Tikrit University	2012- 2013	Subject: Electronic II
College of Eng.	Class: Third	Date: 10/03/2012
Dept. of Electrical Eng.	Third Attempt	Time: 1:30 hour

Q1: *The circuit shown in figure (1) has* $\beta=100$, $hie1=2k\Omega$ *and* $hie2=2.5k\Omega$ **35 Mark**

Calculate:

1. *The lower cutoff frequency?* **2.** *The frequency at which the gain drops to 50% of its maximum value?* **3.** *How can you make the lower cutoff frequency is 200Hz?* **4.** *What is the advantage of this connection?*

Q2: *a) For the circuit shown in figure (2) has* $\beta=200$, *calculate:* **30 Mark**

1. *The values of* R_2 *and* R_{c4}, *if we assume* Q_1 *and* Q_2 *are matched?* **2.** *The power dissipation in this circuit?* **3.** *The output impedance?*

b) 1. Explain, how can be used the FET transistor as a constant current source? 2. For the differential amplifier circuit, we usually use the constant current source instead of R_E, *why?* **15 Mark**

Q3: *For the multistage amplifier* $Av_{overall}=64000$, *find the number of identical stages. If the voltage gain (Av) for each stage is 40.* **20 Mark**

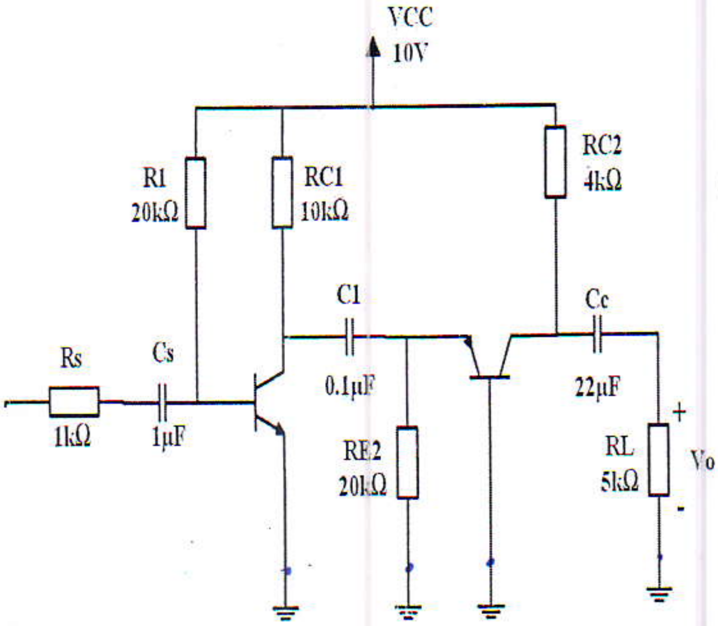


Fig (1)

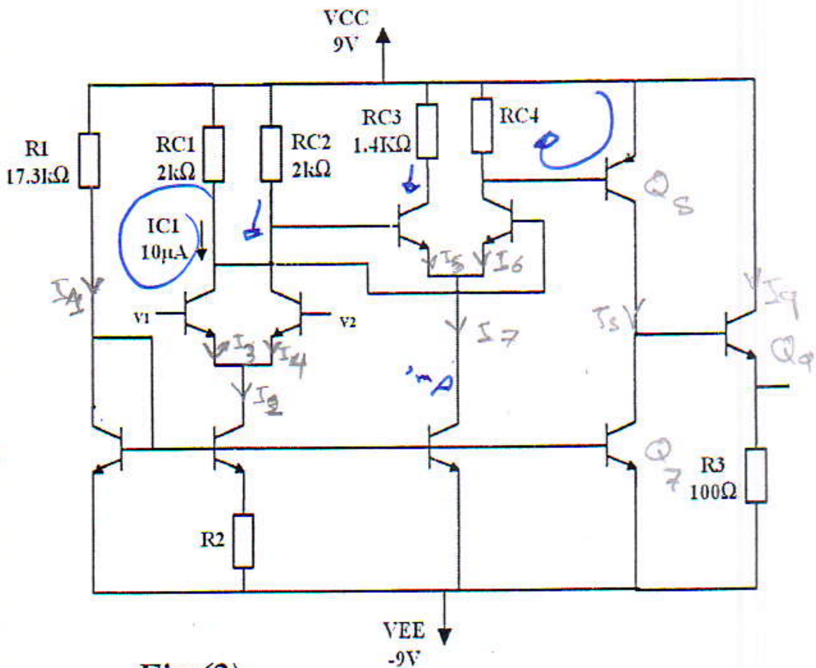


Fig (2)

College of Eng.	Class: Third	Subject: Electronic II
Dept. of Electrical Eng.	Second Attempt	Time: 2 hours

Q1: *a) The circuit shown in figure (1) has β=100 for each transistor, calculate:* ***1.*** *Current in each indication?* ***2.*** *Input and output impedance?* ***3.*** *R2 value which makes the output voltage swing to zero?* **25 Mark**

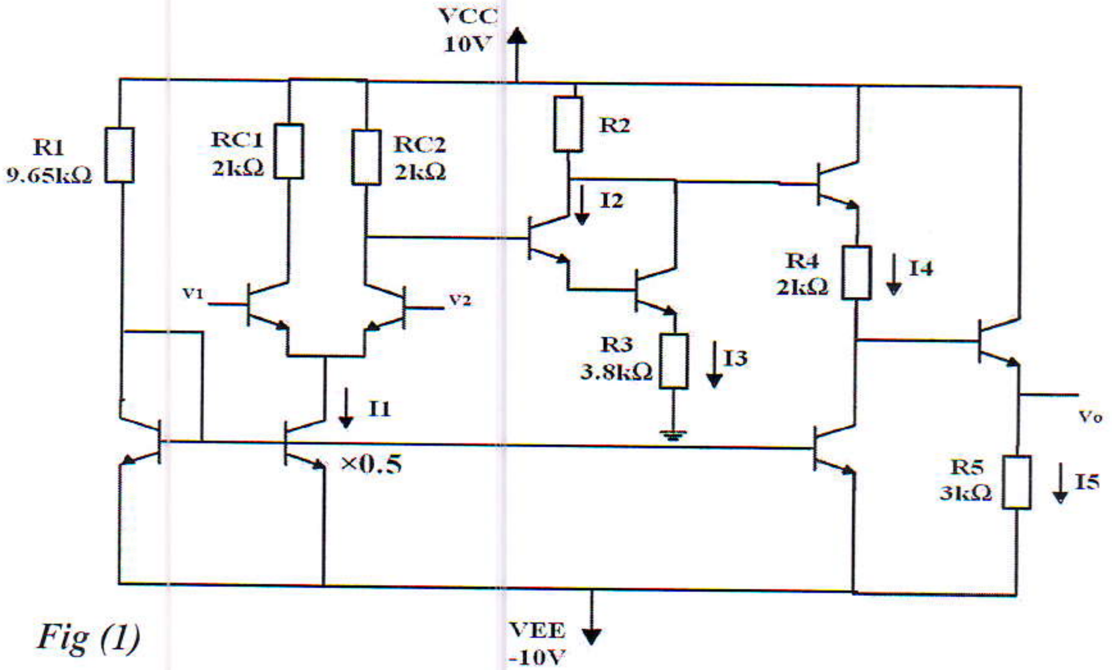


Fig (1)

b) ***1.*** *Why the Widlar current source is more proper than current mirror in the IC technology?* ***2.*** *Explain the importance of common mode gain* ***(Ac)*** *and Slew Rate* ***(SR)*** *for the operational amplifier?* ***3.*** *For the operational amplifier, we can assume that $BW=f_c$, Why?* **15 Mark**

Q2: *Design an operational amplifier circuit that produce an output given by $V_O= 2.5V_1+3 V_2'-6V_3$. If $V_1=|-0.5\cos x|$, $V_2=3t-2$, $V_3=3$, sketch the output voltage waveform?* **30 Mark**

Q3: *For circuit shown in figure (2), determine the output voltage?* **30 Mark**

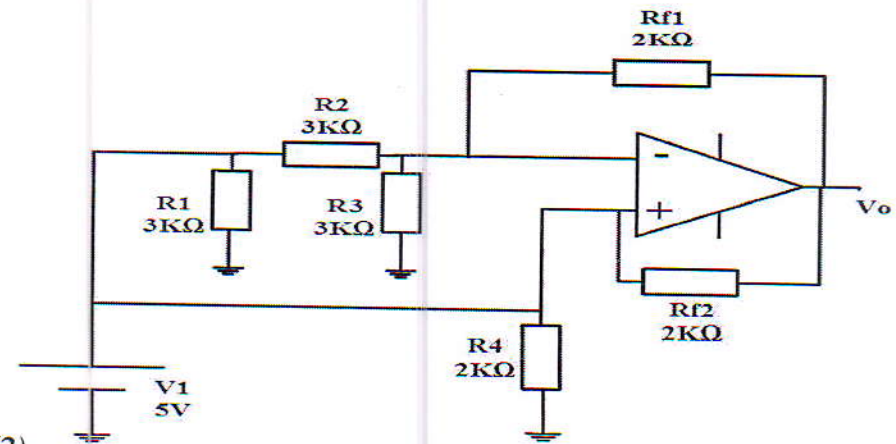


Fig (2)

(1)

حلول أسئلة الامتحان الثاني:

Q_1:

① $I_{ref} = \frac{10+10-0.7}{9.65k} = \boxed{2mA}$

$I_1 = 0.5 * I_{ref} = 0.5 * 2mA = \boxed{1mA}$

$I_{RC_1} = I_{RC_2} = \frac{1mA}{2} = \boxed{0.5mA}$

$I_3 = \frac{\overset{V_{CC}}{10} - 0.7 - 0.7 - (\overset{R_{C2}}{2k\Omega})(\overset{I_{RC2}}{0.5mA})}{(\underset{R_3}{3.8k})} = \boxed{2mA}$

$I_2 = \frac{I_3}{\beta+1}$ or $\frac{I_3}{\beta} \Rightarrow I_2 = \frac{2mA}{101} = \boxed{19.8\mu A}$ or $\simeq \boxed{20\mu A}$

$I_{R_2} = I_2 + I_3 + \frac{I_4}{\beta+1}$; $I_4 = I_{ref} = \boxed{2mA}$

$I_5 = \frac{\overset{V_{EE}}{10V}}{3k} = \boxed{3.33mA}$

②
$I_{R_2} = 20\mu + 2m + \frac{2m}{\beta+1} \cong \boxed{2.04mA}$

$R_2 = \frac{V_{CC} - 0.7 - 0.7 - R_4 * I_4}{I_{R_2}} \Rightarrow$

$\hookrightarrow R_2 = \frac{10 - 1.4 - (2k)(2m)}{2.04m} \cong \boxed{2.255k\Omega}$

(2)

$$R_{in}(diff) = 2\beta r_e = 2(100)\left(\frac{25\,mV}{0.5\,mA}\right) = \boxed{10\,k\Omega}$$

or $\boxed{10.4\,k\Omega}$ for $26\,mV$

$$R_o = \left(\frac{\frac{R_2 + h_{ie4}}{\beta} + R_4 + h_{ie5}}{\beta}\right) \parallel R_5$$

$$h_{ie4} = \beta r_{e4} = 100\left(\frac{25\,mV}{2\,m}\right) = \boxed{1.25\,k\Omega}$$

$$h_{ie5} = \beta r_{e5} = 100\left(\frac{25\,mV}{3.33\,mA}\right) = \boxed{750\,\Omega}$$

بعد تعويض القيم نحصل R_o

$\Rightarrow R_o = \boxed{27.59\,\Omega}$

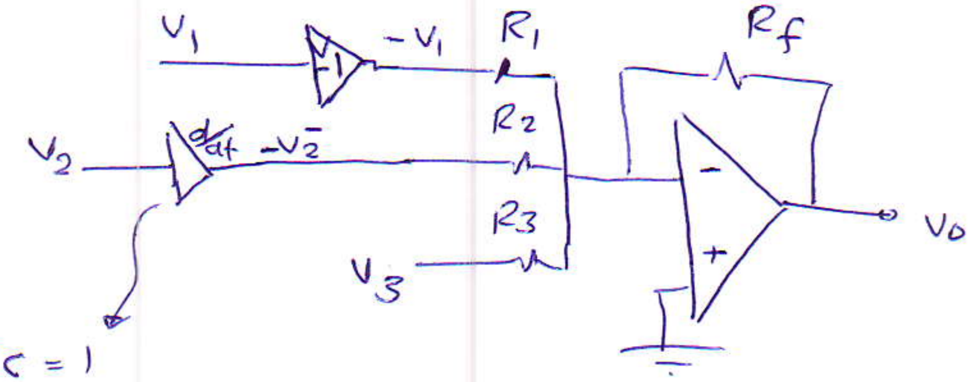
(3)

Q2:

$V_o = 2.5V_1 + 3\bar{V_2} - 6V_3$, $V_1 = |-0.5\cos t|$

$V_2 = 3t - 2$; $\boxed{V_3 = 3}$

∴ لدينا ثلاث إدخالات اذن يجب ان نجمع هذه الفولتيات الثلاث ب Summing



RC = 1

Let $C = 10\mu F$ and $R = 100k\Omega$

$\Rightarrow RC = \boxed{1}$ $\quad v_o = -RC\frac{dV_i}{dt}$

- - - -

let $R_f = \boxed{12\,k\Omega}$

V_3 معامل $\Rightarrow$ $6\,V_3$ $\Rightarrow$ $6 = \frac{R_f}{R_3} \Rightarrow 6 = \frac{12k}{R_3}$

$\therefore R_3 = \boxed{2k\Omega}$

V_2 معامل $\Rightarrow 3\bar{V_2}$ $\rightarrow$ $3 = \frac{R_f}{R_2} \Rightarrow 3 = \frac{12K}{R_2}$ $\therefore R_2 = \boxed{4k\Omega}$

معامل $V_1 \Rightarrow 2.5\,V_1$ $\rightarrow$ $2.5 = \frac{R_f}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{12k}{2.5} = \boxed{4.8k\Omega}$

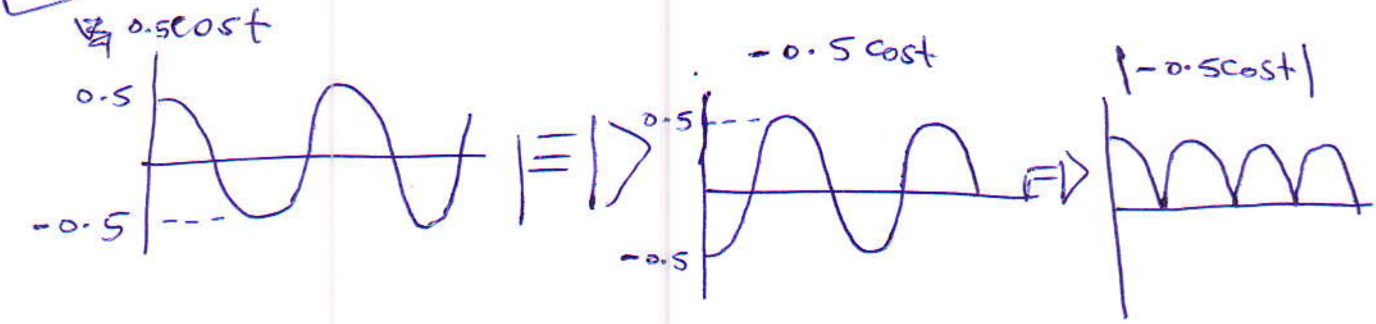
تكملة الحل →

(4)

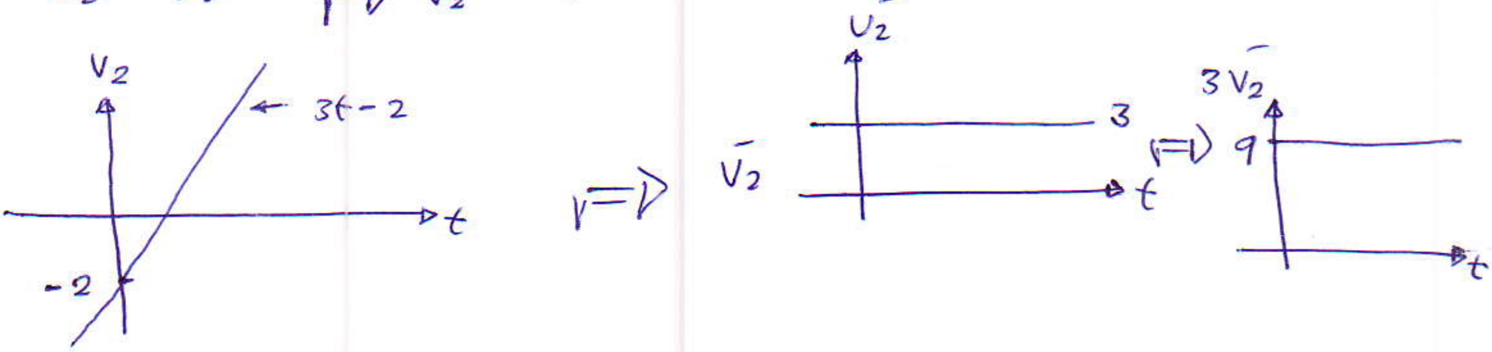
$V_0 = 2.5V_1 + 3\bar{V_2} - 6V_3$; $V_1 = |-0.5\cos t|$; $V_2 = 3t - 2$

$V_3 = 3$

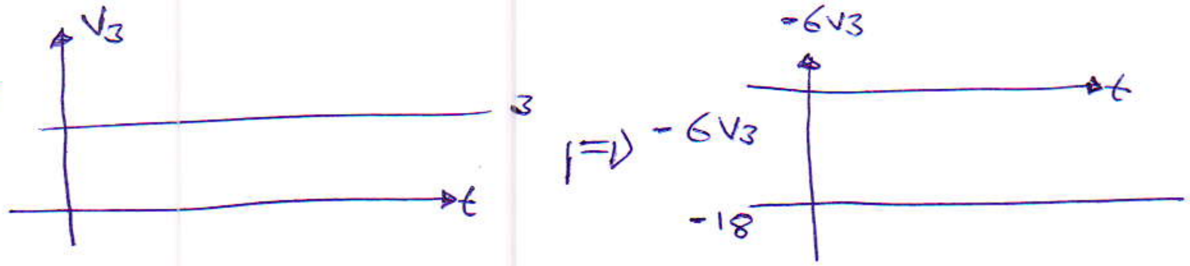
V_1

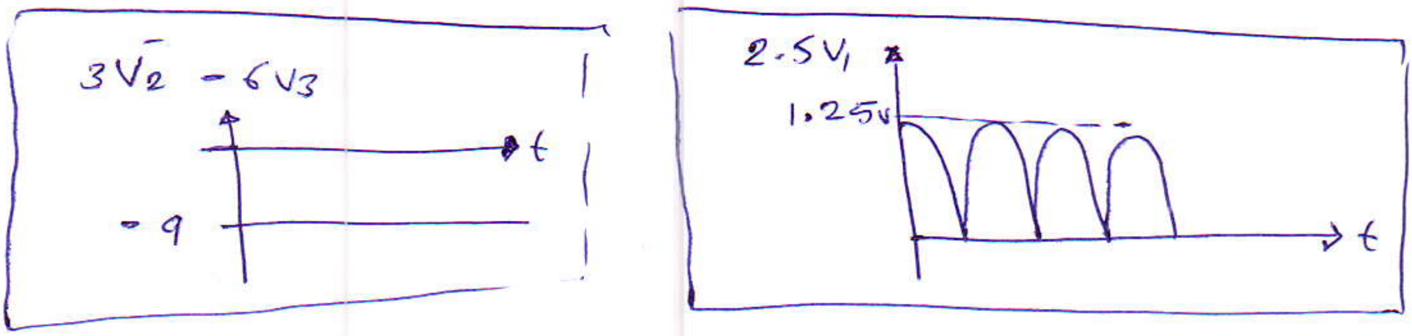


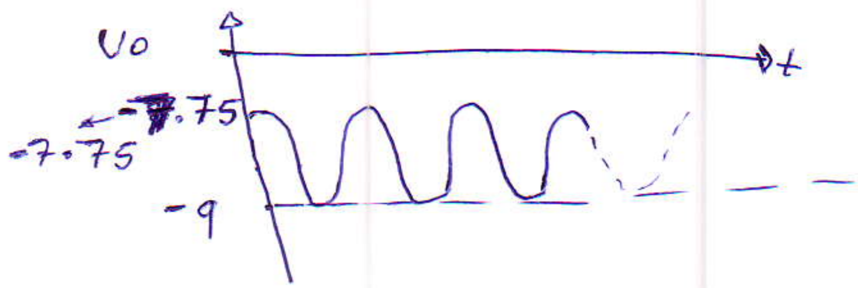
$V_2 = 3t - 2 \Rightarrow \bar{V_2} = 3$



