



تجارب إلكترونية

(الجزء الأول من سلسلة التعليم المستمر)

للفنيين ولطلبة المعاهد التقنية العليا والكليات التقنية وكليات الهندسة

الاستاذ المهندس /

عبد العظيم عبد القادر محمد الجازوي

عضو هيئة تدريس بالمعهد العالي للمهن الشاملة قمينس

الدكتور /

خليل اسماعيل هاشم الشخلي

عضو هيئة تدريس بجامعة بنغازي

منشورات مركز العلوم والتقنية للبحوث والدراسات والمعهد العالي للمهن الشاملة - قمينس

سنة النشر 2019م

حقوق النشر محفوظة ©

المقدمة

لقد تم إعداد هذا الكتاب بطريقة سهلة وبترتيب منطقي ومتسلسل وتقديم جميع التجارب العملية بشكل واضح مع رسومات وأشكال ومخططات وشرح نظرية متمثلة في مقدمة مبسطة ومعادلات رياضية وكذلك جداول لتسجيل النتائج المتحصل عليها.

يعتبر هذا الكتاب مناسباً جداً وفرصة جيدة لطلبة المعاهد التقنية العليا والكليات التقنية وكليات الهندسة وكذلك المتدربين، حيث انه يتضمن تجارب الإلكترونيات التماثلية وبعض التجارب الخاصة بالإلكترونيات الرقمية.

نأمل أن يساعد هذا الكتاب الطلبة والمتدربين على الفهم العميق والوافي لأهمية دراسة التجارب العملية لكي يمكن تخريج جيل من الفنيين والمهندسين القادرين على ربط الجانب النظري والعملية في مجال هندسة الإلكترونيات.

نتقدم بالشكر الجزيل والتقدير الكبير والعرفان بالجميل لكل من ساهم في إعداد هذا الكتاب ونخص بالشكر إدارة المعهد العالي للمهن الشاملة - قمينس على الإهتمام والإصرار على نشر هذا الكتاب وذلك بعد أن تم تطبيق كل التجارب في معامل المعهد على مدى خمسة اشهر تحت اشراف المعيد والمهندس القدير (شتوان سالم القداري) وبمشاركة الطلبة الدارسين بالمعهد. والشكر ايضا لمكتب الشؤون العلمية والتقنية والشؤون الفنية والعلمية ولقسم تقنية الهندسة الكهربائية والإلكترونية بالمعهد.

المؤلفان،،

الأستاذ / عبد العظيم عبد القادر محمد الجازوي

الدكتور / خليل اسماعيل هاشم الشبخلي

جدول المحتويات

5.....	تجربة 1-
5.....	ثنائي التقويم (Diode) وثنائي زنر (Zener Diode)
12.....	تجربة 2-
12.....	دوائر التقويم (التوحيد) (Rectifying circuits)
17.....	تجربة 3-
17.....	مضاعف الفولتية. (Voltage Multiplier)
21.....	تجربة 4-
21.....	ترشيح الموجة المقومة. Filtering the Rectified Wave
25.....	تجربة 5-
25.....	دوائر تحديد قطع الفولتية (Clippers) باستعمال الثنائيات
29.....	تجربة 6-
29.....	تحميل جهد متردد على جهد مستمر (Clamping)
32.....	تجربة 7-
	تعيين المعاملات المختلطة لترانزستور ثنائي الشحنة مقم بتوصيل بطريقة الباعث المشترك
32.....	تجربة 8-
	مكبر ترانزستور باعث مشترك ذو مرحلة واحدة وذو مرحلتين (توصيل بطريقة مقاومة-مكثف R-C)
40.....	تجربة 9-
42.....	مكبر ترانزستور مقم بتوصيل بطريقة الجامع المشترك (تابع الباعث)
42.....	مكبر ترانزستور المجالي مقم بتوصيل بطريقة المصدر المشترك

46.....	تجربة - 10
46.....	مكبر الفرق (Differential Amplifier)
53.....	تجربة -11
53.....	مكبر العمليات (Operational Amplifier)
68.....	تجربة -12
68.....	تطبيقات مكبر العمليات
82.....	تجربة -14
82.....	دوائر مولدات الذبذبات والنبضات (Oscillators and Multivibrators)
86.....	تجربة -15
86.....	البوابات المنطقية (Logic Gates)

تجربة -1-

ثنائي التقويم (Diode) وثنائي زنر (Zener Diode)الهدف (The Purpose)

- 1) رسم العلاقة بين التيار الأمامي (I_F Forward Current) وفرق الجهد الأمامي (V_F Forward Voltage) بطريقة جهاز قياس التيار (الأميتر Ammeter) وجهاز قياس فرق الجهد (الفولتميتر Voltmeter)، ثم الحصول على العلاقة باستخدام جهاز راسم الذبذبات.
- (الأوسكوسكوب Oscilloscope).
- 2) من العلاقة المرسومة من نتائج الخطوة رقم 1 يتم الكشف عن نوع المادة المصنوع منها الثنائي (جرمانيوم أم سيليكون Germanium (Ge) or Silicon ((Si)).
- 3) حساب فولتية الحاجز (Barrier Voltage) والمقاومة الديناميكية (Dynamic Resistance) لثنائي التقويم (Diode) ومعرفة جهد الإنهيار له.
- 4) إعادة الخطوات من 1 إلى 3 باستعمال ثنائي زنر (Zener Diode).
- 5) التحقق من الخطوات 1 إلى 4 باستعمال جهاز راسم الذبذبات.

الأجهزة والأدوات اللازمة (The Apparatus)

- 1) مصدر جهد مستمر متغير الخرج (Variable Output DC Power Supply).

- (2) مصدر جهد متناوب (متردد) متغير الخرج (Variable Output AC Power Supply).
- (3) جهاز قياس تيار رقمي (Digital Ammeter) أو جهاز أوفوميتر رقمي (Digital AVO).
- (4) جهاز قياس فرق جهد رقمي (Digital Voltmeter) أو جهاز أوفوميتر رقمي.
- (5) جهاز راسمذبذبات ذو قناتين (Double Channel Oscilloscope).
- (6) ثنائيات تقويم وثنائيات زنر (Ordinary and Zener Diodes).
- (7) مقاومات كربونية (Carbon Composition Resistors).
- (8) أسلاك توصيل ولوحة تجارب.

الخطوات العملية (The Practical Steps)

الجزء الأول : ثنائي التقويم

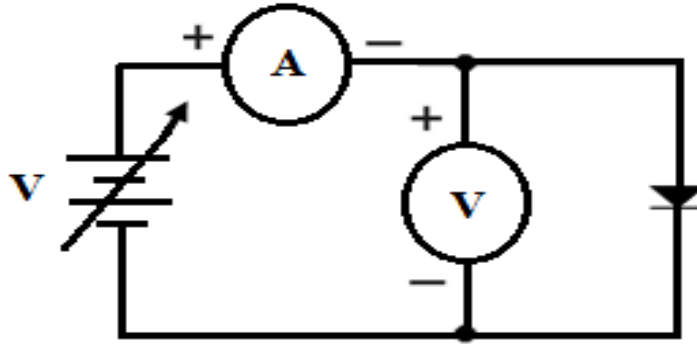
أولاً : التوصيل الأمامي (Forward Connection or Forward Bias)

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 1.
- (2) إستعمل فرق جهد قيمته 0.1 V وقس قيمتي كل من التيار المار في الدائرة و فرق الجهد عبر الثنائي.
- (3) زد قيمة فرق الجهد على خطوات، قيمة كل خطوة 0.1 V إلى أن تصل إلى قيمة 1.2 V وفي كل خطوة سجل قراءة كل من تيار الدائرة و فرق الجهد عبر الثنائي.
- (4) سجل قراءات فرق الجهد والتيار في جدول يتكون من عمودين، عمود لقيم فرق الجهد والعمود الآخر لقيم التيار المقابلة لقيم فرق الجهد.

(5) يرسم على ورقة بيانية العلاقة بين قيم فرق الجهد على المحور السيني وقيم التيار على المحور الصادي.

(6) يرسم مماساً للمنحني الذي رسمته في الخطوة رقم 5 ومده إلى أن يقطع محور السينات (محور الفولتية).

(7)



الشكل 1.

القراءات والحسابات والنتائج . (The Readings, Calculations, and Results)

Results

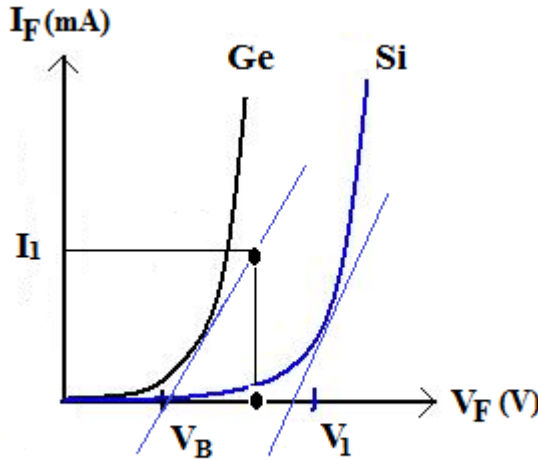
(1) قيمة فرق الجهد عند نقطة تقاطع المماس المرسوم في الخطوة 6 أعلاه مع محور السينات تمثل فولتية الحاجز V_B . إذا كانت القيمة بين 0.2 V و 0.4 V فإن نوع ثنائي التقويم يكون جرمانيوم (Ge)، وإذا كانت القيمة بين 0.6 V و 0.8 V فإن نوع ثنائي التقويم يكون سيليكوم (Si).

(2) حساب المقاومة الديناميكية للثنائي R_D يتم بإيجاد ميل المماس للمنحني $\frac{\Delta I_F}{\Delta V_F}$ ، ثم

أخذ مقلوب الميل، أي أن

$$(R_D = \frac{1}{\frac{\Delta I_F}{\Delta V_F}} = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F})$$

حيث $\Delta V_F = V_1 - V_B$ و $\Delta I_F = I_1 - 0$ (الشكل 2).



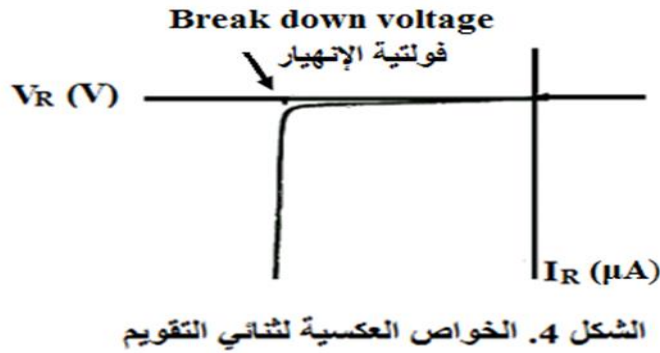
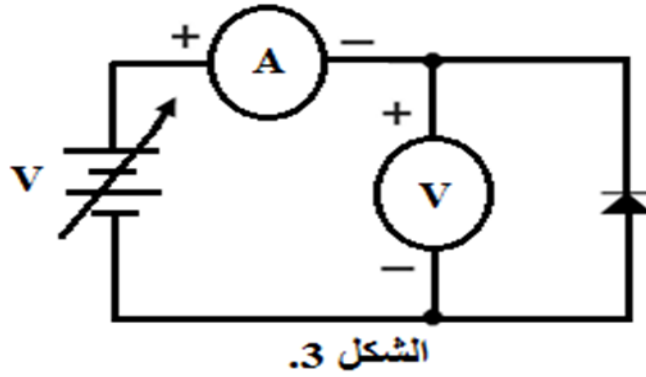
الشكل 2. الخواص الأمامية لثنائي التقويم

ثانياً: التوصيل العكسي (Reverse Connection or Reverse Bias)

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 3.
- (2) استعمل فرق جهد مقداره 1V وسجل قيمة التيار العكسي (إن وجد). فرق الجهد المستعمل يسمى الفولتية العكسية أو الانحياز العكسي (V_R Reverse Bias) والتيار المار (إن وجد) يسمى التيار العكسي (I_R Reverse Current).
- (3) كرر الخطوة السابقة باستعمال فولتيات قيمها 5V, 10 V, 20 V, 30 V, ولكل قيمة من هذه القيم سجل قيمة التيار العكسي (إن وجد)، استمر

بزيادة الفولتية إلى أن يحصل إنهيار لحاجز الثنائي (Breakdown). عند حصول الإنهيار يمر تيار عكسي كبير جداً خلال الثنائي مما يؤدي إلى توليد حرارة عالية تؤدي إلى تلف الثنائي. الفولتية التي يحصل عندها الإنهيار تسمى فولتية الإنهيار (Breakdown Voltage V_{BD}).

(4) إرسم علاقة بيانية بين I_R على سالب محور الصادات و V_R على سالب محور السينات (الشكل 4).

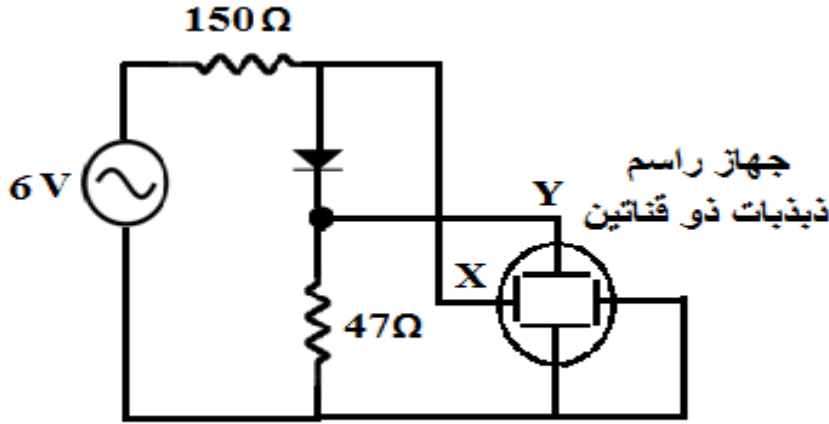


القراءات والحسابات والنتائج

- (1) من الرسم البياني (الشكل 4) تقاس قيمة فولتية الإنهيار على محور السينات عند النقطة التي يحصل عندها الإنهيار، سجل هذه القيمة.
- (2) في حالة عدم حصول الإنهيار فهذا يعني أن مجهز القدرة المستمرة المستعمل لا يستطيع تجهيز الفولتية اللازمة لحصول الإنهيار.

