كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : الكترونيات٢

المحاضرة :٥+٦+٧/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

المضخمات Amplifiers

مضخم الباعث المشترك Common Emitter Amplifier

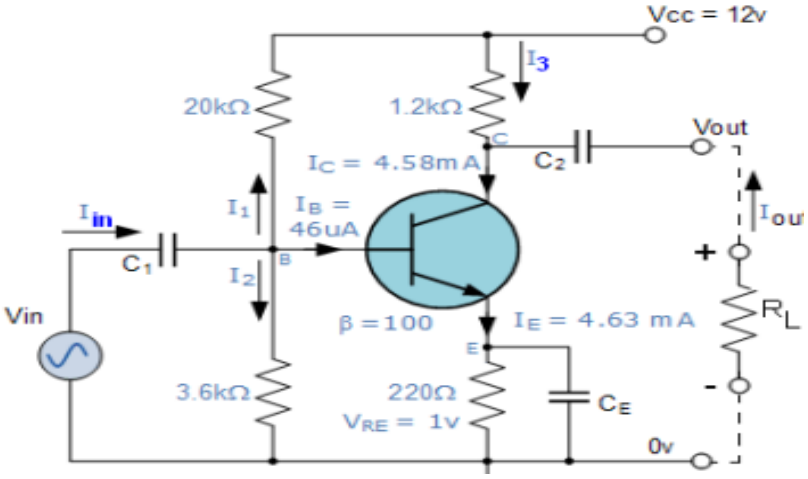
الغاية من التجربة: دراسة تضخيم الإشارة المتناوبة بواسطة المضخم الترانزستوري ذو الباعث المشترك.

مقدمة: المضخمات هي أجهزة لها المقدرة على تضخيم إشارات الدخل المتناوبة الصغيرة إلى إشارات كبيرة دون التغيير في شكلها أو ترددها، ومن الأمثلة على ذلك تضخيم المطال الصغير للإشارة القادمة من الحساسات إلى مطالات كبيرة تستخدم لقيادة المحركات أو الإنارة أو السبيكر .....

استخدام الترانزستور الباعث المشترك كمضخم:

تعد دارة الباعث المشترك من أكثر الدارات استخداماً في التضخيم حيث تتميز هذه الدارة بالربح العالٍ بالجهد والتيار، وتستخدم من أجل التضخيم الخطي لإشارات الدخل المتناوبة في المنطقة الفعالة للترانزستور حيث يتم تطبيق إشارات مستمرة على الترانزستور تجبره على العمل في منطقته الفعالة وتتألف دارة المضخم ذو الباعث المشترك الموضحة في الشكل (١) من مقسم الجهد المؤلف من المقاومتين R_1 و R_2 الذي يعمل على تأمين انحياز القاعدة بالنسبة للباعث، وتوضع المكثفتين C_1 و C_2 قبل دخول الإشارة المتناوبة إلى دارة الترانزستور وقبل خروج الإشارة من دارة التضخيم على الترتيب وتسميان بمكثفتي الارتباط وتستخدمان لمرور المركبة المتناوبة إلى دارة خرج المضخم ومنع مرور المركبات المستمرة المحيزة لدارة الترانزستور الناتجة عن المنابع المستمرة من الخروج بالإضافة لمنع دخول المركبات المستمرة القادمة من الخرج، أما المكثفة C_E تستخدم لقصر المقاومة R_E أمام الإشارات المتناوبة وتسمى بمكثفة التمرير وجودها يساهم في زيادة الربح بالجهد لدارة المضخم.