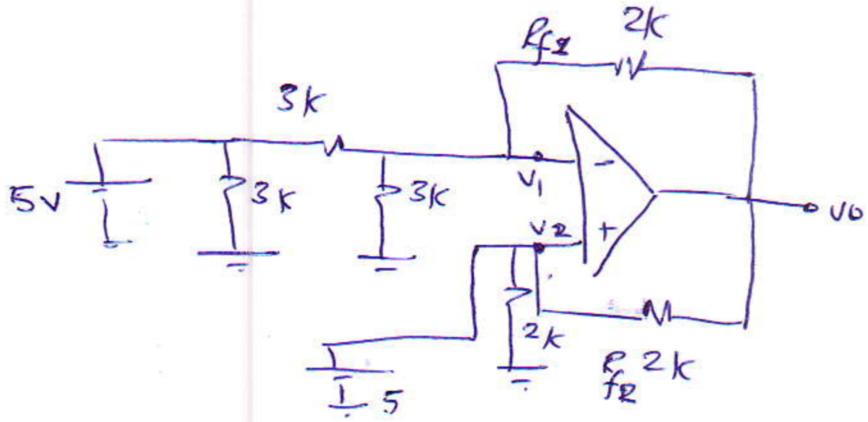
$V_3 = 3$







Q3:



① الخطوه الاولى نستطيع فصل المصدر

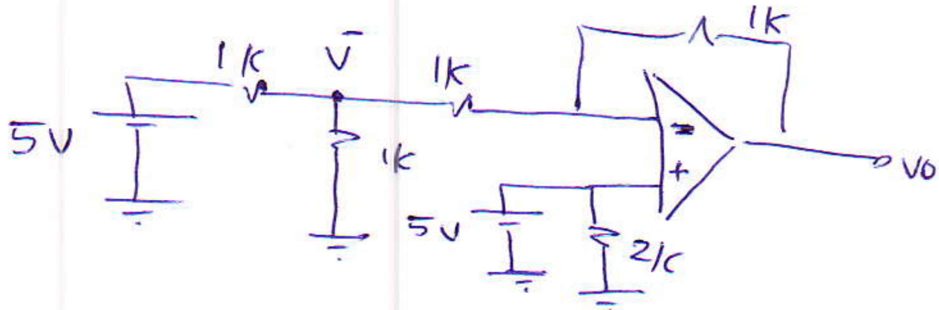
② ∵ $V_o = A(V_2 - V_1)$ ⇐ $\boxed{V_2 = V_1}$ وبالتالي نستطيع نقل R_{f2} الى نقطة V_1

لذلك يكون $R_{f2} \,//\, R_{f1}$ ⇐ $(2k//2k) = 1k\Omega$

③ بالامكان تحويل Δ الى Y

$$R_Y = \frac{3k}{3} = \boxed{1k\Omega}$$

④ نرسم الدائرة بعد التركيبات الجديدة



$$\bar{V} = \frac{5V \times 1k}{1k + 1k} = \boxed{2.5V}$$

By using SuperPosition ① $\bar{V}$

$$V_{o1} = 2.5 \times \left(\frac{-1k}{1k}\right) = \boxed{-2.5V}$$

$$V_{o2} = 5V\left(1 + \frac{1k}{1k}\right) = \boxed{10V}$$

$$V_o = V_{o1} + V_{o2} = -2.5V + 10V = \boxed{7.5V}$$

Q1 : Design an op-Amp circuit that produce an o/p given by $v_o = \frac{2}{6}\int v_1 + 7 V_o - \frac{5}{2} V_2$;

(30mark)

Q2 : ⓐ Design an op- Amplifier circuit that produce an o/p given as fig(2) ; If the i/p signal given as fig(1)

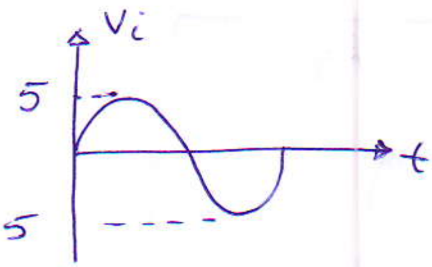
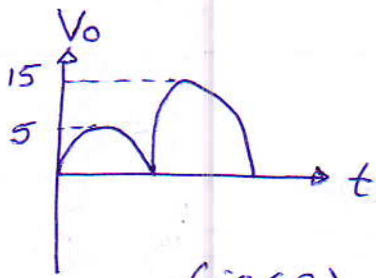


fig (1)



fig(2)

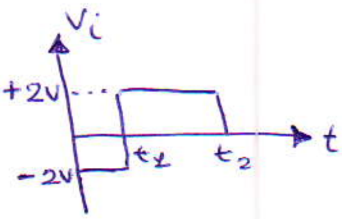
(30 mark)

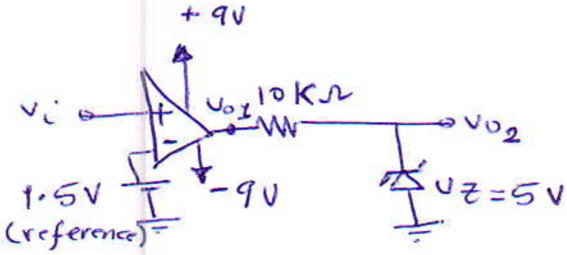
ⓑ ① The op- Amplifier ~~circuit~~ schematic has four stages; explain these stages with detials ?

② Why the Transistor - Zener current source is more stable than the Bipolar transistor current source

(15 mark)

Ex: Find the output signal for the following circuit?





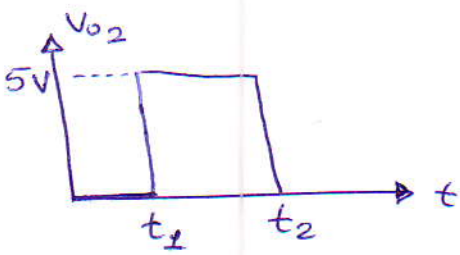
Solution:

for $0 \leq t \leq t_1 \Rightarrow V_i = -2V$ and $V_i < 1.5V \Rightarrow V_{o_1} = \boxed{-9V}$

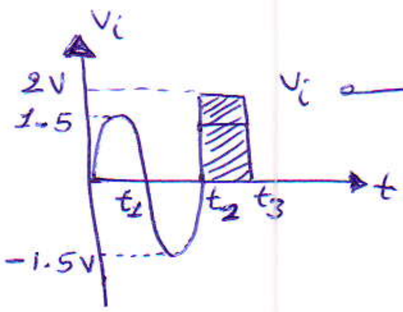
$\Rightarrow$ Zener diode is a forward bias (short circuit) $\Rightarrow \boxed{V_{o_2} = \text{Zero volt}}$

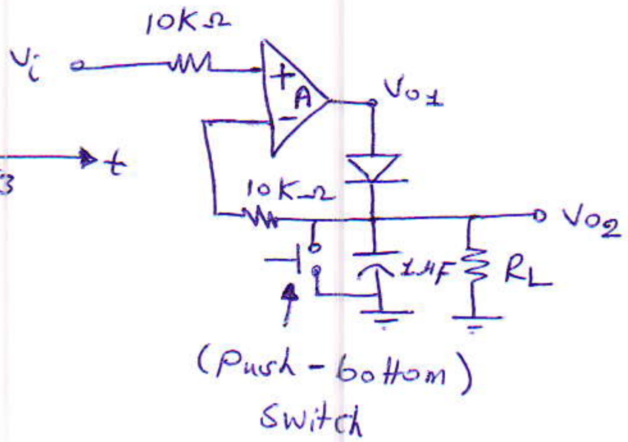
for $t_1 \leq t \leq t_2 \Rightarrow V_i = +2V > 1.5V \Rightarrow V_{o_1} = \boxed{+9V}$

$\Rightarrow$ Zener diode is a reverse bias $\Rightarrow \boxed{V_{o_2} = V_Z = 5V}$



Ex: Draw Vo waveform corresponding to the following i/p signal?





(peak detector)
كاشف القمة

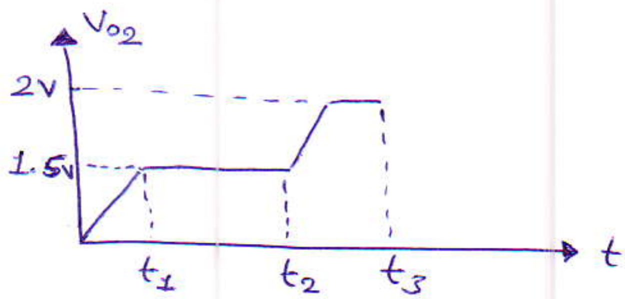
يتبع

Solution:

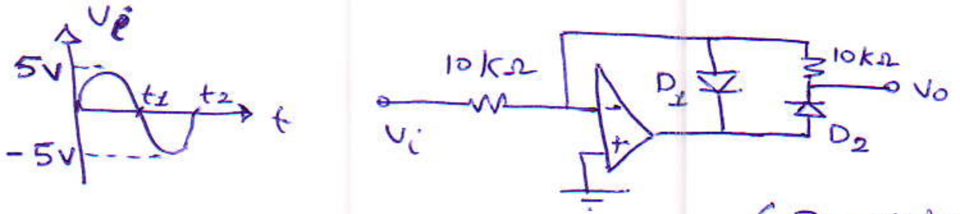
for $0 \leq t \leq t_1$ ⟹ diode is "ON" ⟹ the capacitor is charge by 1.5V

for $t_1 \leq t \leq t_2$ ⟹ diode is "off" ⟹ the Cap. keeps of charge.

for $t_2 \leq t \leq t_3$ ⟹ diode is "ON" ⟹ the Cap. is more charge.



Ex: Draw Vo waveform for the given circuit configuration?

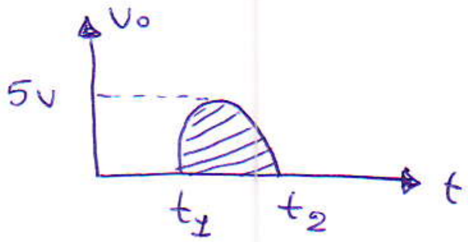


(Precision half-wave Amplifier)

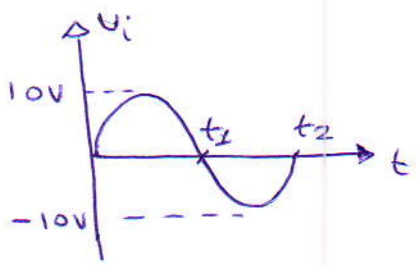
Solution:

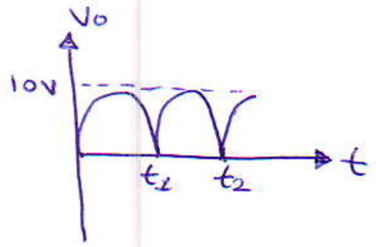
for $0 \leq t \leq t_1$ ⟹ D_1 is "ON" and D_2 is "off" ⟹ $V_o = \text{Zero volt}$

for $t_1 \leq t \leq t_2$ ⟹ D_1 is "off" and D_2 is "ON" ⟹ $V_o = -V_i = 5V$

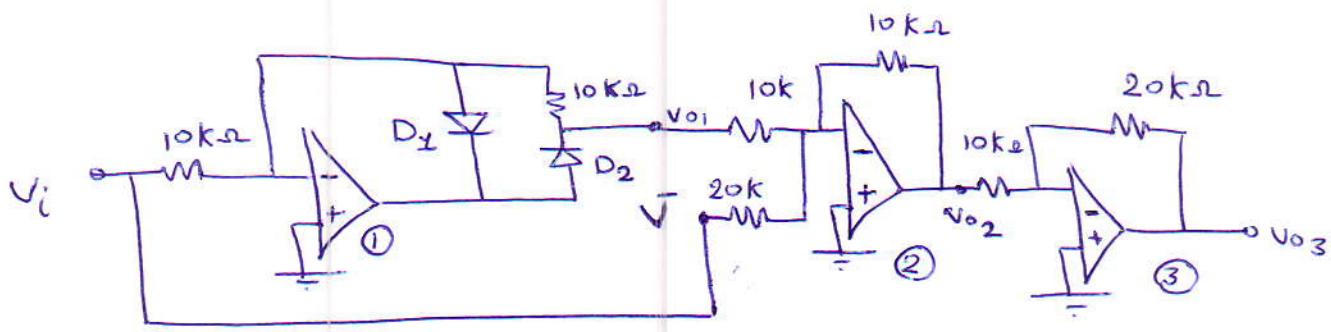


Ex: Design a full wave amplifier circuit to give an o/p signal from i/p shown below.





Solution:



(Precision full-wave Amplifier)

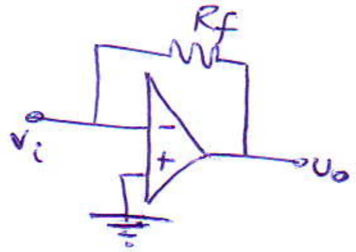
* في الحالة الاولى عندما تكون موجة الادخال موجبة $(0 \le t \le t_1)$ فان المرحلة الاولى يكون الاخراج لها صفر $(V_{o1} = Zero)$ ويكون $\bar{V} = 10V$ لذلك فان V_{o2} يساوي $(-5V)$ لان $-\frac{R_f}{R_1}$ تساوي $(-\frac{1}{2})$ ومن ثم الى المرحلة الثالثة التي يكون الكسب لها (-2) وبالتالي تكون نتيجة الـ (V_{o3}) تساوي $(-2 * -5) = (10V)$

* في الحالة الثانية عند $(t_1 \le t \le t_2)$: فان V_{o1} يساوي $(+10V)$ و $\bar{V}$ يساوي $-10V$ وبالتالي فان V_{o2} يساوي $(-5V)$ و V_{o3} يساوي $(+10V)$

Ex: For the circuit shown below; find

① $\frac{v_o}{i_i}$ at $A=\infty$ (infinite)

② $\frac{v_o}{i_i}$ at A is a finite value



Solution:

①

$v_o = A(v_2 - v_1)$ $\quad$ (+) (−) $\quad\quad$ $v_2 = 0$ and $A = \infty$

$\Rightarrow \frac{v_o}{A} \to 0 = v_2 - v_1 \Rightarrow \boxed{v_2 = v_1 = 0}$ virtual ground

$v_o = v_1 \to 0 - i_i R_f \Rightarrow \boxed{\frac{v_o}{i_i} = -R_f}$ as tunnel diode

②

$v_o = A(v_2 - v_1)$ $\quad\quad$ $v_2 = 0$

$\Rightarrow \boxed{v_1 = -\frac{v_o}{A}}$

$v_o = v_1 - R_f * i_i \Rightarrow v_o = \frac{-v_o}{A} - i_i R_f$

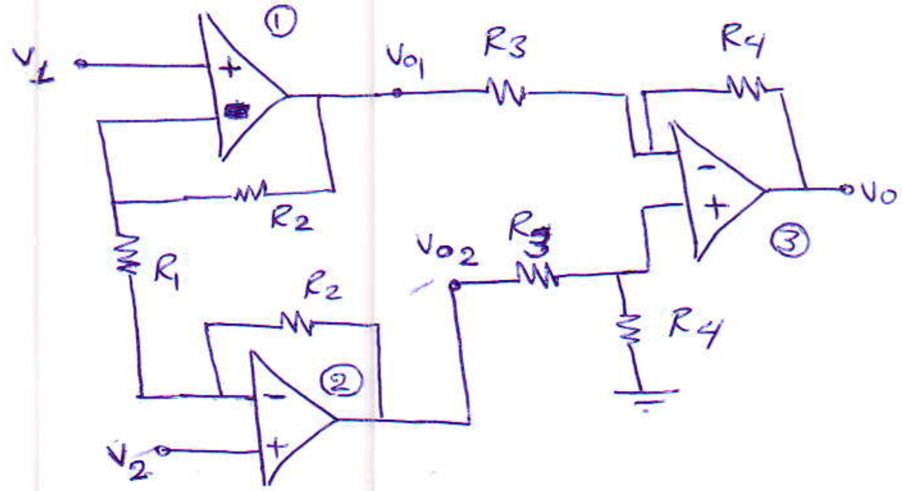
$\Rightarrow i_i = \left(-\frac{v_o}{A} - v_o\right)/R_f \Rightarrow i_i = -v_o\left(\frac{1}{A}+1\right)/R_f$

$\Rightarrow \boxed{\frac{v_o}{i_i} = \frac{-R_f}{\left(1+\frac{1}{A}\right)}}$

Instrumentation Amplifier:

* very hig input impedance because of non-Inverting amplifier is used (Voltage-series (F.B))

* يستخدم هذا النوع من المكبرات في اجهزة القياس وكذلك في الأجهزة الصناعية (المصانع العملاقة) حيث يتميز بأنه عالي الكسب مع Ac قليل جداً قريب من الصفر وبالتالي فان CMRR يكون عالي ولذلك فان نسبة الضوضاء تقريباً تساوي صفر. حيث يتكون من ثلاثة مكبرات (op-Amp) ضمن Ic واحد.



* يتم تصنيع المرحلة الاولى ① و المرحلة الثانية ② بصورة متوافقة جداً (matched) بحيث ان Ac لهما يكون قليل جداً وبالتالي زيادة ال CMRR.

يتبع

By using superPosition

① $V_2 = 0$

$$V_{o_1}' = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_1 \quad \text{and} \quad V_{o2}' = \left(-\frac{R_2}{R_1}\right) V_1$$

② $V_1 = 0$

$$V_{o_1}'' = \left(-\frac{R_2}{R_1}\right) V_2 \quad \text{and} \quad V_{o2}'' = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_2$$

$$\Rightarrow V_{o_1} = V_{o_1}' + V_{o_1}'' = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right) V_2$$

and $\Rightarrow V_{o2} = V_{o2}' + V_{o2}'' = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_2 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right) V_1$

at stage three (③) (Subtractor Amplifier)

by using superPosition: ① $V_{o2} = 0$

$$\Rightarrow V_o' = V_{o_1}\left(-\frac{R_4}{R_3}\right) = \boxed{\left(-\frac{R_4}{R_3}\right)\left[\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right) V_2\right]}$$

② $V_{o_1} = 0 \Rightarrow V_o'' = \left(\frac{R_4}{R_4 + R_3}\right) V_{o2} \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right)$ let $\boxed{R_3 = R_4}$

$$\Rightarrow V_o'' = V_{o2} = \boxed{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_2 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right) V_1}$$

$$\Rightarrow V_o = V_o' + V_o'' = -\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_1 + \left(\frac{R_2}{R_1}\right) V_2 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_2 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right) V_1$$

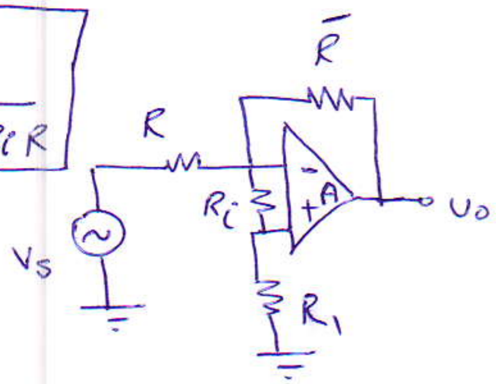
$$= \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(V_2 - V_1) + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)(V_2 - V_1)$$

$$\Rightarrow V_o = (V_2 - V_1)\left[1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_1}\right] \Rightarrow \boxed{V_o = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)(V_2 - V_1)}$$

H.W1 Design an OP-Amp circuit that produce an output given by $V_o = 2V_1 - 5V_2 - 5\int V_3\,dt$

H.W2 For the circuit shown below; show that

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{A R_i \bar{R}}{(R_1+R_i)(R+\bar{R}) + R\bar{R} - A R_i R}$$



College of Eng.	Class: Third	Subject: Electronic II
Dept. of Electrical Eng.	Second Attempt	Time: 2 hours

Q1: *a) The circuit shown in figure (1) has β=100 for each transistor, calculate:* **1.** *Current in each indication?* **2.** *Input and output impedance?* **3.** *R2 value which makes the output voltage swing to zero?* ***25 Mark***

