

ETC – Embedded Technology Club

setkání 4, 3B 30.10. 2018

zahájení třetího ročníku

**Katedra měření, Katedra telekomunikací,
ČVUT- FEL, Praha**

doc. Ing. Jan Fischer, CSc.

Náplň

Všichni -dokončit a oživit kit F0 – Lab

Seznámit se s funkcemi F0- Lab, voltmetr, generátor, osciloskop dle minulé prezentace

Zavést dokumentaci (sešit FEL z oddělení PR FEL), nosit sešit na ETC, **schémata, záznamy, hodnoty, výpočty**. Záznam toho, **co se řešilo**. Vlastní poznámky, problémy s úlohami, náměty.

Měření neznámých odporů, hodnota referenčního odporu **10k** (upřesnit a změřit multimetrem).

VA charakteristika červené LED, dynamický (diferenciální odpor), napětí v předním směru zelené LED a Si diody, porovnat výsledky.

Měření odporů

Měření neznámých **odporů** , hodnota referenčního odporu **10k** (upřesnit a změřit multimetrem). **Srovnávací metodou** pomocí F0-lab **měřit** další **odpory** (hodnoty označené 68 k, 22 k, 470 a další).

Vypočíst hodnoty, zapsat, porovnat s výsledky určenými měřením multimetrem. Určit relativní odchylku – chybu- měření .

R_X Změřená hodnota – pomocí F0-Lab)

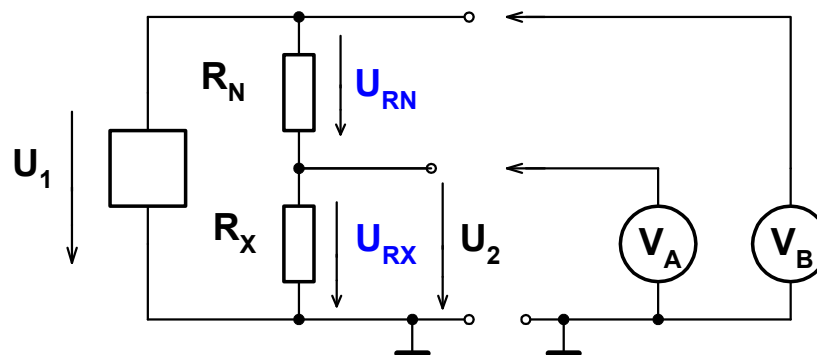
R_S Správná hodnota – v pomoci „ přesného“ multimetru)- ?

Rozdíl (absolutní chyba) $\Delta R_X = R_X - R_S$

Relativní chyba $\delta_R = \frac{\Delta R_X}{R_X}$

Odporový napěťový dělič a poměrové měření odporu

R_N – známý odpor, R_X – neznámý odpor
oběma rezistory protéká stejný proud I_R



$$R_X = R_N \frac{U_2}{U_1 - U_2}$$

Pozn.: Tento způsob poměrového měření odporu - je využit při měření odporu pomocí F0 - Lab

Měření diod

VA charakteristika diody – LED červená, změřit charakteristiku červené LED v několika bodech, vynést graf, určit diferenciální – dynamický odpor R_D ve zvoleném pracovním bodu $I_F = 2 \text{ mA}$.

Zapsat velikost napětí U_F při proudu $I_F = 2 \text{ mA}$ při „mírně“ jiném proudu.

$$R_{\text{dif}} = \frac{\Delta U_L}{\Delta I_L}$$

(U_F , I_F napětí, proud v předním , to je propustném směru)

**Změřit napětí U_F na zelené LED a Si diodě při proudu $I_F = 2 \text{ mA}$.
Zapsat a porovnat hodnoty U_F .**

Měření VA charakteristiky LED a Si diody

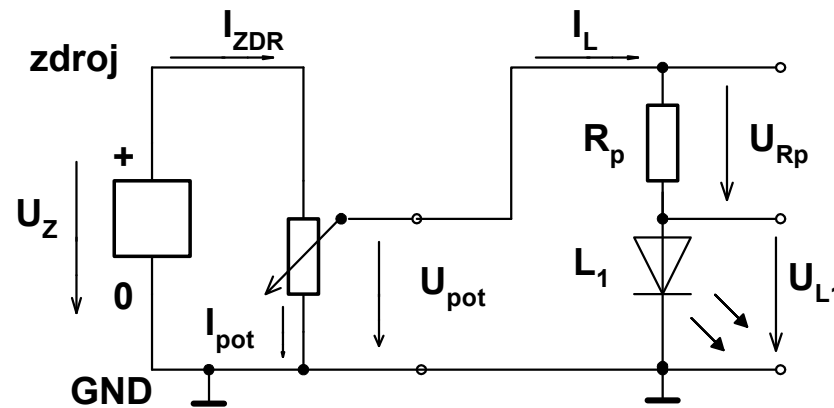
Změřit VA charakteristiku červené LED a Si diody tak, aby bylo možno určit **prahové napětí diod** a načrtnout charakteristiku, určit U_L při $I_L = 2 \text{ mA}$