عند تطبيق إشارة متناوبة (نبضة موجبة) على مدخل دارة المضخم الترانزستوري يزداد الجهد الموجب على قاعدة الترانزستور وبالتالي يزداد تيار القاعدة ومنه يزداد تيار المجمع وفق العلاقة $I_c = \beta_{ac} I_b$ وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة الجهد على مقاومة الحمل ومنه ينتج نقصان في كمون الخرج V_{ce} وهذا يعني ظهور إشارة الخرج متعاكسة بالطور مع إشارة الدخل لأن تيار الدخل في نصف الدور الأول يتجه من المنبع إلى الترانزستور (فتعتبر إشارة الدخل موجبة) أما تيار الخرج يتجه من الأرضي إلى الحمل ثم إلى مجمع الترانزستور أي يتجه التيار من سالب الحمل إلى موجبه (فتعتبر إشارة الخرج سالبة) وتنعكس العملية في الدور الثاني حيث عند النبضة السالبة فإن تيار القاعدة يقل ووفقاً لذلك يقل الجهد على خرج الترانزستور وهذا بدوره يعني ظهور إشارة موجبة على الخرج ومنه تكون إشارة الخرج لدارة المضخم الترانزستوري ذو الباعث المشترك متعاكسة بالطور مع إشارة الدخل بمقدار ١٨٠°.



الشكل(١): دارة مضخم الباعث المشترك

حساب الربح رياضياً:

تعطى علاقة الربح بالجهد لدارة المضخم الترانزستوري ذو الباعث المشترك بالعلاقة:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_c}{V_b}$$

وتعطى علاقة الربح بالتيار بالعلاقة:

$$A_i = \frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{I_c}{I_b}$$

وتعطى علاقة الربح بالاستطاعة بالعلاقة:

$$A_p = A_v A_i$$

أو

$$P_o = V_o I_o$$

$$P_i = V_i I_i$$

ومنه:

$$A_p = \frac{P_o}{P_i}$$

يعطى الربح بالديسبل $A_p[dB] = 20 log A_p$

العمل التجريبي:

رقم اللوحة المخبرية (3155M15). Unite1

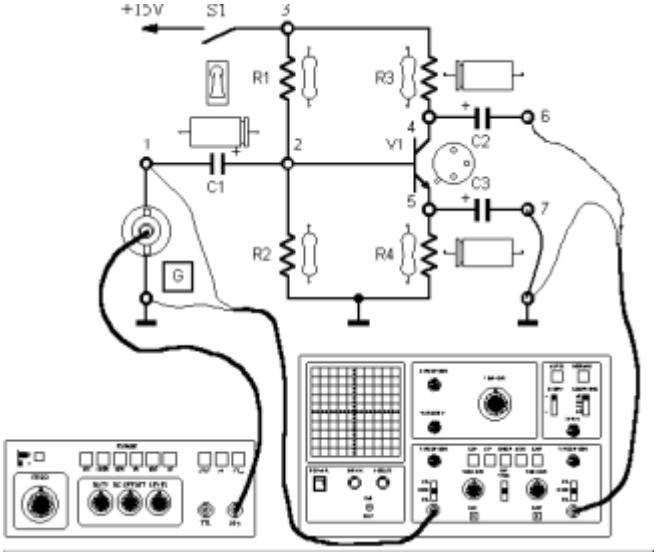
١-وصل الدارة الالكترونية الموضحة في الشكل (٢) وقم بقصر مقاومة الباعث $R_E = R_4$ بوصل سلك بين النقطة ٧ والأرضي.

٢-وصل مولد الإشارة وضبطه على الجهد $V_i = 0.02V$ و التردد $F_i = 10KHz$.

٣-وصل قناتي الراسم كما في الشكل (٢).

٤-حساب الربح بالجهد والربح بالتيار بعد قياس تيار الدخل والخرج باستخدام مقياس أفو، وحساب الربح بالاستطاعة مقدراً بالديسبل.

٥-رسم إشارتي الدخل والخرج لدارة الترانزستور مبيناً الفرق في الطور.