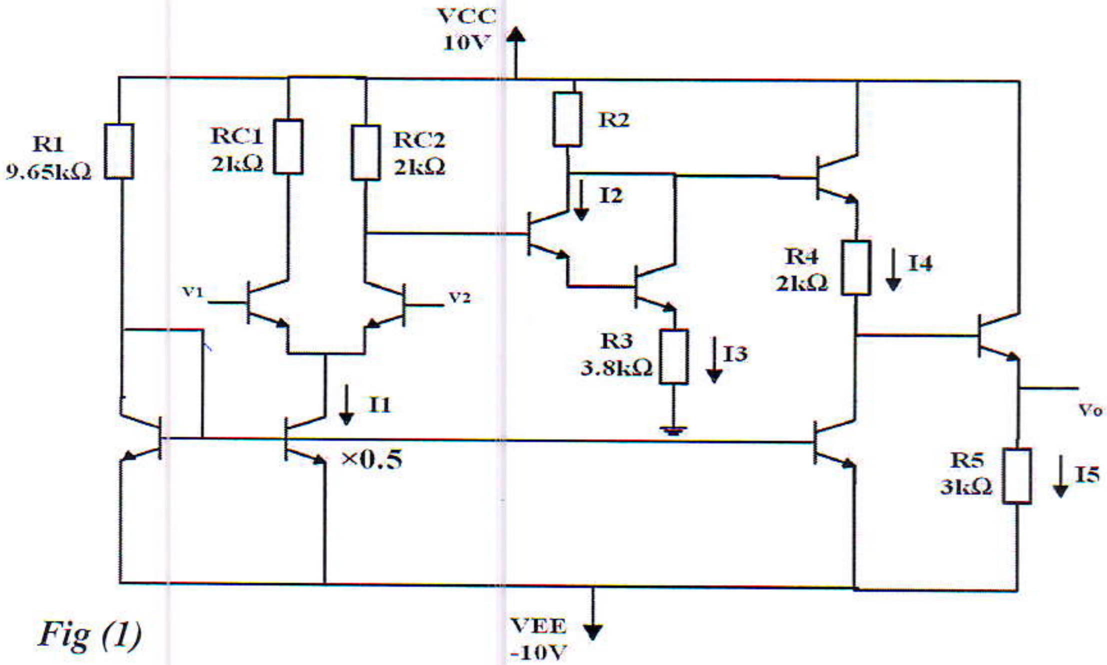


Fig (1)

b) **1.** *Why the Widlar current source is more proper than current mirror in the IC technology?* **2.** *Explain the importance of common mode gain* **(Ac)** *and Slew Rate* **(SR)** *for the operational amplifier?* **3.** *For the operational amplifier, we can assume that* $BW=f_c$*, Why?* ***15 Mark***

Q2: *Design an operational amplifier circuit that produce an output given by* $V_O= 2.5V_1+3 V_2' -6V_3$ *. If* $V_1=|-0.5\cos x|$, $V_2=3t-2$, $V_3=3$, *sketch the output voltage waveform?* ***30 Mark***

Q3: *For circuit shown in figure (2), determine the output voltage?* ***30 Mark***

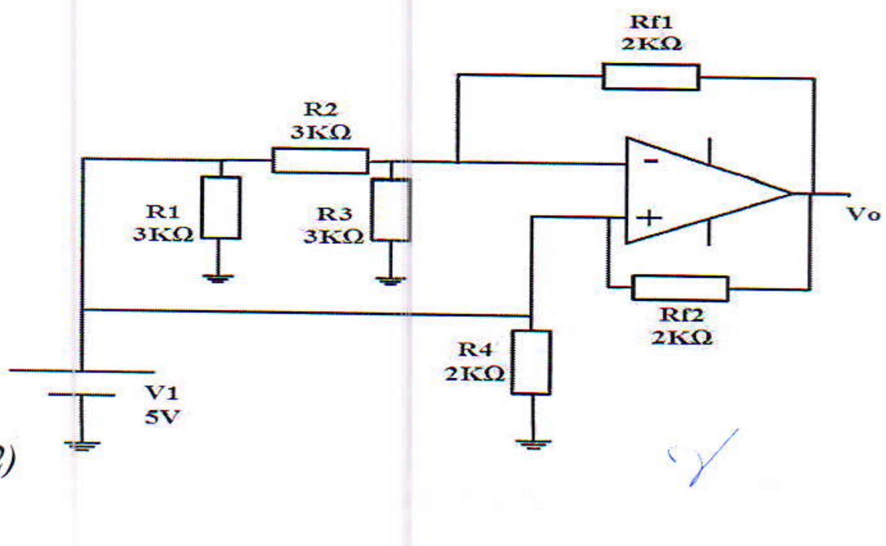
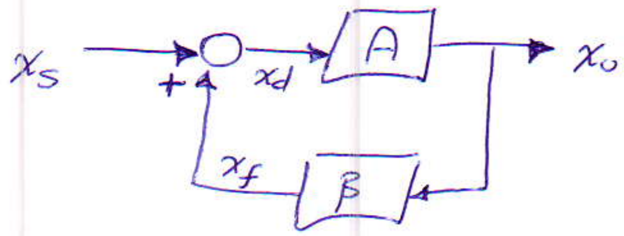


Fig (2)

Oscillator :

is an F.B amplifier circuit (Positive F.B) in which β network is a frequency depedent circuit. It gives A.C o/p Periodically with certain amplitude and frequency without any form of i/p signal.



$x_d = x_s + x_f \; ; \; x_f = \beta x_o$ where $x_o = A x_d$

$\Rightarrow x_o = A(x_s + x_f) = A(x_s + \beta x_o)$

$$\therefore \boxed{\frac{x_o}{x_s} = \frac{A}{1 - A\beta}} \; ; \text{if } A\beta = 1 \Rightarrow \frac{x_o}{x_s} = \infty$$

but $x_o \neq \infty \quad \therefore x_s = 0$ (without any i/p signal)

*** Oscillation condition:** (Barkhausen criterion)

1- Positive F.B
2- Unity $(|\beta A|)$ [i.e. $|\beta A| = 1$]
3- Zero Phase shift

* لكي تحدث عملية التذبذب يجب ان تتحقق هذه الشروط لذلك يتم بناء دوائر المذبذبات بطريقة معينة بحيث يتم تحقق هذه الشروط .

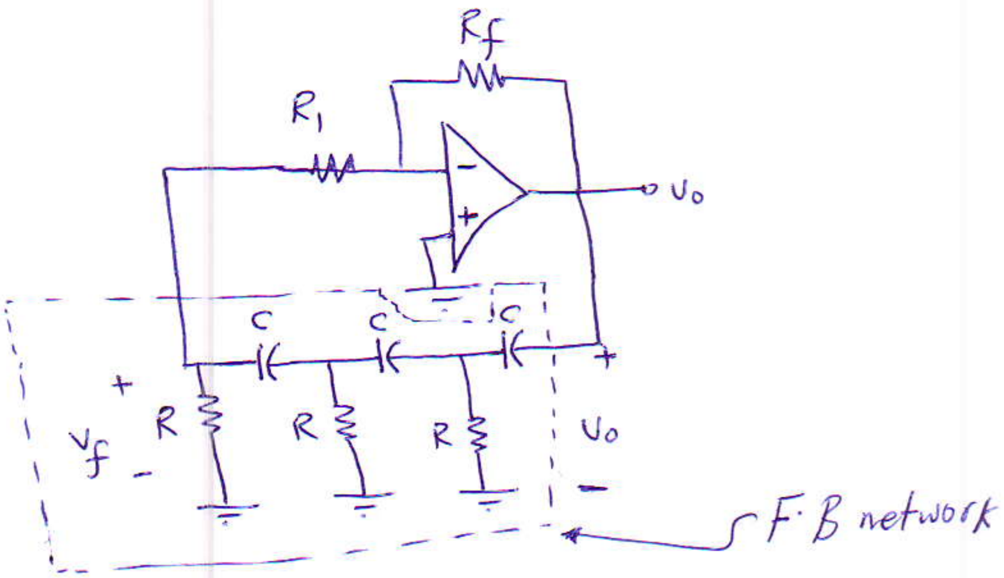
(1) RC oscillators:

* Phase shift oscillator
* Wien Bridge oscillator

~ . ~ . ~ .

* Phase shift Oscillator:

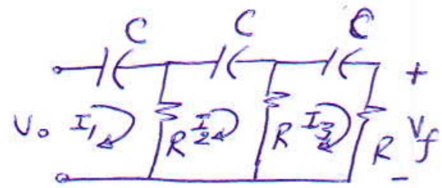
1- Phase shift oscillator using operational amplifier:



* يتم ضبط قيم المقاومات (R) و المتسعات (C) بقيم متساوية لبعضها البعض حيث ان قيم المقاومات (R) متساوية في دائرة الـ (+ve F.B) وكذلك المتسعات بالإضافة الى ان قيمة $x_c = \frac{1}{\sqrt{3}} R$ لغرض جعل كل مرحلة من المراحل الثلاث تعطي نتيجة فرق طور $60°$ وبالتالي يكون المجموع الكلي هو $180°$ لغرض معادلة فرق الطور الناتج من الـ non Inverting amp.

* في المرحلة الاولى لفهم عمل دوائر المذبذبات يمكن القول بان هناك قيمة للضوضاء (noise) تخرج من مكبر العمليات هذه القيمة هي بالاصل عبارة عن موجة مربعة لان المكبر في البداية يعمل عمل comparator لذلك بعد هذه المرحلة يتم ترشيح التردد المطلوب إخراجه عند الـ V_o باستخدام المرشح RC (لاننا نعلم جيداً ان الموجة المربعة عبارة عن مجموعة ترددات) حيث يتم اختيار احدها باستخدام المرشح (filter)

يتبع



$\beta = \frac{V_f}{V_o}$ (voltage - series)

$I_1 \left(R + \frac{1}{Jwc}\right) - I_2 R = V_o$ ---- ①

$-I_1(R) + I_2\left(2R + \frac{1}{Jwc}\right) - I_3(R) = 0$ ---- ②

$-I_1(0) - I_2(R) + I_3\left(2R + \frac{1}{Jwc}\right) = 0$ ---- ③

$V_f = I_3 R$ ---- ④ By solving equations (1, 2 and 3) and we get:

$$\begin{bmatrix} V_o \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \frac{1}{Jwc} & -R & 0 \\ -R & 2R + \frac{1}{Jwc} & -R \\ 0 & -R & 2R + \frac{1}{Jwc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix}$$

$$\beta = \frac{1}{\left(1 - \frac{5}{w^2R^2C^2}\right) - J\left(\frac{6}{wCR} - \frac{1}{R^3C^3w^3}\right)}$$

For Zero Phase shift $\Rightarrow$ **J term = Zero**

$\Rightarrow -J\left(\frac{6}{wCR} - \frac{1}{R^3C^3w^3}\right) = 0 \Rightarrow \frac{6}{wCR} = \frac{1}{R^3C^3w^3}$

$\therefore$ $\boxed{w = \frac{1}{\sqrt{6}RC}}$ $\Rightarrow$ $\boxed{f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}}$ substitution w equation in β equation and we get:

→ يتبع

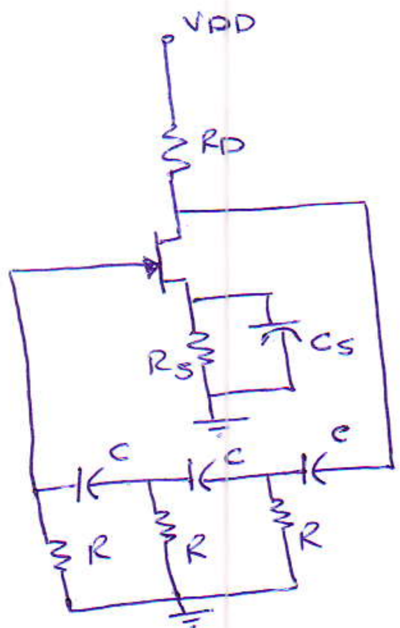
$$\beta = \frac{1}{\left(1 - \frac{5}{w^2R^2C^2}\right)} = \frac{1}{\left(1 - \frac{5}{\frac{R^2C^2}{6R^2C^2}}\right)} = \boxed{\frac{-1}{29}}$$

For gain condition $|A\beta| = 1$ FD $\boxed{A = 29}$

$$FD\left(\frac{R_f}{R_1}\right) = \boxed{29}$$

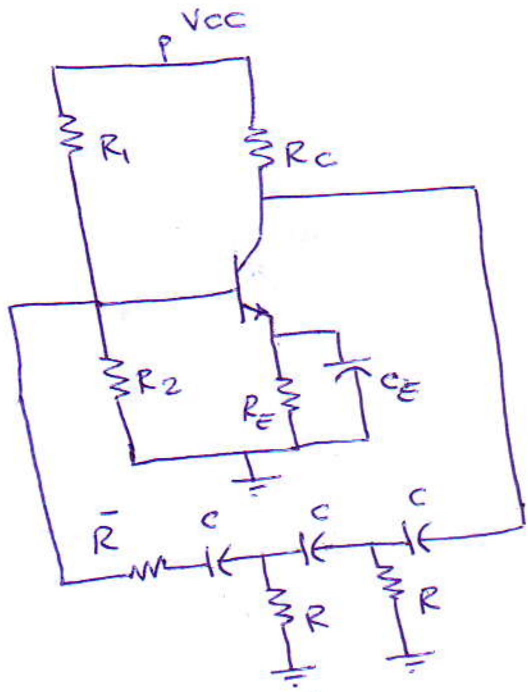
2- Phase shift oscillator using FET and BJT:

A practical version for phase shift oscillator using FET and BJT versions shown in fig below.



(a) FET version

$$\boxed{f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}}$$

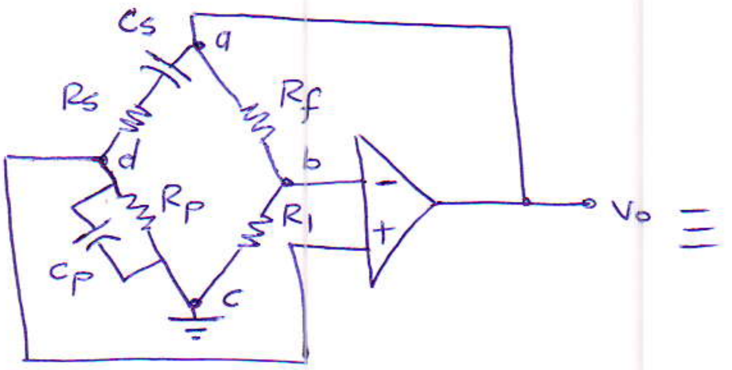


(b) BJT version

$$\boxed{f = \frac{1}{2\pi RC}\frac{1}{\sqrt{6 + 4(R_C/R)}}}$$

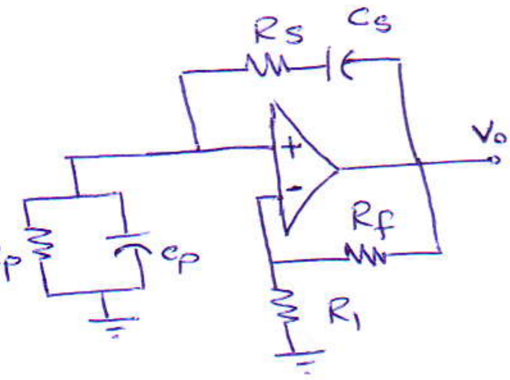
* WIEN Bridge Oscillator :

wien bridge oscillator circuit using operational amplifier shown in figure below.



(a)

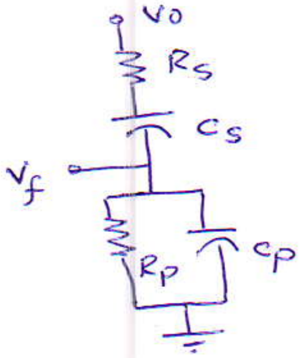
≡



(b)

* نلاحظ من الشكل (a) بأن القنطرة متوازنة
نجد أن كل جزء من أجزاء القنطرة يحتوي
على متسعة وبالتالي أي فرق بالطور من
المتسعة الأولى مثلا (Cp) يتم إلغاءه
من قبل المتسعة الثانية (Cs) لذلك
يتم تحقيق شرط الـ Zero phase shift
وبما أن الدائرة مربوطة إلى nonInverting
يعني لا يوجد فرق بالطور من قبل op-Amp

The circuit consist of two Parts



$$\beta = \frac{V_f}{V_o}$$

$$\Rightarrow V_f = \frac{Z_p * V_o}{Z_p + Z_s}$$

$$\Rightarrow \frac{V_f}{V_o} = \frac{Z_p}{Z_p + Z_s}$$

$$\because Z_s = R_s + \frac{1}{J w C_s}$$

and $Z_p = R_p // C_p = \dfrac{R_p}{1 + J w C_p R_p}$

$$\Rightarrow \beta = \frac{R_p}{R_p + \left(R_s + \frac{1}{J w C_s}\right)(1 + J w C_p R_p)}$$

يتبع

$$\Rightarrow \beta = \frac{R_p}{(R_p + R_s + \frac{c_p R_p}{c_s}) + J(w c_p R_p R_s - \frac{1}{w c_s})} \quad \text{---} ①$$

for zero Phase shift $\boxed{J \text{ term} = 0}$

$$\therefore J(w c_p R_p R_s - \frac{1}{w c_s}) = 0 \Rightarrow \boxed{w = \frac{1}{\sqrt{c_p c_s R_p R_s}}} \quad \text{---} ②$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{R_p}{R_p + R_s + \frac{c_p R_p}{c_s}}$$ for $R_p = R_s = R$ and $c_s = c_p = c$

$$\therefore \boxed{|\beta| = \frac{1}{3}} \quad \text{and} \quad \boxed{f = \frac{1}{2\pi R c}}$$

To satisfy $|A\beta| = 1 \Rightarrow \boxed{A = 3}$

$$\therefore \left| 1 + \frac{R_f}{R_1} \right|_{min} = 3 \Rightarrow \boxed{\left| \frac{R_f}{R_1} \right|_{min} = 2}$$

Ex: For the phase shift oscillator using an FET version having $R = 10K\Omega$, find the value of c for oscillator operation at 1KHZ?

Solution:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{6} RC} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi\sqrt{6} * 1*10^3 * 10*10^3} = \boxed{6.5nF}$$

Ex: Design of a wien bridge oscillator for operation at $f = 10kHz$?

Solution:

let $C = 1nF$

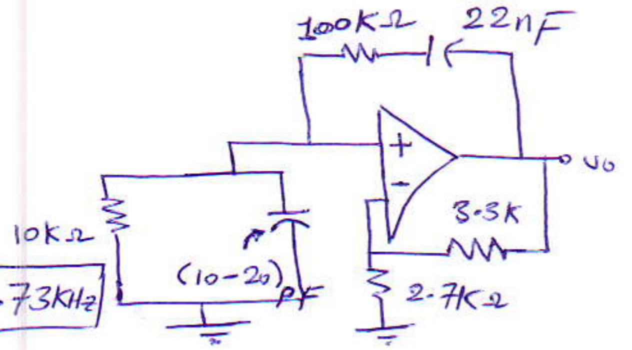
$$f = \frac{1}{2\pi RC} \Rightarrow R = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$\Rightarrow R = \frac{1}{2\pi * 10 * 10^{3} * 10^{-9}} = \boxed{15.9K\Omega}$$

and $\left|\frac{R_f}{R_1}\right|_{min} = 2$

* ملاحظة: عند بداية اي تصميم يحتوي على قيمة مقاومة ومتسعة فاننا نفرض قيمة المتسعة ونجد قيمة المقاومة لان قيم المتسعات لا يمكن تغييرها كثيراً لذلك نلجأ الى فرض قيمة متوفرة لدينا بينما المقاومة اي قيمة يمكن الحصول عليها .

Ex: For the circuit shown below; find the frequency change percentage?



Solution:

① For $C_p = 10PF$

$$f = \frac{1}{(\sqrt{10k * 100k * 10p * 22n}) * 2\pi} = \boxed{10.73KHz}$$

② For $C_p = 20pF$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{10k * 100k * 20p * 22n}} = \boxed{7.59KHz}$$

Frequency change due to C_s doubled is $\Rightarrow \frac{10.73K - 7.59K}{10.73K} * 100\%$

$$= \boxed{29.26\%}$$

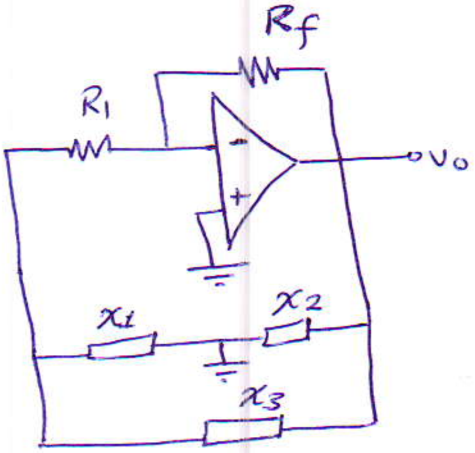
(2) LC oscillator:

* Colpitts oscillator
* Hartley oscillator

~ . ~ . ~ .

A variety of circuit for LC oscillator can be built using BJT, FET and operational amplifier as shown below.

* هذا النوع من المذبذبات يستخدم محاثات ومتسعات حيث ان اي دائرة تحتوي على C و L معاً فانها تسمى دائرة توليف (tuned) بحيث يتم تغيير تردد الاخراج من خلال تغيير قيم المتسعات او المحاثات، بالاضافة الى انه يمكن استخدام الـ LC osc. لتوليد ترددات تتراوح من عدة مئة KHz الى مئة MHz.



Basic configuration of resonant circuit oscillator.

~ . ~ . ~ .

