

Základy elektroniky

zopakování (?)

pasivní a aktivní součástky

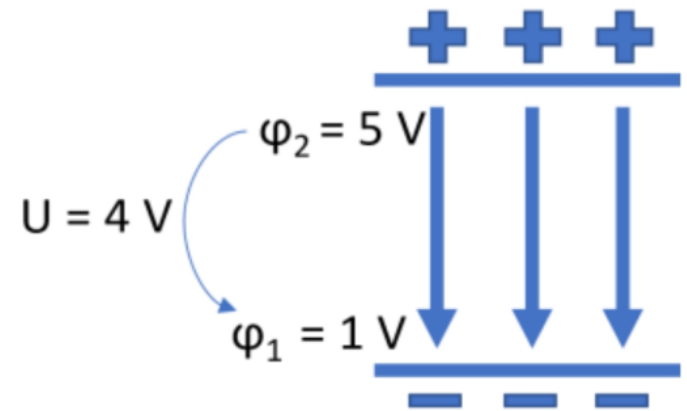
odpory a Ohmův zákon, kondenzátory

diody a LED, tranzistory, stabilizátory napětí

sensory - teplota, vlhkost, tlak a světlo

Potenciál a napětí

- elektrický **potenciál** φ popisuje potenciální energii testovaného náboje v určitém elektrickém poli
- rozdíl mezi dvěma místy s danými hodnotami potenciálu je pak **napětí** U
- u obou je jednotkou volt (V)
 - 📖 pokud má tužková baterie napětí 1,5 V, tak to znamená rozdíl mezi jejím kladným a záporným pólem
 - 📖 lze to změřit milivoltmetrem
- v elektrochemii se potenciál elektrody značí spíše symbolem E
- napětí může být stejnosměrné (DC) či střídavé (AC, např. 220 V v zásuvce)

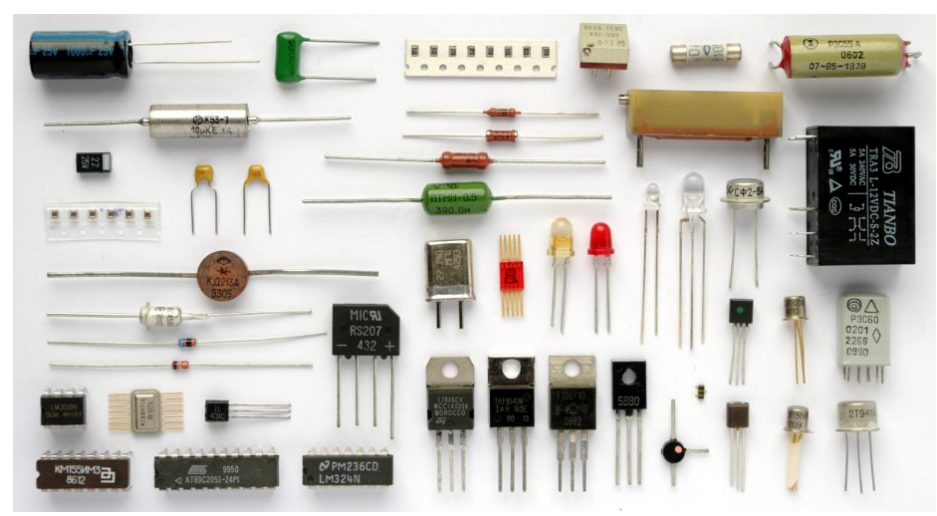


Proud, energie, výkon

- elektrický **proud** I je dán intenzitou toku elektronů, jednotka amper A
 - 📖 směr proudu je ale dán opačně – je roven toku pozitivních ekvivalentů
 - 📖 v obvodech tedy teče od pozitivního k negativnímu pólu
- **energie** E značí, kolik **práce** W je systém schopen vykonat, nebo kolik tepla vygenerovat
 - 📖 nezávisí na čase
 - 📖 platí zákon zachování energie, může se měnit na různé formy
- jednotkou SI je joule J, ($1 \text{ J} = 1 \text{ watsekunda Ws}$) či běžně známá kilowathodina kWh
 - 📖 na kalorii cal zkusme zapomenout ...
- **výkon** P je dán přeměnou energie za čas, $P = \Delta E / \Delta t$
- jednotka je watt W, $1 \text{ W} = 1 \text{ J s}^{-1}$
- výkon generovaný v elektrickém systému je $P = UI$

Elektronické součástky

- elektronické konstrukce, moduly a zařízení jsou složeny z několika základních stavebních a konstrukčních prvků – součástky
- **pasivní** – nevnášejí do obvodu žádnou energii
- **aktivní** – umí zvyšovat (obecně měnit) energii signálu pomocí energie z vnějšího zdroje
- **elektromechanické** – přeměňují elektrickou energii na energii mechanickou (nebo naopak)
- **mechanické** – jakékoli mechanické prvky, které jsou součástí elektronického zařízení, ale nijak elektrickou energii nemění, mohou se však podílet na jejím přenosu



- mají vývody ve formě drátků, v současnosti také miniaturizované verze s pájecími ploškami



Zdroj napětí

- na svém výstupu udržuje stálé elektrické napětí
 - ideálně bez ohledu na odebíraný elektrický proud
 - vnitřní odpor reálného zdroje omezuje maximální proud, který může elektrickým obvodem protékat
- příklady:
- **nabíječka** mobilních zařízení (adaptér), která na svém USB výstupu poskytuje napětí 5 V
- jiné **adaptéry** s různě velkým napětím
- **tužková baterie** – výstupní napětí 1,5 V, dobíjecí verze – 1,2 V, velikosti AA nebo AAA
- **power banka** – USB s 5 V
 - (pozor – některá se samovolně vypne při nízkém odběru)
 - uvnitř má Li-ion nebo Li-polymer akumulátor(y) – ty dávají 3,7 V, ale upraví se pro 5 V na výstupu
- **laboratorní zdroje** – nastavitelné napětí

Adaptéry

- připojí se do sítě, na výstupu nízké DC napětí, pozor na polaritu
- vnitřní část konektoru je **obvykle** plus, kovový plášť minus
- přepólování často zničí špatně připojené zařízení – prostudovat štítek
- CE ... certifikováno k provozu v EU
- výhodou více výstupů nebo měření U, I



Galvanické články

- chem. zdroje el. napětí ze dvou poločlánků – elektrody v prostředí vhodného elektrolytu
 - **primární** – jednorázové, vybíjí se kompletně; **sekundární** – akumulátory – dají se opakovaně nabíjet
 - pro - elektrodu – Zn, Li, Cd, hydridy kovů
 - pro + elektrodu MnO_2 (burel), oxid-hydroxid niklitý NiO(OH) , Ag_2O
 - elektrolyt - vodné roztoky alkalických hydroxidů (KOH), silných kyselin nebo jejich solí, také bezvodé elektrolyty
- zinko-uhlíkový článek (Leclanch): $\text{MnO}_2 / \text{Zn} / \text{NH}_4\text{Cl}$ 1,5 V
- alkalický článek: $\text{MnO}_2 / \text{Zn} / \text{KOH}$ 1,5 V
- olověný akumulátor: $\text{PbO}_2 / \text{Pb} / \text{H}_2\text{SO}_4$ 2 V
- nikel-metal hydridový akumulátor: $\text{NiO(OH)} / \text{hydrid} / \text{KOH}$ 1,2 V
- lithium-iontový akumulátor: $\text{LiCoO}_2 / \text{Li}$ v grafitu / LiPF_6 v org. rozp. 3,6 V