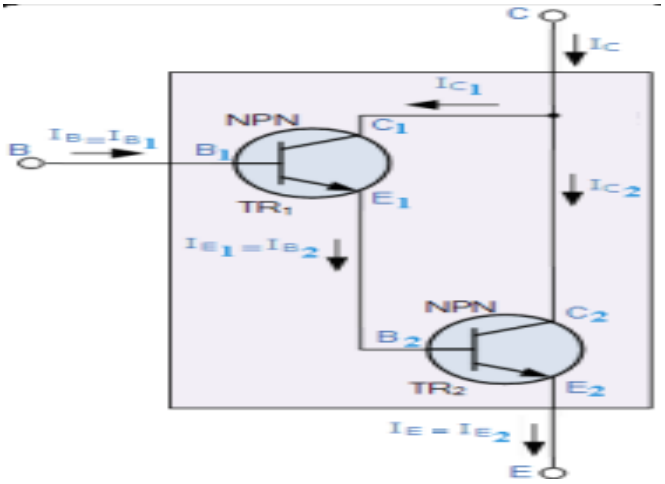
الشكل (٢) اللوحة المخبرية

مضخم دارلينغتون

Darlington Amplifier

الغاية من التجربة: حساب الربح بالتيار لمضخم دارلينغتون.

مقدمة: يتكون زوج دارلينغتون من ترانزستورين متماثلين يتصل المجمعان مع بعضهما البعض وباعث الترانزستور الأول يشغل قاعدة الثاني ووجدنا أن تشكيلات الترانزستورين هذه تساهم في زيادة الربح للتيار β كما هو موضح في الشكل (١).



الشكل(١): زوج دارلينغتون

حساب ربح التيار لزوج دارلينغتون:

عند استخدام زوج دارلينغتون في التكبير يكون ربح التيار الكلي يساوي تقريباً إلى جداء ربح التيار للترانزستور الأول β_1 في ربح التيار للترانزستور الثاني β_2 ووفق العلاقات التالية:

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

$$\beta_1 = \frac{I_{C1}}{I_{B1}} \quad \text{و} \quad \beta_2 = \frac{I_{C2}}{I_{B2}}$$

$$I_B = I_{B1}$$

$$I_E = I_{E2} \quad \text{و} \quad I_{B2} = I_{E1}$$

$$I_C = I_{C1} + I_{C2} = \beta_1 I_{B1} + \beta_2 I_{B2}$$

حساب I_{B2}:

$$I_{B2} = I_{E1} = I_{B1} + I_{C1} = I_{B1} + \beta_1 I_{B1} = I_{B1}(1 + \beta_1)$$

نعوض في I_C

$$I_C = \beta_1 I_{B1} + \beta_2 I_{B1}(1 + \beta_1)$$
$$\beta I_B = \beta_1 I_{B1} + \beta_2 I_{B1}(1 + \beta_1)$$

$$I_B = I_{B1}$$

ومنه:

$$\beta = \beta_1 + \beta_2(1 + \beta_1) = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1.\beta_2$$

$$\beta_1.\beta_2 \gg \beta_2 \text{ و } \beta_1.\beta_2 \gg \beta_1$$

ومنه

$$\beta \cong \beta_1 . \beta_2$$

أي نحصل على ربح كبير بالتيار مقارنةً مع استخدام ترانزستور واحد.

العمل المخبري:

رقم اللوحة المخبرية (3155M15). Unite2

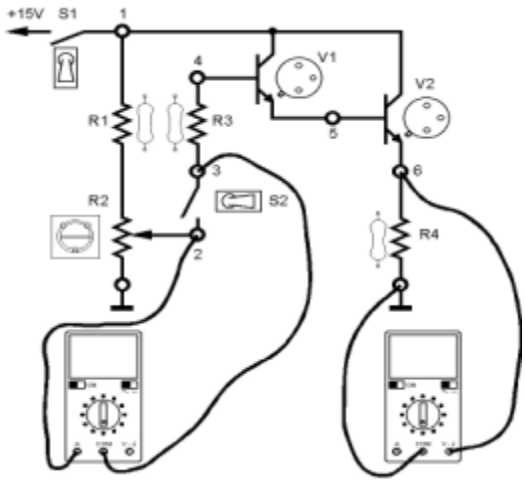
١-صل الدارة الموضحة في الشكل (٢) وقم بإغلاق المفتاح S_1 من أجل تغذية الدارة، وفصل المفتاح S_2 من أجل قياس تيار القاعدة I_B بواسطة مقياس الأفو.

