

Verstärker

(TD401 – TD417, TD427 – TD428, TF316 – TF317, TF322 – TF324)

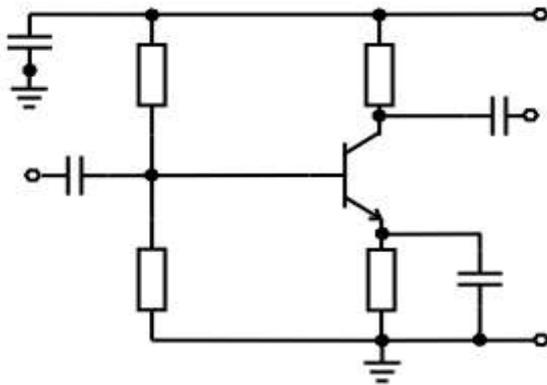
- **Grundsaltungen mit Bipolartransistoren**
 - **Emitterschaltung:** sehr hohe Spannungs-, hohe Stromverstärkung, sehr hohe Leistungsverstärkung, Phasendrehung/-verschiebung zwischen Ein- und Ausgang: 180° , mittlere Ein- und Ausgangswiderstände
 - Basisschaltung: sehr hohe Spannungs-, geringe Stromverstärkung, hohe Leistungsverstärkung, niedriger Eingangs-, hoher Ausgangswiderstand, besonders geeignet für HF-Verstärker
 - **Kollektorschaltung (Emitterfolger):** geringe Spannungs-, sehr hohe Stromverstärkung, geringe Leistungsverstärkung, hoher Eingangs-, niedriger Ausgangswiderstand
- **Grundsaltungen mit FET:**
 - Sourceschaltung
 - Gateschaltung
 - Drainschaltung

Ein-/Ausgangswiderstand auch als Ein-/Ausgangs**impedanz** oder **Wechselstromeingangs-/-ausgangswiderstand** bezeichnet.

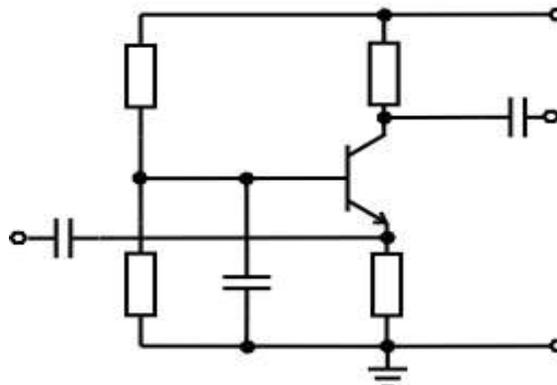
Grundsaltungen

(mit Bipolartransistoren)

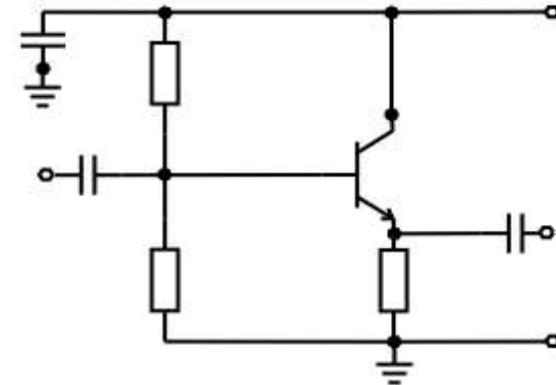
Emitterschaltung

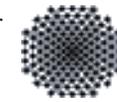


Basisschaltung



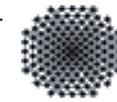
Kollektorschaltung





Schaltungsparameter (Emitterschaltung)

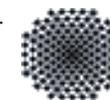
- **Basisvorspannung** über Spannungsteiler R_1, R_2 zur Einstellung des **Arbeitspunktes**
- **Arbeitspunktstabilisierung** durch Spannungs- oder Stromgegenkopplung
- (Koppel-)Kondensatoren C_1, C_2 am Ein- und Ausgang entkoppeln Gleichspannung (**Wechselstromkopplung**)
- **Grenzfrequenzen** des Verstärkers durch den Transistortyp (innerer Aufbau, Materialeigenschaften) und – wenn entsprechend dimensioniert – Koppelkondensatoren C_1, C_2 festgelegt
- Abgriff des Ausgangssignals über R_C .
- verbesserte Verstärkung v_u durch wechselstromseitige Überbrückung des Emitterwiderstandes R_E über C_E (Vermeidung von wechselstromseitiger Gegenkopplung).
- geringe Neigung zu **Eigenschwingung**, Vermeidung durch Verzicht auf Gegenkopplung über Einbau von C_E
- **Phasenverschiebung** durch Transistoreigenschaften – Verwendung als **Phasenumkehrstufe**



