

Leistungsendstufen

Marcel Franke

Projekt Labor SoSe 2010

Gruppe 4: Audio

TU Berlin



Gliederung

- 1) Leistungsendstufe
- 2) Klasse A Endstufe
- 3) Klasse B Endstufe
- 4) Gegentakt AB Endstufe
- 5) Klasse D Endstufe

1. Leistungsendstufe

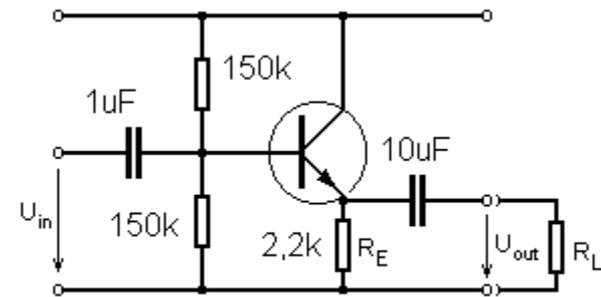
- Letzte Stufe eines (Audio)Verstärkers
- Spannungsverstärkung ≈ 1
- Stromverstärkung > 100
- niedriger Ausgangswiderstand (4, 8, 16 Ω)
- hoher Eingangswiderstand (mehrere k Ω)

1.1 Anforderungen an eine Leistungsendstufe

- niedriger Leistungsverbrauch
 hoher Wirkungsgrad
- Kurzschlussfestigkeit
- Linearer Frequenzgang im Bereich 20 Hz bis 20 kHz
- Geringer Klirrfaktor(engl. Total Harmonic Distortion) $< 1\%$

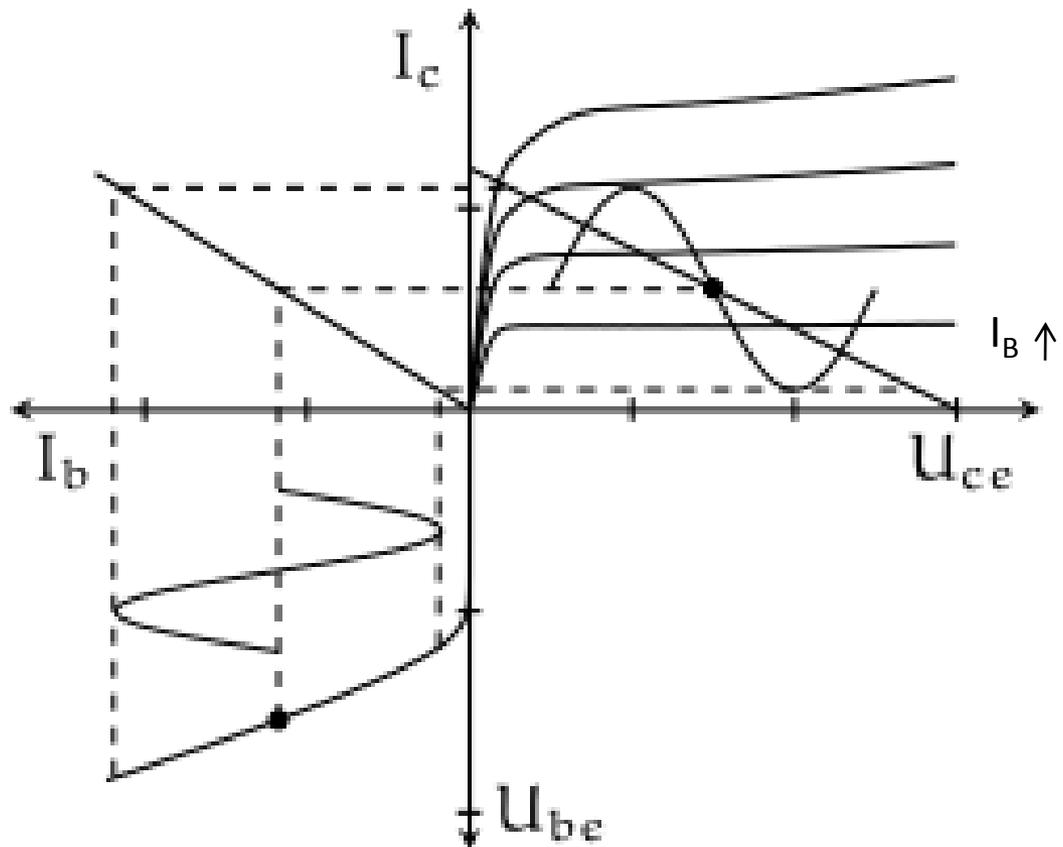
2. Klasse A Endstufe(Single-Ended)

