



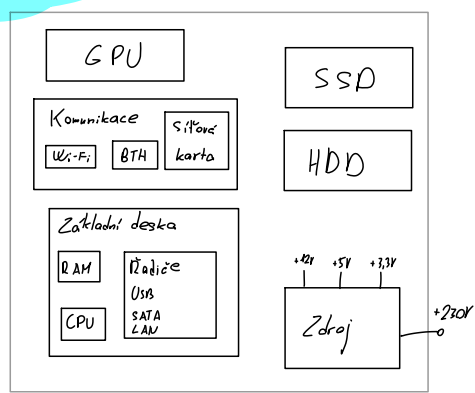
KEI/SBEIT Elektronika a informační technologie

Okruhy otázek		Upřesnění
1.	Hardware a software v IT	Základní části počítačů a mikropočítačů. Odlišnosti mikrokontrolérů. Základní pohled na komunikace – TCP/IP apod. Možnosti bezdrátových komunikací – typy, možnosti, vhodnost použití. Programovací jazyky – rozdíl interpreter/kompilátor, oblasti použití, vhodnost pro typické aplikace. Webové technologie – webserver, protokol HTTP, standardy HTML, MIME a další.
2.	Tranzistorový zesilovač	Nastavení pracovního bodu tranzistoru. Stabilizace pracovního bodu tranzistoru. Vazby vícecestupňových tranzistorových zesilovačů. Výkonové tranzistorové zesilovače, třída A, B, C, D.
3.	Operační zesilovač	Vlastnosti operačního zesilovače. Chyby operačního zesilovače. Invertující a neinvertující zapojení s operačním zesilovačem.
4.	Zapojení s operačním zesilovačem	Zesilovač součtu, rozdílu s operačním zesilovačem. Integrační, derivační zapojení s operačním zesilovačem. Komparátor, komparátor s hysterezí s operačním zesilovačem.
5.	Kombinační logické obvody	Vlastnosti logických členů CMOS. Třístavové logické obvody. Kombinační logické obvody – základní logické funkce, tvorba logické funkce, minimalizace logické funkce.
6.	Sekvenční logické obvody	Klopné obvody R-S, D, J-K. Registr – paralelní, posuvný, časové diagramy. Asynchronní binární čítač, zkrácení cyklu (MOD), časové diagramy.
7.	Popis signálů a obvodů ve sdělovacích systémech	Absolutní a relativní úroveň signálů, jednotka dB. Přenos obvodů, útlum a zisk. Fourierova transformace, vztah mezi časovou a frekvenční oblastí. Spektra sdělovacích signálů (obdélník, harm. sig., Diracův impuls).
8.	Digitalizace analogových signálů	Vzorkování, minimální vzorkovací kmitočet, aliasing. Kvantování, kvantizační šum, dynamický rozsah A/D a D/A konverze. Spektrum digitalizovaných signálů.
9.	Úvod do teorie přenosu dat	Modulační rychlost a přenosová rychlost, význam, jednotky. Princip analogových a digitálních modulací. Výpočet a význam teoretické kapacity sdělovacího kanálu. Metody sdílení sdělovacího kanálu TDM, FDM.
10.	Obecné schéma sdělovacího systému	Blokové uspořádání modelu sdělovacího systému. Význam a účel zdrojového a kanálového kódování. Význam a účel modulace ve sdělovacím systému. Příklad bezdrátového a optického sdělovacího systému.
11.	Přenosové cesty a jejich vlastnosti	Model a základní parametry metalického vedení. Typy a vlastnosti optického vedení, vlnový multiplex WDM. Šíření elektromagnetických vln a ztráty volného prostředí.
12.	Mikroprocesory	Adresování vnějších obvodů, architektura Von Neumann a Harvard. Řadič sběrnice, přepínače sběrnice, obvody DMA, externí sběrnice. Zdroje přerušení – vnitřní a vnější, maskovatelné a nemaskovatelné. Přerušení. Vektory. Priority. Činnost procesoru během přerušení.

13.	Mikrokontroléry	Řadič sběrnice, přepínače sběrnice, obvody DMA, externí sběrnice. Paměť ROM a RAM – vlastnosti, využití. Sběrnice pro periférie, distribuce zdroje hodin. Reset mikrokontroléru – průběh, využití.
14.	Periferní bloky v mikrokontrolérech	Čítače a časovače, blok CAPCOM. Periferní obvody mikropočítačů – paralelní a sériové vstupy/výstupy. Analogové vstupy a výstupy, výstupy PWM. Komunikační sběrnice – SPI, I2C, UART a další.
15.	Programování mikrokontrolérů	Způsoby adresace, typy instrukcí. Zásobník a jeho využití. Diagnostické časovače a další diagnostické prostředky. Metody ladění. Programování v C – specifika mikrokontrolérů.
16.	Pasivní elektronické součástky	Rezistory – konstrukční provedení, výpočet odporu, rozdělení podle VA charakteristiky, teplotně závislé rezistory. Kondenzátory – výpočet kapacity, konstrukce, používaná dielektrika, vlastnosti reálného kondenzátoru, frekvenční vlastnosti. Cívky – výpočet indukčnosti, konstrukce, vlastnosti reálné cívky, frekvenční vlastnosti.
17.	Fyzikální vlastnosti polovodičových materiálů	Základní rozdělení a definice polovodičových materiálů, vznik polovodičů typu N a P, teplotní vlastnosti polovodičů, proudy v polovodičích, Hallův jev. PN přechod – podmínky vzniku PN přechodu, potenciálová bariéra, vyčerpaná oblast. PN přechod s připojeným vnějším napětím – propustný a závěrný směr, proud PN přechodem, průrazy PN přechodu. Kapacita PN přechodu – dynamický režim, doba zotavení. Kontakt kov-polovodič – usměrňovací, neusměrňovací.
18.	Polovodičové elektronické součástky	Polovodičové diody – vlastnosti, VA charakteristiky a základní použití varikapu, usměrňovací diody, Zenerovy diody, Schottkyho diody. Bipolární tranzistory – rozdělení, princip činnosti, VA charakteristiky, základní zapojení. Unipolární tranzistory – princip a konstrukce JFETu, MOSFETu, MeSFETu, VA charakteristiky. Spínací a výkonové el. součástky – polovodičové materiály pro výkonové součástky, princip a VA charakteristiky tyristoru, konstrukce a parametry výkonových diod a tranzistorů (IGBT, DMOSFET). Složité polovodičové struktury – vlastnosti a výroba integrovaných obvodů, meze integrace polovodičových součástek.
19.	Optoelektronické součástky	Optická vlákna – princip přenosu informace, rozdělení optických vláken, disperze optických vláken. Elektro-optické převodníky – princip LED a laserové diody, princip LCD. Opticko-elektrické převodníky – fotoodpor, fotodioda, fototranzistor.

Hardware a software v IT	Základní části počítačů a mikropočítačů. Odlišnosti mikrokontrolérů. Základní pohled na komunikace – TCP/IP apod. Možnosti bezdrátových komunikací – typy, možnosti, vhodnost použití. Programovací jazyky – rozdíly interpreter/kompilátor, oblasti použití, vhodnost pro typické aplikace. Webové technologie – webserver, protokol HTTP, standardy HTML, MIME a další.
--------------------------	---

Základní části PC



Mikropočítač (Raspberry) - plnohodnotný PC postavený kolem mikroprocesoru

Mikrokontrolér - jednoduší počítač (vše v 1 čipu)

- **Procesor** - řídicí a výpočetní jednotka
 - provádí instrukce programu, řídí činnost MCU, komunikace s periferiemi
 - Obsahuje: ALU, registry, čítač instrukcí

- **Paměť programu** - ROM/Flash
- Program, instrukce, konstanty

- **Paměť dat** - RAM + malá EEPROM

- **Periferie** - čítače, GPIO, ADC, DAC, Sběrnice, ...

Komunikace

- každá vrstva se stará o něco

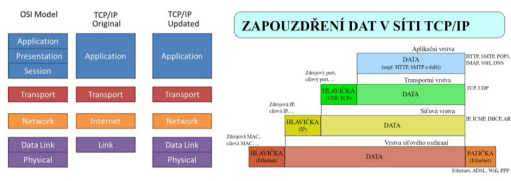
ISO/OSI

- starší

7	Data	Aplikační vrstva	Komunikace s procesem	Aplikace přistupuje ke komunikačnímu systému v OS
6	Data	Prezentační vrstva	Prezentace dat a šifrování	Konvertuje data do formy potřebné pro dané aplikace
5	Data	Relační vrstva	Koordinace komunikace	Zajišťuje relace jednotlivých spojení
4	Segment	Transportní vrstva	Spojení	Spravuje přenos dat mezi hosty a protokoly
3	Paket	Síťová vrstva	Určení cesty a logická adresace	Stáří se o směrování v síti a vhodné adresování
2	Rámec	Linková vrstva	MAC a LLC – fyzická adresace	Zajišťuje spojení mezi dvěma sousedními systémy
1	Bitů	Fyzická vrstva	Media, signál, binární přenos	Vrstva obsluhující síťové médium - signalizace

TCP/IP

- aktualizace ISO/OSI



Bezdrátové komunikace

- využívají EM vlnění

- Wi-Fi - standard IEEE 802.11

- pásma: 2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz

- Princip - Zariadení komunikuje pomocí Access pointu (AP), ten tvoří síť

- Možnosti: - AP $\leftrightarrow$ klient

Peer-to-Peer (Ad-Hoc)

- Výhody - rychlé, hodně zařízení

- Nevýhody - citlivé, malý dosah (30-100m), spotřeba

- Bluetooth - pásma: 2,4 GHz

- Princip - Zariadení tvoří malou PAN (personal)

- Výhody - Low - power, lenej

- Nevýhody - krátký dosah (10m)

- LTE (4G) - vysoké pokrytí

- nutnost infrastruktury, operátora

- rychlost - stovky Mb/s

- dosah - několik km

5G - latence pod 10ms

- rychlost - jednotky Gb/s

- dražší

- GPS - satelitní navigační systém

- Princip - přijímač přijímá signály min. ze 4 družic a dopočítává polohu

Programovací jazyk

- Kompilátor - přeloží program do strojového kódu před spuštěním

- Výhody - rychlost běhu, efektivita

- Nevýhody - kompilace při změně programu

- (Př.) C, C++

- Použití: operační systémy, embedded, hry

- Interpreť - čte a vykonává program postupně za běhu

- Výhody - snadné ladění

- Nevýhody - pomalejší, náročnější

- (Př.) Python, PHP

- Použití: webové aplikace, skripty

Webové technologie

- komunikace mezi klientem a serverem

- Web server - přijímá požadavky klientů
- poskytuje webobky / jiné

(Př.) Apache, Ugi, nginx, ...

- HTTP - komunikační protokol webu

- Princip: Klient $\xrightarrow{\text{HTTP požadavek}}$ Server

Server $\xleftarrow{\text{HTTP odpověď}}$ Klient

- HTTPS - HTTP + TLS/SSL

- šifrování, ověřování

- HTML - značkovací jazyk pro tvorbu webů ...

- CSS - vzhled webu ...