٢-قياس الجهد على طرفي المقاومة R_4 بواسطة مقياس الأفو وحساب قيمة تيار الخرج $I_{out} = I_E$.

٣-حساب الربح الكلي لدارة الترانزستور وفق العلاقة:

$$\beta = \frac{I_E}{I_B}$$

٤-حساب الربح بالتيار لكل من الترانزستورين وذلك بفرض أنهما متماثلين تماماً.



الشكل(٢): الدارة المخبرية

مضخم العمليات

Operation Amplifier

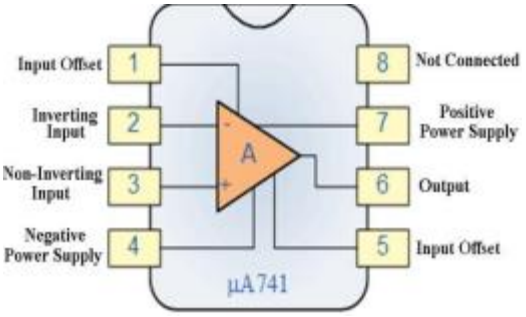
الغاية من التجربة: دراسة تطبيقات مضخم العمليات في التضخيم (العاكس وغير العاكس)، وكمقارن للإشارات المطبقة عليه.

مقدمة: مضخم العمليات Op–Amp741 هو دارة الكترونية متكاملة (IC) ذات ثمانية أطراف تقوم بعدة عمليات أهمها المقارنة، التضخيم، الجمع، الطرح، التكامل، التفاضل، ويعني الرقم ٧٤١ بأنه المضخم يملك ٧أطراف فعالة والطرف الثامن غير موصول بالدارة، و يملك ٤ مداخل ومخرج واحد فقط، ويستخدم مضخم العمليات في كافة التطبيقات ماعدا مجال الترددات العالية جداً ويعتبر مكوناً أساسياً في بناء الدارات الالكترونية التماثلية ويستخدم في التضخيم والترشيح وإنجازات العمليات الرياضية.

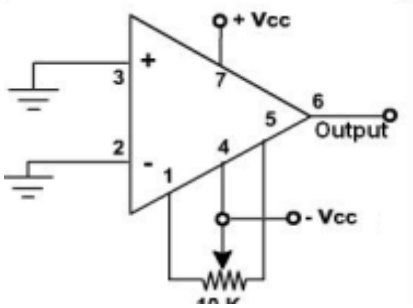
يبين الشكل (١) تركيبته وأطرافه حسب الترتيب:

١–مدخل الإزاحة الأول، ٢–الدخل العاكس، ٣–الدخل غير العاكس، ٤–التغذية المستمرة السالبة، ٥–مدخل الإزاحة الثاني، ٦–الخرج، ٧–التغذية المسترة الموجبة، ٨–الطرف الغير موصول.

يرمز لمضخم العمليات في الدارات الالكترونية بمثلث متساوي الساقين كما في الشكل (٢) ويكون المدخلين العاكس وغير العاكس على قاعدته والخرج على رأسه.