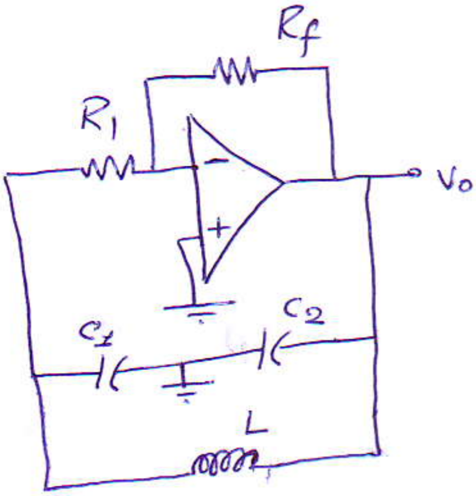
* Colpitts oscillator:

For colpitts oscillator X_1 and X_2 are capacitors and X_3 is inductor

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\,C_{eq}}}$$

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

يتبع →



Colpitts oscillator using op-amplifier

$\boxed{\beta = \frac{C_2}{C_1}}$ for $|A\beta| = 1$ (unity $|A\beta|$) $\Rightarrow$ $\boxed{A = \frac{C_1}{C_2}}$

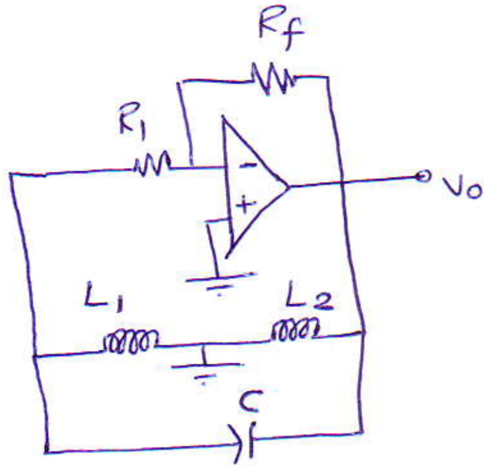
∵ Inverting Amplifier is used $\left(|A| = \frac{R_f}{R_1}\right)$

$$\therefore \boxed{\left|\frac{R_f}{R_1}\right| = \frac{C_1}{C_2}}$$

~ · ~ · ~ · ~ ·

*** Hartley Oscillator :**

For Hartley oscillator X_1 and X_2 are inductors and X_3 is capacitor.



Hartley oscillator using op-Amplifier

$$\boxed{f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}}} \quad \boxed{L_{eq} = L_1 + L_2}$$

$$\boxed{\beta = \frac{L_1}{L_2}}$$

To have $|A\beta| = 1$ $\Rightarrow$ $\boxed{A = \frac{L_2}{L_1}}$

For Inverty amplifier $|A| = \frac{R_f}{R_1}$ $\Rightarrow$ $\boxed{\frac{R_f}{R_1} = \frac{L_2}{L_1}}$

~ · ~ · ~ ·

Ex: Design a colpitts oscillator to oscillate at 100 kHz, use $L = 0.1\,mH$ and the gain must be not exceed 10 ?

→ يتبع

Solution:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L c_{eq}}} \Rightarrow 100k = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.1 * 10^{-3} c_{eq}}}$$

$$\Rightarrow \boxed{c_{eq} = 25.35\,nF}$$ $\because A = 10$ and $A = \frac{c_1}{c_2}$

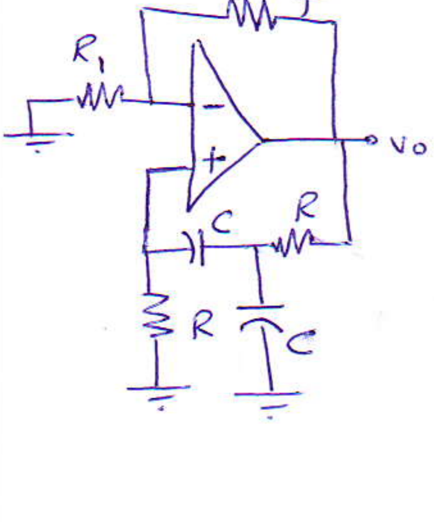
$\therefore 10 = \frac{c_1}{c_2} \Rightarrow c_1 = 10 c_2$ ---- ①

$c_{eq} = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$ ----- ② subs. equation ① in ② and we get:

$$25.35n = \frac{10 c_2^2}{11 c_2} \Rightarrow c_2 = \frac{25.35n * 11}{10} = \boxed{27.89\,nF}$$

and $c_1 = 10 * 27.89n = \boxed{0.278\,\mu F}$

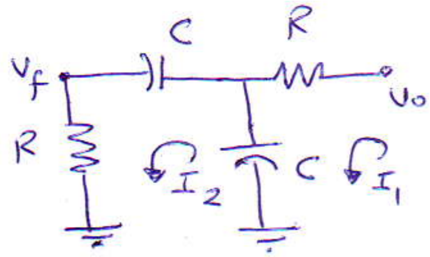
EX: Find the β function, the frequency of oscillation and the $\frac{R_f}{R_1}$ for oscillation for the circuit shown below?



يتبع

$$I_1\left(R+\frac{1}{jwc}\right)-I_2\left(\frac{1}{jwc}\right)=V_o \quad \text{--- (1)}$$

$$-I_1\left(\frac{1}{jwc}\right)+I_2\left(R+\frac{2}{jwc}\right)=0 \quad \text{--- (2)}$$



$$V_f = I_2 R \quad \text{--- (3)} \qquad \boxed{\beta=\frac{V_f}{V_o}}$$

$$I_2=\frac{\begin{vmatrix} R+\frac{1}{jwc} & V_o \\ -\frac{1}{jwc} & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R+\frac{1}{jwc} & -\frac{1}{jwc} \\ -\frac{1}{jwc} & R+\frac{2}{jwc} \end{vmatrix}}$$

* نلاحظ من الدائرة السابقة بأنها قد استُخدم فيها Non Inverting وبالتالي Zero Phase shift
لذلك تم ربط المقاومات والمتسعات بالعكس لغرض التخلص من فرق الطور حيث اذا كان فرق الطور للمقاومة والمتسعة الاولى مثلا 60° فان الدائرة الثانية يكون لها فرق طور -60° .

$$\Rightarrow I_2=\frac{\frac{V_o}{jwc}}{R^2+\frac{2R}{jwc}+\frac{R}{jwc}-\frac{2}{w^2c^2}+\frac{1}{w^2c^2}}$$

$$\Rightarrow I_2=\frac{V_o * jwc}{1+3jwcR-R^2w^2c^2} \qquad \because \beta=\frac{V_f}{V_o} \text{ and } V_f=I_2R$$

$$\therefore \boxed{\beta=\frac{jwcR}{1+3jwcR-R^2w^2c^2}}$$

* نلاحظ من معادلة الـ β بأن المقام لا يحتوي إلا على حد واحد خيالي (Imaginary) وهذا الحد مضروب بالرقم 3 وبالتالي نستنتج بأن الدائرة متوازنة من حيث الـ Phase shift وقيمة الـ β هي $\left(\frac{1}{3}\right)$

$$\therefore \boxed{f=\frac{1}{2\pi RC}} \text{ and } \boxed{\beta=\frac{1}{3}}$$

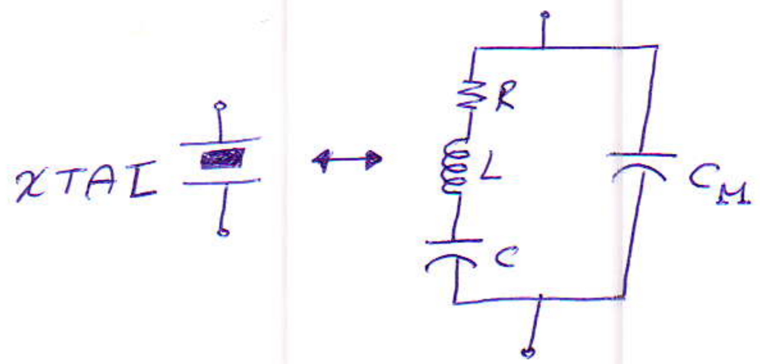
for nonInverting $A=\left(1+\frac{R_f}{R_1}\right)$ and $A=3$ for $|A\beta|=1$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{R_f}{R_1}=2}$$

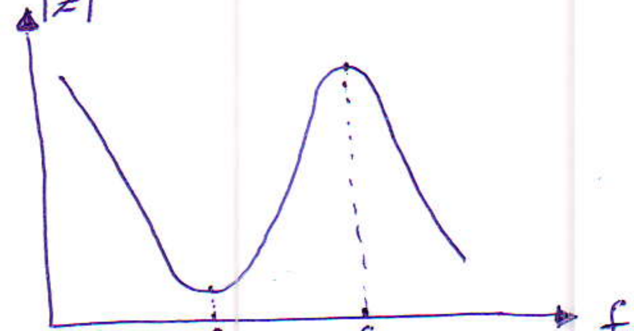
③ Crystal Oscillator:

A crystal oscillator is widely used in communication transmitters and receivers.

* يستخدم الكرستال oscillator في العديد من اجهزة الاتصالات مثل المرسلات والمستقبلات (local osc.) حيث يعطي تردد دقيق جداً ، وهو بالاساس يتكون من مادة الكوارتز (مثل SiO_2) حيث تمتاز هذه المادة بأنه كلما سلط عليها اجهاد ميكانيكي فان ذراتها تبدأ بالزحزحة عن مكانها وبالتالي يتولد لدينا ثنائي القطب الذي بدورة يعطي فولتية متفاوتة على اطراف المادة وكذلك عندما يتم تسليط فولتية معينة فان ذرات الماده تبدأ بالتحرك وبالتالي ينشأ تشوه بالشكل لهذه الماده وعند فولتية معينة تبدأ هذه الماده بالاهتزاز ويتولد لدينا تردد رنيني. اما هذه الظاهرة التي توجد في بعض المواد العازلة مثل الكوارتز فانها تسمى الـ Piezoelectric effect.



Electrical equivalent circuit of a crystal.

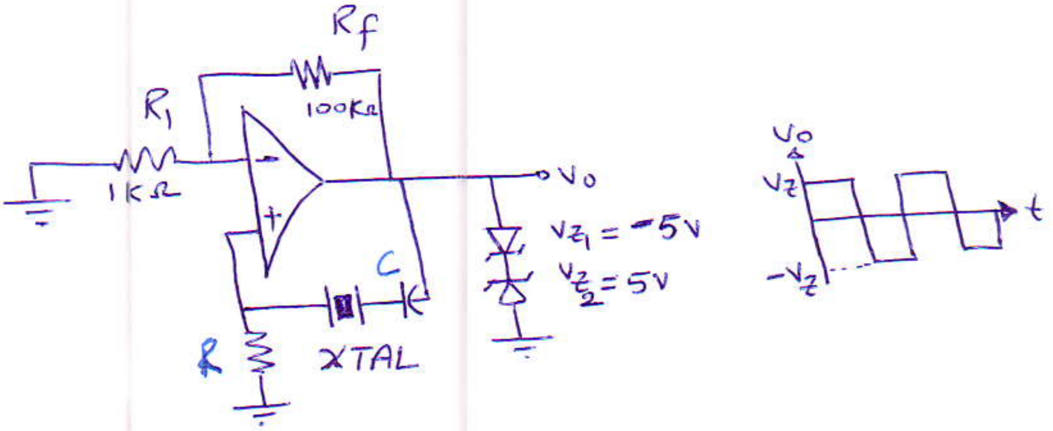


Crystal Impedance versus freq.

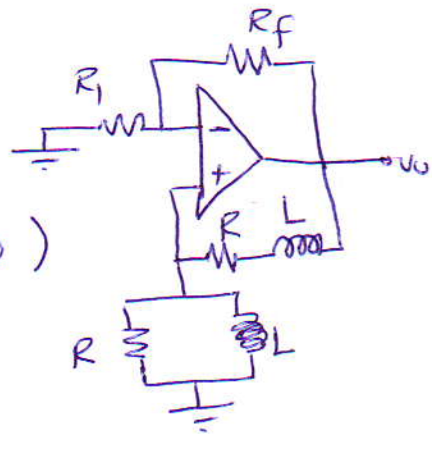
* يمكن لـ crystal osc. ان يعطي تردد واطئ وتردد عالي حسب طريقة ربطة في الدائرة حيث اذا كان ربطة series فان مقاومة التي يعطيها تكون واطئة وتردد واطئ (عندما تتساوى قيمة الـ L و C) بينما يعطي تردد عالي عندما يربط على التوازي فانه يعطي مقاومة عالية وتردد عالي وتسمى هذه الحالة (Antiresonance) وكما موضح في الشكل

* Crystal Oscillator using Op-Amplifier:

The crystal is connected in the series-resonant Path and operates at the crystal series-resonant frequency.



H.W①: Find the β function, frequency of oscillation and $\frac{R_f}{R_1}$ require for oscillation for the circuit shown below?



(Fig for H.W①)

H.W②: Design a Hartley oscillator to oscillate at 10MHz, if the L_2 is equal to ten times of L_1.

(4) Timing Circuits:

* Timer IC Unit (555) → Astable غير مستقر
→ Monostable احادي الاستقرارية

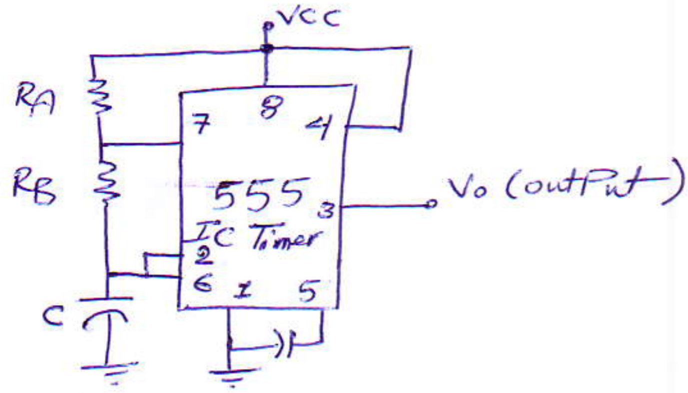
* Astable: one Popular application of the 555 timer IC is an Astable multivibrator or clock circuit as shown below.

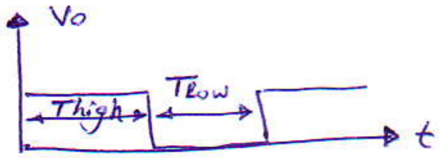
$$T_{high} \simeq 0.7 (R_A + R_B) C$$

$$T_{Low} \simeq 0.7 R_B C$$

$$T_{period} = T_{high} + T_{Low}$$

$$f = \frac{1}{T} \simeq \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C}$$





Ex: For the 555 IC Timer $R_A = 7.5 K\Omega$, $R_B = 7.5 K\Omega$ and $C = 0.1 \mu F$; find the outPut frequency?

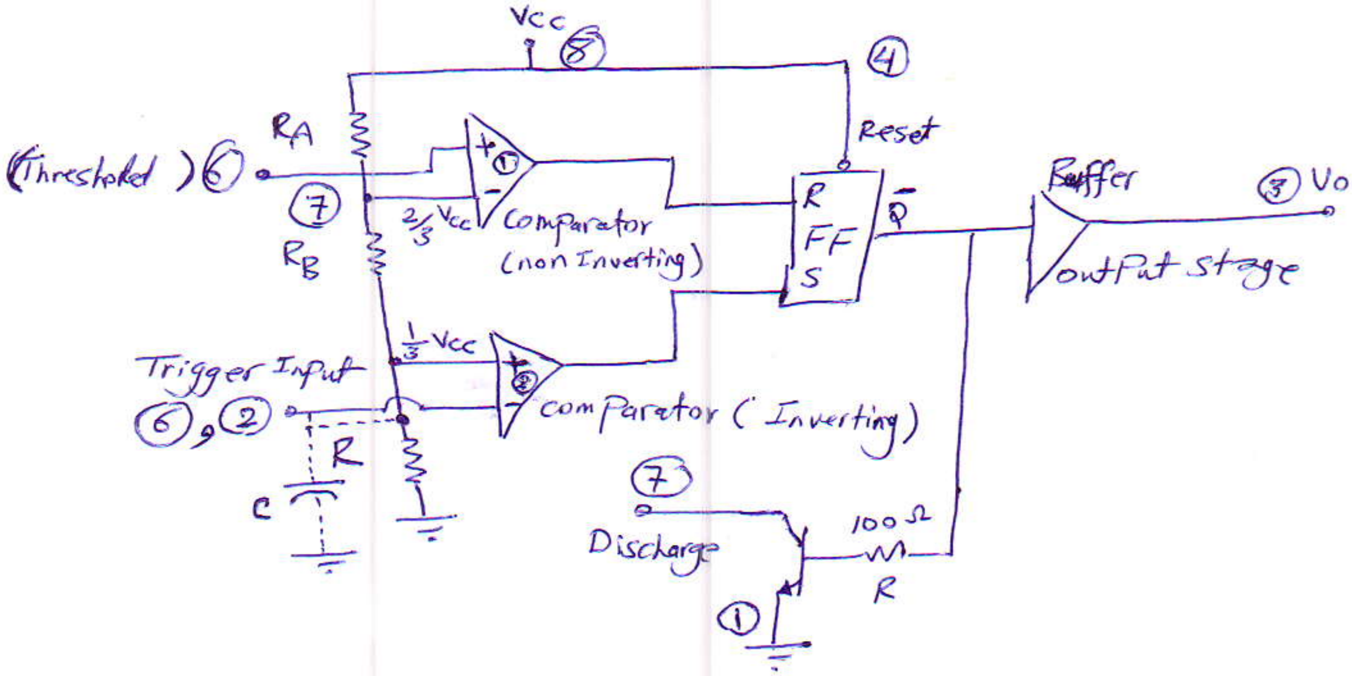
Solution:

$T_{high} = 0.7 (R_A + R_B) C = 0.7 (7.5K + 7.5K) 0.1 \times 10^{-6} = \boxed{1.05 ms}$

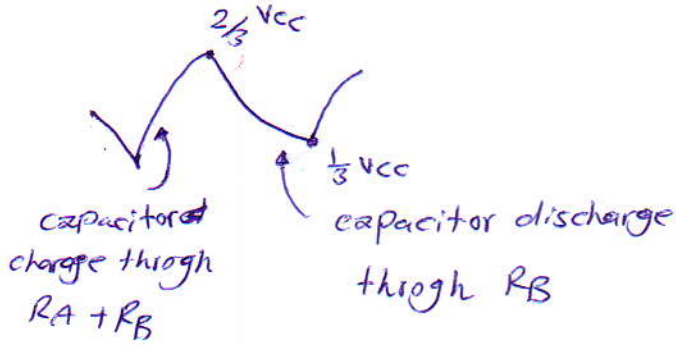
$T_{Low} = 0.7 R_B C = \boxed{0.525 ms}$ ⟹ $T = T_{high} + T_{Low} = 1.05 + 0.525$

⟹ $T = \boxed{1.575 ms}$ ⟹ $f = \frac{1}{1.575m} \simeq \boxed{635 Hz}$

* 555 IC Timer details :



S	R	Q	
0	0	0	no charge
0	1	0	reset
1	0	1	set
1	1	Invalid state (not allowed)	

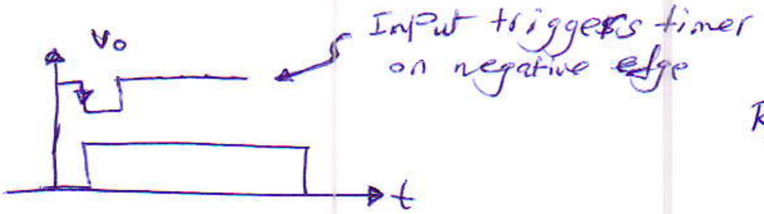


* يمكن ملاحظة تصرف الدائرة اعلاه من خلال الشحن والتفريغ للمتسعة المربوطة عند الـ Pin
② و ⑥ اسفل المقاومة R_B ما نلاحظ (−) الـ comparator الاول تكون على عتبة فولتية
مقدارها $\frac{2}{3}V_{cc}$ على فرض ان قيم المقاومات متساوية ببعضها (+) الـ Comparator الاول
مربوط عبر المتسعة (C) والتي تبدأ بالشحن عند فولتية $\frac{1}{3}V_{cc}$ لان المقاومة (R)
مربوطة على التوازي مع المتسعة ومن ثم يزداد شحن المتسعة حتى يصل الى قيمة اعلى
من قيمة الفولتية للجزء السالب عند الـ comparator الاول لذلك يكون اخراج comparator 2.
هو $+V_{cc}$ والتي تكون "1" عند الطرف R للـ FlipFlop والـ S يكون عادة "0" لذلك
يكون الـ Q هو "0" ولكن الاخراج من FF مأخوذ من الـ $\bar{Q}$ لذلك يكون "1" وعليه
الملاحظة ان المتسعة قد تم شحنها عبر المقاومتين R_A , R_B ؛ وعندما يكون $\bar{Q}$ هو "1"
فان V_o هو "1" لذلك يعمل الترانزستور

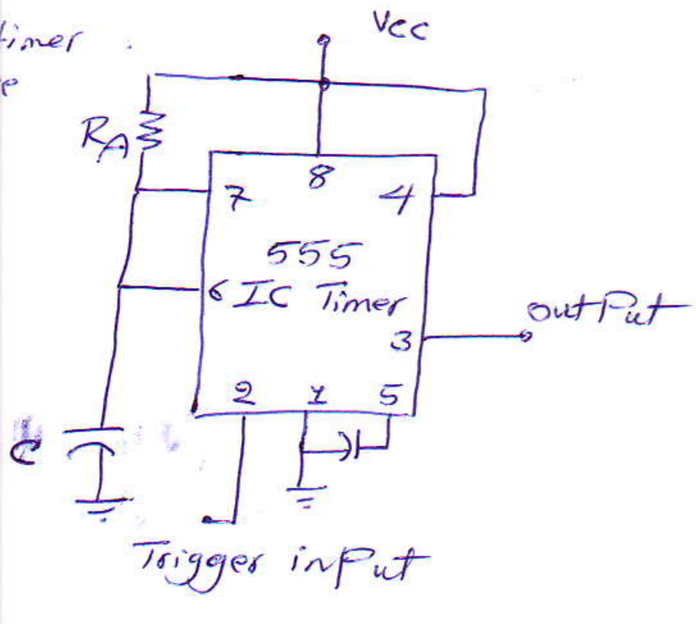
يتبع ←

وعندما يعمل الترانزستور يكون قد ربط ground عند الطرف (7) وهو المربوط على المقاومة R_B لذلك تبدأ المتسعة بالتفريغ عبر R_B وعندما تقل فولتية المتسعة عن $\frac{2}{3}$Vcc يرجع الـ comparator الاول ليعطي -Vcc وهو "0" لل R ← FF وال S كذلك عادة هي "0" لذلك الاخراج يكون no change

* Monostable: The 555 timer can also be used as a one shot or monostable multivibrator circuit as shown below.