$\{$
color: blue;
 $\}$

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<title>Moje stránka</title>
</head>
<body>
<h1>Nápis</h1>
<p>Text stránky</p>
</body>
</html>
```

- Javascript - programovací jazyk v prohlížeči

- reakce na akce uživatele, mění obsah, ...

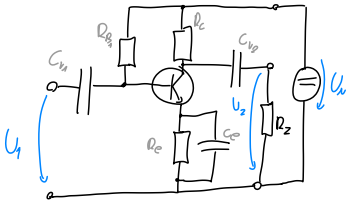
- MIME - standard určující typ přenášených dat

- příklady pro e-mail, dnes HTTP

- pomocí MIME typu sdělí server klientovi, jaký obsah posílá

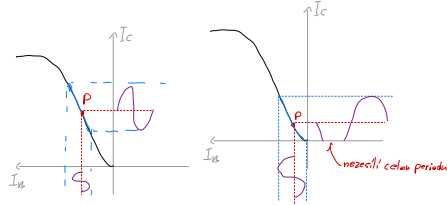
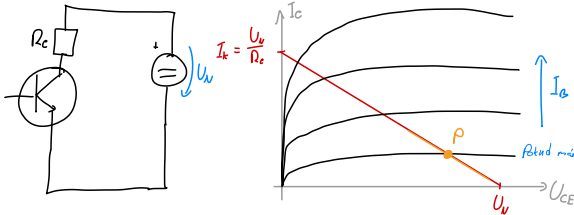
2.	Tranzistorový zesilovač	Nastavení pracovního bodu tranzistoru. Stabilizace pracovního bodu tranzistoru. Vazby vícevstupových tranzistorových zesilovačů. Výkonové tranzistorové zesilovače, třída A, B, C, D.
----	-------------------------	---

Tranzistorový zesilovač



C_{U1}, C_{U2} - zabránění SS proudu jít ven z obvodu
 R_{B1}, R_{B2} - nastavují pracovní bod
 R_E - stabilizuje pracovní bod
 C_E - zkrátí se stříd. do země

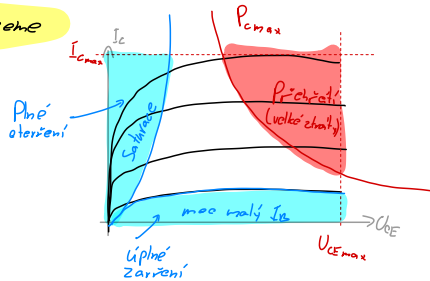
Nastavení prac. bodu v SE bez R_E - statická zatěžovací přírůstka



- Volba U_{CE} dle amplitudy, kterou chceme zesílit, pokud je velká, musíme ho dát doprostřed

- Pokud nemáme velkou amplitudu, dáme P co nejblíže k U_{CE} → jistou tam menší ztráty v klidovém stavu... $P = U_{CE} \cdot I_C$

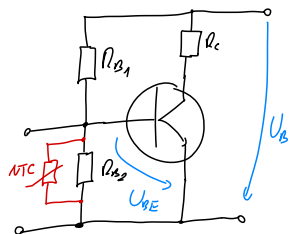
- Ve výraznějších oblastech prac. bod nechceme



Stabilizace prac. bodu

- vlivem tepla se hýbe (otěvříní T)

Teplotní stabilizace - Termistorem

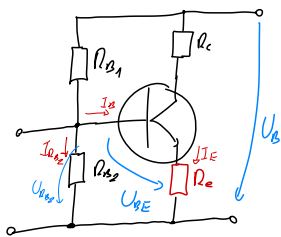


- Problém - Otevříní $T =$ Ohřev

- Ohřev = T se více otevře $\rightarrow$ teče větší proud

- Řešení - Při zvýšení teploty se odpor NTC zmenší
 $\hookrightarrow$ menší $U_{BE} \rightarrow T$ se zpět přivře

Teplotní stabilizace - Odporem R_e

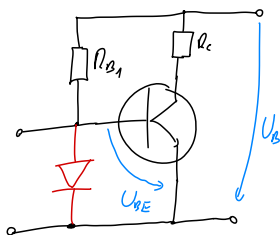


- Problém - Otevříní $T =$ Ohřev

- Ohřev = T se více otevře $\rightarrow$ teče větší proud

- Řešení - Při zvýšení teploty teče větší $I_E \rightarrow$ větší U_{RE}
 $\hookrightarrow$ Větší $R_e \rightarrow$ větší U_{RE}
 $\rightarrow$ Větší $U_{BE} \rightarrow$ větší I_{B2}
 $\rightarrow$ menší $I_B \rightarrow$ přivření T

Teplotní stabilizace - diodou

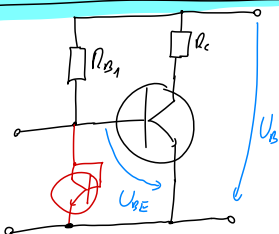


- propustné U_D diody se při zahřátí chová stejně jako T

- dioda při zahřátí má vyšší vodivost

$\rightarrow$ stabilizace

Teplotní stabilizace - tranzistorem



- druhý T zapojen jako dioda

- ještě bližší teplotní char. $\rightarrow$ lepší

Tridy zesilovačů

- dělení zesilovačů dle nastavení prac. bodu tranzistoru

Trída A

- zesílí celou periodu signálu

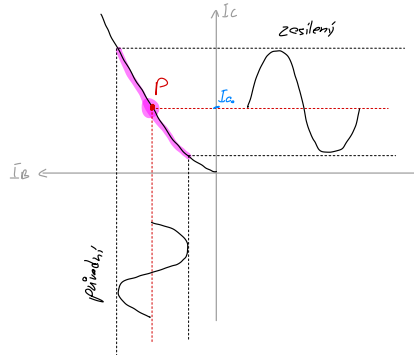
- pracovní bod leží uprostřed převodní char.

⊕ velmi nízké zkreslení, vysoká kvalita signálu

⊖ velký klidový proud I_{C0} (tedy tím pořádkem, i bez vstupu) → velké ztráty

- Použití - kvalitní zesilovače

- tam, kde není vysoký výkon a nevadí nám ztráty



Trída B

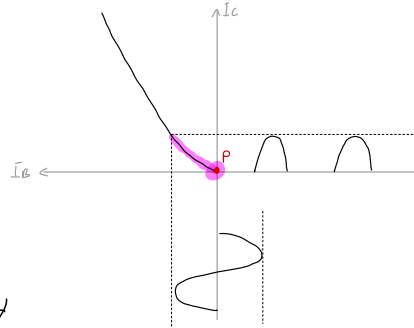
- zesílí jen 1/2 periody

- pracovní bod leží v počátku převodní char.

⊕ téměř nulový klidový proud I_{C0} → nízké ztráty

⊖ Zesílí jen 1/2 periody, pro zeslení celé T je potřeba spojit 2 opačné, ale vzniká zde velké přechodové zkreslení

- Použití - vysoké výkony, kde nám jde hlavně o účinnost a ne o kvalitu



Trída AB

- něco mezi A a B

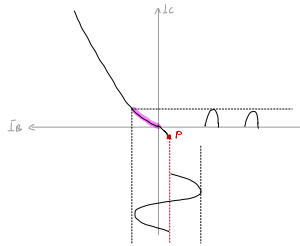
Trída C

- prac. bod leží za bodem zániku

- umí zesílit méně než 1/2 T

⊕ vysoká účinnost (vyšší než u B)

⊖ velké zkreslení (vyšší než u B)



Trída D

- pracuje v pulsním režimu (PWM)

- velmi rychlé přepínání 0 a U_{max} → repro reaguje na stádu

- účinnost přes 90%

Vlastnosti výstupních tranzistorových zesilovačů

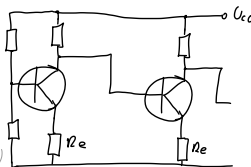
- Stejnoklasné vazby

- SS složka se přenáší
- prac. bod závisí na předchozím stupni
- citlivé na rozptyl a teplotu

a) První vazba

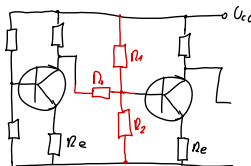
- žádné impedanční přizpůsobení
- žádné oddělení SS složky
- prac. bod závisí na předchozím, uposoudí se

(přes se volným řešením se A_V)



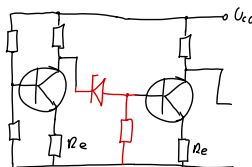
b) Odporová vazba

- mezi stupni je odporová dělička
- ⊕ snižuje SS složku z I. stupně
- ⊙ impedanční přizpůsobení v rozsahu R_D
- ⊙ Snižuje zesílení



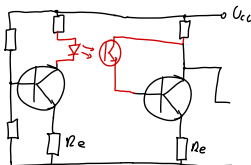
c) Vazba se ZD

- ⊕ Stabilizuje SS napětí → odstraní SS složku
- ⊕ Nesnižuje zesílení (má malý dynamický odpor, pro AC je téměř zkrat)
- ⊙ Žádné impedanční přizpůsobení
- ⊙ Generuje šum (v praxi nahrazováno dvojicí diod)



d) Optoelektrická ss vazba

- ⊕ Galvanické oddělení
- ⊙ Velké ztráty

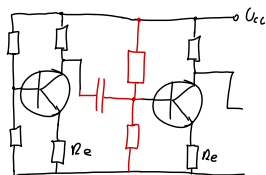


- Stránkové vazby

- přenáší jen AC
- každý stupeň má vlastní P(DC se nepřenáší)

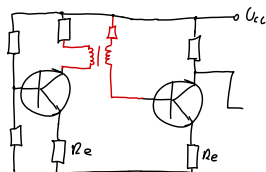
a) RC vazba

- ⊙ bez impedančního přizpůsobení
- ⊕ jednoduchá



b) Transformátorová vazba

- ⊕ Galvanické oddělení
- ⊙ Velká

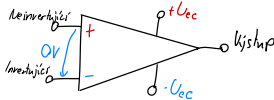
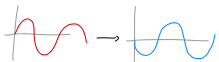


Operační zesilovače

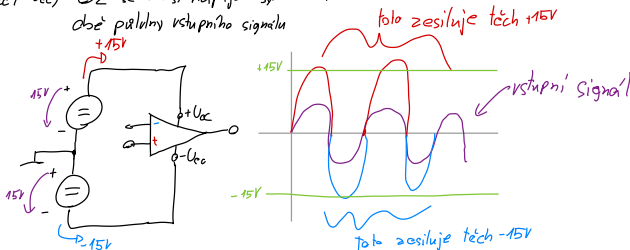
- Jedna z nejpoužívanějších integrovaných součástek
- velmi složitá struktura
- Použití: Dřívě pro realizaci $+/-/x$
Dnes jako kvalitní filtry, průvody, ...

Vstupy a výstupy:

- Neinvertující - signál se jen zesílí
- Invertující - signál se otočí o $\varphi = 180^\circ$



Symetrické napájení (U_{cc+} , U_{cc-}) - OZ se musí napájet symetricky, aby se zesilovaly obě půlnohy vstupního signálu



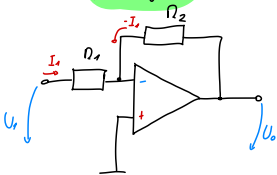
Vlastnosti ideálního OZ

	Ideální OZ	Reálný OZ
Vstupní odpor	$R_{in} = \infty \Omega$	$R_{in} = 1M\Omega$
Výstupní odpor	$R_{out} = 0 \Omega$	$R_{out} = 100\Omega$
Zesílení	$A_U = \infty$	$A_U = 10^5$
Offset	$\varphi = 0^\circ/180^\circ$	
Šířka B3	$B3 = \infty Hz$	$10Hz - 100kHz$

$U_{out} = A \cdot (U_+ - U_-)$
zisk a otevírací směr (bez Z)

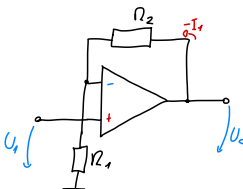
Zapojení s OZ

Invertující



$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{U_1}{R_1} \\ I_2 &= -\frac{U_0}{R_2} \end{aligned} \right\} U_0 = -U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

Neinvertující



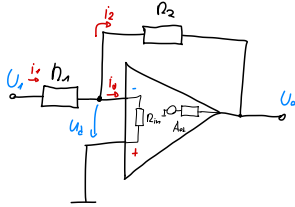
$$\left. \begin{aligned} U_1 &= R_1 I_1 \\ U_0 &= (R_1 + R_2) I_1 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} U_0 &= \frac{R_1 + R_2}{R_1} U_1 \\ U_0 &= U_1 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \end{aligned}$$

Chyby reálných operačních sítí a jejich korekce

- dle charakteru chyby - 1) **Multiplicativní** - mění zesílení (násobí správný výsledek)
 - lze je jen zmenšit
- 2) **Aditivní** - posouvají výstup o konst. (přičítají se)
 - lze je odstranit

1) Vliv R_{in} a konečného zesílení A_{ol}

- nelze zcela odstranit



Ideální: $U_0 = -\frac{R_2}{R_1} U_1$

$R_{in} \rightarrow \infty$

$A_{ol} \rightarrow \infty$

Realist:
$$\begin{cases} i_1 = \frac{U_1 - U_d}{R_1} \\ i_2 = \frac{U_d - U_0}{R_2} \\ i_0 = \frac{U_d}{R_{in}} \end{cases} \Rightarrow U_0 = -A_{ol} \cdot U_d = -A_{ol} \cdot R_{in} (i_1 - i_2)$$

$$U_0 = -U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{A_{ol}} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 + \frac{R_2}{R_{in}} \right)}$$

Odvození

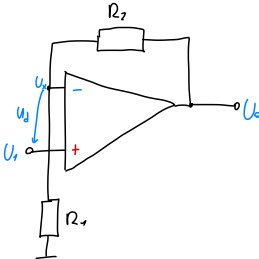
$$\begin{aligned} i_1 &= i_2 + i_0 \\ \frac{U_1 - U_d}{R_1} &= \frac{U_d - U_0}{R_2} + \frac{U_d}{R_{in}} \\ \frac{U_1 - U_d}{R_1} &= \frac{U_d}{R_2} \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 + \frac{R_2}{R_{in}} \right) \\ U_1 &= U_d \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 + \frac{R_2}{R_{in}} + \frac{1}{A_{ol}} \right) \\ U_d &= \frac{U_1}{\frac{R_2}{R_1} + 1 + \frac{R_2}{R_{in}} + \frac{1}{A_{ol}}} \quad (U_d = A_{ol} U_0) \\ U_0 &= -A_{ol} \cdot U_d \cdot \frac{1}{\frac{R_2}{R_1} + 1 + \frac{R_2}{R_{in}} + \frac{1}{A_{ol}}} \\ U_0 &= -A_{ol} \cdot U_1 \cdot \frac{1}{\frac{R_2}{R_1} + 1 + \frac{R_2}{R_{in}} + \frac{1}{A_{ol}}} \\ U_0 &= -A_{ol} \cdot U_1 \cdot \frac{1}{\frac{R_2}{R_1} + 1 + \frac{R_2}{R_{in}} + \frac{1}{A_{ol}}} \cdot \frac{1}{\frac{R_2}{R_1} + 1 + \frac{R_2}{R_{in}} + \frac{1}{A_{ol}}} \end{aligned}$$

