

$$C_A' = \frac{C_A + C_{B'E}}{1 + \frac{R_L}{r_{B'E}}} \quad (16)$$

Dabei ist  $C_{B'E}$  mit der Transitfrequenz  $f_T$  des Transistors verknüpft

$$C_{B'E} = \frac{g_m}{2 \pi f_T} \quad \text{mit} \quad g_m = \frac{\beta}{r_{B'E}} = \frac{I_C}{26\text{mV}}$$

N.B.: Genaugenommen ist auch in den Formeln für die Anschwingbedingung Gln. (14a) bis (14c)  $C_A$  durch  $C_A'$  zu ersetzen. Dies ergibt hier aber meist vernachlässigbare Änderungen, die durch den Sicherheitsfaktor abgedeckt sind.

Weitere Verschiebungen der Arbeitsfrequenz ergeben sich durch die nichtideale Phasendrehung des Transistors und durch Streukapazitäten. Zu beachten ist dabei auch der erhebliche Einfluß der Erdung des Quarzgehäuses, wodurch an beiden Quarzanschlüssen die Kapazität der Gehäuse-Glasdurchführungen  $C_{H1,2}$  in Höhe von je ca. 0,5 ... 1 pF parallel liegt. An der Anschlußseite von  $C_A$  ist dies meist zu vernachlässigen, am anderen Quarzanschluß ( $C_T$ -Seite) ist der Einfluß wegen des kleineren  $C_T$  aber recht groß.

#### (c) Quarzbelastung

Ein weiterer wichtiger Dimensionierungs-Gesichtspunkt für  $C_A$  und  $C_B$  ist die Höhe der Quarzbelastung ( $P_q$  bzw.  $I_q$ ), für deren Größe in Abschnitt 6.4 Richtlinien angegeben sind und deren Messung in Abschnitt 6.6 beschrieben ist. Als Faustformel gilt, daß die Quarzbelastung durch Verkleinern von  $C_B$  relativ zu  $C_A$  erhöht wird (und umgekehrt). Weiterhin kann sie durch Verändern des Kollektorstroms und damit der Steilheit  $g_m$  des Schwingtransistors eingestellt werden. Sehr kleine Quarzbelastungen (unter 50  $\mu\text{W}$  bzw. 1 mA) sind mit selbstbegrenzenden Oszillatorschaltungen nur schwer stabil zu realisieren. Hierzu ist eine Regelung oder Begrenzung der HF-Amplitude erforderlich.

#### (d) Obertonbetrieb

Aperiodische Oszillatoren wie die Colpitts-Schaltung arbeiten nicht ausreichend sicher mit Obertonquarzen. Schaltungen, die gelegentlich veröffentlicht werden (Lit. [18] u.a.), erfordern Quarze mit speziellem Design mit unterdrückter Grundwelle und können für allgemeine Anwendungen nicht empfohlen werden.

Grundsätzlich sollte bei Obertonbetrieb ein Schwingkreis in die Schaltung eingefügt werden, um Schwingen auf der Grundwelle zu verhindern. Die Colpitts-Schaltung in Bild 6.11 kann für Obertonbetrieb abgewandelt werden. Der einfachste Weg ist  $C_B$  durch einen Parallelschwingkreis wie in Bild 6.14 (sog. Clapp-Guriett Oszillator) zu ersetzen.

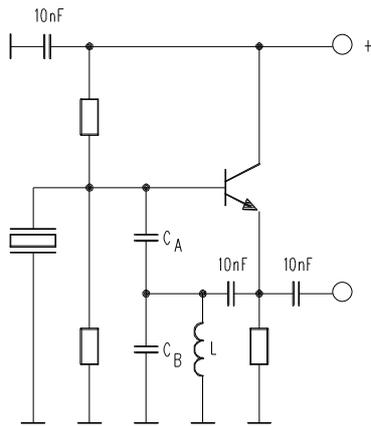


Bild 6.14 : Clapp-Guriett-Schaltung

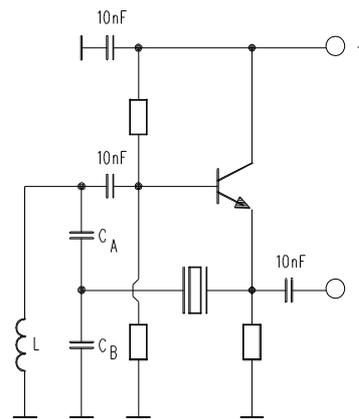


Bild 6.15 : LC-Colpitts-Schaltung mit Quarz

Die Resonanzfrequenz des Schwingkreises  $\omega_B$  muß zwischen der Grundwellenfrequenz  $\omega_{GW}$  (bzw. nächstniedriger Oberton) und dem gewünschten Oberton  $\omega_{OT}$  liegen. Der Kreis ist dann induktiv bei der unerwünschten Grundwelle und kapazitiv beim gewünschten Oberton, womit nur hier die Anschwing-Phasenbedingung erfüllt ist.

$$L = \frac{1}{\omega_B^2 C_B}$$

mit  $\omega_{GW} < \omega_B < \omega_{OT}$

Bei der Arbeitsfrequenz  $\omega_0$  sollte die effektive Kapazität des Schwingkreises  $C_{B \text{ eff}}$  etwas kleiner als der Kondensator  $C_A$  sein, gemäß den oben angegebenen Designregeln für den Colpitts-Oszillator.

$$C_{B \text{ eff}} = C_B - \frac{1}{\omega_0^2 L} = \kappa \cdot C_A$$

mit  $\kappa = 0,3 \dots 1,0$

In der Praxis sollte der Blindwiderstand  $X_{CA}$  von  $C_A$  bei  $20 \Omega \dots 50 \Omega$ , max. bei  $100 \Omega$  liegen. Die Werte für  $L$  und  $C_B$  ergeben sich dann zu

$$L = \frac{1}{4 \pi^2 \kappa C_A} \left( \frac{1}{f_B^2} - \frac{1}{f_{OT}^2} \right) \quad (17)$$

$$C_B = \frac{\kappa C_A}{1 - \frac{f_B^2}{f_{OT}^2}} \quad (18)$$

Die Clapp-Guriett-Schaltung ist besonders geeignet für Quarze im 3. und 5. Oberton. Bei höheren Obertönen ist die Schaltung nicht zu empfehlen, weil durch den engeren Relativabstand der Obertöne es schwierig wird, die Frequenzlage gemäß Formel (17) einzustellen und zu garantieren.

Der Quarz arbeitet in der Schaltung 6.14 in Lastresonanz, was manchmal nachteilig sein kann, besonders bei höheren Frequenzen. In diesen Fällen und oberhalb von 90 MHz sollte eine Serienresonanzschaltung verwendet werden.

Eine solche Schaltung kann durch Verwendung der Schaltung J in Bild 6.6A mit dem Quarz in Position 4 auch vom L-C-Colpitts-Oszillator abgeleitet werden (Bild 6.15). Der Quarz fungiert als Serien-Rückkopplungselement zwischen dem Emitter und der Anzapfung des Parallelschwingkreises zwischen Basis und Masse. Alternativ kann die Basisschaltung aus Bild 6.18 verwendet werden (vgl. Kapitel 6.3.3). Gegenüber