

# Mitschrift

## Schaltungstechnik

DINC Atilla (11917652)

20. November 2023

## 0. Vorbesprechung

zukünftig von 11:15 bis 12:45

Übungen immer in der 2. Stunde, Übungstermine folgen in TUWEL

Kapitelzusammenfassung:

- 6: Sehr wichtig, sehr detailreich, mehr Informationen als in sonst einer Vorlesung, rechenintensiv und prüfungsrelevant
- 7: Gegenteil von 6, nicht sehr intensiv und durchlesen sollte eher reichen
- 8: Anwendung aller vorherigen Kapitel

## 1. Grundsaltungen

### 1.1 Transistorgrundsaltungen

#### 1.1.1 Emitterschaltung

brainstorming:

- negative Verstärkung weil ein positives Signal, immer die Ausgangsspannung zur Masse zieht
- viel Spannungsverstärkung und viel Stromverstärkung

Emitter-Schaltung weil Signal und Emitter auf gleiches Potential (Masse) bezogen werden

TLDR: Kleinsignalersatzschaltbild - Schaltung wird mittels Stützkondensatoren, diese sind bei hoher Frequenz angenähert kurzgeschlossen  $\rightarrow$  VCC wird zu Masse

Steilheit  $S = \left. \frac{\partial I_c}{\partial U_{BE}} \right|_{UCE=const} = \frac{I_c}{U_T} = I_c \cdot \frac{q}{k_B \cdot T} = \frac{26mA}{26mV} = 1S$  (wichtig!)

Stromgegenkopplung Widerstand am Emitter

1.1.2 Kollektorschaltung Zur Stromverstärkung (zB als Endstufe bei niedrigen Impedanzen, somit große Lasten treiben). Der Emitterfolger ist klassisch.

1.1.3 Basisschaltung positive Verstärkung, keine Stromverstärkung!

Der Rest der Grundsaltungen wird dort besprochen, wo es später gebraucht wird.

2. Leistungsverstärker Spannung muss bereits zuvor aufbereitet worden sein.

Klasse A Verstärker: Signal wird bei hohem Arbeitspunkt (mittels hoher Ruhestromversorgung) betrieben, um das gesamte Signal zu bewahren  $\rightarrow$  hohe Verluste Klasse B Verstärker: geringe Verlustleistung

2.1 Betriebsarten und AP-Einstellung Bis zum Erreichen der Verlustleistungshyperbel kann noch gekühlt werden. Beim Erreichen zerstört sich der Transistor unabhängig von der Kühlung selbst.

Stromflusswinkel: A-Betrieb  $\alpha = 360^\circ$  B-Betrieb  $\alpha = 180^\circ$  (starke Übernahmeverzerrungen - die Hälfte fehlt) AB-Betrieb  $\alpha > 180^\circ$  (geringe Übernahmeverzerrung um  $I_A = I_Q$ )

Weitere Betriebsarten sind für die Vorlesung nicht sehr relevant. Beispiele: C-Betrieb ( $\alpha < 180^\circ$ ), D-Betrieb (digital Pulse)

Im D-Betrieb gibt es kaum Verluste (hohe Effizienz), weil entweder komplett durchgeschaltet (kein Spannungsabfall) wird, oder komplett gesperrt (kein Stromfluss) wird.

Der Arbeitspunkt kann mittels Emittergegenkopplung vor Exemplarstreuungen geschützt werden. Aus der Basis-Masche der Emitterschaltung  $U_E = U_{BE} + I_c \cdot R_E$ , wenn der Transistor statistisch mehr Strom leitet, sinkt  $U_{BE}$  und der Strom sinkt. Gleiches Prinzip zur thermischen Stabilisierung.

Der Emittterwiderstand kann mit einem parallel Kondensator für hohe Frequenzen überbrückt werden.

**30.10.2023**

## **VV-Breitbandverstärker**

Hohe Verstärkungen notwendig. Da stellt sich die Frage, welche Spannungsverstärkungen mit Transistorschaltungen möglich sind.

### **Maximale Verstärkung**

#### **3.1.1 Breitband OV (VV-OPV)**

##### **Kaskodenschaltung**

###### **PNP-Kaskode**

- T4 & T6 erhöhen die Eingangsimpedanz
- Stromspiegel und Spannungsfolger sind auch mit dabei

###### **gefaltete Kaskode**

- Spart Transistoren

###### **OPV mit komplementärem Kaskoden-Differenzverstärker**

Sehr hohe Verstärkung möglich

###### **Breitband-Gegentakt-OV**

Ist aufgrund der konstantstromquellen auf  $2I_q = 2I_O$  beschränkt. Das ist sehr nachteilhaft für das Umladen von (Koppel-)Kapazitäten.

###### **Breitband-Differenzverstärker im AB-Betrieb**

Dieses Prinzip, dass bei Bedarf sehr viel Strom geliefert werden kann, wird auch Current-On-Demand genannt.