ثالثا : الحصول على الخواص الأمامية والخواص العكسية لثنائي التقويم بواسطةجهاز راسم الذبذبات

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 5. قم بإختيار وظيفة $X - Y$ في جهاز راسم الذبذبات.
- (2) من الشكل الذي سيظهر على شاشة راسم الذبذبات قس كلا من (V_B, R_D) ، (V_{BD}) .

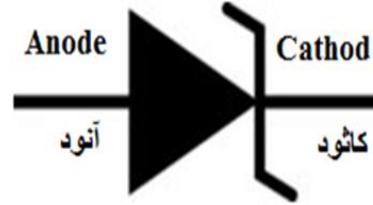
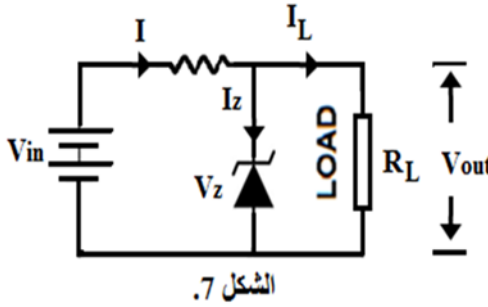


الشكل 5.

(3) قارن النتائج التي حصلت عليها من الخطوة 2 أعلاه مع تلك التي حصلت عليها من الجزئين الأول والثاني.

الجزء الثاني : ثنائي زنر

نعيد التجارب الثلاثة السابقة بنفس الطريقة وبنفس الخطوات ولكن بإستعمال ثنائي زنر (Zener Diode). الرمز الإلكتروني لثنائي زنر موضح في الشكل 6. فولتية الإنهيار لثنائي زنر تسمى فولتية زنر (V_Z Zener Voltage) ولكل ثنائي زنر جهد إنهيار خاص به. ثنائي زنر لا يتلف عندما يحصل له إنهيار بل يعمل كمثبت جهد عند الإنهيار حيث يثبت الجهد الخارج على هذه الفولتية. لكي يستعمل ثنائي زنر كمثبت للجهد فإنه يتم بتوصيل في دائرة تيار مستمر توصيلاً عكسياً (Reverse Bias)، كما موضح في الشكل 7.



الشكل 6. الرمز الإلكتروني لثنائي زنر

تجربة -2-

دوائر التقويم (التوحيد) (Rectifying circuits)1. مقوم نصف موجى Half wave rectifierالهدف (The Purpose)

- 1- إستعمال ثنائي السليكون أو ثنائي الجرمانيوم لتقويم الفولتية المترددة (المتناوبة) (تحويلها إلى فولتية مستمرة نبضيه Pulsating DC Voltage).
- 2- المقارنة بين الفولتية الداخلة إلى الدائرة وبين الفولتية الخارجة منها.
- 3- حساب القيم العظمى (Maximum Values)، والمتوسطة (Average Values)، والفعالة (RMS or Effective Value) للفولتية الخارجة.
- 4- حساب عامل التموج للفولتية الخارجة (Ripple Factor γ). حيث

$$-5 \quad (\gamma = \sqrt{\frac{\pi^2}{4} - 1})$$

- 6- حساب كفاءة التقويم (Rectifying Efficiency η) حيث

$$(\eta = \frac{4}{\pi^2} \times 100\%)$$

الأجهزة والأدوات المستعملة

- 1- مصدر جهد متردد.
- 2- ثنائي تقويم سليكون أو جرمانيوم.

3- مقاومة كربونية قيمتها $10k\Omega$.

4- جهاز راسم الذبذبات.

5- أسلاك توصيل.

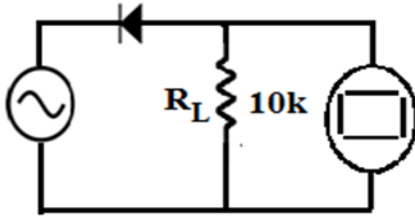
العمل

1- قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 1.

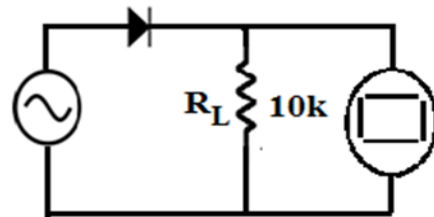
2- إجعل قيمة فولتية الدخل المترددة {قمة - قمة} (Peak to Peak (P - P) تساوي (6V).

3- بواسطة راسم الذبذبات لاحظ شكل الموجة الداخلة {قس قيمتها (P - P) } ولاحظ شكل الموجة الخارجة، وقارن بينهما.

4- إكس الثنائي ولاحظ شكل الموجة الخارجة (الشكل 2).



الشكل 2.



الشكل 1.

القراءات والحسابات والنتائج

1- بواسطة جهاز راسم الذبذبات قس قيمة الفولتية الداخلة $\{V_{in}(P-P)\}$ وكذلك قيمة الفولتية الخارجة $\{V_0(0-V_P)\}$. إرسم كلا الفولتيتين على ورقة بيانية واحدة.

2- إحسب قيمة الفولتية المستمرة في الجزء الخارج (V_{dc}) والفولتية الفعالة (V_{rms}) حيث أن $(V_{dc} = \frac{V_{om}}{\pi})$ ، هي قيمة الفولتية العظمى للفولتية الخارجة، (π)

هي النسبة الثابتة وتساوي (3.14). وان $(V_{om} = \frac{V_{mi}-V_B}{R})$ ، حيث أن (V_B) هي فولتية الحازر للثنائي،

$$\text{و أن } (I_{rms} = \frac{V_{om}}{2}).$$

3- إحسب قيمة التيار المستمر في الجزء الخارج (I_{dc}) وقيمة التيار الفعال (I_{rms}) حيث أن:

$$(I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} \text{ or } I_{rms} = \frac{I_m}{2}) \ \& \ (I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} \text{ or } I_{dc} = \frac{I_m}{\pi})$$

$$4- \text{ إحسب قيمة عامل التموج } (\gamma) \text{ حيث أن } (\gamma = \sqrt{\frac{\pi^2}{4} - 1}).$$

$$5- \text{ إحسب قيمة كفاءة التقويم } (\eta) \text{ حيث أن } (\eta = \frac{4}{\pi^2} \times 100\%).$$

تمارين

$$\text{إثبت أن } (V_{rms} = \frac{V_{om}}{2} \text{ و } V_{dc} = \frac{V_m}{\pi}) \text{ و } (\sqrt{\frac{\pi^2}{4} - 1}) \text{ و } (\eta = \frac{4}{\pi^2} \times 100\%)$$

و

$$(I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} \text{ or } I_{rms} = \frac{I_m}{2}) \text{ و } (I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} \text{ or } I_{dc} = \frac{I_m}{\pi})$$

2. مقوم كامل الموجة باستعمال محول خافض ملفه الثانوي مقسم إلى نصفين

وعدد 2 ثنائي تقويم

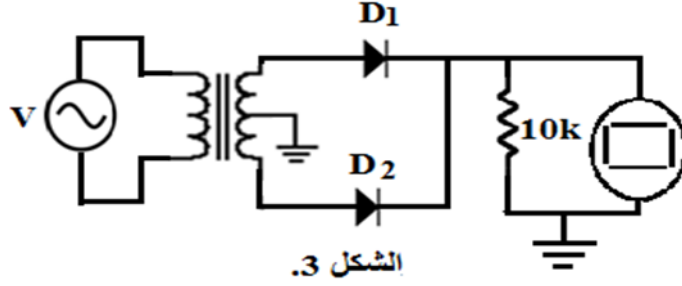
الهدف: نفس أهداف القسم الأول.

الأجهزة والأدوات المستعملة

نفس الأجهزة والأدوات المستعملة في الجزء الأول مع إضافة المحول الخافض وثنائي تقويم آخر.

العمل

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 3.
- (2) الخطوات من 2 إلى 4 هي نفس خطوات الجزء الأول أعلاه.

القراءات والحسابات والنتائج

نفس خطوات الجزء الأول، ثم قارن بين النتائج التي تحصل عليها من هذا الجزء مع تلك التي حصلت عليها في الجزء الأول، خاصة نتائج الكفاءة ومعامل التمرير. لاحظ في هذا الجزء أن:

$$(\gamma = \frac{8}{\pi^2} \times 100\% , \eta = \frac{8}{\pi^2} \times 100\%)$$

$$(I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} , \quad I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} , \quad V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi})$$

سؤال

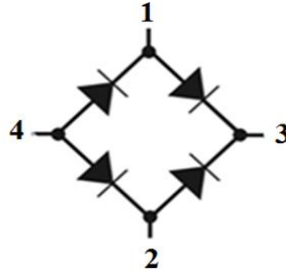
هل أن $V_{om} = \frac{V_{im} - V_B}{R_L}$ أم $V_{om} = \frac{V_{im} - 2V_B}{R_L}$ ولماذا؟

3- مقوم كامل الموجة باستعمال قنطرة التقويم (Bridge Rectifier)

الهدف: نفس أهداف الجزئين السابقين.

الأجهزة والأدوات المستعملة

نفس الأجهزة والأدوات المستعملة في الجزئين السابقين، ولكن عدد ثنائيات التقويم المستعملة في هذا الجزء هو أربعة تقم بتوصيل بالطريقة الموضحة في الشكل 4 لتكوين ما يسمى بقنطرة التقويم.



الشكل 4. قنطرة التقويم. 1 و 2 مداخل التيار المتردد، 3 و 4 مخرج التيار المستمر.

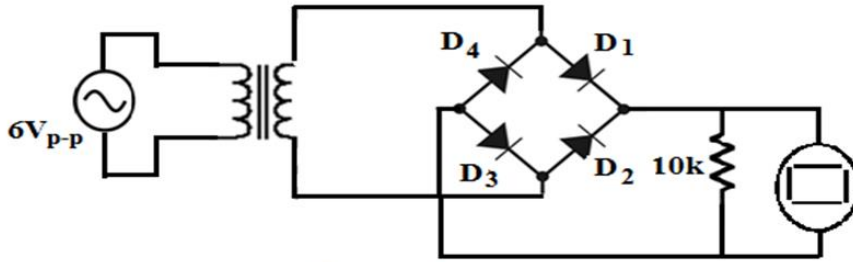
العمل

(1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 5.

(2) إتبع الخطوات 2 إلى 4 في الجزئين السابقين.

القراءات والحسابات والنتائج

نفس خطوات الجزء الثاني.



الشكل 5. مقوم كامل الموجة بإستعمال قنطرة التقويم.

تمارين

(1) تتبع الإشارة الداخلة من لحظة خروجها من مصدر الجهد المتردد ومرورها خلال الثنائيات ومقاومة الحمل لحين رجوعها إلى مصدر الجهد ثنائية.

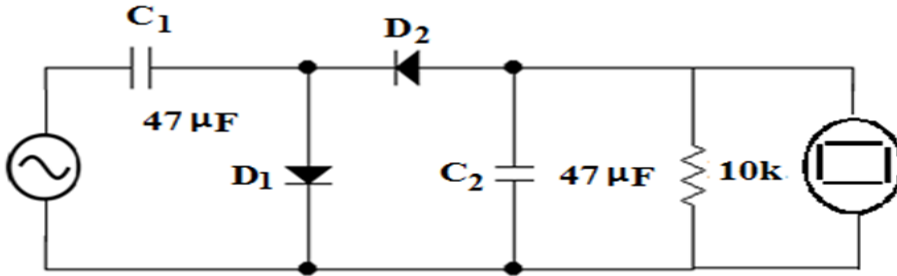
(2) هل أن $V_{om} = \frac{V_{im} - V_B}{R_L}$ أم $V_{om} = \frac{V_{im} - 2V_b}{R_L}$ ولماذا؟

تجربة -3-

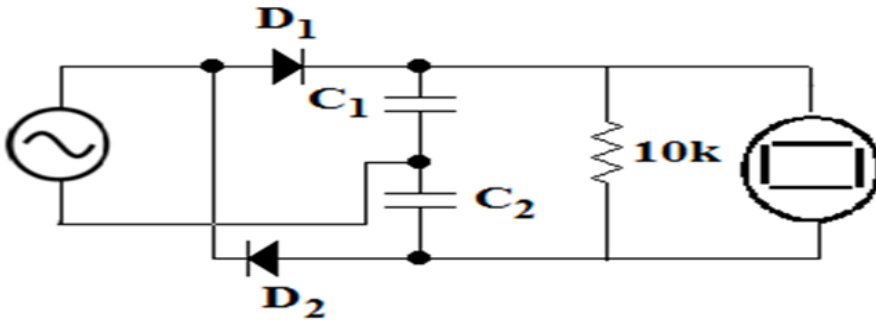
مضاعف الفولتية (Voltage Multiplier)

مضاعف الفولتية عبارة عن دائرة كهربائية تقوم بتحويل فولتية مترددة منخفضة القيمة إلى فولتية مستمرة عالية القيمة بإستعمال شبكة من ثنائيات التقويم والمكثفات.