Trimr použít jako **nastavitelný zdroj** napětí U_{POT} napájený ze zdroje 5V nebo **3,3 V**, vnitřní odpor zdroje R_V ,

(Při měření pomocí F0- Lab **STM32F042** použít napájení **pouze +3,3 V**), aby se nepřekročilo povolené max. napětí na vstupu procesoru

Trimr $R_T = 5 \text{ k}$,
 $R_p = 470$

$$R_{\text{dif}} = \frac{\Delta U_L}{\Delta I_L}$$

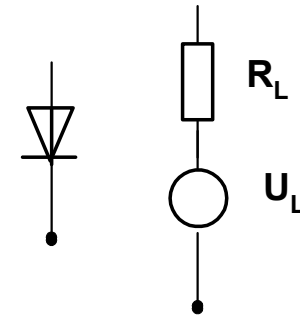


Charakteristika LED LT1871- 81 firmy Ledtech

Příklad lin. náhrada pro malé proudy $R_D = 42 \Omega$, $U_d = 1,55 V$

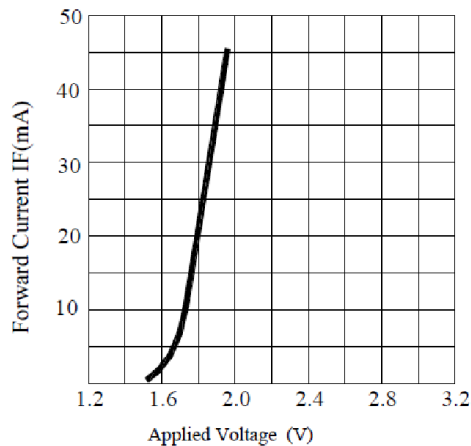
Pro větší proudy $R_D = 30 \Omega$, $U_d = 1,65 V$

$$R_D = \frac{0,2V}{45 mA - 15 mA} = 6,6 \Omega$$

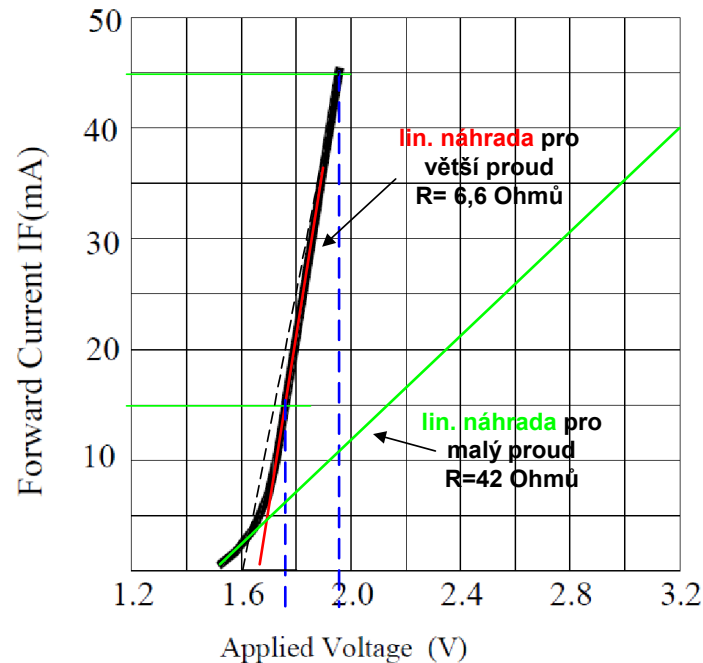


celkově postačí zjednodušení

$R_D = 8 \Omega$, $U_d = 1,60 V$



FORWARD CURRENT VS.APPLIED VOLTAGE



FORWARD CURRENT VS.APPLIED VOLTAGE

Fototranzistor

Fototranzistor – fotocitlivý prvek

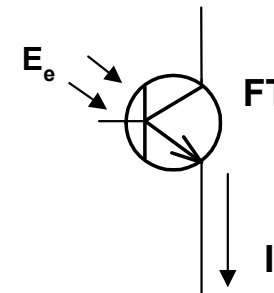
Funkce obdobná jako **tranzistor**, **avšak proud do báze je generován světlem („fotoproud“)** dopadajícím na **PN přechod kolektor – báze** fungující jako fotodioda.