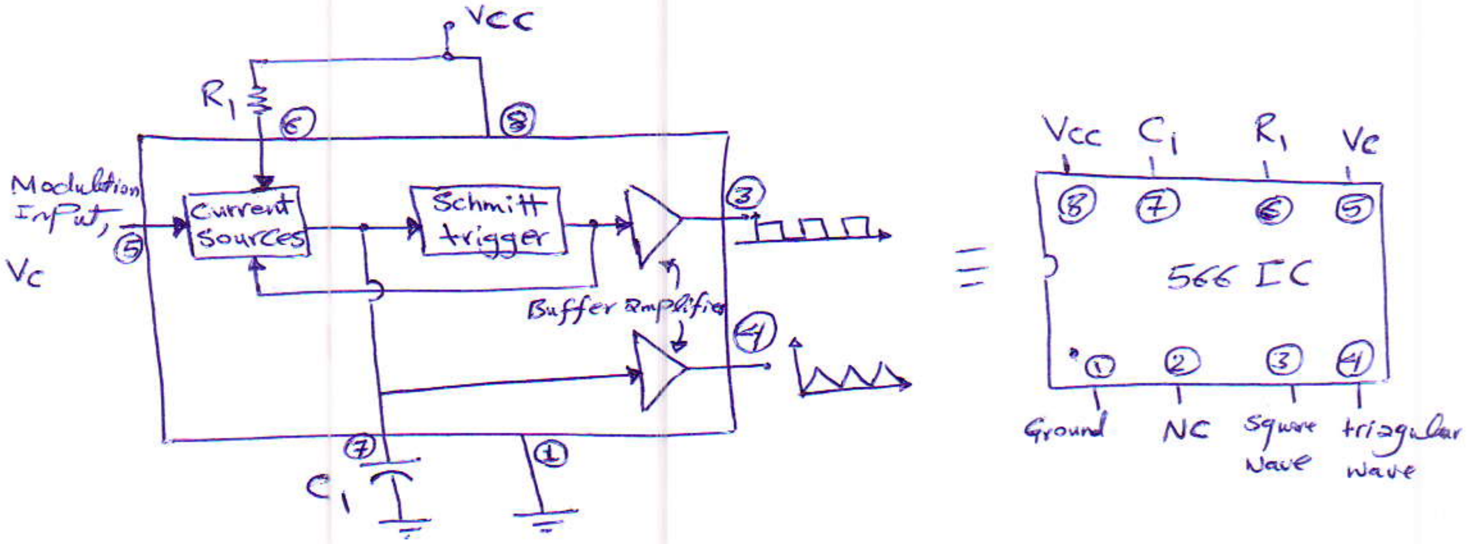
$$T_{high} = 1.1 R_A C$$



* هذه الدائرة هي احدى تطبيقات الـ 555 (احادي الاستقرارية) حيث كلما جاءت موجة القدح (trigger) فان الاخراج يكون على شكل نبضة واحدة يكون الزمن لها حسب القانون اعلاه ولذلك تسمى هذه الدائرة احادي الاستقرارية او one shot ولا تظهر موجة اخراج مرة اخرى حتى يأتي الـ trigger مرة اخرى

(5) Voltage Controlled Oscillator: (VCO)

A voltage controlled oscillator (VCO) is a circuit that provides a varying output signal (typically square wave or triangular wave form). An example of a VCO is the 566 IC unit as shown below.



$$f_o = \frac{2}{R_1 C_1} \left(\frac{V_{cc} - V_c}{V_{cc}} \right)$$

with the following Practical circuit value restrictions:

1- $2K\Omega \leq R_1 \leq 20K\Omega$

2- V_c should be within the range $\frac{3}{4}V_{cc} \leq V_c \leq V_{cc}$

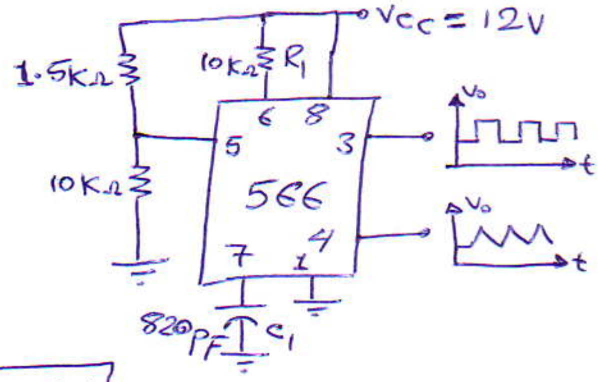
3- f_o should be below 1MHz

4- Vcc should range between 10V and 24V.

* يعمل ال VCO على إخراج موجتين مربعة و مثلثة ويمكن للموجة المربعة ان يتم ادخالها الى دائرة lowpass filter لكي تتحول الى موجة sine ولكن هنا ك محددات لعمل دائرة ال VCO يمكن ملاحظتها اعلاه وكذلك يمكن ان يعطي ال VCO اخراج عندما تكون V_c تساوي صفر وحسب القانون اعلاه

to be continue.

Ex: Find the output frequency for the circuit shown below?



<u>Solution:</u>

R_1 and Vcc within the range

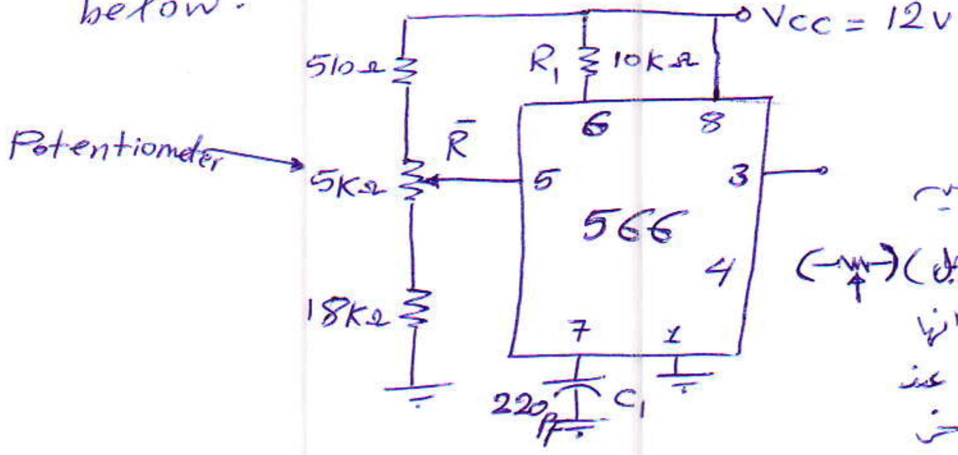
$$V_C = \frac{10k * Vcc}{10k + 1.5k} = \frac{10k * 12V}{10k + 1.5k} = \boxed{10.43V}$$

V_C must be within the range $\frac{3Vcc}{4} \leq V_C \leq Vcc$

$$\frac{3}{4} Vcc = \frac{3}{4} * 12 = \boxed{9V}$$ ∴ V_C within the range

$$f_o = \frac{2}{R_1 C_1}\left(\frac{Vcc - V_C}{Vcc}\right) = \frac{2}{10k * 820p}\left(\frac{12 - 10.43}{12}\right) \cong \boxed{32KHz}$$

Ex: Find the range of frequencies, for the circuit shown below.



* ملاحظة: هناك فرقاً رئيسي بين المقاومة المتغير (بثلاثة ارجل) (symbol) والتي تسمى Potentiometer حيث انها عندما تعمل على زيادة المقاومة عند احد الأرجل فان الطرف الآخر تنقص مقاومته والعكس صحيح
اما المقاومة المتغيرة التي لها طرفين (symbol) فقط فان عند زيادة مقاومتها فان المقاومة تزداد عند الطرفين والعكس صحيح

يتبع

Solution:

① $V_C = \dfrac{(5k + 18k) * 12}{5k + 18k + 510} = \boxed{11.74\,V}$

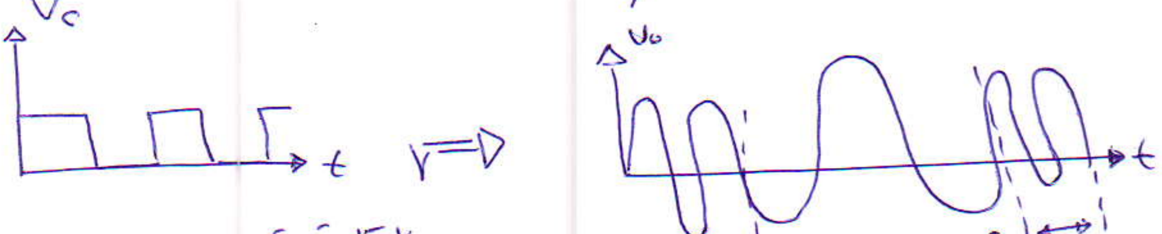
$\Rightarrow f_o = \dfrac{2}{10k * 220P}\left(\dfrac{12 - 11.74}{12}\right) \simeq \boxed{19.7\,KHz}$

② $V_C = \dfrac{18k * 12}{510 + 5k + 18k} = \boxed{9.187}\,V$

$\Rightarrow f_o = \dfrac{2}{10k * 220P}\left(\dfrac{12 - 9.187}{12}\right) \simeq \boxed{213\,KHz}$

$\therefore$ the range of frequencies is $19.7KHz \leq f_o \leq 213\,KHz$

* بالإمكان استخدام دائرة الـ VCO لإخراج ترددات مختلفة اذا كان Vc مثلا موجه جيبية ، اما اذا كانت Voltagecontroll (Vc) عبارة عن موجه مربعة فان الإخراج يكون FSK (Frequency Shift Keying) وكما موضح بالشكل أدناه.



* كل قيمة للـ Vc تعطي تردد معين حيث ان قيمة "1" تعطي تردد الـ f_1 و قيمة "0" تعطي تردد الـ f_2

H.W ①: For the 555 IC Timer as Astable multivibrator to Produce 1 KHz output frequency; find R_B? let $R_A = 0\Omega$ and $C = 1\mu F$.

Ans: $R_B = 1k\Omega$

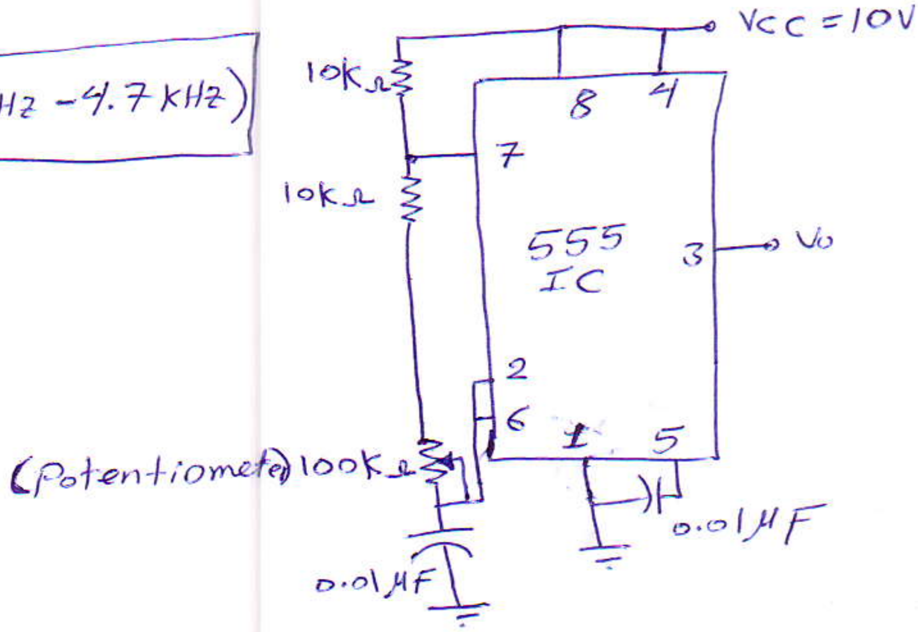
H.W ②: Design a 555 IC Timer as monostable multivibrator to produce an output Pulse width of $100\mu s$?

Ans: For $C = 1nF$ ⟹ $R_A = 90.9k\Omega$

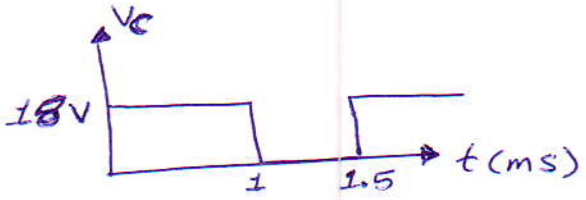
H.W ③: A 555 IC is connected as shown in figure below; Determine the range of oscillation frequency?

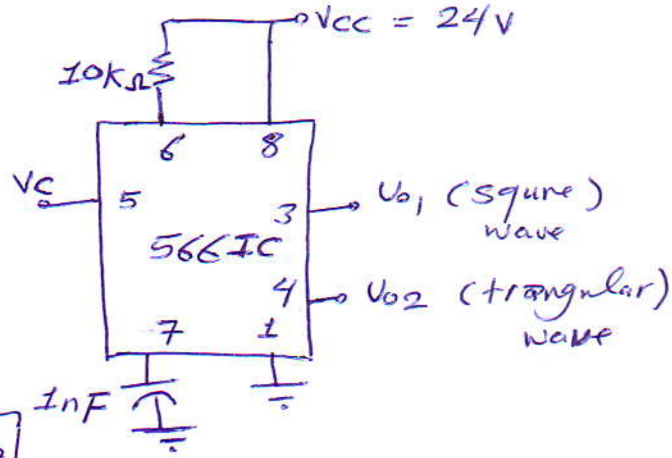
Ans:

freq. range (621Hz − 4.7 KHz)



H.W(4): A 566 IC is connected as shown below; find the output frequencies and sketch the output waveform?





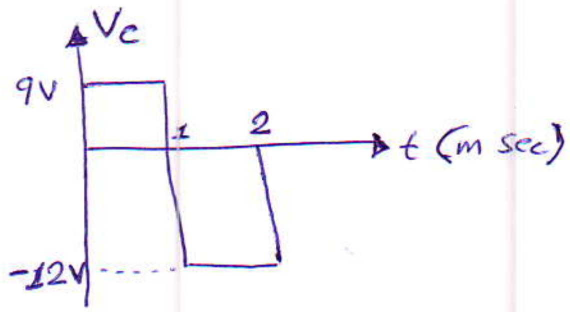
Ans: at $V_c = 18V \Rightarrow$ $f_1 = 50\,KHz$

at $V_c = 0V \Rightarrow$ $f_2 = 200\,KHz$

f_1 range at $t = 0 \rightarrow t = 1\,msec.$

f_2 range at $t = 1ms \rightarrow t = 1.5\,ms$

H.W(5): Repeat the H.W(4), For $V_{cc} = 12V$ and V_c waveform as shown below.

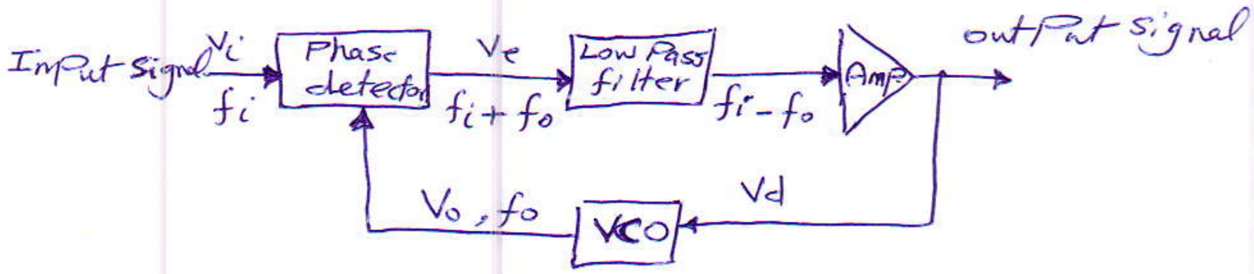


Ans: f_1 at $V_c = 9V \Rightarrow$ $f_1 = 50\,KHz$

f_2 at $V_c = -12V \Rightarrow$ $f_2 = 0\,Hz$

* Phase Lock Loop (PLL):

A Phase Lock Loop (PLL) is an electronic circuit that consists of a Phase detector, low Pass filter and a voltage controlled oscillator as shown in figure below.

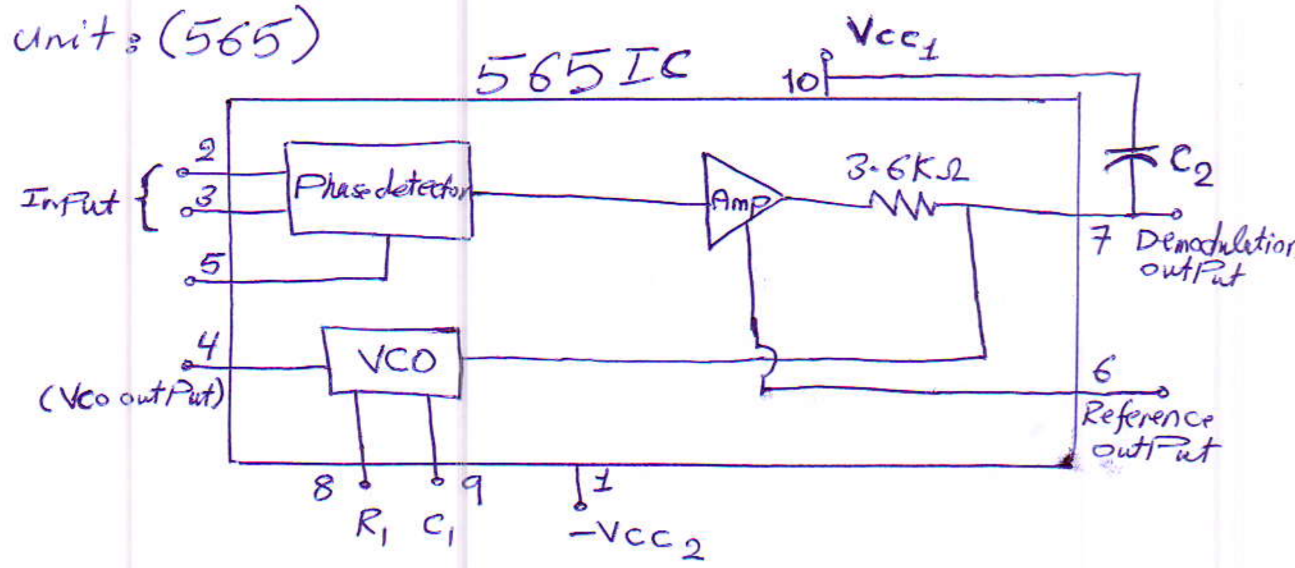


PLL Application:

1- FM demodulation
2- Frequency Synthesizers
3- Demodulation of the two digital data transmission used in frequency shift keying (FSK) operation.
4- AM detectors, tone decoders and tracking filters.

* المبدء الاساسي لعمل الدائرة يكون عندما يتم إدخال اشارة بتردد معين حيث يتم ادخالها الى (Phasedetector) والتي بدورها تأخذ فرق الطور بين الاشارة الداخلة والاشارة الخارجة من الـVCO؛ حيث عندما تعمل الدائرة بـ Lock Phesedetector. معنى ان التردد الداخل وتردد الاشارة الخارجة من الـVCO هو نفس التردد وبالتالي فان Vd تكون فولتية d.c ثابتة وذلك لغرض تثبيت قيمة التردد الخارج من الـVCO لانه نفس تردد الاشارة الداخلة حيث يتم اخذ فرق الطور بين الاشارتين ، ثم بعد الـPhase detector ينتج مركبتين للتردد حيث يتم اخذ المركبة الواطئة عن طريق الـ lowPass filter ؛ بينما عندما يتغير تردد الاشارة الداخلة تقوم الدائرة بمحاولة مواكبة هذا التغيير عن طريق تغيير قيمة الـ Vd لغرض تغيير قيمة تردد الـVCO.

