

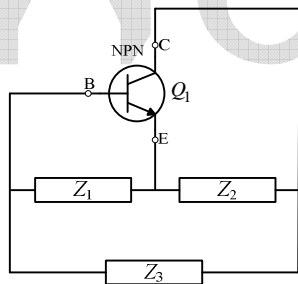
บทที่ 5 วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

วงจรออสซิลเลเตอร์ หมายถึง วงจรที่ทำหน้าที่ในการกำเนิดสัญญาณกระแสสลับรูปไซน์ ที่สามารถควบคุมความถี่ได้ ในหน่วยนี้จะขอกำหนดเฉพาะวงจรออสซิลเลเตอร์ ที่เป็นพื้นฐานของวงจรออสซิลเลเตอร์อื่น และมีความสามารถกำเนิดความถี่ย่านความถี่สูง ได้แก่ วงจรออสซิลเลเตอร์ แบบโคลพิตตส์, แบบฮาร์ตเลย์, แบบใช้ชิ้นผลึก, แบบแคลปปี้ และวงจรแบบใช้แรงดันควบคุมความถี่

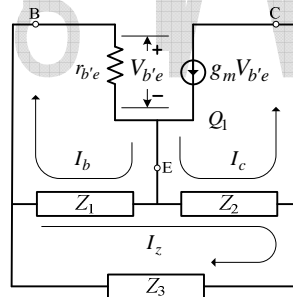
ในรายละเอียดจะมีการวิเคราะห์ และออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบต่าง ๆ ยกตัวอย่างให้เห็นชัดเจน มีใบงานการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติในเวลาเรียน การตรวจสอบการทำงานวงจรออสซิลเลเตอร์ และมีแบบฝึกหัดท้ายบทให้ทำเป็นการบ้าน

5.1 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อ 3 จุด

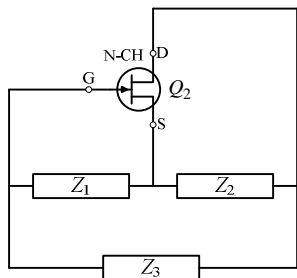
วงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อ 3 จุด เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณรูปไซน์ มีวงจรป้อนกลับประกอบด้วย Z_1, Z_2 และ Z_3



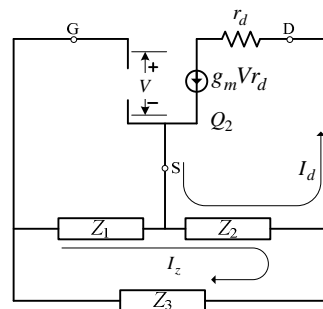
ก. แบบใช้ทรานซิสเตอร์



ข. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้แบบจำลองไฮบริด-ไพล์



ค. แบบใช้เฟต



ง. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้แบบจำลองไฮบริด-ไพล์

รูปที่ 5.1 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อ 3 จุด

จากรูปที่ 5.1 ก. และ ข. แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อ 3 จุด โดยใช้ทรานซิสเตอร์

และวงจรไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้แบบจำลองไฮบริด-ไพ

จากรูปที่ 5.1 ค. และ ง. แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อ 3 จุด โดยใช้เฟด และวงจรไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้แบบจำลองไฮบริด-ไพ

5.1.1 การวิเคราะห์ห้วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 5.1 ข. สามารถแสดงสมการได้

$$\begin{aligned} \text{ลูป } I_b \quad 0 &= I_b r_{b'e} + I_b Z_1 - I_z Z_1 \\ \boxed{0 &= I_b (r_{b'e} + Z_1) - I_z Z_1} \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} \text{ลูป } I_c \quad I_c &= g_m V_{b'e} \\ \text{ลูป } I_z \quad 0 &= I_z Z_1 + I_z Z_2 + I_z Z_3 - I_b Z_1 + I_c Z_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &= I_z (Z_1 + Z_2 + Z_3) - I_b Z_1 + I_c Z_2 \\ \text{เนื่องจาก } I_c &= g_m V_{b'e} \text{ และ } V_{b'e} = I_b r_{b'e} \\ 0 &= I_z (Z_1 + Z_2 + Z_3) - I_b Z_1 + g_m I_b r_{b'e} Z_2 \\ \boxed{0 &= I_b (g_m r_{b'e} Z_2 - Z_1) + I_z (Z_1 + Z_2 + Z_3)} \end{aligned} \quad (5.2)$$

จากสมการ (5.1) และ (5.2) สามารถหาดีเทอร์มิแนนต์ของสัมประสิทธิ์ (Δ) ของ I_b และ I_z

$$\begin{aligned} \Delta &= \begin{vmatrix} (r_{b'e} + Z_1) & (-Z_1) \\ (g_m r_{b'e} Z_2 - Z_1) & (Z_1 + Z_2 + Z_3) \end{vmatrix} \\ \Delta &= (r_{b'e} + Z_1)(Z_1 + Z_2 + Z_3) - (g_m r_{b'e} Z_2 - Z_1)(-Z_1) \\ \Delta &= (r_{b'e} + Z_1)(Z_1 + Z_2 + Z_3) + (g_m r_{b'e} Z_2 - Z_1)(Z_1) \end{aligned}$$

เมื่อเกิดการออสซิลเลตอิมตัว Δ เท่ากับ 0

$$\begin{aligned} \Delta &= (r_{b'e} + Z_1)(Z_1 + Z_2 + Z_3) + (g_m r_{b'e} Z_2 - Z_1)(Z_1) = 0 \\ 0 &= (r_{b'e} + Z_1)(Z_1 + Z_2 + Z_3) + (g_m r_{b'e} Z_2 - Z_1)(Z_1) \\ 0 &= r_{b'e} (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_1 Z_1 + Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 + g_m r_{b'e} Z_1 Z_2 - Z_1 Z_1 \\ 0 &= r_{b'e} (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 + g_m r_{b'e} Z_1 Z_2 \\ \boxed{0 &= r_{b'e} (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_1 (Z_2 + Z_3 + g_m r_{b'e} Z_2)} \end{aligned} \quad (5.3)$$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

เนื่องจาก $Z_1 = JX_1, Z_2 = JX_2$ และ $Z_3 = JX_3$

$$0 = r_{b'e} (JX_1 + JX_2 + JX_3) + JX_1 (JX_2 + JX_3 + g_m r_{b'e} JX_2)$$

$$0 = Jr_{b'e} (X_1 + X_2 + X_3) + J^2 X_1 (X_2 + X_3 + g_m r_{b'e} X_2)$$

$$0 = Jr_{b'e} (X_1 + X_2 + X_3) - X_1 (X_2 + X_3 + g_m r_{b'e} X_2)$$

$$\boxed{0 = Jr_{b'e} (X_1 + X_2 + X_3) - X_1 \{X_2 (1 + g_m r_{b'e}) + X_3\}} \quad (5.4)$$

จากสมการ (5.4) จำนวนจินตภาพ ใช้ในการประมาณค่าความถี่เรโซแนนซ์ของวงจร หรือค่าความถี่ที่เกิดการออสซิลเลต

$$0 = Jr_{b'e} (X_1 + X_2 + X_3)$$

นำ $Jr_{b'e}$ หาคancel

$$\boxed{0 = X_1 + X_2 + X_3} \quad (5.4a)$$

จากสมการ (5.4) จำนวนจริงใช้ในการประมาณค่า $g_m r_{b'e}$ ของวงจร

$$0 = -X_1 \{X_2 (1 + g_m r_{b'e}) + X_3\}$$

นำ $-X_1$ หาคancel

$$\boxed{0 = X_2 (1 + g_m r_{b'e}) + X_3} \quad (5.4b)$$

$$\boxed{X_2 = -\frac{X_3}{(1 + g_m r_{b'e})}} \quad (5.5)$$

จากสมการ (5.5) X_2 จะต่างชนิดกับ X_3 โดยสังเกตเครื่องหมายลบ และ $X_2 < |-X_3|$

จากสมการ (5.5) แทนค่าในสมการ (5.4a)

$$0 = X_1 - \frac{X_3}{(1 + g_m r_{b'e})} + X_3$$

$$X_1 = \frac{X_3}{(1 + g_m r_{b'e})} - X_3$$

$$X_1 = \frac{X_3 - X_3 (1 + g_m r_{b'e})}{(1 + g_m r_{b'e})} = \frac{X_3 - X_3 - X_3 g_m r_{b'e}}{(1 + g_m r_{b'e})}$$

$$\boxed{X_1 = -\frac{X_3 (g_m r_{b'e})}{(1 + g_m r_{b'e})}} \quad (5.6)$$

จากสมการ (5.6) X_1 จะต่างชนิดกับ X_3 และ $X_1 < |-X_3|$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

สมการ (5.6) ÷ (5.5) จะได้สมการ

$$\frac{X_1}{X_2} = -\frac{X_3 (g_m r_{b'e})}{(1 + g_m r_{b'e})} \left\{ -\frac{(1 + g_m r_{b'e})}{X_3} \right\}$$

$$\frac{X_1}{X_2} = g_m r_{b'e}$$

เนื่องจาก $g_m r_{b'e} = \beta_o = \beta_F$

$$\boxed{\beta_o = \frac{X_1}{X_2}} \tag{5.7}$$

จากสมการ (5.7) β_o เป็นอัตราขยายกระแสระหว่าง $\frac{I_c}{I_b}$ ขณะเกิดการออสซิลเลตแบบอิมิตัว ดังนั้น

ก่อนเกิดการออสซิลเลต $\beta_o > \frac{X_1}{X_2}$

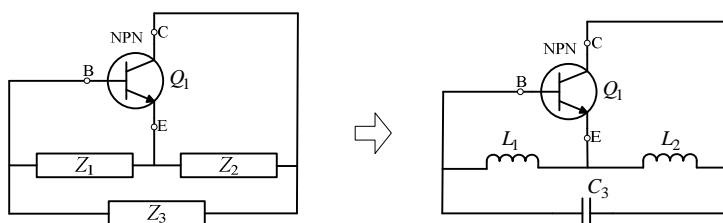
จากสมการ (5.5), (5.6) และ (5.7) สามารถสรุปได้ ดังนี้ :-