2) Vliv nedostatečného potlačení souhlasného signálu CMR

- reálný OZ má i dva zesílení - 1) **diferenční**: $A_{ol} \cdot (U_+ - U_-)$

2) **Souhlasný (parazitní)**: $A_S \cdot U_{CM}$ $\frac{U_+ + U_-}{2}$

- $CMR R = \frac{A_{ol}}{A_S}$



$U_+ = U_1$

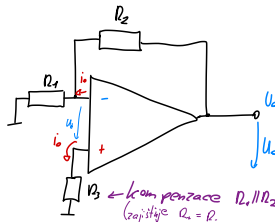
$U_- = U_0 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_0$

$U_0 = A_{ol} (U_+ - U_-) + A_S \cdot \frac{U_+ + U_-}{2}$ $\frac{A_{ol}}{CMR R}$

$$U_0 = U_1 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot \frac{1 + CMR R}{1 + \frac{1}{A_{ol}} + \frac{1}{A_S} \cdot \frac{R_2}{R_1} + 1}$$

3) Vliv vstupních klidových proudů

- do obou vstupů tečou malé i_0



$i_{01} = \frac{U_d}{R_1}$

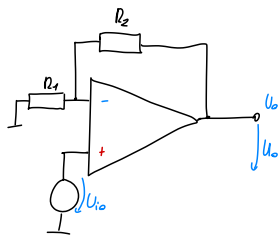
$i_{02} = \frac{U_d - U_0}{R_2}$

$i_0 = i_{01} + i_{02} \rightarrow i_0 = \frac{U_d}{R_1} + \frac{U_d - U_0}{R_2}$

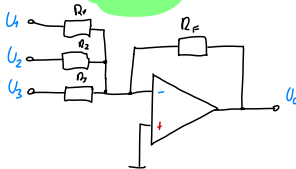
$U_d = \frac{i_0}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{A_{ol}}{R_2}} \rightarrow U_0 = -A_{ol} \cdot U_d = \dots$

4) Vliv vstupní napěťové nesymetrie

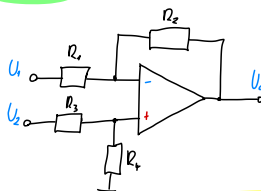
- i když připojím $U_s = U_-$, tat se OZ chová, jako když, tam bylo malé U_{io}
- lze korigovat připojením opacného napětí (vynulovat bo) - .. připojím trimr ke kompenzačním svorkám 



$$U_o = -U_s \cdot \frac{R_2}{R_1} + U_{io} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Sumační

$$U_o = -R_F \cdot \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} \right)$$

Diferenční

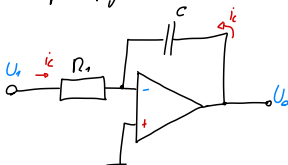
$$U_o = U_{o2} - U_{o1} = U_2 \cdot \frac{R_F}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

$$\left. \begin{array}{l} R_1 = R_3 \\ R_4 = R_2 \end{array} \right\} U_o = \frac{R_2}{R_1} \cdot (U_2 - U_1)$$

Invertující Integrátor

- výstup je integrál vstupu

- po odpojení vstupu C nabíjí → analogová paměť

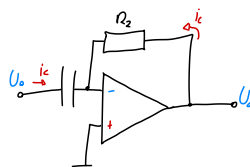


$$\left. \begin{array}{l} i_C = \frac{U_1}{R_1} \\ U_C = \frac{1}{C} \cdot \int_0^t i_C(t) dt + U_C(0) \end{array} \right\} U_o(t) = -\frac{1}{R_1 C} \cdot \int_0^t U_1(t) dt + U_o(0)$$

$$U_C = -U_o$$

Derivační oz

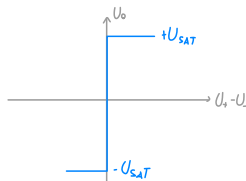
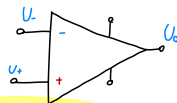
- výstup je derivace vstupu



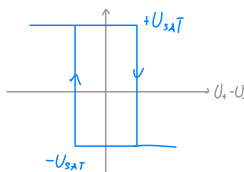
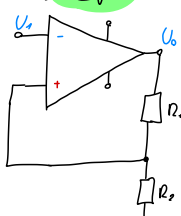
$$U_o(t) = -R_2 \cdot i_C(t) = -R_2 \cdot C \cdot \frac{dU_1}{dt}$$

Komparátor

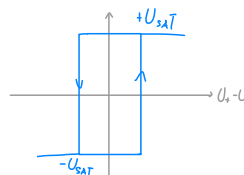
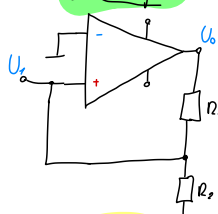
- porovnává U_1 a U_2



- hystereze - pašmo neaktivnosti

Invertující

$$U_1 = \pm U_{SAT} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Neinvertující

$$U_1 = \pm U_{SAT} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

5.	Kombinační logické obvody	Vlastnosti logických členů CMOS. Třístavové logické obvody. Kombinační logické obvody – základní logické funkce, tvorba logické funkce, minimalizace logické funkce.
----	---------------------------	--

Technologie CMOS

- Využití komplementární dvojice tranzistorů NMOS a PMOS

- Invertor - log. 1 - NMOS vede

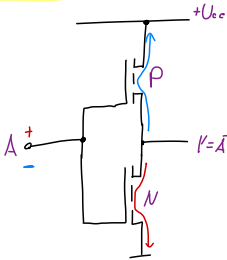
- PMOS nevede

→ výstup je připojen k zemi... log. 0

- log. 0 - NMOS je vypnutý

- PMOS vede

→ výstup je připojen na +U_{cc}... log. 1



- Odběr

- V ustáleném stavu je vždy jeden T vypnutý → proud skoro nulový

- Odběr jen při přepnutí (oba jsou na chvíli otevřeny)

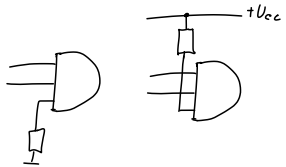
- Při přepnutí se nabíjí a vybíjí C_{paraz.}... $P = f \cdot C_{paraz} \cdot U_{cc}^2$ chceme co nejmenší napětí

- Neryazité vstupy - Nesmí být nezapojené - Vysoký R_{vt}... vstup se může pohybovat mezi 0 a 1 (Řešení)

- Vyšší napětí → vyšší odběr

- Řešení - Zapojení přes R do země nebo na +U_{cc}

- Použití interních pull-up / pull-down



- Vytváření hysterze - Pokud se U_{vt} mění příliš pomalu, může Invertor přecházet přes rozhodovací úroveň příliš dlouho → kmity a nestabilita

- Řešení - Zavedení kladné zpětné vazby... hysterze (přesma necitlivosti) = Schmittův KO

- Vliv zátěže - a) Kapacitní - Zvětšuje dobu přechodu → zpoždění

- Větší C → T musí dodat větší proud aby je nabíli → zpoždění

b) Rezistivní - může posunout napětové úrovně (signál pak nesplňuje H a L) → musíme dodržovat limity I_{vst}

- Zpoždění - má dvě části: $t_{celk} = t_{p,medal} + t_{n,spojis}$

a) Zpoždění v součástkách - vzniká na kapacitě vstupních a výstupních uzlů

- napájecí napětí

- teplota

- typicky 1-10ns

b) Zpoždění ve spojích - každý vodič má L a C_{paraz.}

→ odraz signálu

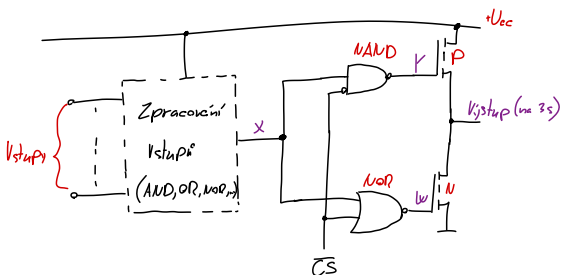
Tristatové členy

- umí ovládat výstup tak, aby se na něj dala připojit více vstupů a nepral se spolu

- Princip - stav - log. 0

- log. 1

- Hl. Z - vysoká impedance (odpojena)



1) X se zpracovává (standardní log. obvody)

2) $CS = 1 \rightarrow Y = (\overline{X \cdot 0}) = 1$
 $\rightarrow W = (\overline{X + 1}) = 0$ } Princip normalního hradla

3) $CS = 0 \rightarrow Y = (\overline{X \cdot 1}) = \overline{X}$
 $\rightarrow W = (\overline{X + 0}) = \overline{X}$ } Obě T dostanou stejné signály, oba se vypnou

- Použití - buďče sběrnic (smí vysílat jen jedno zařízení)

Kombinační obvody

- Výstupy závisí jen na kombinaci vstupů

- (Př.) AND, OR, NOT, ...

Boolean algebra

Id. 1 a 0:

$0+0=0$
 $1+0=1$
 $1+1=1$
 $0 \cdot 0=0$
 $0 \cdot 1=0$
 $1 \cdot 0=0$
 $1 \cdot 1=1$

Komutativní zákon: $a+b=b+a$
 $a \cdot b=b \cdot a$

Asociativní zákon: $a+(b+c)=(a+b)+c$

Distributivní zákon: $a \cdot (b+c) = a \cdot b + a \cdot c$
 $a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$

Princip dualit:

Id. rovnice:

$0=1, 1=0$
 $a \cdot \overline{a}=1$
 $a \cdot a=0$
 $\overline{\overline{a}}=a$

Idempotenti: $a+a=a$
 $a \cdot (a \cdot b)=a$

Spojovací: $a \cdot \overline{a} + a \cdot b = a$
 $(a+b) \cdot (a+b) = a+b$

Zjednodušení: $a \cdot (\overline{a}+b) = a \cdot b$
 $a+b = a+b$

Konsepce: $a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c = a \cdot b + a \cdot c$
 $(a+b) \cdot (a+c) \cdot (b+c) = (a+b) \cdot (a+c)$

DeMorgan: 1) $\overline{a \cdot b} = \overline{a} + \overline{b}$
2) $\overline{a+b} = \overline{a} \cdot \overline{b}$

→ zjednodušení pomocí zjednodušené typové struktury na druhé

- Součtová forma funkce - součet všech mintermů

- Minterm = kombinace vstupů, kde je výstup log. 1

$$f = \overline{A} \overline{B} C + A \overline{B} C + \overline{A} B C$$

- Součinná forma funkce - součin všech maxtermů

- maxterm = kombinace vstupů, kde je výstup log. 0

$$f = (A+B+\overline{C}) \cdot (\overline{A}+B+C) \cdot (\overline{A}+\overline{B}+C)$$

- Minimalizace - Ppř. tabulka - vypíšu mintermy, kde je $f=1$ a sečtu je

- zjednoduším booleanu algebrou

- Karnaughova mapa

- Quine-McCluskey

- Espresso

pro PC

	B		C	
A	0	1	0	1
0	0	0	0	1
1	1	0	0	1

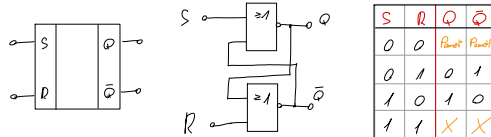
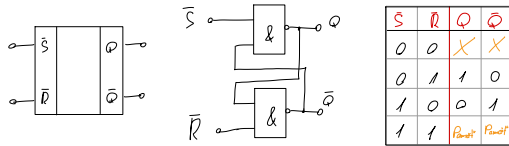
$$Y = \overline{A} \cdot \overline{C} + \overline{B} \cdot \overline{C}$$

3	Sekvenční logické obvody	Klopné obvody R-S, D, J-K. Registr – paralelní, posuvný, časové diagramy. Asynchronní binární čítač, zkrácení cyklu (MOD), časové diagramy.
---	--------------------------	---

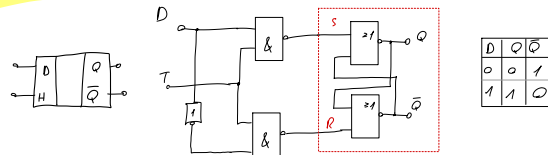
Sekvenční KO

- mají paměť → výstup závisí na předchozím stavu

- RS klopný obvod:



- D klopný obvod: drží vstup na výstupu do přechodu hodin



- Řízení úrovní - KO kopíruje po celou dobu CLK=1 vstup na výstup

- Řízení hranou - KO reaguje jen při hraně CLK

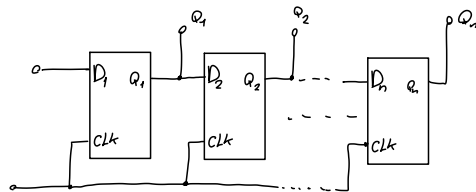
- JK klopný obvod - vylepšení RST → nemá zakázaný stav



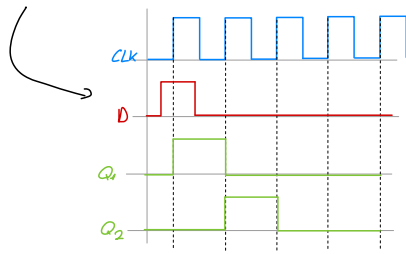
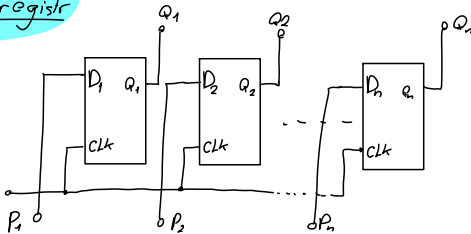
Posuvný registr

- propojení D-KO do kaskády

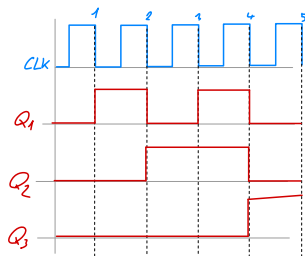
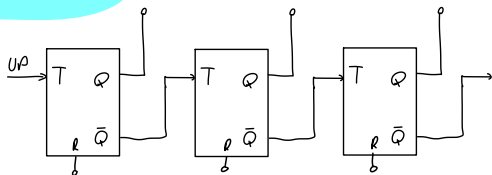
- každý takto CLK způsobí posun bitu dál doprava



Paralelní registr



Asynchronní čítač



Puls	Q_1	Q_2	Q_3
0	0	0	0
1	1	0	0
2	0	1	0
3	1	1	0
4	0	0	1
5	1	0	1