Zesílení fotoproudu (foto)tranzistorem

Fototranzistory PT204 - 6C, **FYL-5013SRC1C** ;výrobce FORYARD – používáme jej, a další mají pouze dva vývody **Kolektor** a **Emitor**

Čiré (průhledné) pouzdro, průměr 3 mm
(vypadá jako LED)

Kolektor označen – ploška na pouzdře **u vývodu kolektoru**, u nové součástky je kratší vývod kolektoru



Fototranzistor – charakteristiky

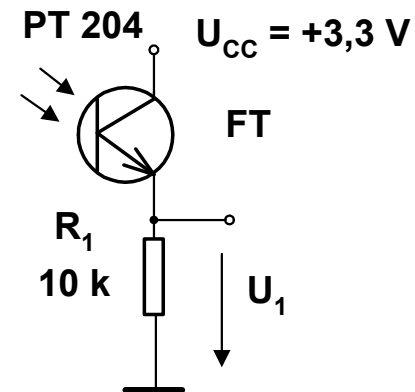
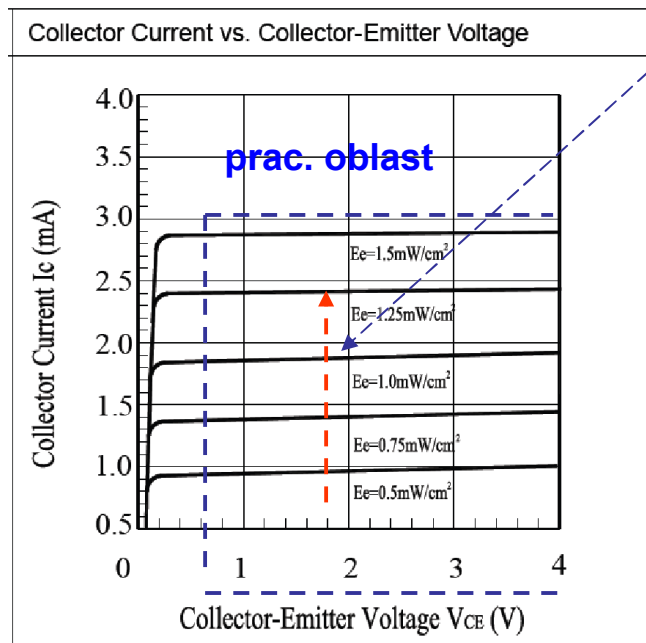
I_{FOT} – je úměrný intenzitě ozáření E_e

Zesílení fotoproudu tranzistorem $I_C = h_{21E} \cdot I_{\text{FOT}}$

Charakteristiky fototranz. – parametrem je **intenzita ozáření E_e**

FT – z hlediska uživatele – jako **zdroj proudu řízený světlem**

Aby FT pracoval v lin. oblasti – řízení proudu světlem, musí být na něm napětí větší než $0,5 \div 1$ V.



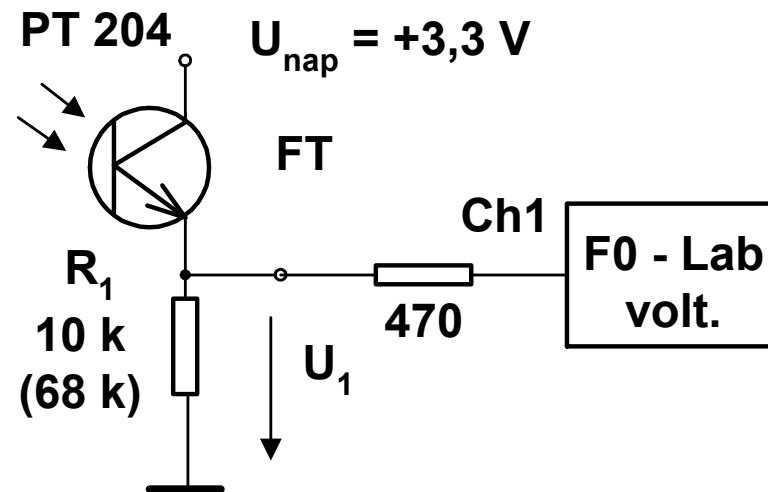
Fototranzistor a jeho zapojení do obvodu

Fototranzistor – jako zdroj proudu řízený světlem
převod proudu na napětí pomocí rezistoru R_1 .