- X_2 จะต่างชนิดกับ X_3 และ $X_2 < |-X_3|$
- X_1 จะต่างชนิดกับ X_3 และ $X_1 < |-X_3|$
- $\beta_o = \frac{X_1}{X_2}$ ในการออกแบบควรเลือกทรานซิสเตอร์มีค่า $\beta_F = \beta_o > \frac{X_1}{X_2}$
- $X_1 > X_2$

การต่างชนิดของ X_1, X_2 และ X_3 ทำให้เกิดวงจรออสซิลเลเตอร์ขึ้น 2 แบบ ดังนี้

5.1.1.1 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์ (Hartley Oscillator) โดย Z_1, Z_2 จะเป็นตัวเหนี่ยวนำพันอยู่บนแกนเดียวกัน และแท็ปสายออกมา ส่วน Z_3 จะเป็นตัวเก็บประจุ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 จะได้สมการ



รูปที่ 5.2 แสดงการเปลี่ยน Z_1, Z_2 และ Z_3 เป็น L_1, L_2 และ C_3 ของวงจรแบบฮาร์ตเลย์

จากสมการ (5.4a) $0 = X_1 + X_2 + X_3$

เนื่องจาก $X_1 = j\omega L_1, X_2 = j\omega L_2$ และ $X_3 = \frac{1}{j\omega C_3}$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$0 = J\omega L_1 + J\omega L_2 + \frac{1}{J\omega C_3}$$

นำ $J\omega$ หาคancel

$$0 = L_1 + L_2 + \frac{1}{J^2\omega^2 C_3}$$

$$0 = L_1 + L_2 - \frac{1}{\omega^2 C_3}$$

$$\frac{1}{\omega^2 C_3} = L_1 + L_2$$

$$\omega^2 C_3 = \frac{1}{L_1 + L_2}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{(L_1 + L_2) C_3}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2) C_3}}$$

เนื่องจาก $\omega = 2\pi F_o$ โดย F_o เป็นค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์

ดังนั้น

$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2) C_3}} \quad (5.7a)$$

เนื่องจาก L_1 และ L_2 เป็นตัวเหนี่ยวนำอยู่บนแกนเดียวกัน ได้มีการที่ปลายออกมามีลักษณะเป็นการต่อแบบอนุกรม และมีทิศทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเสริมกัน ประมวลได้จากสมการ

$$L_T = (L_1 + L_2) + 2\sqrt{L_1 L_2} \quad (5.8)$$

แทนสมการ (5.8) ลงใน $(L_1 + L_2)$ ของสมการ (5.7a) จะได้สมการใหม่

$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C_3}} \quad (5.9)$$

ตัวอย่างที่ 5.1 จากรูปที่ 5.3 จงประมาณค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์

วิธีทำ จากสมการ (5.8) $L_T = (L_1 + L_2) + 2\sqrt{L_1 L_2}$

โดยที่ $L_1 = 160 \mu\text{H}$, $L_2 = 20 \mu\text{H}$;

$$L_T = 180 \times 10^{-6} + 2\sqrt{160 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-6}}$$

$$L_T = 293.137 \mu\text{H}$$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

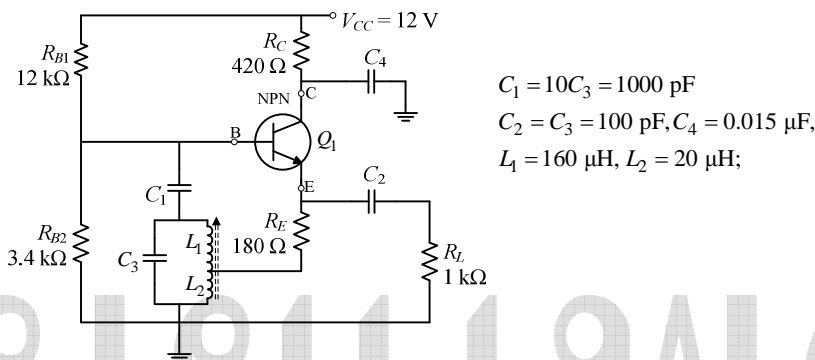
จากสมการ (5.9)

$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C_3}}$$

โดยที่ $C_3 = 100 \text{ pF}$, $L_T = 293.137 \text{ }\mu\text{H}$;

$$F_o = \frac{1}{(2 \times 3.14)\sqrt{293.137 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^{-12}}} = 930.047 \text{ kHz}$$

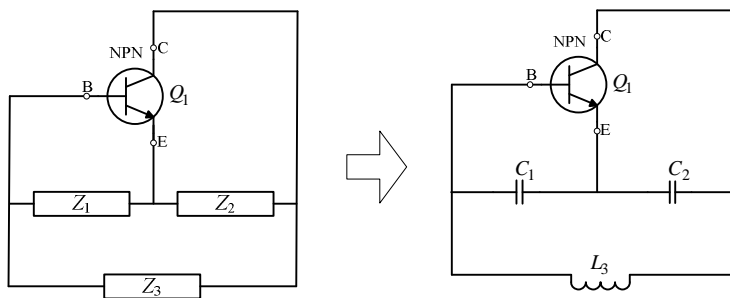
ตอบ ค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์ คือ **930.047 kHz**



รูปที่ 5.3 แสดงวงจรใช้งานของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์

5.1.1.2 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตต์

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตต์ (Colpitts Oscillator) โดย Z_1, Z_2 เป็นค่ารีแอกแตนซ์ของตัวเก็บประจุ และ Z_3 เป็นค่ารีแอกแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำ ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงการเปลี่ยน Z_1, Z_2 และ Z_3 เป็น C_1, C_2 และ L_3 ของวงจรแบบโคลพิตต์

จากรูปที่ 5.4 และจากสมการ (5.4a)

$$0 = X_1 + X_2 + X_3$$

เนื่องจาก $X_1 = \frac{1}{J\omega C_1}$, $X_2 = \frac{1}{J\omega C_2}$ และ $X_3 = J\omega L_3$

$$0 = \frac{1}{J\omega C_1} + \frac{1}{J\omega C_2} + J\omega L_3$$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

นำ $J\omega$ คูณตลอด

$$0 = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + J^2 \omega^2 L_3$$

$$0 = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \omega^2 L_3$$

$$\omega^2 L_3 = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{L_3} \times \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}$$

เนื่องจาก $\frac{C_2 + C_1}{C_1 C_2} = \frac{1}{\frac{C_1 C_2}{C_2 + C_1}}$

$$\omega^2 = \frac{1}{L_3} \times \frac{1}{\frac{C_1 C_2}{C_2 + C_1}} = \frac{1}{\left(L_3 \frac{C_1 C_2}{C_2 + C_1} \right)}$$

กำหนด $C_T = \frac{C_1 C_2}{C_2 + C_1}$

$$\omega^2 = \frac{1}{L_3 C_T}$$

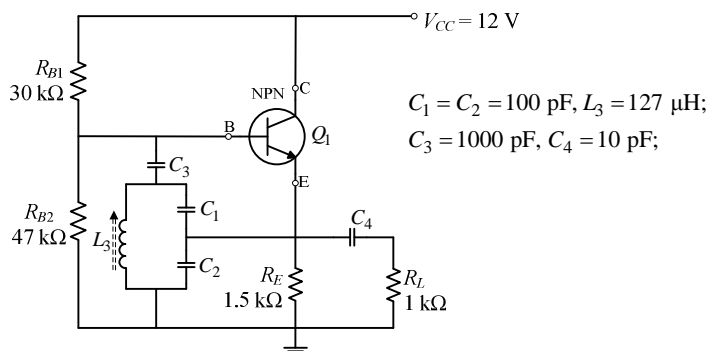
$$\omega = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{C_T L_3}} = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{C_T L_3}} = \frac{1}{\sqrt{C_T L_3}}$$

(5.10a)

เนื่องจาก $\omega = 2\pi F_o$ โดย F_o เป็นค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบ โคลพิตตส์

$$F_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{C_T L_3}}$$

(5.10b)



รูปที่ 5.5 แสดงวงจรใช้งานของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบ โคลพิตตส์

ตัวอย่างที่ 5.2 จากรูปที่ 5.5 จงประมาณค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบ โคลพิตตส์

วิธีทำ จากสมการ (5.10b) $F_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{C_T L_3}}$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$\text{โดยที่ } C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{100 \times 10^{-12} \times 100 \times 10^{-12}}{100 \times 10^{-12} + 100 \times 10^{-12}} = 50 \text{ pF}$$

$$L_3 = 127 \text{ } \mu\text{H}$$

$$F_o = \frac{1}{(2 \times 3.14) \sqrt{50 \times 10^{-12} \times 127 \times 10^{-6}}} = 1.998 \text{ MHz}$$

ตอบ ค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์ คือ **2 MHz**

5.1.2 การวิเคราะห์ห้วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้เฟด

จากรูปที่ 5.1 ค. และ ง. จะได้สมการ

$$\text{ลูป } I_d \quad g_m V r_d = I_d (Z_2 + r_d) + I_z Z_2$$

เนื่องจาก $V = I_z Z_1$ และ r_d คือ ค่าความต้านทานภายในระหว่างขาเดรนกับซอสของเฟด

$$g_m I_z Z_1 r_d = I_d (Z_2 + r_d) + I_z Z_2$$

$$0 = I_d (Z_2 + r_d) + I_z Z_2 - g_m I_z Z_1 r_d$$

$$\boxed{0 = I_d (Z_2 + r_d) + I_z (Z_2 - g_m Z_1 r_d)} \quad (5.11)$$

$$\text{ลูป } I_z \quad \boxed{0 = I_d Z_2 + I_z (Z_1 + Z_2 + Z_3)} \quad (5.12)$$

จากสมการ (5.11) และ (5.12) สามารถหา ดีเทอร์มิแนนต์ ของสัมประสิทธิ์ของ I_d และ I_z

$$\Delta = \begin{vmatrix} (Z_2 + r_d) & (Z_2 - g_m Z_1 r_d) \\ Z_2 & (Z_1 + Z_2 + Z_3) \end{vmatrix}$$

$$\Delta = (Z_2 + r_d)(Z_1 + Z_2 + Z_3) - (Z_2)(Z_2 - g_m Z_1 r_d)$$

$$\Delta = r_d (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_1 Z_2 + Z_2 Z_2 + Z_2 Z_3 - Z_2 Z_2 + g_m Z_1 Z_2 r_d$$

$$\Delta = r_d (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + g_m Z_1 Z_2 r_d$$

$$\Delta = r_d (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_2 (Z_1 + Z_3 + g_m Z_1 r_d)$$

$$\Delta = r_d (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_2 \{ Z_1 (1 + g_m r_d) + Z_3 \}$$