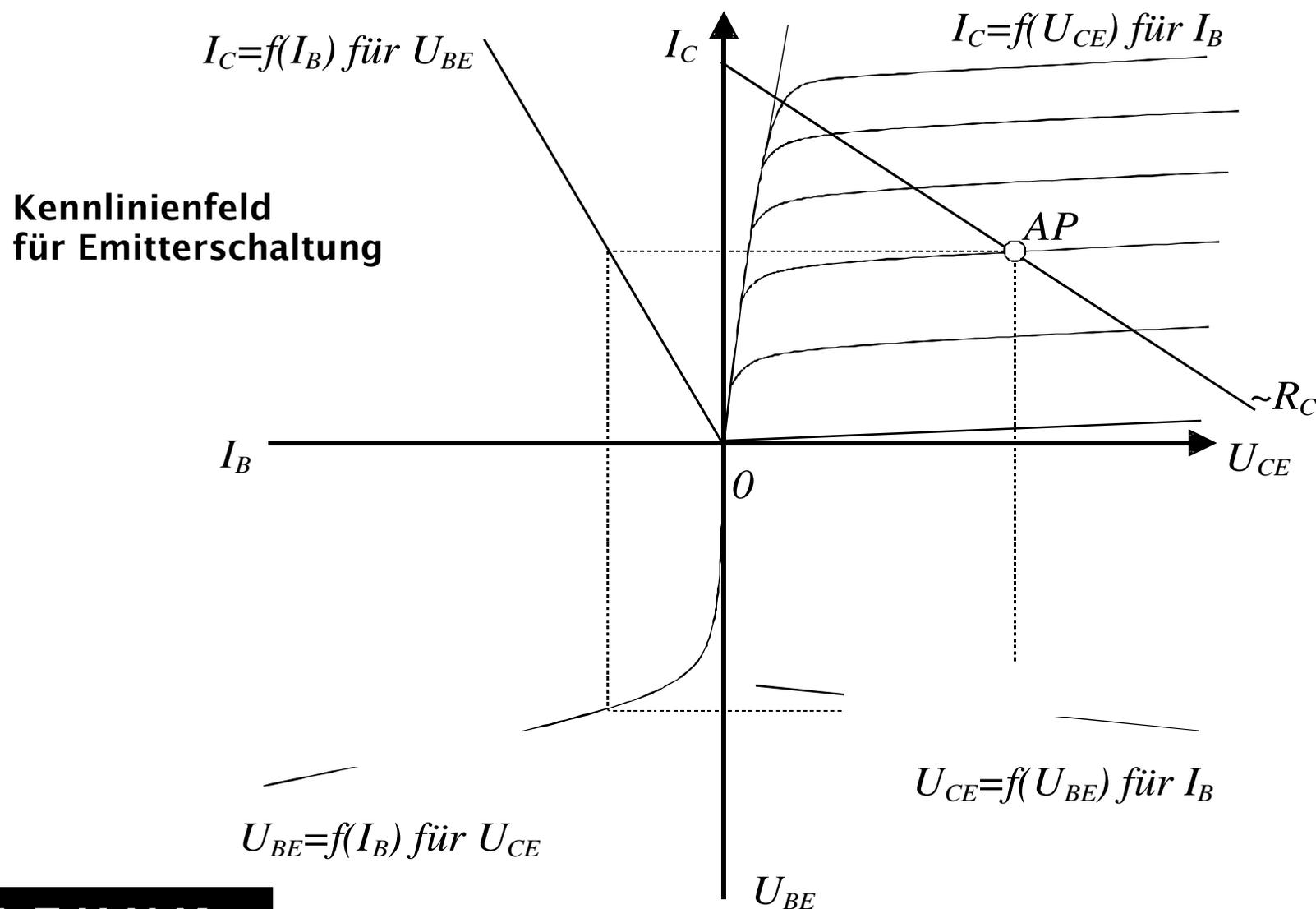
Schaltungsparameter

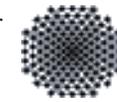
(Kollektorschaltung, Emitterfolger)