* PLL unit: (565)



* تحتوي الدائرة اعلاه وهي تمثل ال Pin configuration لل PLL unit حيث نلاحظ ان الدائرة 565 IC تحتاج الى مصدرين d.c (Vcc_1 , Vcc_2) حيث تمثل ال Vcc_1 مصدر الدائرة اما Vcc_2 فهو مخصص لل VCO وكذلك C_1 و R_1 هما لغرض تحديد ال center freq (f_0) لل VCO اما المتسعة C_2 وهي ضمن دائرة ال Low Pass filter

$$f_0 = \frac{0.3}{R_1 C_1}$$

f_0: center frequency of VCO

$$f_L = \pm \frac{8 f_0}{Vcc_2}$$

f_L: Lock range frequency

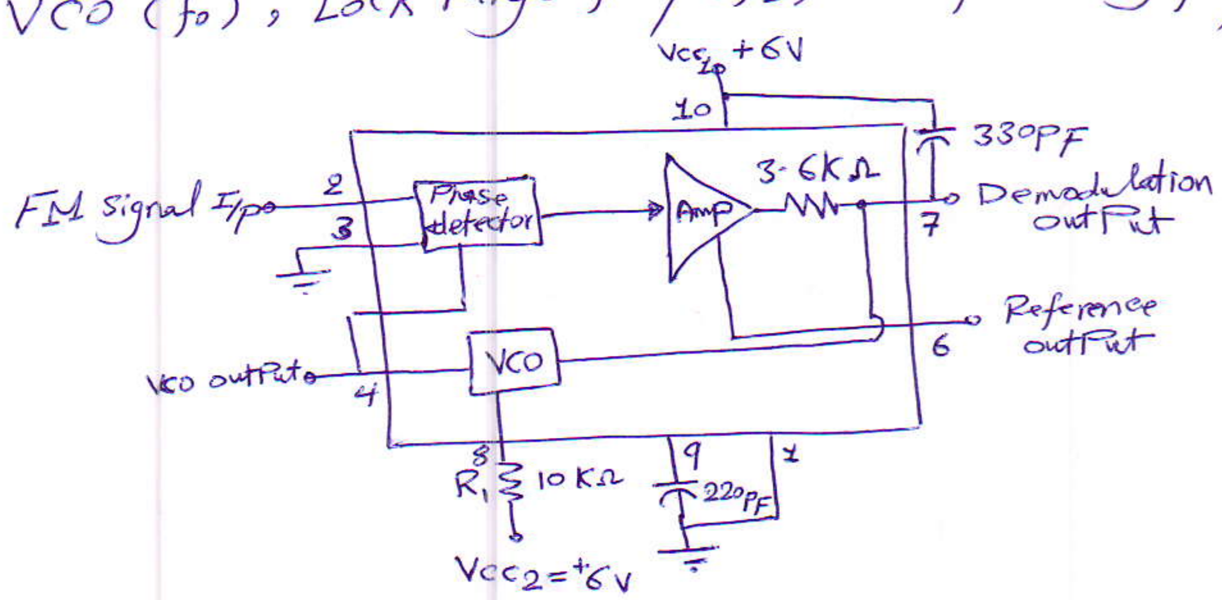
f_L: وهو مدى الترددات التي يستطيع ال VCO ان يعمل بها ب Lock freq.

$$f_c = \pm \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2\pi f_L}{R_2 C_2}}$$

f_c: Capture range frequency

f_c: وهو مدى ترددات الاشارة الخارجية وكذلك يعبر عن اعلى تردد لإشارة المعلومات التي يمكن كشفها باستخدام هذا النوع من ال PLL

Ex: For the circuit shown below; determine the center freq of VCO (f_o), Lock range freq (f_L) and Capture range freq (f_C):



Solution:

$$f_o = \frac{0.3}{R_1 C_1} = \frac{0.3}{10*10^3 * 220*10^{-12}} = \boxed{136.36\ KHz}$$

$$f_L = \pm \frac{8 f_o}{Vcc_2} = \pm \frac{8 * 136.36 * 10^3}{6} = \boxed{\mp 181.813\ KHZ}$$

$$f_C = \pm \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2\pi f_L}{R_2 C_2}} = \boxed{156.1\ KHz}$$

* يعني انه اعلى تردد ممكن ان يكون في الـ output هو 156.1 KHz

Tikrit University	**2012- 2013**	**Subject: Electronic II**
College of Eng.	**Class: Third**	**Date: 10/03/2012**
Dept. of Electrical Eng.	**Third Attempt**	**Time: 1:30 hour**

Q1: *The circuit shown in figure (1) has β=100, hie1=2kΩ and hie2=2.5kΩ* ***35 Mark***

Calculate:

1. *The lower cutoff frequency?* **2.** *The frequency at which the gain drops to 50% of its maximum value?* **3.** *How can you make the lower cutoff frequency is 200Hz?* **4.** *What is the advantage of this connection?*

Q2: a) *For the circuit shown in figure (2) has β=200, calculate:* ***30 Mark***

1. *The values of* $\mathbf{R_2}$ *and* $\mathbf{R_{c4}}$, *if we assume* Q_1 *and* Q_2 *are matched?* **2.** *The power dissipation in this circuit?* **3.** *The output impedance?*

b) 1. *Explain, how can be used the FET transistor as a constant current source?* **2.** *For the differential amplifier circuit, we usually use the constant current source instead of* $\mathbf{R_E}$, *why?* ***15 Mark***

Q3: *For the multistage amplifier* $Av_{overall}$*=64000, find the number of identical stages. If the voltage gain (Av) for each stage is 40.* ***20 Mark***

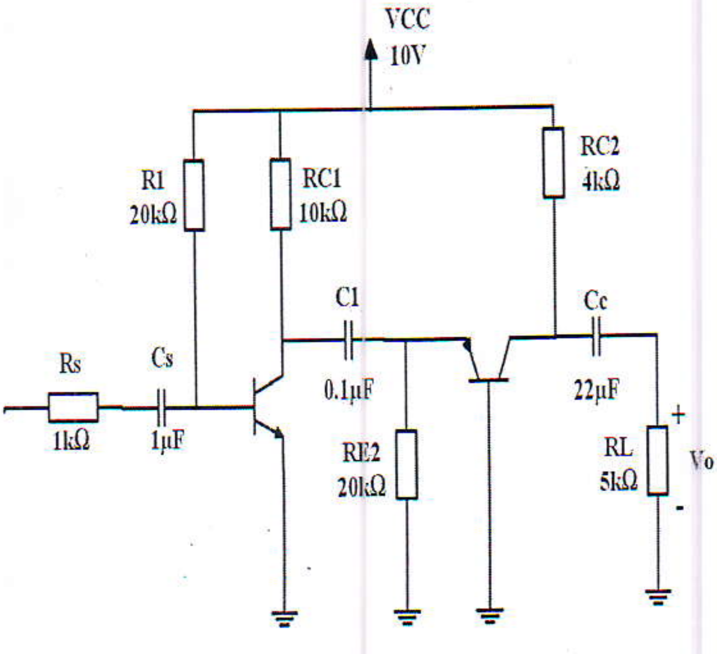


Fig (1)

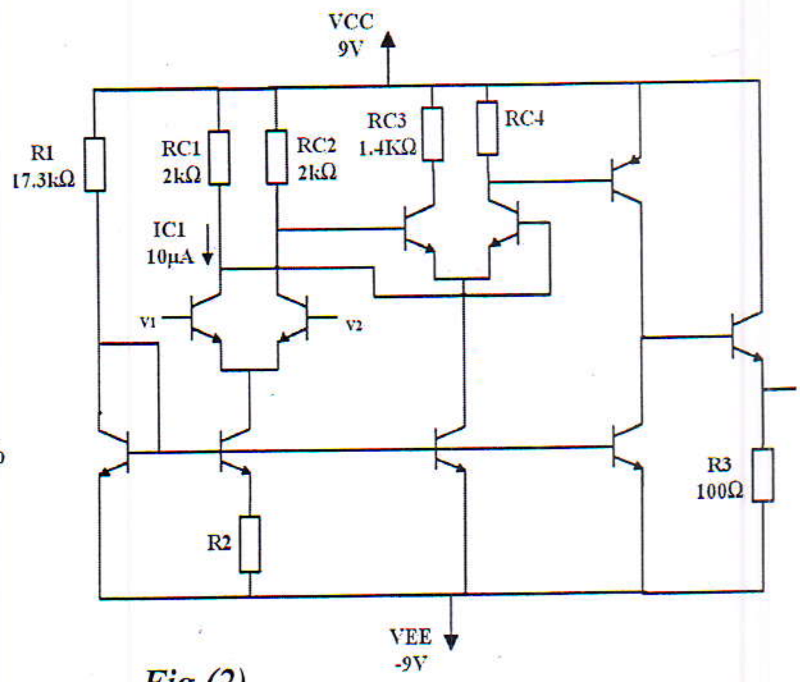


Fig (2)

Order (poles)	Butter-worth	Bessel		Chebyshev (0.5 dB)		Chebyshev (2 dB)	
	gain	gain	fn	gain	fn	gain	fn
2	1.586	1.268	1.274	1.842	1.231	2.114	0.907
4	1.152	1.084	1.432	1.582	0.597	1.924	0.471
	2.235	1.759	1.606	2.660	1.031	2.782	0.964
6	1.068	1.040	1.607	1.537	0.396	1.891	0.316
	1.586	1.364	1.692	2.448	0.768	2.648	0.730
	2.483	2.023	1.908	2.846	1.011	2.904	0.983
8	1.038	1.024	1.781	1.522	0.297	1.879	0.238
	1.337	1.213	1.835	2.379	0.599	2.605	0.572
	1.889	1.593	1.956	2.711	0.861	2.821	0.842
	2.610	2.184	2.192	2.913	1.006	2.946	0.990

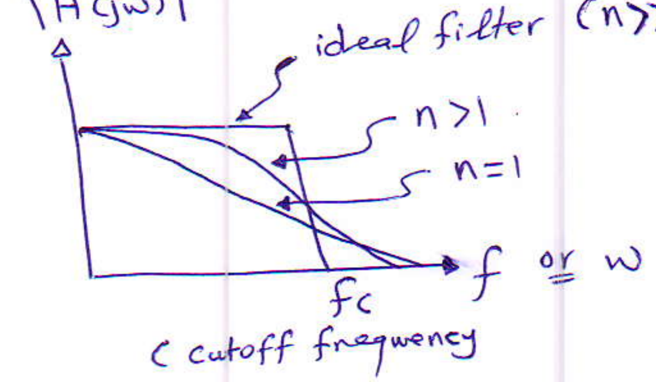
SALLEN – KEY FILTER PARAMETERS

Active Filters:

Introduction:

It was noted that RC networks could be divided into low-Pass and high-Pass filters depending on whether the network would Pass low frequencies and attenuate a high freq. or vice versa. A combination of these two networks will result a band-Pass or band-Stop filter.

* تزداد حدة تردد القطع للمرشح كلما زادت مرتبة ذلك المرشح (number of order(n))
اما قيمة تردد القطع للمرشح فتعتمد على قيمة المقاومات والمتسعات في دائره المرشح
وكما موضح في الشكل



* Filter Response:

1- Butterworth Response

2- Chebyshev Response

3- Bessel Response

to be continue.

1- Butterworth Response:

For Low Pass Filter

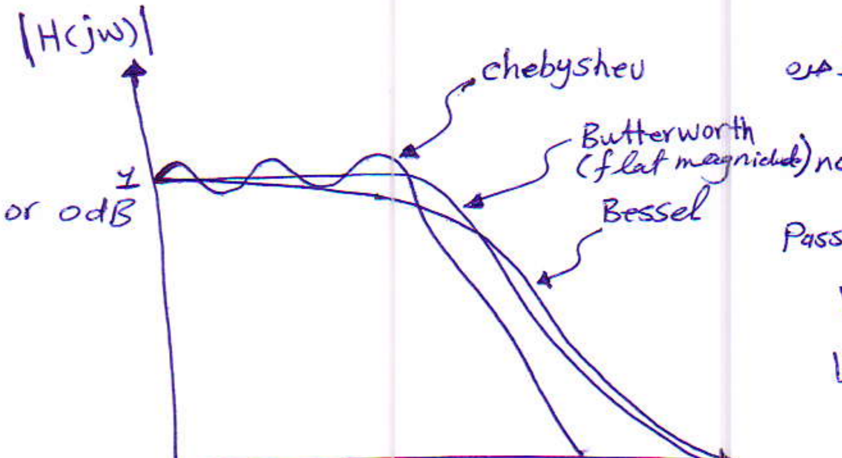
$$|H(jw)| = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_{cL}}\right)^{2n}}}$$

n: number of order

* استجابة المرشح عند اعتماد طريقة (Butterworth) في التصميم حيث يتم اختيار قيم المقاومات والمتسعات بطريقة معينة لضمان ظهور الاستجابة في منطقة الـ Band مع دون تموجات (ripple) مع انحدار اقل حده ولكن نستطيع زيادة حدة تحدد القطع (f_c) من $-20dB$ الى $-40dB$ او اكثر بزيادة مرتبة المرشح ولكن اعلى مرتبة مسموح بها في هذه الطريقة هي 8-order

For High Pass Filter

$$|H(jw)| = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f_{cH}}{f}\right)^{2n}}}$$

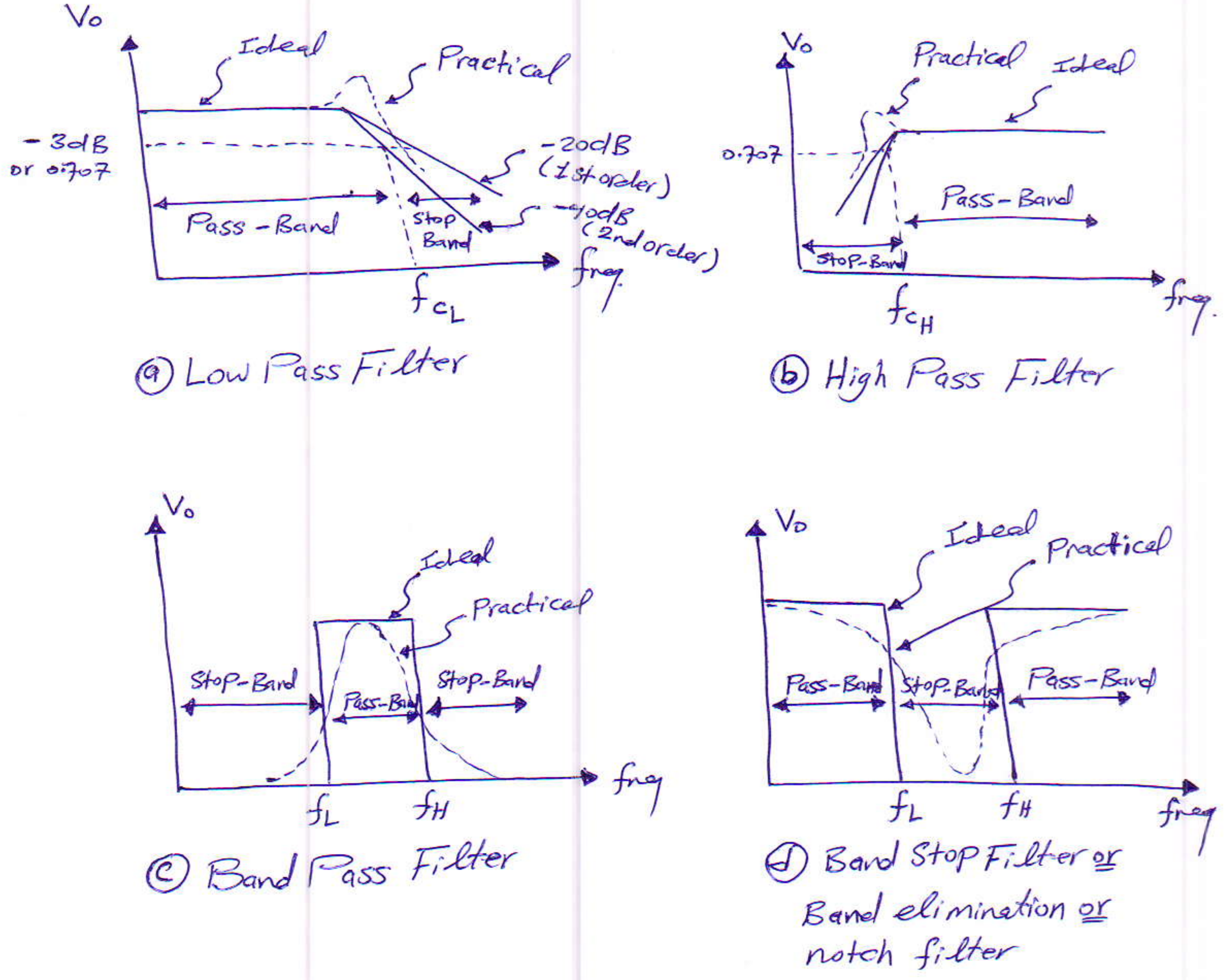


* بينما استجابة chebyshev تكون اكثر حده من استجابة Butterworth باقل no. of order ولكن مع تموجات تظهر في منطقة الـ Pass-Band، اما استجابة Bessel فانها تستخدم عندما نحتاج الى مرشح يكون linear Phase وكما موضح في الشكل الاستجابة للانواع الثلاثة

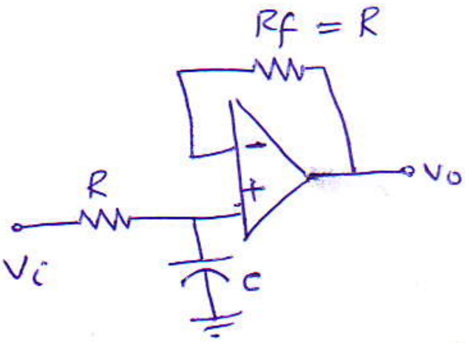
* linear Phase filter: هو المرشح الذي لا يعطي إخراج حتى يكون هناك إدخال معين بينما المرشح الذي يكون (nonlinear Phase) فانه يعطي إخراج من غير اي Input

*** Filter concept :** A filter is a circuit that is designed to pass a specified band of frequencies, while attenuating all signals outside this band.

Filter network → Passive filter (contains only R, L and C)
→ Active filter (contains transistor or op-amplifier plus R and C)



* Low-Pass Butterworth Filters:



(one Pole (1st order) low Pass) filter using voltage follower

$$V_o = V_i * \frac{\frac{1}{j\omega c}}{R + \frac{1}{j\omega c}}$$

$$\Rightarrow \boxed{A_{cL}\left(\frac{V_o}{V_i}\right) = \frac{1}{1 + j\omega cR}}$$

$$\boxed{f_c = \frac{1}{2\pi RC}} \text{ for } 1^{st} \text{ order}$$

for $\omega RC = 1$

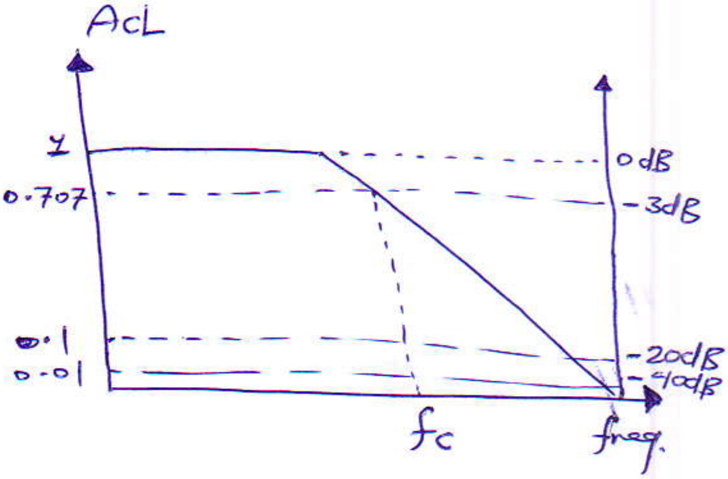
$$\Rightarrow A_{cL} = \frac{1}{1+j} = \frac{1}{\sqrt{2}\angle 45^\circ}$$

$$= \boxed{0.707 \angle -45^\circ} \text{ or } \boxed{-3dB}$$

* تم استخدام دائرة الـ follower لغرض جعل قيمة الكسب يساوي واحد ، وكذلك استخدمت الـ R = Rf لغرض موازنة التيار المار عن طريق الجزء الموجب (+) حيث يمر التيار عن طريق مقاومة (R) وبالتالي وضعت مقاومة الـ feedback تساوي نفس قيمة المقاومة لغرض حدوث الـ current matched

* when $\omega = 0$; $|A_{cL}| = 1$
at low frequency

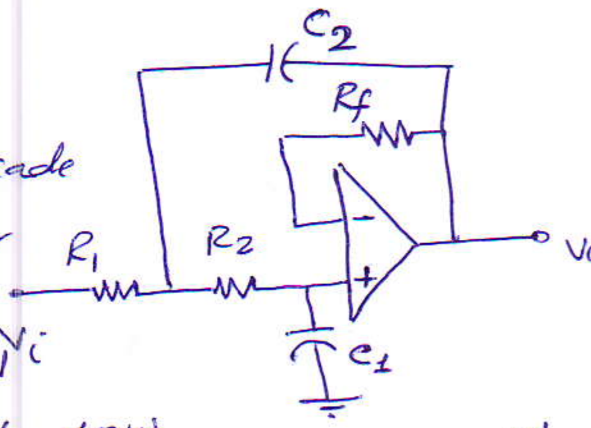
* when $\omega \simeq \infty$ $|A_{cL}| = 0$
at very high frequency



* عند ربط دائرة المرشح الى نظام معين نلاحظ تغيير قيمة تردد القطع وذلك بسبب ان مقاومة الإدخال للنظام تعمل load على المرشح لذلك تم استخدام الـ follower وهو يعطي مقاومة إخراج جداً قليلة وبالتالي تلغي تأثير هذه الحالة ؛ وهنا يعتبر السبب الثاني لاستخدام الـ follower

* 2nd order Low Pass Butterworth filter:

Second order low pass filter or can be could −40dB/decade means a LPF that has a filter cut off frequency, the magnitude of A_{CL} decreased by −40dB as w increase to 10w.