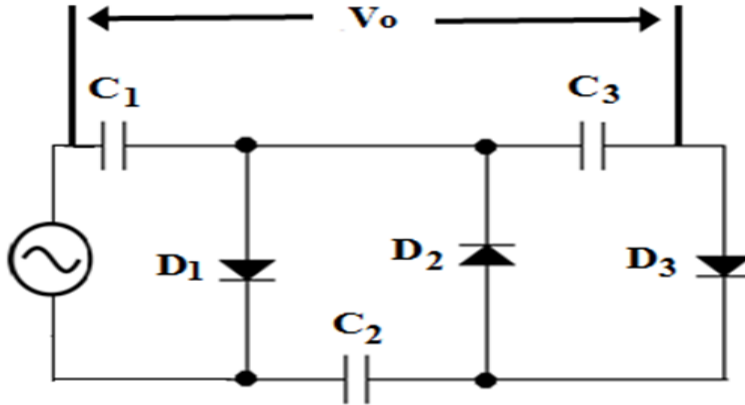
من الممكن إستعمال مضاعفات الفولتية لتوليد قيم صغيرة من الفولتيات للأجهزة الكهربائية، أو لتوليد ملايين الفولتيات لأغراض علميات تتطلب جهود عالية جداً مثل تجارب الفيزياء ذات الطاقة العالية وتجارب إختبار أمان البرق. مضاعف الفولتية الأكثر شيوعاً هو مضاعف يتكون من سلسلة من ثنائيات التقويم التي تقوم بتقويم الفولتية المترددة الداخلة تقويمياً نصف موجياً ومع كل ثنائي هناك مكثف (تسمى السلسلة هذه سلسلة فيلارد Villard cascade). عدد أجزاء السلسلة (مقوم ومكثف) يعتمد على عدد مرات مضاعفة الفولتية. على سبيل المثال، الشكلان 1 و 2 يضاعفان الفولتية مرتين، الشكل 3 يضاعف ثلاث مرات، الشكل 4 يضاعف أربع مرات، وهكذا.



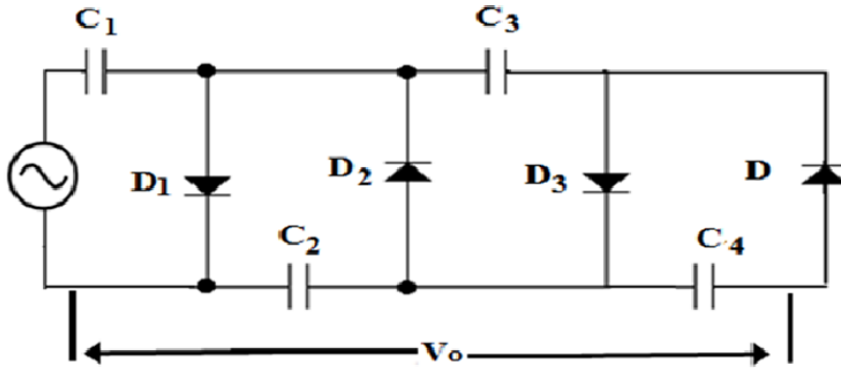
الشكل 1. دائرة مضاعف جهد حيث $V_o = 2V_m$



الشكل 2. دائرة أخرى تعطي $V_o = 2 V_m$



الشكل 3. دائرة مضاعف جهد حيث $V_o = 3 V_m$



الشكل 3. دائرة مضاعف جهد حيث $V_o = 4 V_m$

الهدف

الحصول على فولتية مستمرة عالية القيمة من فولتية مترددة منخفضة لها قيمة عظمى (V_m)، وملاحظة ذلك على جهاز راسم الذبذبات.

الأجهزة والأدوات المستعملة

- (1) مصدر فولتية مترددة.
- (2) جهاز راسمذبذبات.
- (3) مقاومة كربونية قيمتها $10\text{ k}\Omega$.
- (4) ثنائيات تقويم ومكثفات عددها يساوي عدد مرات مضاعفة الفولتية.
- (5) أسلاك توصيل.

العمل

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل (1) للحصول على فولتية مستمرة خارجة تساوي ضعف قيمة الفولتية العظمى المترددة الداخلة، أي أن $(V_o = 2 V_m)$.
- (2) أجعل قيمة الفولتية المترددة الداخلة من قمة إلى قعر (V_{p-p}) تساوي (20 V) ، تأكد من هذه القيمة بواسطة جهاز راسمذبذبات.
- (3) قم بقياس الفولتية المستمرة الخارجة والظاهرة عبر المقاومة $(R = 10\text{ k}\Omega)$ بواسطة جهاز راسمذبذبات.
- (4) قم بتغيير فولتية الدخل ولاحظ في كل مرة فولتية الخرج.
- (5) كرر الخطوات من 2 إلى 4 مع الدوائر الموضحة في الأشكال 2، 3، و4.

القراءات والحسابات والنتائج

- (1) قم بقياس الفولتية المترددة الداخلة بواسطة جهاز الأوفوميتر مرة وبواسطة جهاز راسمذبذبات مرة أخرى. هل هناك فرق بين القراءتين؟ لماذا؟

- (2) قم بقياس الفولتية المستمرة الخارجة بواسطة جهاز الأوفوميتر مرة وبواسطة جهاز راسم الذبذبات مرة أخرى. هل هناك فرق بين القراءتين؟ لماذا؟. قارن هذه القيمة مع (V_m) الداخلة. وما هي قطبية الفولتية الخارجة؟
- (3) أثبت أن ($V_z = 2V_m$).

تجربة -4-

ترشيح الموجة المقومة. Filtering the Rectified Wave

أولاً: ترشيح الموجة المقومة تقوياً نصف موجياً.

الهدف

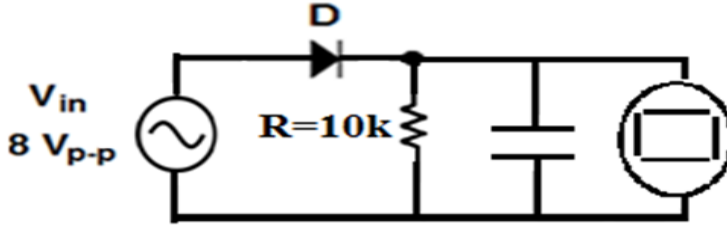
- (1) ترشيح أو تنعيم الموجة المقومة تقوياً نصف موجياً باستعمال مكثف.
- (2) المقارنة بين شكل الموجة قبل الترشيح وشكلها بعد الترشيح.
- (3) ملاحظة تأثير قيمة سعة المكثف على عملية الترشيح وذلك باستعمال مكثفات ذات سعات مختلفة.
- (4) حساب عامل التموج (Ripple Factor) (γ) للموجة المرشحة وإيجاد العلاقة بين عامل التموج (γ) وسعة المكثف (C).

الأجهزة والأدوات المستعملة

- (1) مصدر تيار متردد. (2) ثنائي تقويم. (3) مقاومة $10k\Omega$. (4) جهاز راسم ذبذبات.
- (5) مكثفات ذات سعات $1000\mu F$, $470\mu F$, $100\mu F$, $47\mu F$, $10\mu F$, $4.7\mu F$.
- (6) أسلاك توصيل. $0.1\mu F$, $1\mu F$.

العمل

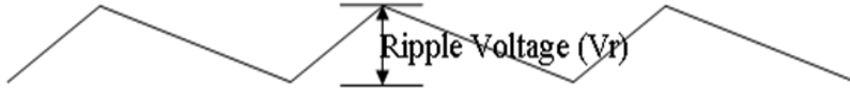
- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 1.
- (2) أجعل قيمة الفولتية المترددة الداخلة ($V_i = 6 \text{ V}_{p-p}$).
- (3) إستعمل في كل مرة مكثف ذو قيمة معينة وقس قيمة فولتية التموج ($V_{r(p-p)}$) والفولتية المستمرة الخارجة (V_{dc}) (أنظر الى الشكلين 2 و 3).
- (4) إحسب عامل التموج لكل مكثف حيث ($\gamma = \frac{V_r}{V_{dc}}$).
- (5) إرسم علاقة بين (γ) على محور السينات وقيمة المكثف (C) على محور الصادات.



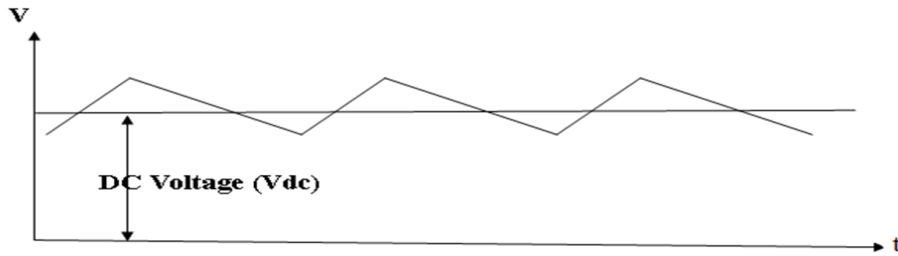
الشكل 1.

القراءات والحسابات والنتائج

- (1) تقاس فولتية التموج (Ripple Voltage) على شاشة راسم الذبذبات وهي المسافة بين أدنى نقطة إلى أعلى نقطة في الفولتية المرشحة كما في الشكل 2.
- (2) تقاس الفولتية الخارجة المستمرة V_{dc} (DC Output Voltage) على شاشة راسم الذبذبات من نقطة الصفر إلى منتصف المسافة بين قمة وقعر الفولتية المرشحة كما في الشكل 3.
- (3) إملأ الجدول رقم 1، ثم إرسم العلاقة بين (γ) على محور الصادات و (C) على محور السينات.



الشكل 2. قياس فولتية التمرج لموجة مرشحة



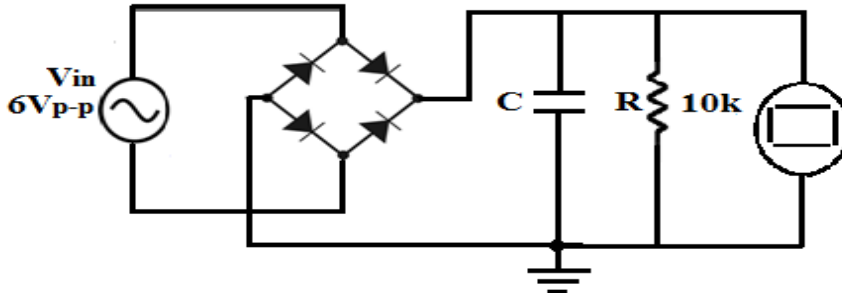
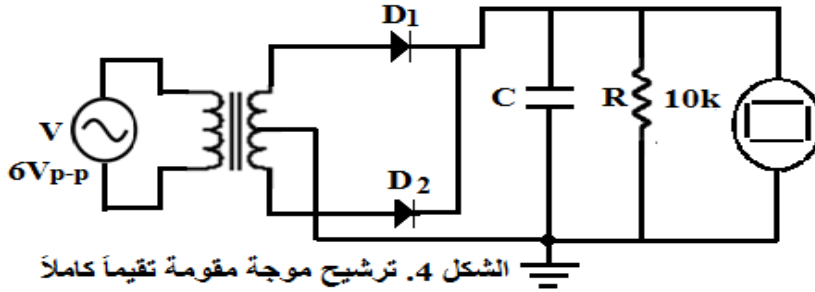
الشكل 3. قياس الفولتية المستمرة لموجة مرشحة

الجدول 1.

C (μF)	V_{dc} (Volts)	V_r (Volts)	$\gamma = V_r/V_{dc}$
0.1			
1			
4.7			
10			
47			
100			
470			
1000			

ثانياً: ترشيح الموجة المقومة تقوياً كاملاً

- (1) كرر خطوات التجربة في أولاً أعلاه مستعيناً بالشكل 4 مرة، وبالشكل 5 مرة أخرى.
- (2) إرسم المنحنين اللذين رسمتهما بين (γ و C) في الجزء الأول والجزء الثاني مرة أخرى على ورقة بيانية واحدة ولاحظ الفرق بين الرسمين وعلق عليهما.



تجربة -5-

دوائر تحديد قطع الفولتية (Clippers) باستعمال الثنائياتالهدف

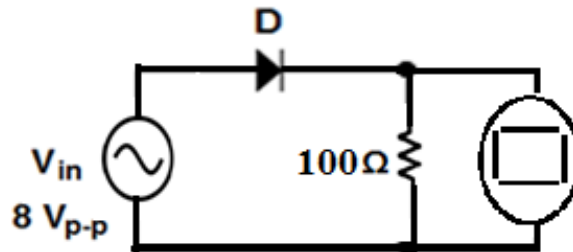
- (1) إستعمال ثنائيات التقويم لتحديد قطع فولتية مترددة من الجزء السالب أو من الجزء الموجب.
- (2) إستعمال ثنائيات التقويم وبطاريات (فولتية مستمرة) لقطع فولتية مترددة من الجزء السالب أو من الجزء الموجب عند مستوى معين.

الأجهزة والأدوات المستعملة

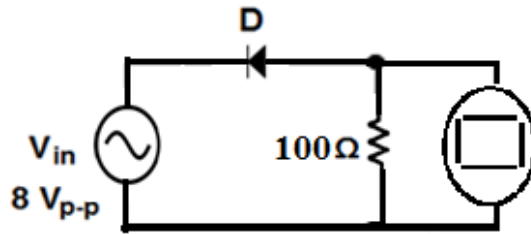
- (1) مصدر جهد متردد. (2) مصدر جهد مستمر. (3) ثنائيات تقويم. (4) مقاومتان 100Ω و $10k\Omega$.
- (2) (5) جهاز راسم الذبذبات. (6) أسلاك توصيل.