Odpor R

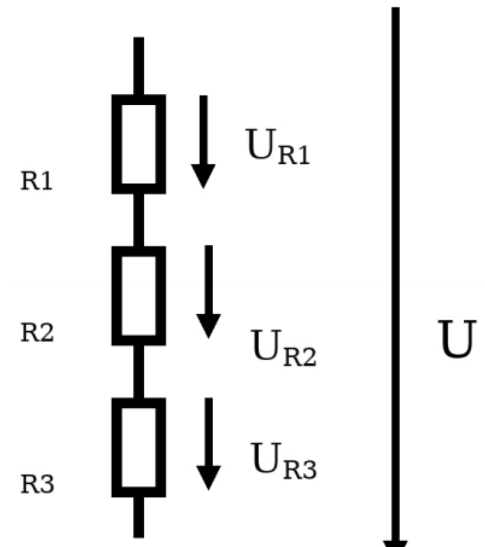
- elektrický **odpor** R (resistor, resistance) je mírou omezení toku elektronů daným místem, jednotka ohm Ω
- odpor je dán velikostí napětí, které je nutné k průchodu proudem I (Ohmův zákon): $R = U/I$ (tj. $1 \Omega = 1 \text{ V A}^{-1}$)
- odpor je také elektrickou součástíkou, značí se



 ve schématech amerických a v evropských

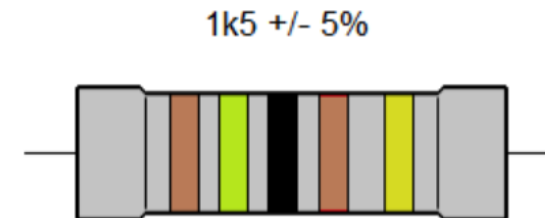
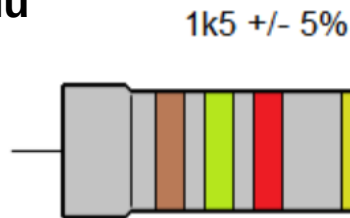
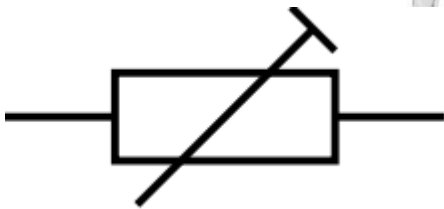
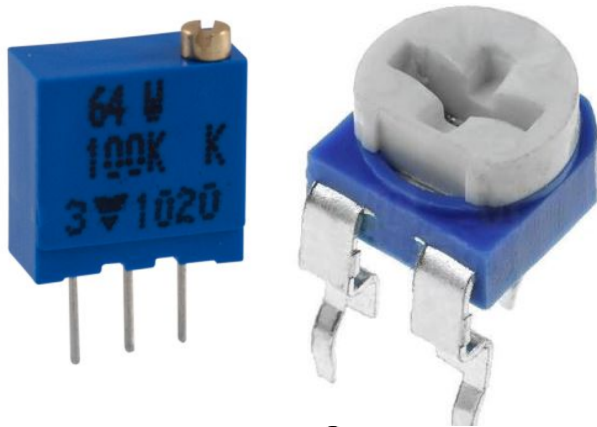
- **dělič napětí** – u odporů spojených v sérii (za sebou) se celkové vnesené napětí rozdělí dle velikostí jednotlivých odporů

$$U_{R1} = U_0 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$
$$U_{R2} = U_0 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$



Typy a značení

- odpory se značí barevným kódem ze 4 nebo 5 pásků na součástce
- **dekódování** uvádí tabulka
- vždy to jde také proměřit ...
- proměnlivé odpory
 - 📄 trimry do plošného spoje
 - 📄 potenciometry do panelu

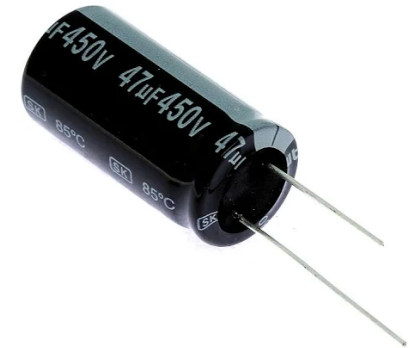


BARVA	1. číslice	2. číslice	3. číslice	násobitel	tolerance
černá	0	0	0	1	
hnědá	1	1	1	10	+/- 1%
červená	2	2	2	100	+/- 2%
oranžová	3	3	3	1k	
žlutá	4	4	4	10k	
zelená	5	5	5	100k	+/- 0,5%
modrá	6	6	6	1M	+/- 0,25%
fialová	7	7	7	10M	+/- 0,1%
šedá	8	8	8		+/- 0,05%
bílá	9	9	9		
zlatá					+/- 5%

Kondenzátor



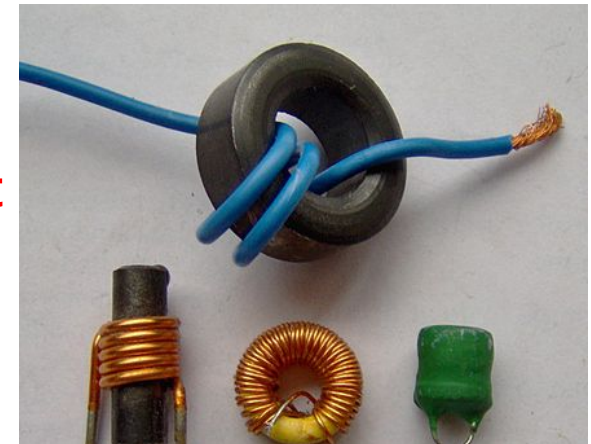
- elektrická **kapacita** C je reprezentována kondenzátorem jako součástíkou, která má schopnost krátkodobě uchovat náboj; jednotkou je farad F
 - 📖 může ho uvolnit rychle, nebo dle potřeby vyrovnávat nedostatky napájení jiného zdroje energie (napětí)
 - 📖 vpravo je značka elektrolytického kondenzátoru, je nutné dodržet vyznačenou polaritu při zapojení do obvodu
 - 📖 značení kondenzátorů je dáno hodnotou a počtem nul – v pF , zde tedy $10 \cdot 10^5$, tj. $1 \mu F$
 - 📖 při zapojení do obvodu se nesmí překročit doporučené napětí



Cívka L (indukčnost)



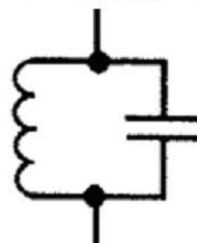
- pasivní součástka má schopnost při průchodu proudem vytvářet magnetické pole a akumulovat jeho energii
- značka L, jednotkou je Henry (1 H), v praxi nH až mH
- změna proudu tekoucího vinutím vytváří elektromotorickou sílu s protisměrným směrem
 - naopak proměnlivé magn. pole, když proniká do cívky, indukuje napětí
- využívají se pro **filtrační účely**, ochrany proti přepět'ovým špičkám (odrušovací tlumivky), rezonanční obvody
 - ve spínaných stabilizátorech (u zvyšovacích měničů se využívá schopnosti indukovat mnohem vyšší napětí při rychlé změně proudu
 - reálná cívka nevykazuje pouze indukčnost, ale též sériový odpor, paralelní odpor a paralelní kapacitu
- cívky jsou obsaženy i v transformátorech, relé, zvoncích, elektromagnetických ventilech, motorech, ... s pevným jádrem - **elektromagnet**
- při sériovém spojení se zvětšuje celková indukčnost: $L = L_1 + L_2 + \dots$
- dlouhá – solenoid, kruhová - toroid



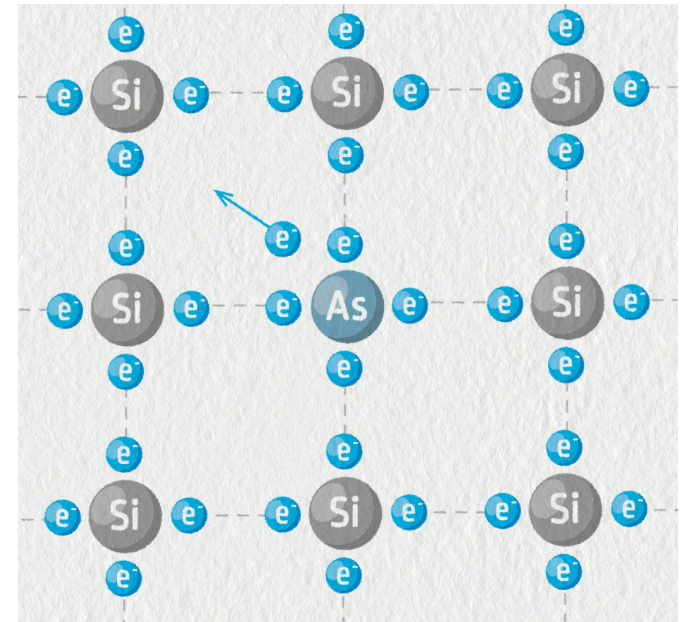
Kmitavý rezonanční obvod

- kolem cívky se průchodem stejnosměrného proudu vytváří stálé magnetické pole
 - 📖 magnetický indukční tok závisí přímo úměrně na indukčnosti cívky a velikosti proudu. lze zesílit vložení jádra – magnetického obvodu do cívky
- v obvodu střídavého proudu vzniká proměnné magnetické pole
 - 📖 v cívce indukuje napětí - působí proti změnám, které je vyvolaly (Lenzův zákon)
 - 📖 což má za následek vznik impedance, u cívky nazývané indukance, tj. odpor cívky proti průchodu střídavého proudu
 - 📖 indukance závisí přímo úměrně na indukčnosti a frekvenci střídavého proudu
- důležitá je cívka u elektromagnetického kmitání
 - 📖 vzniká v obvodu s kondenzátorem a cívkou (LC nebo RLC obvody), kde se periodicky opakuje přeměna elektrické energie na magnetickou a opačně
 - 📖 u střídavého proudu se uplatňuje impedance obou součástí a nastává **rezonance**, její frekvence bude:
 - 📖 obvod může být zapojen sériově i paralelně