(Two Poles (2nd order) Low Pass filter)

* Design Procedure:

1- Make $R_1 = R_2 = R \Rightarrow R = \frac{0.707}{w_c C_1} = \boxed{\frac{0.707}{2\pi f_c C_1}}$

2- Pick C_1, choose a convenient value between ($100pF - 0.1\mu F$)

3- Make $\boxed{C_2 = 2C_1}$

4- choose $\boxed{R_f = 2R}$

Ex: Design a −40dB/decade LPF, assume cutoff freq. is 1KHz and $C_1 = 0.01\mu F$; then sketch the filter response?

يتبع

Solution:

Pick $C_2 = 2C_1 = 2 * 0.01\mu F = \boxed{0.02\mu F}$

Select $R_1 = R_2 = R$

$$R = \frac{0.707}{2\pi f_c\, C_1} = \frac{0.707}{2\pi\,(1K)(0.01\mu)} = \boxed{11.258 K\Omega}$$

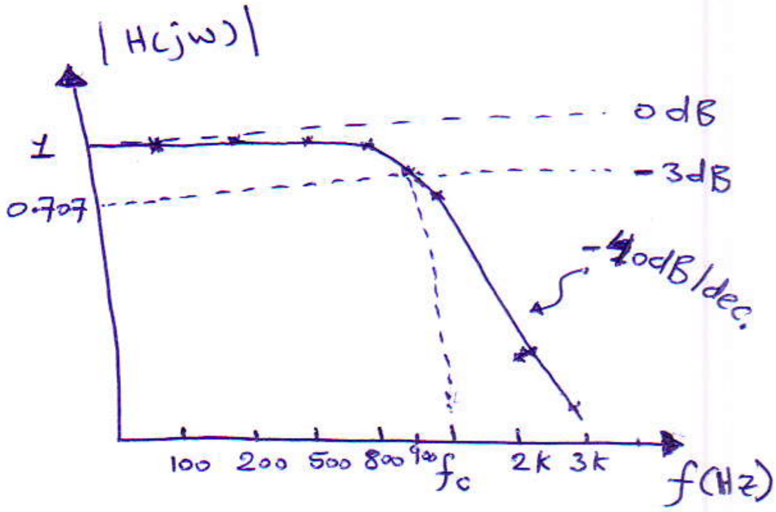
$$R_f = 2R = 2\,(11.258k) = \boxed{22.156 K\Omega}$$

to find the response of filter (2^{nd} order $n=2$)

$$|H(jw)| = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_{c_L}}\right)^4}}$$

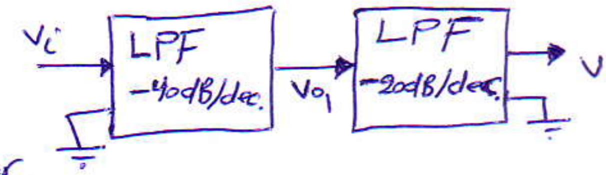
* إيجاد الاستجابة للمرشح يتم من خلال تعويض قيم معينة في المعادلة لغرض إيجاد كيفية تصرف الإخراج مع تغير التردد .

f (Hz)	|H(jw)|
100	0.9999
200	0.999
500	0.97
800	0.84
900	0.777
1K	0.707
2K	0.242
3K	0.11



* 3rd order Low Pass Butterworth Filter:

To build a -60dB/decade Low Pass filter, we use -40dB/dec. cascaded with another -20dB/dec. to give an overall closed loop gain



$$A_{CL} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{o1}}{V_i} * \frac{V_o}{V_{o1}}$$

* يتم بناء مرشح ذو مرتبة ثلاثية من خلال مرحلتين من المرشحات احدهما يكون -40dB (2nd order) والآخر يكون (-20dB) وبالتالي نحصل على مرشح يعطي (-60dB/dec) عند تردد القطع

* Design Procedure:

1- Choose the cut off freq. (f_c); if it is not given

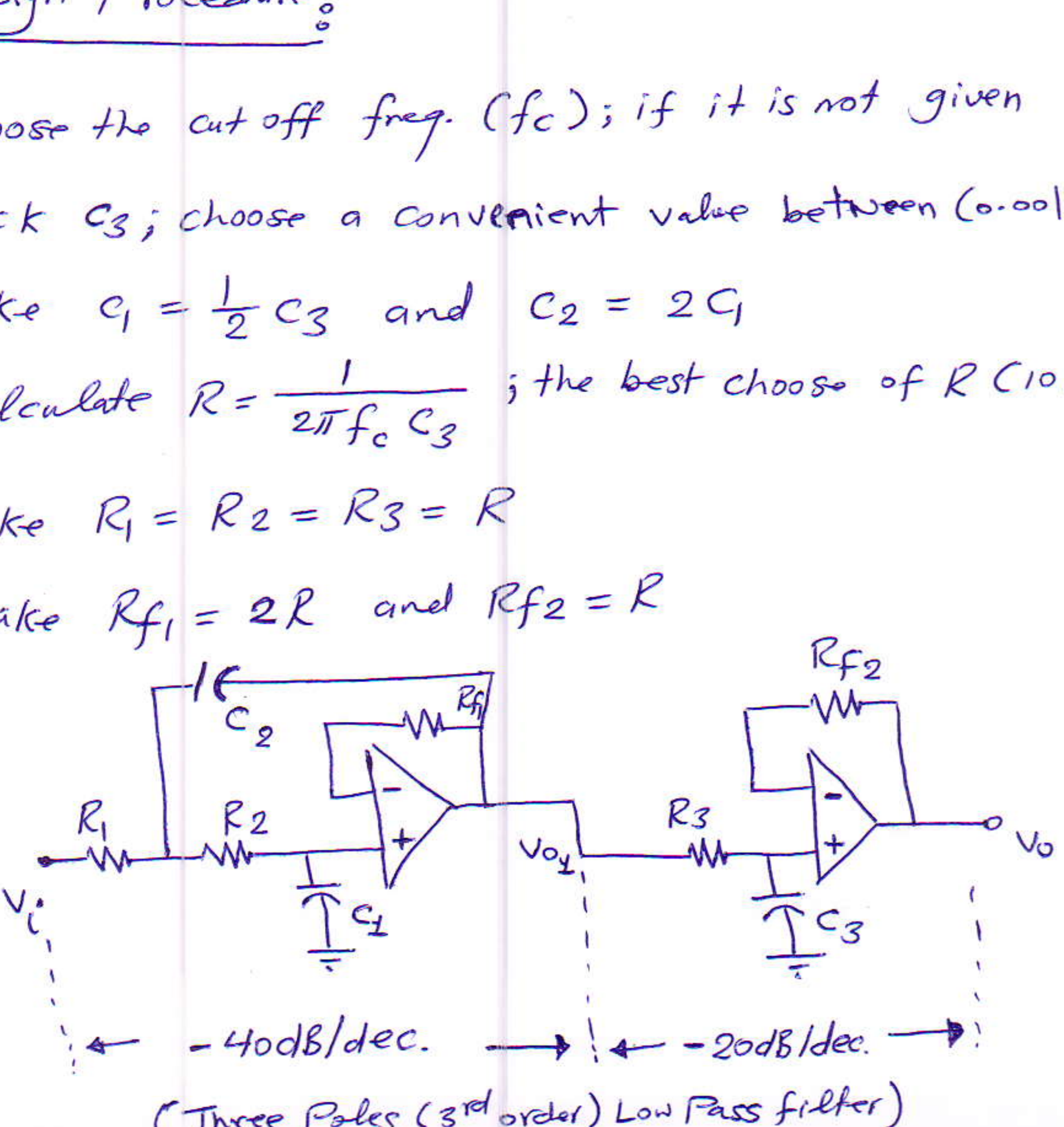
2- Pick C_3; choose a convenient value between (0.001 μF - 0.1 μF)

3- Make $C_1 = \frac{1}{2} C_3$ and $C_2 = 2C_1$

4- Calculate $R = \frac{1}{2\pi f_c C_3}$; the best choose of R (10 kΩ - 100 kΩ)

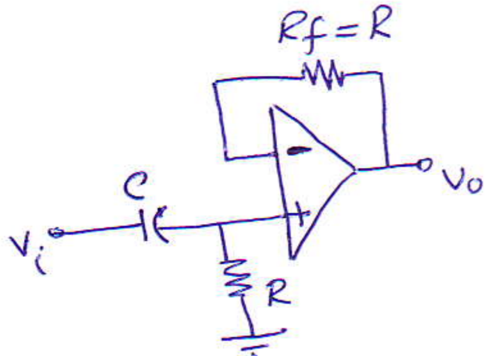
5- Make $R_1 = R_2 = R_3 = R$

6- Make $R_{f1} = 2R$ and $R_{f2} = R$



(Three Poles (3rd order) Low Pass filter)

* High-Pass Butterworth Filters:



(One Pole (1st order) High Pass) filter

$$V_o = V_i * \frac{1}{1 - J\left(\frac{1}{WRC}\right)}$$

$$\Rightarrow \boxed{A_{CL}\left(\frac{V_o}{V_i}\right) = \frac{1}{1 - J\left(\frac{1}{WRC}\right)}}$$

$$\boxed{f_c = \frac{1}{2\pi R C}}$$ for the 1st order

for $WRC = 1 \Rightarrow A_{CL} = \frac{1}{1 - J} = \frac{1}{\sqrt{2}\,\angle -45^\circ} = \boxed{0.707\,\angle 45^\circ}$ or $+3dB$

Ex: Design a 1st order high Pass Butterworth filter to attenuate an audio frequencies? then, sketch the filter response?

Solution:

الترددات المسموعة

Audio frequencies (20Hz - 20KHz)

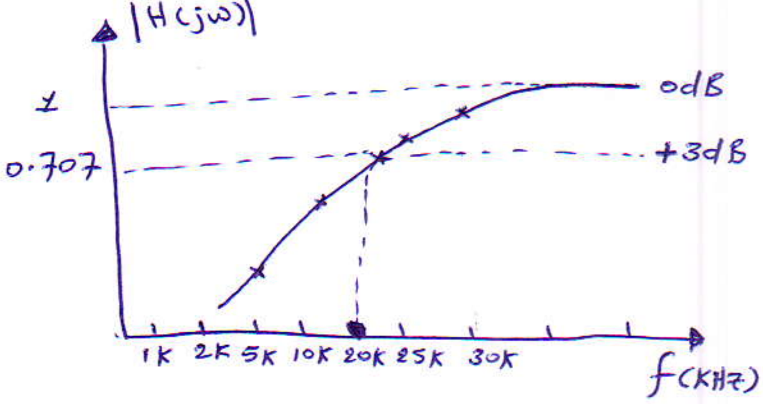
$\Rightarrow f_{C_H} = 20KHz$; let $C = 0.01\mu F$

$f_{C_H} = \frac{1}{2\pi R C} \Rightarrow 20K = \frac{1}{2\pi R (0.01\mu)}$

$\Rightarrow \boxed{R = 796\,\Omega}$ 1st order $\boxed{n=1}$

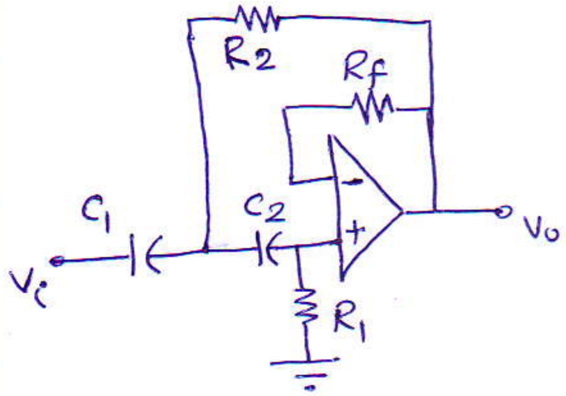
f (KHz)	H (jw)
5	0.242
10	0.447
20	0.707
25	0.78
30	0.83

$$|H(jw)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{cH}}{f}\right)^2}}$$



* 2^{nd} order High-Pass Butterworth Filter:

2^{nd} order high Pass filter means the magnidude of A_{CL} increase by 40dB/decade at w increase to 10W



(Two Poles(2^{nd} order) High Pass filter)

* Design Procedure:

1- choose a cut off freq (f_c); if it is not given

2- Let $C_1 = C_2 = C$ and choose the suitable value for C

3- Calculate R_1 ; $R_1 = \frac{1.414}{2\pi f_c C}$

4- Select $R_2 = \frac{1}{2} R_1$

5- To minimize d.c offset ; let $R_f = R_1$

Ex: using 40dB/dec. HPF ; let $C_1 = C_2 = 0.01\mu F$, Calculate R_1 and R_2 for a cutoff freq. of 1KHZ

Solution:

$$R_1 = \frac{1.414}{2\pi f_c C} = \frac{1.414}{2\pi(1k)(0.01\mu)} = \boxed{22.516 K\Omega}$$

$$R_2 = \frac{1}{2} R_1 = \frac{1}{2}(22.516k) = \boxed{11.258 K\Omega}$$

Ex: Design a two Pole HPF with cutoff frequency of 50kHz; then calculate ① the magnitude of the transfer function at $f = 0.2 f_c$ ② the frequency at which the gain drops (or magnitude) to 40% of its maximume value?

Solution:

let $C = 0.001\,\mu F = C_1 = C_2$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{1.414}{2\pi f_c C} = \frac{1.414}{2\pi (50k)(0.001\mu)} = \boxed{4.5\,k\Omega}$$

$$R_2 = \frac{1}{2} R_1 = \frac{1}{2}(4.5k) = \boxed{2.25\,k\Omega}$$

$$R_f = R_1 = \boxed{4.5\,k\Omega}$$

① $$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{cH}}{f}\right)^4}} \quad \text{--- ①} \quad \text{at } f = 0.2 f_c \text{ --- ②}$$

Subs ② in ① and we get:

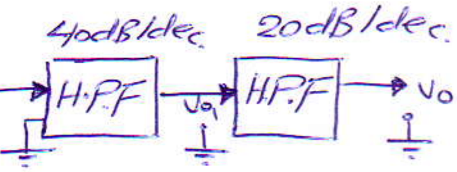
$$\Rightarrow |H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{cH}}{0.2 f_{cH}}\right)^4}} = \boxed{0.0399}$$

② at magnitude drops 40% $\left(\frac{40}{100}\right)$

$$\Rightarrow 0.4 = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{50k}{f}\right)^4}} \Rightarrow \boxed{f = 33\,kHz}$$

* 3rd order High Pass Butterworth Filter:

Using a 40dB/dec. filter cascaded with another 20dB/dec to Produe 60dB/dec. HPF



$$A_{CL} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{v_{o1}}{v_i} * \frac{v_o}{v_{o1}}$$

* Design Procedure:

1- Choose the cutoff freq.; if it is not given

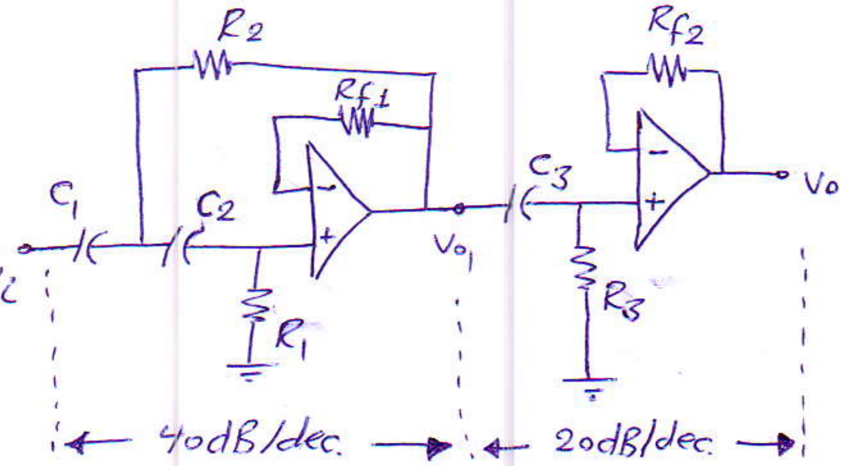
2- let $C_1 = C_2 = C_3 = C$ (values 100PF - 0.1 μF)

3- Calculate $R_3 = \frac{1}{w_c C}$

4- Select $R_1 = 2R_3$

5- Select $R_2 = \frac{1}{2} R_3$

6- To minimize d.c offset $R_{f1} = R_1$ and $R_{f2} = R_3$



(Three Poles (3rd order) HPF)

Ex: For 60 dB/dec. Butterworth filter; determine R_1, R_2 and R_3; for $w_c = 1K\ rad/s$; ($f_c = 159Hz$) and $C_1 = 0.1\mu F$?

Solution:

$$R_3 = \frac{1}{w_c\ C} \quad ; \quad C = C_1 = C_2 = C_3 = 0.1\mu F$$

$$\Rightarrow R_3 = \frac{1}{(1000)(0.1\mu)} = \boxed{10K\Omega}$$

$$R_1 = 2R_3 = 2(10k) = \boxed{20K\Omega}$$

$$R_2 = \frac{1}{2}R_3 = \frac{1}{2}(10k) = \boxed{5K\Omega}$$

H.W ①: Design a two pole low Pass Butterworth filter with $f_c = 20KHz$ ① determine the magnitude of the gain at f is equal to 18KHz, 20KHz and 22KHz

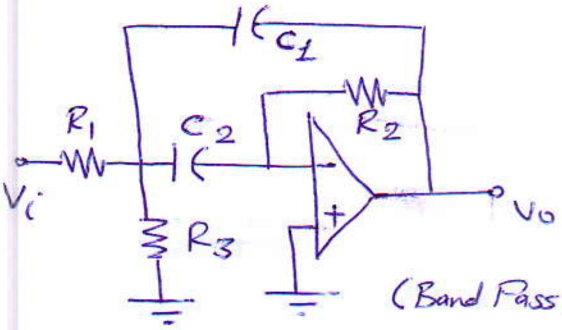
Ans: For $C_1 = 0.5628nF \Rightarrow R = 10K\Omega$; $R_f = 20K\Omega$; $C_2 = 1.125nF$
① 0.777, 0.707 and 0.637

H.W②: A Low Pass filter is to have a $f_c = 10KHz$ and is to have a gain at 20KHz, which is reduced by at least 25dB from its maximum value. Find the minimum number of Poles required for a Butterworth filter?

Ans: 2

* Band Pass Filter:

A Band Pass Filter is a circuit designed to Pass signals only in a certain band of frequencies, while rejecting all signals outside this band



(Band Pass Filter)

* Band Pass Filter → Narrow Band → $BW < 0.1\, W_c$ ($Q > 10$)
→ Wide Band → $BW > 0.1\, W_c$ ($Q < 10$)

Q: (Quality factor): indicate the selectivity of the circuit

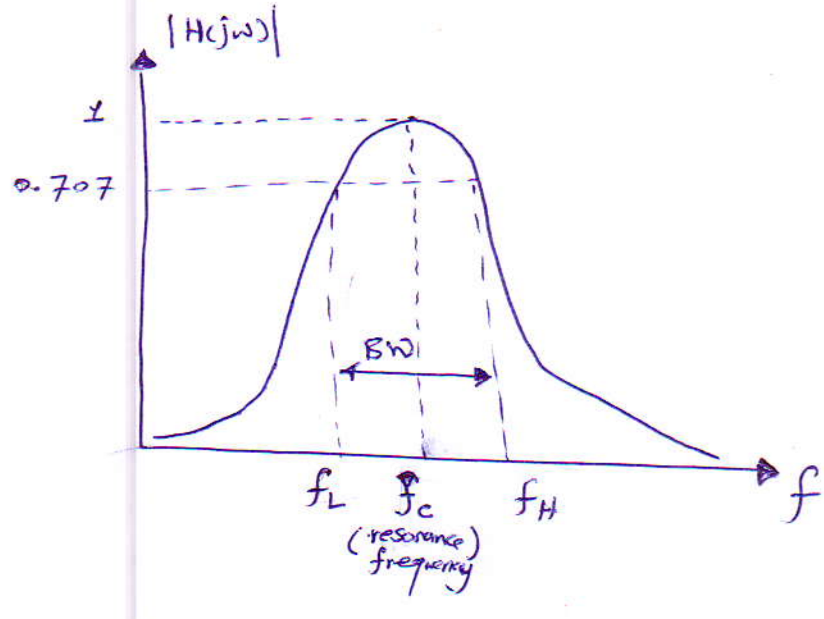
* كلما كانت قيمة الـ Q كبيرة معناه ان عرض الحزمة ضيق وبالتالي اختيار القناة المطلوبة يكون ادق

$$Q = \frac{W_c}{BW}$$

$$BW = f_H - f_L$$

or

$$BW = W_H - W_L$$



* Design Procedure:

1- choose the resonant freq. (w_c) and the bandwidth (BW).

