

Wdh. AB-Endstufen

$$r_e \approx \frac{R_1}{2}$$

Der Widerstand R_1 kann durch eine Stromquelle ersetzt werden. Er ist zuständig für das Einstellen des Diodenstroms.

Beispiel:

$$\begin{aligned} r_e &= \frac{\Delta u_e}{\Delta i_e} = \frac{9V}{305\mu A} \approx 29k\Omega \\ &= r_{BE} + \beta \cdot (R_E + R_L) \xrightarrow{r_{BE} \text{ vernachlässigen}} \beta \cdot (R_E + R_L) \\ &= 124 \cdot (22\Omega + 220\Omega) \approx 30k\Omega \end{aligned}$$

Transistor als Konstantstromquelle:

Funktionsweise:

- R_1, R_2 stellen den Arbeitspunkt ein

$$U_{R2} = U_{BE} + U_{RE} \text{ mit } U_{RE} = I_E \cdot R_E \approx I_C \cdot R_E, I_C = \beta \cdot I_B$$

$$\rightarrow U_{R2} = U_{BE} + \beta \cdot I_B \cdot R_E$$

- I_C ist konstant (weil I_B konstant). Dabei kann der Widerstand R_L (in der Grundsaltung ist dies R_C) variiert werden

Prinzip der Stromquelle:

- Liefert immer einen Konstanten Strom, egal, wie stark sie belastet wird
- Beispiel:

$$R_L = 1\Omega \rightarrow U_{RL} = 9mV$$

$$R_L = 1M\Omega \rightarrow U_{RL} = 9000V$$

Zusammenhang zur Ausgangskennlinie:

- wenn $U_{CE} > U_{CEsat}$, ist I_C weitestgehend linear

$$U_B = U_{RC} + U_{CE} + U_{RC}$$

$$U_B = I_C \cdot R_L + U_{CE} + I_C \cdot R_E$$

- es wird nur R_L variiert, dadurch verändert sich U_{CE} zwischen U_{CEsat} (großes R_L) und U_B (kleines R_L)

- bei maximalem R_L gilt:

$$U_B = I_C \cdot R_{Lmax} + U_{CEsat} + I_C \cdot R_E$$

$$\rightarrow R_{Lmax} = \frac{U_B - U_{CEsat} - I_C \cdot R_E}{I_C} = 389,4\Omega \approx 390\Omega$$

Last an der Stromquelle (AB-Endstufe):

- Diode liegt parallel zu $r_{BE} + R_E$, daher hat ihr Widerstand Einfluss auf den Ersatzwiderstand der Parallelschaltung, die mit R_L gleichwertig ist

Ändern der Stromrichtung der Transistorstromquelle:

- man setzt, je nach gewünschter Stromrichtung entweder NPN oder PNP Transistoren ein
- der Strom durchfließt entweder zunächst die Stromquelle oder die Last
- PNP: Pluspol der Last an Stromquelle, erst Stromquelle dann Last
- NPN: Minuspol der Last an Stromquelle, erst Last dann Stromquelle
- die Transistoren, die in den Stromquellen in der Endstufe verwendet werden, müssen zu einander passende PNP und NPN Transistoren sein

Endstufenausbau (Reihenschaltung aus Endstufen):

- Vorteil: Es können wesentlich größere Ströme gefahren werden
- wird eine Stufe überhitzt, wird durch die Stromgegenkopplung der Stromfluss verringert
→ die anderen Stufen übernehmen die zusätzliche Arbeit

Bi-Polar Transistor als Schalter

- z.B. zur Ansteuerungsfunktion eines IC
- zwei Zustände:
 - o 1. Sperrzustand → hochohmig
 - o 2. Durchlasszustand → niederohmig

Übersteuerter und nicht übersteuerter Betrieb:

- erhöht man I_B immer weiter, so erreicht man den Punkt, an dem $U_{BE} = U_{CE}$ und $U_{CB} = 0V$
- beide Transistordioden sind in Durchlassrichtung, wenn dieser Punkt überschritten wird und $U_{CB} < -0,6V$
→ Transistor befindet sich im Sättigungszustand → $U_{CE} = U_{CEsat}$ (letzter möglicher Punkt, weniger geht nicht)
→ Bei Übersteuerungen gilt $I_C = \beta \cdot I_B$ nicht!!

Einschaltzeit verkürzen:

- man möchte schnell schalten → daher wird übersteuert mit hohem Basisstrom
- man möchte im Sättigungsbereich arbeiten → $U_{CE} = U_{CEsat}$
- Vorteile
 - o man ist schnell beim Einschalten
 - o man verliert weniger Verlustleistung

Übersteuerungsfaktor:

- gibt an, um welchen Faktor man den Wert von I_B noch übersteuern kann, bevor der Transistor kaputt geht

Berechnungsbeispiel:

$$\beta = 100, I_C = 10\text{mA gefordert}, U_B = 10\text{V}$$

1. R_C festlegen:

$$R_C = \frac{U_B}{I_C} = \frac{10\text{V}}{10\text{mA}} = 1\text{k}\Omega \quad (\text{unter Vernachlässigung von } U_{CEsat})$$

2. I_B ermitteln:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{10\text{mA}}{100} = 100\mu\text{A} \quad (\text{Dies ist das } I_B \text{ an der Übersteuerungsgrenze, } U_{CB} = 0\text{V})$$

3. Grad der Übersteuerung festlegen

Der Grad der Übersteuerung wird durch den Übersteuerungsfaktor \ddot{u} angegeben

$$\ddot{u} = \frac{I_B^*}{I_B}$$

Dabei ist I_B der Basisstrom, der sich aus der Rechnung $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ ergibt. (Gerade noch nicht übersteuerter Transistor)

I_B^* ist der um den Übersteuerungsfaktor \ddot{u} größere Basisstrom (\ddot{u} sinnvoll 1,5...3)

Wahl: $\ddot{u}=2$

$$\rightarrow I_B^* = \ddot{u} \cdot I_B = 200\mu\text{A}$$

Vorteile:

- schnelleres Einschalten
- weniger Verluste
- $U_{CE} = U_{CEsat} \rightarrow$ Arbeiten bei Sättigungsgrenze

4. R_V festlegen (hierbei wird U_E für den Einschaltfall angenommen)

Es gilt:

$$U_E = U_{RV} + U_{BE} \rightarrow U_{RV} = I_B^* \cdot R_V$$

$$\rightarrow U_E = I_B^* \cdot R_V$$

U_{BE} wird zwischen 0,7V und 0,8V geschätzt, bei Übersteuerung ($\ddot{u}>1$) wird $U_{BE} = 0,8\text{V}$ angenommen

$$U_E = 3,5\text{V sei angenommen} \rightarrow R_V = \frac{3,5\text{V} - 0,8\text{V}}{200\mu\text{A}} \approx 13,5\text{k}\Omega$$

$\rightarrow P_{tot\max}$ beachten (Leistungshyperbel), nur für wenige Nanosekunden darf dieser Bereich eingenommen bzw. durchlaufen werden

Prüfen/Ergänzen der Auslegung:

- Durchlassen/Schalten: U_{CEsat} muss am Transistor anliegen
- Sperren: Diode wird vor R_V geschaltet \rightarrow kleine Spannungen werden weiter verringert \rightarrow sollte dies nicht reichen, können weitere Dioden ergänzt werden
 \rightarrow Dazu muss R_V neu ausgelegt werden
- I_B^* \rightarrow Es gibt kein $I_C^* = \beta \cdot I_B^*$