- Erste Verstärkerschaltung bereits 1912 patentiert(mit Röhrentriode)
- Heute: Ein Transistor in Kollektorschaltung (Emitterfolger)
- Arbeitspunkt liegt in der Mitte der Ausgangskennlinie (linearer Bereich)
- dadurch permanenter Stromfluss und hohe Verlustleistung



Beispiel: Kollektorschaltung

2.1 Ausgangskennlinienfeld einer Kollektorschaltung im A-Betrieb



2.2 Merkmale einer Klasse A Endstufe

Pro

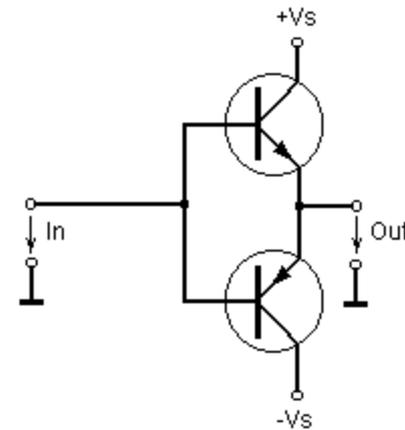
- geringer Schaltungsaufwand
- keine Übernahmeverzerrungen, da das Signal komplett verstärkt wird (geringer Klirrfaktor)
- Subjektiv bester Klang, vor allem in Röhrentechnik
- Nur eine Betriebsspannung nötig

Contra

- geringer Wirkungsgrad $< 10\%$
- hohe Ruhestromverluste
- je nach Schaltungsprinzip nur Leistungen bis ca. 30W möglich

3. Klasse B Endstufe

- Besteht aus 2 komplementären Transistoren (NPN & PNP) in Kollektorschaltung
- Signal wird in positive und negative Halbwelle aufgeteilt
- Arbeitspunkt liegt am unteren Ende der Kennlinie
- dadurch größere Leistungen möglich



Komplementäre Endstufe

3.1 Merkmale einer Klasse B Endstufe

Pro

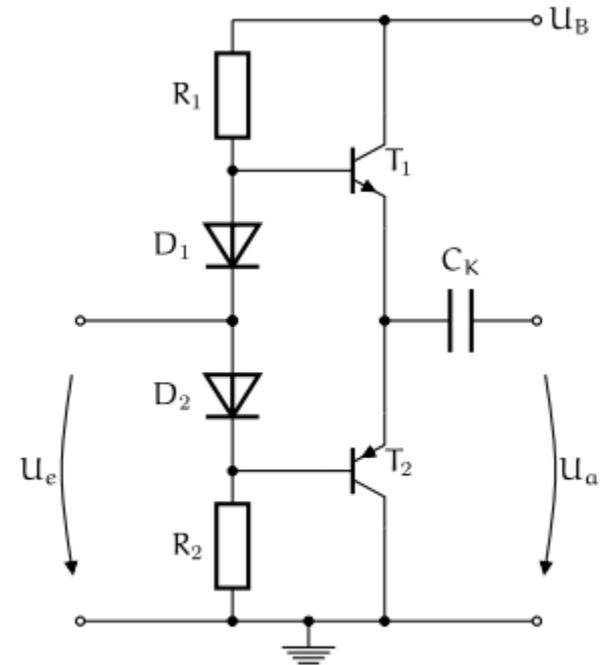
- höherer Wirkungsgrad bis zu 78%(theoretisch)
- größere Ausgangleistung

Contra

- Schlechte Klangeigenschaften durch Übernahmeverzerrungen
- Deswegen werden Klasse B Endstufen kaum verwendet und durch AB Endstufen ersetzt

