

Testování tranzistorů

PhDr. Mgr. Jeroným Klimeš, Ph.D. 2023-07-28



Obávám se, že až dokonce života budu rozumět lépe kolotočům než tranzistorům. Náskok kolotočů bych však chtěl poněkud umenšit i tímto amatérským povídáním o testování tranzistorů.

Tranzistory jsou elektronické součástky, které mají nejružnější podobu, jak se můžete přesvědčit pohledem na obrázek vlevo. Spojují je dvě věci: Vždy mají tři vývody a jen velmi málo se podobají kolotoči. Abychom pochopili, jak

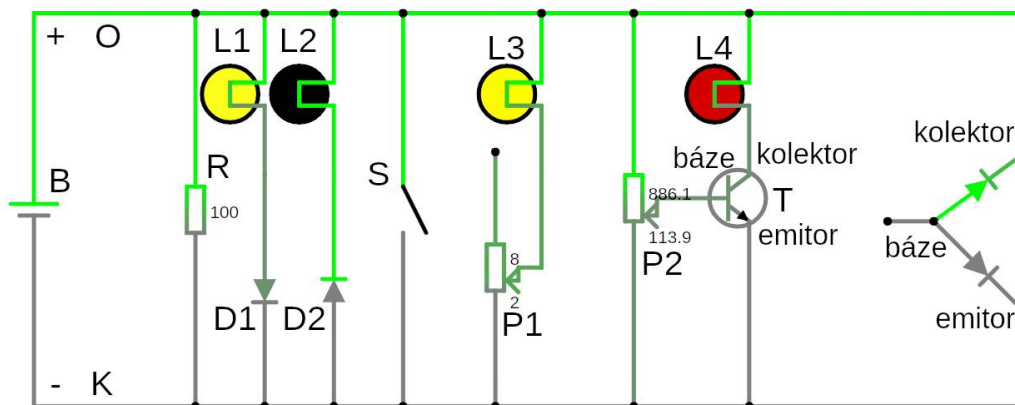
funguje tranzistor, tak je třeba si napřed vysvětlit, co je to odpor.

Odpor je součástka, která klade odpor elektrickému proudu, stejně jako ucpané potrubí klade odpor vodnímu proudu.

Elektrické napětí se vyjadřuje ve voltech [V] a je napsané na každé baterce či spotřebiči, např. baterky mají většinou 1,5 voltu, adaptéry na mobily zase 5 V. Napětí odpovídá výšce vodojemu, ze kterého teče voda v potrubí. Čím vyšší vodojem, tím vyšší tlak v potrubí, viz atypický vodojem na obrázku vlevo. Čím vyšší tlak v potrubí, tím více vody proteče i ucpaným potrubím. Stejně tak čím vyšší napětí, tím větší elektrický proud se prorve elektrickým odporem. To je vlastně význam Ohmova zákona $R=U/I$ (odpor rovná se napětí děleno proud).

Hydraulický odpor potrubí můžeme lehce řídit pákovou baterií či kohoutem. Elektrický kohout neexistuje, ale obdobnému zařízení, které plynule mění elektrický odpor, říkáme potenciometr nebo reostat. Je to třeba kolečko, kterým nastavujeme hlasitost rádia. Jak kohout, tak potenciometr ovládáme údy.

Elektrický odpor můžeme řídit i elektronicky. Odporu, jehož velikost můžeme měnit a řídit elektricky, se říká tranzistor. Je to něco jako elektricky řízený kohout.



1 Obrázek - Různé druhy odporů

Elektrickou baterii B můžeme připodobnit čerpadlu. Čerpadlo čerpá vodu do okapu O (+), odkud voda stéká mnoha rourami dolů do kanálu K (-). V elektrickém obvodu jsou místo molekul vody kladné náboje a místo hadic a rour jsou dráty. Před čerpadlem je podtlak (-), za čerpadlem je přetlak (+), stejně tak je to u baterie.