- **Basisvorspannung** über Spannungsteiler R_1 , R_2 zur Einstellung des **Arbeitspunktes**
- (Koppel-)Kondensatoren C_1 , C_2 am Ein- und Ausgang entkoppeln Gleichspannung (**Wechselstromkopplung**)
- **Grenzfrequenzen** des Verstärkers durch den Transistortyp (innerer Aufbau, Materialeigenschaften) und - wenn entsprechend dimensioniert - äußere Beschaltung (Koppelkondensatoren C_1 , C_2) festgelegt
- Abgriff des Ausgangssignals über R_E .
- geringe Neigung zu **Eigenschwingung**
- Verwendung als **Pufferstufe** für Oszillatoren, da hoher Eingangswiderstand (**Impedanzwandler**)



Funktionsprinzip (Emitterschaltung)





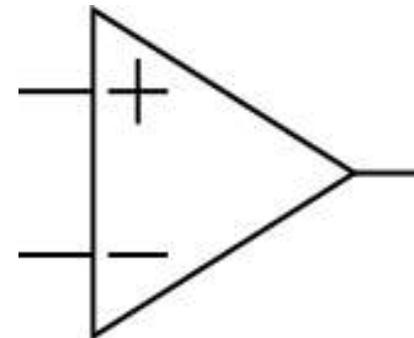
Verstärker-Betriebsarten

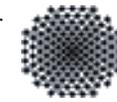
- **A-Betrieb:**
hoher Ruhestrom, geringer Wirkungsgrad
- **AB-Betrieb:**
geringerer Ruhestrom, mittlerer Wirkungsgrad
- **B-Betrieb:**
geringer Ruhestrom, hoher Wirkungsgrad
- **C-Betrieb:**
kein Ruhestrom, sehr hoher Wirkungsgrad, nicht oder nur sehr schlecht für NF geeignet

Operationsverstärker

(TC711 – TC712)

- mehrstufiger Verstärker, als integrierte Schaltung aufgebaut (analoges IC), gleichstromgekoppelt
- sehr hoher Verstärkungsfaktor, sehr hoher Eingangswiderstand, sehr niedriger Ausgangswiderstand
- sehr linearer Betrieb
- durch äußere Beschaltung einfache Anpassung der Übertragungseigenschaften
- Rückkopplung des phasengedrehten Ausgangssignals zum Eingang, zur Stabilisierung der Übertragungseigenschaften (Gegenkopplung)
- Rückkopplungsfaktor $K \sim 1/V$
- **Schaltzeichen:**





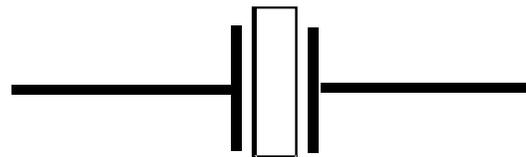
Oszillatoren

(TD601 – TD610, TD612 – TD615, TD701 – TD708, TF404 – TF405, TG208 – TG211)

- Oszillatoren sind Schaltungen, die ungedämpfte elektrische Schwingungen bestimmter Kurvenform und Frequenz mit konstanter Amplitude erzeugen.
 - **mechanische Abstimmung** (mit Drehkondensator): **VFO** (variable frequency oscillator)
 - **elektronische Abstimmung** (mit Kapazitätsdiode): **VCO** (voltage controlled oscillator)
- **Wichtige Bauformen:**
 - Colpitts
 - Clapp
 - Hartley
 - Meißner
- **Schwingungserzeugung durch Entdämpfung (ungedämpfte Schwingung):**
 - Phasenrichtige Rückkopplung (Mitkopplung)
 - auf der gewünschten Frequenz muß im Rückkopplungsweig Verstärkung größer als Dämpfung sein

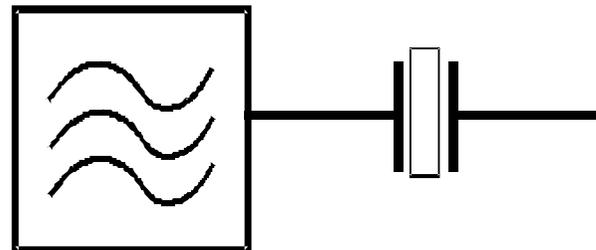
Schwingquarze

- Bauelemente, die bei Anlegen einer elektrischen Wechselspannung mechanisch mit hoher Präzision zu schwingen beginnen (Toleranz 0,001%)
- sehr stabile, von Temperatur und elektrischer Belastung weitgehend unabhängige Resonanzfrequenz
- Resonanzfrequenz mit Reihen- oder Parallelkapazität geringfügig beeinflussbar
- **Schaltzeichen:**



