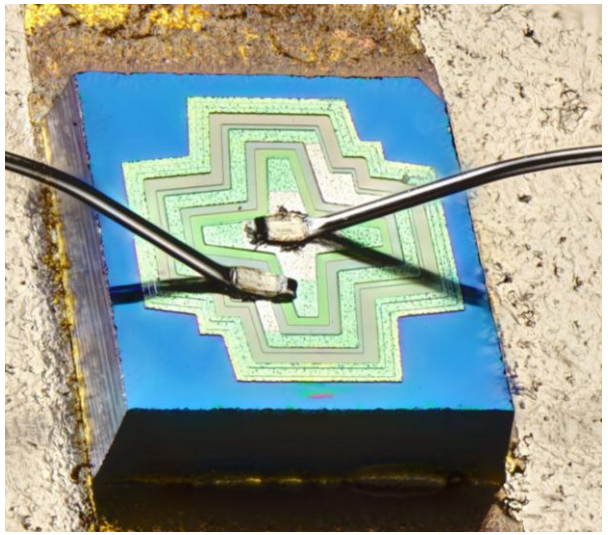
Typy:
- **NPN**
- **PNP**

Unipolárne tranzistory – **FET** (Field Effect Transistor)
Je riadený napätím privedeným na riadiacu elektródu.
Na vedení prúdu sa podieľajú prevažne **nosiče jedného typu**.

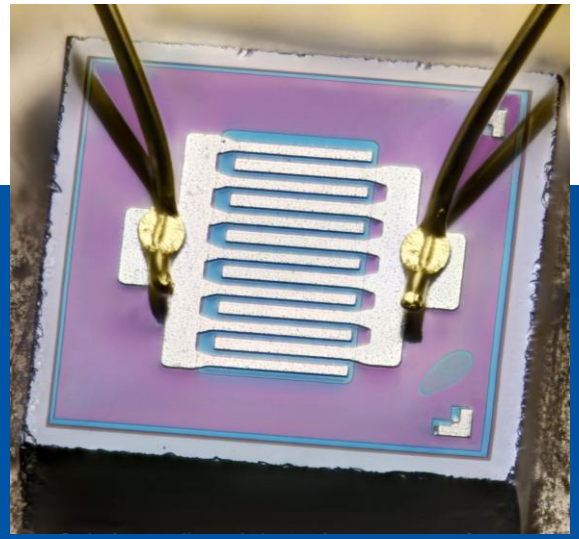
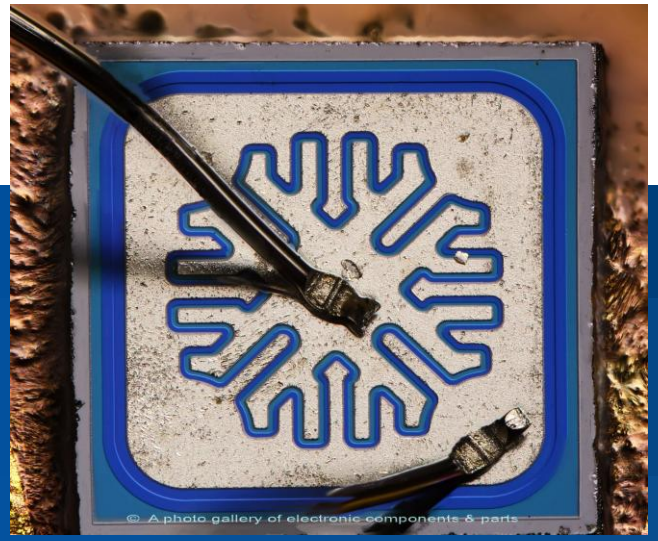
Typy:
- **N-typ** (Na vedení prúdu sa podieľajú prevažne elektróny)
- **P-typ** (Na vedení prúdu sa prevažne podieľajú diery)

SK CHIPS
Competence Centre





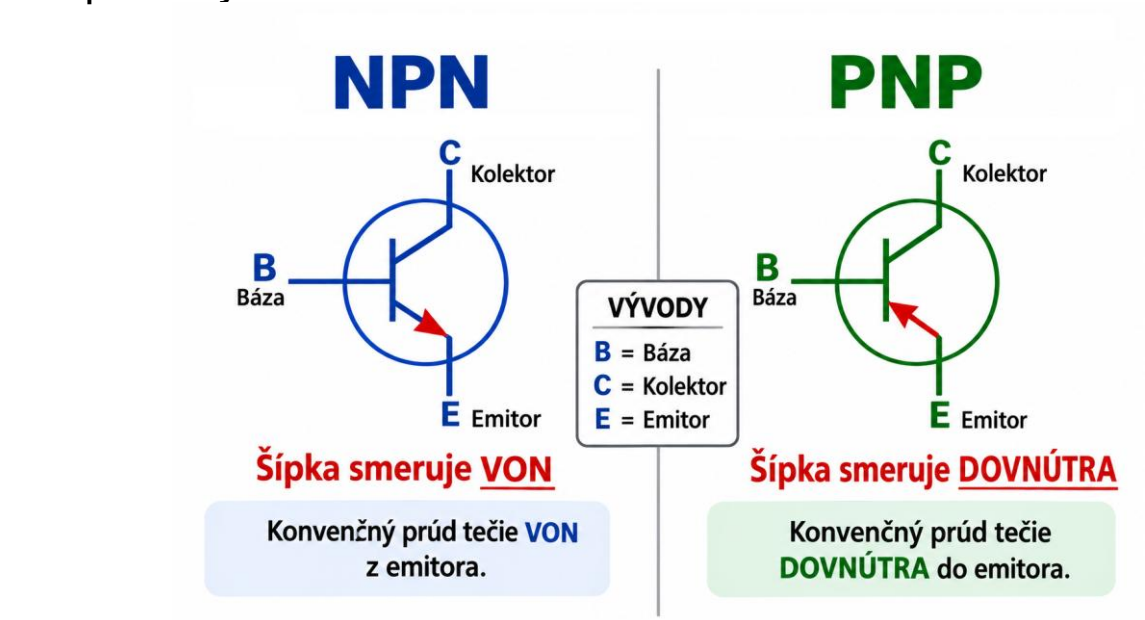

Bipolárne tranzistory

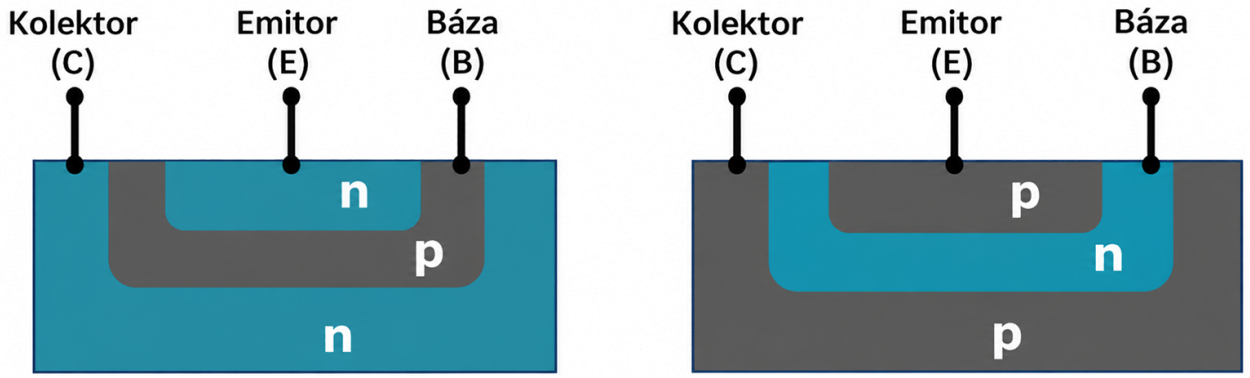





Tranzistory

Bipolárny tranzistor – BJT



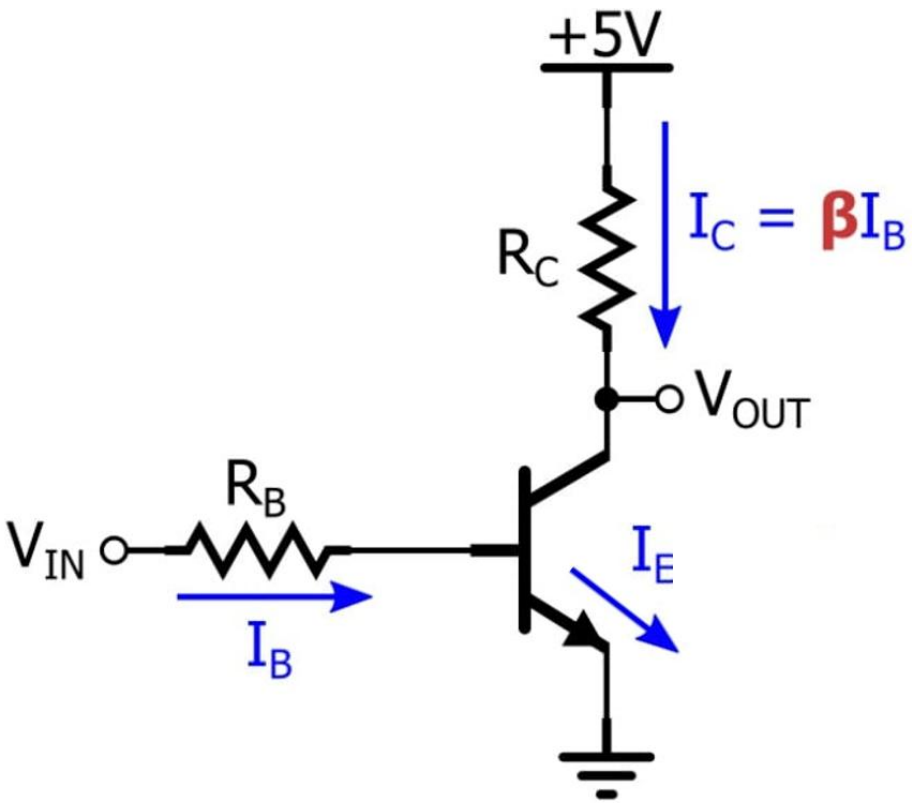


BJT je tvorený tromi polovodičovými oblasťami:
Emitor – E, Báza – B, Kolektor – C
Existujú dva základné typy **NPN** a **PNP**
Medzi jednotlivými oblasťami vznikajú dva PN priechody:
priechod **B–E**
priechod **B–C**
Báza je veľmi tenká a **umožňuje riadiť tok nosičov** medzi **emitorom a kolektorom**.

Emitor - dodáva väčšinu nosičov náboja.
Báza je veľmi tenká a slabo dopovaná.
Malá zmena prúdu bázy umožňuje **riadiť** výrazne **väčší prúd kolektora.**
Kolektor - zachytáva nosiče náboja, ktoré prešli cez bázu.

Emitor → dodáva nosiče
Báza → riadi ich tok
Kolektor → zachytáva nosiče

Prúdy v BJT



Tranzistorom prechádzajú tri prúdy:

- **IB – prúd bázy**
- **IC – prúd kolektora**
- **IE – prúd emitora**

Platí:

- **IE = IB + IC**

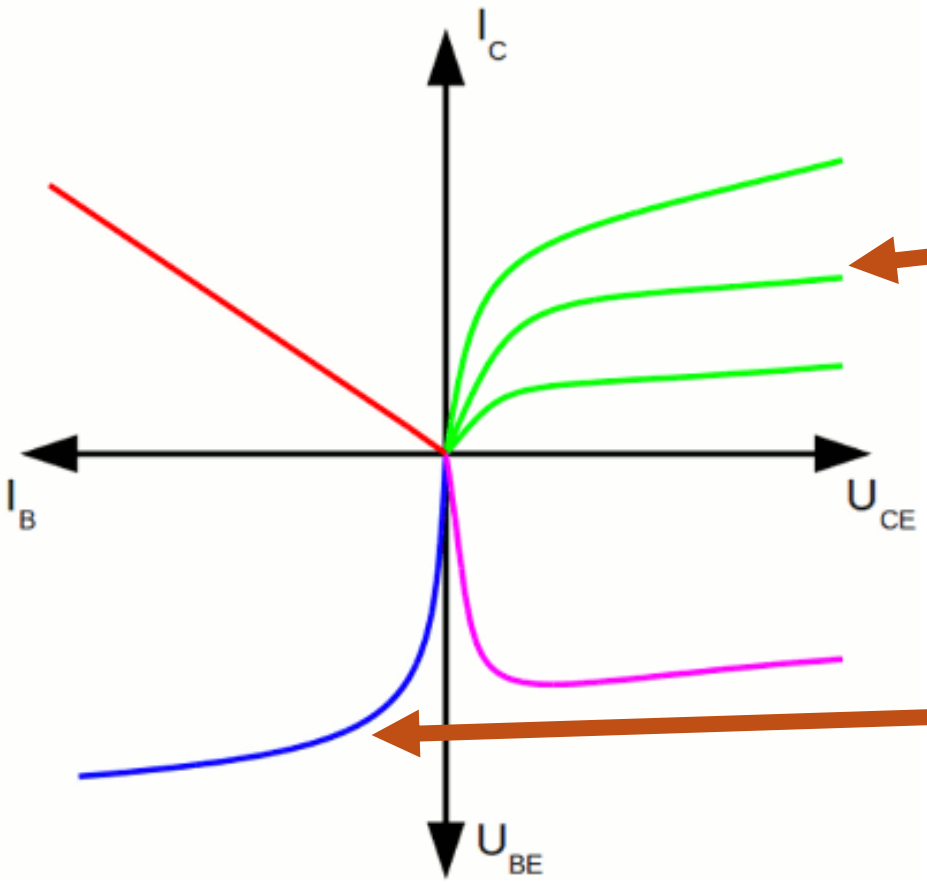
Prúdové zosilnenie BJT definujeme:
β = IC / IB

Ak má tranzistor napríklad **β = 100** potom prúd bázy **1 mA** môže pri vhodných podmienkach spôsobiť kolektorový prúd približne **100 mA**.