- Zkrácení cyklu MOD - udělán logika, ať to při určitém pulsu hodí 1 na R(reset)

7.	Popis signálů a obvodů ve sdělovacích systémech	Absolutní a relativní úroveň signálů, jednotka dB. Přenos obvodů, útlum a zisk. Fourierova transformace, vztah mezi časovou a frekvenční oblastí. Spektra sdělovacích signálů (obdélník, harm. sig., Diracův impuls).
----	---	---

Absolutní a relativní úroveň signálu

- Absolutní: vztahováno k pevnému ref. výkonu ($P_{ref} = 1mW$)

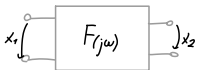
$$- L_P = 10 \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right) [dBm] \quad \dots \quad \begin{array}{l} 1mW \rightarrow 0dBm \\ 10mW \rightarrow 10dBm \\ 100mW \rightarrow 20dBm \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} L_U = 20 \log \left(\frac{U}{U_{ref}} \right) \\ L_I = 20 \log \left(\frac{I}{I_{ref}} \right) \end{array} \right\}$$

- Relativní: porovnává 2 hodnoty mezi sebou

$$- L_P = 10 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right), L_U = 20 \log \left(\frac{U_2}{U_1} \right), L_I = 20 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

Přenos, útlum, zisk



- přenos: $F(jw) = \frac{x_2(jw)}{x_1(jw)} = |F(jw)| e^{j\varphi(w)}$

- zesílení/útlum: $F = \frac{x_2}{x_1} [-]$

- fáze: $\varphi = \arctg \left(\frac{\text{Im}\{F(jw)\}}{\text{Re}\{F(jw)\}} \right)$

- zisk: $A_{dB} = 20 \log \left(\frac{x_2}{x_1} \right) [dB]$

Fourierova transformace

- převod signálu z časové do frek. oblasti

- jaké frek. signál obsahuje

$$S(jw) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot e^{-jw t} dt$$

- FFT (fast fourier) - Rychlý algoritmus pro výpočet diskrétní FT

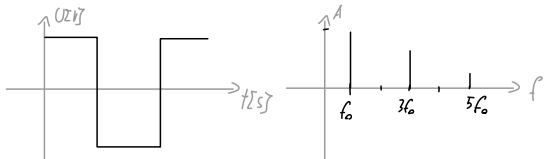
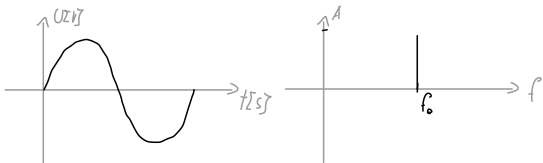
- počet operací se snižuje z N^2 na $N \cdot \log N$

Spektra sdělovacích signálů

- Sinus: $U(t) = U_m \cdot \sin(2\pi f_0 \cdot t)$

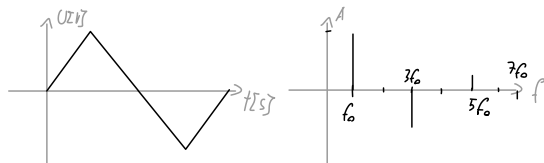
- Obdélník: $U(t) = \sin(2\pi f_0 \cdot t) \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin(2\pi 3f_0 \cdot t) \cdot \frac{1}{5} \cdot \sin(2\pi 5f_0 \cdot t) + \dots$

- základní + liché harmonické (klesají $\frac{1}{n}$)



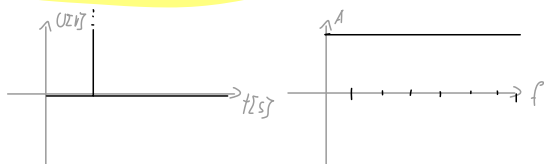
- Trojúhelník: $u(t) = U(t) = \sin(2\pi f_0 \cdot t) - \frac{1}{3^2} \cdot \sin(2\pi \cdot 3 f_0 \cdot t) + \frac{1}{5^2} \cdot \sin(2\pi \cdot 5 \cdot f_0 \cdot t) - \dots$

- pouze liché harmonické (klesají $\frac{1}{n^2}$)



- Diracův impuls

- ideální nekonečně úzký puls



8.	Digitalizace analogových signálů	Vzorkování, minimální vzorkovací kmitočet, aliasing. Kvantování, kvantizační šum, dynamický rozsah A/D a D/A konverze. Spektrum digitalizovaných signálů.
----	----------------------------------	---

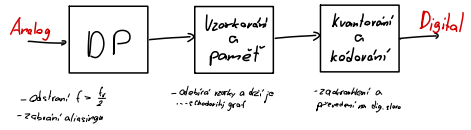
Digitalizace

- Význam - Odolat ruči šumu a rušení
- snadné ukládání, přenos bez ztrát

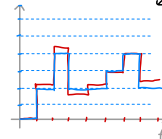
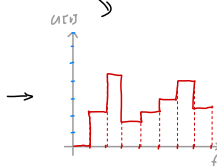
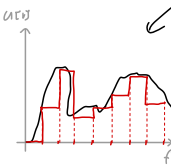
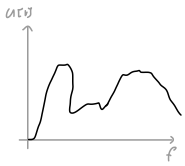
1) **Vzorkování** - odebíráme vzorky v určitých intervalech

2) **Kvantování** - zaokrouhluje amplitudu na nejbližší hladinu
↳ chyba kvantizace

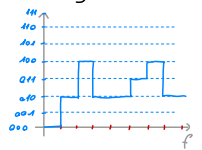
3) **Kodování** - každé kvantizační úrovní se přiřadí binární slovo



Analog signál



Kvantování a kodování



Shannon-Nyquistův teorém

- aby bylo možné signál rekonstruovat: $f_s \geq 2f_{\max}$

→ **Aliasing** - nastane při nesplnění

- překrývání spekter vzorkovaného signálu → ztráta informace (rušivé frekv. vypadají stejně)

- použití filtru (odfiltruje vše nad $\frac{f_s}{2}$)

Kvantizační chyba

- chyba zaokrouhlení... $\max \pm \frac{Q}{2}$

→ vznik kvantizačního šumu

- **SNR převodníku** - poměr signál / šum (jak je signál dobrý oproti šumu)

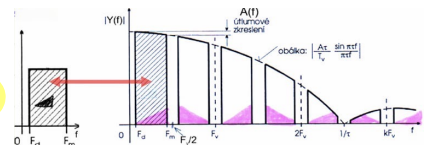
$$- SNR = 6,026 + 1,76 \text{ [dB]}$$

- **Dynamický rozsah** - poměr největšího zpracovatelného signálu ku nejmenšímu rozlišitelnému signálu

$$- DR = 6,026 + 1,76 \text{ [dB]}$$

Spektrum digitalizovaných signálů

- po vzorkování se frekv. spektrum signálu zkopíruje kolem každého násobku f_s
- při aliasingu se tyto kopie překrývají



9.	Úvod do teorie přenosu dat	Modulační rychlost a přenosová rychlost, význam, jednotky. Princip analogových a digitálních modulací. Výpočet a význam teoretické kapacity sdělovacího kanálu. Metody sdílení sdělovacího kanálu TDM, FDM.
----	----------------------------	---

Modulační rychlost

- počet symbolů přenesených za 1s

$$V_s = \frac{1}{T_s} [B/s]$$

1 symbol

Přenosová rychlost

- počet přenesených bitů za 1s

$$V_p = k_m \cdot \log_2(S) [bit/s]$$

počet složek může symbol
modulů

$$\left(\begin{array}{l} QPSK \dots 4 \text{ stavů} : k_m = V_s \cdot \log_2(4) \\ 16-QAM \dots 16 \text{ stavů} : k_m = V_s \cdot \log_2(16) \end{array} \right)$$

1 symbol má 4 bity

Modulace

- nanesení signálu na nosnou pro lepší přenos na jiné frekv.

AM Modulace

- mění se amplituda nosné vlny v závislosti na hodnotě přenášeného signálu

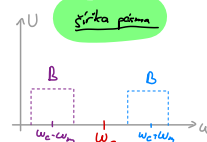
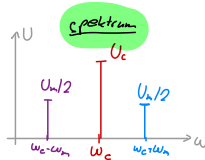
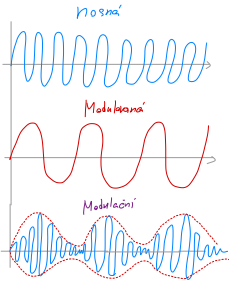
- frekvence je konstant

- Hloubka modulace - jak moc se mění amplituda nosné vlny (o kolik %)

- Postranní pásma - nové frekv. kmitočty modulací

- nesou informaci
horní (USB): $f_c + f_m$
dolní (LSB): $f_c - f_m$

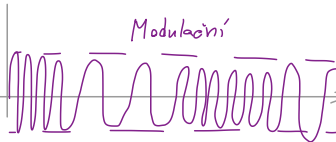
- Signál může mít 1 (SSB) nebo 2 (DSB) - jedno stáčí (dráha je jen kopie)



FM modulace

- mění se frekv. nosné

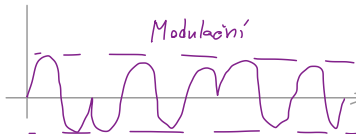
- vyběhne o řadu postranních pásem kolem nosné



PM modulace

- mění se φ nosné

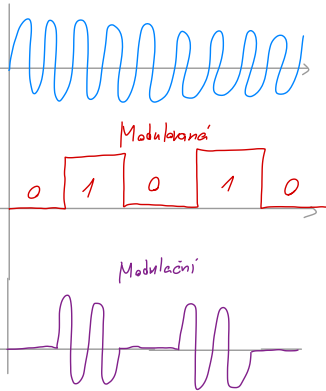
- spektrum obdobné jako u FM



ASK - amplituda

- bitová hodnota řídí amplitudu nosné vlny
- velmi náchylné na rušení

nosná

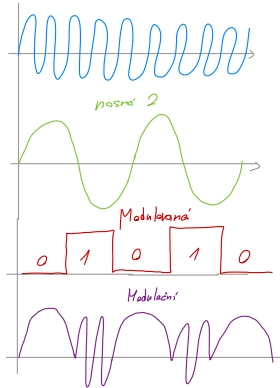


FSK - frekvence

- dle hodnoty bitu má nosná vlna různou frekv.
- odolná vůči rušení
- Použití: BTH, RFID

nosná 1

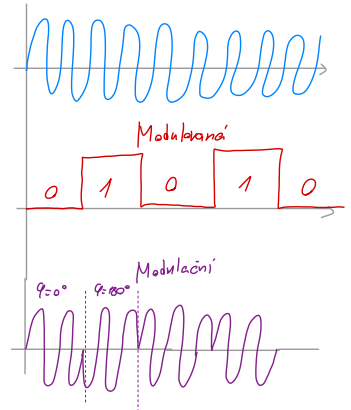
nosná 2



PSK - fáze

- dle hodnoty bitu má signál různou φ $\begin{cases} 0 \dots \varphi = 0^\circ \\ 1 \dots \varphi = 180^\circ \end{cases}$
- Použití: Wi-Fi

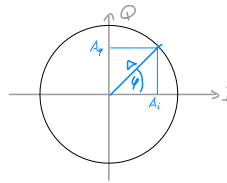
nosná



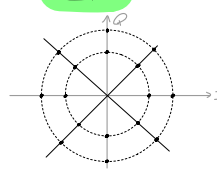
QAM - kvadraturní

- kombinace FSK, PSK
- Vzdálenost od počátku = Amplituda
- zobrazuje se v IQ (kvadraturním) diagramu
- každý bod = jeden symbol

Pr.: 16-QAM - 4 bity na symbol
64-QAM - 6 - 11 -



16-QAM



Kapacita sdělovacího kanálu (Shannonova)

- Jaka je max dosažitelná přenosová rychlost bezchybného přenosu

- teoretická hranice, kterou nelze překročit

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

širka pásma (B) *signál* (S) *šum* (N)

Sdílení sdělovacích kanálů

- více uživatelů chce vysílat naráz → multiplex (rozdělení jednoho kanálu mezi více zdrojů)

TDM - time division multiplex

- kanál se dělí v čase

- každý uživatel má svůj časový slot

- v jednom okamžiku vysílá jen jeden

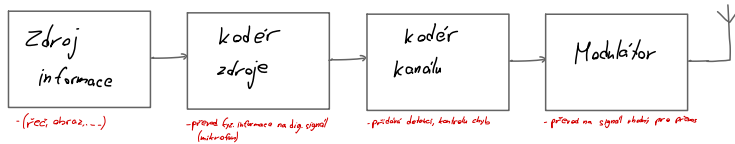
FDIM - frequency division multiplex

- kanál se dělí ve frekvenci

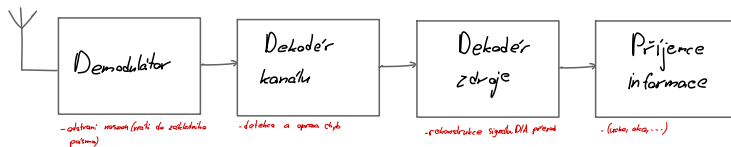
- každý uživatel má svou frekv. pásmo

- všichni vysílají naráz

10.	Obecné schéma sdělovacího systému	Blokové uspořádání modelu sdělovacího systému. Význam a účel modulace ve sdělovacím systému. Příklad bezdrátového a optického sdělovacího systému.
-----	-----------------------------------	--



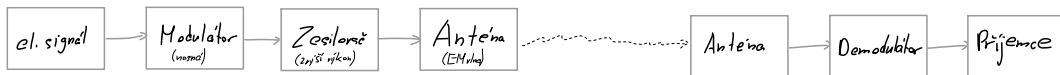
Přenosové prostředí



Kodér zdroje - odstranění redundance (nadbytečné info)
 → zmenší objem dat = komprese (MP3, JPEG, PNG, ...)

Kodér kanálu - přidá řízenou redundanci = odolnost vůči rušení
 - detekce a oprava chyb (parita, CRC, ...)

Bezdrátový

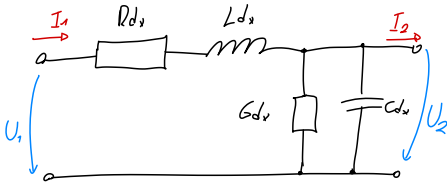


Optický



11.	Přenosové cesty a jejich vlastnosti	Model a základní parametry metalického vedení. Typy a vlastnosti optického vedení, vlnový multiplex WDM. Šíření elektromagnetických vln a ztráty volného prostředí.
-----	-------------------------------------	---