## **Transkonduktanz-Verstärker (VC-OV)**

Typ: Voltage-Current Operationsverstärker (VC-OC)

Der gespiegelte Strom wird nicht mehr in eine Spannung umgesetzt. Wird auch OTA genannt. Weil die Steilheit proportional zum Ruhestrom ist, ist die Steilheit einstellbar.

###### **Wideband Transconductance Amplifier (WTA)**

$k_I = 8$  zeigt an, dass die Emittterfläche 8-mal größer ausgelegt ist (z.B. durch parallel geschaltete Transistoren) wodurch auch der 8-fache Strom geführt wird.

###### **Typische Anwendung**

- Treiber für Koaxialleiter
- Bandpassfilter siehe Skriptum S.33

## **Transimpedanz-Verstärker**

Typ: TIA, Strom-Spannungs Operationsverstärker

Joa, was auch immer, ist nicht so als könnte man dem folgen...

Kaskodierter Stromspiegel für höhere Verstärkung.

Sehr beeindruckend hohe Slew-Rate!

# **Strom-Verstärker**

Typ: Strom-Strom Operationsverstärker (CC-OV)

Basis ist hochohmig, Emitter ist niederohmig und kann idealerweise Strom in beide Richtungen fördern.

Joa, Rest ist es scheinbar wieder nicht wert, angemessen zu erklären. Hauptsache man kann es in den 3min irgendwie reindrücken.

**06.11.2023**

**Reale OPVs**

**Rückkopplungsnetzwerke**

**Hohe Genauigkeit**

**Elektronische Stromzähler**

**Intelligente Stromzähler**

**Vergleich Stromzähler**

**Kennlinien Instrumentenverstärker**

**Verstärkungsfehler**

Der Verstärkungsfehler muss für die Cent-genaue Abrechnung dimensioniert werden. Man betrachte die invertierende und nicht-invertierende Verstärkerschaltung.

**Empfindlichkeit rückgekoppelter Schaltungen**

**Gleichtaktfehler**

**Großsignalverhalten**

Der Transistor unten links ist im Stromquellenbereich der Kennlinie. DDieser Bereich ist jedoch nicht perfekt linear.

**Eingangswiderstand**

Hat scheinbar 2 positive reale Eigenschaften.

**Störungsunterdrückung durch Gegenkopplung**

Das Rauschverhältnis kann nicht durch Gegenkopplung verbessert werden.

**Einschub: Gefaltete Kaskode**

Abbildung: siehe Tafelbild Über unteren n-Mos ist eine Verstärkung von 1, die eigentliche Verstärkung wird über den zusätzlichen Transistor durchgeführt. Dadurch wird der Eingang vom Ausgang getrennt. (Stichwort Millereffekt?) Höhere Verstärkung, höherer Ausgangswiderstand, geringerer Spannungshub.

**13.11.2023**

## **Stabilität rückgekoppelter Schaltungen**

- Frequenzabhängigkeit des rückgekoppelten OV
- Interne Frequenzkompensation des OV
- ...
- 4.7 ...

Sollte diese und nächste Vorlesung abdecken.

OV als Verstärker: Rückkopplung zum invertierenden Eingang (Gegenkopplung  $\neq 180^\circ$ )  
OV als Oszillator: Rückkopplung zum nichtinvertierenden Eingang (Mitkopplung  $\approx 180^\circ$ )

## **Frequenzabhängigkeit des rückgekoppelten OVs**

3 Verstärkerstufen  $\rightarrow$  3 Tiefpässe  $\rightarrow$  3 Grenzfrequenzen

NPN: Durch Rekombination ergibt sich niedrige Kapazität und hohe Stromverstärkung. sehr schnell  
PNP: Hohe N-Wanne notwendig  $\rightarrow$  teuer (sehr schnell) PNP (Lateral): Hoher Basisserienwiderstand, hohe Rekombination  $\rightarrow$  niedrige Stromverstärkung

Vorlesungsfolien wurden noch nicht hochgeladen. Ich hol die Vorlesungen irgendwann nach

**20.11.2023**

**erste Stunde verpasst**

## **Probleme beim Integrator**

Eingangsruhestrom  $I_B$  und Offsetsspannung  $U_{ed0}$  (können mit Strom- & Spannungsquelle am invertierenden Eingang abgebildet werden)

## **Differentiator - Schwingneigung**

### **Logarithmierer**

- mit Diode:
- mit Transistor:

### **Logarithmierer - Stabilität**

### **Temperaturkompensierter Logarithmierer**

Die Diode ist wieder zum Verpolungsschutz und die Kondensatoren sind zur Stabilisierung.

### **Zu den Prüfungen:**

Die Begrenzung auf 49 Plätze wird bei wenigen Leuten auf der Warteliste angepasst. Sollten viel mehr Leute auf der Warteliste sein, wird er je nach Hörsaal-Verfügbarkeit angepasst. Sollte man auf Platz 1, 2 oder 3 auf der Warteliste stehen, soll man trotzdem zur Prüfung kommen, es war noch nie jeder anwesend und selbst wenn, wird sich schon irgendwie ein Platz finden.