Hodnota **β nie je konštantná** a závisí napríklad od:

- kolektorového prúdu
- teploty
- pracovného bodu
- konkrétneho tranzistora

VA charakteristiky BJT tranzistora



Pri tranzistore môžeme sledovať rôzne závislosti prúdov a napätí.

Pre BJT sú dôležité najmä:

Výstupná charakteristika
$I_C = f(U_{CE})$

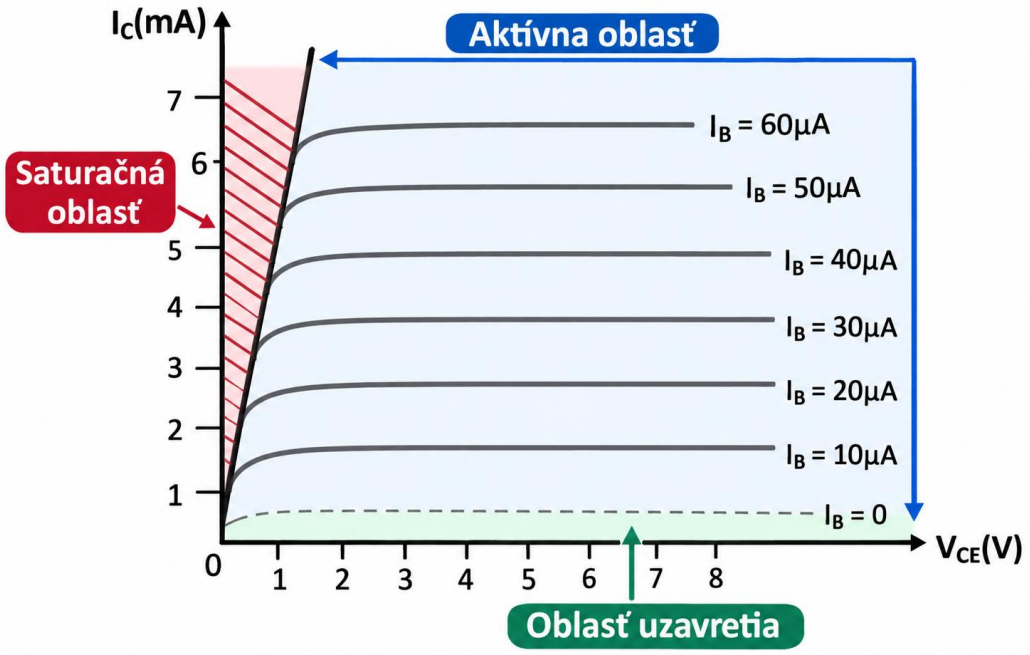
pri určitej hodnote **I_B.**

Výstupná charakteristika nám umožňuje **určiť pracovnú oblasť tranzistora.**

Vstupná charakteristika
$I_B = f(U_{BE})$

Ukazuje **správanie PN priechodu** medzi **bázou a emitorom**.

Výstupná charakteristika BJT



Výstupná charakteristika zobrazuje **$I_C = f(U_{CE})$** pri **konštantnom I_B**. Pre **rôzne hodnoty I_B** dostaneme **sústavu charakteristík**.

Oblasť uzavretia:

- Prúd bázy je veľmi malý **$I_B \approx 0 \rightarrow I_C \approx 0$**
- Tranzistor je prakticky vypnutý.

Aktívnu oblasť:

- Aktívna oblasť
- Kolektorový prúd je riadený prúdom bázy.

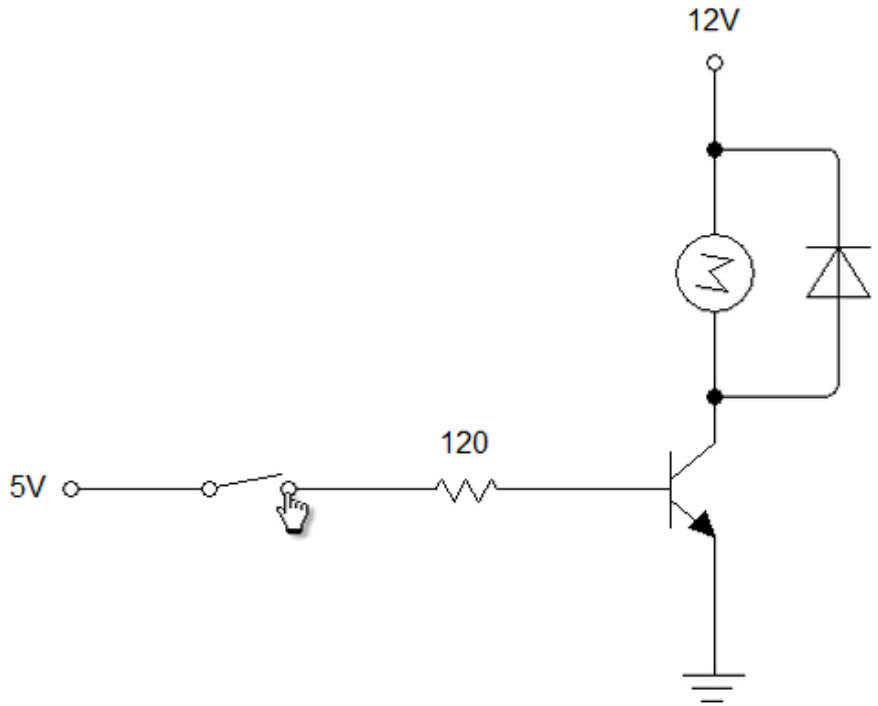
Saturačnú oblasť:

- Tranzistor je silno otvorený.
- Ďalšie zvyšovanie prúdu bázy už výrazne nezvyšuje kolektorový prúd.
- Používa sa pri spínaní.

Pri príliš vysokom napätí aj **oblasť prierazu**

Charakteristika teda ukazuje, ako sa tranzistor správa pri **rôznych pracovných podmienkach.**

BJT ako spínač



Tranzistor môže fungovať ako elektronický spínač.

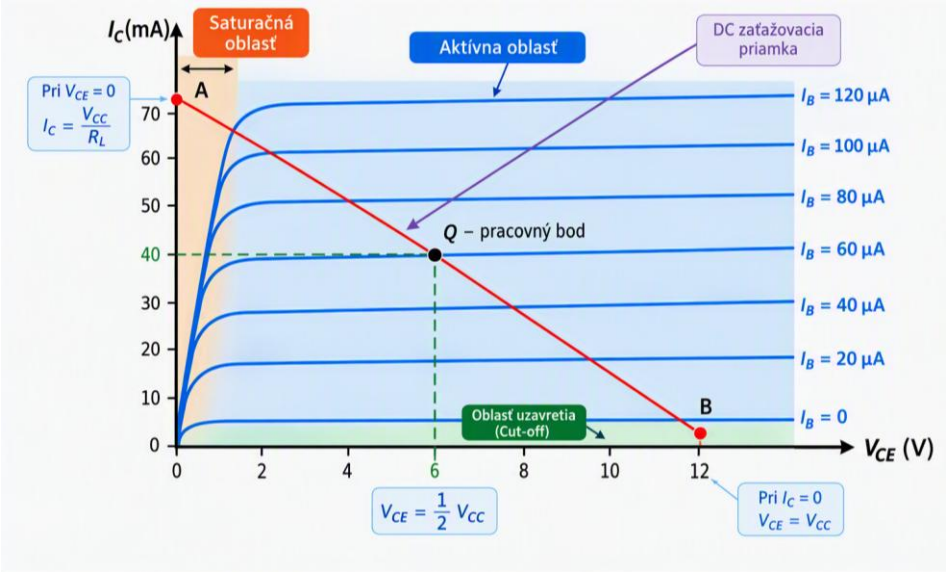
Vypnutý stav
- Tranzistor je v oblasti **uzavretia**.
- **$I_B \approx 0 \rightarrow I_C \approx 0$**

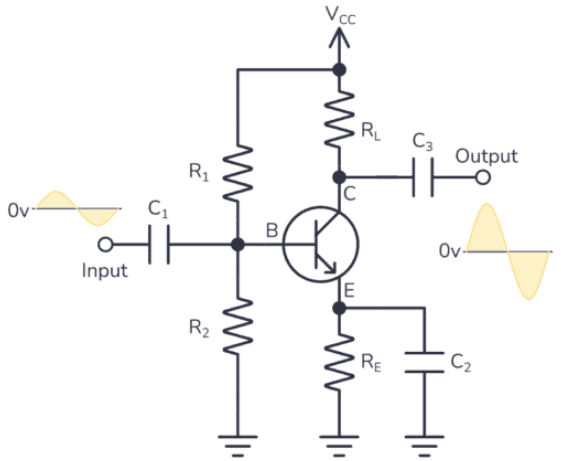
Zapnutý stav
- Tranzistor je v **saturácii**.
- **prúd bázou** má dostatočnú veľkosť výsledkom čoho prúd tečúci kolektorom **Ic** je obrovský, úbytok napätia je minimálny.

Medzi **kolektorom** a **emitorom** zostáva iba **malé napätie.**

BJT tak umožňuje pomocou **malého riadiaceho prúdu** ovládať **väčší prúd záťažou**.

BJT ako zosilňovač





V **aktívnej oblasti** môže tranzistor **zosilňovať elektrické signály.**

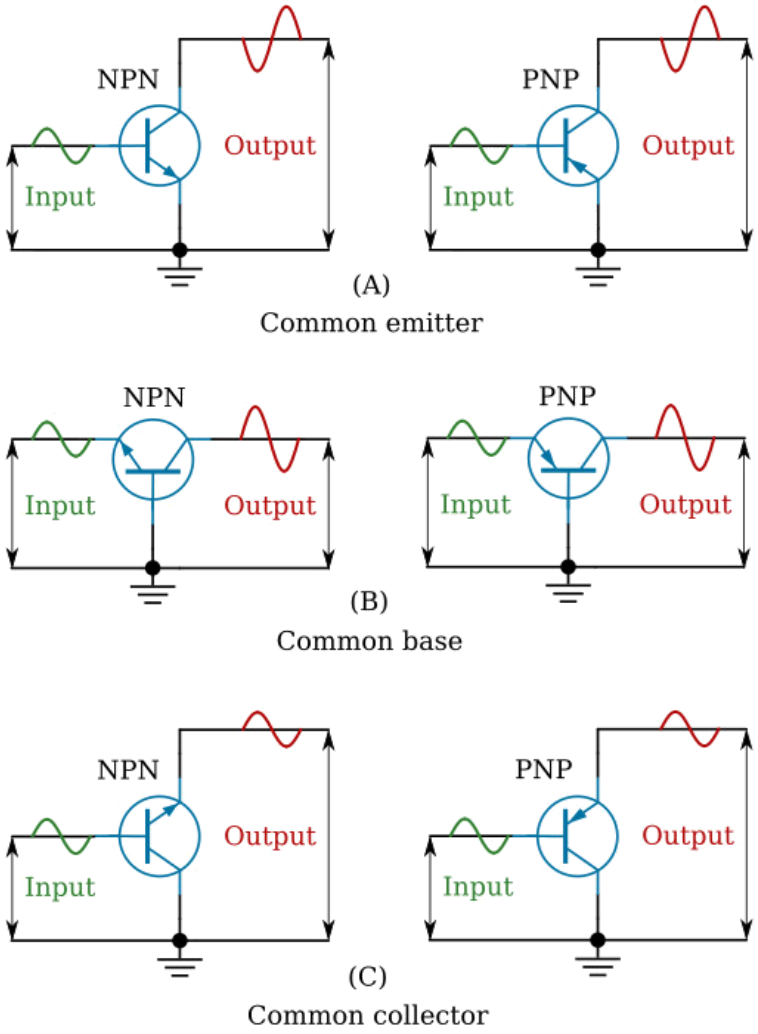
Malá zmena **ΔUBE** → zmena **ΔIB** spôsobí veľkú zmenu **ΔIC**

Táto **zmena prúdu ΔIC** vytvorí na záťaži **RL väčšiu zmenu napätia**.