العملأولاً: القطع من الجزء السالب أو من الجزء الموجب

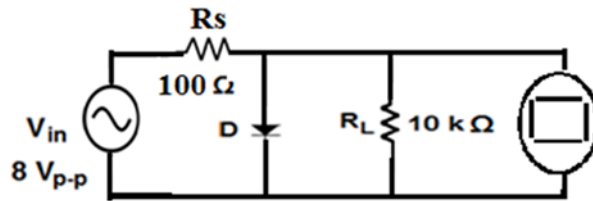
- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 1.
- (2) استعمل فولتية دخل مترددة قيمتها (8V)، (لاحظ أن $V_i > V_B$).
- (3) على شاشة جهاز راسم الذبذبات شاهد شكل الموجة الداخلة قبل القطع وشكل الموجة الخارجة بعد القطع.
- (4) كرر الخطوات السابقة مع الدوائر الموضحة في الأشكال 2، 3، و 4.
- (5) قارن بين أشكال الموجات الخارجة من الدوائر الأربعة.



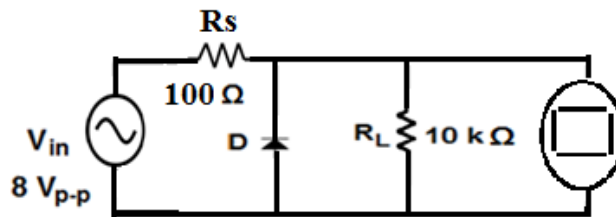
الشكل 1.



الشكل 2.



الشكل 3.



الشكل 4.

القراءات والحسابات والنتائج

(1) قس قيم الفولتية الخارجة في الشكلين 1 ، 2 وقارنهما مع القيم المحسوبة نظريا من المعادلة التالية : $(V_o = \frac{V_{i\max} - V_B}{R_D + R})$ وإذا كانت $(R \gg R_D)$ فإن $(V_o =)$

$$(V_{i\max} - V_B).$$

(2) الفولتية الخارجة من دائرة الشكل 1 موجبة والخارجة من الشكل 2 سالبة، لماذا؟ وماذا يحصل لو كانت $(V_i \leq V_B)$ ؟

(3) عندما تكون الفولتية الخارجة موجبة، قس الفولتية الصغيرة السالبة التي تظهر تحت المحور، ماذا تمثل هذه القيمة؟ وعندما تكون الفولتية الخارجة سالبة، قس الفولتية الصغيرة الموجبة التي تظهر فوق المحور، ماذا تمثل هذه القيمة؟

(4) قس الفولتيتين الخارجتين في الشكلين 3 و 4 وقارنهما مع القيم المحسوبة نظريا من المعادلة التالية : $(V_o = \frac{V_{i\max}}{R_S + R_L} R_L)$ وإذا كانت $(R_L \gg R_S)$ فإن $(V_o =)$

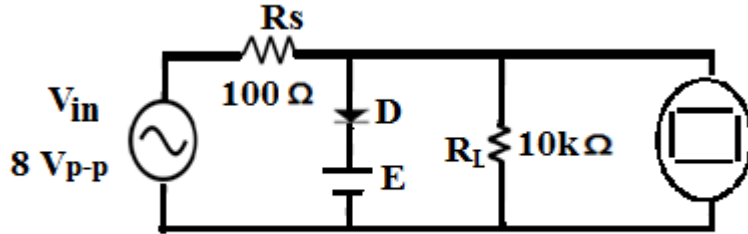
$$\frac{V_{i\max}}{R_L} R_L.$$

ثانيا: القطع من الجزء السالب أو من الجزء الموجب عند مستوى معين

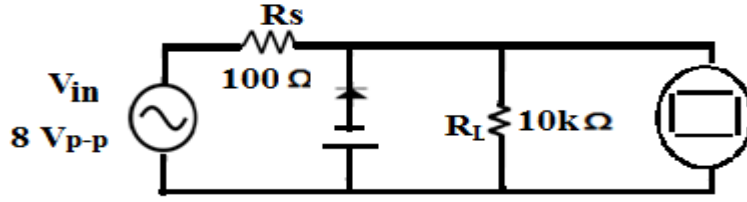
- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 5.
- (2) إجعل $(V_i = 8 V_{p-p})$.
- (3) إستعمل فولتية مستمرة $(E = 2 V)$ ولاحظ الفولتية الخارجة. كرر مع $(E = 3, 4, 5 V)$ وفي كل مرة لاحظ الفولتية الخارجة.
- (4) قس قيم الفولتيات الخارجة وقارن بين أشكالها.

القراءات والحسابات والنتائج

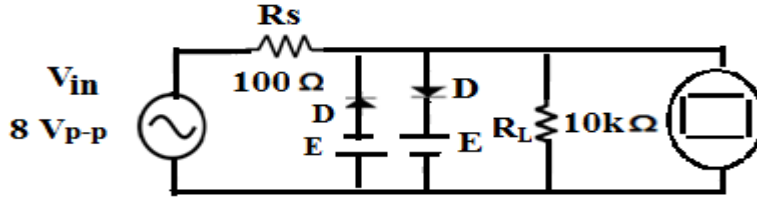
- (1) قس قيم الفولتيات الخارجة من دوائر الأشكال 5، 6، و7.
- (2) في الشكل 5 القيمة النظرية للفولتية الموجبة الخارجة تحسب من المعادلة $(V_o = V_B + E)$ والفولتية السالبة تحسب من المعادلة $(V_o = -\frac{V_{i\max}}{R_s + R_L} R_L)$.
 قارن هذه القيم المحسوبة مع القيم المقاسة عملياً.
- (3) في الشكل 6 القيمة النظرية للفولتية السالبة الخارجة تحسب من المعادلة $\{V_o = -(V_B + E)\}$ والفولتية الموجبة تحسب من المعادلة $(V_o = \frac{V_{i\max}}{R_s + R_L} R_L)$. قارن هذه القيم مع القيم المقاسة عملياً.
- (5) في الشكلين 5 و 6 إرفع مقاومة الحمل (R_L) ولاحظ شكل الموجة الخارجة من كل دائرة.
- (6) في دائرة الشكل 7 تحسب الفولتية الموجبة الخارجة من المعادلة $(V_{B1} + E_1)$ و الفولتية السالبة الخارجة من المعادلة $\{-(V_{B2} + E_2)\}$ وقارن هاتين القيمتين النظريتين مع القيمتين المقاستين عملياً.



الشكل 5.



الشكل 6.



الشكل 7.

تجربة -6-

تحميل جهد متردد على جهد مستمر (Clamping) الهدف

- (1) تحميل جهد متردد على جهد مستمر سالب.
- (2) تحميل جهد متردد على جهد مستمر موجب.

الأجهزة والأدوات المستعملة

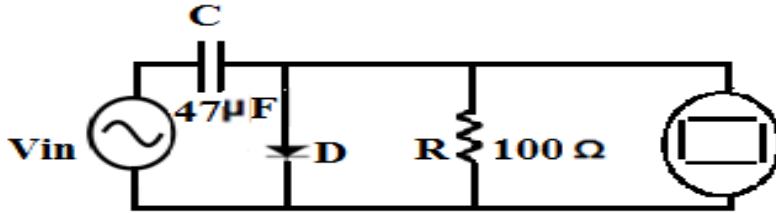
- (1) مصدر جهد متردد.
- (2) ثنائيات تقويم.
- (3) مقاومة قيمتها 100.
- (4) مكثف سعته $47 \mu F$.

(5) جهاز راسم ذبذبات

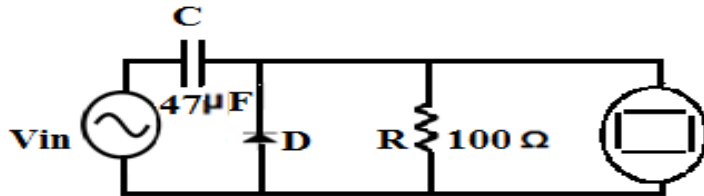
(6) أسلاك توصيل

العمل

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 1.
- (2) إستعمل فولتيات دخل مترددة قيمها (4، 6، 8، 10، فولت) أي أن $V_{i-p} = 4, 6, 8, 10, \dots V$.
- (3) لاحظ شكل الفولتية الداخلة على شاشة جهاز راسم الذبذبات.
- (4) لاحظ شكل الفولتية الخارجة على شاشة جهاز راسم الذبذبات.
- (5) قارن بين شكلي الفولتية الداخلة والفولتية الخارجة. ماذا تلاحظ؟
- (6) كرر الخطوات 2 إلى 5 مع دائرة الشكل 2.



الشكل 1. تحميل جهد متردد على جهد مستمر سالب



الشكل 2. تحميل جهد متردد على جهد مستمر موجب

القراءات والحسابات والنتائج

- (1) النصف الموجب للتيار المتردد الداخل يشحن المكثف (C) في الشكل 1 إلى فولتية قيمتها تكون مساوية إلى القيمة العظمى للفولتية المترددة الداخلة ($V_{i_{max}}$) مطروحاً منها فولتية الحاجز V_B لثنائي التقويم المستعمل.
- (2) الشحنة على لوح المكثف الذي على اليسار تكون موجبة وشحنة اللوح الذي على اليمين تكون سالبة. لماذا؟
- (3) الفولتية المترددة الداخلة يتم حملها كما هي (نفس الشكل أي أن شكلها لا يتغير) على الفولتية المستمرة السالبة ($V_{max} - V_B$).
- (4) خرج دائرة الشكل 2 سيكون عكس خرج دائرة الشكل 1. (لماذا؟)، ويكون التحميل على جهد مستمر موجب ($V_{max} - V_B$).
- (5) لا تحصل عملية التحميل إلا إذا تحقق الشرط ($RC \geq 10 T$) حيث (RC) هو ثابت الزمن ووحدته الثانية عندما تكون وحدة المقاومة هي الأوم ووحدة سعة المكثف هي الفاراد، و (T) هو الزمن الدوري للإشارة الداخلة.
- (6) لاحظ أن الفولتية الخارجة من دائرة الشكل 1 لها قيمة عظمى
- $$(V_{o_{max}} = -2V_{i_{max}} + V_B)$$
- ومن دائرة الشكل 2 لها قيمة عظمى
- $$(V_{o(max)} = 2V_{i(max)} - V_B)$$
- (7) قس قيم الفولتيات الداخلة ولاحظ شكلها بواسطة راسم الذبذبات وفي نفس الوقت قس ولاحظ شكل الفولتيات الخارجة لكلا الدائرتين. قارن بين النتائج المتحصل عليها عملياً مع تلك المحسوبة نظرياً.

تجربة -7-

تعيين المعاملات المختلطة لترانزستور ثنائي الشحنة مقم بتوصيل بطريقة الباعث المشترك

المعاملات المختلطة لترانزستور ثنائي الشحنة نوع (PNP) أو (NPN) هي عناصر إحدى الدوائر المكافئة للترانزستور والتي تعتمد على عناصر كهربائية بسيطة يمكن التعامل معها كالمقاومات ومصادر الجهد ومصادر التيار وذلك لتسهيل تحليل دوائر الترانزستور الكهربائية. أنواع هذه المعاملات هي:

- (1) مقاومة الدخل ورمزها هو (h_i) .
- (2) مقلوب كسب الجهد (h_r) .
- (3) معامل كسب التيار (h_f) .
- (4) معامل التوصيل الخارجي (h_o) .

عندما يكون الترانزستور مقم بتوصيلاً بطريقة الباعث المشترك (Common emitter)، نضيف الحرف e لكل معامل من المعاملات الأربعة المذكورة أعلاه، أي إنها تكتب على الشكل $(h_{oe}, h_{fe}, h_{re}, h_{ie})$ ، أما إذا كان الترانزستور مقم بتوصيلاً بطريقة القاعدة المشتركة (Common base)، فإن المعاملات تكتب على الشكل

$$(h_{ob}, h_{fb}, h_{rb}, h_{ib})$$

الهدف

حساب قيم المعاملات المختلطة لترانزستور ثنائي الشحنة نوع NPN مقم بتوصيل بطريقة الباعث المشترك بواسطة:

(1) قياس العلاقة بين تيار القاعدة (I_B) وجهد القاعدة (V_{BE}) عند قيمة ثابتة لجهد الجامع (V_{CE}). من القيم المتحصل عليها نرسم منحنى بين (I_B) على المحور الرأسي و (V_{BE}) على المحور الأفقي، المنحنى الناتج يسمى منحنى الدخل من هذا المنحنى نحصل على المعاملين (h_{re} , h_{ie}).

(2) قياس العلاقة بين تيار الجامع (I_C) وجهد الجامع (V_{CE}) عند قيمة ثابتة لتيار القاعدة (I_B). من القيم المتحصل عليها نرسم منحنى بين (I_C) على المحور الرأسي و (V_{CE}) على المحور الأفقي، المنحنى الناتج يسمى منحنى الخرج من هذا المنحنى نحصل على المعاملين (h_{oe} , h_{fe}).

الأجهزة والأدوات المستعملة

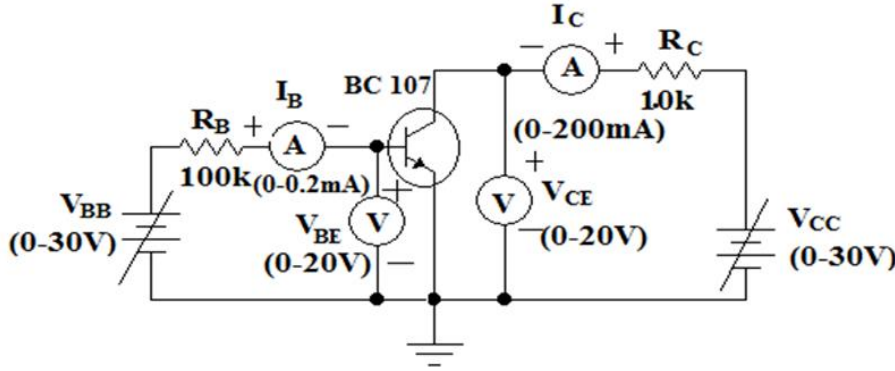
- (1) مصدر جهد مستمر متغير الخرج (0 – 30 فولت) عدد 2.
- (2) ترانستور NPN نوع BC 107 (أعظم تيار جامع 0.1 A).
- (3) مقاومات كربونيتان الأوليقيمتها (100 k Ω) والثانية قيمتها (1k Ω).
- (4) مقاوماتان متغيرتان قيمتيهما (1k Ω ، 200 Ω).
- (5) عدد 2 أميتر رقمي (0 - 200 μ A، 0 - 200 mA).
- (6) عدد 2 فولتميتر رقمي (0 - 20 V). (7) أسلاك توصيل.