Na první rourě či drátu je odpor R, tzn. hadice je smáčklá. Nedá se to měnit, je to takto natvrdo nastavené z továrny. Čím větší odpor, tím menší proteče proud elektrických nábojů. Stejně tak platí, čím pomalejší prodavač, tím větší fronta napjatých a netrpělivých zákazníků se u něho nahromadí. Tedy i čím větší elektrický odpor, tím větší elektrické napětí na něm naměříme.

Na druhém a třetím drátu jsou diody. To jsou v podstatě jednocestné ventily jako máte na zahradní hadici. Voda skrz ně teče jen jedním směrem. Když je namontujete špatně, tak skrz ně voda neteče vůbec (D2). Tedy toto schéma by fungovalo stejně, kdybychom první diodu (D1) nahradili obyčejným drátem a místo druhé diody (D2) nechali zít prázdnou díru čili rozpojené dráty. (U hadice by musely ty volné konce být ucpané, aby voda necákala všude okolo.) Takto si elektrikáři, elektronici, elektrotechnici, elektromani a elektropytí neustále nahrazují svá složitá schémata za jiná, většinou jednodušší, jak si ještě ukážeme.

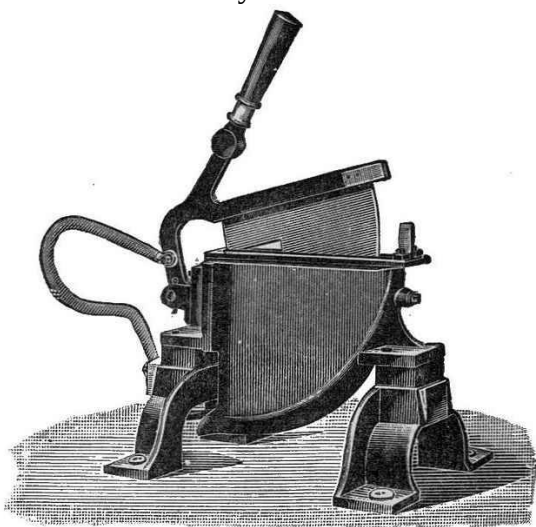
Na čtvrtém drátu je vypínač S. Ten funguje jako západka - buď propustí všechnu vodu, nebo žádnou. Takže má buď nulový, nebo nekonečný odpor.

Na pátém drátu je potenciometr, to je něco jako kohout či páková baterie - ručně si můžeme nastavit, jak silný proud nám má téci žárovkou L3. Proto potenciometr využíváme, když si ručně chceme nastavit hlasitost rádia. Tedy jestliže celý potenciometr má odpor 10 Ohmů, pak šipkou jej můžeme rozdělit na 8 a 2 Ohmy. Potenciometr má tedy také tři vývody - dva krajní a jeden prostřední "šipku", hlavní rozdíl potenciometru od tranzistoru je ten, že potenciometr či rheostat se vždy dá nějak ovládat rukou - posouvat, otáčet ap. Například u šicího stroje nohou ovládáme pedál - potenciometr, který mění rychlost šití.

Každopádně aby se nám rozžářila žárovka či lampa L3, tak potřebujeme velký proud, ergo potenciometr P1 musí klást proudu malý odpor. Tady vidíme, že zapojené jsou pouze dva ohmy. To je hodně malý odpor, takže potenciometr se bude přehřívat a bude muset být hodně velký, aby se stačil uchládit a neroztavil se nám před očima. Sice to hezky čadí, ale leze to do peněz.

Kapalinový rheostaty a kolotoče

Takový rukou ovládaný proměnný odpor - kapalinový rheostat se používal na kolotoče - vzal se kýbl slané vody a do té se pomalu zasouval měděný plech, a tímto proměnným odporem se postupně roztáčel kolotoč. Trošku z toho pravda syčel vodík s kyslíkem, ale co - hlavně že se řetízkač točil a děti mohly ublíknout ve směru tečny.



2 Kapalinový rheostat řízený kolotočářem a kolotočář řízený nikotinismem

Zelenou hvězdou je vyznačen kapalinový rheostat - krabice plná slané vody, do které kolotočář (rudá hvězda) zasouvá měděné pláty a tím mění elektrický odpor, přes který pomalu roztáčí kolotoč. Vzadu stěží přečteme nápis "Grandexpo revue", jenž má s tranzistory už jen málo společného. Vraťme se proto k nim.