Tranzistor teda umožňuje previesť **malý vstupný signál na väčší výstupný signál.**

Energia zosilneného signálu pochádza z **napájacieho zdroja.**

Základné zapojenia BJT

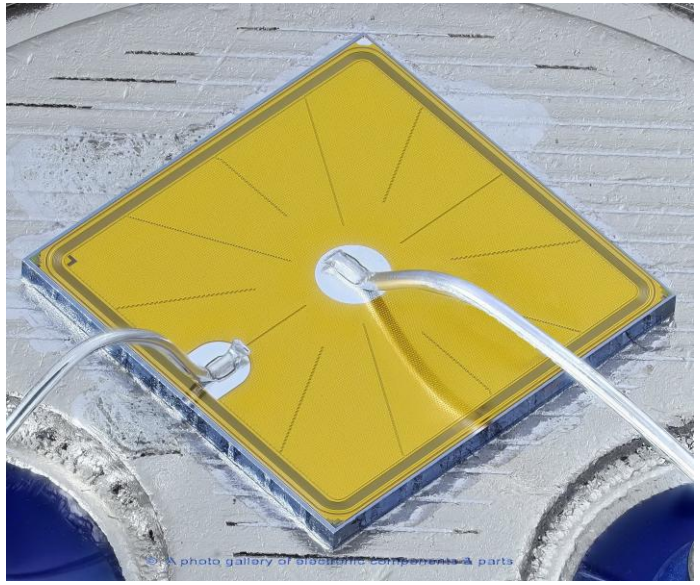


Podľa elektródy, ktorá je spoločná pre vstupný a výstupný obvod, rozlišujeme:

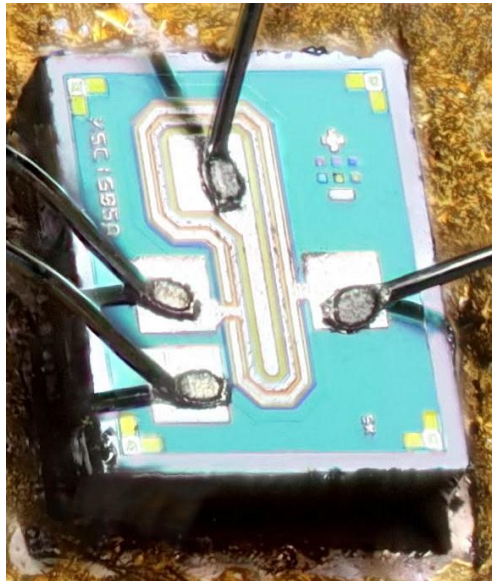
Spoločný emitor – CE
- Najčastejšie používané zapojenie.
- Vysoké napäťové aj prúdové zosilnenie
- Vhodné na zosilňovanie
- Výstupný signál je otočený o 180°

Spoločná báza – CB
- Malé prúdové zosilnenie
- Dobré vysokofrekvenčné vlastnosti

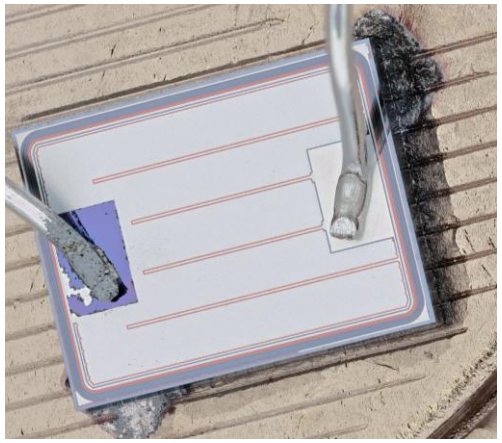
Spoločný kolektor – CC
- Nazýva sa aj emitorový sledovač.
- Napäťové zosilnenie približne 1
- Veľké prúdové zosilnenie
- Vhodný na prispôsobenie impedancie



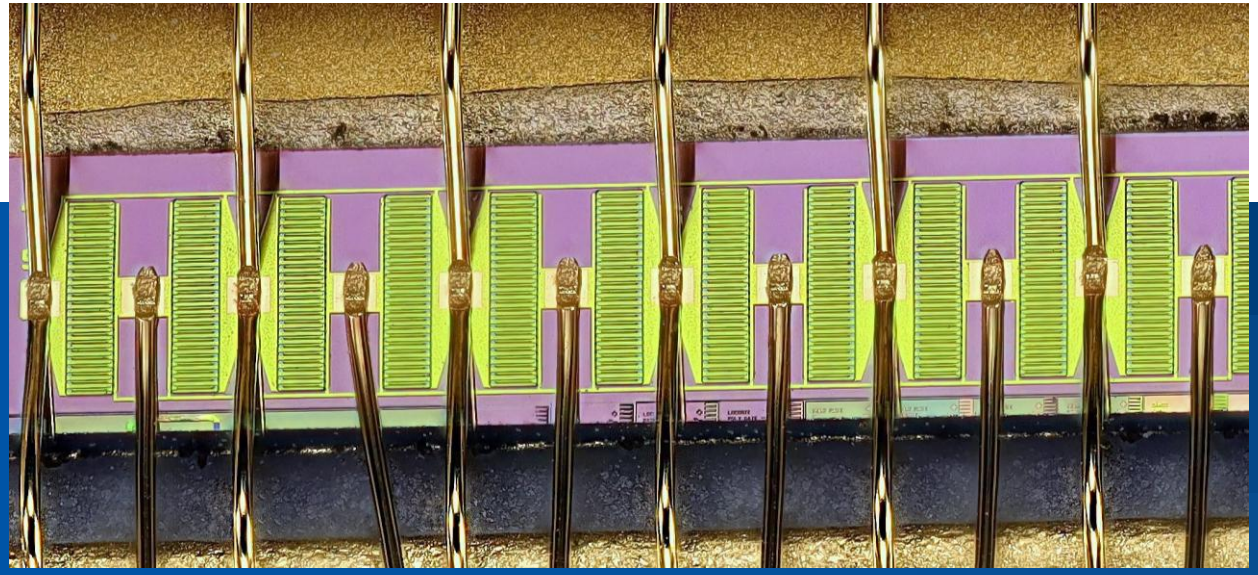




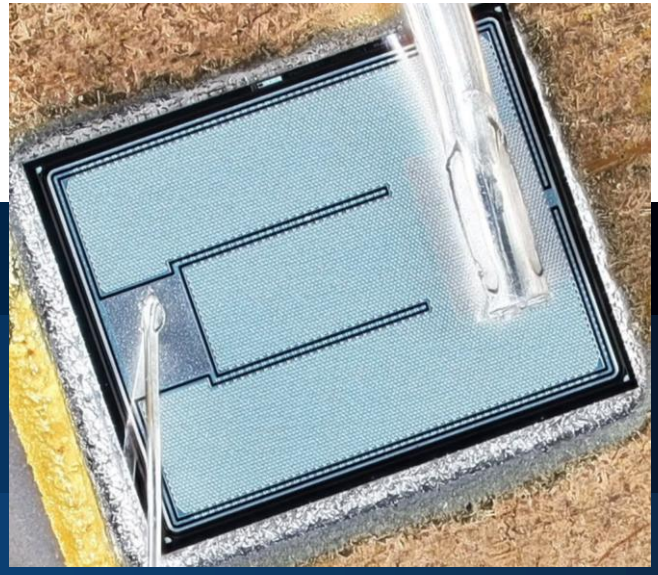
SK CHIPS
Competence Centre



Unipolárne tranzistory

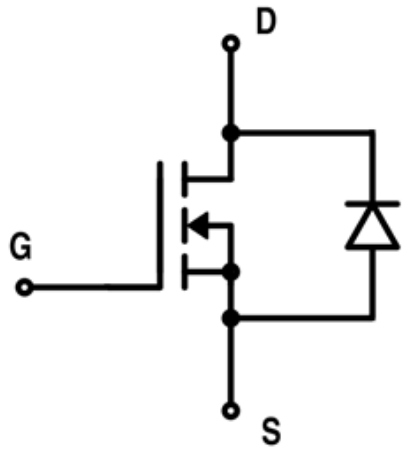




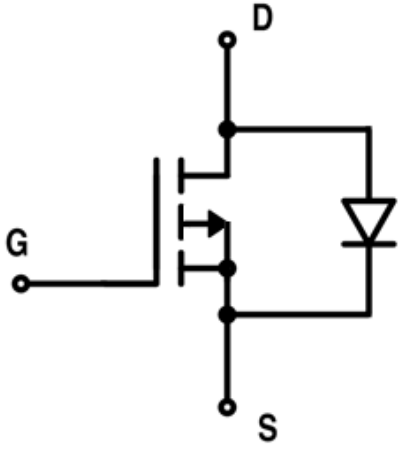


Tranzistory

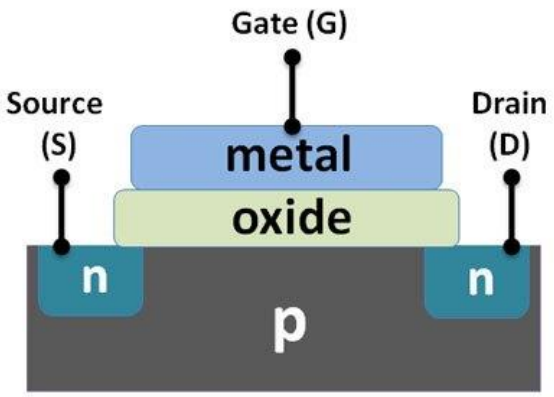
Poľom riadené tranzistory (FET)

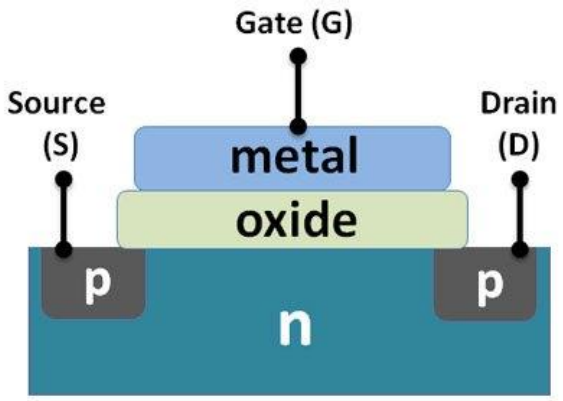


N MOS



P MOS





MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor). Hradlo (**Gate**) je od polovodičového kanála oddelený izolačnou vrstvou.