العمل

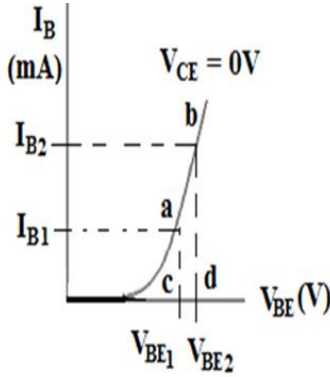
أولاً. خاصيتا الدخل.

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل . هذه الدائرة تساعدك على حساب المعاملين (h_{re} ، h_{ie}).

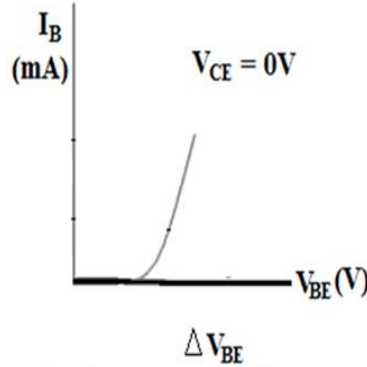
- (2) ثبت قيمة (V_{CE}) عند 0V بتغيير (V_{CC}) وغير قيم (V_{BB}) بالتدريج ولاحظ تيار القاعدة (I_B) والفولتية (V_{BE}). تغيير قيم (V_{BB}) في البداية يكون بخطوات 0.1V وحالما يبدأ التيار بالزيادة غير (V_{BB}) بخطوات 1V الى حد القيمة 12V.
- (3) أرسم منحنى بين قيم (I_B) على محور الصادات وقيم (V_{BE}) على محور السينات، تحصل على المنحنى الموضح في الشكل 2 وهو شبيه بمنحنى الخواص الأمامية للثنائي.
- (4) كرر الخطوتين 2، 3 باستعمال القيمة ثابتة ل (V_{CE}) قيمتها (5V) فتحصل على المنحنى الموضح في الشكل 3.



الشكل 1. دائرة ترانسستور NPN باعث مشترك لحساب المعاملات المختلطة



الشكل 3. العلاقة بين تيار القاعدة وفولتية القاعدة بثبوت فولتية الجامع لحساب مقاومة الدخل



الشكل 2. العلاقة بين تيار القاعدة وفولتية القاعدة بثبوت فولتية الجامع

القراءات والحسابات والنتائج

- (1) أدرج قراءات (V_{BE}) و (I_B) عند ثبوت قيمة (V_{CE}) عند (0V) في الجدول 1، بعد رسم العلاقة البيانية بين (V_{BE}, I_B) والحصول على الشكل 2، خذ على محور (I_B) قيمتين للتيار (I_{B1}, I_{B2}) .
- (2) من النقطتين عند $(I_{B1}$ و $I_{B2})$ ارسم مستقيمين موازيين لمحور (V_{BE}) ، المستقيمان سيقطعان المنحنى عند النقطتين (a و b) كما هو موضح في الشكل 3.
- (3) من النقطتين (a و b) إنزل عمودين على المحور (V_{BE}) فيقطعه عند النقطتين (c و d) فنحصل على قيمتين للـ (V_{BE}) $(V_{BE1}$ و $V_{BE2})$.
- (4) أحسب $(\Delta V_{BE}, \Delta I_B)$ حيث

$$(\Delta V_{BE} = V_{B2} - V_{B1}) \text{ و } (\Delta I_B = I_{B2} - I_{B1})$$

- (5) ثم أحسب (h_{ie}) حيث ان

$$\left(h_{ie} = \frac{1}{\left| \frac{\Delta I_B}{\Delta V_{BE}} \right|} = \left| \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \right| \right)$$

- (6) أدرج قراءات V_{BE} و I_B عند ثبوت قيمة V_{CE} عند 5V في الجدول 2، ارسم العلاقة البيانية بين V_{BE} و I_B لقراءات كلا الجدولين في شكل واحد فتحصل على الشكل 4.

- (7) قم بأخذ نقطة معينة على محور I_B وارسم منها مستقيماً يوازي محور V_{BE} فيقطع المنحنيين في النقطتين a و b. من هاتين النقطتين أنزل عمودين على المحور V_{BE} فيقطعه عند النقطتين c و d $(V_{BE1}$ و $V_{BE2})$.

(8) أحسب $(\Delta V_{BE}, \Delta V_{CE})$ حيث

$$(\Delta V_{BE} = V_{B2} - V_{B1}) \text{ و } (\Delta V_{CE} = 5 - 0 = 5V)$$

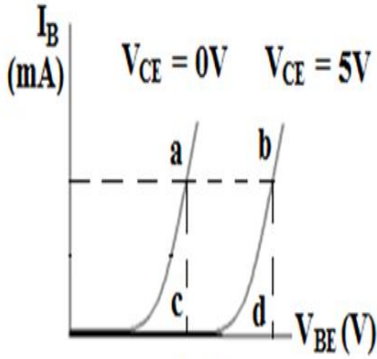
(9) ثم احسب h_{re} حيث $(h_{re} = \left| \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta V_{CE}} \right|)$.

الجدول 2.

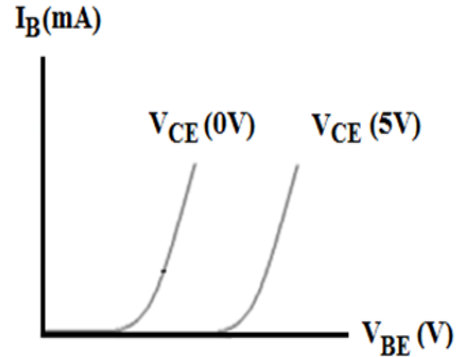
V_{BE}	I_B

الجدول 1.

V_{BE}	I_B



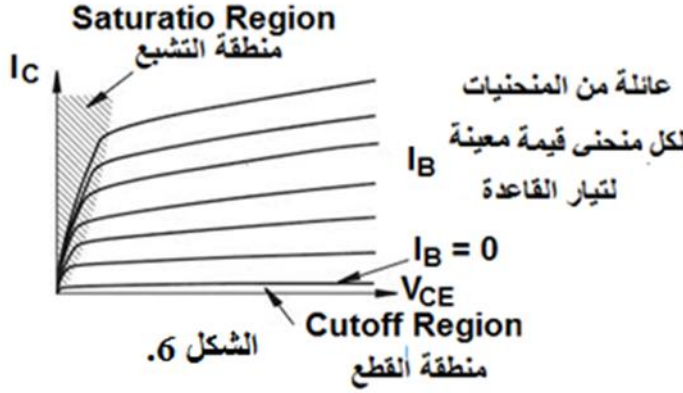
الشكل 5.



الشكل 4. العلاقة بين تيار القاعدة وفولتية القاعدة
بثبوت قيمتين لفولتية الجامع

ثانياً خاصيتا الخرج.

- (1) ثبت قيمة تيار القاعدة I_B عند قيمة $0 \mu A$ وذلك بتغيير V_{BB} .
- (2) غير قيم V_{CC} تدريجياً بخطوات تبدأ من $1V$ الى $12V$ ولاحظ تيار الجامع I_C وفولتية الجامع- الباعث V_{CE} .
- (3) كرر الخطوة 2 أعلاه لقيم مختلفة لتيار القاعدة I_B تساوي.
- (4) إرسم منحنى بين قيم V_{CE} على محور السينات وقيم I_C على محور الصادات عند ثبوت قيم I_B فتحصل على الشكل 6.

القراءات والحسابات والنتائج

- (1) ثبت قيمة تيار القاعدة عند $0 \mu A$ ثم خذ عدة قيم لـ V_{CE} ولكل قيمة من قيم V_{CE} قس قيمة تيار الجامع I_C وسجل القراءات في الجدول 3.
- (2) كرر الخطوة 1 لقيم أخرى لتيار القاعدة I_B وسجل كل مجموعة من القراءات في جدول.

(3) يرسم بيانياً العلاقة بين قيم تيار الجامع I_C على محور الصادات وقيم V_{CE} على محور السينات لقيم الجداول في الخطوة 2 لتحصل على منحنيات الشكل 6.

(4) اختر نقطتين على إحدى قيم I_B (أحد المنحنيات)، من هاتين النقطتين يرسم عمودين على المحور الصادي (محور I_C) فيقطعان المحور عند النقطتين (a و b)، وعمودين على المحور السيني (محور V_{CE}) فيقطعان المحور عند النقطتين (c و d) كما في الشكل 7.

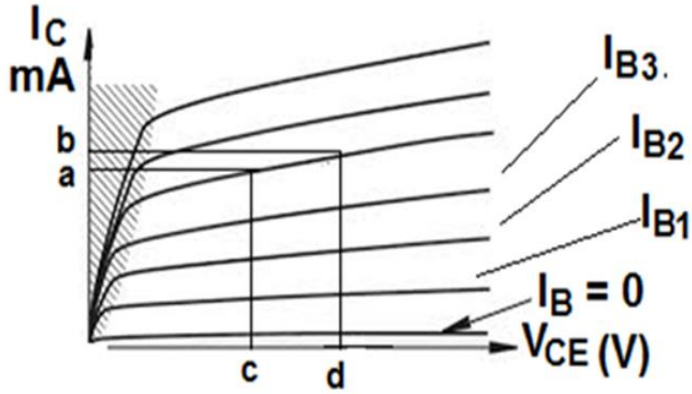
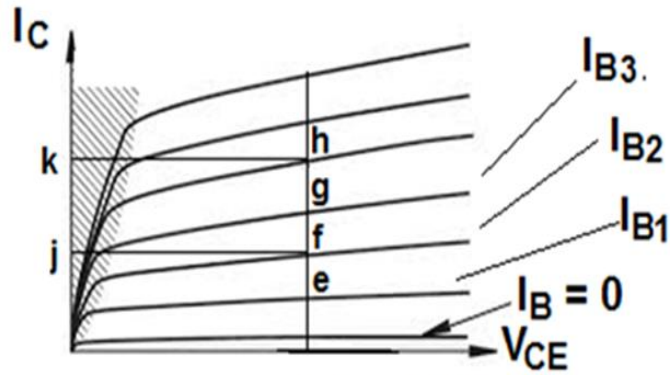
(5) أحسب ΔI_C بين النقطتين (a و b)، واحسب ΔV_{CE} بين النقطتين (c و d) ثم أحسب المعامل (h_{oe}) من العلاقة $(h_{oe} = \left| \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}} \right|)$.

(6) اختر قيمة ل V_{CE} على المحور السيني (محور V_{CE}) وارسم منها مستقيماً يوازي محور الصادات (محور I_C) فيقطع المنحنيات عند النقاط (e، f، g، و h) (الشكل 8).

(7) اختر أي نقطتين من النقاط (e، f، g، و h) وارسم منهما مستقيمين يوازيان المحور السيني فيقطعان المحور الصادي (محور I_C) عند نقطتين (j و k). (8) من الشكل 8 إحسب (ΔI_C) و أحسب (ΔI_B) ، ثم إحسب معامل كسب التيار الأمامي (h_{fe}) من العلاقة $(h_{fe} = \left| \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|)$.

الجدول 3.

V_{CE}	I_C

الشكل 7. منحنيات قياس h_{oe} الشكل 8. منحنيات قياس h_{fe}

تجربة -8-

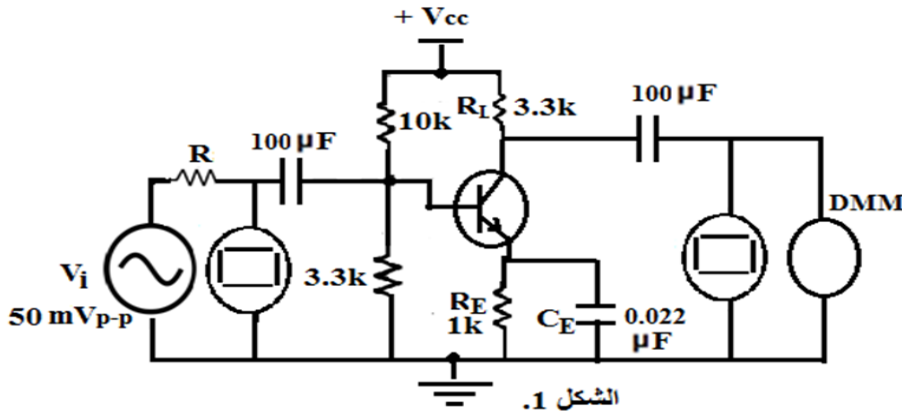
مكبر ترانزستور باعث مشترك ذو مرحلة واحدة وذو مرحلتين (توصيل
بطريقة مقاومة-مكثف R-C)

الهدف

- (1) استعمال الترانزستور كمكبر للتيار.
- (2) استعمال الترانزستور كمكبر للجهد.
- (3) قياس حد التشوه (قياس قيمة أكبر إشارة يمكن توصيلها إلى مدخل المكبر دون أن تتشوه الإشارة الخارجة).
- (4) رسم منحنى الاستجابة الترددي وتعيين مدى الإمرار للمكبر (Band Width).