Aby se dal ovládat jas žárovky menším proudem a pokud možno ne ručně, k tomu slouží tranzistor (T). To je prostě takový malý kolotočář, co reguluje průtok elektrického proudu z kolektoru do emitru (to je ta hlavní "roura" procházející tranzistorem). Takto tedy dá velmi malým proudem na bázi tranzistoru plynule řídit velký průtok mezi emitrem a kolektorem. Proto si u báze tranzistoru vždy představujeme pomyslného kolotočáře, co řídí otáčení světaběhu, viz video Josefa Diviše v příloze. Vidíte, že čím je nižší napětí na potenciometru P2, tím méně teče proudu tranzistorem, takže žárovka jen slabně rudě žhne. Pro nás je ale hlavní informací, že tranzistor se dá plynule regulovat proudem, co přivádíme na bázi.


Měřák či multimetr

Nejen kolotočář, ale i tranzistor se může porouchat, a tak je třeba vědět, jak ho otestovat. K tomu musíte mít měřák anebo multimetr. Kupte si však jen ten, co má testování baterií. Ten je pro začátečníky nepraktičtější.



3 Obrázek - Měření kvality baterií multimetrem

Měřáky mají dvě sondy černou a červenou. Dáváme si záležet, aby byly správně zapojené. Červená je plus, černá mínus či Com (common, tzn. společná). Ruce jakéhosi úzkonosého savce přiložily sondy k pólům baterie a číslo ukazuje: 1,557 V, takže baterie je v nejlepšímu stavu. Baterky pod 1,2 V vyhodte a ponechejte si ty, co mají napětí vyšší.

Když má měřák testování baterií, pak mívá vždy i testování zkratu a diod: . Symbol zkratu je pískátko. To ukazuje velikost odporu v ohmech, a když je odpor malý, měřák začne podrážděně pískat. To je někdy dobrá zpráva, někdy špatná. To, že teče voda hadicí, také není vždy dobrá zpráva.

I testování diod ukáže na měřáku nějakou hodnotu, ale není to odpor, ale napětí v milivoltech, kdy dioda začíná propouštět proud v otevřeném směru - to nás zajímá při měření tranzistorů a většinou toto napětí jde maximálně do 1 V (do 1000 mV). Když diodu zapojíme opačně, zahlásí měřák nezměřitelné napětí - dioda v opačném směru nevede proud, stejně jako jednocestný ventil na potrubí.

Náhradní schéma tranzistoru

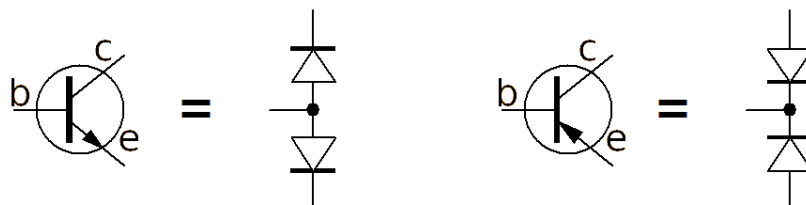
Pro základní představu je vhodné si představit tranzistor jako vodovodní potrubí.



4 Obrázek - Tranzistor jako vodovodní potrubí

Hlavní proud v tranzistoru teče skrze vývody, kterým říkáme emitor a kolektor. Proud většinou, ale ne vždy, teče ve směru šipky, co je na tranzistoru nakreslená. Z boku této velké roury je malá hadička, zvaná báze, co řídí průtok touto hlavní rourou pomocí bázového přechodu jakoby kohoutem.

Už jsme si řekli, že v elektronice neustále zjednodušujeme schémata. Proto si náhradní schéma představíme i při testování tranzistoru.