4. Gegentakt AB Endstufe

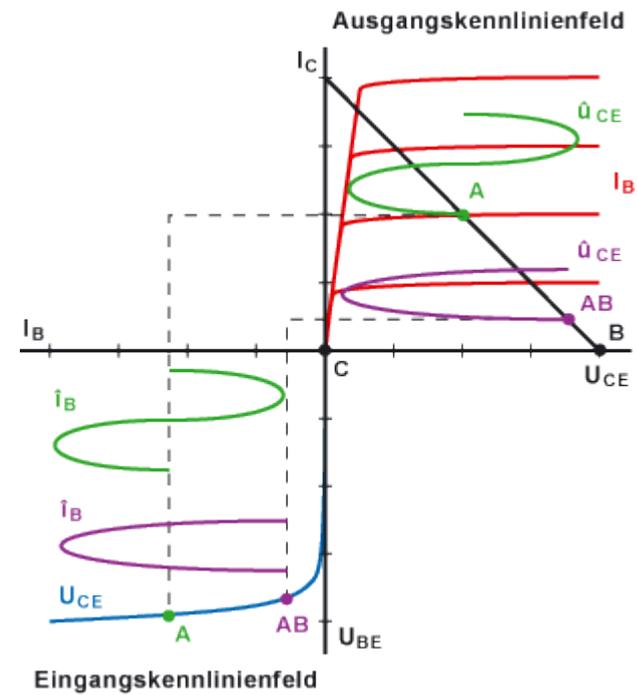
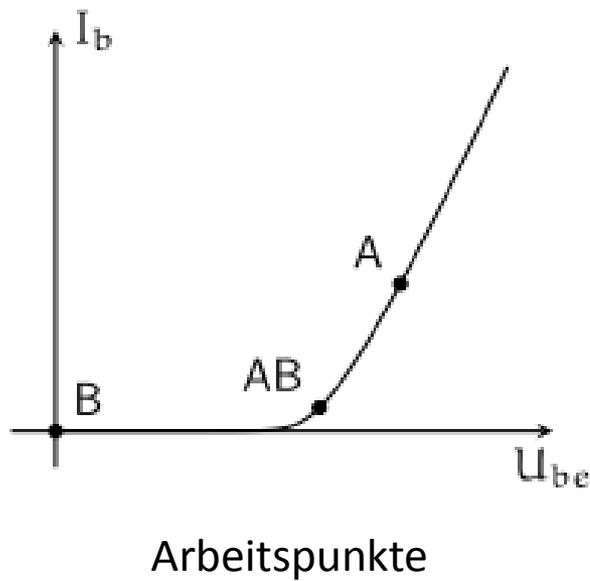
- Kombination aus Klasse A und B Endstufe
- Durch Vorspannungserzeugung fließt ein geringer Ruhestrom in beiden Transistoren
- Somit werden die Übernahmeverzerrungen minimiert
- Signale unter 0.7V werden verstärkt