الأجهزة والأدوات المستعملة

- (1) مصدر جهد مستمر. (2) مولد ذبذبات. (3) راسم ذبذبات. (4) ترانزستورات. (5) مقاومات و مكثفات. (6) أجهزة قياس رقمية متعددة الأغراض.

العمل

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 1.

- (2) أدخل فولتية مترددة قيمتها (500 mV p-p بتردد $f = 1 \text{ kHz}$) ولاحظها على شاشة جهاز راسم الذبذبات.
- (3) قس فولتية الخرج ($V_o \text{ p-p}$) بواسطة جهاز راسم الذبذبات وجهاز القياس الرقمي.
- (4) غير التردد (f) وفس فولتية الخرج V_o (تأكد أن فولتية الدخل V_i لا تتغير مع تغيير التردد وإذا تغيرت أرجعها إلى القيمة التي كانت عليها). كرر هذه الخطوة عدة مرات.
- (5) احسب كسب الجهد من العلاقة ($A_v = \frac{V_o}{V_i}$) لكل تردد. ثم احسب كسب الجهد بوحدة الديسي بيل (dB) من العلاقة ($A_v(dB) = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$).
- (6) ارسم منحنى بين كسب الجهد A_v على محور الصادات والتردد f على محور السينات. المنحنى المتحصل عليه يسمى منحنى الاستجابة الترددي.
- (7) احسب زاوية فرق الطور ϕ بين الفولتية الخارجة V_o والفولتية الداخلة V_i .
- (8) قم بتوصيل مقاومة على التوالي مع مصدر الجهد واحسب قيمة التيار الداخل (I_i) من العلاقة ($I_i = \frac{R}{R}$).
- (9) احسب تيار الخرج I_o من العلاقة ($I_o = \frac{V_o}{R_L}$).
- (10) احسب كسب التيار A_i من العلاقة ($A_i = \frac{I_o}{I_i}$).
- (11) زد قيمة فولتية الدخل إلى أن يصبح الخرج مشوها، قس حد التشوه.
- (12) كرر كل الخطوات أعلاه في حالة استخدام دائرة تكبير ذات مرحلتين.

القراءات والحسابات والنتائج

- (1) أرسم الجدول رقم 1. فولتية الدخل هي (50 mV). في عمود التردد f ابدأ بتردد (1 kHz) وقس قيمة الفولتية الخارجة V_o واحسب كسب الجهد A_v . كرر هذه الخطوة مع الترددات الأخرى .
- (2) أرسم علاقة بين كسب الجهد A_v على محور الصادات والتردد (f) على محور السينات لتحصل على منحنى الاستجابة الترددي وعين عليه مدى الإمرار للمكبر (BW).
- (3) إرسم الجدول 2 واحسب عند كل تردد تيار الدخل I_i وتيار الخرج I_o وكسب التيار A_i .
- (4) لاحظ تأثير التردد على كل من كسب الجهد A_v وكسب التيار A_i .
- (5) إحسب كسب القدرة A_p لكل تردد حيث $(A_p = A_v A_i)$.
- (6) فسر سبب عدم ثبات منحنى الاستجابة في بدايته وفي نهايته (عند الترددات المنخفضة وعند نهايته).
- (7) قس زاوية فرق الطور بين جهود الخرج والدخل واعطي تفسيراً لذلك.

تجربة -9-

مكبر ترانزستور مقم بتوصيل بطريقة الجامع المشترك (تابع الباعث).
مكبر ترانزستور المجالي مقم بتوصيل بطريقة المصدر المشترك.

الهدفأولاً : الجامع المشترك

- (1) قياس كسب الجهد A_v ، كسب التيار A_i ، وكسب القدرة A_p .
- (2) قياس زاوية فرق الطور ϕ بين الإشارة الخارجة V_o والإشارة الداخلة V_i .

(3) قياس حد التشوه (قياس قيمة أكبر إشارة يمكن توصيلها إلى مدخل المكبر دون أن تشوه الإشارة الخارجة).

ثانياً : المصدر المشترك

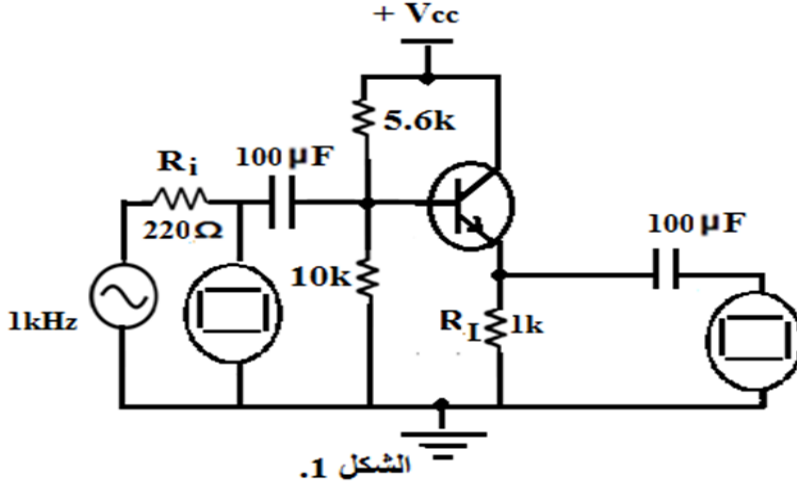
- (1) قياس كسب الجهد A_v وملاحظة تأثير مقاومة الحمل R_L وتأثير المكثف المقم بتوصيل بالمصدر وتأثير تغير التردد f على كسب الجهد وعلى زاوية فرق الطور.
- (2) قياس حد التشوه (قياس قيمة أكبر إشارة يمكن توصيلها إلى مدخل المكبر دون أن تشوه الإشارة الخارجة).

الأجهزة والأدوات المستعملة

- (1) مصدر جهد مستمر. (2) مولد ذبذبات. (3) جهاز راسم ذبذبات. (4) ترانزستور ثنائي الشحنة نوع NPN. (5) ترانزستور تأثير مجالي. (6) مقاومات ومكثفات. (7) جهاز قياس رقمي متعدد الأغراض.

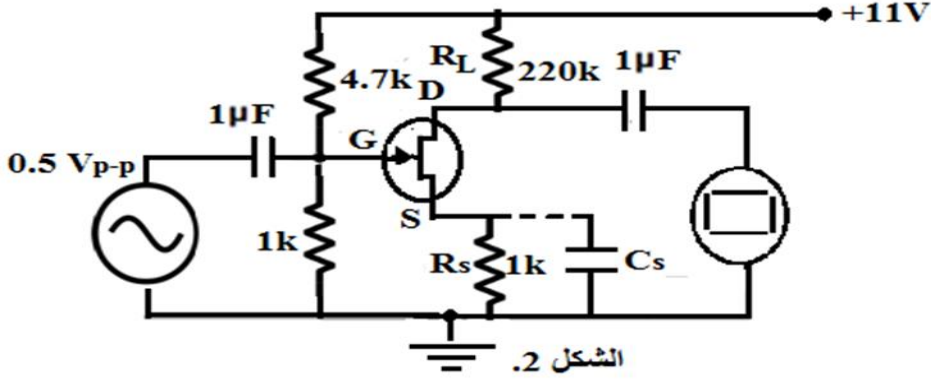
العمل 1 (الجامع المشترك)

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل (1).
- (2) أدخل فولتية دخل قيمتها $(0.5 V_{P-P})$ ولاحظها بواسطة جهاز راسم الذبذبات.
- (3) قس فولتية الخرج V_o ولاحظها بواسطة جهاز راسم الذبذبات.
- (4) قس زاوية فرق الطور ϕ بين فولتية الخرج V_o وفولتية الدخل V_i .
- (5) زد قيمة فولتية الدخل إلى أن يصبح الخرج مشوهاً، قس حد التشوه.



القرءات والحسابات والنتائج

- (1) إحسب كسب الجهد A_v من العلاقة $(A_v = \frac{V_o}{V_i})$.
- (2) إحسب كسب التيار A_i من العلاقة $(A_i = \frac{I_o}{I_i})$ وأن $(I_i = \frac{V_i}{R_i} = I_b)$ و $(I_o = \frac{V_o}{R_L} = I_e)$.
- (3) إحسب A_p حيث $A_p = A_v A_i$.
- (4) قس زاوية فرق الطور ϕ بين فولتية الخرج V_o وفولتية الدخل V_i بواسطة جهاز راسم الذبذبات.
- (5) ما هي إستنتاجاتك لكل من كسب الجهد A_v وكسب التيار A_i وزاوية الطور.
- (6) قياس حد التشوه وذلك بزيادة تدريجية لفولتية الدخل وملاحظة شكل الفولتية الخارجة لحين حصول التشوه.



العمل 2 (المصدر المشترك)

- 1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 2.
- 2) أدخل فولتية دخل قيمتها (0.5 V_{p-p}) ولاحظها بواسطة جهاز راسم الذبذبات.
- 3) ملاحظة تأثير كل من (f , C_s , R_L) على (A_v و ϕ).
- 4) قياس حد التشوه.

القرءات والحسابات والنتائج

- 1) إحسب A_v عندما ($f = 1\text{kHz}$, $R = 1\text{ k}\Omega$, $C_s = 100\text{ }\mu\text{F}$, $R_L = 220\text{ k}\Omega$) ثم خذ قيم أخرى خذ قيم أخرى R_L ولاحظ تأثير ذلك على A_v ، و ثم خذ قيم أخرى للمكثف C_s ولاحظ تأثير ذلك على A_v ، وأخيرا خذ قيم أخرى للمقاومة R_s ولاحظ تأثير ذلك على A_v .
- 2) خذ قيم أخرى للتردد f ولاحظ تأثير ذلك على A_v و ϕ .
- 3) قياس حد التشوه وذلك بزيادة تدريجية لفولتية الدخل وملاحظة شكل الفولتية الخارجة لحين حصول التشوه.

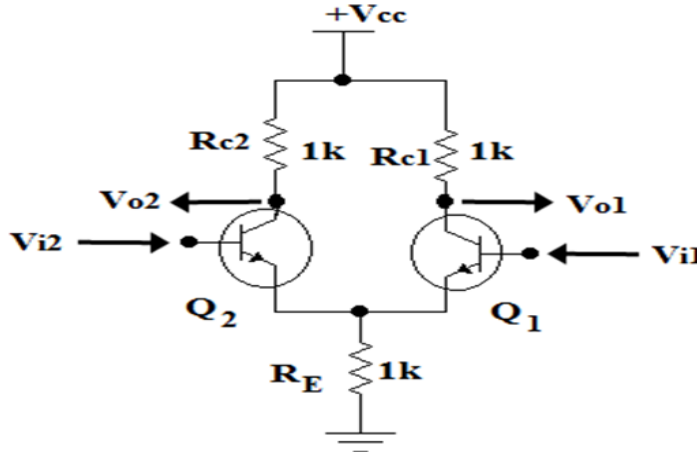
تجربة - 10 -

مكبر الفرق (Differential Amplifier)**مقدمة نظرية**

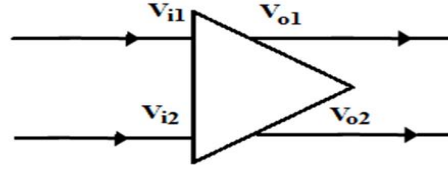
مكبر الفرق عبارة عن دائرة إلكترونية تقوم بتكبير الفرق بين موجتين (إشارتين) تدخلان إلى مدخلي الدائرة. فولتية الخرج V_o تتناسب طرديا مع الفرق بين الفولتيتين الداخلتين، أي أن:

$$V_o \propto (V_2 - V_1)$$

تتكون دائرة مكبر الفرق من زوج من الترانزستورات نوع NPN مقم بتوصيلتان بطريقة الباعث المشترك مقاومتي تحميل (R_{C1}, R_{C2}) ، ومقومة تقم بتوصيل بين الباعثين المشتركين والأرضي R_E . يوضح الشكل 1 دائرة مكبر الفرق ويوضح الشكل 2 الرمز الإلكتروني له:



الشكل 1.



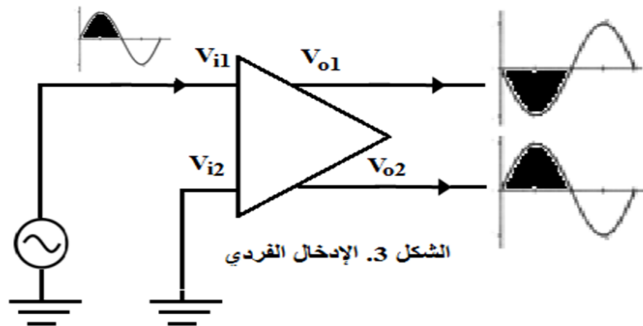
الشكل 2. الرمز الإلكتروني لدائرة مكبر الفرق

طرق إدخال الإشارات الى مكبر الفرق

1) الإدخال الفردي (Single input mode).

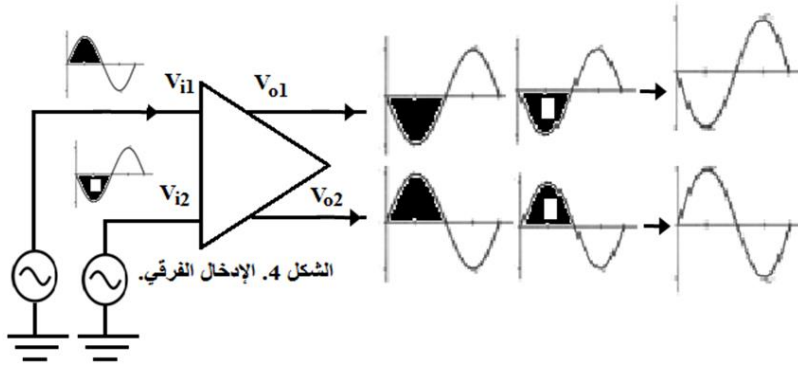
في هذه الطريقة يتم إدخال إشارة واحدة إما إلى الدخل الأول أو إلى المدخل الثاني ويقم بتوصيل المدخل الآخر إلى الأرضي كما هو موضح في الشكل 3.