Názov elektród:

- **G – Gate**
- **D – Drain**
- **S – Source**

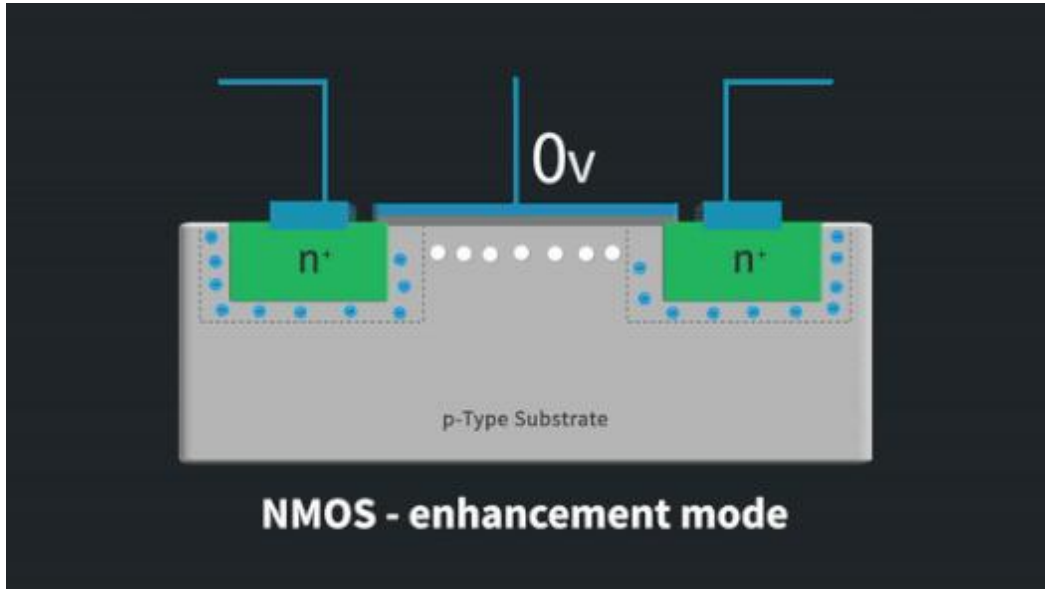
Na rozdiel od BJT **nemusí riadiacou elektródou tiecť prúd**. **Riadiacou veličinou** je napätie **medzi Gate** a **Source**.

MOSFET môže byť

- N-kanálový / P-kanálový
- Obohacovací /Ochudobňovací

Najrozšírenejšie sú **N-kanálové MOSFETy obohacovacieho typu**.

Ako funguje **N-kanálový MOSFET obohacovacieho** typu?



Pri **obohacovacom** N-MOSFETe **bez napätia na Gate** vodivý **kanál neexistuje.**

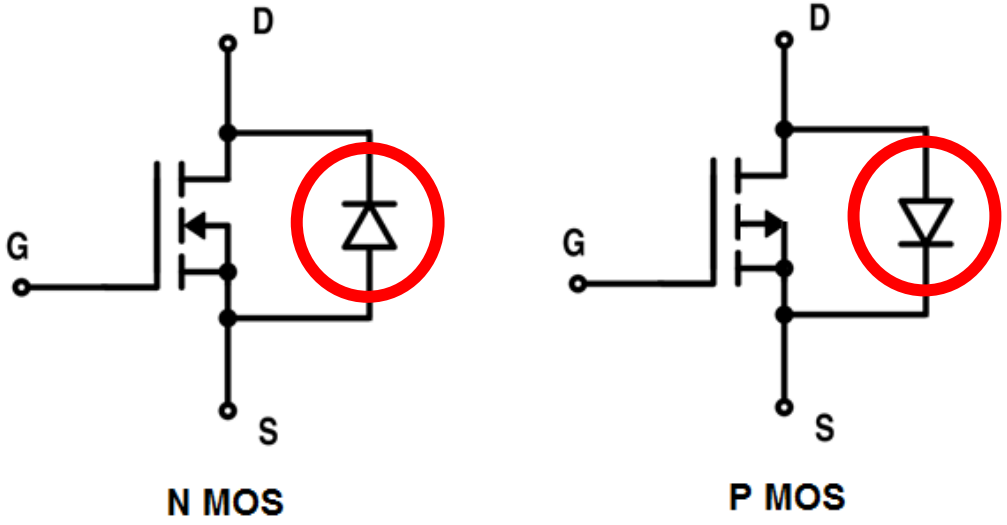
Ak **zvýšime U_{GS}** elektrické pole začne priťahovať elektróny k povrchu polovodiča.

Po prekročení prahového napätia **$U_{GS(th)}$** vznikne vodivý kanál.

Ďalším zvyšovaním **U_{GS}** sa kanál stáva vodivejším. Výsledkom je väčší prúd **I_D**

Napätie Gate rastie → elektrické pole sa zvyšuje → vodivosť kanála narastá → tečie prúd Drain–Source

Ako funguje N-kanálový MOSFET?



Body dióda MOSFETu

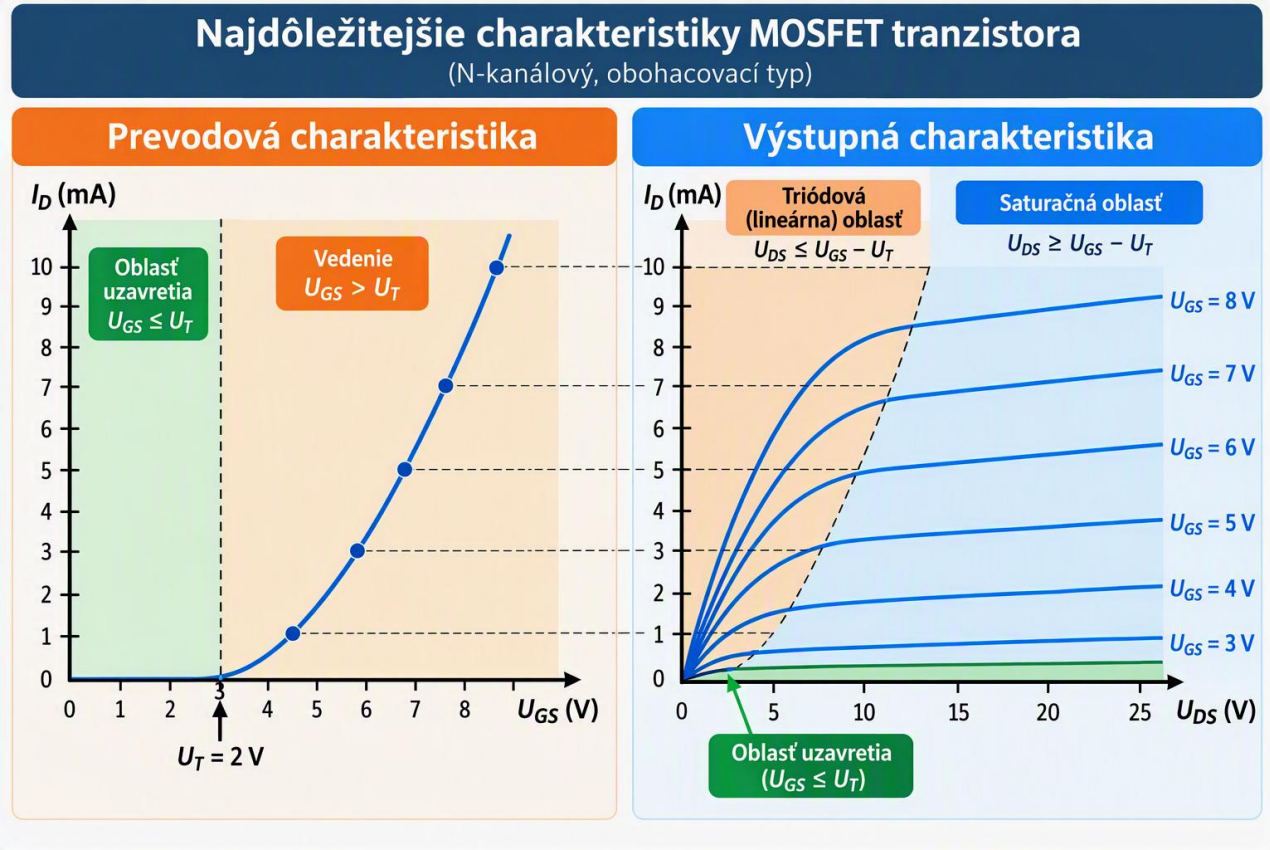
Výkonové MOSFETy obsahujú **vnútornú parazitnú diódu** označovanú ako **body dióda**.

Vzniká samotnou polovodičovou štruktúrou tranzistora.

Body dióda **je dôležitá** pri návrhu **výkonových obvodov**, najmä pri:

- Spínaní indukčných záťaží
- Motorových meničoch
- DC/DC meničoch
- Výkonových mostíkoch

VA charakteristiky MOSFET tranzistora



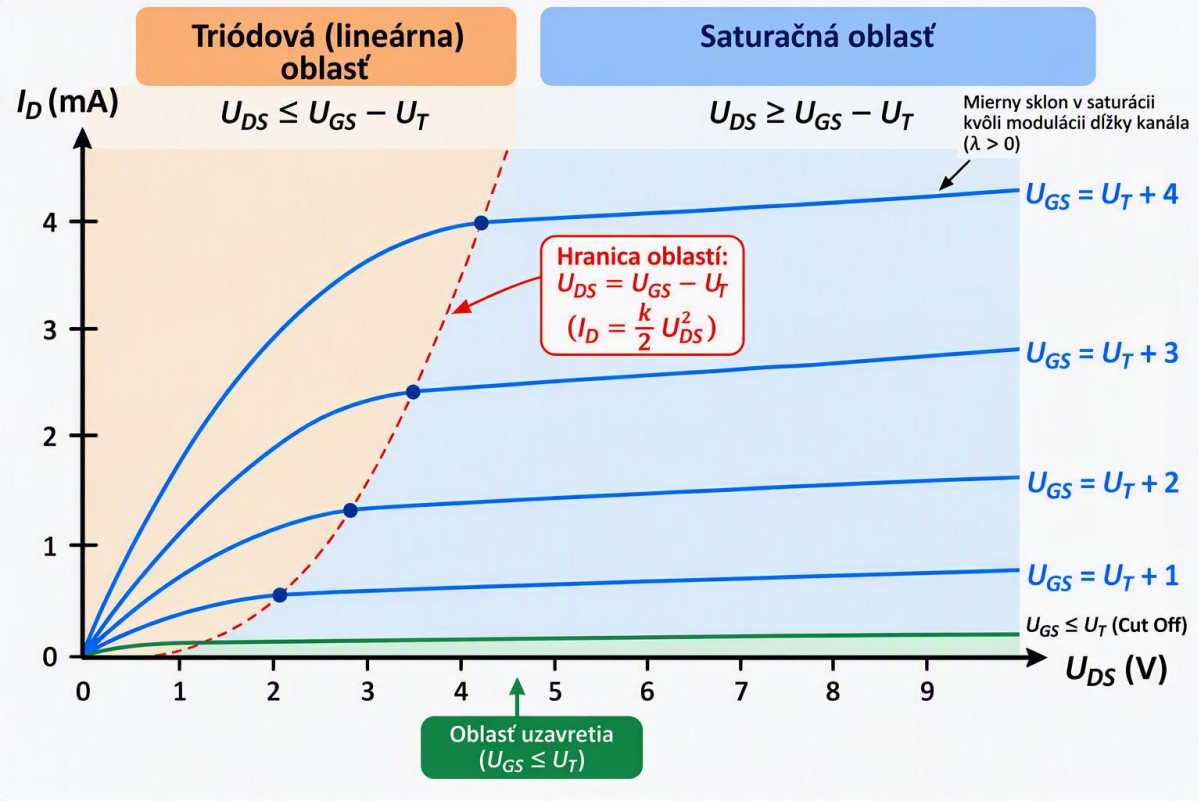
U MOSFET tranzistora sa najčastejšie stretávame s týmito VA charakteristikami

Prevodová charakteristika vyjadruje:
$I_D = f(U_{GS})$
Z tejto charakteristiky možno vidieť ako narastá prúd v saturácii od hradlového napätia

Výstupná charakteristika vyjadruje:
$I_D = f(U_{DS})$
pri konštantnom **U_{GS}**.
Pre rôzne hodnoty **U_{GS}** získame rôzne charakteristiky.

Práve **z výstupnej charakteristiky** môžeme pochopiť, ako MOSFET prechádza **od vypnutého stavu k vodivému** a následne k režimu vhodnému na zosilňovanie.

