Ein Bild, das Diagramm, Plan enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

1. DC-Analyse: , , ,

2. AC-Kleinsignalparameter: , ,

|  |  |
| --- | --- |
| **ohne** | **mit ( wird kleiner)** |
| (ohne !)    🡪 da bzw. :  🡪 da :   🡪 da :    🡪 da :  🡪 da :  🡪 da :      Amplitudengang zeichnen: 1. Gerade im Bandpass einzeichnen 2. fallende Gerade 1. Ordnung zw. beiden Grenzfrequ. 3. fallende Gerade 2. Ordnung | 🡪 da :  (Großsignal: , steigende Frequ.: )      🡪 höchster Wert ist untere Grenzfrequenz der Schaltung |

**0. Allgemeines**

,

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Eingangsimpedanz | Ausgangsimpedanz |
| Emitterschaltung ohne CE: | sehr hoch | hoch |
| Emitterschaltung mit CE: | hoch | hoch |
| Kollektorschaltung: | hoch | niedrig |
| OPV | hoch | niedrig |

Ein Bild, das Text enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

**1. Emitterschaltung**

bei einer T-Erhöhung von 1°C erhöht sich oder um 6,5% 🡪 Verdoppelung bei   
🡪 Ziel: Spannung verkleinern wenn T steigt, damit stabil bleibt

|  |  |
| --- | --- |
| Mgl. 1: Spannungsgegenkopplung | Mgl. 2: Stromgegenkopplung |
| Ein Bild, das Diagramm, Plan enthält.  Automatisch generierte Beschreibung | Ein Bild, das Diagramm, Plan enthält.  Automatisch generierte Beschreibung |
| sinkt bei steigendem , da Teil der Ausgangsspannung über rückgekoppelt wird | steigt bei steigendem ,  damit sinkt  T-Abhängigkeit:  🡪 wenn steigt, sinkt T-Abhängigkeit |

Reihenfolge Synthese:

1. Transistor-Daten sind bekannt
2. festlegen
3. DC-Analyse (Ziel: hohes ):
   1. und
4. untere Grenzfrequenz wissen + dominanten C bestimmen

🡪 Entweder Eingangs- od. Ausgangshochpass dominant, Verschiebung untere Grenzfrequ. um Faktor 10 nach links

(wenn 🡪 Hochpass 2. Ordn. 🡪 )

**2. Systemmodell / AC-Kopplung**

Eingangsimpedanz ist Belastung der Signalquelle (möglichst groß)

Ausgangsimpedanz ist v. Ersatzquelle u. damit Maß für Treiberfähigkeit (möglichst klein)  
🡪 Schaltung idR nicht rückwirkungsfrei, d.h. von Last abhängig u. von Generator abh.

DC-AC-Kopplung

Ein- u. Ausgangssignale sollten DC-frei vorliegen 🡪 Koppelkondensatoren für Hochpass

Ein Bild, das Diagramm enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

**Wirkungsgrad**

Ein Bild, das Text, Screenshot, Schrift, Reihe enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Leistung am Verbraucher:

Leistung der Stromquelle: (mit = DC-Betriebsspannung)

Leistung +Spannungsquelle:

Leistung -Spannungsquelle:

Verlustleistung Transistor:   
🡪 bei Vernachlässigung ergibt sich:   
🡪 wird maximal bei 🡪 🡪   
🡪 Stromquelle max. aussteuerbar bis 🡪   
**🡪 sehr niedrig!!** (typ. bei Klasse-A-Verstärkern max. 25%) 🡪 Lösung: Gegentakt-Endstufe

**3. Kollektorschaltung / Endstufe**

**Gegentakt-Endstufe** (Klasse-B-Verstärker) **AC-Analyse nicht geeignet!**

(außer wenn 🡪 Übernahmeverzerrung)

Voraussetzung:

Aussteuerbarkeit:

Großsignal-Eingangswiderstand: (je für npn u. pnp; bei Übernahme:

Großsignal-Ausgangswiderstand: (je für npn u. pnp; bei Übernahme:

Leistungsberechnung: nur wenn kann Übernahmebereich vernachlässigt werden!

(Transistor-Verstärkungen müssen gleich sein!)

🡪

🡪 maximal bei   
🡪   
🡪 (maximaler Wirkungsgrad

mögliche Lösung, um Übernahmeverzerrung zu vermeiden: Klasse AB 🡪 für )

Ein Bild, das Diagramm, Reihe, technische Zeichnung, Plan enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

**Emitterschaltung + Kollektorschaltung** *(nötig wenn Last kleiner als )*

für hohe Spannungsverstärkung (auf Seiten Emittersch.) muss

Ein Bild, das Text, Diagramm, Plan, technische Zeichnung enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Stromeinstellung über

**Aussteuerbarkeit**

nach oben bis: (da sein muss)

nach unten bis:   
🡪 Betragsmäßig kleinster Wert zählt 🡪 **Problem**: untere Grenze von abhängig  
🡪 Option 1: erhöhen 🡪 Problem: vierfache Verluste an   
🡪 Option 2: durch hochohmige Stromquelle ersetzen 🡪 Emitterschaltung od. Stromspiegel