เมื่อเกิดการออสซิลเลตอย่างต่อเนื่อง ค่า Δ เท่ากับ 0

$$\boxed{0 = r_d (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_2 \{ Z_1 (1 + g_m r_d) + Z_3 \}} \quad (5.13)$$

เมื่อ $Z_1 = jX_1, Z_2 = jX_2$ และ $Z_3 = jX_3$ แทนค่าลงในสมการ (5.13)

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$\begin{aligned}
 0 &= r_d (JX_1 + JX_2 + JX_3) + JX_2 \{ JX_1 (1 + g_m r_d) + JX_3 \} \\
 0 &= J r_d (X_1 + X_2 + X_3) + J^2 X_2 \{ X_1 (1 + g_m r_d) + X_3 \} \\
 \boxed{0} &= \boxed{J r_d (X_1 + X_2 + X_3) - X_2 \{ X_1 (1 + g_m r_d) + X_3 \}} \quad (5.14)
 \end{aligned}$$

จากสมการ (5.14) จำนวนจินตภาพ ใช้ในการประมาณค่าความถี่เรโซแนนซ์ของวงจร หรือความถี่ที่เกิดการออสซิลเลต

$$0 = J r_d (X_1 + X_2 + X_3)$$

นำ $J r_d$ หาคancel

$$\boxed{0 = X_1 + X_2 + X_3} \quad (5.15a)$$

จากสมการ (5.14) จำนวนจริง ใช้ในการประมาณค่าแรงดันไฟฟ้าของวงจร

$$0 = -X_2 \{ X_1 (1 + g_m r_d) + X_3 \}$$

นำ $-X_2$ หาคancel

$$\boxed{0 = X_1 (1 + g_m r_d) + X_3} \quad (5.15b)$$

$$\boxed{X_1 = -\frac{X_3}{(1 + g_m r_d)}} \quad (5.16)$$

จากสมการ (5.16) X_1 จะต่างชนิดกับ X_3 โดยสังเกตเครื่องหมายลบ และ $X_1 < |-X_3|$

จากสมการ (5.16) แทนค่าในสมการ (5.15a)

$$0 = -\frac{X_3}{(1 + g_m r_d)} + X_2 + X_3$$

$$X_2 = \frac{X_3}{(1 + g_m r_d)} - X_3$$

$$X_2 = \frac{X_3 - X_3 (1 + g_m r_d)}{(1 + g_m r_d)} = \frac{X_3 - X_3 - X_3 g_m r_d}{(1 + g_m r_d)}$$

$$\boxed{X_2 = -\frac{X_3 (g_m r_d)}{(1 + g_m r_d)}} \quad (5.17)$$

จากสมการ (5.17) X_2 จะต่างชนิดกับ X_3 และ $X_2 < |-X_3|$

สมการ (5.17) ÷ (5.16) จะได้สมการ

$$\frac{X_2}{X_1} = -\frac{X_3 (g_m r_d)}{(1 + g_m r_d)} \times \left\{ -\frac{(1 + g_m r_d)}{X_3} \right\}$$

$$\boxed{\frac{X_2}{X_1} = g_m r_d} \tag{5.18}$$

เนื่องจาก $g_m r_d = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} \times \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}}$ หรือ $g_m r_d = \frac{V_{ds}}{V_{gs}}$ ดังนั้น $g_m r_d$ คือ อัตราขยายแรงดัน

ของเฟต ขณะเกิดการออสซิลเลตอิมตัว

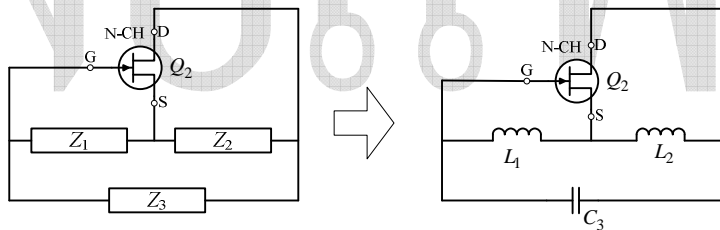
จากสมการ (5.16), (5.17) และ (5.18) สามารถสรุปได้ ดังนี้ :-

- X_1 จะต่างชนิดกับ X_3 และ $X_1 < |-X_3|$;
- X_2 จะต่างชนิดกับ X_3 และ $X_2 < |-X_3|$;
- $g_m r_d = \frac{X_2}{X_1}$ ในการออกแบบควรเลือกเฟตมีค่า $g_m > \frac{X_2}{X_1 r_d}$
- $X_2 > X_1$

การต่างชนิดของ X_1, X_2 และ X_3 ทำให้เกิดวงจรออสซิลเลเตอร์โดยใช้เฟต 2 แบบ

5.1.2.1 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์โดยใช้เฟต

โดย L_1, L_2 จะเป็นตัวเหนี่ยวนำพันอยู่บนแกนเดียวกัน และเทปปลายออกมา C_3 จะเป็นตัวเก็บประจุ ดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แสดงการเปลี่ยน Z_1, Z_2 และ Z_3 เป็น L_1, L_2 และ C_3 ของวงจรแบบฮาร์ทเลย์โดยใช้เฟต

จากรูปที่ 5.6 และจากสมการ (5.15a)

$$0 = X_1 + X_2 + X_3$$

เนื่องจาก $JX_1 = J\omega L_1$ และ $JX_2 = J\omega L_2$ ซึ่งเป็นค่ารีแอกแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำและ $JX_3 = \frac{1}{J\omega C_3}$

ซึ่งเป็นค่ารีแอกแตนซ์ของตัวเก็บประจุ แสดงสมการได้

$$0 = J\omega L_1 + J\omega L_2 + \frac{1}{J\omega C_3}$$

สุดท้ายของสมการจะได้ผลลัพธ์ เช่นเดียวกับสมการต่อไปนี้

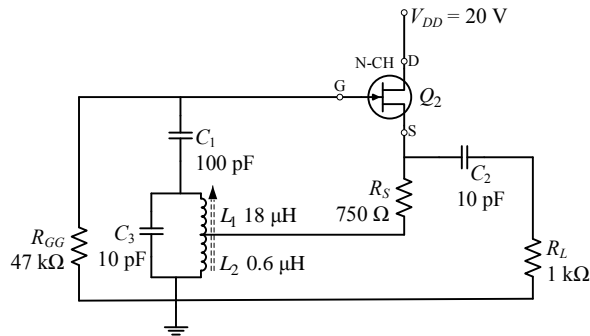
จากสมการ (5.8)

$$L_T = (L_1 + L_2) + 2\sqrt{L_1 L_2}$$

จากสมการ (5.9)

$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C_3}}$$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง



รูปที่ 5.7 แสดงวงจรใช้งานของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์โดยใช้เฟด

ตัวอย่างที่ 5.3 จากรูปที่ 5.7 จงประมาณค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์

วิธีทำ จากสมการ (5.8)

$$L_T = (L_1 + L_2) + 2\sqrt{L_1 L_2}$$

$$L_T = (18 \times 10^{-6} + 0.621 \times 10^{-6}) + 2\sqrt{18 \times 10^{-6} \times 0.621 \times 10^{-6}}$$

$$L_T = 25.307 \mu\text{H}$$

จากสมการ (5.9)

$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C_3}}$$

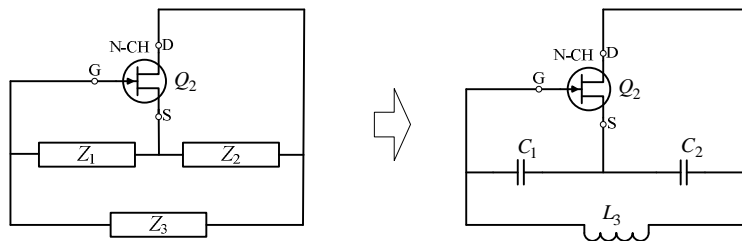
โดยที่ $L_T = 25.307 \mu\text{H}$, $C_3 = 10 \text{ pF}$;

$$F_o = \frac{1}{(2 \times 3.14)\sqrt{25.307 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-12}}} = 10 \text{ MHz}$$

ตอบ ค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์ คือ **10 MHz**

5.1.2.2 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์โดยใช้เฟด

โดย Z_1 และ Z_2 เป็นค่ารีแอกแตนซ์ของตัวเก็บประจุ Z_3 เป็นค่ารีแอกแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำ ดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 แสดงการเปลี่ยน Z_1 , Z_2 และ Z_3 เป็น C_1 , C_2 และ L_3 ของวงจรแบบ โคลพิตตส์

จากสมการ (5.15a)

$$0 = X_1 + X_2 + X_3$$

เนื่องจาก $jX_1 = \frac{1}{j\omega C_1}$, $jX_2 = \frac{1}{j\omega C_2}$ และ $jX_3 = j\omega L_3$ แสดงสมการได้

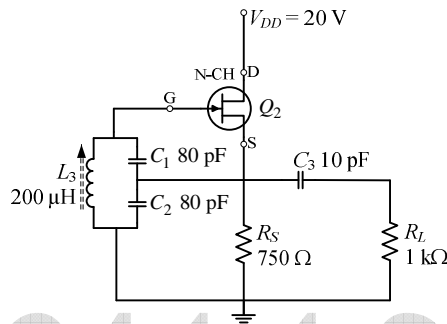
5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$0 = \frac{1}{J\omega C_1} + \frac{1}{J\omega C_2} + J\omega L_3$$

สูตรท้ายของสมการจะได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับสมการ (5.10a) และ (5.10b)

จากสมการ (5.10a)
$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_2 + C_1}$$

จากสมการ (5.10b)
$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_T L_3}}$$



รูปที่ 5.9 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์โดยใช้เฟด

ตัวอย่างที่ 5.4 จากรูปที่ 5.9 จงประมาณค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์

วิธีทำ จากสมการ (5.10a)
$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_2 + C_1} = \frac{80 \times 10^{-12} \times 80 \times 10^{-12}}{(80 \times 10^{-12} + 80 \times 10^{-12})} = 40 \text{ pF}$$

จากสมการ (5.10b)
$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_T L_3}}$$