Gegentakt AB Grundschaltung

4.1 Prinzip einer Gegentakt AB

Endstufe



4.2 Unsere Schaltung(nur Endstufe)

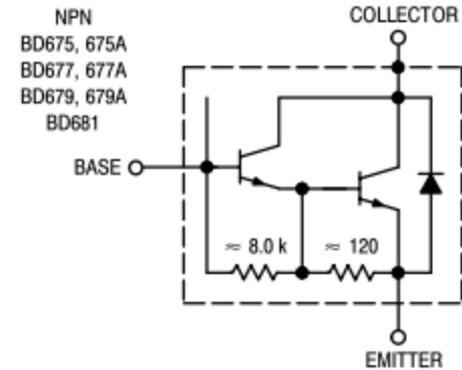
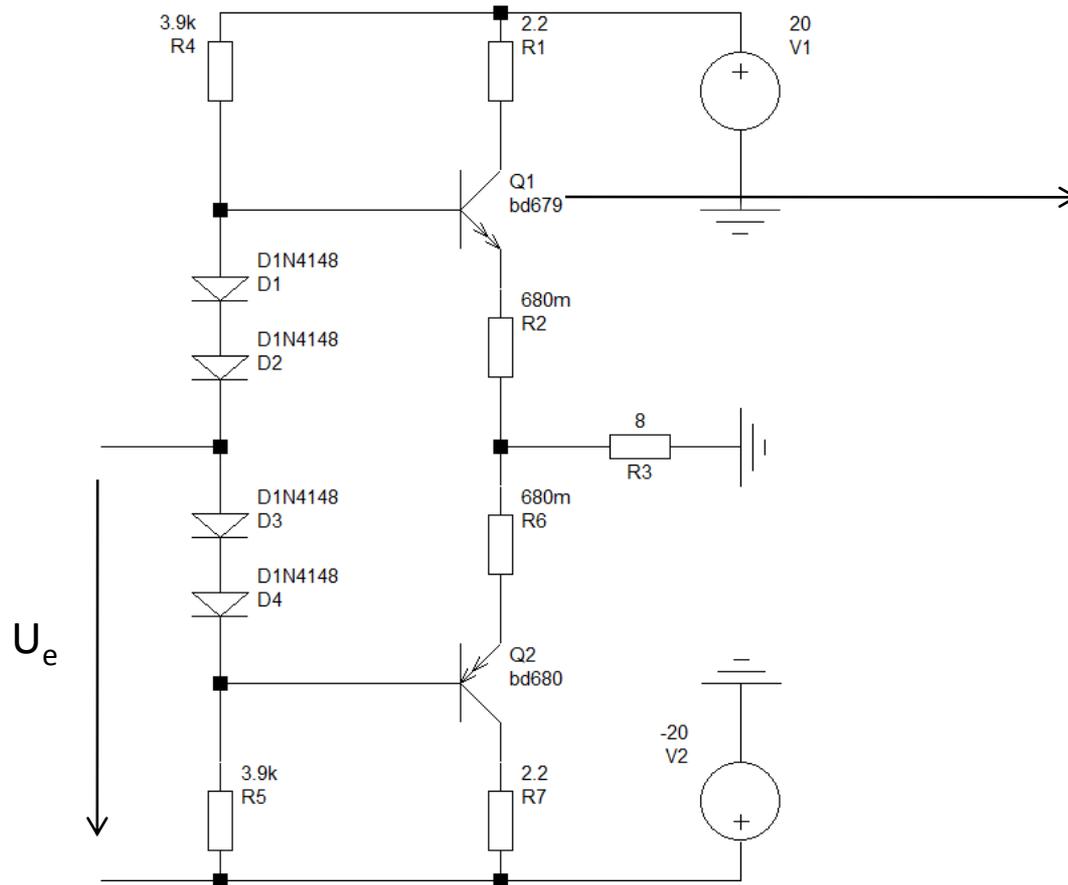