2- Calculate $Q = \frac{W_c}{BW}$

3- choose $C_1 = C_2 = C$

4- $R_2 = \frac{2}{BW * C}$

5- $R_1 = \frac{1}{2} R_2$

6- $R_3 = \frac{R_2}{4Q^2 - 2}$ or $\frac{R_2}{4Q^2}$ (for $4Q^2 \gg 2$)

Ex: Design BPF to Produce $f_c = 1590\,Hz$ ($w_c = 10\,K\,rad/s$); $Q = 10$; let $C_1 = 0.01\,\mu F$?

Solution:

$$BW = \frac{wc}{Q} = \frac{10 * 10^3}{10} = \boxed{10^3\ rad/s} \text{ (narrow Band)}$$

or $\boxed{159\,HZ}$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{2}{BW * C} = \frac{2}{(10^3)(0.01 * 10^{-6})}$$

$$\Rightarrow R_2 = \boxed{200K\Omega}$$

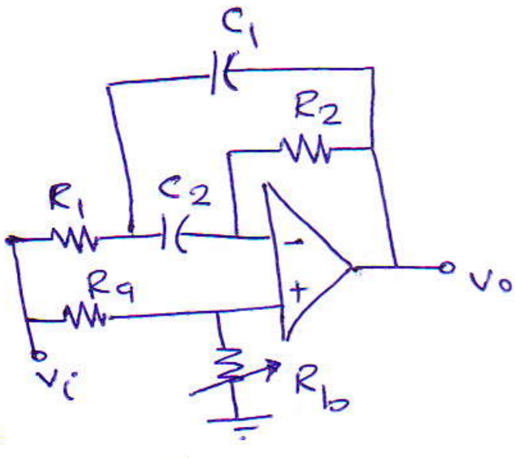
$$R_1 = \frac{1}{2} R_2 = \frac{1}{2}(200k) = \boxed{100k\Omega}$$

$$R_3 = \frac{R_2}{4Q^2} = \frac{200k}{4(10)^2} = \boxed{0.5k\Omega}$$

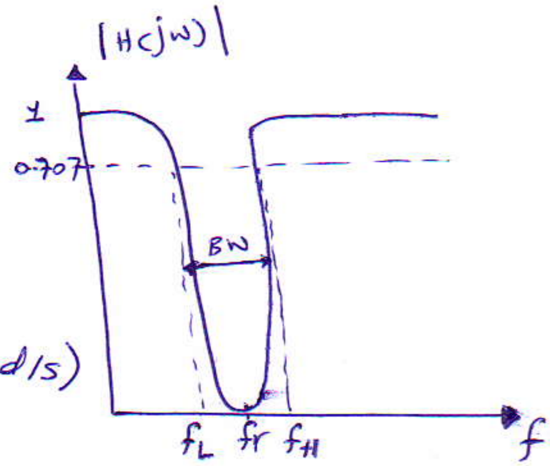
* بالإمكان تصميم (BPF) من خلال ربط مرشحين احدهما HP والآخر LP على التوالي للحصول على مرشح الإمرار لحزمة واحدة (BPF)

* Notch Filters (Band Stop Filters):

The circuit shown is a notch or band elemination filter or band stop filter; undesired frequencies are attenuated in the stop band (for example 50Hz, 60Hz and 400Hz) noise signals in motor generator.



(Notch Filter (BSF))



fr: reject freq.

* Design Procedure:

1- choose $C_1 = C_2 = C$
(values 100PF – 0.1µF)

2- calculate $R_2 = \frac{2}{B.W * C}$ (BW in rad/s)

3- Calculate $R_1 = \frac{R_2}{4 Q^2}$

4- Choose R_a traditional value such as 1KΩ

5- Calculate R_b from $R_b = 2Q^2 R_a$

~ . ~ . ~ .

Ex: Design a notch filter for fr = 400Hz and Q = 5; let C = 0.01µF.

يتبع

Solution:

$C_1 = C_2 = C = 0.01\mu F$

$w_r = 2\pi f_r = (6.28)(400) = \boxed{2.512 K\ rad/s}$

$B.w = \frac{w_r}{Q} = \frac{2.512k}{5} \cong \boxed{502\ rad/s}$

$R_2 = \frac{2}{B.w\,C} = \frac{2}{502 * 0.01\mu} = \boxed{398.4 K\Omega}$

$R_1 = \frac{R_2}{4Q^2} = \frac{398.4K}{4(5)^2} = \boxed{3.98 K\Omega}$

choose $\boxed{R_1 = 1K\Omega}$

$F D\ R_b = 2Q^2 R_a = 2(5)^2 * 1K = \boxed{50 K\Omega}$

~ . ~ . ~ . ~ .

H.W ①: Design BPF to have $f_c = 3183 Hz$, $Q = 5$ and $C = 0.01\mu F$?

Ans: $R_2 = 50 K\Omega$; $R_1 = 25 K\Omega$; $R_3 = 500\Omega$ and Wide Band

H.W ②: Notch filter Can be built using LP and HP? explain?

H.W ③: When we built a BPF using LP and HP, the first stage was a HPF, why?

* Active Filters using Sallen and Key filter:

* Low Pass Butterworth (Sallen - Key):

* تعتبر طريقة (Sallen ; Key) طريقة مبسطة لتصميم المرشحات بجميع انواعها وكذلك لكل انواع الاستجابة للمرشحات حيث يمكن تصميم مرشحات (Butterworth, chebyshev, Bessel) وذلك من خلال القوانين الكلاسيكية للمرشحات ولكن كل مرحلة من مراحل المرشح يجب ان تكون عبارة عن 2nd order وكذلك قيمة الكسب لكل مرتبة تؤخذ من الجدول حيث ان لكل مرتبة زوجية قيمة كسب مختلفة عن سابقتها وكذلك لكل استجابة قيمة كسب مختلفة عن الاخرى حتى ولو كانت بنفس المرتبة وكما موضح في الجدول.

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_A R_B C_A C_B}} \quad ; \quad R_A = R_B = R \text{ and } C_A = C_B = C$$

$$\Rightarrow \boxed{f_c = \frac{1}{2\pi R C}}$$

$$\boxed{|H(j\omega)| = \frac{A_v}{\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)\left(\frac{1}{Q}\right) + 1}}$$

Filter response for each 2nd order

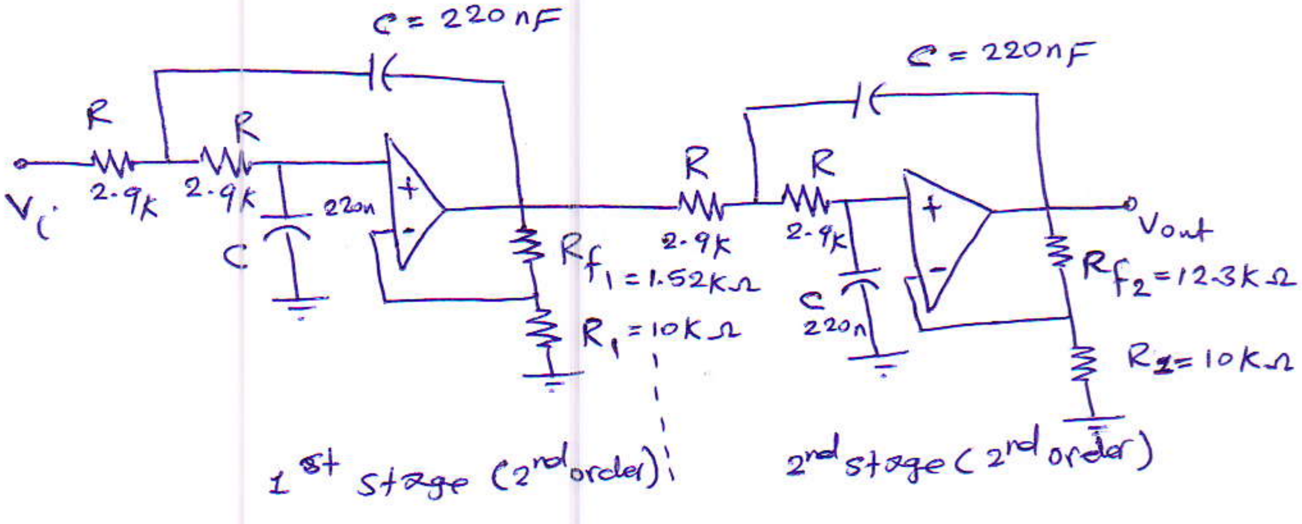
where $\boxed{Q = \frac{1}{3 - A_V}}$

Ex: Design a four Pole Butterworth filter which has a -3 dB corner frequency at 250 Hz ; (use Sallen-Key)?

يتبع

Solution:

* الخطوه الاولى نقوم برسم الدائره والتي تكون عباره عن مرحلتين لكل مرحلة 2nd order حيث ان طريقة (Sallen-Key) تستخدم فقط لتصميم المرشحات زوجية المرتبه (2، 4، 6، 6...)



* يمكن الملاحظة من خلال الجدول بأن لكل مرحلة كسب مختلف عن المرحلة السابقة ولكن قيم المقاومات والمتسعات متساوية جميعاً ماعدا المقاومات التي تتعلق بالكسب (R_1 , R_{f_1} , R_{f_2})

* for the 1st stage

$$RC = \frac{1}{2\pi f_c} = \frac{1}{2\pi(250)}$$

$$= \boxed{0.637ms}$$

let $C = 220nF \Rightarrow R \cong \boxed{2.9k\Omega}$

From table $Av_1 = 1.152 = 1 + \frac{R_{f_1}}{R_1}$ let $R_1 = \boxed{10k\Omega}$

$\Rightarrow R_{f_1} = \boxed{1.52k\Omega}$

* For the 2nd stage

from table $Av_2 = 2.235 = 1 + \frac{R_{f2}}{R_2}$; $\because R_1 = 10k\Omega \Rightarrow R_{f_2} = \boxed{12.35k\Omega}$

* Low Pass Bessel and Chebyshev (Sallen-key):

$$Rc = \frac{1}{2\pi f_c f_n}$$

* عند تصميم مرشح (Bessel او Cheb.)
بطريقة (Sallen-key) فانه هناك معامل
جديد تم ادخاله الى المعادلة لغرض
لغرض الحصول على الاستجابة المطلوبة
حيث ان لكل من Bessel او Cheb.
استجابة مختلفة عن الاخر كما معلوم
لذلك يجب ادخال معامل يتغير عند كل
نوع من الاستجابة وكما موضح في الجدول

f_n: normalized factor

The RC Product for each section must be scaled by the normalized factor (f_n)

Ex: Design a four Pole Low Pass Bessel filter which has a -3dB corner freq. at 300Hz ?

Solution: A four Pole filter requires two stages. each stage has two Pole filter.

* for the 1st stage $Rc = \frac{1}{2\pi f_c f_n} = \frac{1}{2\pi(300)(1.432)} = \boxed{0.37ms}$

If $R = \boxed{1K\Omega} \Rightarrow C = \boxed{0.37\mu F}$

$Av_1 = \frac{R_{f1}}{R_1} + 1 \Rightarrow 1.084 = 1 + \frac{R_{f1}}{R_1}$; let $R_1 = \boxed{10K\Omega}$

$\Rightarrow R_{f_1} = \boxed{840\Omega}$

* for the 2nd stage

$Rc = \frac{1}{2\pi f_c f_n} \Rightarrow Rc = \frac{1}{2\pi(300)(1.606)} = \boxed{0.33ms}$

$\Rightarrow Av_2 = 1 + \frac{R_{f2}}{R_1} \Rightarrow 1.759 = 1 + \frac{R_{f2}}{10K} \Rightarrow R_{f2} = \boxed{7.6K\Omega}$

* High Pass Bessel and Chebyshev (Sallen-Key):

$$\boxed{RC = \frac{f_n}{2\pi f_c}}$$ (for high Pass filters (Bessel and chebyshev) only)

Ex: Design a chebyshev high Pass filter with (0.5 dB of ripple) a corner frequency of 1200Hz and a roll of in excess of 120dB Perdecade.

Solution:

* roll of (الانحدار) 120dB يعني مع 6-order

120 dB/decade implies an order of at least $\boxed{n = 6}$

* For the 1st stage:

$$RC_1 = \frac{f_n}{2\pi f_c} \Rightarrow RC_1 = \frac{0.396}{2\pi * 1200} = \boxed{0.0525\,ms}$$

let $C_1 = \boxed{100nF} \Rightarrow R_1 = \boxed{525\,\Omega}$

$$A_{v1} = 1 + \frac{R_{f1}}{R_1} \Rightarrow 1.537 = 1 + \frac{R_{f1}}{R_1}$$

let $R_1 = \boxed{10k\Omega} \Rightarrow R_{f1} = \boxed{5.37k\Omega}$

يتبع

* For the 2nd stage:

$$RC_2 = \frac{f_n}{2\pi f_c} = \frac{0.768}{2\pi * 1200} = \boxed{0.1019\, ms}$$

let $C_2 = 100\,nF \Rightarrow R_2 = \boxed{1019\,\Omega}$

$$A_{v2} = 1 + \frac{R_{f2}}{R_1} \quad \because R_1 = 10\,K\Omega \text{ from } 1^{st} \text{ stage}$$

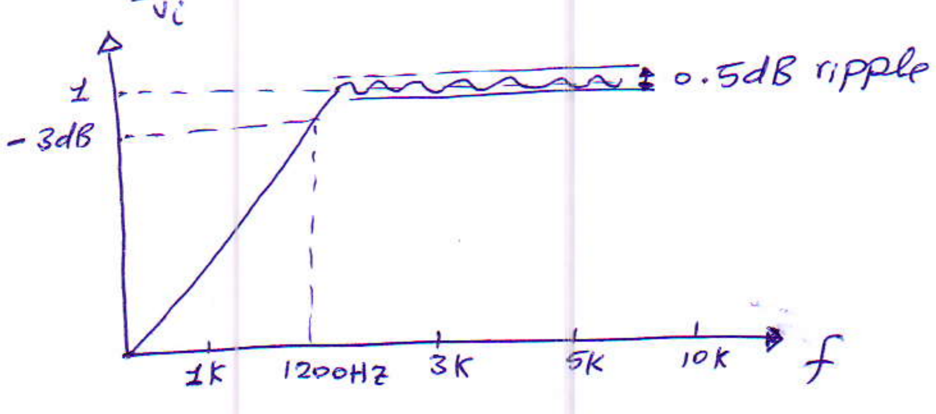
$$\Rightarrow 2.448 = 1 + \frac{R_{f2}}{10K} \Rightarrow R_{f2} = \boxed{14.48\,K\Omega}$$

* For the 3rd stage:

$$RC_3 = \frac{f_n}{2\pi f_c} \Rightarrow RC_3 = \frac{1.011}{2\pi * 1200} = \boxed{0.134\, ms}$$

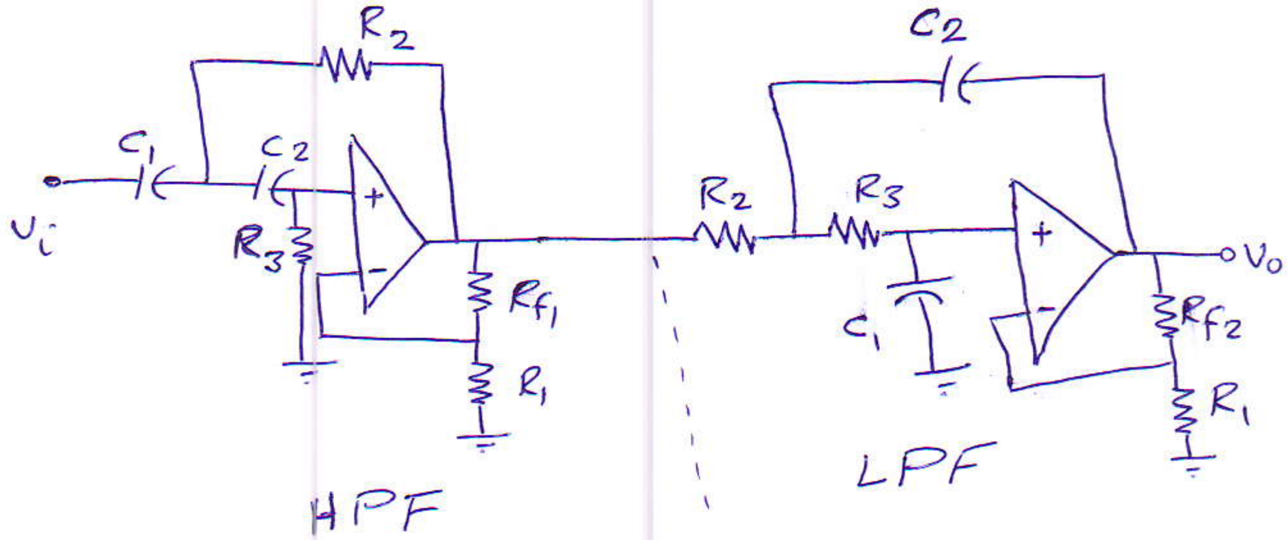
let $C_3 = 100\,nF \Rightarrow R_3 = \boxed{1341\,\Omega}$

$$A_{v3} = 1 + \frac{R_{f3}}{R_1} \Rightarrow 2.846 = 1 + \frac{R_{f3}}{10K} \Rightarrow R_{f3} = \boxed{18.46\,K\Omega}$$



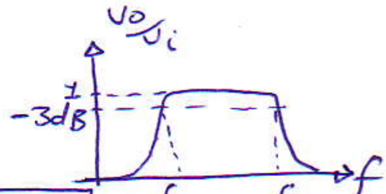
* Band Pass Filters:

It can be made by cascading High Pass with low Pass as shown below:



Ex: Design a two Pole Butterworth band Pass filter with corner frequency values 400Hz and 4KHZ (using Sallen-Key).

<u>solution:</u> BPF → HP + LP



* For the 1st stage HP:

$RC_1 = \frac{1}{2\pi f_{c_1}}$, ⟹ $RC_1 = \frac{1}{2\pi * 400} = \boxed{0.398ms}$

let $C_1 = 100nF$, ⟹ $R_1 = \boxed{3.98K\Omega}$

$Av_1 = 1 + \frac{Rf_1}{R_1}$ ⟹ $1.586 = 1 + \frac{Rf_1}{R_1}$

let $R_i = \boxed{10K\Omega}$ ⟹ $Rf_1 = \boxed{5.86K\Omega}$

يتبع

* For the 2nd stage LP:

$RC_2 = \frac{1}{2\pi f_{c_2}} \Rightarrow RC_2 = \frac{1}{2\pi * 4000} = \boxed{0.0398\ ms}$

let $C_2 = 10\ nF \Rightarrow R_2 = \boxed{3.98\ K\Omega}$

$A_{v2} = 1 + \frac{R_{f2}}{R_i} \Rightarrow 1.586 = 1 + \frac{R_{f2}}{10K} \Rightarrow R_{f2} = \boxed{5.86\ K\Omega}$

~ . ~ . ~ .

* Sallen-Key Filter advantages:

1- Each filter in a two pole per operational amplifier with minimum number of components.

2- Non-inverting gain

3- low output impedance

~ . ~ - ~ . ~ .

* Sallen-Key Filter disadvantages:

1- very sensitive to component values.

2- It is difficult to use in applications which requires a tunable filter.

H.W① : How the Band stop filter can be made using Sallen-Key Parameters? (Draw the BSF circuit)

H.W② Design a chebyshev Band Pass Filter with 2dB of ripple and corner frequency values 1KHZ and 3KHZ and a roll of in excess of 40 dB/decade?

H.W③ : what are the advantages and disadvantages of Sallen-Key filters?

Order (poles)	Butter-worth	Bessel		Chebyshev (0.5 dB)		Chebyshev (2 dB)	
	gain	gain	fn	gain	fn	gain	fn
2	1.586	1.268	1.274	1.842	1.231	2.114	0.907
4	1.152	1.084	1.432	1.582	0.597	1.924	0.471
	2.235	1.759	1.606	2.660	1.031	2.782	0.964
6	1.068	1.040	1.607	1.537	0.396	1.891	0.316
	1.586	1.364	1.692	2.448	0.768	2.648	0.730
	2.483	2.023	1.908	2.846	1.011	2.904	0.983
8	1.038	1.024	1.781	1.522	0.297	1.879	0.238
	1.337	1.213	1.835	2.379	0.599	2.605	0.572
	1.889	1.593	1.956	2.711	0.861	2.821	0.842
	2.610	2.184	2.192	2.913	1.006	2.946	0.990

SALLEN – KEY FILTER PARAMETERS