โดยที่ $C_T = 40 \text{ pF}, L_3 = 200 \text{ μH};$

$$F_o = \frac{1}{(2 \times 3.14)\sqrt{40 \times 10^{-12} \times 200 \times 10^{-6}}} = 1.78 \text{ MHz}$$

ตอบ ค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์ คือ **1.78 MHz**

5.1.3 การควบคุมความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้ L-C ในห้องที่

วงจรออสซิลเลเตอร์ ที่ใช้ L-C ได้แก่ วงจรแบบฮาร์ทเลย์, วงจรแบบโคลพิตตส์ และ วงจรแบบแคลปป์ สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความถี่มี 3 ข้อ

5.1.3.1 การเปลี่ยนแปลงค่า $r_{b'e}, C_{b'e}, C_{b'c}, C_{iss}$ และ C_{rss} แก้ไขโดยการออกแบบให้ จุดทำงานของวงจรมีเสถียรภาพ

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

5.1.3.2 การเปลี่ยนแปลงค่าของ L - C เนื่องจากอุณหภูมิ และการสั้นสะเทือน ปัญหานี้แก้ไขยาก แต่ก็สามารถแก้ไขได้โดยใช้ชิ้นผลึกแทน

5.1.3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าของโหลดมีผลต่อความถี่ เนื่องจากค่า $C_{bc}(1 + g_m R_{out})$ ไม่คงที่เปลี่ยนแปลงตามค่าของโหลด แก้ไขโดยใช้วงจรบัฟเฟอร์ใส่คั่นไว้ระหว่างวงจร กับโหลด

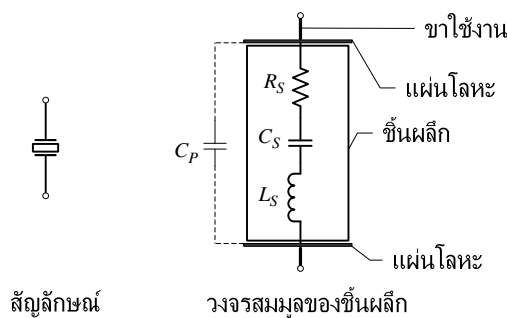
5.2 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้ชิ้นผลึก

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้ชิ้นผลึก จะอาศัยการสั้นของชิ้นผลึก ที่มีความถี่ที่ตลอดเวลา ทำให้ได้สัญญาณรูปไซน์ ที่มีเสถียรภาพทางด้านความถี่สูงมาก

5.2.1 ควอตซ์คริสตอล

ควอตซ์คริสตอล (Quartz Crystal) หรือผลึกควอตซ์ สร้างจากผลึกหินควอตซ์ หรือที่ชาวบ้านเรียกว่า “หินเขียวหนุมาน” ตัดให้เป็นแผ่นบาง ใช้แผ่นโลหะประกบทั้งสองด้าน และต่อขาออกมาใช้งาน ค่าความถี่ จะขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นผลึก ในปัจจุบันสามารถสร้างชิ้นผลึก กำหนดความถี่ได้สูงสุดไม่เกิน 18 MHz เนื่องจากมีความบางมาก จะเสียหายเมื่อเกิดการสั้นขณะเรโซแนนซ์

ชิ้นผลึก เป็นอุปกรณ์ประเภทพิโซอิเล็กทริก เมื่อมีแรงกระทำต่อชิ้นผลึกทั้งสองด้าน และเอาแรงกระทำนั้นออก ชิ้นผลึกจะสั้น และผลิตสัญญาณไฟฟ้าออกมา มีความถี่เท่ากับ ค่าความถี่ตามคุณสมบัติของชิ้นผลึก (ความหนาของชิ้นผลึก) ในทางกลับกันเมื่อป้อนแรงดันกระแสสลับ ที่มีความถี่ตรงกับ ความถี่ตามคุณสมบัติของชิ้นผลึก จะทำให้ชิ้นผลึกเกิดการเรโซแนนซ์สั้นอย่างรุนแรง มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นผลึก การเรโซแนนซ์เป็นแบบอนุกรม มีวงจรสมมูลดังแสดงในรูปที่ 5.10

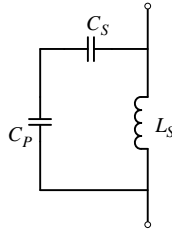


รูปที่ 5.10 แสดงสัญลักษณ์และวงจรมูลของชิ้นผลึก

จากรูปที่ 5.10 จะได้สมการ

$$F_{OS} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S C_S}} \quad (5.19)$$

โดยที่ F_{OS} คือ ค่าความถี่ขณะเกิดการเรโซแนนซ์แบบอนุกรม
 L_S คือ ค่าความเหนี่ยวนำอนุกรมในวงจรสมมูลของชิ้นผลึก
 C_S คือ ค่าความจุอนุกรมในวงจรสมมูลของชิ้นผลึก



รูปที่ 5.11 แสดงวงจรสมมูลของชิ้นผลึกขณะทำงานที่ความถี่สูงกว่า F_{OS} โดยละทิ้ง R_S

จากรูปที่ 5.11 จะเกิดการเรโซแนนซ์แบบขนาน จะได้สมการ

$$F_{OP} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S \frac{C_S C_P}{C_S + C_P}}} \quad (5.20)$$

โดยที่ F_{OP} คือ ค่าความถี่ขณะเกิดการเรโซแนนซ์แบบขนาน
 L_S คือ ค่าความเหนี่ยวนำอนุกรมในวงจรสมมูลของชิ้นผลึก
 C_S คือ ค่าความจุอนุกรมในวงจรสมมูลของชิ้นผลึก
 C_P คือ ค่าความจุขนานที่เกิดจากแผ่นโลหะสองแผ่นของชิ้นผลึก

ตัวอย่างที่ 5.5 จากรูปที่ 5.10 และ 5.11 $R_S = 150 \Omega$, $C_S = 2.5 \text{ pF}$, $L_S = 45.077 \mu\text{H}$ และ $C_P = 100 \text{ pF}$
 จงประมาณค่า F_{OS} และ F_{OP}

วิธีทำ จากสมการ (5.19) $F_{OS} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S C_S}}$

$$F_{OS} = \frac{1}{(2 \times 3.14)\sqrt{45.077 \times 10^{-6} \times 2.5 \times 10^{-12}}} = 15 \text{ MHz}$$

จากสมการ (5.20) $F_{OP} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S \frac{C_S C_P}{C_S + C_P}}}$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$F_{OP} = \frac{1}{(2 \times 3.14) \sqrt{45.007 \times 10^{-6} \left(\frac{2.5 \times 10^{-12} \times 100 \times 10^{-12}}{2.5 \times 10^{-12} + 100 \times 10^{-12}} \right)}}$$

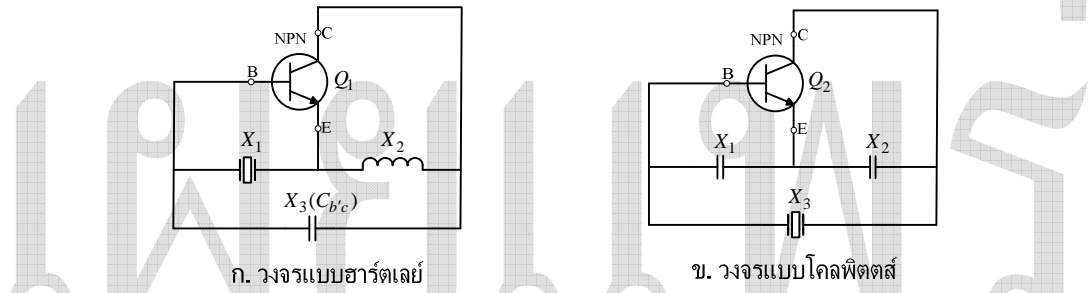
$$F_{OP} = 15.198 \text{ MHz}$$

ตอบ $F_{OS} = 15 \text{ MHz}, F_{OP} = 15.198 \text{ MHz};$

ผลปรากฏชัด ถึงจะมีตัวเก็บประจุต่อขนานกับขั้วอินพุต โดยมีค่าสูงกว่า C_S หลายเท่า แต่ทำให้ความถี่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

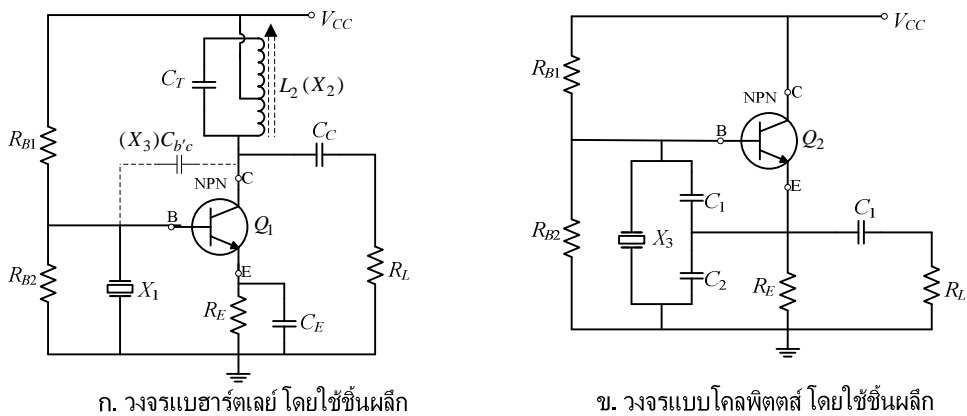
5.2.2 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อ 3 จุดโดยใช้ขั้วอินพุต

จากรูปที่ 5.12 ก. และข. ได้พัฒนาเป็นวงจรใช้งานจริง 2 วงจร แสดงในรูปที่ 5.13 ก. และ ข.