Figure 3. Darlington Circuit Schematic

4.3 Merkmale einer Klasse AB Endstufe

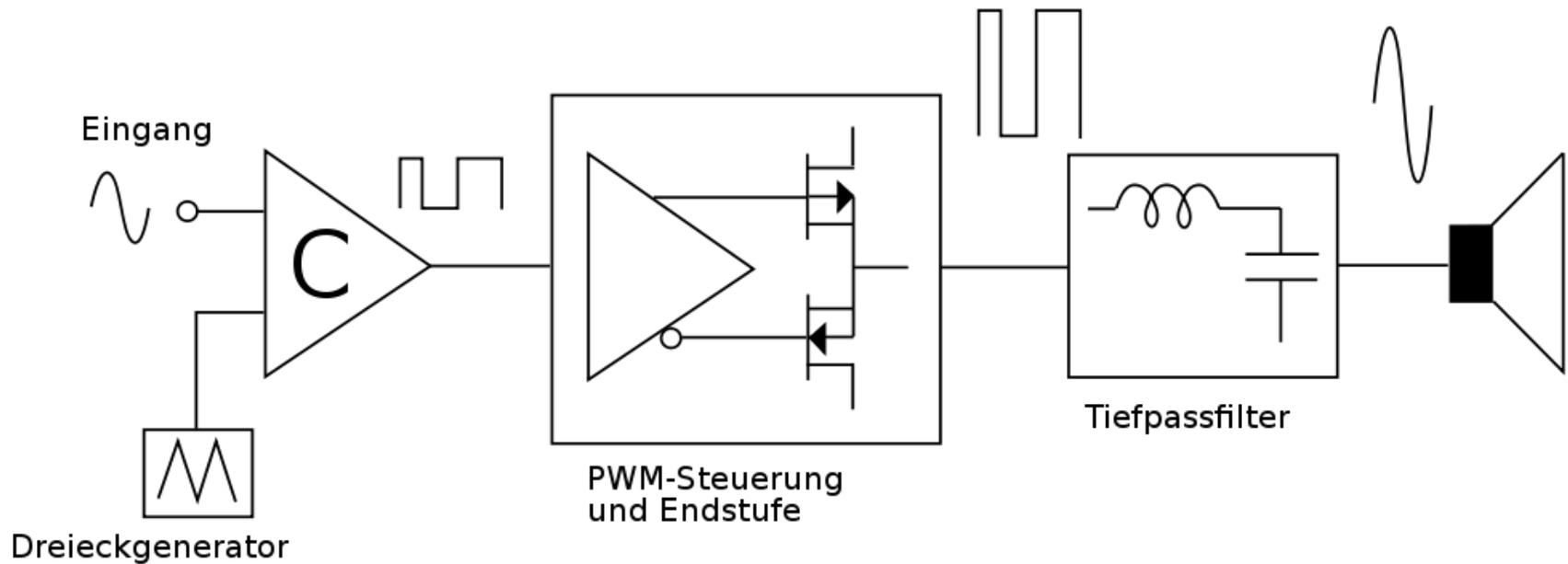
Pro

- Hoher Wirkungsgrad im Vergleich zum reinen A-Betrieb ca. 60-70%
- Wenig Übernahmeverzerrungen
- Klirrfaktor im Normalbetrieb unter 1%
- Hohe Ausgangsleistung (praktisch nur durch Kühlung begrenzt)

Contra

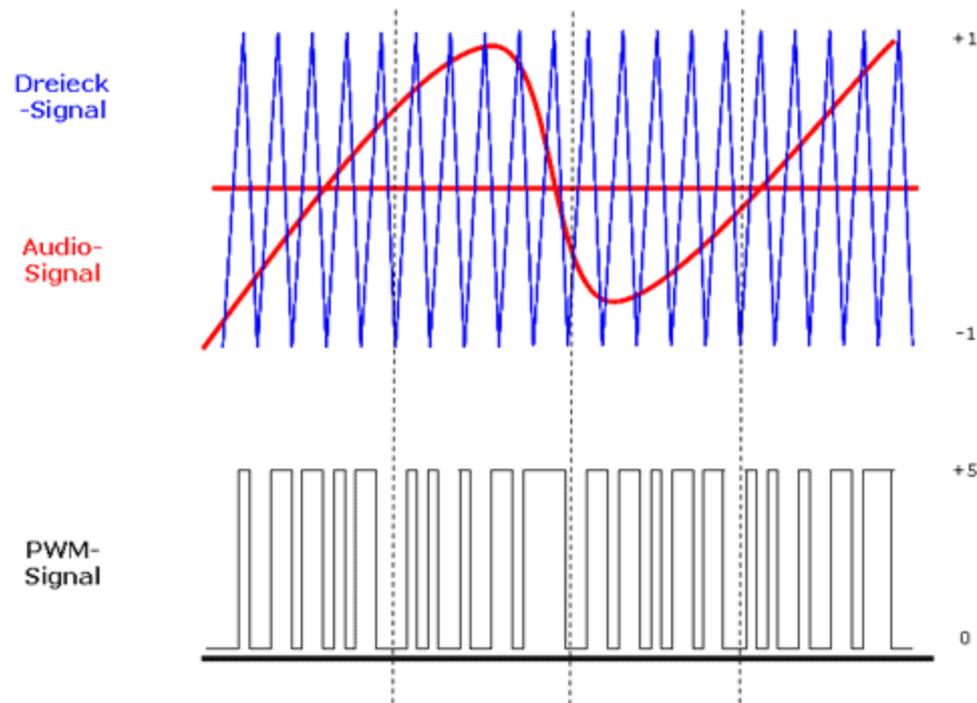
- Klirrfaktor bei Volllaststeuerung bis zu 10%
- Bei hohen Ausgangsleistungen hoher Kühlaufwand
- Etwas mehr Schaltungsaufwand im Vergleich zu Klasse A
- Symmetrische Spannungsversorgung benötigt