Model a základní parametry metalického vedení



- **Kraucená dráha** - dva kraucené vodiče
 - telefonní síť, ethernet
 - levná; odolná proti rušení
- **Koaxiální kabel** - střední vodič + dielektrikum + stínění
 - TV, rozvody, měření

Parametry

R, G, C, L

- **Přenosová konstanta**: $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L) \cdot (G + j\omega C)}$

$\gamma = \alpha + j\beta$

Průměr signálu na jednotku délky (pro α)
Útlum signálu signálu na jednotku délky (pro β)

- **Vlnová impedance** - když připojím na vedení, tak je přizpůsobeno

$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$; $Z_0 = \sqrt{Z_P \cdot Z_K}$

napětí (pro Z_P) ; *průtok* (pro Z_K)

- **Koeficient odrazu**: $K_u = \frac{U_o}{U_p} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$

odraz (pro U_o) ; *průtok* (pro U_p)

→ při $K_u = 0$ je $Z_L = Z_0$

při $K_u = 1$ (je +1 a odraz se +1) je vedení rozpuženo

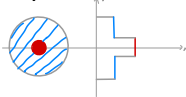
při $K_u = -1$ (je +1 a odraz se -1) je vedení zkratované

Typy a vlastnosti optického vedení

- **Výhody** - vysoká přenosová kapacita
 - nízký útlum
 - odolnost vůči EM rušení
- **Nevýhody** - spojovací (útlum)
 - drahé

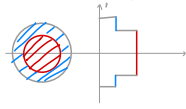
1) Step index, jednovrstevný

- nejvyšší n_p



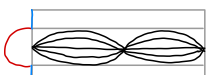
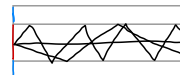
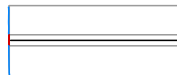
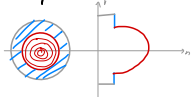
2) Step index, mnohovrstevný

- silná vlnová disperze



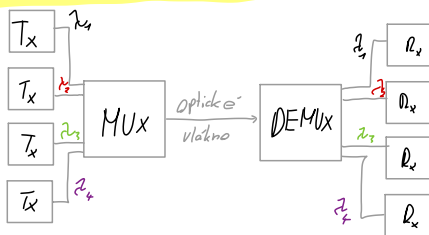
3) Gradientní index

- pomalé



Vlnový multiplex (WDM)

- Jedním optickým kanálem pošlu více signálů současně pomocí různých vlnových délek



Šíření EM vln a ztráty vlnového prostoru

EM vlna



- Poyntingův vektor - směr toku energie EM vlny

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$$

- Rychlost šíření: $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- Index lomu - v prostředí je vlna pomalejší

$$n = \frac{v}{c}$$

← rychlost v prostředí

- Polarizace - směr el složky E (vertikální/horizontální)

- přijímač i vysílač musí mít stejnou, jinak ztráty

12.	Mikroprocesory	Adresování vnějších obvodů, architektura Von Neumann a Harvard. Řadič sběrnice, přepínače sběrnice, obvody DMA, externí sběrnice. Zdroje přerušení – vnitřní a vnější, maskovatelné a nemaskovatelné. Přerušení. Vektory. Priority. Činnost procesoru během přerušení.
-----	----------------	--

Sběrnice – propoují část mikropočítače

- Adresová – k určení adresy paměti/zariadení

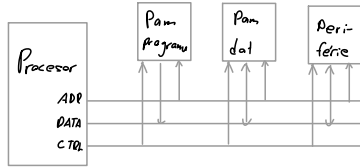
- jednosměrná, z CPU
- šířka: 2^n = počet bitů

- Datová – nese samotná data

- obousměrná

- Řídicí – nese řídicí signály

- např.: RD, WR, CS, RESET, ...

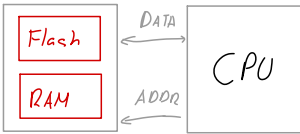


Architektura Von Neumann

- program i data na stejné paměti

- jednoduchá, lehčí

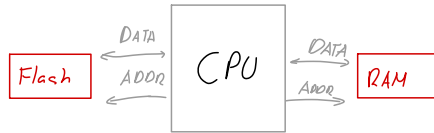
- CPU nemůže současně číst instrukci a pracovat s daty



Architektura Harvard

- program i data odděleny

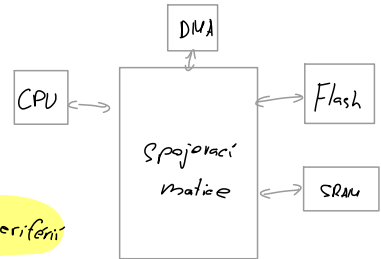
- současný přístup k datům i programu



Řadič sběrnice

- řídí přístupy na sběrnici (kdo co dělá)

- díky propojovací matici můžeme více prostorů současně



Kanal DMA

- HW obvod umožňující přímý přenos dat mezi pamětí a periferií

- bez přímé účasti CPU, jen to nastane

- DQR – požadavek o DMA

Externí sběrnice – umožňují připojení ext. pamětí, LCD, ...

Přerušení – reakce na async. událost

- Princip: 1) Vznik požadavku IRQ (např. od periferie)

2) Zachycení požadavku – uloží se do IRQ

3) Maskování INT – některá přerušení lze povolit/zakázat

4) Vhodnocení priority – Řadič vybere nejdůležitější

5) Reakce CPU – dodá instrukci, uloží stav, skočí do ISR (obsluhování podprogram)

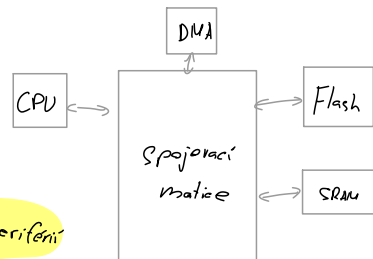
- Tabulka vektorů přerušení – obsahuje adresy ISR dle čísel INT

13.	Mikrokontroléry	Řadič sběrnice, přepínače sběrnice, obvody DMA, externí sběrnice. Paměť ROM a RAM – vlastnosti, využití. Sběrnice pro periférie, distribuce zdroje hodin. Reset mikrokontroléru – průběh, využití.
-----	-----------------	--

Mikrokontrolér = řše v 1 IC

Řadič sběrnice

- řídí přístupy na sběrnici (kdo co dělá)
- díky propojovací matici můžeme více prostorů současně



Kanal DMA

- HW obvod umožňující přímý přenos dat mezi pamětí a periferií
- bez přímé účasti CPU, jen to nastaní
- DQR - požadavek o DMA

Externí sběrnice

- umožňují připojení ext. pamětí, LCD, ...

Paměť ROM (read only)

- dnes téměř vždy Flash
- obsahuje: Program, konstanty, tabulky
- Flash - velká kapacita
- pomalejší než SRAM → Cache

Paměť RAM

- obsahuje: proměnné, zásobník
- po vypnutí se smaže
- SRAM - buňka tvořená D-KO
- rychlá, nepotřebuje obnovu
- větší, drahá
- použití v Mikrokontrolérech
- DRAM - buňka z C + Transistor
- nutný refresh
- použití v PC

Distribuce zdroje hodin

- Synchronizace vykonávání instrukcí, komunikace, periférií
- Oscilátory - Hlavní - krystalový
- Úsporný - obvod reálného času (32,768kHz)
- Nezávislý - RC
- po resetu pro rozbeh programu
- PLL (phase locked loop) - pro násobení frekv.
- zvyšuje výkon CPU
- Režim sníženého příkonu - Idle mode - CPU se vypne
- periférie běží
- Sleep mode - většina obvodů vypnuta
- Deep sleep - probuzení jen resetem / přerazením

Štebnice pro periferie

- dříve se po připojení periferie (síťovka, zvukovka) muselo vše ručně nastavit (IRQ, adresy, porty, DMA, ...)
- dnes Plug-and-play... automaticky
- Periferie (I2C, SPI, ADC, ...) jsou připojeny přes interní sběrnice
CPU je ovladač zapísen do jejich registrů

Reset mikrokontroléru

- Zdroje
 ↑
 přepětí
 reset PIN
 Watchdog
- Průběh zapnutí - 1) PC nastaví počáteční adresu programu
- 2) $\overline{IE} = 0$ (Interrupt enable = 0...zakaz)
- 3) Zčíslovník se nastaví na začátek
- 4) Diagnostika
- 5) Inicializace různých registrů (včetně star periferií)

14.	Periferní bloky v mikrokontrolérech	Čítače a časovače, blok CAPCOM. Periferní obvody mikropočítačů – paralelní a sériové vstupy/výstupy. Analogové vstupy a výstupy, výstupy PWM. Komunikační sběrnice – SPI, I2C, UART a další.
-----	-------------------------------------	--

Univerzální čítač/časovač (GPT)

- režim činnosti: se mění změnou vnitřních kabelek/registru
- režimy: Čítač impulsů, Časovač, dlečka f, PWM
- Vlastnosti:
 - autonomní: činnost bez zatížení CPU
 - lze je řadit → větší kapacita
 - spolupráce s interrupty
- CAP/COM - Input capture
 1. Čítač běží
 2. Přijde hrana signálu
 3. Hodnota čítače se uloží
 4. Vznik IRQ

→ CPU vypočte rozdíl dvou zachycených hodnot

- Použití: měření f, T, délky pulsu
- Output Compare

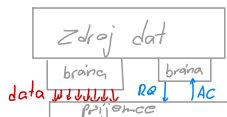
- Parametrizace aktivní hodnoty čítače s nastavenou hodnotou v registru

→ při shodě posle IRQ / změni výstup

Periferní obvody

Paralelní I/O porty

- přenos více bitů současně



Handshake

- data se mohou měnit ve špatný čas (jsem async.)
- řešení je handshake

Princip: 1) Přijemce: „chci data“ → $RQ=1$

2) Zdroj: „posílám“ → $SD=1$, posle data

3) Přijemce přečetl data

4) Přijemce: „mám je“ → $AC=1$

5) Zdroj: Přestane posílat → $SD=0$

Označí data jako hotová → $DV=1$

Signály

Data - samotná data

RQ - request

AC - ACK (mám je)

DV - data valid

SD - send data

- Pull režim - Přijemce řídí tok dat, když je chce

- lepší, bezpečnější (přijemce si řídí tempo)

- Push režim - Zdroj tlačí data

- rychlejší

- Obvod, Paralelní brány - Vstupní (úprava signálu)

- Vstupní (Open S/C, starost...)
 - Multiplexer - přepínání f_{ci}
 - Registry

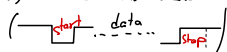
- Serialové I/O porty

- přenos dat po jednotlivých bitech

- Základní část je posunový registr (postupně se do něj zapisují data)

- Synchronizace - 1) Znaková - R i Tx mají vlastní osc.

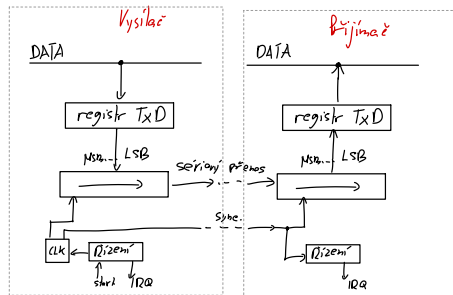
(UART) - Sync. na začátku každého bloku



2) Bitová - R. sleduje změny signálu a upravuje vlastní hodiny dle toho

- PLL (fázový záměr) - parametry přijatý signál s vlastním osc.

3) Přímá - přes CLK vodič