Pracovné oblasti MOSFETu



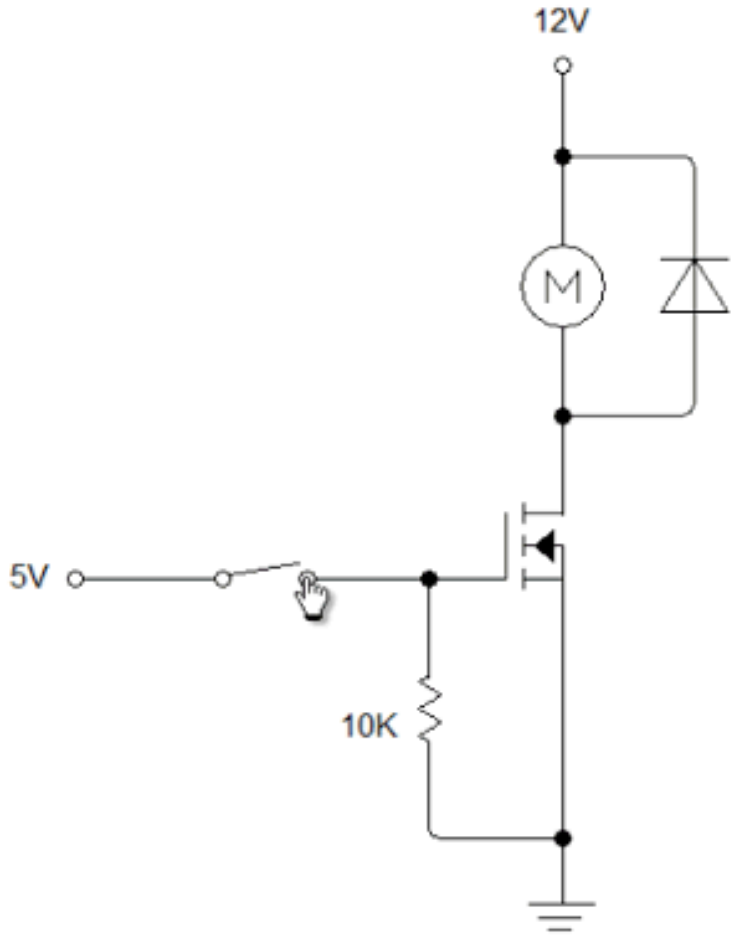
Z charakteristiky môžeme pozorovať tri hlavné oblasti:

Oblasť uzavretia
$U_{GS} < U_{GS(th)}$
Kanál nie je vytvorený.
$I_D \approx 0$
MOSFET je vypnutý.

Triódová / lineárna oblasť
MOSFET vedie a pri vhodných podmienkach sa správa približne ako napätím riadený odpor.
Táto oblasť je dôležitá pri spínaní.

Saturačná oblasť
Prúd **I_D** je výrazne ovplyvnený **U_{GS}** a menej závisí od **U_{DS}**.
Táto oblasť sa využíva napríklad pri **analógovom zosilňovaní**.

MOSFET ako spínač



MOSFET je veľmi vhodný na elektronické spínanie.

Vypnutý stav

$U_{GS} < U_{GS(th)}$

- kanál nevedie
- **$I_D \approx 0$**

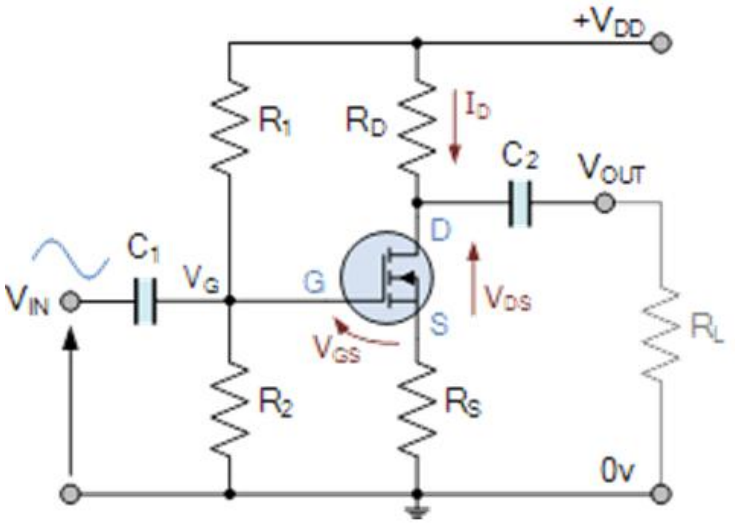
Zapnutý stav

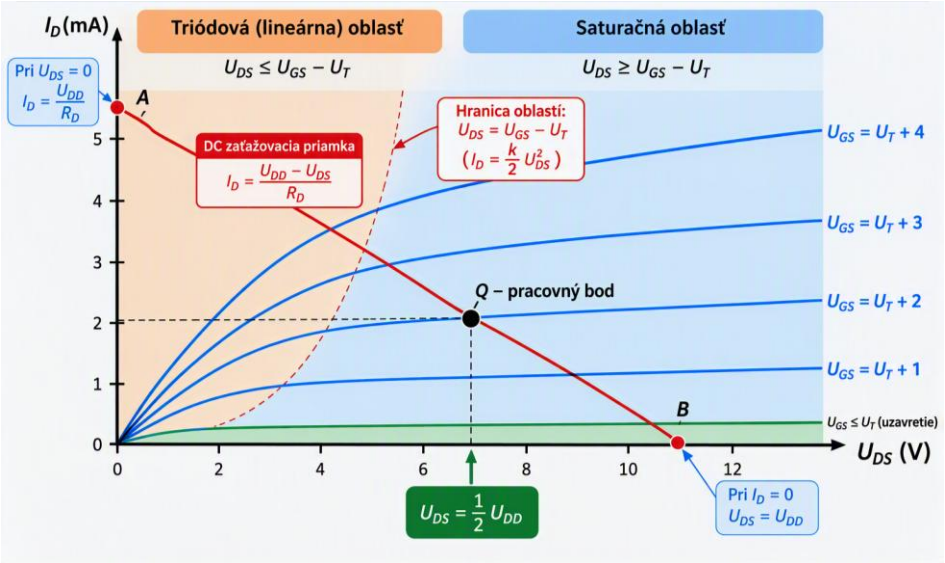
$U_{GS} > U_{GS(th)}$

- vzniká vodivý kanál
- prúd môže pretekať medzi **D** a **S**

Pri dostatočnom **U_{GS}** môže byť odpor v zapnutom stave **$R_{DS(on)}$** veľmi malý. Preto majú výkonové MOSFETy pri spínaní **malé straty.**

MOSFET ako zosilňovač





MOSFET môže pracovať aj ako analógový zosilňovač.

Zmena riadiaceho napätia **ΔUGS** spôsobí zmenu výstupného prúdu **ΔID**. Táto zmena **ΔID** môže byť prevedená na väčšiu zmenu výstupného napätia pomocou Rezistora **RD**.

Rovnako ako pri BJT je potrebné nastaviť **vhodný pracovný bod**, aby tranzistor pracoval v požadovanej oblasti.

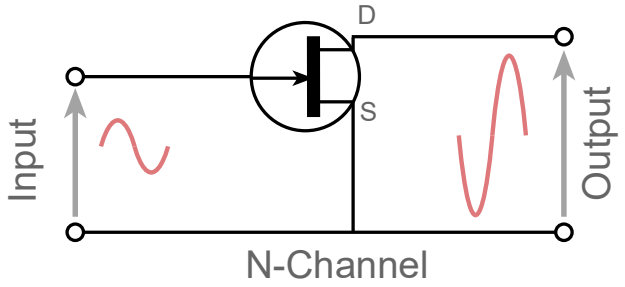
Transkonduktancia (gm) vyjadruje, ako silno **zmena riadiaceho napätia** ovplyvní **výstupný prúd**. Jednotkou transkonduktancie je **siemens (S).**

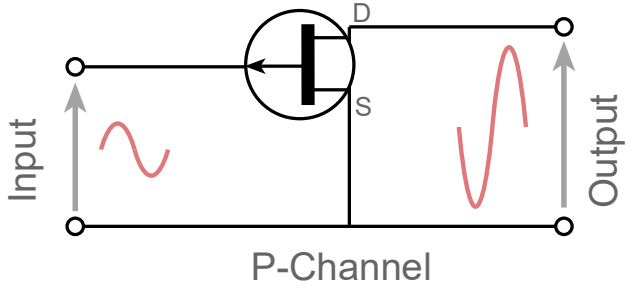
Pri MOSFETe **gm = ΔID / ΔUGS**

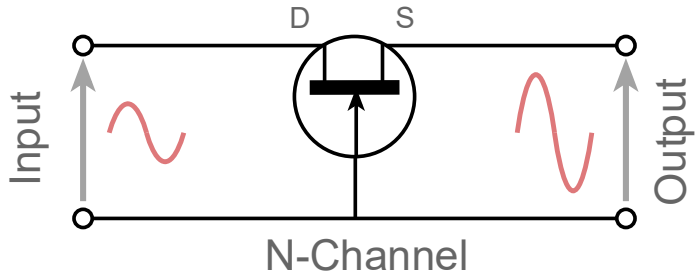
Čím **väčšia je gm**, tým **väčšiu zmenu prúdu** spôsobí rovnaká **malá zmena riadiaceho napätia**.

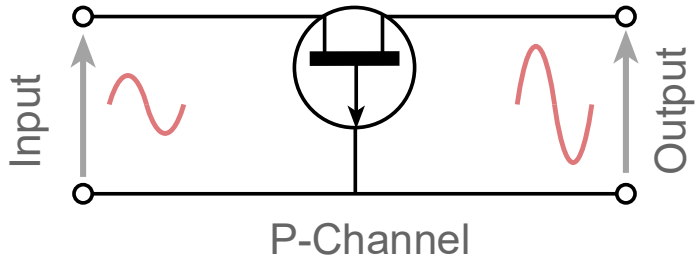
Transkonduktancia je dôležitý parameter pri návrhu **analógových zosilňovačov**.

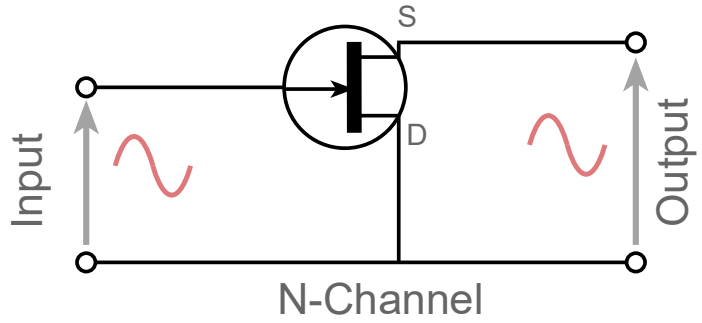
Základné zapojenia FET

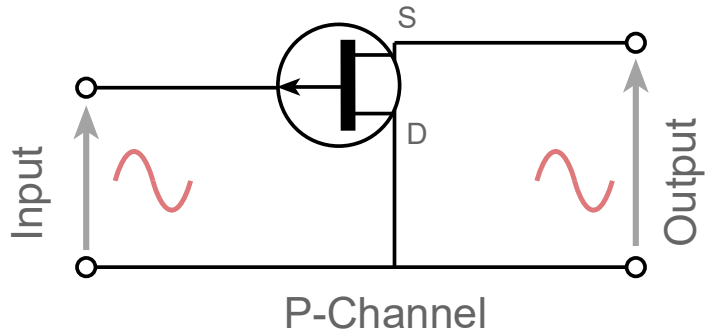












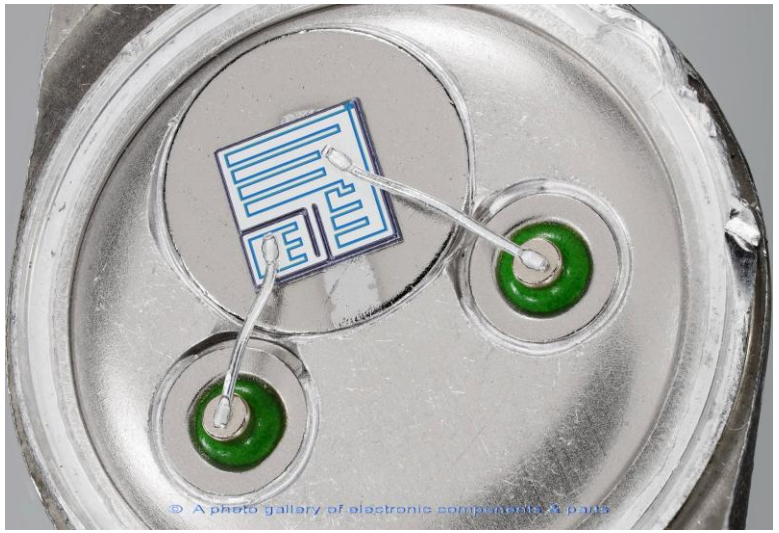
Spoločný source (SS)
- Najčastejšie používané zapojenie.
- Veľké napäťové zosilnenie.
- Vysoký vstupný odpor.
- Výstupný signál je otočený o 180°

Spoločný gate (SG)
- Malý vstupný odpor.
- Veľké napäťové zosilnenie.
- Dobré vysokofrekvenčné vlastnosti.