$$f_R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$



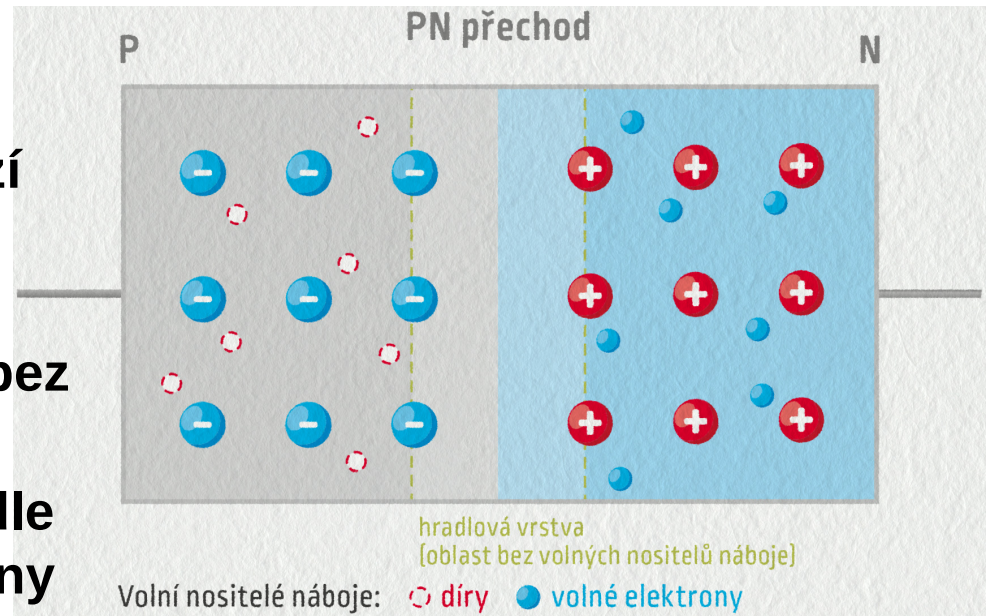
Polovodiče



- (vysoký) el. odpor čistého polovodiče se dá změnit teplotou, osvětlením, ale i přidáním malého množství cizí chemické látky – tzv. příměsi – **dopování** N-dopování As
- u typu **N** stále tepelně vznikají **páry elektron–díra**, počet volných e^- je díky příměsím vyšší než počet děr
- **volné elektrony = majoritní** nositelé náboje
- díry = minoritní nositelé náboje
- příměsový atom = donor, dárce – poskytnul svůj elektron
- polovodič typu **P** = **majoritní díry** coby nositelné pozitivního náboje, elektrony = minoritní
- příměsový iont = akceptor (příjemce), protože přijal elektron do svého obalu, např. B, Al

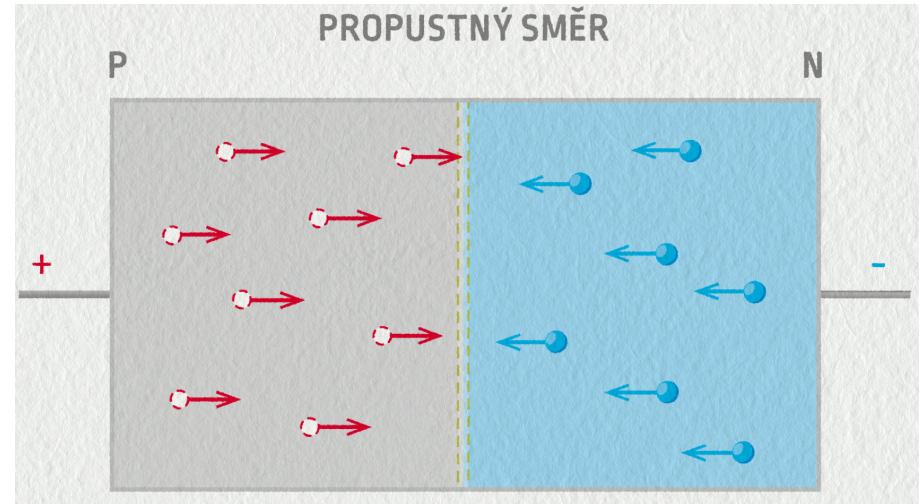
PN přechod

- na rozhraní mezi P a N dochází k rekombinaci mezi dírami a elektrony
- vzniká tenká hradlová oblast bez volných nositelů náboje
- při pokojových teplotách má dle koncentraci příměsí šířku setiny až jednotky mikrometru
- příměsové ionty vázané v krystalové mřížce v hradlové vrstvě zůstávají a svou přítomností vytvářejí v této oblasti elektrické pole
- to zabrání tomu, aby zrekombinovaly všechny volné e- z celého objemu polovodiče N s děrami uvnitř části P
- oblasti P a N mimo hradlovou vrstvu zůstávají neutrální a na uvažovaných jevech se nepodílejí



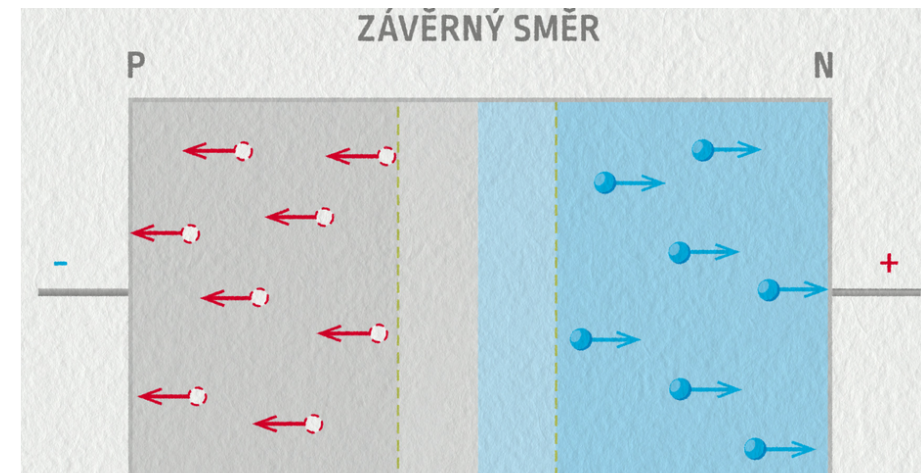
Připojme stejnosměrné napětí

- pokud dáme polovodič P na kladný pól zdroje, jsou díry v P i volné elektrony v N odpuzovány od pólů zdroje, a tedy tlačeny do oblasti hradlové vrstvy - její tloušťka se zmenšuje, tím se zeslabuje i elektrické pole vytvořené příměšovými ionty, a přechod se stává lépe vodivým



- **propustný** směr

- pokud napětí obrátíme, budou díry v P a volné elektrony v N polovodiči zdrojem odsávány od přechodu, šířka izolující hradlové vrstvy poroste a PN přechod se bude chovat jako nevodič