รูปที่ 5.12 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อ 3 จุดโดยใช้ขั้วอินพุต

จากรูปที่ 5.13 ก. เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์โดยใช้ขั้วอินพุต โดย X_1 เป็นขั้วอินพุต X_2 เป็น L_2 และ X_3 เป็น C_{bc} เพื่อให้ได้ความถี่ตามต้องการ จำเป็นต้องใช้วงจรจูน ($L_2 \parallel C_T$) คัดเลือกสัญญาณ



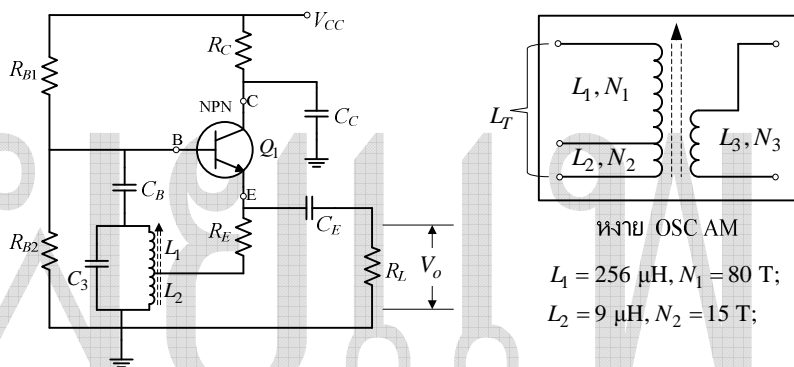
รูปที่ 5.13 แสดงวงจรใช้งานจริงแบบเชื่อมต่อ 3 จุดโดยใช้ขั้วอินพุต

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

จากรูปที่ 5.13 ข. วงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์โดยใช้ชั้นผลึก โดย X_3 เป็นชั้นผลึก, X_1 เป็น C_1 และ X_2 เป็น C_2 วงจรนี้ จะไม่มีตัวเหนี่ยวนำจึงนิยมใช้งานจริงค่าความถี่ของวงจรจะถูกกำหนดโดยชั้นผลึก

5.3 การออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์ โดยใช้ทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 5.14 จงออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์ กำหนดความถี่ 500 kHz โดยกำหนด $I_C = 5 \text{ mA}$, $\beta_F = \beta_o = 100$, $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$, $V_{CC} = 12 \text{ V}$, $F_T = 300 \text{ MHz}$, $r_{bb'} = 2 \Omega$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$, $C_{ob} = C_{re} = 1.3 \text{ pF}$;



รูปที่ 5.14 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์ ที่ใช้ออกแบบ

จากสมการ (5.7)
$$\beta_o = \frac{X_1}{X_2}$$

กำหนดให้ $\beta_o = n = \frac{X_1}{X_2}$

$$X_1 = nX_2$$

$$\omega L_1 = n\omega L_2$$

$$\boxed{L_1 = nL_2}$$

(5.21)

โดยที่ $n = \beta_o$ คือ อัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ ขณะออสซิลเลตอิมตัว แทนค่าสมการ (5.21) ลงในสมการ (5.8)

$$L_T = nL_2 + L_2 + 2\sqrt{nL_2L_2}$$

$$L_T = nL_2 + L_2 + 2L_2\sqrt{n}$$

$$L_T = L_2 (n + 1 + 2\sqrt{n})$$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$L_2 = \frac{L_T}{(n+1) + 2\sqrt{n}} \quad (5.22)$$

จากสมการ (5.9) $F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C_3}}$ ต้องการประมาณค่า L_T

$$L_T = \frac{1}{C_3 (2\pi F_o)^2} \quad (5.23)$$

5.3.1 การประมาณค่า L_1, L_2 และ C_3

เมื่อกำหนดความถี่ของการออสซิลเลต เท่ากับ 500 kHz

จากสมการ (5.8) $L_T = (L_1 + L_2) + 2\sqrt{L_1 L_2}$

จากสมการ (5.23) $L_T = \frac{1}{C_3 (2\pi F_o)^2}$

ตัวอย่างที่ 5.6 จงประมาณค่า L_1, L_2 และ C_3

วิธีทำ จากสมการ (5.8)

$$L_T = (L_1 + L_2) + 2\sqrt{L_1 L_2}$$

$$L_T = (256 \times 10^{-6} + 9 \times 10^{-6}) + 2\sqrt{256 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-6}} = 361 \mu\text{H}$$

จากสมการ (5.23)

$$L_T = \frac{1}{C_3 (2\pi F_o)^2}$$

$$C_3 = \frac{1}{L_T (2\pi F_o)^2} = \frac{1}{(361 \times 10^{-6}) (2 \times 3.14 \times 500 \times 10^3)^2}$$

$$C_3 = 280.952 \text{ pF}$$

ตอบ $C_3 = 280.952 \text{ pF}$ และ L_1, L_2 ใช้ OSC AM (แดง/ดำ) ซึ่งมีรายละเอียด ดังแสดงรูปที่ 5.14

5.3.2 การประมาณค่า R_{B1}, R_{B2}, R_E และ R_C

เมื่อกำหนด $I_C = 5 \text{ mA}$

จากสมการ (2.21-2.23) $V_{CE} = 0.5V_{CC}, V_{RC} = 0.35V_{CC}, V_{RE} = 0.15V_{CC};$

จากสมการ (2.24) $R_C = \frac{0.35V_{CC}}{I_C}$

จากสมการ (2.25) $R_E = \frac{0.15V_{CC}}{(\beta_F + 1)I_B}$

จากสมการ (2.26) $R_{TH} = 15R_E$

จากสมการ (2.27) $V_{TH} = I_B R_{TH} + V_{BE} + (\beta_F + 1)I_B R_E$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$\text{จากสมการ (2.28)} \quad R_{B1} = \frac{V_{CC}R_{TH}}{V_{TH}}, R_{B2} = \frac{V_{CC}R_{TH}}{(V_{CC} - V_{TH})};$$

ตัวอย่างที่ 5.7 จงประมาณค่า R_{B1} , R_{B2} , R_E และ R_C เมื่อกำหนด $I_C = 5 \text{ mA}$ และปรับเป็นค่ามาตรฐาน

วิธีทำ

$$V_{CE} = 0.5V_{CC}, V_{RC} = 0.35V_{CC}, V_{RE} = 0.15V_{CC};$$

$$V_{CE} = 0.5 \times 12 = 6 \text{ V}$$

$$V_{RC} = 0.35 \times 12 = 4.2 \text{ V}$$

$$V_{RE} = 0.15 \times 12 = 1.8 \text{ V}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_F} = \frac{5 \times 10^{-3}}{100} = 50 \text{ } \mu\text{A}$$

$$\text{จากสมการ (2.24)} \quad R_C = \frac{0.35V_{CC}}{I_C} = \frac{4.2}{5 \times 10^{-3}} = 840 \text{ } \Omega$$

$$\text{จากสมการ (2.25)} \quad R_E = \frac{0.15V_{CC}}{(\beta_F + 1)I_B} = \frac{0.15 \times 12}{50 \times 10^{-6} (100 + 1)} = 356.435 \text{ } \Omega$$

$$\text{จากสมการ (2.26)} \quad R_{TH} = 15R_E = 15 \times 356.435 = 5.346 \text{ k}\Omega$$

$$\text{จากสมการ (2.27)} \quad V_{TH} = I_B R_{TH} + V_{BE} + (\beta_F + 1) I_B R_E$$

$$V_{TH} = (50 \times 10^{-6} \times 5.346 \times 10^3) + 0.6 + (101 \times 50 \times 10^{-6} \times 356.435)$$

$$V_{TH} = 2.667 \text{ V}$$

$$\text{จากสมการ (2.28)} \quad R_{B1} = \frac{V_{CC}R_{TH}}{V_{TH}}$$

$$R_{B2} = \frac{V_{CC}R_{TH}}{(V_{CC} - V_{TH})}$$

$$R_{B1} = \frac{12 \times 5.346 \times 10^3}{2.667} = 24.053 \text{ k}\Omega$$

$$R_{B2} = \frac{12 \times 5.346 \times 10^3}{(12 - 2.667)} = 6.873 \text{ k}\Omega$$

เปลี่ยนเป็นค่ามาตรฐาน

$$R_C = 840 \text{ } \Omega \text{ เป็นค่ามาตรฐาน } R_C = 820 \text{ } \Omega$$

$$R_E = 356.435 \text{ } \Omega \text{ เป็นค่ามาตรฐาน } R_E = 360 \text{ } \Omega$$

$$R_{B1} = 24.053 \text{ k}\Omega \text{ เป็นค่ามาตรฐาน } R_{B1} = 24 \text{ k}\Omega$$

$$R_{B2} = 6.873 \text{ k}\Omega \text{ เป็นค่ามาตรฐาน } R_{B2} = 6.8 \text{ k}\Omega$$

ตอบ $R_C = 820 \text{ } \Omega$, $R_E = 360 \text{ } \Omega$, $R_{B1} = 24 \text{ k}\Omega$, $R_{B2} = 6.8 \text{ k}\Omega$;

5.3.3 การประมาณค่า C_B, C_C และ C_E

โดย C_B และ C_E ทำหน้าที่ เชื่อมต่อสัญญาณ 500 kHz กำหนดค่า C_B เท่ากับ 10 เท่าของ C_3 และ C_E เท่ากับ C_3

$$C_B = 10C_3, C_E = C_3;$$

C_C ทำหน้าที่ บายพาสส์สัญญาณ 500 kHz ลงกราวด์ กำหนดค่า X_{C_C} มีค่าประมาณ 0.5-10 Ω

$$C_C = \frac{1}{2\pi F_o X_{C_C}} \quad (5.24)$$

ตัวอย่างที่ 5.8 จงประมาณค่า C_B, C_C และ C_E

วิธีทำ จากสมการ (5.24) $C_C = \frac{1}{2\pi F_o X_{C_C}}$

โดยที่ $F_o = 500 \text{ kHz}, X_{C_C} = 10 \Omega;$

$$C_C = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 500 \times 10^3 \times 10} = 0.0318 \mu\text{F}$$

$$C_B = 10C_3 = 10 \times 280.952 \times 10^{-12} = 0.0028 \mu\text{F}$$

$$C_E = C_3 = 280.952 \text{ pF}$$

และเปลี่ยนเป็นค่ามาตรฐาน

$C_B = 0.0028 \mu\text{F}$ เป็นค่ามาตรฐาน $C_B = 0.0033 \mu\text{F}$ เซรามิก

$C_C = 0.0318 \mu\text{F}$ เป็นค่ามาตรฐาน $C_C = 0.033 \mu\text{F}$ เซรามิก

$C_E = 280.952 \text{ pF}$ เป็นค่ามาตรฐาน $C_E = 270 \text{ pF}$ เซรามิก

ตอบ $C_B = 0.0033 \mu\text{F}, C_C = 0.033 \mu\text{F}$ และ $C_E = 270 \text{ pF}$