الشكل (١): تركيبة مضخم العمليات

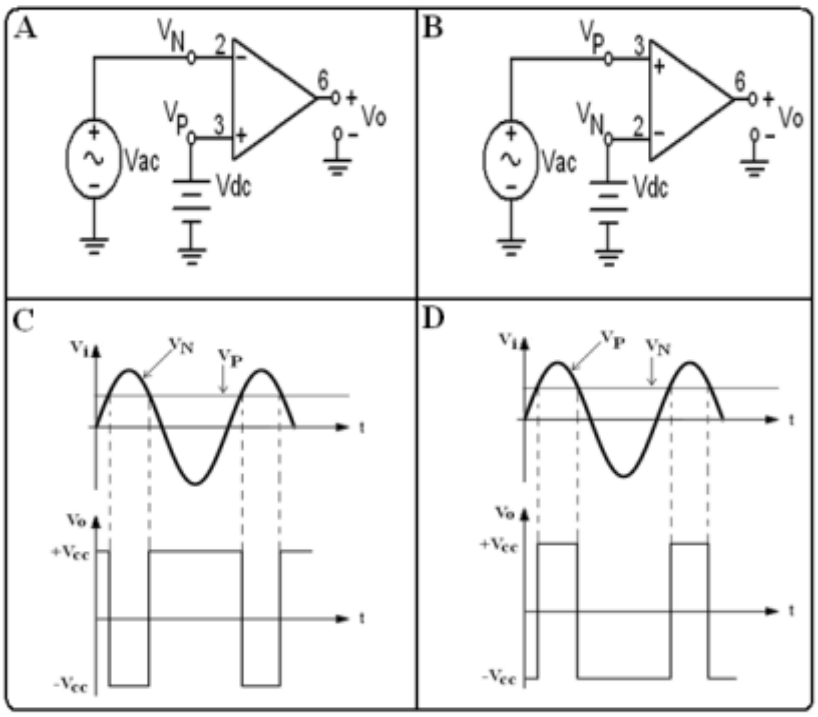


الشكل(٢): الرمز الالكتروني لمضخم العمليات

استخدام مضخم العمليات كدارة مقارن:

من استخدامات مضخم العمليات في حالة الحلقة المفتوحة (لا يتم ربط التغذية العكسية بين دخل وخرج مضخم العمليات ويكون ربح الجهد كبيراً ويسمى بربح الدارة المفتوحة) مقارنة الجهدين المطبقين على مدخليه، وإنتاج إشارة تدل على أي الجهدين أكبر فعندما تكون الإشارة المطبقة على المدخل ٣ أكبر من الإشارة المطبقة على المدخل ٢ يكون الخرج موجباً ويساوي جهد التغذية الموجبة المستمرة، وعندما يكون الجهد على الطرف ٣ أصغر منه على الطرف ٢ فيكون الخرج سالباً ويساوي جهد التغذية المستمرة السالبة ويسمى الطرف ٣ بالمدخل غير العاكس ويرمز له ب + والطرف ٢ بالمدخل العاكس ويرمز له ب –، خرج مضخم العمليات متبدل بين قيمتي جهدي التغذية الموجبة والسالبة أي يكون إشارة مربعة تقريباً.

يبين الشكل (٣) توصيلتي المقارن العاكس A وغير العاكس B وإشارتهما.



الشكل (٣) دارة مضخم العمليات ك مقارن وإشارة الخرج

استخدام مضخم العمليات ك مضخم عاكس أو غير العاكس:

العمل الأساسي ل مضخم العمليات هو التضخيم لذا في تركيبته توصل تغذية عكسية بين دخل وخرج المضخم ل تخفيف الربح والحصول على إشارة خرج مشابهة لإشارة الدخل.

المضخم العاكس:

يعتبر التضخيم العاكس التطبيق الأساسي للمضخم فيكون طور إشارة إشارة الخرج متعاكس مع طور إشارة الدخل ويتم تطبيق إشارة الدخل على المدخل العاكس ٢ وتأريض المدخل غير العاكس ٣ مع وجود مقاومة التغذية العكسية R_f ويتم حساب الربح بالجهد وفق العلاقة:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I_{out}R_f}{I_{in}R_{in}}$$

$$I_{out} = -I_{in}$$

ومنه

$$A_v = -\frac{R_f}{R_{in}}$$

مدخلي مضخم العمليات متساويان دوماً.