Spoločný drain (SD)
- Nazýva sa aj zdrojový sledovač (Source follower).
- Napäťové zosilnenie približne 1.
- Vysoký vstupný a nízky výstupný odpor.

Tranzistory

Špeciálne tranzistory





Darlingtonov transistor - Dva BJT tranzistory zapojené tak, aby sa ich prúdové zosilnenie násobilo. Výsledkom je veľmi veľké prúdové zosilnenie.

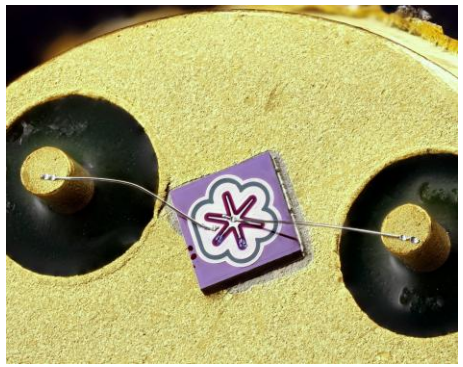
IGBT - Kombinuje riadenie pomocou izolovaného Gate podobne ako MOSFET s vlastnosťami bipolárneho tranzistora.

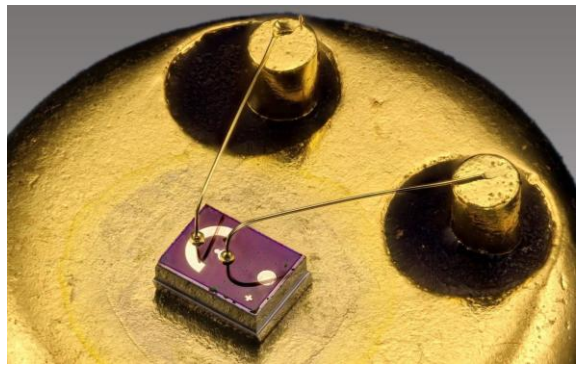
Fototranzistor - Tranzistor reagujúci na svetlo.

Dvojhradlový MOSFET -Používa sa najmä vo vysokofrekvenčných obvodoch.

HEMT (High Electron Mobility Transistor)- zosilňovače v rádiových a komunikačných systémoch.

UJT (Unijunction Transistor) **-** generovanie impulzov.





BJT vs. MOSFET

	BJT	MOSFET
Typ	Bipolárny	Unipolárny
Riadenie	Prúdom	Napätím
Riadiaca elektróda	Báza	Gate
Výstupná cesta	Kolektor–Emitor	Drain–Source
Parameter zosilnenia	B (prúdové zosilnenie)	gm (transkonduktancia)
Vstupný prúd	Malý	prakticky nulový
Spínanie	Saturačná oblasť	Triódová oblasť
Zosilňovanie	Aktívna oblasť	Saturačná oblasť

Tranzistor umožňuje pomocou **malého riadiaceho signálu ovládať väčší elektrický prúd.**
Preto môže pracovať ako:

- SPÍNAČ
- ZOSILŇOVAČ

Ako vybrať správny tranzistor

NPN General - Purpose Amplifier

2N3904

Description

This device is designed as a general−purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.

MAXIMUM RATINGS

(Values are at T_A = 25°C unless otherwise noted.) (Note 1, Note 2)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CEO}	Collector − Emitter Voltage	40	V
V_{CBO}	Collector − Base Voltage	60	V
V_{EBO}	Emitter − Base Voltage	6.0	V
I_C	Collector Current − Continuous	200	mA
T_J, T_{STG}	Operating and Storage Junction Temperature Range	−55 to +150	°C

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

1. These ratings are based on a maximum junction temperature of 150°C.
2. These are steady−state limits. ON Semiconductor should be consulted on applications involving pulsed orlow−duty cycle operations.

THERMAL CHARACTERISTICS

(Values are at T_A = 25°C unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Max	Unit
P_D	Total Device Dissipation	625	mW
	Derate Above 25°C	5.0	mW/°C
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3	°C/W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	°C/W

Typ tranzistora: NPN alebo PNP pri BJT; N-kanálový alebo P-kanálový pri MOSFETe.

Maximálne napätie: musí byť vyššie ako napätie v obvode.
Maximálny prúd: musí bezpečne pokryť prúd záťaže.

Stratový výkon: tranzistor musí zvládnuť stratový výkon.

Zosilnenie: pri BJT prúdové zosilnenie β, pri MOSFETe napr. transkonduktancia (gm).

Spínacie vlastnosti: rýchlosť spínania a pri MOSFETe odpor **$R_{DS(on)}$**.

Riadiace napätie: MOSFET musí byť dostatočne otvorený pri dostupnom napätí na Gate. A akú maximálnu hodnotu riadiaceho napätia zvládne.

Riadiaci prúd: pri **BJT** musí byť dostatočný na požadovaný kolektorový prúd. A aký maximálny riadiaci prúd zvládne.

Puzdro a chladenie: musia zodpovedať výkonu a možnostiam montáže.