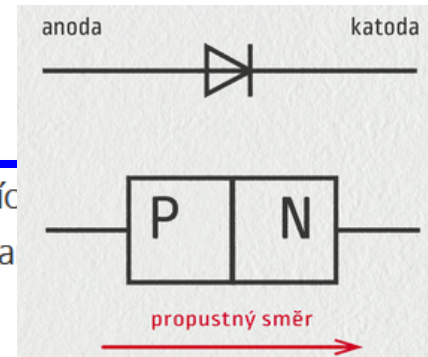
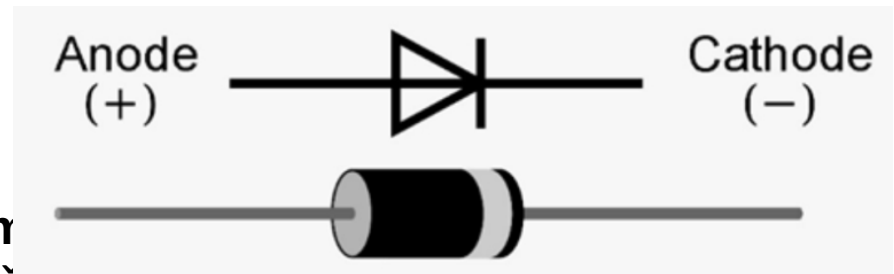


- **závěrný** směr

Dioda D

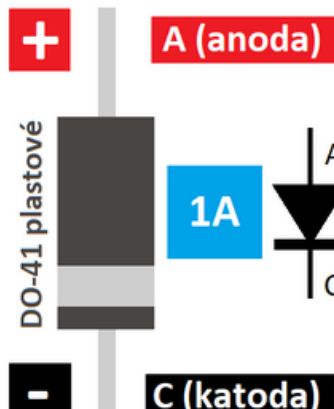


- aktivní polovodičová součástka, která umožní průchod proudu pouze jedním směrem
- šipka určuje směr vedení proudu, vertikální čárka značí vývod - katodu, na opačném konci je anoda (ta se připojí k pozitivnímu pólu nebo k vyššímu potenciálu)
 - 📖 diodu lze tedy zapojit v propustném (pozor na zkrat) nebo závěrném směru
 - 📖 dochází na ní ale k úbytku napětí, běžně kolem 0,7 V



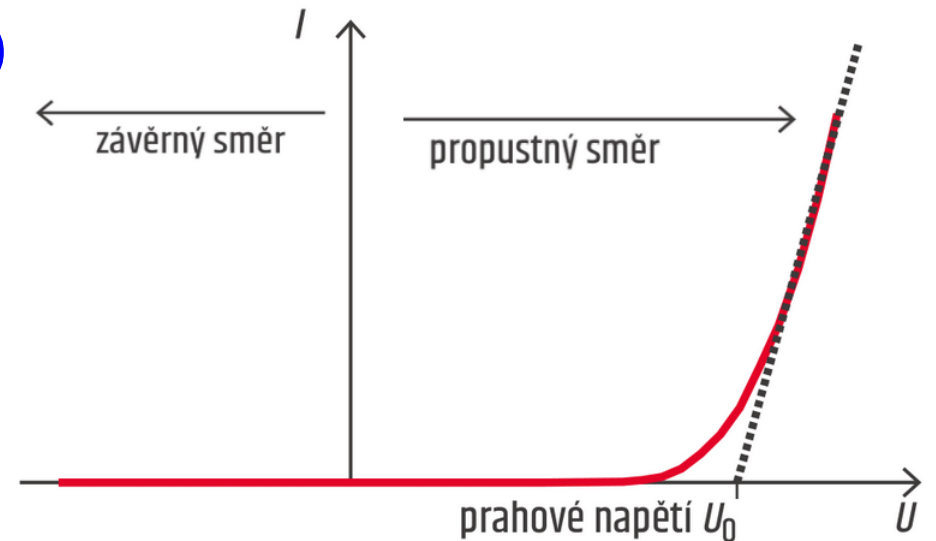
Usměrňovací diody řady 1N4000

1N4001	50V
1N4002	100V
1N4003	200V
1N4004	400V
1N4005	600V
1N4006	800V
1N4007	1000V



1N400x (nebo 1N4000) je řada usměrňovacích diod pro maximální proud 1 A, široce používaná v elektronice díky své velké univerzálnosti a velmi nízké ceně. Součástí této řady jsou modely 1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006 a 1N4007. Jediným rozdílem mezi nimi je maximální prahové napětí, kterému odolávají. Ve zbylých vlastnostech jsou si rovněž podobné.

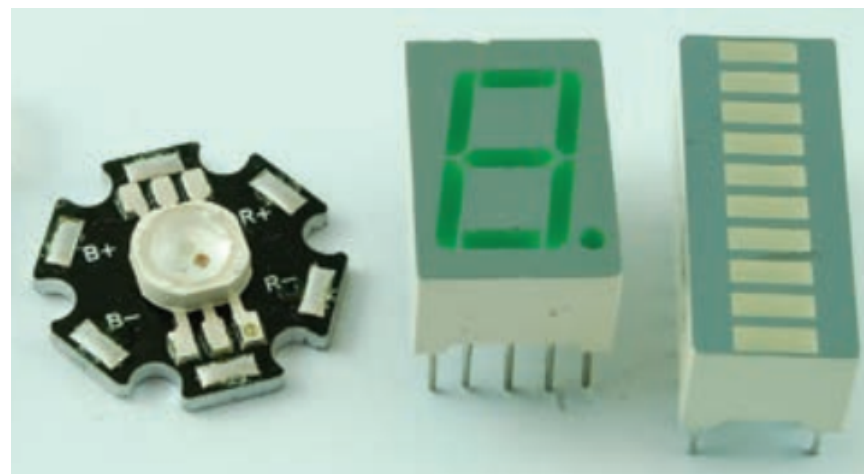
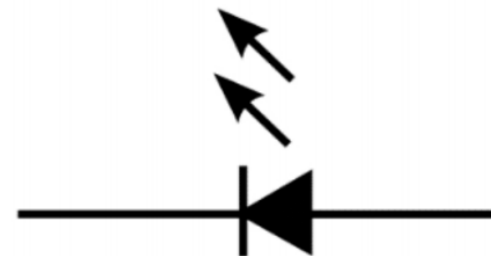
VA charakteristika D



- chování v **propustném** směru
- na diodu přivedeme kladné napětí (P připojeno na +) a postupně je zvyšujeme
- proud je nejdříve zanedbatelný, hradlová vrstva v PN přechodu se s nárůstem napětí postupně ztenčuje a stává se pro nositele náboje stále lépe průchozí - exponenciální zvyšováním proudu
- v praxi se často proud pro malá napětí považuje za nulový (a dioda tedy za nevodivou) a po překročení tzv. prahového napětí se jeho prudký nárůst modeluje lineární závislostí
- pro Si diody se pohybuje kolem 0,7 V, pro Ge diody jen 0,3 V
- pokud přivedeme na diodu záporné napětí (P připojeno na -), je dioda zapojena tzv. v **závěrném** směru
- průchodu proudu brání hradlová vrstva v PN přechodu, proud v závěrném směru se považuje za zanedbatelný

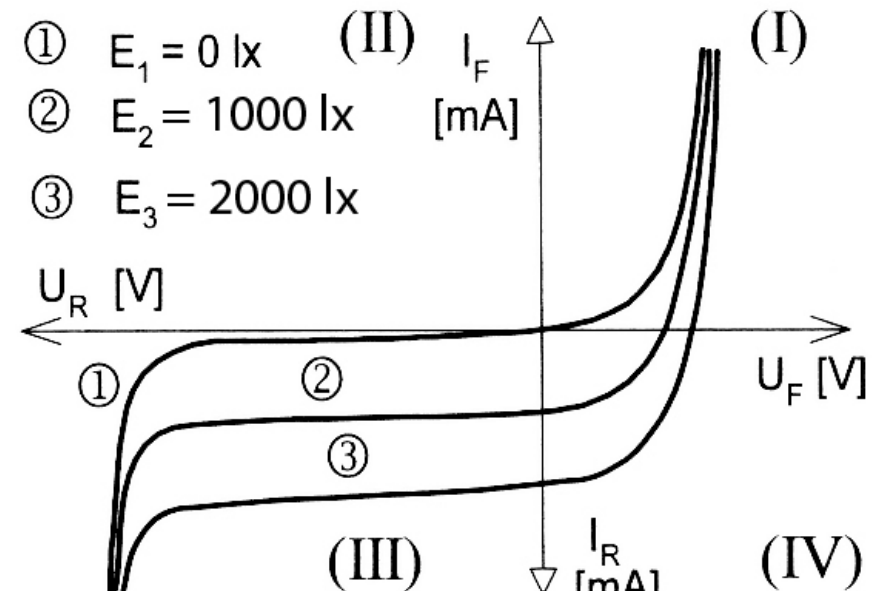
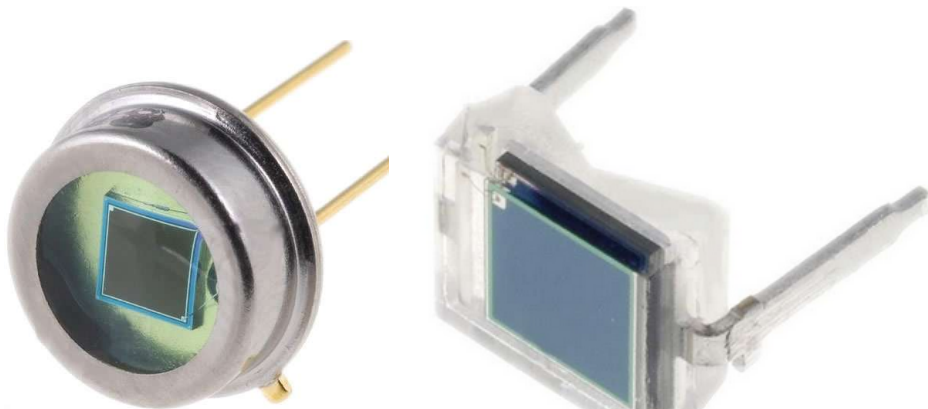
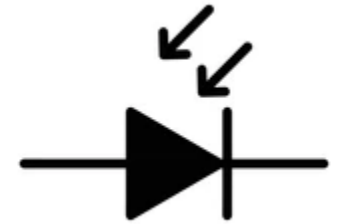
LED