Realizace obvodu, který bude vyhodnocovat velikost okolního osvětlení, měřit pomocí voltmetru v F0-Lab

Napájení z +3,3 V

(Změnu osvětlení fototranzistoru realizovat zakrýváním)

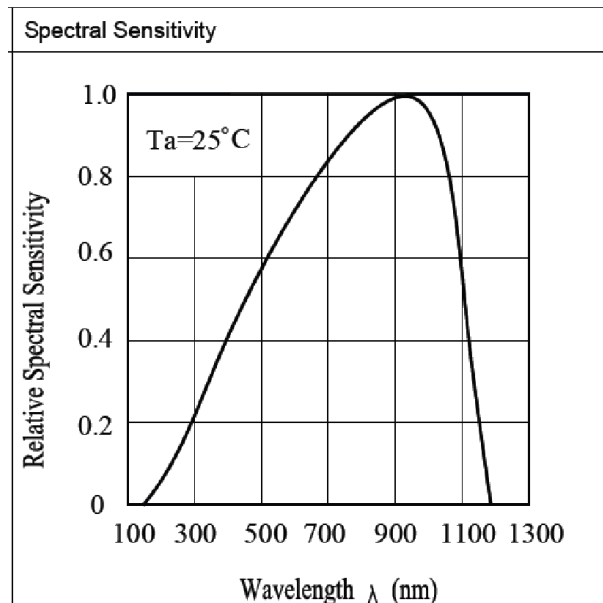


Fototranzistor, spektrální charakteristiky citlivosti

Fototranzistor – v čirém pouzdře citlivý na viditelné světlo a blízké infračervené záření (světlo – vlnové délky 380 až 780 nm)

Úprava citlivosti – **infra filtr, zadržující viditelné složky záření (světlo)**.
Jak se pozná – použito **tmavé pouzdro** nepropouštějící světlo. Dále v textu označíme zkráceně jako **Infra-fototranzistor**

PT204 – čiré pouzdro



BPV11F – infra propustný filtr

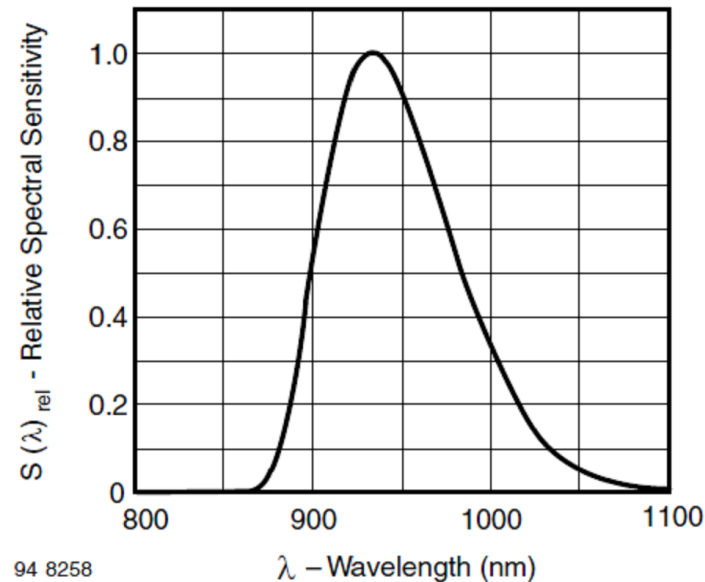


Fig. 10 - Relative Spectral Sensitivity vs. Wavelength

Fototranzistor

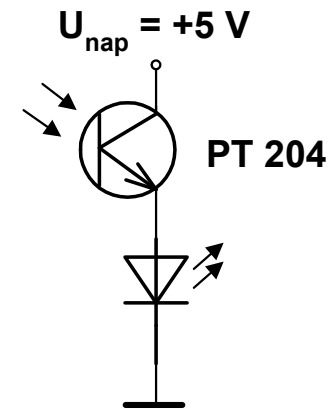
Fototranzistor PT204, jako **senzor okolního osvětlení** (ne přímo do světla)

Napájení + 5 V (pokud se měří multimetrem),
jinak napájení + 3,3 V (měření pomocí F – Lab)

(ochranný rezistor 470 Ohmů)

měřit napětí (voltmetr a funkce „*show recording*“
a pak záznam průběhu

napětí při odkrývání a zakrývání



Vzdálená indikace světla, fototranzistor
řídí proud LED (proud je malý?),

LED svítí slabě

(legenda, proč indikace, N.Bor, „*je venku světlo?*“)

Pozn. PT204-C má na sobě čočku, která
způsobuje úzkou směrovou charakteristiku.