Při tomto zapojení tranzistor proud nepropouští, protože na odsebejdoucí či ksobějdoucí diody se můžeme podívat jako na dvě ulice s jednosměrkami. Takovou křižovatkou by také žádná auta nemohla jezdit z kolektoru do emitoru. Proud báze má však takovou kouzelnou moc, že obě diody tranzistoru dočasně vymaže, takže proud může téci tranzistorem jak shora dolů, ba i zdola nahoru, jak si ukážeme zcela na konci tohoto článku. Hlavní je si pamatovat, že **proud báze dočasně rozpouští šipku tranzistoru**. Testování tranzistoru je tedy

vlastně testování neprůchodnosti C-E křížovatky a testování jednocestné průchodnosti dvou dílčích diod B → C a B → E u NPN tranzistoru (u PNP jdou šipky opačně).

Máme tranzistor s třemi vývody a nevíme, jestli je v pořádku. Co teď?

V nouzi nejvyšší sáhne po měřáku a zapneme popsané testování diod.

1) Najdeme vývody tranzistoru, které nevedou v žádném směru. To jsou emitor a kolektor, viz schéma.

Pravidlo "palce" říká, že **kolektor je většinou, ne však vždy, prostřední vývod na tranzistoru**, takže od toho začínáme testovat, a hledáme k němu druhý vývod, se kterým kolektor není vodivý v obou směrech. Zkusíme to zkrátka jedním směrem, když to nevede, tak vyměníme na vývodech červenou a černou sondu. Pokud spojení opět nevede, tak víme, že jsme našli emitor a kolektor.

2) Třetí vývod by měl vůči těmto nalezeným dvěma vývodům vést vždy v jednom směru - to je báze. Teď je otázka, co je kolektor a co emitor. Jsou to v podstatě dvě podobné diody. Proto platí pravidlo:

3) **Emitor je ten vývod, který má větší úbytek napětí v dopředném směru k bázi či od báze (záleží na typu tranzistoru).**

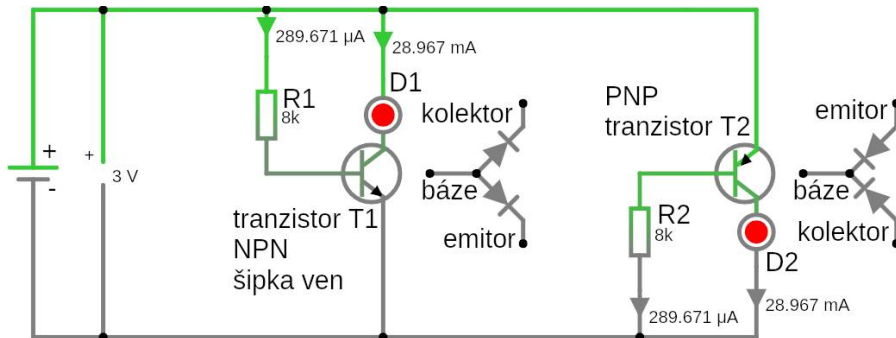
Změříme diodový přechod báze druhý vývod - 758 mV.

Změříme diodový přechod báze třetí vývod - 775 mV. Tedy toto je emitor, protože na něm je větší napětí než předchozím přechodu.

Pokud něco s třemi vývody nemá popisované vlastnosti, tak to buď není tranzistor, nebo je to porouchané, nebo obojí. Tak jako tak už nám to nedělá žádnou radost.

4) Uvedeným měřením též **zjistíme, jestli se jedná o tranzistor PNP, nebo NPN**, šipka ven.

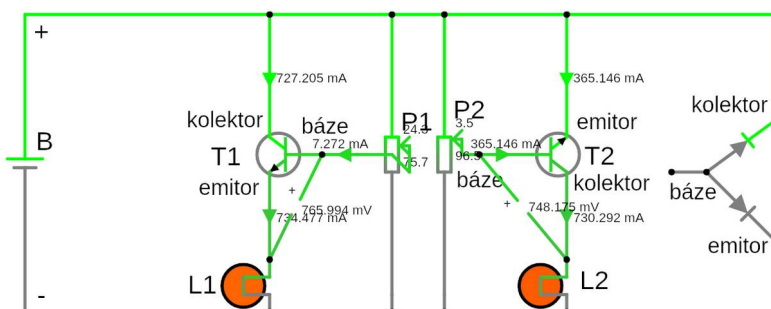
Víme, že báze je vodivá k emitoru či ke kolektoru jen jedním směrem. Jestliže je báze vodivá, když je na ní černý drát, černá sonda, tak držíme v ruce tranzistor PNP. Pokud je báze vodivá, když je na ní červený drát, tak je to NPN, co má šipku ven. Šipka totiž směřuje od plus k mínus a naznačuje, jak by asi tekla voda z okapu do kanálu, tzn. od plus k minus.