- světlo emitující dioda je LED
 - 📖 různé barvy, napětí v propustném směru je 1,6 až 2,6 V
- zapojuje se do série s odporem – ten určuje (limituje) velikost procházejícího proudu
- slouží jako různobarevné indikátory, výkonné varianty se musí chladit
- skupiny LED mohou vytvářet základ číslic, písmen či sloupcový graf
- dnes základ osvětlovací techniky – náhrada žárovek, LED pásy



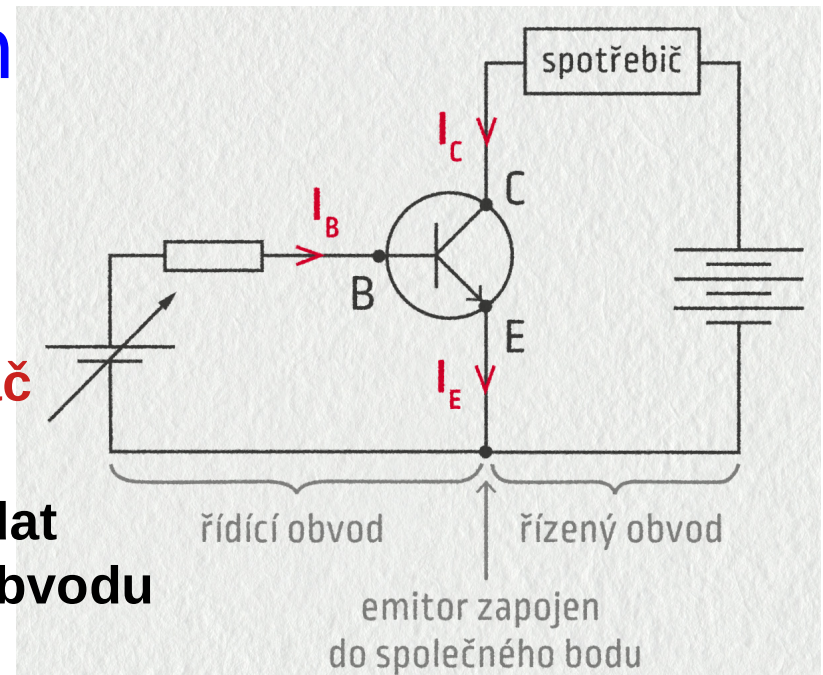
Fotodioda

- v nepřítomnosti osvětlení se fotodioda chová stejně jako obyčejná usměrňovací dioda
- pokud je PN přechod osvětlen, energie přinášená dopadajícím zářením generuje páry elektron–díra, a tím se zvyšuje vodivost hradlové vrstvy
- přítomnost světla se projeví zejména v závěrném směru: čím větší osvětlení, tím větší závěrný proud
- ve III. kvadrantu pracuje fotodioda v tzv. odporovém (fotovodivostním) režimu = jako resistor citlivý na světlo
- ve IV. kvadrantu v hradlovém / fotovoltaickém režimu, funguje jako zdroj elektrické energie



Zapojení se společným emitorem

- v praxi dává největší proudové i výkonové zesílení
- tranzistor jako **zesilovač** nebo **spínač** proudu spotřebičem
- fungování spotřebiče můžeme ovládat malými změnami proudu v řídicím obvodu
- pro napájení spotřebiče (žárovka, elektromotor, ...) potřebujeme větší proudy, zatímco v řídicím obvodu máme součástky s malým proudovým odběrem (např. čidlo citlivé na vnější podmínky – termistor, fotodioda, ...).
- pokud do báze neteče proud ($I_B = 0$), tranzistor je zavřený ($I_C = 0$)
- malá změna I_B na vstupu způsobí mnohem větší zvýšení (proudový zesilovací činitel β , typicky 10 až 1000): $I_C = \beta I_B$
- pro velké hodnoty má téměř konstantní hodnotu - saturace, stav „sepnuto“



Integrované obvody IC

- složené z mnoha miniaturních elektronických součástek, které jsou uvnitř integrovaného obvodu propojeny do předem zamýšleného funkčního celku
- každý IC tedy přesně danou jednu nebo i více funkcí
 - např. mikroprocesory, mikrokontrolery, obvody pro správu napájení, obvody obsahující základní logické funkce a tak podobně
- z důvodů nepřehledného množství IC a jejich funkcí je v této části více rozebírat nebudeme
- možnosti připojení IC k plošnému spoji