Velikost proudu fototranzistoru proto záleží na jeho nasměrování.

Informace

Další části jsou pro pokročilé účastníky ETC, kteří jsou v předstihu.

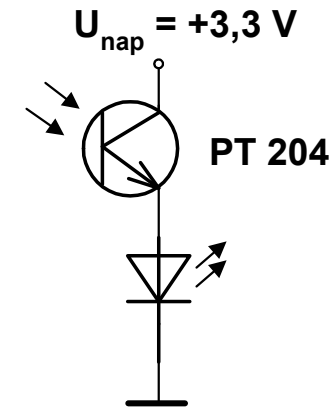
Zesílení proudu fototranzistoru

Jednoduchá zapojení – indikace osvětlení

fototranzistoru s využitím LED;

proud fototranzistoru je malý

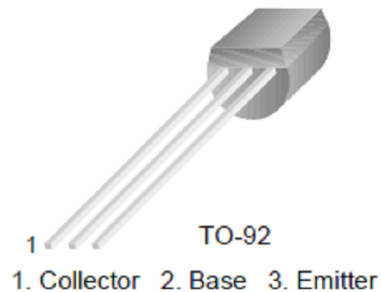
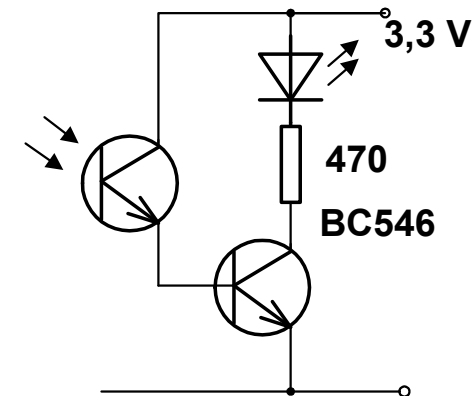
– téměř nerozsvítí LED



Zesílení proudu fototranzistoru **proudovým zesilovačem** s tranzistorem **BC546**

ale - **příliš velké zesílení,**

LED svítí **stále** (i za šera).. *Jak řešit?*



Tranzistor, stejnosměrný zesilovací činitel

Zesílení proudu tranzistorem NPN typu **BC546**

stejnosměrný zesilovací činitel h_{21E} (také označ. β)

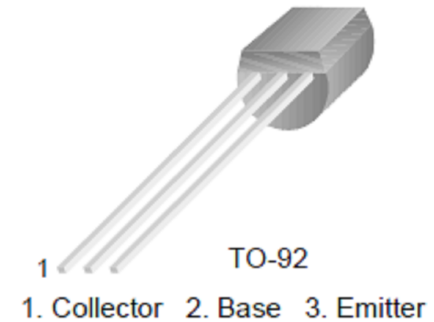
Určit h_{21E} (β) použitého **tranzistoru BC546**

spínač. **OFF**, ? proud kolektoru $I_C = 0$

TI. **ON**, ? změřit proud kolektoru I_C

Změřit napětí U_{BE} (báze - emitor)

$$h_{21E} = \frac{I_C}{I_B}$$

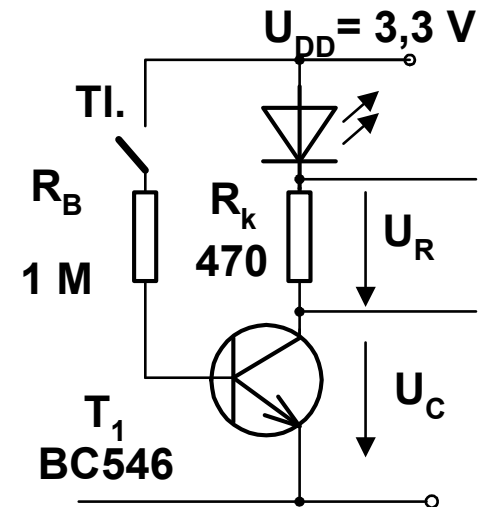


Jak se určí velikost proudu báze I_B ?