ويبين الشكل (٤) تركيبة المضخم العمليات ك مضخم عاكس.

المضخم غير العاكس:

يسمى بالمضخم غير العاكس لأن طور إشارة الخرج يكون متوافقاً مع إشارة الدخل، ويتم تطبيق إشارة الدخل على المدخل غير العاكس ٣ وتأريض المدخل غير العاكس ٣ مع وجود مقاومة التغذية العكسية R_f ويتم حساب الربح بالجهد وفق العلاقة:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$V_{in} = V_1 = V_{out}\frac{R_{in}}{R_{in}+R_f}$$

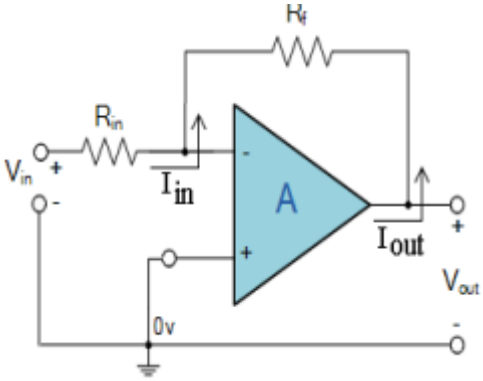
ومنه

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_{out}}{V_{out}\frac{R_{in}}{R_{in}+R_f}}$$

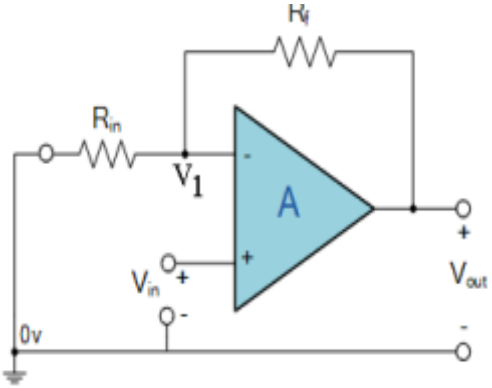
$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_{in}}$$

في كلا المضخمين العاكس وغير العاكس يتم التحكم بالربح بالجهد بالمقاومتين R_{in} و R_f.

ويبين الشكل (٥) تركيبة المضخم العمليات المضخم الغير عاكس.



الشكل (٤): المضخم العاكس



الشكل (٥): المضخم غير العاكس

العمل التجريبي:

رقم اللوحة المخبرية (DL3155E19).

دارة المقارنة:

المقارن العاكس: تقع الدارة في Unite5 وفيها $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10k\Omega$

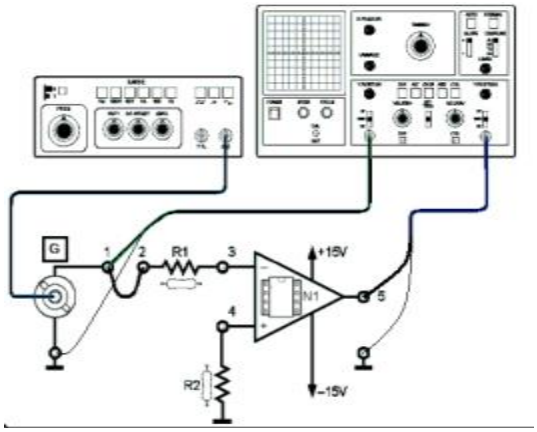
١-صل الدارة الموضحة في الشكل (٦) بعد ضبط مولد الإشارة على الجهد $4V$ و والتردد $F_i = 1KHz$.

٢-ارسم شكل إشارتي الدخل والخرج لدارة المقارن السالب (العاكس) الظاهرة على راسم الإشارة.