Zapojenie pracoviska

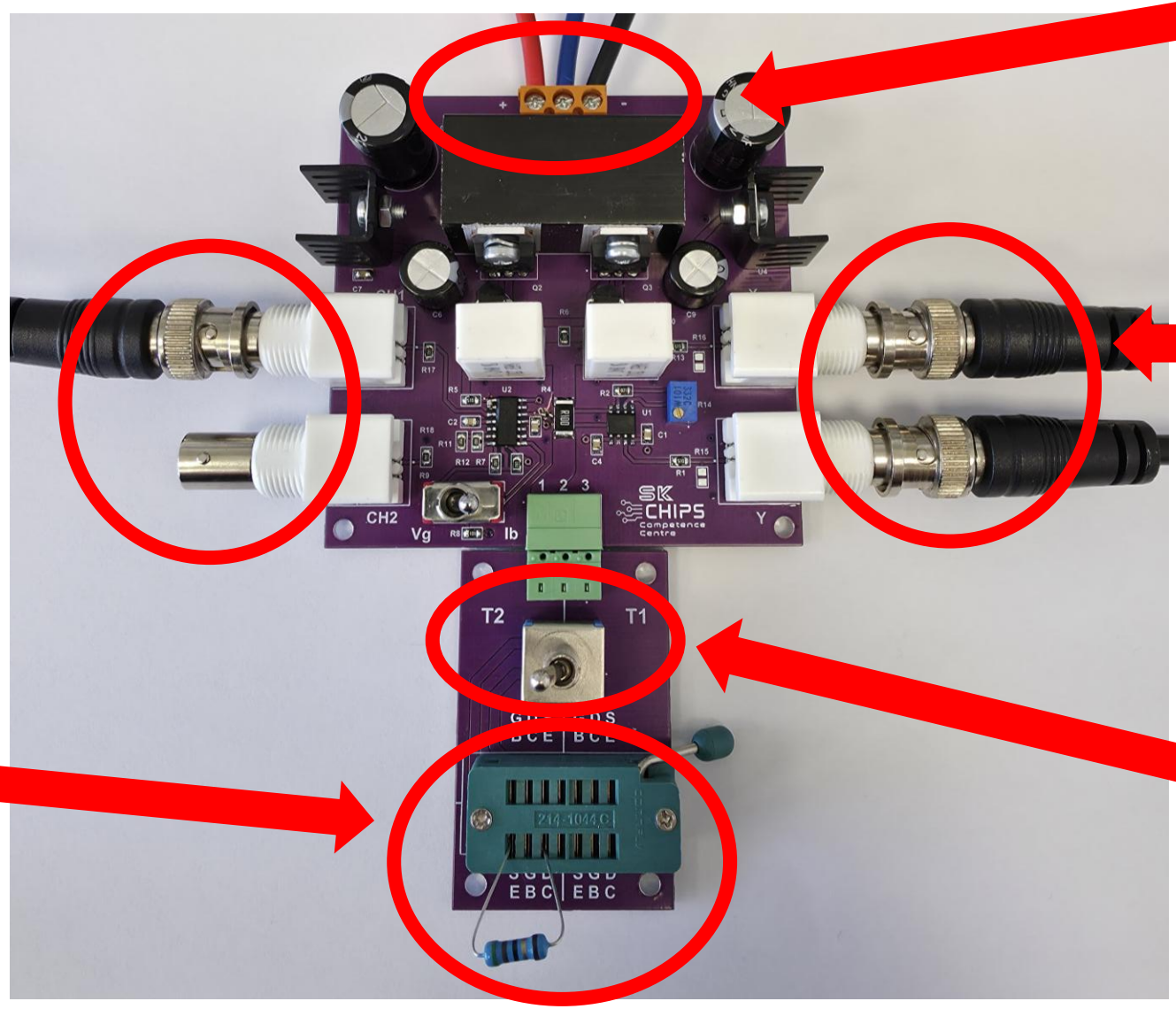
Merací prípravok

Napájanie

Tu pripájame zdroj

Vstupy

Tu pripájame generátor



Výstupy

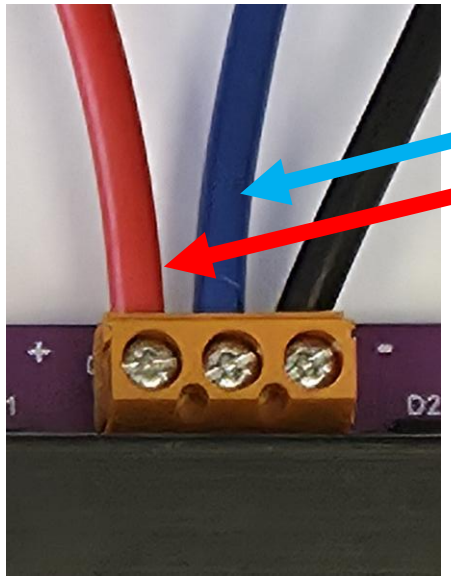
Tu pripájame osciloskop

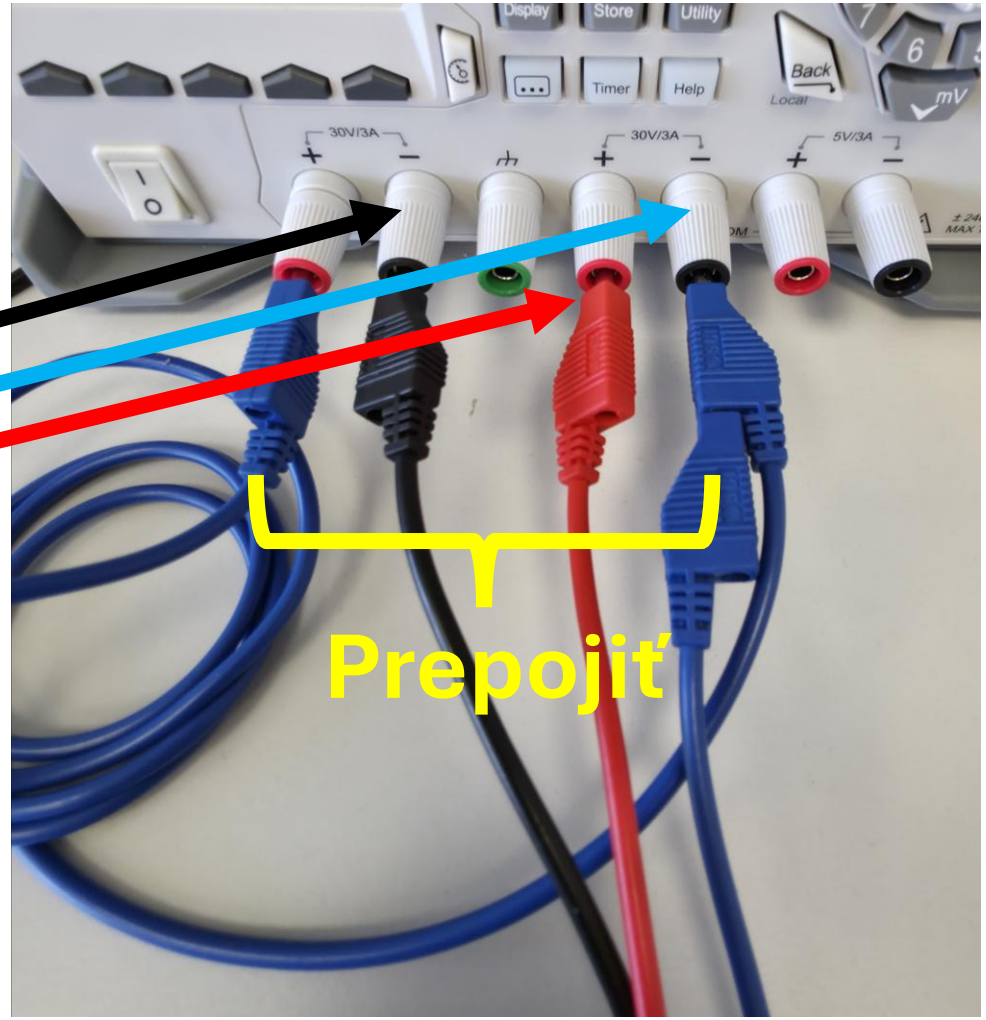
Kontaktné pole

Tu pripájame súčiastky

Prepínanie meranej súčiastky

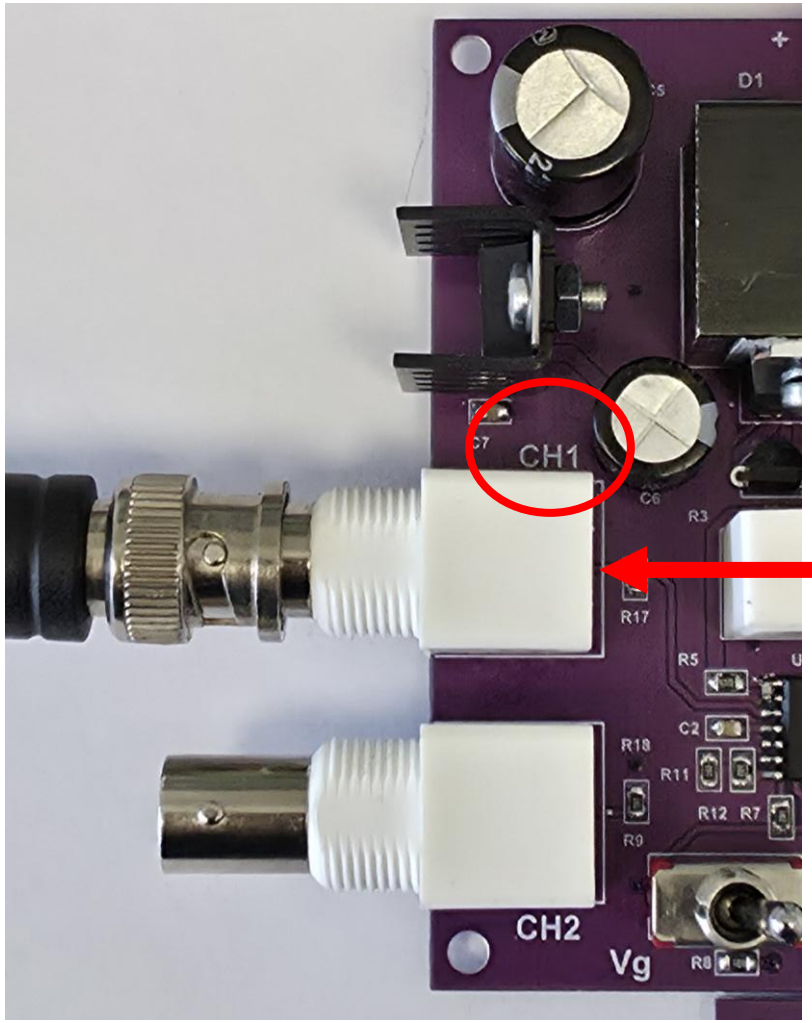
Zapojenie pracoviska



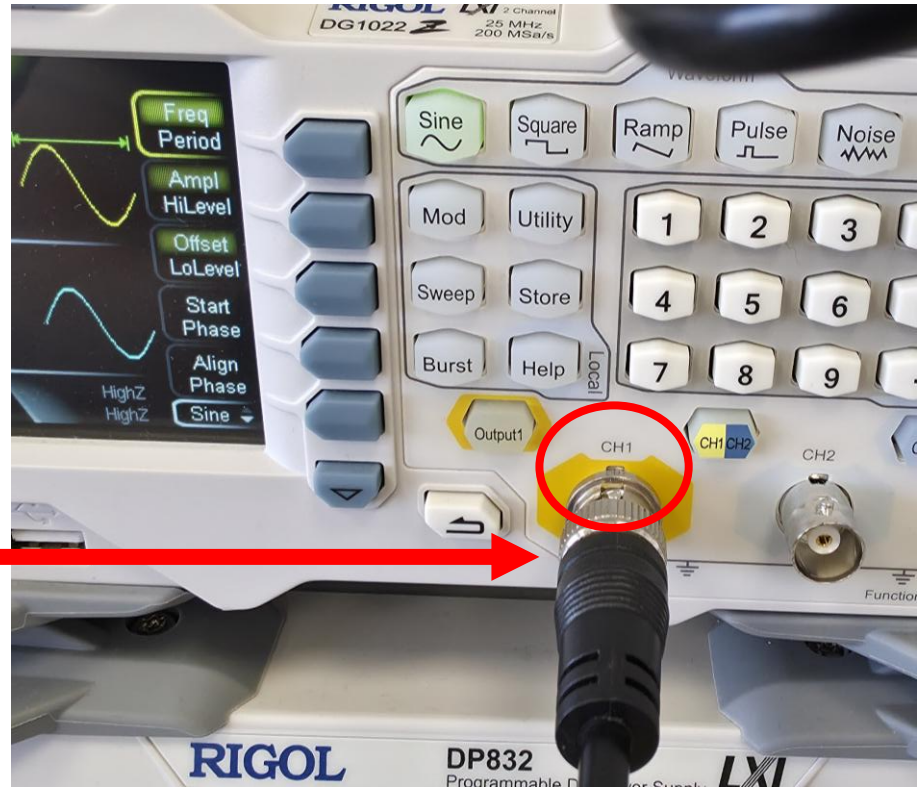


Nastaviť 20V / 1A na oboch kanáloch zdroja !!

Zapojenie pracoviska



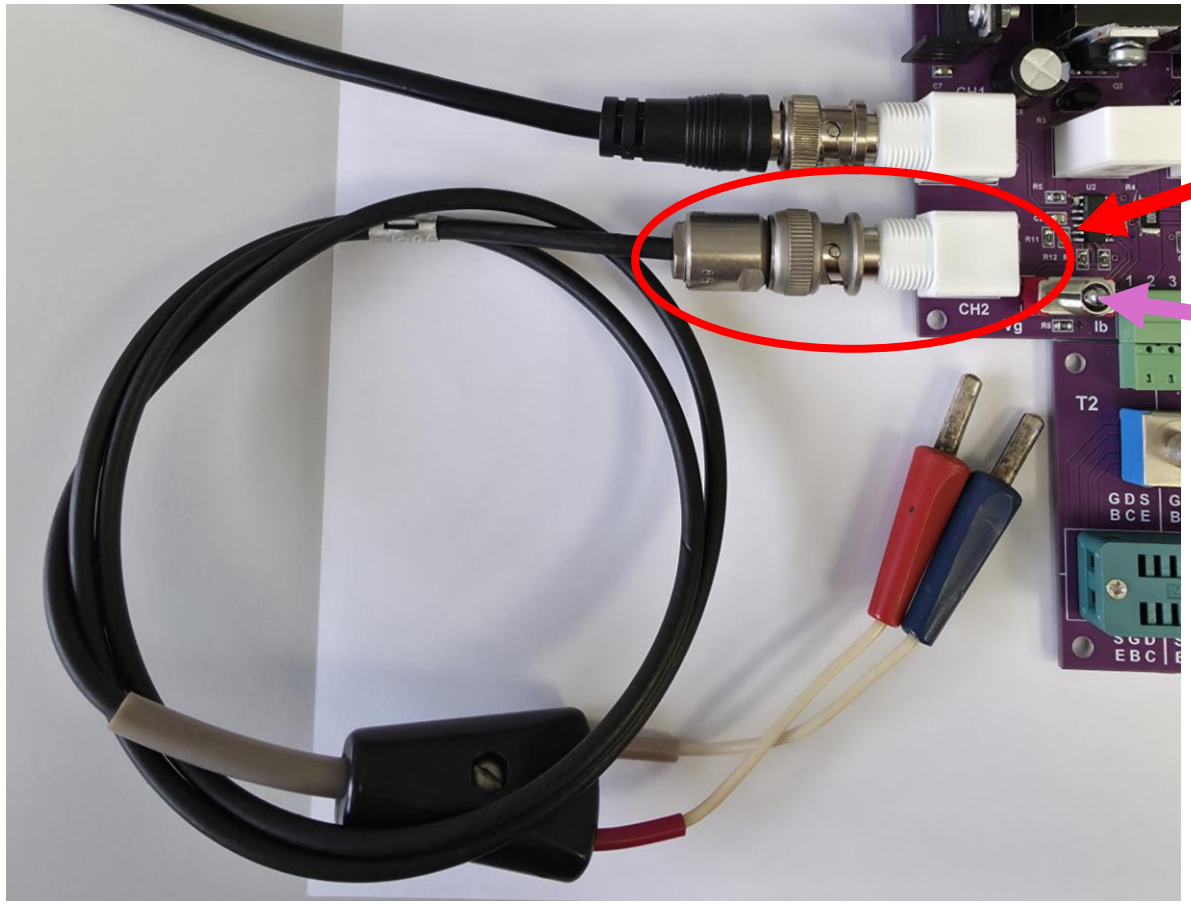
Prepojiť

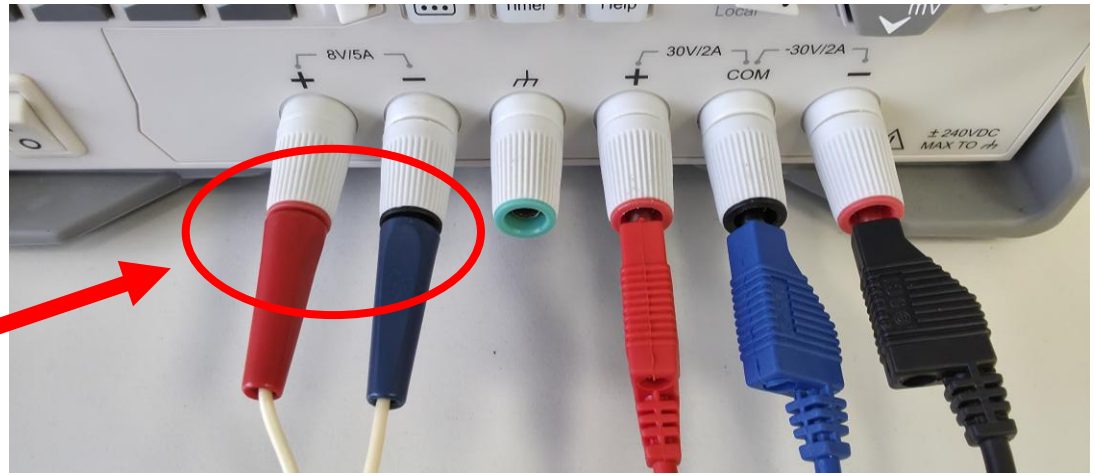


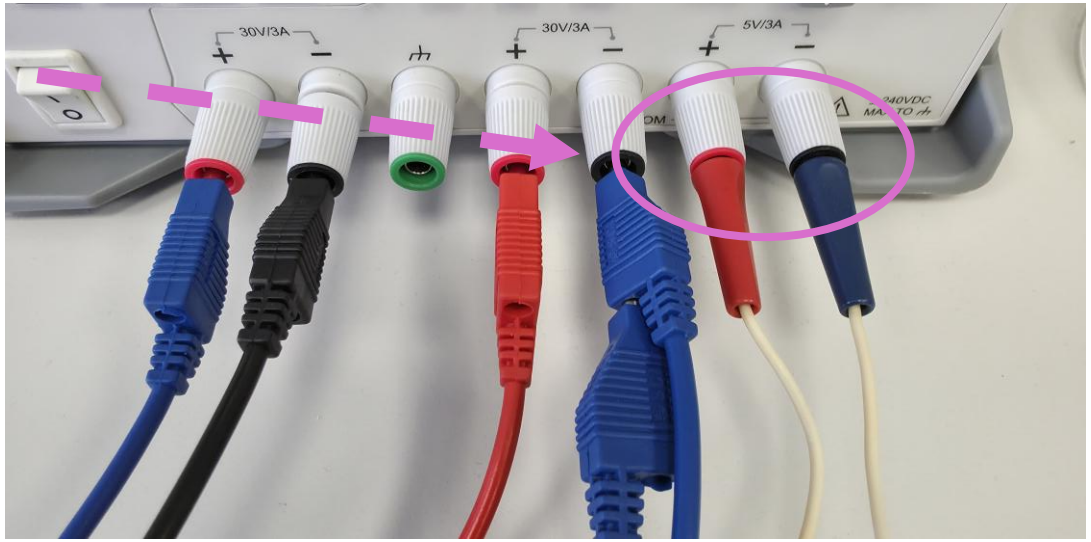
Nastaviť (skontrolovať) :
Frekvenciu f = 100Hz
Amplitúdu U = 100 mVpp
Offset U_{DC} = 0,0V
Fázu ϕ = 0°