Napětí **Báze - Emitter** $U_{BE} = 0,6$ až $0,7$ V

Podobně, jako na Si diodě v předním směru

$$I_B = (U_{DD} - U_{BE})/R_B$$



Tranzistor

Bipolární tranzistor NPN

Elektrody **B** = báze, **C** = kolektor, **E** = emitor

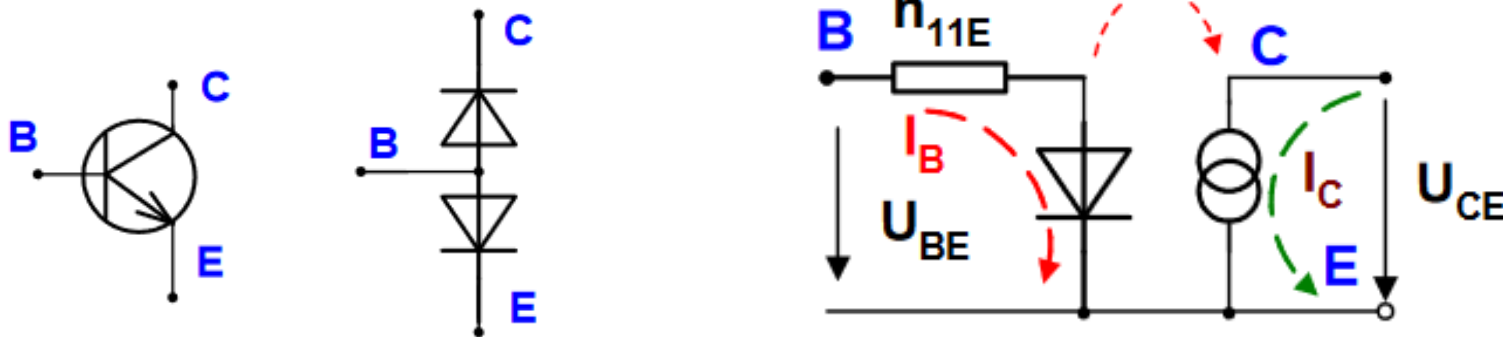
Schématická značka NPN tranzistoru a jeho diodový model

Tranzistor – zdroj proudu řízený proudem

Zjednodušené náhradní schéma pro zapojení se **společným emitorem – SE**
(emitor připojení na společný vodič – zde na zem)

H – parametry – parametry náhradního schématu zapojení SE

Zjednodušení, jen par. h_{11E} a h_{21E}
(zanedbání parametrů h_{12E} a h_{22E})