5 Schéma - zapojení tranzistorů NPN a PNP se společným emitorem

Tato dvě zapojení dvou tranzistorů mají společný emitor - zjednodušeně řečeno, mohu přejít od emitoru T1 k emitoru T2 a nemusím překonávat žádný odpor. Ideální zdroj totiž neklade proud ve směru od mínus k plus žádný odpor - proud nábojů naopak urychluje, podobně jako čerpadlo. Aby tranzistor vedl musíme na bázi přivést proud. U NPN, musíme na bázi přivést proud zeshora, protože šipka odvádí náboj pryč z báze. Naopak u tranzistoru PNP musíme náboj z báze neustále odvádět pryč dolů do "kanálu", protože ho tam neustále hromadí šipka emitoru. V obou případech ale proud báze rozpustí šipku a tranzistor se mění v odpor, kterým může proud procházet libovolným směrem.

Pro nevěřící Tomáše - dvojí zapojení NPN tranzistoru



6 Schéma - funkční zapojení tranzistoru NPN v závěrném směru

Jakmile se přivede bázi proud do tranzistoru, rozpustí se šipky či diody a tranzistor funguje jako odpor. Ale kolektorový a emitorový přechod nemají stejné vlastnosti, převrácené zapojení má mnohem menší zesilovací koeficient (β). V levém zapojení zesiluje přibližně 100x (kolektorový versus bázev proud), zatímco v pravém

jen dvakrát (kolektorový versus bázový proud). Zajímavé na tom ale je, že je to vůbec funkční. Když jsem poprvé viděl, že má proud téci proti směru emitorové šipky T2, tak jsem si myslel, že je to chyba tisku...

Exkurz místo závěru: Proč se říkalo šumícím rádiím tranzistorák?

Jeden známý astronom si kladl otázku, proč se máslovému chlebíčku říká máslový, když nemá s máslem nic společného. Dospěl k názoru, že se mu říká máslový chlebíček, protože si ho můžeme namazat máslem. Podobně bychom mohli říci, že rádiu se říká tranzistorové rádio, protože si do něho můžeme zapíchnout tranzistor. Není to však úplně pravda.

Toto označení pochází z dob, kdy se zesilovací prvky v rádiích počítaly na prstech jedné ruky. Rádía byla dvoulampovky, trojlampovky ap. Pak přišla rádía, co na sobě měla nápis, že mají 7 tranzistorů. Dnes mají MP3 přehrávače v sobě tisíce tranzistorů, takže jich tam je už nepočítaně. Z těchto dob zůstalo označení tranzistorák.
https://www.frau.cz/tranzistorak/

Literatura

Střední průmyslová škola Mohelnice má velmi hezká videa od ing. Jozefa Diviše:

<http://old.spsemoh.cz/vyuka/zel/video/tranzistor-01.mp4>

Do problematiky tranzistorů jsem se trochu dostal díky knize "**Dioda, tranzistor, tyristor názorně**". Přes mírné nepřesnosti je to pro začátečníky dobré uvedení do problematiky.

<https://uloz.to/file/xe1H9aXX2/dioda-tranzistor-a-tyristor-nazorne-pdf>

Pro ještě větší začátečníky doporučuji knihu od **Emila Holana: Jiskra, která dobyla světa**. Dokáže zaujmout i ženy všeho věku. <https://uloz.to/file/QIchrC7LSG4s/holan-emil-jiskra-ktera-dobyla-sveta-pdf>

Simulátor obvodů (**circuit simulator**), díky kterému vznikly uvedené obrázky, naprogramoval Paul Falstad: <http://www.falstad.com/>.

Off-line verzi jsem si stáhl ze stránky: <https://github.com/SEVA77/circuitjs1/releases/tag/1.2.3>