DIP

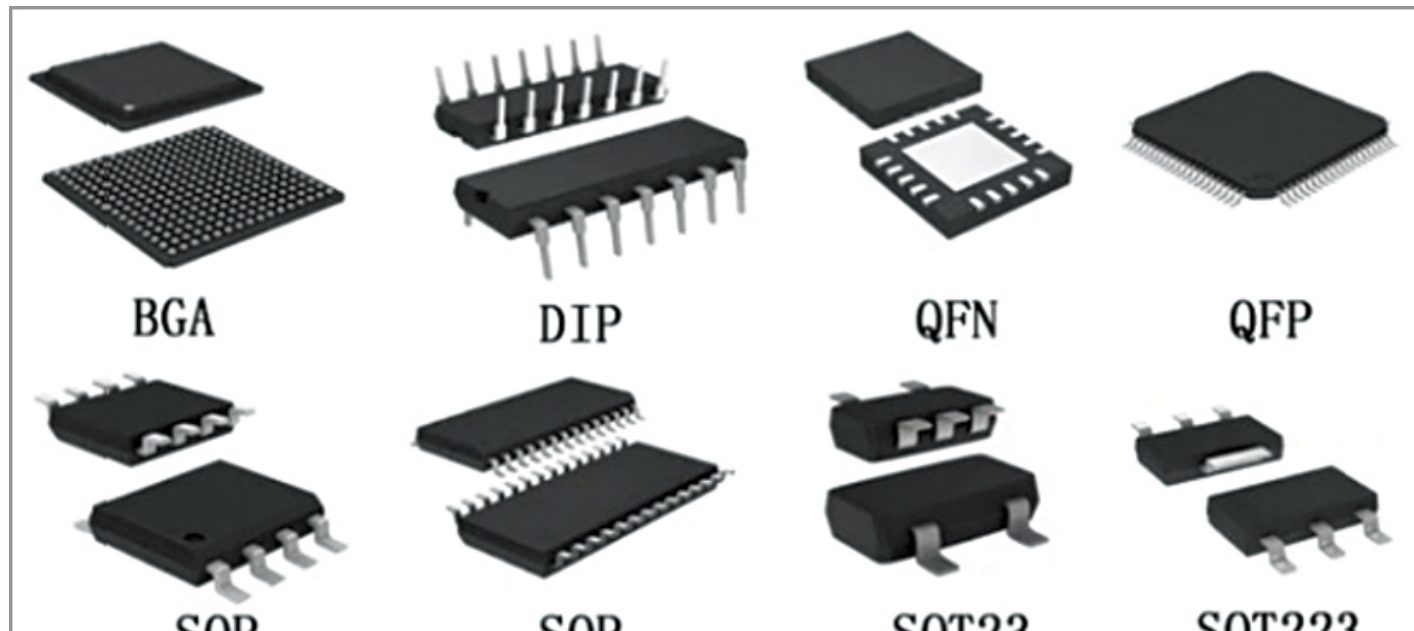
dual inline package

SOP

small-outline package

BGA

ball grid array

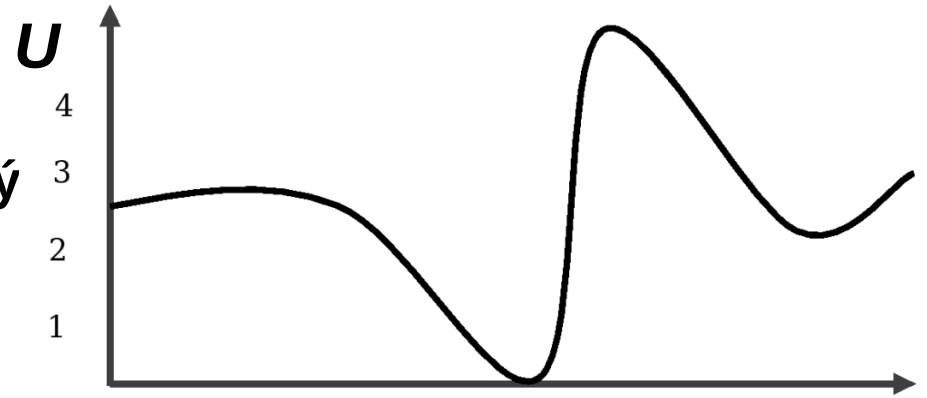


Analog vs. digital

- **analogový** signál je spojitý a kontinuální

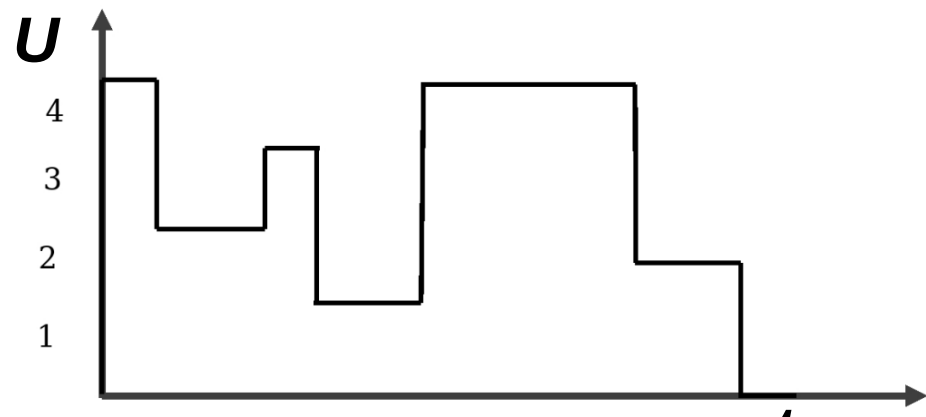
📄 mezi dvěma hodnotami může být nekonečně mnoho mezhodnot

📄 v daném rozsahu může takový signál nabýt všech možných hodnot



- fyzikální veličina, která může nabývat pouze určité diskrétní hodnoty, je **digitálním** signálem

- moderní systémy pracují se dvěma (logickými) urovněmi signálu **0** a **1** (**H**igh – **L**ow)



Mikroprocesor

- zkráceně μP či uP je v informatice označení pro centrální procesorovou jednotku (CPUcentral processing unit), která je jako celek uložena do pouzdra integrovaného obvodu
- postupně zpracovává jednotlivé instrukce programu, tím realizuje požadovanou funkci
- představuje příklad sekvenčního logického obvodu, který pro uložení dat používá dvojkovou (binární) soustavu

Mikrokontroler vs. mikroprocesor

- **mikrokontrolér** je **jednočipový** počítač, který můžeme různě naprogramovat
- používá CPU (central processing unit), RAM (random access memory), ROM (read only memory) a I/O (vstupy a výstupy) mikroprocesoru – vše integrované v jednom čipu
- **mikroprocesor** má CPU v jednom čipu, RAM, ROM a I/O jsou **zvlášť**

Část	Funkce
CPU	Dostává informace a instrukce, podle kterých zpracovává vstupy a výstupy
RAM a ROM	Paměťový prostor pro ukládání a vykonávání instrukcí.
Paralelní I/O obvody	Připojení k vstupním a výstupním perifériím jako např. LED, motory a senzory. Existují dva typy vstupních a výstupních signálů: analogové a digitální.
Časový obvod	Používá se k úpravě časování vnitřního obvodu mikrokontroléru.
Časový krystal	Vytváří konstantní frekvenci jako referenci pro časový obvod.
Zdroj	Přivádí napětí do mikrokontroléru.

Numerická soustava mikroprocesorů

- v běžném životě používáme **dekadickou** soustavu založenou na číslicích 0 až 9
 - 📖 máme 10 prstů, z toho vyšly arabské číslice
- každé číslo umíme intuitivně rozložit:
 - 📖 $2563 = 2000 + 500 + 60 + 3$
- což odpovídá vždy číslici násobené mocninou **10**:
 - 📖 $2563 = 2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$
- v **binární** soustavě máme pouze číslice 0 a 1 a ty se násobí mocninami **2**:
 - 📖 $1001 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 1 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 9$ (dekad.)
 - 📖 jedna číslice zde tedy reprezentuje bit (hodnoty 0 nebo 1)
- byte reprezentuje 8 bitů, hodnoty mezi B0000000 (dec. 0) a B1111111 (dec. 255)
 - 📖 binární číslo se označuje na počátku písmenem B
- *Now you get the joke: There are only "10" kinds of people. Those who understand binary code and those who do not.*

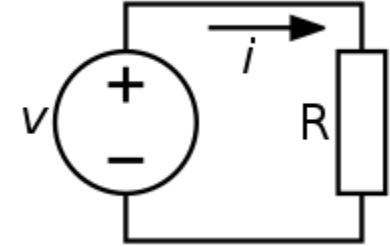
Převodová tabulka

- pro numerické soustavy

Decimal	Binary	Hex
0	0	0
1	1	1
2	10	2
3	11	3
4	100	4
5	101	5
6	110	6
7	111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Elektrický obvod

- vodivé spojení elektrických prvků, např. odporů, kondenzátorů, cívek, tranzistorů, diod a spínačů
- tyto prvky vytváří vodivou cestu pro přenos elektrické energie a splňují funkce, které jsou od obvodu požadovány (např. zesilování signálu, vytváření oscilací apod.)
- může být nepatrný jako mikročip, nebo může zahrnovat celou elektrickou síť
- obvod se může skládat z jednotlivých (tzv. diskrétních) prvků nebo celých integrovaných obvodů
- pokud je vodivá dráha tvořená elektrickým obvodem uzavřená, pak se hovoří o uzavřeném elektrickém obvodu
- je-li vodivá dráha obvodu přerušena, např. otevřeným spínačem, pak se mluví o otevřeném elektrickém obvodu