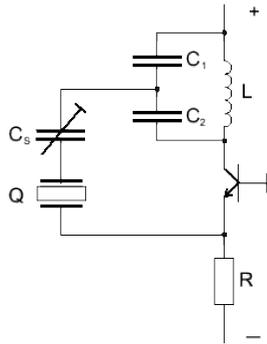
Quarzoszillatoren

- frequenzbestimmend ist der Schwingquarz
- sehr genau, sehr frequenzstabil, geringes Rauschen
- Betrieb nur auf Resonanzfrequenz und ungeraden Vielfachen möglich, lediglich geringe Frequenzänderungen sind möglich
- über Verzerrerstufen als Eichmarkengeber einsetzbar
- nur sehr schwach belastbar: über Pufferstufen mit der weiteren Schaltung verbunden
- **Kürzel:** CO, XO
- **Schaltzeichen:**



Grundsaltungen

Colpitts

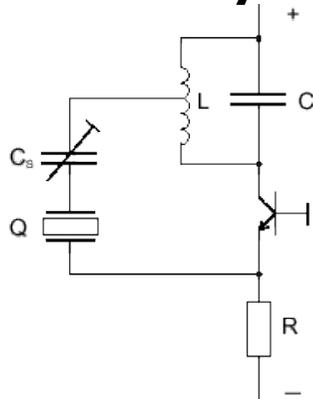


Ein LC-Schwingkreis, in dem die Rückkoppelung über einen kapazitiven Zweig mit Anzapfung erfolgt, der gleichzeitig mit einer parallel geschalteten Induktivität das frequenzbestimmende Glied ist. Der Verbindungspunkt liegt am Emitter und das jeweils andere Ende am Kollektor bzw. der Basis. Es gibt auch Quarzoszillator-Varianten.

Clapp

Modifizierter Colpitts-Oszillator mit Serienschwingkreis. Höhere Frequenzstabilität

Hartley



Eine induktive Dreipunktschaltung, die als LC-Schwingkreis fungiert, in dem die Rückkoppelung über eine Spule mit Anzapfung erfolgt, die gleichzeitig mit einer parallel geschalteten Kapazität das frequenzbestimmende Glied ist. Der parallele Schwingkreis befindet sich zwischen Kollektor und Basis. Es gibt auch Quarzoszillator-Varianten.

Meissner

Ein LC-Schwingkreis, in dem die Rückkoppelung über einen Transformator erfolgt, dessen Primärwicklung gleichzeitig mit einer parallel geschalteten Kapazität das frequenzbestimmende Glied ist.

Abbildungen aus http://wwwex.physik.uni-ulm.de/lehre/PhysikalischeElektronik/Phys_Elekt/node142.html

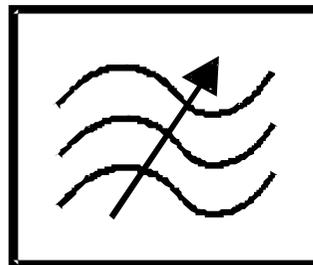
Voltage Controlled Oscillator (VCO)

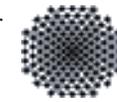
- frequenzbestimmend ist ein LC-Kreis
- Basis für PLL-Oszillatoren
- Ersatz des C durch Kapazitätsdiode (Varicap-Diode). **Schaltzeichen:**



Veränderung der Kapazität durch Steuerspannung an der Diode (Vergrößerung/Verkleinerung der Sperrschicht)

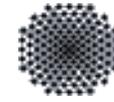
- **Schaltzeichen:**





PLL-Oszillator

- Verbindung zwischen einem frei schwingenden (LC-Kreis) und einem Referenzoszillator (Quarzoszillator) über einen Frequenzteiler und Vergleicher.
- Durch Vergleich mit der Frequenz des Referenzoszillators erfolgt ständiges Nachstimmen
- leichtes, elektronisches Abstimmen möglich
- relativ hohes Rauschen, u.U. wahrnehmbare Abstimmzeiten
- geringere Güte als Quarzoszillator
- Basis für den Aufbau von Frequenzsynthesizern



PLL (Blockschaltbild)