Parametry tranzistoru BC546

Závislost I_C na proudu I_B

Pod $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$ proud bází neteče

Kolektorové charakteristiky

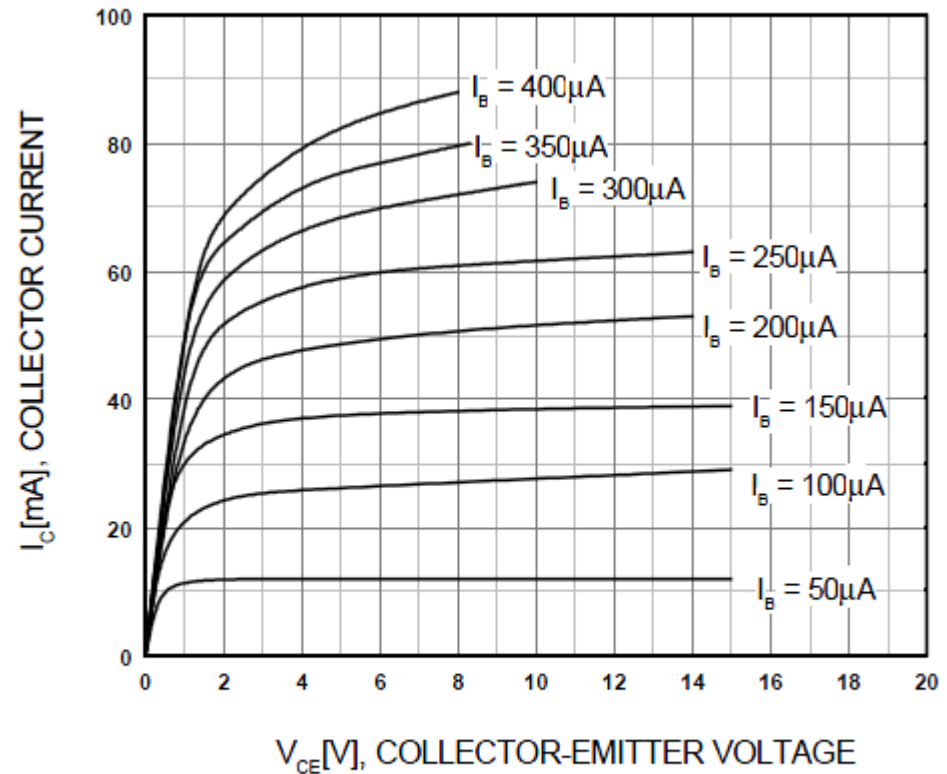
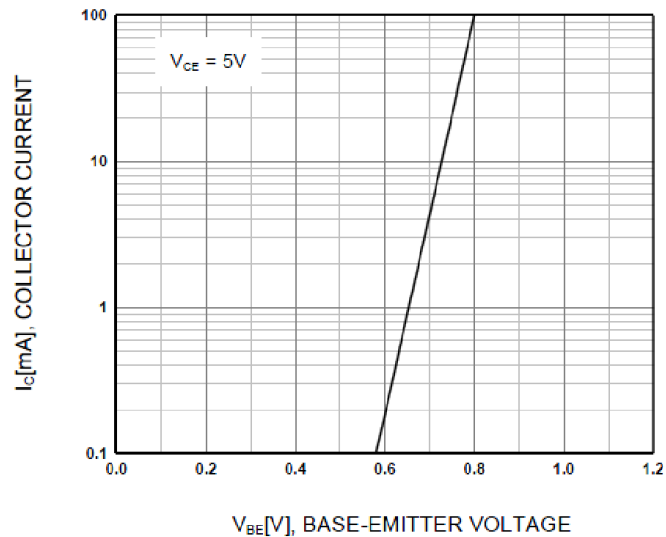


Figure 1. Static Characteristic

Tranzistor – měření odporu kůže – *detektor lži*

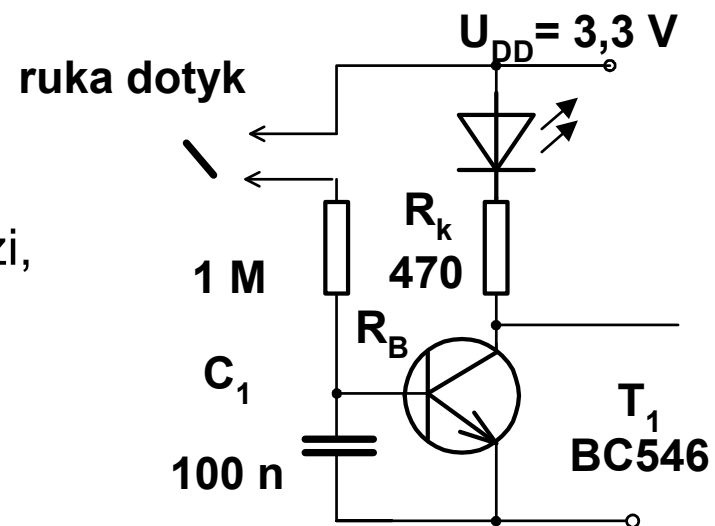
Experiment – přerušit obvod s rezistorem R_B a uzavřít obvod přes prsty ruky nebo i přes obě ruce (odstranit tlačítko) – LED bude svítit podle odporu kůže. Je možno uzavřít obvod i přes dvě osoby (viz. „vyděržaj pioněř“) a indikovat dotyk osob.

Poznámka: Rušivé signály ze sítě 50 Hz („brumy“), které mohou vzniknout při dotyku ruky v místě, kde bylo tlačítko, lze odstranit; připojit keramický kondenzátor 100 nF (mezi bází a emitor T_1), který slouží pro filtraci rušivých signálů

Pozn. Jaká je časová konstanta filtru realizovaného RC článkem 1M, 100nF ?

Co se stane při **dotyku prstu** (jen) na bázi, pokud odpojíme C1 („anténa“)?

Vyzkoušejte „detektor podání ruky“



Zesílení proudu fototranzistoru tranzistorem NPN

Zesílení proudu fototranzistoru

Pomocí BC546 – příliš velké zesílení.