5.3.4 การประมาณค่า β_F ของทรานซิสเตอร์

จากสมการ (5.7) $\beta_o = \frac{X_1}{X_2}$

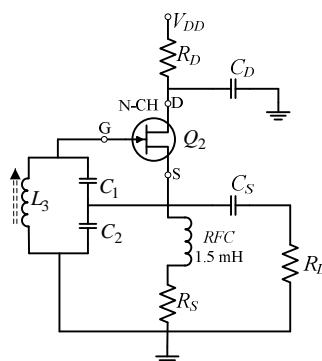
โดยที่ $X_1 = L_1 = 256 \mu\text{H}, X_2 = L_2 = 9 \mu\text{H};$

$$\beta_o = \frac{L_1}{L_2} = \frac{256 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-6}} = 28.444$$

ค่า β_o ที่ได้เกิดขึ้นขณะออสซิลเลตอิมตัว แต่ก่อนเกิดการออสซิลเลตอิมตัวจะต้องมี $\beta_o > 28.444$ โดยเลือกประมาณ 80 ถึง 100

ดังนั้น ทรานซิสเตอร์ Q_1 ควรมี $\beta_F = \beta_o$ ประมาณ 80 ถึง 100

5.4 การออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์ โดยใช้เฟต



รูปที่ 5.15 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์ ที่ใช้ออกแบบ

จากรูปที่ 5.15 จงออกแบบวงจรแบบโคลพิตตส์โดยใช้เฟต กำหนดความถี่ 500 kHz กำหนด

$I_D = 5 \text{ mA}$, $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$, $V_P = -2.5 \text{ V}$, $V_{DD} = 12 \text{ V}$, $C_{iss} = 3 \text{ pF}$, $C_{rss} = 0.035 \text{ pF}$ และ $R_L = 10 \text{ k}\Omega$

ขั้นตอนการออกแบบ

จากสมการ (5.18)

$$g_m r_d = \frac{X_2}{X_1}$$

กำหนดให้ $g_m r_d = n = \frac{X_2}{X_1}$

$$X_2 = nX_1$$

$$\frac{1}{j\omega C_2} = \frac{n}{j\omega C_1}$$

$$\frac{1}{C_2} = \frac{n}{C_1}$$

$$\boxed{C_1 = nC_2}$$

(5.25)

โดยที่ $n = g_m r_d$ คือ อัตราขยายแรงดันของเฟตขณะออสซิลเลตอิมตัว

จากสมการ (5.10a)

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

แทนค่า (5.25) ลงใน (5.10a)

$$C_T = \frac{nC_2 C_2}{nC_2 + C_2}$$

$$C_T = \frac{nC_2}{n+1}$$

ดังนั้น

$$\boxed{C_2 = \frac{C_T (n+1)}{n}}$$

(5.26)

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

จากสมการ (5.10b)

$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_T L_3}}$$

$$\sqrt{C_T L_3} = \frac{1}{(2\pi F_o)}$$

ดังนั้น

$$C_T = \frac{1}{L_3 (2\pi F_o)^2} \quad (5.27)$$

5.4.1 การประมาณค่า C_1, C_2, L_3 และ RFC_1

จากสมการ (5.25)

$$C_1 = nC_2$$

จากสมการ (5.26)

$$C_2 = \frac{C_T (n+1)}{n}$$

จากสมการ (5.27)

$$C_T = \frac{1}{L_3 (2\pi F_o)^2}$$

กำหนด

$$RFC_1 = 4L_3$$

ตัวอย่างที่ 5.9 จากรูปที่ 5.15 จงประมาณค่า C_1, C_2, L_3 และ RFC_1 เมื่อกำหนด $F_o = 500$ kHz,

$$L_3 = 360 \mu\text{H} \text{ และ } n = 1$$

วิธีทำ จากสมการ (5.27)

$$C_T = \frac{1}{L_3 (2\pi F_o)^2}$$

โดยที่ $F_o = 500$ kHz, $L_3 = 360 \mu\text{H}$;

$$C_T = \frac{1}{360 \times 10^{-6} (2 \times 3.14 \times 500 \times 10^3)^2} = 281.733 \text{ pF}$$

จากสมการ (5.26)

$$C_2 = \frac{C_T (n+1)}{n} = \frac{281.733 \times 10^{-12} (1+1)}{1} = 563.466 \text{ pF}$$

จากสมการ (5.25)

$$C_1 = nC_2 = (1) 563.466 \times 10^{-12} = 563.466 \text{ pF}$$

$$RFC_1 = 4L_3 = 4 \times 360 \times 10^{-6} = 1.44 \text{ mH}$$

เปลี่ยนเป็นค่ามาตรฐาน

$$C_1 = C_2 = 563.466 \text{ pF} \text{ เป็นค่ามาตรฐาน } C_1 = C_2 = 560 \text{ pF} \text{ เซรามิก}$$

ตอบ $C_2 = C_1 = 560 \text{ pF}$ เซรามิก, $L_3 = 360 \mu\text{H}$, $RFC_1 = 1.44 \text{ mH}$;5.4.2 การประมาณค่า R_S และ R_D โดยกำหนดจุดทำงานของเฟต Q_2 ขึ้นเ

จากสมการ (2.42)

$$V_G = V_{GS} + V_{RS}$$

เมื่อ $V_G = 0 \text{ V}$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$\begin{aligned} V_{RS} &= -V_{GS} \\ \text{จากสมการ (2.59)} \quad V_{GS} &= 0.293V_P \quad \text{เมื่อ } (I_D = 0.5I_{DSS}) \\ V_{RS} &= -0.293V_P \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \boxed{R_S = \frac{-0.293V_P}{0.5I_{DSS}}} \quad (5.28)$$

$$\text{จากสมการ (2.62)} \quad V_{DS} = 0.5V_{DD}$$

$$\text{จากสมการ (2.63)} \quad V_{RD} = V_{DD} - (V_{DS} + V_{RS})$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \boxed{R_D = \frac{V_{RD}}{0.5I_{DSS}}} \quad (5.29)$$

ตัวอย่างที่ 5.10 จากรูปที่ 5.15 จงประมาณค่า R_S และ R_D

$$\text{วิธีทำ จากสมการ (5.28)} \quad R_S = \frac{(-0.293)V_P}{0.5I_{DSS}}$$

โดยที่ $V_P = -2.5 \text{ V}$, $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$;

$$R_S = \frac{(-0.293)(-2.5)}{0.5 \times 10 \times 10^{-3}} = 146.5 \Omega$$

$$\text{จากสมการ (2.62)} \quad V_{DS} = 0.5V_{DD} = 0.5 \times 12 = 6 \text{ V}$$

$$\text{จากสมการ (2.63)} \quad V_{RD} = V_{DD} - (V_{DS} + V_{RS}) = 12 - (6 + 0.732) = 5.268 \text{ V}$$

$$\text{จากสมการ (5.29)} \quad R_D = \frac{V_{RD}}{0.5I_{DSS}} = \frac{5.268}{0.5 \times 10 \times 10^{-3}} = 1.053 \text{ k}\Omega$$

เปลี่ยนเป็นค่ามาตรฐาน

$$R_S = 146.5 \Omega \text{ เป็นค่ามาตรฐาน } R_S = 150 \Omega$$

$$R_D = 1.053 \text{ k}\Omega \text{ เป็นค่ามาตรฐาน } R_D = 1 \text{ k}\Omega$$

ตอบ $R_S = 150 \Omega$ และ $R_D = 1 \text{ k}\Omega$

ตัวอย่างที่ 5.11 จากรูปที่ 5.15 จงตรวจสอบจุดทำงานของเฟต Q_2 เมื่อใช้ค่าความต้านทานมาตรฐาน

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ จากสมการ (2.45a)} \quad I_{DSS} &= \frac{V_{DD}}{R_D + R_S} \\ I_{DSS} &= \frac{V_{DD}}{R_D + R_S} = \frac{12}{(1 \times 10^3 + 150)} = 10.434 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\text{จากสมการ (2.48)} \quad V_{GS} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$\text{โดยที่ } a = \frac{I_{DSS}R_S}{(V_P)^2} = \frac{10.434 \times 10^{-3} \times 150}{(-2.5)^2} = 0.250$$

$$b = \left(1 - \frac{2I_{DSS}R_S}{V_P}\right) = \left(1 - \frac{2 \times 10.434 \times 10^{-3} \times 150}{-2.5}\right) = 2.252$$

$$c = I_{DSS}R_S - V_G = (10.434 \times 10^{-3} \times 150) - 0 = 1.565$$

$$V_{GS} = \frac{-2.252 \pm \sqrt{(2.252)^2 - (4 \times 0.250 \times 1.565)}}{2 \times 0.250}$$

$$V_{GS} = \frac{-2.252 + 1.872}{0.5}$$

$$V_{GS1} = \frac{-2.252 + 1.872}{0.5} = -0.76 \text{ V}$$

$$V_{GS2} = \frac{-2.252 - 1.872}{0.5} = -8.248 \text{ V}$$

$$V_{GS} = V_{GS1} = -0.76 \text{ V}$$

$$\text{จากสมการ (2.46)} \quad I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 = 10.434 \times 10^{-3} \left(1 - \frac{-0.76}{-2.5}\right)^2 = 5.054 \text{ mA}$$

$$\text{จากสมการ (2.45)} \quad V_{DD} = (I_D R_D + V_{DS} - I_D R_S), V_{DS} = V_{DD} - (I_D R_D + I_D R_S);$$

$$V_{DS} = 12 - \left\{ (5.054 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3) + (5.054 \times 10^{-3} \times 150) \right\} = 6.187 \text{ V}$$

ตอบ จุดทำงานเฟต Q_2 $V_{GS} = -0.76 \text{ V}$, $I_D = 5.053 \text{ mA}$ และ $V_{DS} = 6.167 \text{ V}$

ค่าของ I_D ที่ยอมรับได้คือ $I_D \pm 0.5 \text{ mA}$ ค่าของ V_{DS} ที่ยอมรับได้คือ $V_{DS} \pm 0.5 \text{ V}$