(I2C, SPI)

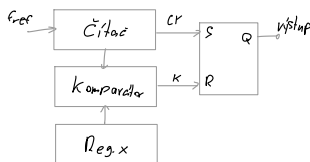


- Vystup PWM

- Generator PWM - Čítač běží pořád 0-max

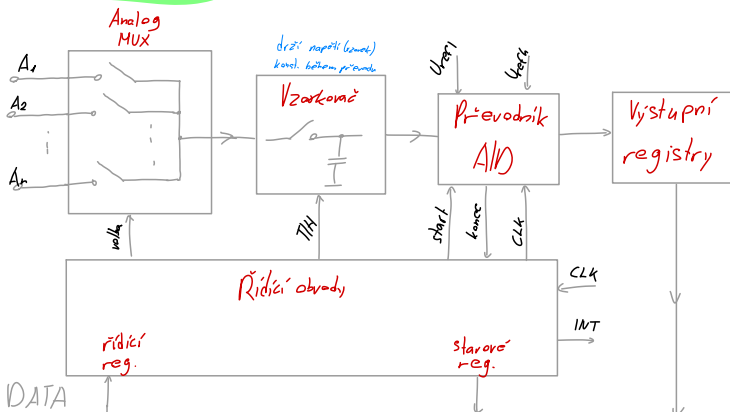
- Komparátor porovnává čítač s registrem

- Při shodě změna výstup



- Analogové I/O porty

- Řetězec A/D převodníků



- Analogové výstupy

→ D/A převodník... R-2R síť

- 1) CPU zapisuje digitální hodnotu
- 2) Hodnota se ukládá do registru (aby nebyly vidět mezi stavy)
- 3) DAC vyvolává odpovídající analog napětí

0110
1110 } možičetný
1011
1111

- Sběrnice

- SPI - rychlá sync. sběrnice

- 1 Master + 1 nebo více Slave

- Signály:
- SCK --- CLK od Masteru
 - MOSI --- data Master → Slave
 - MISO --- data Slave → Master
 - CS --- výběr Slave

- Master vybírá Slave skrz CS

- I2C - sync. seriální sběrnice pro více zařízení

- Signály:
- SDA --- data
 - SCL --- CLK

- Master + 1 nebo více pomocných adresy zařízení

- 1) Zařízení odpoví (stáhne linku na 0), poté přenos
- 2) Stop, potvrzení přijetí

- Pokud začnou vysílat dva uzly současně → arbitráž (0 vyhraje nad 1)

(master poslal 1 ale na sběrnici vidí 0, takže jiný má priority)

- UART - asynchronní, data se posílají po bitech (vždy 7-8 bitů)

— start — data — stop —

- RS 232 - protokol definující UART

- jen 1 Tx a 1 Rx
- Rychlé, jednoduché

15.	Programování mikrokontrolerů	Způsoby adresace, typy instrukcí. Zásobník a jeho využití. Diagnostické časovače a další diagnostické prostředky. Metody ladění. Programování v C – specifika mikrokontrolerů.
-----	------------------------------	--

Způsoby adresace, typy instrukcí

Typy instrukčních sad

CISC (complex) - velké množství instrukcí

- složitá instrukce
- potřebuje více taktů pro vykonání instrukce

RISC (reduced) - malý počet lehkých instrukcí

- instrukce o malé délce
- vhodné pro pipeline

Typy instrukcí - ALU instrukce (+, -, and, ...)

- Přesun dat mezi registry
- Srovnání, větvení
- Volání podprogramů

Způsoby adresace - Prima - Adresa operandu je přímo součástí instrukce

Okamžitá - Data jsou přímo součástí instrukce

Relativní - 4 složitosti

- adresace obsahuje, o kolik adres skočit (+20), ne na jakou

Base + offset - v registru GPR je základní adresa (base)

- v instrukci je jen malý offset
- CPU to sečte a vznikne adresa

Zásobník a jeho využití

- oblast datové RAM fungující jako LIFO (posunují)

- Stack pointer (SP) - ukazuje na vrchol zásobníku

- jeden z GPR registrů

- ovládání: PUSH/PULL

- použití: Volání podprogramů - zavolat podprogram / Interrupt

- CPU uloží návratovou adresu do zásobníku (aby věděl, kam se vrátit!)

Diagnostické časovače (watchdog)

- kontroluje, zda vše běží správně

- Princip: 1) Začne odpocívat při zapnutí programu

2) Program ho neustále obnovuje

3) Když se program setne → WD se neobnoví

↳ systém se reset

Další diagnostika - hledání napejení

- debug

Ladění (debugging)

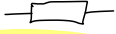
- hledání chyb, oprava chyb → zvýšení spolehlivosti programu
- Debugger - nástroj umožňující sledovat běh programu
 - umožňuje - Breakpoint - zastavit na řádce
 - Krácení programu
 - Sledování proměnných
 - Změna hodnot za běhu

Programování v C

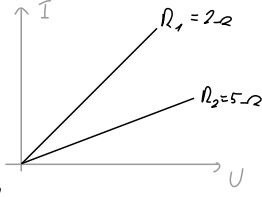
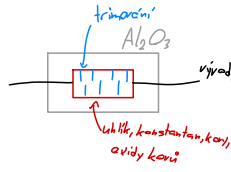
- nízkorovňový jazyk
- rychlý, efektivní
- přímý přístup k registrům
- klíčové je zacházení s pamětí
- Struktura programu - Hlavička (.h) - deklarace fci, makra, konstanty, datové typy
 - Zdrojové soubory (.c) - implementace fci
- Překlad programu - 1) Preprocesor - připraví kód (důl za P1=3,14 atd...)
 - 2) Kompilátor - překlad do strojového kódu ←
 - 3) Linker - spojí knižky s objektními soubory
 - 4) Výsledný BIN kód

16.	Pasivní elektronické součástky (nechová se jako zdroj)	Rezistory – konstrukční provedení, výpočet odporu, rozdělení podle VA charakteristiky, teplotně závislé rezistory. Kondenzátory – výpočet kapacity, konstrukce, používaná dielektrika, vlastnosti reálného kondenzátoru, frekvenční vlastnosti. Cívky – výpočet indukčnosti, konstrukce, vlastnosti reálné cívky, frekvenční vlastnosti.
-----	--	---

Rezistor



- klade odpor el. proudu
- odpor vodiče: $R = \rho \cdot \frac{L}{S}$
- odpor s teplotou: $R_2 = R_1 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$

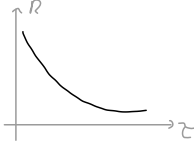


- Lineární R

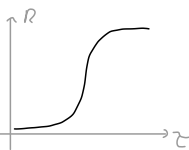
- Nelineární R

- Termistor – polovodič
- změna R s teplotou

NTC – měření teploty

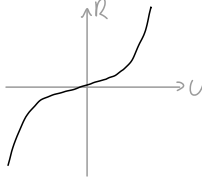


PTC – ochrana

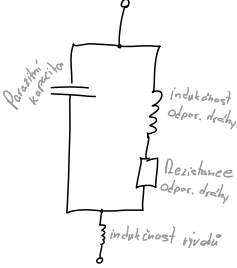


- Varistor

- polovodič
- změna U s teplotou
- Při normálním napětí má velký R
- přepětí odpor prudce klesne → pohltí přebytečný děj
- přepětí



- Náhradní schéma



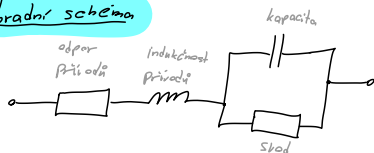
- Sum

- Vznik rušivých napětí
- teplotný Johnsonův šum (náhodný pohyb nosičů)

Kondenzátor $\text{--}||\text{--}$

- dvě rovinné elektrody, oddělené dielektrikem
- kapacita - schopnost akumulovat náboj
- $C = \frac{Q}{U} = \dots = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d} \text{ [F]}$
- Dielektrika - materiál se schopností polarizace
- Sklo, vzduch, papír, keramika

Náhradní schéma

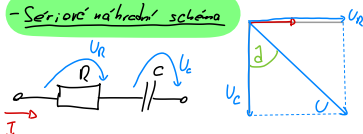


Frekvenční vlastnosti - kapacitivní reaktance - $X_c = \frac{1}{2\pi f C} \text{ [-}\Omega\text{]}$

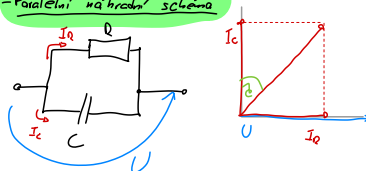
- ztráty - ztrátový činitel $\cdot \tan \delta = 10^{-4}$ až 10^{-2}

- činitel kvality - $Q = \frac{1}{\tan \delta}$

Seriové náhradní schéma



Paralelní náhradní schéma



Druhý C

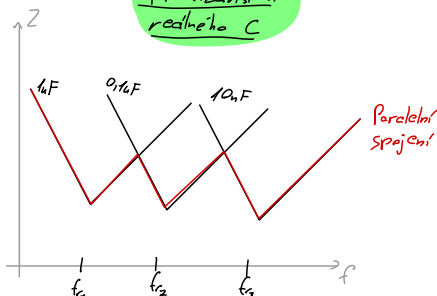
- Elektrolytický - Dielektrikem není mezera mezi deskami, ale extrémně tenká vrstva oxidu
- Proto jsou polarizované (mají A a k)



- Tantálové - stabilní

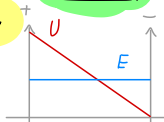
- Keramické

Frak. závislost reálného C

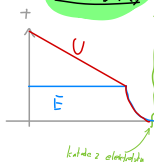


$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

elektrolytický



elektrolytický



Cítko

- výrazná vzájemná / vlastní indukčnost

- Indukčnost - poměr magnet. toku a proudu, který ho vyvolal. $L = \frac{\Phi}{I} = \dots = \frac{\Psi}{I} = \frac{\Phi}{I} \cdot N [H]$

- Solenoid - $L = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{S}{l} \cdot N^2 [H]$

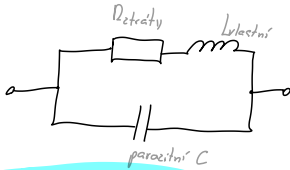
- dělení dle jádra - Vzdutové - malé ztráty, malá L , vř

- Magnet. jádra - velká L , menší rozměry

- jádra z magnet. měkkých materiálů (ferit)

- Ferit - sinterovaný prášek z oxidů železa
- nemá vířivé proudy

Náhradní schéma

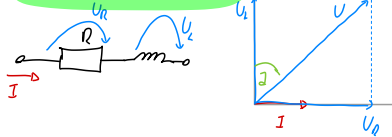


- Frekvencní vlastnosti - Induktivní reaktance - $X_L = 2\pi f L [\Omega]$

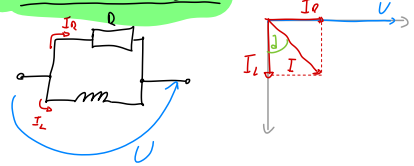
- ztráty - ztrátový činitel - $\tan \delta = 10^{-4}$ až 10^{-2}

- činitel kvality - $Q = \frac{1}{\tan \delta}$

Seriové náhradní schéma



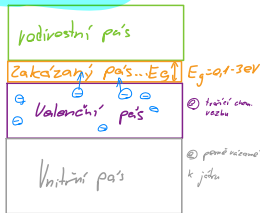
Paralelní náhradní schéma



17.	Fyzikální vlastnosti polovodičových materiálů	Základní rozdělení a definice polovodičových materiálů, vznik polovodičů typu N a P, teplotní vlastnosti polovodičů, proudy v polovodičích, Hallův jev. PN přechod – podmínky vzniku PN přechodu, potenciálová bariéra, vyčerpaná oblast. PN přechod s připojeným vnějším napětím – propustný a závěrný směr, proud PN přechodem, průrazy PN přechodu. Kapacita PN přechodu – dynamický režim, doba zotavení. Kontakt kov-polovodič – usměrňovací, neusměrňovací.
-----	---	---

Polovodiče

- Pásový model



- Vazební energie - potřeba k opuštění atomu

$$- Si \dots E_g = 1,12 \text{ eV} \rightarrow U_p = 0,7 \text{ V}$$

$$- Ge \dots E_g = 0,66 \text{ eV} \rightarrow U_p = 0,3 \text{ V}$$

- Jednoduché polovodiče - prvky 4. skupiny chem. tabulky (Si, Ge)

- 4. valenční $\rightarrow$ kovalentní vazba

- Vlastní polovodiče - bez příměsí

- při OK izoterm

- přejde do vodivostního pásu $\rightarrow$ vznik díry $\oplus$

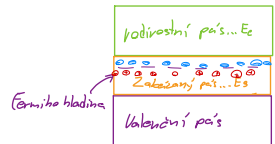
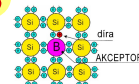
- Vělnostní polovodiče - dotování

- Typ N - přidání prvků s 5. val. $\rightarrow$ vznik volných $\ominus$