Zapojenie pracoviska

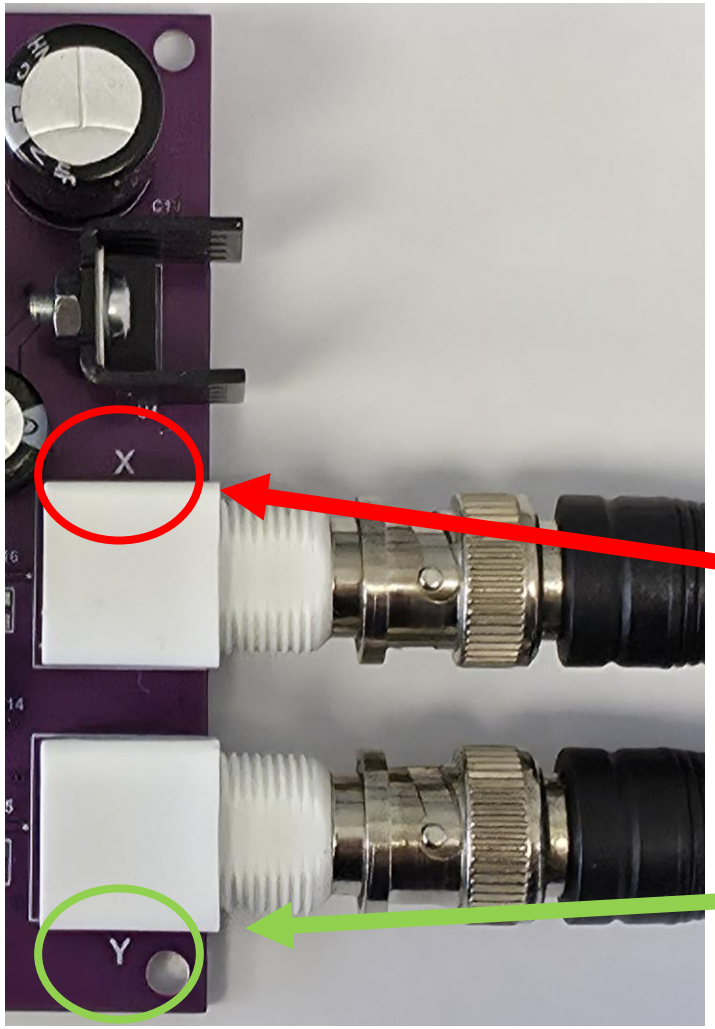
Prepojiť



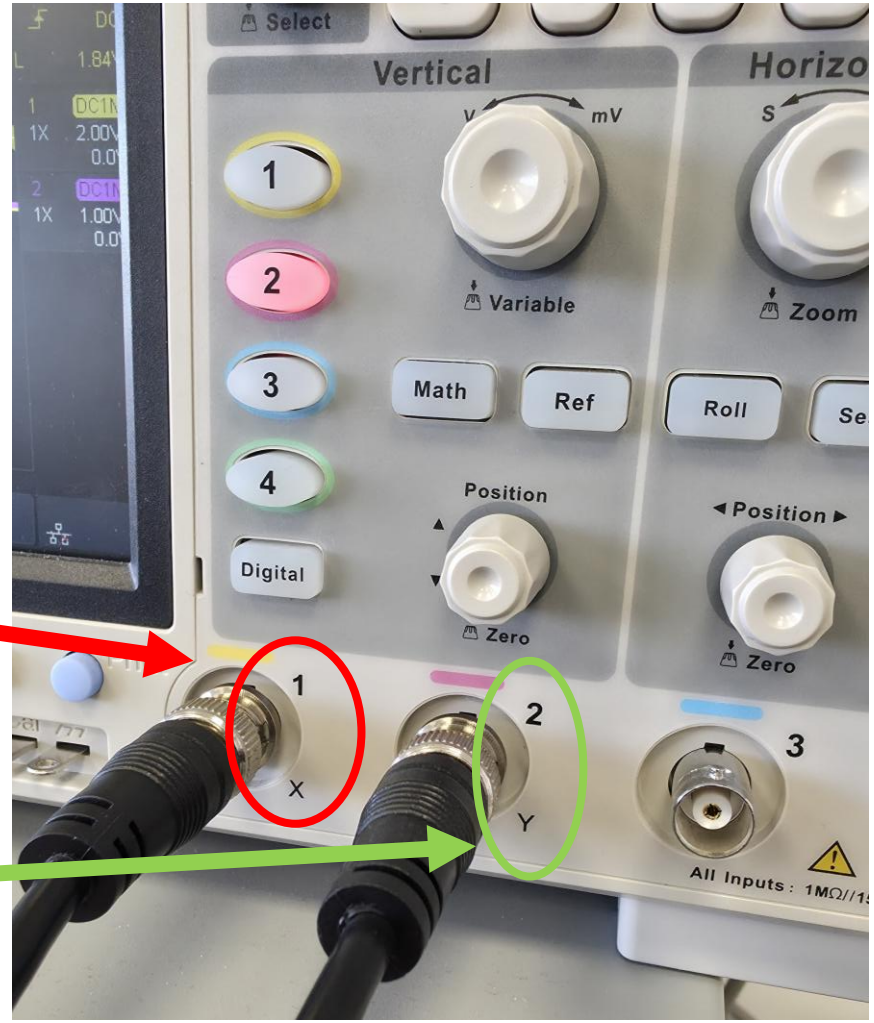




Zapojenie pracoviska

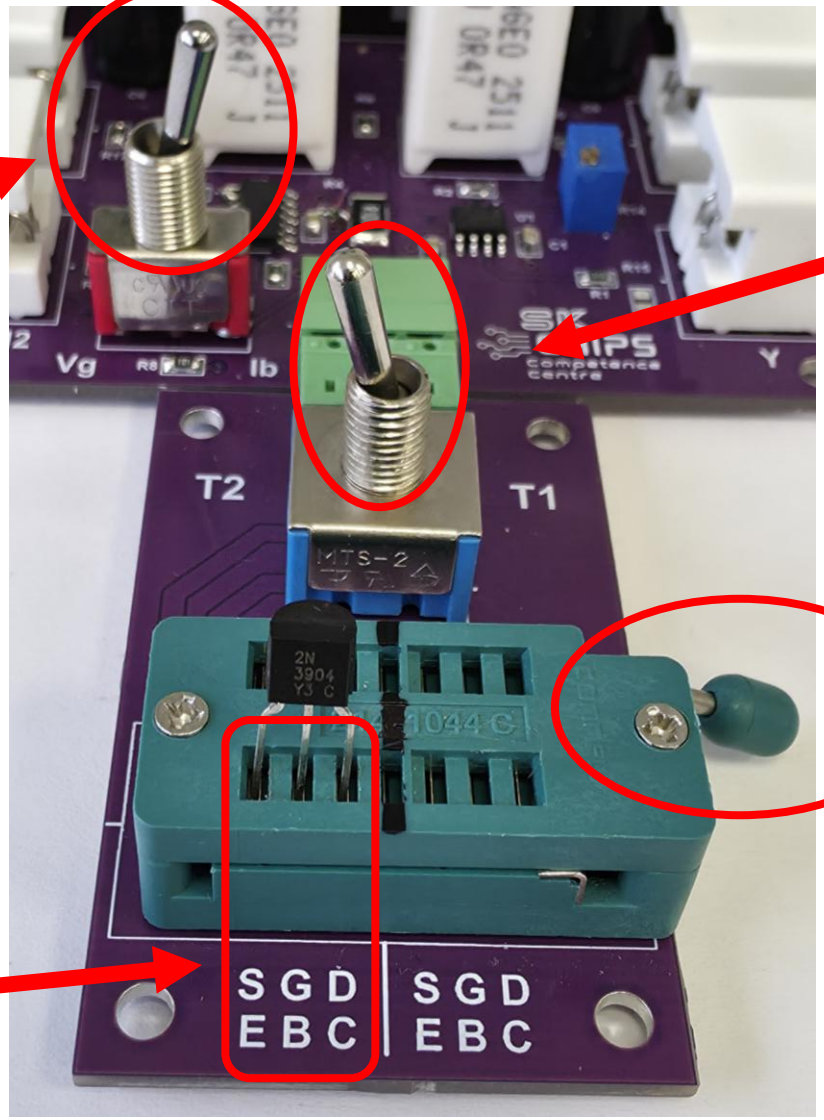


Prepojiť



Zapojenie pracoviska

Prepínač pre výber **riadiaceho signálu**



Prepínač pre výber meracej strany **T1 / T2**

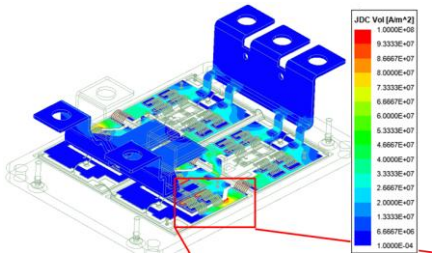
Tranzistor zapájať **podľa označenia**

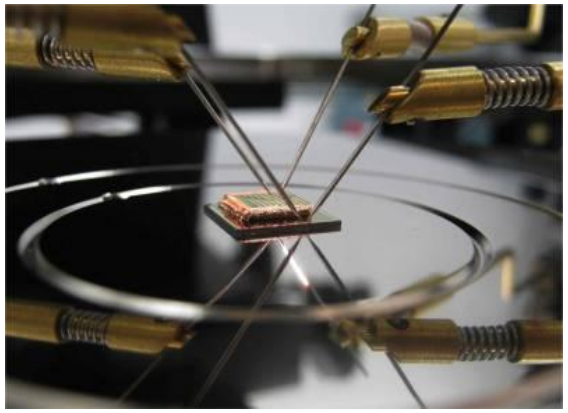
Páčka pre **uvoľnenie** a **upevnenie** súčiastky

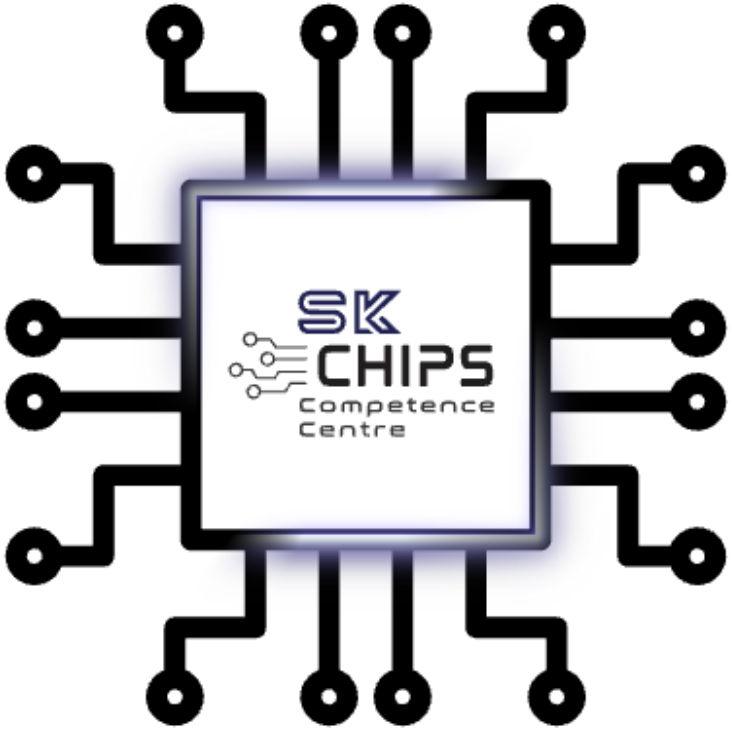
Ďakujem za pozornosť



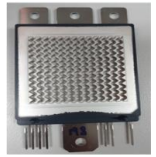
















Robert Szobolovszký robert.szobolovszky@skchips.sk