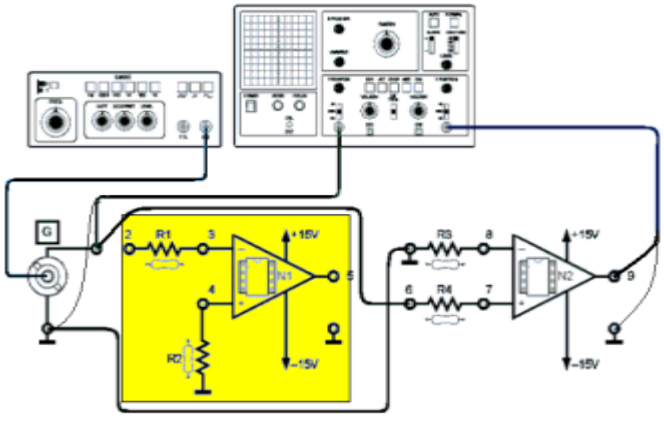
المقارن الغير عاكس: تقع الدارة في Unite5 وفيها $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10k\Omega$

١-صل الدارة الموضحة في الشكل (٧) بعد ضبط مولد الإشارة على الجهد $4V$ و والتردد $F_i = 1KHz$.

٢-ارسم شكل إشارتي الدخل والخرج لدارة المقارن الموجب (غير العاكس) الظاهرة على راسم الإشارة.



الشكل (٦): دارة المقارن العاكس (السالب)



الشكل (٧): دارة المقارن غير العاكس (الموجب)

دارة التضخيم:

مميزات الدارة: $R_1 = R_6 = 4.7k\Omega$ و $R_2 = R_5 = R_7 = R_9 = 10k\Omega$ و $R_3 = R_8 = 100k\Omega$

دارة العاكس: تقع الدارة المطلوبة في Unite1 من اللوحة المخبرية.

١–صل دارة المضخم العاكس الموضحة في الشكل (٨) بعد ضبط مولد الإشارة على القيمة $0.5V$ و والتردد $F_i = 1KHz$ ووصل قناتي راسم الإشارة إلى الدخل والخرج.

٢–ملء الجدول (١) من أجل المضخم العاكس لحساب الربح بالجهد بالاعتماد على مقاومتي الدخل والتغذية العكسية من خلال المفتاحين S_1 و S_2.

الجدول (١)

الحالة	وضعية المفتاحين	جهد الخرج V_{PP}	حساب الربح بالجهد	
			قسمة جهد الخرج على جهد الدخل	قانون الربح بالجهد
١	U–U			
٢	U–D			
٣	D–U			
٤	D–D			

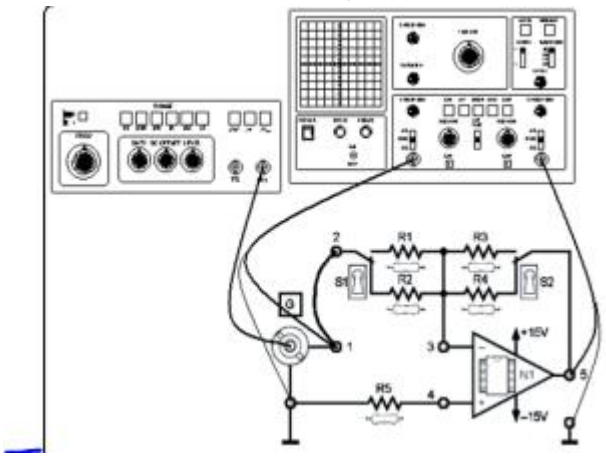
٣–ارسم إشارتي الدخل والخرج لدارة المضخم العاكس من راسم الإشارة للحالة الأولى فقط.

دارة غير العاكس: تقع الدارة المطلوبة في Unite1 من اللوحة المخبرية.