Pomocí rezistoru R_b – omezení

Pro $I_{Fot} \times R_b < 0,6 \text{ V}$ proud

fototranzistoru teče pouze do rezistoru R_b

Volba R_b – nastavení **prahu**

Počáteční volba $R_b = 10 \text{ k}$,

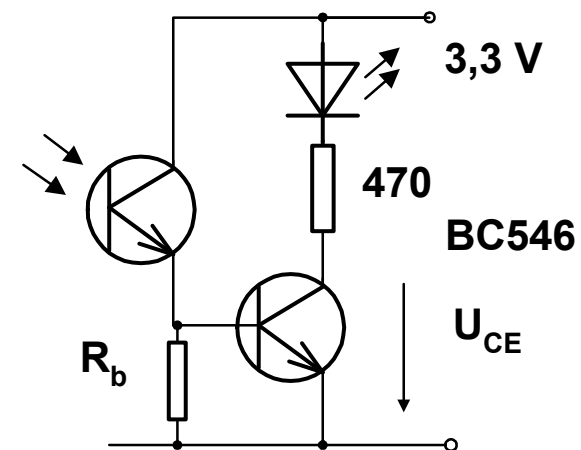
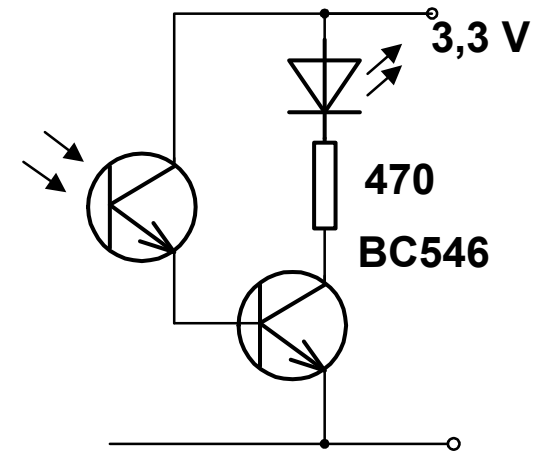
(Pokud nestačí 10K , použít samotný odporový trimr 5 k jako proměnný odpor) nastavit, až LED spolehlivě zhasne při zaclonění závory)

Další růst I_{Fot} – zesílení proudu, saturace tranzistoru

U_{CE} – desetiný voltu

Funkce jako dvojhodnotového snímače

Využít pro optickou závoru



Vložená informace – doplňkový výklad pro samostudium

Tranzistor BC546C má typickou hodnotu parametru $h_{21E} = 400 - 600$, tedy zesílení proudu bude stejné, cca 500x. Proud fototranzistoru LL-304PTC4B-1AD velikosti **1 uA** po zesílení způsobí proud LED cca **0,5 mA**, což způsobí znatelný svit LED. Pro proud fototr. 1 uA lze z grafu odhadnout $E_{e1} = 0,001 \text{ mW/cm}^2 = 10 \text{ mW/m}^2$. To je malá intenzita ozáření, která je v normálně osvětlené místnosti vždy překročena. Pro zhasnutí LED se musí fototranzistor důkladně zakrýt. Takovýto senzor pro nás tedy má příliš velkou citlivost.

Použití rezistoru R_B způsobí, že až LED nebude svítit, pokud napětí na bázi BC546 bude menší než do napětí cca 0,6V. Tedy součin $I \cdot R_B$ musí dosáhnout 0,6 V (Ohmův zákon). Volbou velikosti $R_B = 0,6 \text{ V} / I$ se nastaví práh proudu, pod kterým LED nebude svítit.

Tedy např. použití $R_B = 10 \text{ k}$ nastaví práh na 60 uA. Z grafu se odhadne a následným výpočte určí potřebná intenzita ozáření fototranzistoru jako $E_{e2} = 60 \text{ uA} \times 0,5 \text{ (mW/m}^2) / 0,5 \text{ mA} = 0,6 \text{ W/m}^2$, což je **600 x** větší hodnota oproti E_{e1} .

Další nárůst proudu fototranzistoru, např. o 5 - 10 uA, způsobí nárůst proudu báze a následně i prudký nárůst zesíleného proudu kolektoru, čímž vzroste úbytek napětí na rezistoru 68 k. Tím poklesne napětí na kolektoru tranzistoru až na desetiny voltu – tranzistor bude sepnut. Tento blok lze tedy využít jako zjednodušený jednoduchý dvouhodnotový snímač osvětlení a jeho výstup může být napojen na logický vstup mikrořadiče.

Výpočty výše pro názornost využívají zjednodušené náhrady chování tranzistoru