5.4.3 การประมาณค่า C_S และ C_D

C_S ทำหน้าที่ เชื่อมต่อสัญญาณ 500 kHz จากขาซอส ไปยังโหนด โดยกำหนด

$$C_S = \frac{C_2}{10}$$

C_D ทำหน้าที่ บายพาสสัญญาณ 500 kHz ลงกราวด์ โดย X_{CD} เท่ากับ 0.5-10 Ω

$$\boxed{C_D = \frac{1}{2\pi F_o X_{CD}}} \quad (5.30)$$

ตัวอย่างที่ 5.12 จงประมาณค่า C_S และ C_D

$$\text{วิธีทำ} \quad C_S = \frac{C_2}{10} = \frac{560 \times 10^{-12}}{10} = 56 \text{ pF}$$

$$\text{จากสมการ (5.30)} \quad C_D = \frac{1}{2\pi F_o X_{CD}}$$

โดยที่ $F_o = 500 \text{ kHz}$, $X_{CD} = 10 \Omega$;

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$C_D = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 500 \times 10^3 \times 10} = 0.0318 \mu\text{F}$$

เปลี่ยนเป็นค่ามาตรฐาน

$C_S = 56 \text{ pF}$ เป็นค่ามาตรฐาน $C_S = 56 \text{ pF}$ เซรามิก

$C_D = 0.0318 \mu\text{F}$ เป็นค่ามาตรฐาน $C_D = 0.033 \mu\text{F}$ เซรามิก

ตอบ $C_S = 56 \text{ pF}$ และ $C_D = 0.033 \mu\text{F}$ เซรามิก

5.4.4 การประมาณค่า g_m ของเฟต

จากสมการ (5.18)
$$g_m r_d = \frac{X_2}{X_1}$$

เนื่องจาก $X_2 = \frac{1}{\omega C_2}$, $X_1 = \frac{1}{\omega C_1}$ และ $C_1 = C_2$

$$g_m r_d = \frac{1}{\omega C_2} \times \frac{\omega C_1}{1} = \frac{C_1}{C_2} = 1$$

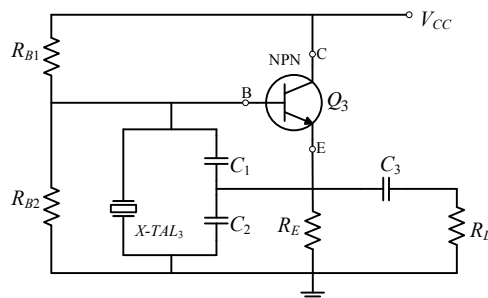
ดังนั้น $g_m = \frac{1}{r_d}$ เป็นค่าขณะเกิดการออสซิลเลตอิมตัว แต่ก่อนเกิดการอิมตัว จะต้อง
มีค่า $g_m > \frac{1}{r_d}$

เมื่อเฟตมีค่า $r_d = 1 \text{ k}\Omega$ $g_m > \frac{1}{1 \times 10^3} > 1 \text{ mS}$ โดยปกติเฟตจะมีค่า $r_d > 1 \text{ k}\Omega$

ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ $g_m > 1 \text{ mS}$

5.5 การออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์ โดยใช้ซินพลิก

จากรูปที่ 5.16 จงออกแบบวงจร แบบโคลพิตตส์ โดยใช้ซินพลิก กำหนดความถี่ 500 kHz โดยกำหนด $I_C = 5 \text{ mA}$, $\beta_F = \beta_o = 100$, $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$, $V_{CC} = 12 \text{ V}$, $F_T = 300 \text{ MHz}$, $r_{bb'} = 2 \Omega$, $C_{ob} = C_{re} = 1.3 \text{ pF}$ และ $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ ให้ทำการออกแบบเช่นเดียวกับแบบ โคลพิตตส์ ที่ใช้ C_1, C_2 และ L_3 ต่อจากนั้นให้ใช้ $X\text{-TAL}_3$ ที่มีความถี่เท่ากับ 500 kHz ใ้แทน L_3



รูปที่ 5.16 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์โดยใช้ซินพลิก

5.5.1 การประมาณค่า C_1, C_2 และ L_3

โดยจะต้องทราบค่า F_o ซึ่งเป็นค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ และค่า L_3

จากสมการ (5.25)

$$C_1 = nC_2$$

จากสมการ (5.26)

$$C_2 = \frac{C_T (n+1)}{n}$$

จากสมการ (5.27)

$$C_T = \frac{1}{L_3 (2\pi F_o)^2}$$

ตัวอย่างที่ 5.13 จากรูปที่ 5.16 จงประมาณค่า C_1, C_2 และ L_3 กำหนด $F_o = 500$ kHz, $L_3 = 360$ μ H

และ $n = 1$

วิธีทำ จากสมการ (5.27)

$$C_T = \frac{1}{L_3 (2\pi F_o)^2}$$

โดยที่ $F_o = 500$ kHz, $L_3 = 360$ μ H, $n = 1$;

$$C_T = \frac{1}{360 \times 10^{-6} (2 \times 3.14 \times 500 \times 10^3)^2} = 281.733 \text{ pF}$$

จากสมการ (5.26)

$$C_2 = \frac{C_T (n+1)}{n} = \frac{281.733 \times 10^{-12} (1+1)}{1} = 563.466 \text{ pF}$$

จากสมการ (5.25)

$$C_1 = nC_2 = (1) 563.466 \times 10^{-12} = 563.466 \text{ pF}$$

เปลี่ยนเป็นค่ามาตรฐาน

$C_1 = C_2 = 563.466$ pF เป็นค่ามาตรฐาน $C_1 = C_2 = 560$ pF เซรามิก

ตอบ $C_1 = C_2 = 560$ pF เซรามิก และเปลี่ยน $L_3 = 360$ μ H เป็น $X-TAL_3 = 500$ kHz

5.5.2 การประมาณค่า R_{B1}, R_{B2} และ R_E

เมื่อกำหนด $I_C = 5$ mA

จากสมการ (3.23)

$$V_{CE} = 0.5V_{CC}, V_{RE} = 0.5V_{CC};$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_F}$$

จากสมการ (3.24)

$$R_E = \frac{0.5V_{CC}}{(\beta_F + 1)I_B}$$

จากสมการ (2.26)

$$R_{TH} = 15R_E$$

จากสมการ (2.27)

$$V_{TH} = I_B R_{TH} + V_{BE} + (\beta_F + 1)I_B R_E$$

$$\text{จากสมการ (2.28)} \quad R_{B1} = \frac{V_{CC}R_{TH}}{V_{TH}}, R_{B2} = \frac{V_{CC}R_{TH}}{(V_{CC} - V_{TH})};$$

ตัวอย่างที่ 5.14 จงประมาณค่า R_{B1} , R_{B2} และ R_E เมื่อกำหนด $I_C = 5 \text{ mA}$

$$\text{วิธีทำ จากสมการ (3.23)} \quad V_{CE} = 0.5V_{CC}, V_{RE} = 0.5V_{CC};$$

$$V_{CE} = (0.5 \times 12) = 6 \text{ V}$$

$$V_{RE} = (0.5 \times 12) = 6 \text{ V}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_F} = \frac{5 \times 10^{-3}}{100} = 50 \mu\text{A}$$

$$\text{จากสมการ (3.24)} \quad R_E = \frac{0.5V_{CC}}{(\beta_F + 1)I_B} = \frac{6}{101 \times 50 \times 10^{-6}} = 1.188 \text{ k}\Omega$$

$$\text{จากสมการ (2.26)} \quad R_{TH} = 15R_E = 15 \times 1.188 \times 10^3 = 17.82 \text{ k}\Omega$$

$$\text{จากสมการ (2.27)} \quad V_{TH} = I_B R_{TH} + V_{BE} + (\beta_F + 1)I_B R_E$$

$$V_{TH} = (50 \times 10^{-6} \times 17.82 \times 10^3) + 0.6 + (101 \times 50 \times 10^{-6} \times 1.188 \times 10^3)$$

$$V_{TH} = 7.49 \text{ V}$$

$$\text{จากสมการ (2.28)} \quad R_{B1} = \frac{V_{CC}R_{TH}}{V_{TH}} = \frac{12 \times 17.82 \times 10^3}{7.49} = 28.551 \text{ k}\Omega$$

$$R_{B2} = \frac{V_{CC}R_{TH}}{(V_{CC} - V_{TH})} = \frac{12 \times 17.82 \times 10^3}{(12 - 7.49)} = 47.417 \text{ k}\Omega$$

เปลี่ยนเป็นค่ามาตรฐาน

$$R_E = 1.188 \text{ k}\Omega \text{ เป็นค่ามาตรฐาน } R_E = 1.1 \text{ k}\Omega$$

$$R_{B1} = 28.55 \text{ k}\Omega \text{ เป็นค่ามาตรฐาน } R_{B1} = 27 \text{ k}\Omega$$

$$R_{B2} = 47.417 \text{ k}\Omega \text{ เป็นค่ามาตรฐาน } R_{B2} = 47 \text{ k}\Omega$$

ตอบ $R_E = 1.1 \text{ k}\Omega$, $R_{B1} = 27 \text{ k}\Omega$, $R_{B2} = 47 \text{ k}\Omega$;

5.5.3 การประมาณค่า C_3

C_3 ทำหน้าที่ เชื่อมต่อสัญญาณ 500 kHz ให้แก่โหลด และ C_3 จะต้องมีค่าประมาณ

$\frac{C_2}{10}$ เพื่อแบ่งแรงดันของสัญญาณ 500 kHz ตกคร่อมโหลดเพียงเล็กน้อย

$$\boxed{C_3 = \frac{C_2}{10}} \quad (5.31)$$

ตัวอย่างที่ 5.15 จงประมาณค่า C_3

$$\text{วิธีทำ จากสมการ (5.31)} \quad C_3 = \frac{C_2}{10}$$

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

โดยที่ $C_2 = 560 \text{ pF}$

$$C_3 = \frac{560 \times 10^{-12}}{10} = 56 \text{ pF}$$

เปลี่ยนเป็นค่ามาตรฐาน

$C_3 = 56 \text{ pF}$ เป็นค่ามาตรฐาน $C_3 = 56 \text{ pF}$ เซรามิก

ตอบ $C_3 = 56 \text{ pF}$

5.5.4 การประมาณค่า β_F ของทรานซิสเตอร์

จากสมการ (5.7)
$$\beta_o = \frac{X_1}{X_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