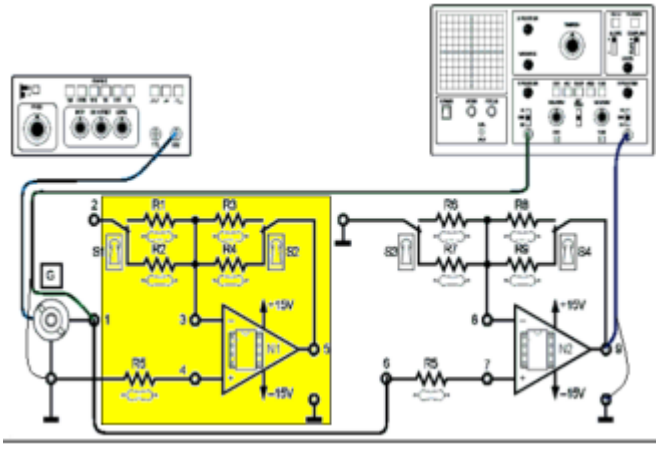
١–صل دارة المضخم غير العاكس الموضحة في الشكل (٩) بعد ضبط مولد الإشارة على القيمة $0.5V$ و والتردد $F_i = 1KHz$ ووصل قناتي راسم الإشارة إلى الدخل والخرج.

٢–إعادة ملء الجدول (١) من أجل المضخم الغير العاكس لحساب الربح بالجهد بالاعتماد على مقاومتي الدخل والتغذية العكسية من خلال المفتاحين S_3 و S_4.

٣–ارسم إشارتي الدخل والخرج لدارة المضخم العاكس من راسم الإشارة للحالة الأولى فقط.



الشكل (٨): دارة المضخم العاكس



الشكل (٩): دارة المضخم غير العاكس

مضخم الباعث المشترك Common Emitter Amplifier

$V_i = 0.02V$ و التردد $F_i = 10KHz$.

$$V_{PP1} = 0.02V$$
$$V_{PP2} = 1V$$
$$I_0 = 0.37mA$$
$$I_i = 6.9\mu A$$

المطلوب حساب الربح بالجهد والربح بالتيار والربح بالاستطاعة والربح بالاستطاعة بواحدة الديسبل ورسم إشارة الدخل والخرج.

مضخم دارلينغتون

Darlington Amplifier

$$V_{R4} = 6.8V$$
$$R_4 = 47\Omega$$
$$I_B = 10\mu A$$

المطلوب حساب تيار الخرج $I_0 = I_E$ وحساب الربح بالتيار الكلي للدارة من العلاقة

$$\beta = \frac{I_E}{I_B}$$

ومن ثم حساب الربح بالتيار لكل ترانزستور بفرض الترانزستورين متماثلين تماماً.

مضخم العمليات

Operation Amplifier

دارة المقارن الموجب والسالب المطلوب رسم إشارة الخرج والدخل لكل منهما

دارة المضخم العاكس:

$$V_{PP1} = 0.5V$$

الجدول (١)

الحالة	وضعية المفتاحين	جهد الخرج V_{PP}	حساب الربح بالجهد			
			قسمة جهد الخرج على جهد الدخل	قانون الربح بالجهد	R_f	R_i
١	U–U	22.2			R_3	R_1
٢	U–D	3.2			R_4	R_1
٣	D–U	10.6			R_3	R_2
٤	D–D	2			R_2	R_4

المطلوب حساب الربح بالجهد بالطريقتين قسمة جهد الخرج على جهد الدخل و $A_v = -\frac{R_f}{R_{in}}$

رسم إشارة الدخل والخرج

دارة المضخم غير العاكس:

الجدول (١)

الحالة	وضعية المفتاحين	جهد الخرج V_{PP}	حساب الربح بالجهد			
			قسمة جهد الخرج على جهد الدخل	قانون الربح بالجهد	R_f	R_i
١	U–U	٢٣.٢			R_8	R_6
٢	U–D	٤.٢٠			R_9	R_6
٣	D–U	١١.٨٠			R_8	R_7
٤	D–D	٣.٢			R_9	R_7

المطلوب حساب الربح بالجهد بالطريقتين قسمة جهد الخرج على جهد الدخل و $A_v = 1 + \frac{R_f}{R_{in}}$

رسم إشارة الدخل والخرج

مكتبة A to Z