5. Klasse D Endstufe



Blockschaltbild

5.1 PWM in einer Klasse D Endstufe



5.2 Merkmale einer Klasse D Endstufe

Pro

- Sehr geringer Stromverbrauch(ideal für Akku-Betrieb)
- Wirkungsgrad bis zu 90%
- Kühlaufwand im Vergleich zu AB gering
- Hohe Ausgangsleistungen > 300W

Contra

- Klirrfaktor um 1%
- bei Vollauststeuerung sogar bis zu 10% !
- zusätzlicher Ausgangsfilter benötigt
- hoher Schaltungsaufwand wenn man diskret bauen will

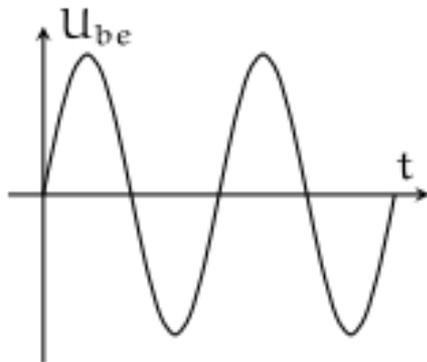
Quellen

- <http://www.lautsprecher-shop.de/theorie/transistor3.htm>
- <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/slt/0303311.htm>
- http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pwm_amp_de.svg&filetimestamp=20090311222018
- <http://www.fairaudio.de/hifi-lexikon-begriffe/class-d.html>
- Laborskript: Praktikum Grundlagen und Bauelemente WS 09/10, TU Berlin
- Halbleiterschaltungstechnik, 13. Auflage, U. Tietze Ch. Schenk, Kapitel 14
- Datenblatt für BD679 von ON Semiconductor, Oktober 2005
- Alle Quellen abgerufen am 15.05.2010

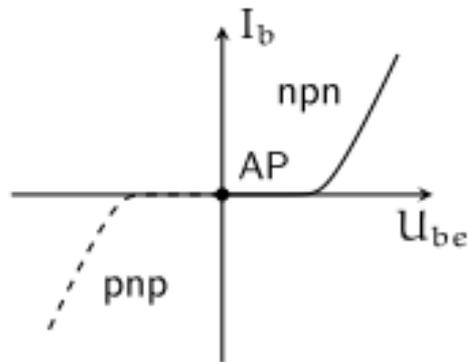
Vielen Dank für Eure
Aufmerksamkeit!



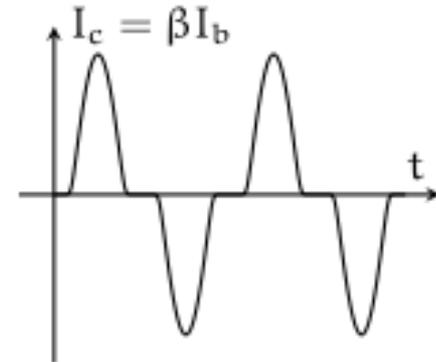
3.1 Übernahmeverzerrungen im B-Betrieb



(a) Eingangssignal



(b) nichtlineare Eingangskennlinie



(c) Verzerrtes Ausgangssignal

5. Klasse D Endstufe

- Häufig als Digitale Endstufe bezeichnet, ist sie aber nicht.
- Richtige Bezeichnung wäre Schaltverstärker
- Analoges Signal wird mittels PWM in ein digitales Signal umgewandelt
- Dieses Signal steuert Leistungs-MOSFET's
- Am Ausgang kann das Analoge Signal mittels Tiefpassfilterung zurückgewonnen werden