لاحظ أن هناك خرجان مكبران، V_{o1} ويكون في طور معاكس لطور إشارة الدخل و V_{o2} ويكون في نفس الطور مع إشارة الدخل. سبب كون الإشارة الخارجة من الترانزستور الأول في طور معاكس لإشارة الدخل هو أن هذا الترانزستور يعمل بطريقة الباعث المشترك، في حين يعمل الترانزستور الثاني بطريقة القاعدة المشتركة.



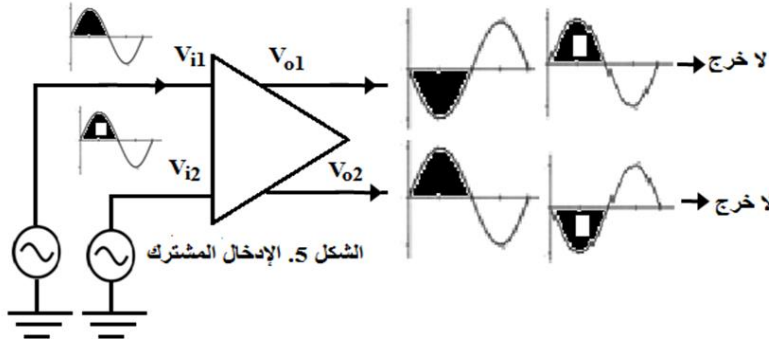
(2) الإدخال الفرقى (Differential input mode).

في هذه الطريقة يتم إدخال إشارتين لهما نفس التردد إلى المدخلين وتكونان مختلفتان في الطور عن بعضهما البعض بزاوية طور مقدارها 180° . الإشارتان اللتان تظهران عند الخرجين تكونان مكبرتان مرتان وتكونان مختلفتان في الطور عن بعضهما بزاوية طور مقدارها 180° . يسمى الكسب المتحصل عليه كسب الإدخال الفرقى ويرمز له A_d كما هو موضح في الشكل 4.



(3) الإدخال المشترك (Common mode input)

في هذه الطريقة يتم إدخال إشارتين لهما نفس التردد ونفس السعة إلى المدخلين وتكونان متحدتان في الطور (تكونان في نفس الطور)، لا تظهر أي إشارة عند الخرجين كما هو موضح في الشكل 5. يسمى الكسب المتحصل عليه كسب الإدخال المشترك ويرمز له A_c .



لو قسمنا A_d على A_c لحصلنا على ما يسمى معامل أو نسبة نبذ الإشارة (CMRR) وهو اختصار للكلمات (Common Mode Rejection Ratio)، أي أن:

$$\left(CMRR = \frac{A_d}{A_c} \right)$$

الهدف

- (1) دراسة عمل مكبر الفرق بالطرق الثلاث المذكورة في المقدمة النظرية وهي الإدخال الفردي الإدخال الفرقى، والإدخال المشترك.
- (2) ملاحظة وحساب تكبير الإشارة الخارجة لكل طريقة من الطرق الثلاث.
- (3) حساب نسبة نبذ الإشارة.

الأجهزة والأدوات المستعملة

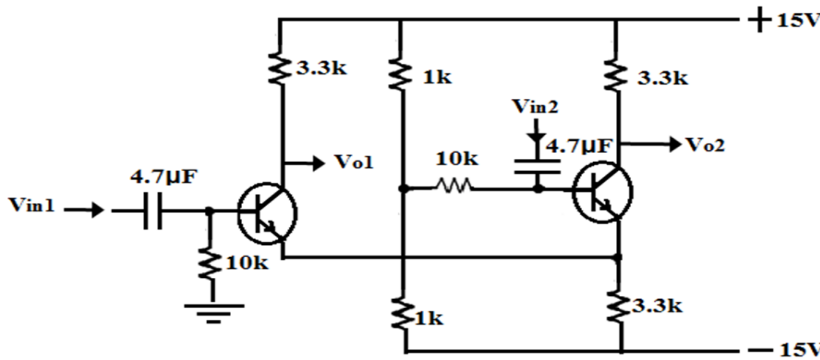
- (1) مصدر جهد مستمر له ثلاثة مخارج هي المخرج الموجب المخرج السالب والمخرج الأرضي أو الصفر. (2) مصدر جهد متردد. (3) محول له ثلاثة مخارج

الوسط منها يكون صفرا أو أرضي. (4) جهاز راسم الذبذبات وجهاز قياس رقمي (DMM). (5) مكثفات ومقاومات وترانزستورين متمثلين نوع NPN.

العمل

أولا: الإدخال الفردي

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 6. يبين الشكل (7) كيفية الحصول من إشارة واحدة على إشارتين لهما نفس السعة ونفس التردد إلا إنهما مختلفتان في الطور بزاوية مقدارها $180^\circ (\pi)$.
- (2) قم بتوصيل أحد المدخلين إلى الأرضي.
- (3) أدخل فولتية مترددة (إشارة) إلى المدخل الآخر قيمتها $(V_i = 0.05 \text{ V})$ ولاحظ شكلها على شاشة جهاز راسم الذبذبات.
- (4) لاحظ وقس الفولتيتين الخارجيتين من المخرجين واحسب كسب الفولتية A_v حيث ان:
$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$
- (5) لاحظ طور الإشارتين الخارجيتين وقارنهما مع إشارة الدخل.



الشكل 6. الدائرة العملية لمكبر الفرق

ثانياً: الإدخال الفرقى

- (1) استعمل نفس الشكليين (6 ، 7).
- (2) أدخل إشارتين إلى المدخليين (V_{i1} و V_{i2}) متساويتين في السعة وفي التردد ولكنهما مختلفتان في الطور بزاوية طور مقدارها 180° .

- (3) لاحظ وقس الفولتيتين الخارجيتين من المخرجين احسب كسب الفولتية A_d .
- (4) لاحظ طور الإشارتين الخارجيتين وقارنهما مع إشارة الدخل.
- (5) استعمل قيم مختلفة لإشارتي الدخل واحسب في ككل مرة قيمة A_d .

ثالثاً: الإدخال المشترك

اتبع نفس خطوات طريقة الإدخال الفرقى ولكن إشارات الدخل تكون في نفس الطور.

القراءات والحسابات والنتائج**أولاً:**

- (1) أدخل إشارة إلى المدخل مقدارها 0.05 V ، أي أن ($V_i = 0.05\text{ V}$ ، والتردد $f = 1\text{ kHz}$).
- (2) لاحظ وقس فولتية الخرج (V_o).
- (3) أحسب كسب الفولتية أو كسب الجهد، A_v ، حيث $(A_v = \frac{V_o}{V_i})$.
- (4) قس زاوية فرق الطور Φ بين إشارة الخرج الأول وإشارة الدخل وكذلك بين إشارة الخرج الثاني وإشارة الدخل.

ثانياً:

- (1) أدخل قيم فولتيات الدخل V_i المدرجة في الجدول 1 واحدة بعد الأخرى وقس لكل دخل فولتية الخرج V_o واحسب كسب الفولتية A_d ، ومدى قيم A_d من إلى
- (2) لاحظ إشارتي الخرج وقارنهما مع إشارتي الدخل من حيث القيم ومن حيث زوايا الطور.

ثالثاً:

(1) أدخل قيم فولتيات الدخل V_i المدرجة في الجدول 2 واحدة بعد الأخرى وقس لكل دخل فولتية الخرج V_o واحسب كسب الفولتية A_c ، ومدى قيم A_c من ... إلى (.....)

(2) لاحظ هل هناك ظهور لإشارتي الخرجولماذا؟

(3) لماذا لا تكون قيم A_c مساوية للصفر كما هو متوقع؟

(4) أحسب قيم (CMRR) حيث أن $(CMRR = \frac{A_d}{A_c})$.

(5) حول قيم (CMRR) إلى وحدة الديسي بيل (dB) حيث أن

$$(CMRR(dB) = 10 \log \frac{A_d}{A_c})$$

V_i (V)	V_o (V)	A_c
0.014		
0.017		
0.021		
0.024		
0.026		
0.030		
0.035		

الجدول 2.

V_i (V)	V_o (V)	A_d
0.014		
0.017		
0.021		
0.024		
0.026		
0.030		
0.035		

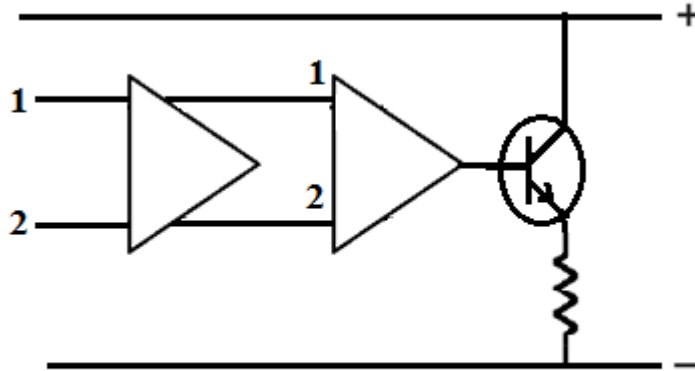
الجدول 1.

تجربة -11-

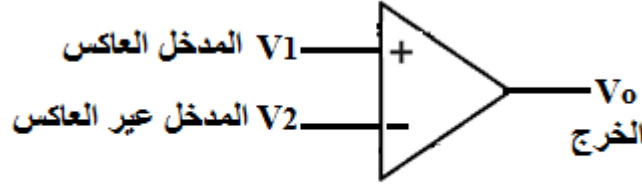
مكبر العمليات (Operational Amplifier)مقدمة نظرية

أبسط دائرة لمكبر العمليات تتكون من مرحلتين من مكبر الفرق ودائرة تابع باعثيحيث يتم توصيل مخرجي مكبر الفرق الأول إلى مدخلي مكبر الفرق الثاني ويقم بتوصيل أحد مخرجي مكبر الفرق الثاني إلى مدخل التابع الباعثيذلك للحصول على معاوقة خارجية صغيرة نسبياً. يمثل الشكل 1 أبسط دائرة لمكبر العمليات. الشكل 2 يوضح الرمز الإلكتروني لمكبر العمليات.

يرمز للمدخل غير العاكس بإشارة (+) وللمدخل العاكس بإشارة (-). يتناسب خرج الدائرة (V_o) مع الفرق بين الدخلين (V_1, V_2).



الشكل 1. أبسط دائرة لمكبر العمليات



الشكل 2. الرمز الإلكتروني لمكبر العمليات

معاملات مكبر العمليات

1 () الجهد الداخل الموازن (Input offset voltage) في مكبر العمليات غالباً ما يظهر على شكل جهد مستمر صغير القيمة عند خرج المكبر حتى في حالة عدم وجود أي إشارة دخل عند المدخلين وذلك بسبب وجود تغيرات طفيفة في فرق الجهد بين القاعدة والباعث مما يسبب تغيراً في تيار الجامع وبالتالي ظهور جهد مستمر صغير عند الخرج. يحسب هذا الجهد كما يلي:

$$V_O = (I_{C1} - I_{C2})R_C$$

حيث أن $(I_{C1}$ و $I_{C2})$ هما تياريا الجامعين للترانزستور الأول والثاني على الترتيب، و R_C هي مقاومة الجامع. ولكي يرجع الجهد V_O إلى الصفر فإنه يلزم تطبيق جهد مستمر فرقي عند دخل المكبر مقداره $(V_{be1} - V_{be2})$. هذا الجهد يطلق عليه اسم الجهد الداخل الموازن V_{OS} .

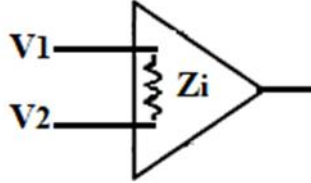
$$\therefore V_{OS} = V_{be1} - V_{be2}$$

وقيمته بحدود (2 mV) عند درجة حرارة الغرفة (25°C) وتزداد عن هذه القيمة مع زيادة درجة الحرارة وتكون الزيادة بحدود ($5 \mu\text{V}$ إلى $50 \mu\text{V}$) لكل درجة حرارة واحدة.

(2) تيار التشغيل (Input Bias Current)، هو مقدار التيار المستمر الداخل إلى المكبر واللازم لتشغيل المرحلة الأولى، تقدر قيمته بمتوسط التيارين الداخلين.

$$\therefore I_{bias} = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

(3) ممانعة الدخل (Z_i) (Input Impedance) الموضحة في الشكل 3 هي المعاوقة بين المدخلين العاكس وغير العاكس و تكون قيمتها كبيرة جداً، في المكبر المثالي تصل قيمة Z_i إلى المالا نهائية.



الشكل 3. ممانعة الدخل لمكبر العمليات

(4) التيار الداخل الموازن (I_{SO}) (Input Offset Current): تيارا التشغيل عادة لا يكونان متساويين. تيار الدخل الموازن I_{SO} يحسب كما يلي:

$$I_{OS} = |I_1 - I_2|$$

وجود هذا التيار يسبب ظهور جهد دخل موازن V_{OS} حيث ان:

$$(V_{OS} = (I_1 - I_2)R_{in}) \quad \text{OR} \quad (V_{OS} = I_{OS}R_{in})$$

(5) ممانعة الخرج (Z_o) (Output Impedance).