A-Betrieb:

Ein Bild, das Diagramm, technische Zeichnung, Plan, Text enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Ein Bild, das Diagramm, Text, Plan, technische Zeichnung enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

**Mittlere Verstärkerstufe**

kleiner Signal-Strom Eingangsstufe in hohe Ausgangsspannung umgesetzt:

C für interne Frequenzgang-Kompensation (damit g irgendwann wird), v.a. Einstellung dominanter der U-Verstärkung 🡪 garantiert Stabilität bei externer Gegenkopplung

**Endstufe**

meist Gegentakt-Endstufe; ; sehr kleiner Ausgangswiderstand

**4. Operationsverstärker**

**Grundlagen**

Vorteile: hochohmiger Eingang u. niederohmiger Ausgang; als IC; geringer Platzbedarf  
Nachteile: Bandbreite begrenzt; hohes Rauschen bei hohen Frequ.; nicht als Schalter geeignet

Ein Bild, das Diagramm, Text, Plan, technische Zeichnung enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

**Gegenkopplung**

im Linear-Bereich: (da sehr hoch, nur mit Gegenkopplung realisierbar)

OPVs zeigen meistens PT1-Verhalten mit sehr kleiner Eckfrequenz

Transitfrequenz = Frequenz, bei der Verstärkung auf 1 abgefallen ist

nur allgemein und für nicht-invertierend gültig:  
 Übertragungsfunktion:

(mit )  
 🡪 wenn :

Grenzfall: 🡪 definiert Betriebsgrenzfrequenz (je nach unterschiedl)  
🡪 (da bei 🡪 ) 🡪

allgemein: ( ist Impedanz im Rückkopplungspfad!)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **nicht-invertierend** | **invertierend** |
|  |  |  |
| Normalbetr. (): |  |  |
| Vorwärtsbetr. (): |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Stabilität: offene Schleifenverstärk. betrachten 🡪 bei Phasendrehung 🡪 Mitkopplung  
Stabilitätsuntersuchung: Durchtrittsfrequenz (wo ) ermitteln, dort muss   
robust stabil =   
schneller OPV kann schlecht sein da Gefahr der Instabilität durch Phasendrehung

Ein Bild, das Diagramm, Reihe, parallel, Kreis enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Ein Bild, das Diagramm, Plan, technische Zeichnung, Text enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Ein Bild, das Diagramm, Text, Plan, technische Zeichnung enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

**Differenzstufe**

Voraussetzung:   
Q1 u. Q2 sowie RC1 und RC2 ideal identisch

Differential Mode:

Ein Bild, das Diagramm, Plan, technische Zeichnung, Reihe enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Differenzverstärkung: (Herleitung über Knoten C1 u. C2)

Eingangswiderstand: (da fließt dort kein Strom)

Common Mode:

Gleichtaktverstärkung:   
 (da 🡪 )

Eingangswiderstand:

Qualität der Gleichtaktsignalunterdrückung:

„Common Mode Rejection Ratio“:

Ein Bild, das Text, Reihe, Diagramm, Zahl enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

|  |
| --- |
| Differenzierer  🡪 für Stabilität |
| Addierer |
| Subtrahierer – Differenzverstärker  Ein Bild, das Text, Diagramm, Schrift, Reihe enthält.  Automatisch generierte Beschreibung |

**OPV: Schaltungssynthese**

1. Wenn gegeben, u. bestimmen (zw. u. , um Ruheströme zu minimieren)  
2. Eingangsimpedanz prüfen (invertierende Schaltung für hohes nicht so gut)  
3. Bandbreite prüfen (invertierend nicht-invert., da durch Spannungsteiler minimiert)  
4. Offset-Fehler prüfen = Ruhestromkompensation = gleiches an beiden Eingängen:   
 🡪 sollte möglichst gering sein!

Ein Bild, das Reihe, Diagramm, Text, Screenshot enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

|  |  |
| --- | --- |
| Integrierer Frequenzbereich:  Zeitbereich: |  |
| Integrierer mit Parallelwiderstand 🡪 anpassen der Integrationszeit, sodass OPV nicht so schnell in Begrenzung geht 🡪 bei kleinen Frequenzen: invert. Verstärk.  Duty-Cycle:  Schaltfrequenz muss größer als  Ausgangsrippel über Integral u. Flächeninhalt berechenbar |  |
| U-I-Wandler (invertierend)  Nachteil:  Quelle wird mit Laststrom belastet |  |
| U-I-Wandler (nicht-invertierend) |  |

|  |  |
| --- | --- |
| I-U-Wandler (Transimpedanzwandler)  Transimpedanz    Vorteile:   * kleiner Eingangswiderstand 🡪 große Bandbreite * Fotostrom fließt durch 🡪 hohe Empfindlichkeit |  |

**Nicht-lineare OPV-Schaltungen**

|  |  |
| --- | --- |
| 13/S.1 |  |