- Donory - As, P

- Typ P - přidání prvků s 3. val. $\rightarrow$ vznik volných $\oplus$

- Akceptory - B, Al



- Fermiho hladina - energetický stav $\ominus$ v polovodiči nemůže mít libovolnou energii

- může existovat jen v určitých stavech

- stav může být obsazen $\ominus$
neobsazen $\oplus$



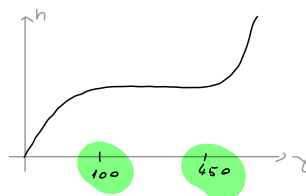
$\rightarrow$ hranice mezi většinou obsazených a většinou neobsazených stavů $\rightarrow$ tam, kde je ppst. obsazení 50 %

- Teplotní závislost

- OK - $n=0$, $p=0$

- 100K - aktivace příměsí (donorů $\ominus$ vs. akceptorů do vodivostního pásu)

- 450K - aktivace vlastních nosičů (budou mít $E > E_g$)



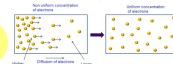
- Průdu v polovodičích

- Driftový - vzniká pohybem nosičů (působením E)



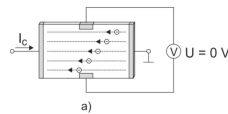
- Difúzní - vznik bez E, kvůli nerovnoměrnému rozložení náboje... vyrovnávání

- neexistuje v kovech



- Hallův jev - podmínky: $V \perp B$
 $n \gg p$ / $p \gg n$

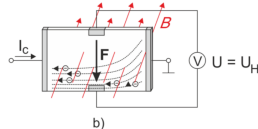
1) Polovodičová teče proud I_c , ale nepůsobí vnější mag. pole
 $\rightarrow$ rexyberů se přičítá el. pole $\rightarrow U_{\text{Hall}} = 0V$



2) Vzorok je v mag. poli $\rightarrow$ vzniká vnější el. pole (Lorentzova síla)

$\hookrightarrow$ detekce $U_{\text{Hall}} = \frac{R_H}{d} I_c \cdot B \cdot \sin(\theta)$
 R_H - Hallův koeficient, d - tloušťka polovodiče

$\rightarrow F = e \cdot E + e \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$



- Senzory a snímače

PN přechod

- Rozhraní mezi P a N

Vznik PN přechodu

1) Rovnovážný stav ($U = 0V$)

2) Spojení: Vznik difúzního proudu

$\hookrightarrow$ rekombinace v oblasti přechodu = driftový proud

3) Vznik dynamické rovnováhy... $I_{\text{drift}} = I_{\text{dif}}$

4) El. pole - brání majoritním nosičům přejít (závisí na výšce bariéry... $q \cdot \varphi$) = difúzní napětí
 - Minoritní nosiče ale projít mohou, brání jim jen difúzní síla

5) Termodynamická rovnováha $\rightarrow$ konst. Fermiho hladina

- Prostorový náboj

- v oblasti PN přechodu vzniká malá koncentrace volných nosičů (ionty) = hradlová vrstva

$\hookrightarrow$ vyčerpaná oblast - d

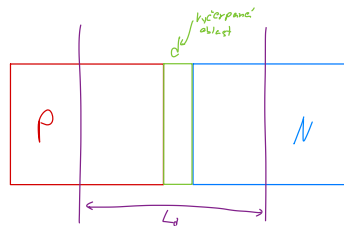
- Debyeho délka - max. velikost vyčerpané oblasti

L_D

$\rightarrow$ omezení integrace (jak malá součástka lze vyrobit)

- zmenšuje se s teplotou

$d \propto L_D = \frac{1}{e} \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot k \cdot T}{n \cdot q}}$
 ϵ_0 - permitivita, ϵ_r - relativní permitivita, k - Boltzmannova konstanta, T - teplota



PN přechod s přiloženým vnějším napětím

- šířka vyčerpané oblasti souvisí s vel. přiloženého napětí

- Propustný směr + na P, - na N

- snížení potenciálové bariéry U_0

$\hookrightarrow$ větší tok majoritních nosičů (difúzní proud)

$\hookrightarrow$ driftový proud minoritních je pořád malý

- Záporný směr - na P, + na N

- zvýšení potenciálové bariéry U_0

$\hookrightarrow$ difúzní proud majoritních nosičů klesá

$\hookrightarrow$ driftový proud je konstant

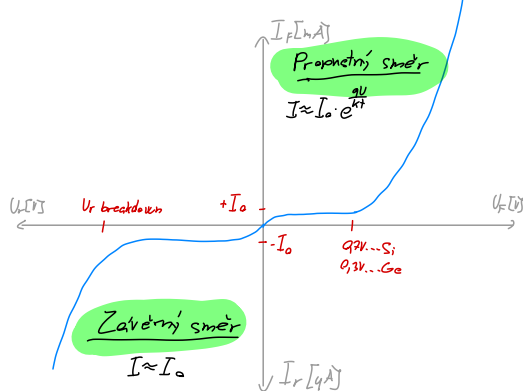
VA char. PN přechodu

- Shockleyho rovnice - vyjadřuje celkový proud PN přechodu

$$I = I_0 \cdot \left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right)$$

kT = 1.38 · 10⁻²³ J
q = 1.6 · 10⁻¹⁹ C
U = přiložená napětí
T = teplota
I₀ = saturací proud = proud v zánovním směru

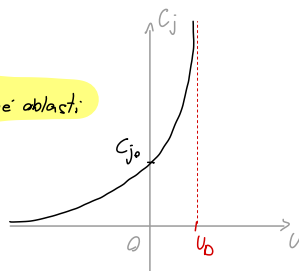
- Saturací proud - roste s plochou přechodu
(tato vlastnost)
 - roste s teplotou
 - dává vlastnosti materiálu



Kapacita PN přechodu

- Barierová kapacita C_j - vytvořena prostorovým nabitím ve vyčerpané oblasti
 - závisí na ploše přechodu, napětí

$$C_j = \frac{dQ}{dU} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d} [F]$$



- Diffúzní kapacita C_D - v propustném směru
 - vytvořena akumulací náboje vlivem průchodu proudů

$$C_D = \frac{dQ}{dU}$$

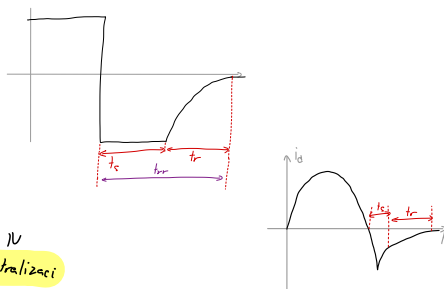
Dynamický režim PN přechodu

- rychlý přechod mezi propustným a závěrným směrem
 - rychlé změny → přechodné děje (vlivem kapacit)

- Doba zatavení - čas potřebný k přechodu mezi směry

- t_s = Doba zpoždění (reakce) - akumulace náboje v P a N
 - čas potřebný k neutralizaci
- t_r = Doba poklesu odebraných nosičů z přechodu

→ Pro vysokou frekvenci už PN přechod nestíhá usměrňovat



Příklady

- Teploty - vlivem I₀ se polovodič zahřívá
 - rychlý, destruktivní

- Tunelování - e se tunelují z P do N
 (Zenerův) - užita vyčerpaná oblast
 - ne-destruktivní

- Lavový - e ve vyčerpané oblasti získá velkou kin. energii
 → přechod je delší → lavina
 - široká vyčerpaná oblast
 - ne-destruktivní

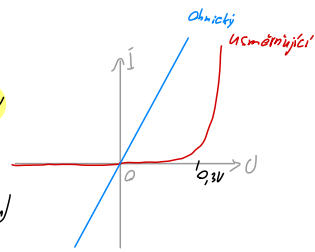
Kontakt kov-polovodič

- každý materiál má jinou výšlapní práci

- $\ominus$ přetlačí z místa, kde mají vyšší energii do materiálu s nižší energií

→ vyrovnaní Fermiho hladin

→ vznik bariéry (to rozhodne o ohnivek/usměrňujících kontaktech)



- Usměrňující (Schottkyho) ... $\Phi_m = \Phi_s$

- kov + typ N

- $\ominus$ jde o N do kovu, v N zůstane $\oplus$ → chová se jako

- nejsem zde minoritní nosiče → vede díře (0,3V)

→ je rychlejší

- Ohmický ... $\Phi_m < \Phi_s$

- $\ominus$ jde o opačné → tráví se na rozhraní

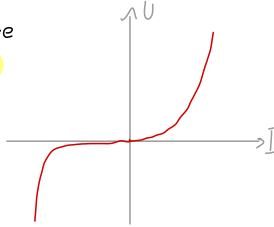
→ nerovinné ochuzená vrstva (nebo jen velmi útlá)

→ chová se jako R

18. Polovodičové elektronické součástky	Polovodičové diody – vlastnosti, VA charakteristiky a základní použití varikapu, usměrňovací diody, Zenerovy diody, Schottkyho diody. Bipolární tranzistory – rozdělení, princip činnosti, VA charakteristiky, základní zapojení. Unipolární tranzistory – princip a konstrukce JFETu, MOSFETu, MeSFETu, VA charakteristiky. Spínací a výkonové el. součástky – polovodičové materiály pro výkonové součástky, princip a VA charakteristiky tyristoru, konstrukce a parametry výkonových diod a tranzistorů (IGBT, DMOSFET). Složitě polovodičové struktury – vlastnosti a výroba integrovaných obvodů, meze integrace polovodičových součástek.
---	--

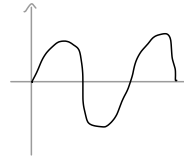
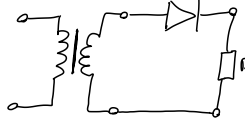
Usměrňovací dioda

- typická dioda ... platí Shockleyho rovnice
- saturací proud I_0 ... minoritní nosiče
- Průchodný směr: $I_0 \cdot e^{\frac{qU}{kT}}$
- Kolem 0V: $I_0 \cdot e^{\frac{qU}{kT}} \rightarrow$ neusměrňuje
- Záporný směr: $-I_0$

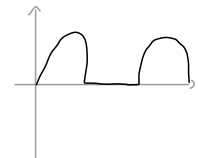


Usměrňovače

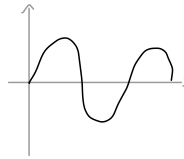
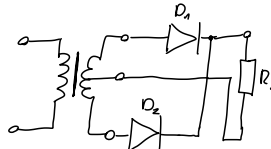
Jednocestný:



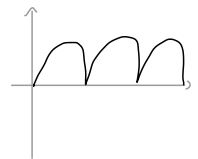
$\Rightarrow$



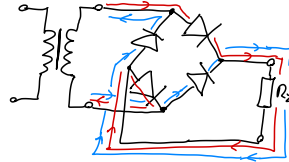
Dvoucestný:



$\Rightarrow$



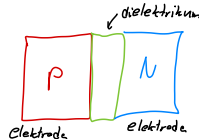
Můstkový:



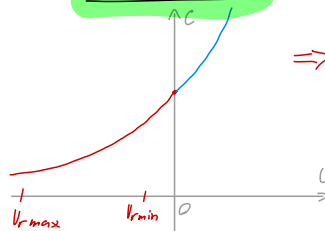
Varikap



- kapacitní dioda
- kapacita říditelná napětím
- tloušťka vycpané oblasti lze řídit napětím
- jen záporný směr



Farad-voltová char.

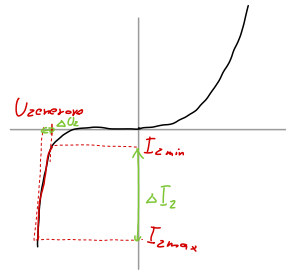
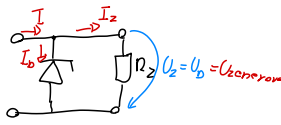


$\Rightarrow$ vyšší U_r ... tlustší "dielektrikum"
 $\hookrightarrow$ nižší kapacita

- Použití: ladící kondenzátor
- integrované obvody

! Nelze vytvořit polovodičovou cirkvu!

- princip tunelového přírazu
- napěťový stabilizátor
- úzký PN přechod

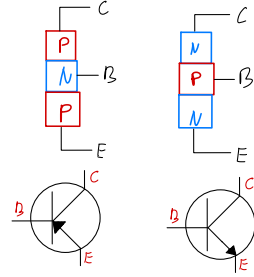


- Schottkyho dioda

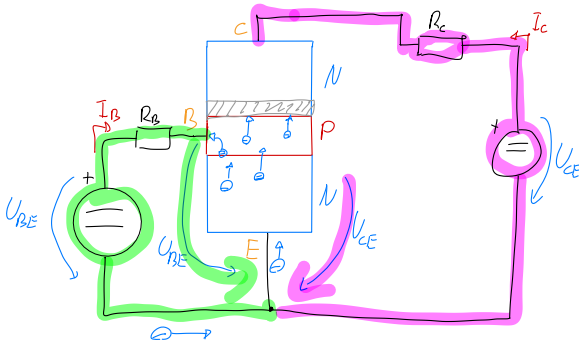
- kontakt kor-polo vodič
- pro VF, velký zúčerný proud

- Transistor (bipolärni)

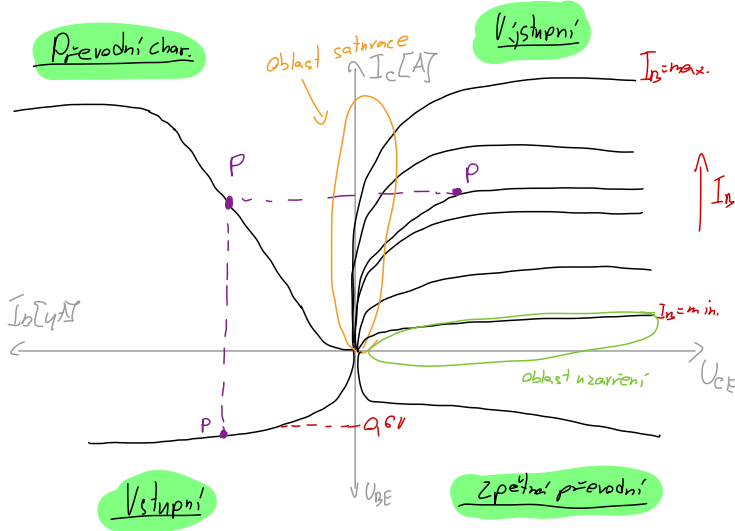
- PNP - nositelem funkce j_{son} (+)
- NPN - -||- (-)



→ Tranzistorový jev - Malým I_B procházejícím otvorem B-E přechodem se spustí xkrát větší I_C procházející celou C-B-E strukturou



- Principi Zorneta (NZP):
 - Máme 2 sbořiny: A je pøipisán na B a $E(U_{AB})$
 - B je pøipisán na C a $E(U_{BC})$
 - + Symetrie U_{AB} obzám obzámí: PV pøichází mezi B a C , ale CB pøechází je kóvím v zátvòrím sbořině
 - Obzám U_{AB} , do kóvòrò pøichází $U_{AB} = 0,54$ (Pøímòí rozpòtí) z pøímòí pøichází
 - o pøímòí I_{AB}
- ↳ Tímž zòm mò zátvòrím pøichází U_{AB} , takt obzámí o kóv pøichází (ale o drotí m)