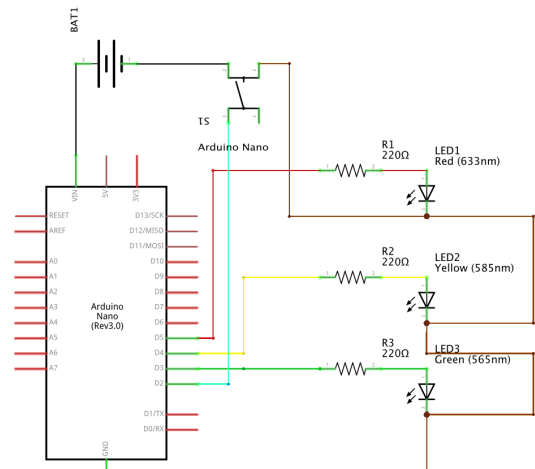
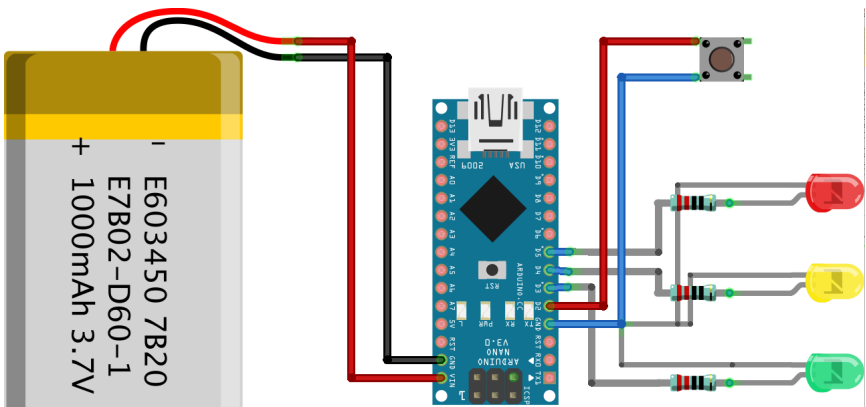
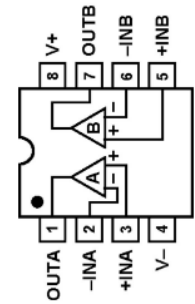
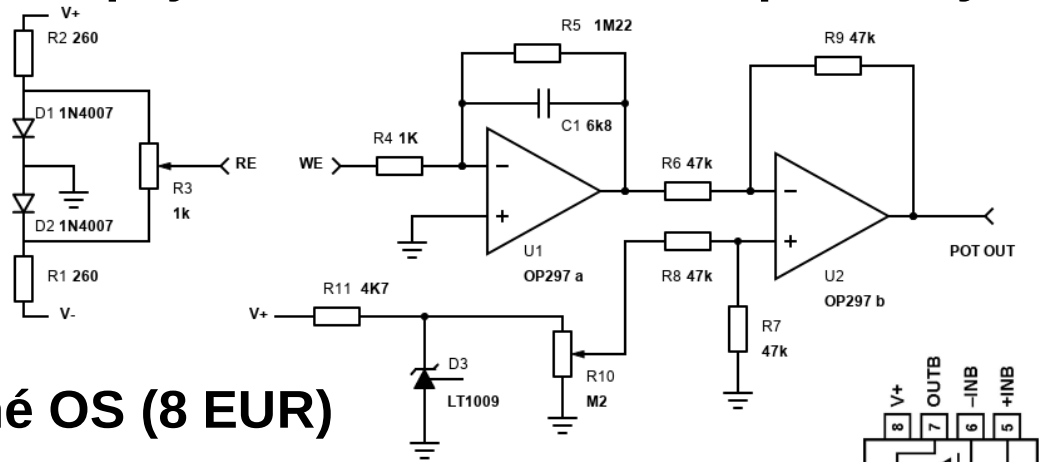


Složky obvodu

- běžný elektrický obvod obsahuje tyto základní prvky:
- **zdroj** – poskytuje vstupní energii
- **přístroj** - slouží k ovládání obvodu (vypínač) nebo jeho ochraně před poruchovými stavy (pojistka)
- **vedení** - slouží k přenosu elektrické energie od zdroje k spotřebiči, tvořeno dvěma či více vodiči navzájem oddělenými izolantem
- **spotřebič** - mění elektrickou energii na energii výstupní (např. světelnou v případě žárovky či LED diody nebo pohybovou v případě motoru)
-
- pro zakreslení elektrického obvodu slouží **schémata**, ve kterých má každá část, tzn. každý elektrotechnický prvek, svou značku

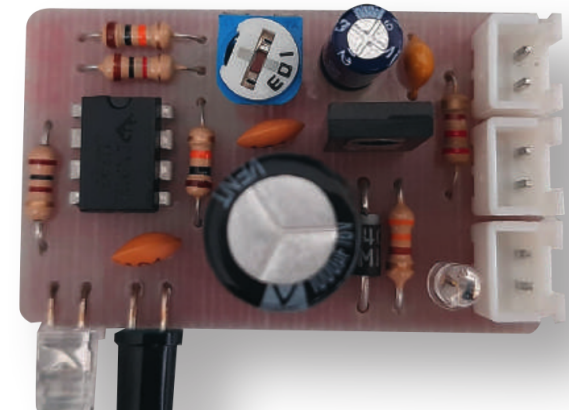
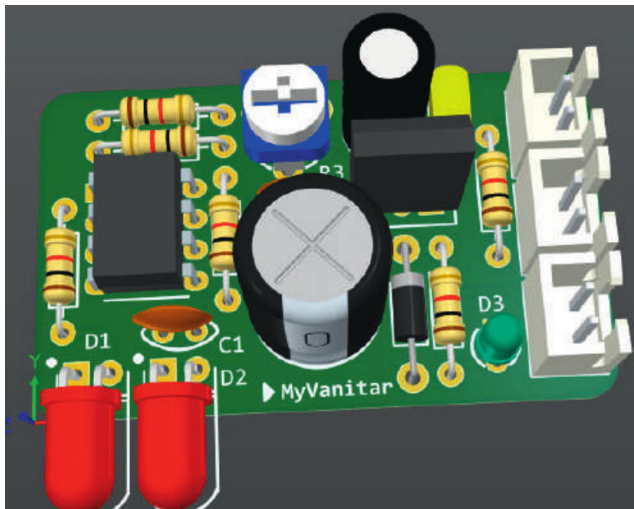
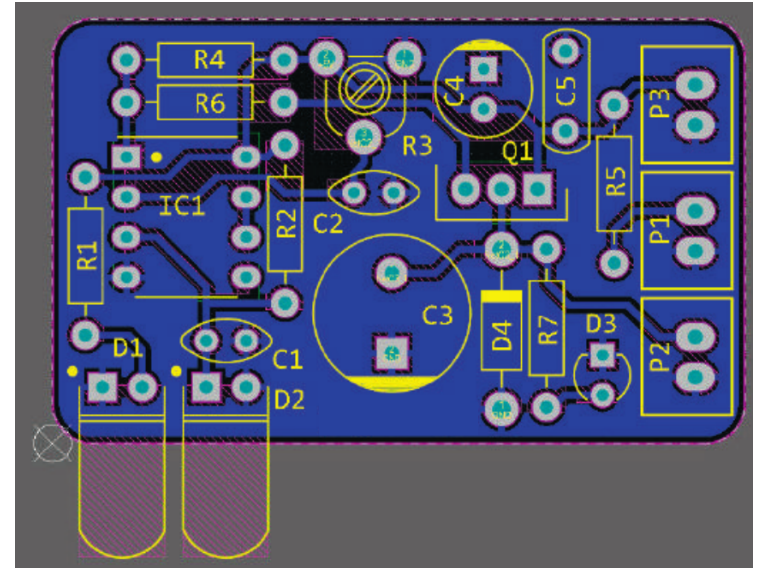
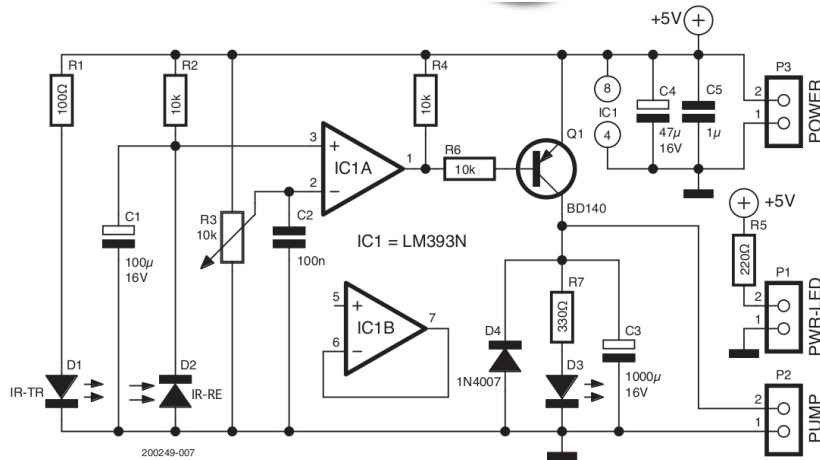
Vytváření schémat

- než něco začneme vytvářet, je dobré si to předem naplánovat – nakreslit si schéma
- www.digikey.cz/schemeit/ ... on-line platforma s bohatou zásobou různých součástek, vytvoření spojů, komentáře, seznam potřebných komponent pro nákup
- export jako PNG
-
-
-
-
- **Fritzing** – aplikace pro různé OS (8 EUR)
- více “obrázkové” navrhování