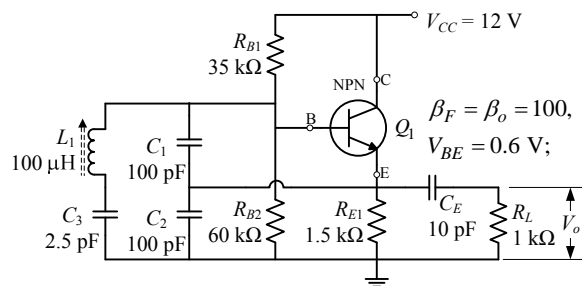
ซึ่งเป็นค่าขณะออสซิลเลตอิมตัว แต่ก่อนการออสซิลเลตอิมตัว จะต้องมึ ค่า $\beta_o > \frac{C_2}{C_1}$

กำหนดให้ $C_1 = C_2$ $\beta_o > 1$ โดยเลือกประมาณ 80 ถึง 100

ดังนั้นทรานซิสเตอร์ Q_3 ควรมี $\beta_F = \beta_o$ ประมาณ 80 ถึง 100

5.6 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบแคลปปี้

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบแคลปปี้ ได้พัฒนามาจากวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตตส์ โดย
 เปลี่ยนแบบวงจรสมมูลของชิ้นผลึกอะเรโซแนนซ์แบบอนุกรม



รูปที่ 5.17 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบแคลปปี้

การควบคุมความถี่ของวงจรขึ้นอยู่กับค่าของ L_1 และ C_3 โดย C_1 และ C_2 ต้องมีค่ามากกว่า C_3 ประมาณ 30-40 เท่า ดังนั้นการเพิ่มค่าความจุของ C_1 และ C_2 ไม่มีผลต่อค่า C_3 (เนื่องจาก C_1, C_2 และ C_3 ต่ออนุกรมกัน ค่าความจุมรวมจะเท่ากับ C_3 ซึ่งมีค่าน้อยสุด) ค่าความจุของ $C_{b'e}, C_{b'c}$ และ C_{ce} จะไม่มีผลต่อค่าความจุของ C_3 เพื่อความสะดวกในการออกแบบจึงกำหนดให้ C_1 เท่ากับ C_2 เขียนสมการได้

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_3}} \tag{5.32}$$

โดยที่ $C_1 = C_2 \geq 40C_3$

เนื่องจากวงจรถูกจัดแบบคอลเล็กเตอร์ร่วม การออสซิลเลต จึงเป็นแบบอ่อนไม่แรงมากนัก ดังนั้นการเชื่อมต่อด้วย C_E จึงต้องกำหนดค่า X_{CE} ประมาณ 10-20 เท่าของ X_{C2} หรือคิดเป็นค่าความจุ ประมาณ $\frac{C_2}{10}$

$$C_E = \frac{C_2}{10} \tag{5.33}$$

ตัวอย่างที่ 5.16 จากรูปที่ 5.17 จงประมาณค่า F_o ของวงจร

วิธีทำ จากสมการ (5.32) $F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_3}}$

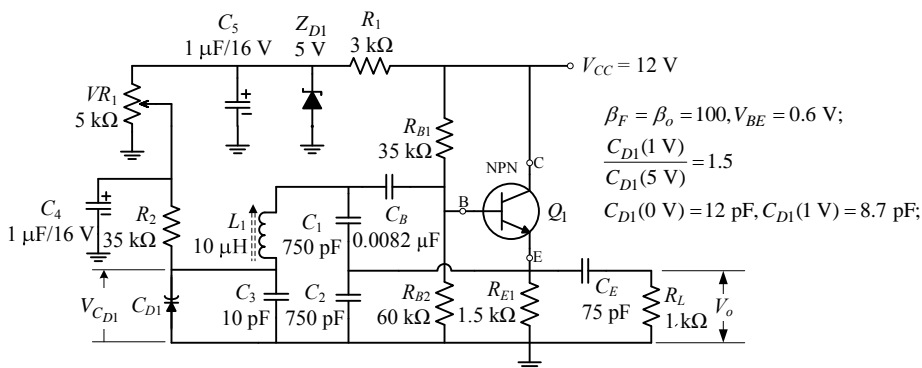
โดยที่ $C_1 = C_2 = 100 \text{ pF}, C_3 = 2.5 \text{ pF}, L_1 = 100 \text{ }\mu\text{H};$

$$F_o = \frac{1}{(2 \times 3.14) \sqrt{100 \times 10^{-6} \times 2.5 \times 10^{-12}}} = 10.07 \text{ MHz}$$

ตอบ $F_o = 10.07 \text{ MHz}$

5.7 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้แรงดันควบคุมความถี่

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้แรงดันควบคุมความถี่ เป็นการประยุกต์ใช้วารีแคปไดโอด เพื่อควบคุมความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบแคลมป์ เมื่อแรงดันควบคุม ที่จ่ายให้แก่วารีแคปไดโอด มีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน จะทำให้ค่าความจุของวารีแคปไดโอด เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย



รูปที่ 5.18 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้แรงดันควบคุมความถี่

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

จากรูปที่ 5.18 มีรายละเอียด ดังนี้ :-

- C_{D1} เป็นวาริแคปไดโอดต่อขนานกับ C_3 กำหนดให้ C_T เท่ากับ $(C_{D1} \parallel C_3)$ เมื่อปรับ VR_1 จะทำให้ $V_{C_{D1}}$ เปลี่ยนแปลงเป็นผลให้ C_T มีค่าความจุเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าของ C_T จะเป็นการเปลี่ยนแปลงความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์

- ถ้าหาก $V_{C_{D1}}$ มีค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า C_{D1} ลดลงเป็นผลให้ค่า C_T ลดลงด้วย ความถี่ของวงจรจะเพิ่มสูงขึ้น

- R_1 และ Z_{D1} ทำหน้าที่ เป็นวงจรสร้างแรงดัน 5 V คงที่ตลอดเวลา

- VR_1 และ R_2 ทำหน้าที่ เป็นวงจรสร้างแรงดันควบคุม ($V_{C_{D1}}$) เมื่อปรับเปลี่ยนค่าของ VR_1 จะทำให้แรงดัน $V_{C_{D1}}$ เปลี่ยนแปลง 0-5 V

- C_4 และ C_5 ทำหน้าที่ ขยายพาสส์สัญญาณกระแสสลับลงกราวด์ทิ้ง ทำให้ได้กระแสตรงที่เรียบ

การประมาณค่าความถี่ขณะเกิดการออสซิลเลต หรือความถี่ของวงจรโดยใช้สมการ

$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_T}} \quad (5.34)$$

โดยที่ C_T คือ ค่าความจุรวมของ $(C_{D1} \parallel C_3)$

$$C_1 = C_2 \geq 40C_T$$

ตัวอย่างที่ 5.17 จากรูปที่ 5.18 จงประมาณค่าความถี่ที่เกิดการออสซิลเลต ขณะที่ $V_{C_{D1}} = 1$ V

วิธีทำ จากสมการ (5.34) $F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_T}}$

โดยที่ $C(1 \text{ V}) = 8.7 \text{ pF}$, $L_1 = 12 \text{ } \mu\text{H}$;

$$C_T = (C_{D1} \parallel C_3) = (C_{D1} + C_3) = (8.7 \times 10^{-12} + 10 \times 10^{-12}) = 18.7 \text{ pF}$$

$$F_o = \frac{1}{(2 \times 3.14) \sqrt{12 \times 10^{-6} \times 18.7 \times 10^{-12}}} = 10.629 \text{ MHz}$$

$$F_o = 10.629 \text{ MHz}$$

ตอบ $F_o = 10.629 \text{ MHz}$

สรุป

หลักการของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบต่อเชื่อม 3 จุด มีข้อกำหนดสำหรับทรานซิสเตอร์

5. วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่สูง

- 1) X_2 จะต่างชนิดกับ X_3 และ $X_2 < |-X_3|$
- 2) X_1 จะต่างชนิดกับ X_3 และ $X_1 < |-X_3|$
- 3) $\beta_o = \frac{X_1}{X_2}$ ในการออกแบบควรเลือก $\beta_o > \frac{X_1}{X_2}$
- 4) $X_1 > X_2$

หลักการของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบต่อเชื่อม 3 จุด มีข้อกำหนดสำหรับเฟด

- 1) X_1 จะต่างชนิดกับ X_3 และ $X_1 < |-X_3|$
- 2) X_2 จะต่างชนิดกับ X_3 และ $X_2 < |-X_3|$
- 3) $g_m r_d = \frac{X_2}{X_1}$ ในการออกแบบควรเลือกเฟดมีค่า $g_m > \frac{1}{r_d} > 1 \text{ mS}$
- 4) $X_2 > X_1$

ขึ้นผลึก เป็นอุปกรณ์ประเภทพีโซอิเล็กทริก เมื่อมีแรงกระทำต่อขึ้นผลึกทั้งสองด้านและเอาแรงกระทำนั้นออกจากขึ้นผลึก ขึ้นผลึกจะสั่น และผลิตไฟฟ้ากระแสสลับออกมาโดยมีความถี่เท่ากับความถี่ตามคุณสมบัติของขึ้นผลึก ในทางกลับกันเมื่อป้อนแรงดันกระแสสลับ ที่มีความถี่ตรงกับความถี่ตามคุณสมบัติของขึ้นผลึก จะทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ และมีการสั่นของขึ้นผลึกอย่างแรง มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขึ้นผลึก ซึ่งการเรโซแนนซ์เป็นแบบอนุกรม

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้ขึ้นผลึก จะมีเสถียรภาพทางด้านความถี่ และอุณหภูมิสูงมากจึงนิยมนำไปใช้ในการกำเนิดความถี่ของวงจรเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารต่าง ๆ

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบแคลมป์ ได้พัฒนามาจากวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตส์ โดยเปลี่ยนแบบวงจรสมมูลของขึ้นผลึก การควบคุมความถี่ของวงจรขึ้นอยู่กับค่าของ L_1 และ C_3 ส่วนดีของวงจรแบบแคลมป์ อยู่ที่ $C_{b'c}, C_{b'e}, C_1$ และ C_2 จะไม่มีผลต่อความถี่ของวงจร จึงนิยมใช้กันมาก

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้แรงดันควบคุมความถี่ โดยใช้วารีแคปไดโอด ควบคุมความถี่ของวงจร ซึ่งวงจรออสซิลเลเตอร์แบบแคลมป์ จะถูกนำมาใช้ร่วมกับไดโอดดังกล่าว