- ↳ U_{BC} pøichází sbořinò do obzámí mezi B a C (-----) -> pøímòí obzámí zátvòrím
- ↳ Pøímòí I_{AC} mizíe takt
- Máline a I_{AB} obzámí sboří $I_{AC} \dots I_{AB} \Rightarrow I_{AB}$

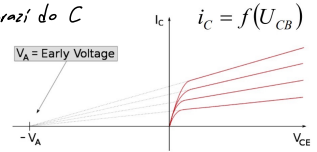


- Earlyho jev

1) Při zvýšení U_{CE} se rozšiřuje vyprázdňovaná oblast více do báze

2) šířka báze se zmenší → méně $\ominus$ placích z emitoru rekombinuje v bázi a více jich dorazí do C
→ růst I_C

- I_{zn} , I_C závisí i na U_{CE} ($U_{CE} = U_{CB}$) a proto mají výstupní char. sklon

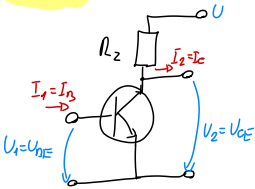


- Základní zapojení - vždy platí: $I_E = I_C + I_B$

$$U_{CE} = U_{CB} + U_{BE}$$

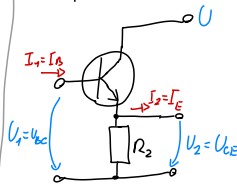
- Se společným emitorem

- zesiluje U, I, P
- nejčastější
- malý vstupní, velký výstupní odpor
- $\varphi = 180^\circ$



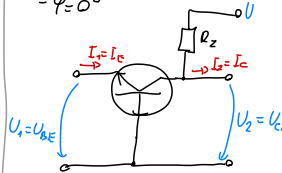
- Se společným kolektorem

- zesiluje I, P
- nezesiluje $U \dots U_1 = U_2$
- $\varphi = 0^\circ$



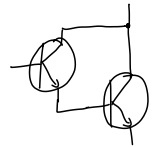
- Se společnou bází

- zesiluje U, P
- nezesiluje proud... $A_1 < 1$
- $\varphi = 0^\circ$



- Darlingtonovo zapojení

- snížení proudu do báze
- zvýšení zesílení proudu
- $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$



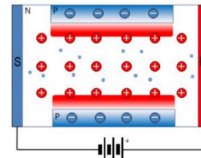
- Transistor (unipolární)

- přenosu se účastní jen 1 typ nosičů (majoritní)

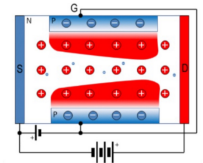
- řízení el. polem

- JFET

- Gate oddělen zvláštně polarizovaným PN přechodem
- Pomooc U_{GS} řídíme šířku kanálu



Vznik vyprázdňené oblasti



Užší oblast u elektrody D

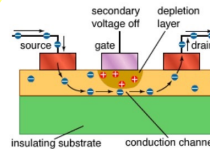
- MeSFET

- tři kovové elektrody na polovodiči

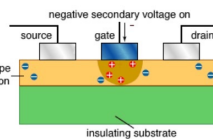
- Schottkyho jev - zúžování a rozšiřování Schottkyho bariéry otáčí Gate

→ vysoká rychlost

- Planární struktura = snadnější integrování



insulating substrate



insulating substrate

- MOSFET

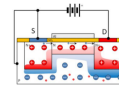
- Gate oddělena vrstvou izolantu (SiO_2)

- Princip $U_{GS} = 0$ - D + základní polovodič s tváří $\rightarrow$ proud neproteče (max. jen stříh)

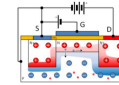
$U_{GS} \neq 0$ - k poruchu polovodiče přitáhne $\ominus$

- vznik vrstvy s $\ominus \Rightarrow \oplus \rightarrow$ vrstva typu N = inverzní vrstva

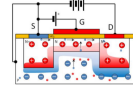
→ vznik vodivého kanálu mezi S a D



Obrázek 2 Bez napětí



Obrázek 3 Odkluzovací režim kanálu

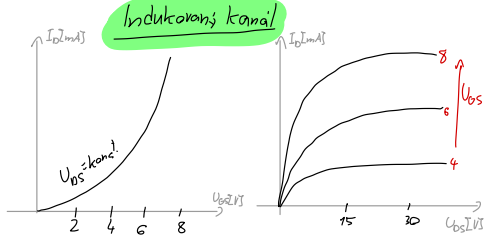
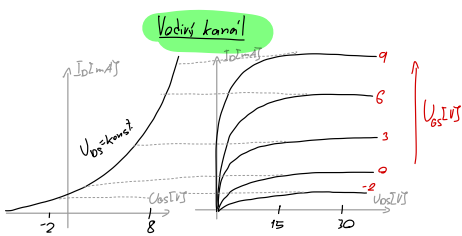
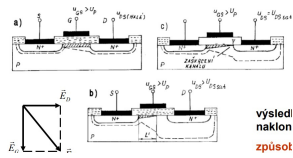


Obrázek 4 Odkluzovací režim kanálu

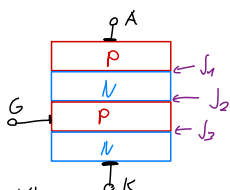
- tvar charakteristik ovlivněn nakloněnou vrstvou u gate... nasycení charakteristik

- Indukovaný kanál - inverzní kanál se vytvoří až po určitém U_G

- Vodivý kanál - vede i při $U_G = 0V$ (nejaké o tam zbývají) → vytláčíme je $-U_{GS}$

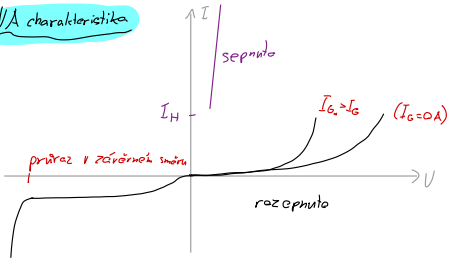


Tyristor



- diodový - bez Gate
- triodový - jedna Gate
- tetradový - dvě Gate
- Použití: Zdroje, měniče, regulátory
- Princip: Tyristorový jev - zapnutí řídicím U / I na Gate

V/A charakteristika



① Aktivní režim - I_1 a I_2 oterčen } proud pteče
- I_2 uzavřen

② Oterčení I_2 - musí rstat průraz → lavinový průraz

- a) Zvýšení U_A → zničeni
- b) proud změna U_A - oterčení napětím stávek → princip diodového tyristoru
- c) impuls na G (vstříkneme tam minoritní nosiče) → režimovací (nejde to řídit)
- (chci jen impuls a poote se drží aktivní)

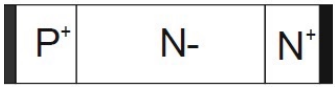
③ Vypnutí - pokles I_A pod práhový I_H

- Vypínací tyristor (GTO) - záporný impuls do Gate
= odvedení nosičů zpět

Výkonové diody

- PIN diody

- Vrstva P^+ - silně dotovaná P vrstva
- dobrý kontakt s anodou
- Vrstva N - velmi slabě dotovaná
- zajišťuje vysoký odpor a schopnost blokovat vysoké napětí
- Vrstva N^+ - silně dotovaná N vrstva
- dobrý kontakt s katodou

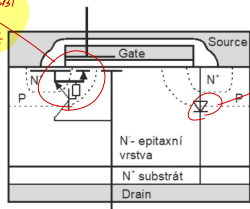


Výkonové tranzistory

- DMOSFET (diffused MOSFET)

- vertikální MOSFET → proud řede celou strukturou
- ... proto zvláště větší proudy

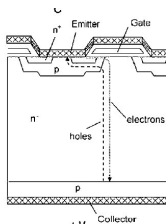
Parazitní IGBT
- obsahuje
p-n-vlákn d_i
 d_i



Parazitní IGBT
- obsahuje
p-n-vlákn d_i
 d_i

- IGBT (MOSFET + Bipolar)

- jednoduché spínání jako MOSFET
- malé vodivé ztráty jako BJT

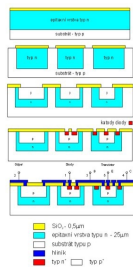


Integrované obvody

- hustota součástek na stejné ploše
- L nelze udělat < 10

- Selektivní difuze - výrobní technologie

- střídání P a N ostrůvků (velmi malých)



- Mezo integrace - Tloušťka PN přechodu - Debyeho délka

- Zákon velkých čísel - při malé velikosti objemu už není konst. koncentrace e^-

- Heisenbergova relace neurčitosti - kvantové efekty

19.	Optoelektronické součástky	Optická vlákna – princip přenosu informace, rozdělení optických vláken, disperze optických vláken. Elektro-optické převodníky – princip LED a laserové diody, princip LCD. Opticko-elektrické převodníky – fotodioda, fototransistor.
-----	----------------------------	---

Optická vlákna

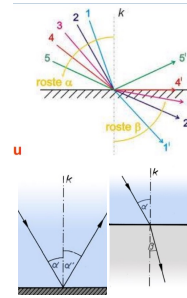
- Princip - Totální odraz ($L > L_{krit}$)

- konstrukce - jádro (index lomu n_1)
- plášť (index lomu n_2)

- platí: $n_1 > n_2$ (podm. pro totální odraz)

- Snellův zákon: $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$

- kritický úhel: $L_{krit} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \dots \beta = 90^\circ$



- Přenosové okna

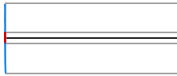
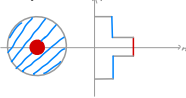
- nejmenší útlum mají:
 - 850nm (staré)
 - 1310nm (aktuální)
 - 1550nm (neexistují převodníky)

- útlum stacionárního vláka 1dB/km

- Dělení:

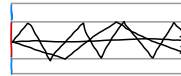
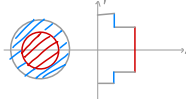
1) Step index, jednoválcové

- nejvyšší n_p



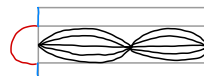
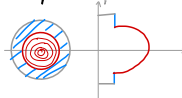
2) Step index, mnohoválcové

- silná vlnová disperze



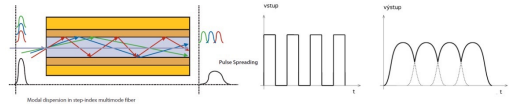
3) Gradientní index (polymuk znevá n)

- paritance

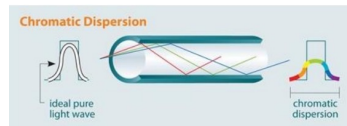


- Disperze

- Vidová - roztáhnutí přenosového impulsu na výstupu
(každý vid má svou dráhu i rychlost... dorazí jindy)



- Chromatická - světelný zářivý více složený dělá
→ mají různou rychlost



Elektro-optické převodníky

- **LED** - spontánní emise fotonů - rekombinace je náhodná

- barva záření $\approx$ šířka PN přechodu, materiál

- **Laserová dioda** - stimulovaná emise fotonů - první fotony se vyhoří přes spontánní emisi

- ti letí v oblasti a pokud narazí na excitovaný $\oplus$ $\rightarrow$ ten rekombinuje

- vznik úplně stejného fotonu... monochromatické

- LCD display (liquid crystal)

- konstrukce:



Při $U=0V$ - molekuly tekutých krystalů jsou zkrácené

- při průchodu světla otočí polarizaci

$\rightarrow$ světlo projde skrz 2. filtr $\rightarrow$ pixel svítí

Při $U>0V$ - el. pole srovná molekuly krystalů

- neotočí se polarizace

$\rightarrow$ světlo nesvítí

Opticko-elektrické převodníky

Fotorezistor



- pouze detektor, ne převodník

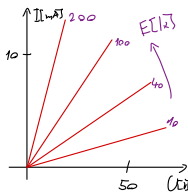
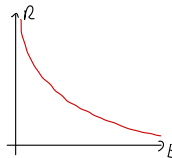
- funkce závisí na šířce zakázaného pásu a tl. záření

- 2 případy: Fotorezistor bez interakce a není pohlcen

Foton přede svou energií (excitace $\oplus$) $\rightarrow$ vznik nerovnoměrností $\oplus$

- změna koncentrace nosičů = změna vodivosti... $\Delta \rho = e \cdot \mu \cdot G \cdot \tau$

- **Fotoelektrický zisk** - jak efektivně přemění fotorezistor záření na změnu vodivosti



- **Požadavky:** Pro $E=0V$ chceme $R=\infty$

- reálně i pro $E=0V$ teče proud

Fotodioda



- polovodič, 1 PN přechod

- energie fotonu musí být větší než energie zakázaného pásu

$\hookrightarrow \oplus$ bude excitován energií fotonu

- vznik pouze lokálního páru $\oplus \ominus \rightarrow$ nedojde k rekombinaci (jsou odděleny PN přechodem)

$\oplus$ přitážen do N } chování zdroje ($N=-, P=+$)

$\ominus$ přitážen do P

Fototranzistor - bázě řízena světlem

VA char.