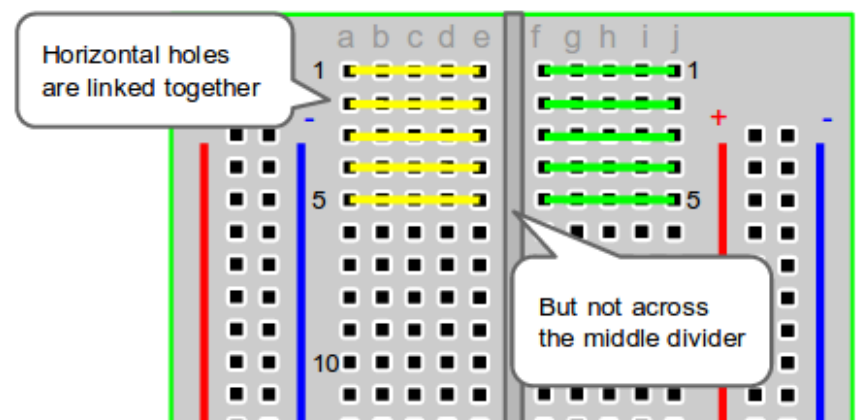
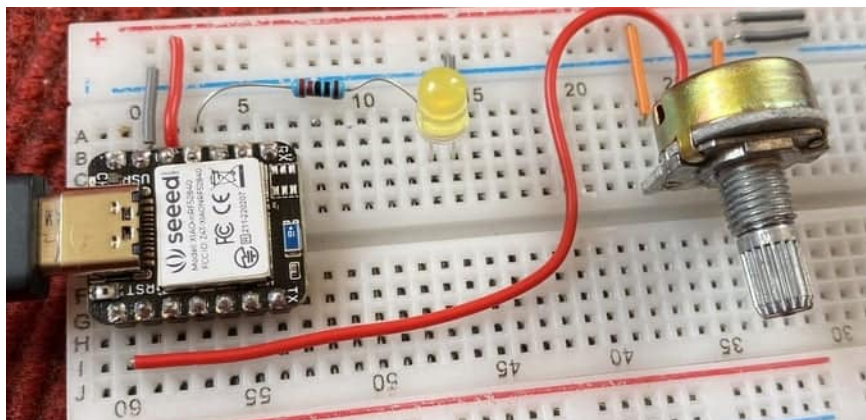
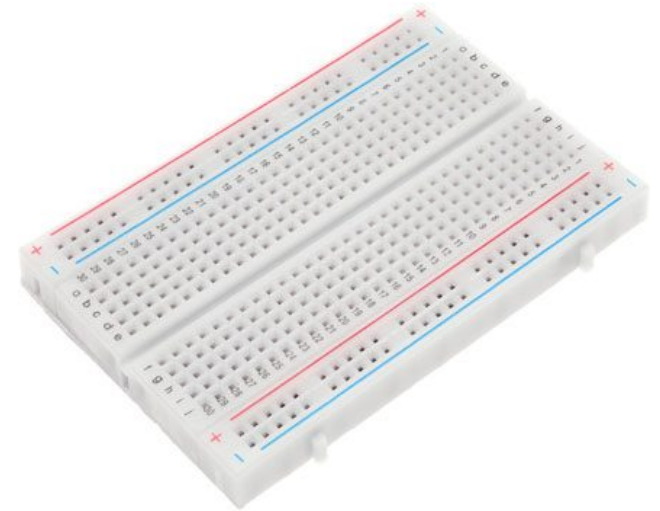
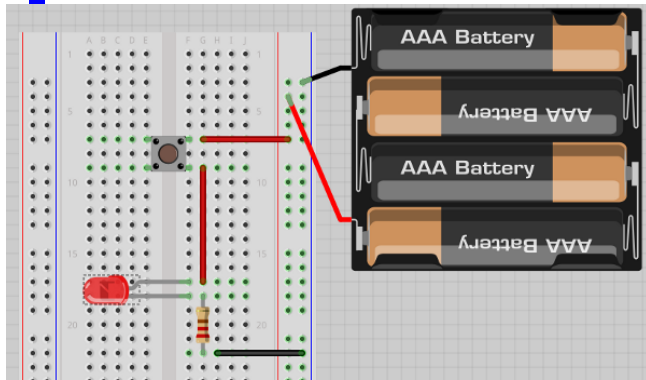
a dál k návrhu spojů

- <https://easyeda.com/editor> (electronics design automation)
- on-line návrh schématu, volba komponent, simulace funkce obvodu, návrh a úprava plošného spoje, zadání do výroby



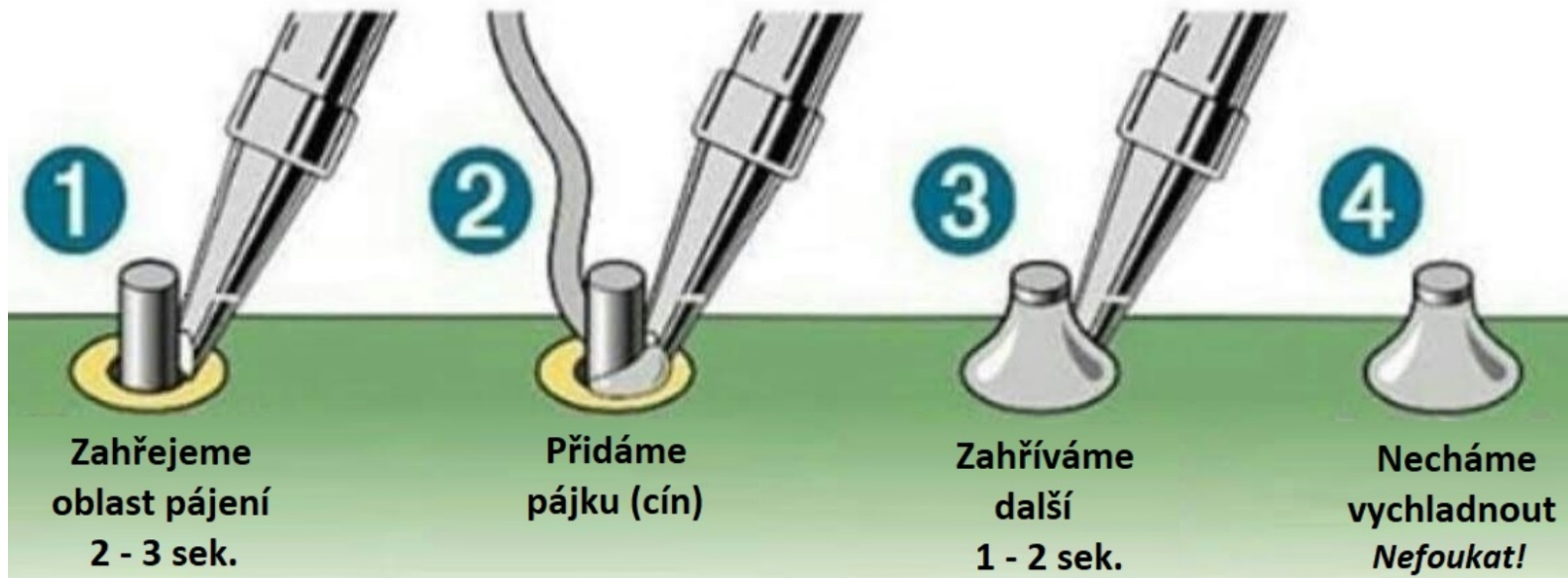
Propojování komponent

- provizorně – jednorázová konstrukce, ověření zamýšlené funkce, prototypování, rozebíratelné
- **breadboard** – destička s dírkami, které mají vespod kontakty a jsou propojeny v rámci řad nebo sloupců, lze tam zastrkovat součástky, moduly, vodiče apod., není nutné pájet



Pájení

- elektrické zahřátí cínové pájky ji roztaví a tavenina se spojí s vývodem i pájecím bodem – trvale a spolehlivě



Další informace

-
- **<https://e-manuel.cz/> On-line učebnice fyziky pro gymnázia**
- **Simon Monk: Hacking electronics, 2017, 305 stran.**
 - 📖 **Stručný úvod do elektroniky, základních součástek a prvních triviálních experimentů, včetně různých mikrokontrolerů.**
- **Martin Malý: Hradla, volty, jednočipy. Úvod do bastlení 2017, 514 str.**
 - 📖 **Od primitivních základů postupně až ke složitějším příkladům s různými mikrokontrolery, zopakování logických operací, principy sensorů – vždy včetně vysvětlení.**