هي الممانعة المقاسة بين مخرجي المكبر وتكون صغيرة جداً. في حالة المكبر المثالي تؤول قيمة هذه الممانعة إلى الصفر.

(6) معدل تزايد الجهد الخارج (Slew Rate). التغير الذي يحصل في الجهد الخارج من ($-V_{max}$ إلى $+V_{max}$) خلال زمن Δt عند زيادة الجهد الدخل بصورة مفاجئة. الزمن Δt يتغير حسب استجابة مكبر العمليات لتغير الجهد الداخل.

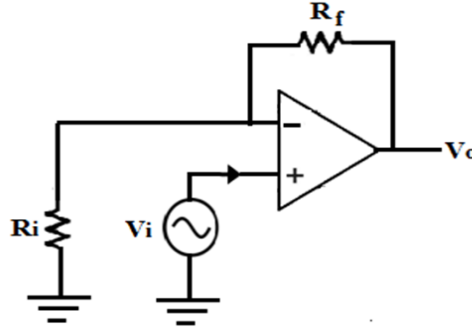
مكبر العمليات ذو التغذية العكسية السالبة (Operational)

Amplifier with Negative Feedback

يعتبر مكبر العمليات بدون تغذية عكسية مكبر للجهد ذو كسب كبير جداً، يسمى هذا الكسب كسب الدائرة المفتوحة (Open Loop Gain) ويختصر بالحروف (A_{ol}) وذلك لعدم وجود إتصال بين خرج الدائرة ودخلها. في حالة وجود تغذية عكسية سالبة تكون الدائرة أكثر ثباتاً على الرغم من أن التغذية العكسية السالبة تعمل على تصغير كسب الجهد مقارنة بكسب الدائرة المفتوحة، ويكون منحنى الإستجابة الترددي ذو مدى أكثر إتساعاً. يقال لكسب الجهد في هذه الحالة بأنه كسب الدائرة المغلقة (Closed Loop Gain) ويختصر بالحروف (A_{cl}).

مكبر العمليات غير العاكس (Noninverting Operational Amplifier)

يبين الشكل 4 دائرة هذا المكبر حيث تدخل الإشارة إلى المدخل غير العاكس. المقاومتان R_i و R_f تقومان بتجزئة الجهد الخارج وذلك للحصول على جهد التغذية العكسية V_f الذي يرجع إلى المدخل العاكس للمكبر كجهد تغذية عكسية سالبة. تحسب قيمة هذا الجهد كما يلي:



الشكل 4. مكبر عمليات غير عاكس

$$V_f = \frac{V_o}{R_i + R_f} (R_i) = \left(\frac{R_i}{R_i + R_f} \right) V_o = \beta V_o$$

حيث β هو معامل التغذية العكسية. بما أن

$$V_f = \beta V_o, \quad \therefore \beta = \frac{V_f}{V_o} = \frac{R_i}{R_i + R_f}$$

من الممكن إثبات أن (الإثبات على الطالب):

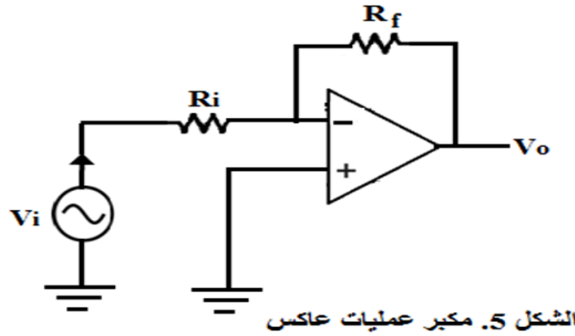
$$A_{cl} = \frac{1}{\beta} = \frac{R_i + R_f}{R_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

$$\therefore A_{cl} = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (1)$$

المعادلة 1 هي تعبير لحساب كسب جهد مكبر العمليات ذو التغذية العكسية السالبة عندما تكون إشارة الدخل على المدخل غير العاكس.

مكبر العمليات العاكس (Inverting Operational Amplifier)

بين الشكل 5 دائرة هذا المكبر حيث تدخل الإشارة المراد تكبيرها إلى المدخل العاكس (Inverting Input) عن طريق المقاومة R_i . لتحليل هذه الدائرة نفترض أن التيار الداخل إلى المدخل العاكس يساوي صفر وذلك بسبب معاوقة الدخل الكبيرة جداً. أي أن $(I_i = 0)$ وهذا يعني أن ليس هناك فرق في الجهد بين المدخلين العاكس وغير العاكس. ولما كان المدخل غير العاكس متوصلاً إلى الأرضي، من الممكن اعتبار جهد المدخل العاكس مساوياً إلى الصفر، ويسمى في هذه الحالة أرضي الدائرة الافتراضي (Virtual Ground) عند المدخل العاكس.



$$\frac{V_i}{R_i} = -\frac{V_o}{R_f} \& \therefore \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_i} \& I_{in} = I_f \& \therefore A_{cl} = -\frac{R_f}{R_i} \quad (2)$$

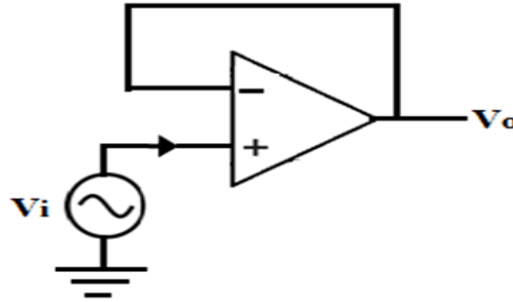
المعادلة 2 هي تعبير لتكبير الدائرة في حالة إدخال إشارة إلى المدخل العاكس. من الواضح أنه من الممكن التحكم بمقدار التكبير بتغيير قيم (R_i, R_f) .

مكبر العمليات التابع الفولتي (Voltage Follower Operational Amplifier)

يبين الشكل 6 دائرة هذا المكبر. يعتبر مكبر العمليات التابع الفولتي حالة خاصة من مكبر العمليات غير العاكس يكون فيه معامل التغذية العكسية β مساوياً إلى الواحد. أي

$$V_f = V_o, \quad \therefore A_{cl} = \frac{1}{\beta}, \quad \therefore A_{cl} = 1 \quad \text{أن:}$$

من خصائص هذه الدائرة أن لها ممانعة دخل كبيرة جداً وممانعة خرج صغيرة جداً، لهذا السبب فإنها تستعمل في نهاية مراحل التكبير.



الشكل 6. دائرة مكبر عمليات التابع الفولتي

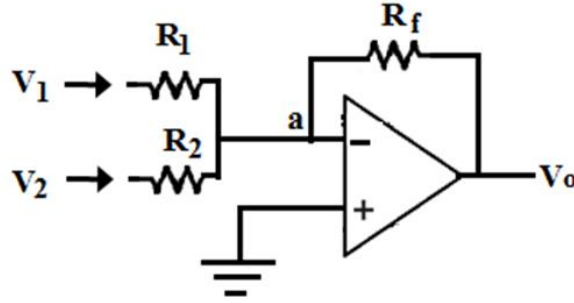
تطبيقات مكبر العمليات

(1) الدوائر الجامعة (Adding Circuits)

يبين الشكل 7 دائرة مكبر عمليات تقوم بجمع فولتيتين تدخلان سوية إلى المدخل العاكس عن طريق المقاومتين (R_2, R_1) المقم بتوصيلتان على التوازي مع بعضهما.

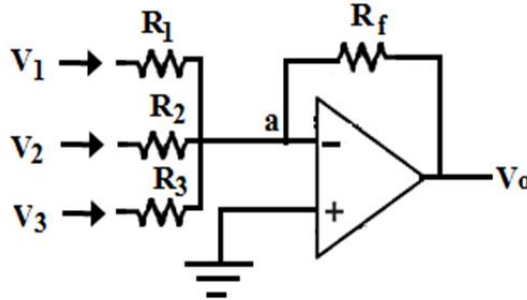
بتطبيق قانون كيرشوف للتيارات عند النقطة (a) فإن:

$$\sum I = 0 \quad \therefore \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_o}{R_f} = 0$$



الشكل 7. دائرة مكبر عمليات تعمل كدائرة جامعة.

إذا كان $R_1 = R_2 = R_f = R$ ، نجد أن: $V_o = -(V_1 + V_2)$



الشكل 8. دائرة مكبر عمليات تجمع ثلاث فولتيات.

من الممكن جمع أي عدد من الفولتيات الداخلة، في الشكل 8 لدينا ثلاث فولتيات داخلة عن طريق ثلاث مقاومات، بتطبيق قانون كيرشوف للتيارات عند النقطة (a) فإن:

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_O}{R_f} = 0$$

إذا كان $R_1 \neq R_2 \neq R_3 \neq R_f$ فإن

$$V_O = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

وعندما $R_1 = R_2 = R_3 = R$ فإن

$$V_O = -\frac{R_f}{R} (V_1 + V_2 + V_3)$$

وإذا كان $R_f = R$ فإن:

$$V_O = -(V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots)$$

(2) دائرة مكبر العمليات التكاملية (Integrator Operational Amplifier)

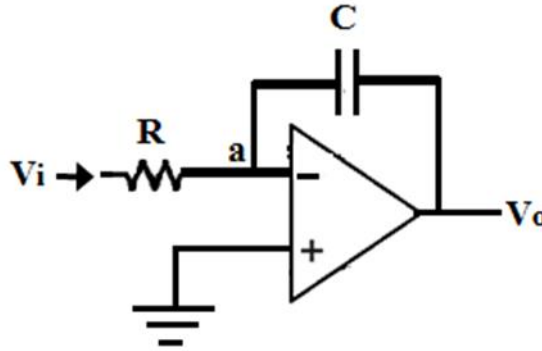
يبين الشكل 9 دائرة هذا النوع حيث يتناسب الجهد الخارج طردياً مع تكامل الجهد الداخل. أي أن:

$$V_O \propto \int V_i$$

لإثبات هذا، نطبق قانون كيرشوف للتيارات عند النقطة (a)

$$\frac{V_i}{R} + C \frac{dV_O}{dt} = 0, \quad \therefore \frac{V_i}{R} = -C \frac{dV_O}{dt}$$

$$\therefore V_o = -\frac{1}{RC} \int V_i dt$$



الشكل 9. دائرة مكبر عمليات تكاملية.

2 دائرة مكبر العمليات التفاضلية (Differential Operational Amplifier)

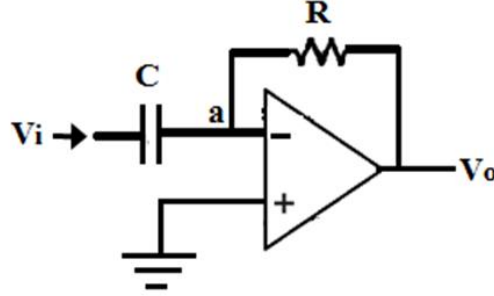
يبين الشكل 10 دائرة هذا النوع حيث يتناسب الجهد الخارج مع تفاضل الجهد الداخل.

أي أن $(V_o \propto dV_i)$

لإثبات هذا نطبق قانون كيرشوف للتيارات عند النقطة (a)

$$C \frac{dV_i}{dt} + \frac{V_o}{R} = 0$$

$$V_o = -RC \frac{dV_i}{dt}$$



الشكل 10. دائرة مكبر عمليات تفاضلية.

3 دائرة مكبر العمليات حارفة للطور (Phase Shift Operational Amplifier)

يبين الشكل 11 هذه الدائرة يعبر عن المعاوقة المركبة المكونة من مقاومة R مقم بتوصيلة على التوالي مع ملف L بالتعبير $(Z = R + jX_L)$. ويعبر عن المعاوقة المكونة من مقاومة R مقم بتوصيلة على التوالي مع

مكثف C بالتعبير $(Z = R - jX_C)$. إذن في الشكل 11 يعبر عن المعاوقة المتكونة من R_1, L بالتعبير $Z_1 = R_1 + jX_L$ ، ويعبر عنها بالصيغة القطبية بالتعبير

$$Z_1 = r_1 \angle \theta_1$$

حيث

$$\left(r_1 = \sqrt{R_1^2 + X_L^2} \right) \text{ و } \left(\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{X_L}{R_1} \right) \right), \text{ أما } Z_2 \text{ فيعبر عنها بالتعبير}$$

و بالصيغة القطبية ($Z_2 = R_2 - jX_C$)

حيث $\left(\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{X_C}{R_2} \right) \right)$ و مقدار كسب الجهد

للدائرة هو A_V حيث

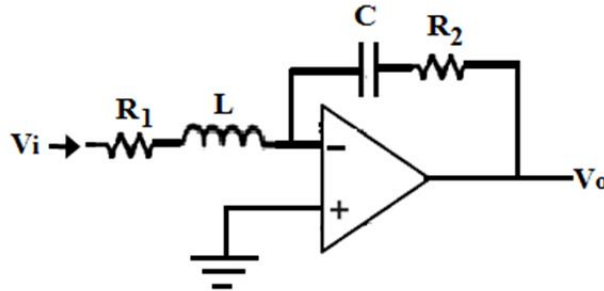
$$A_V = \frac{V_O}{V_i} = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{r_2}{r_1}(\theta_2 - \theta_1)$$

$$\therefore \frac{V_O}{V_i} = -\frac{r_2}{r_1}(\theta_2 - \theta_1)$$

و

$$\therefore V_O = \left(-\frac{r_2}{r_1} \theta_2 - \theta_1 \right) V_i$$

وعندما تكون $r_1 = r_2$ ، فإن $V_O = V_i(\theta_2 - \theta_1)$ ، أو $(V_O = -V_i e^{j(\theta_2 - \theta_1)})$



الشكل 11. دائرة مكبر عمليات حارفة للطور.

الهدف

(1) رسم منحنى الاستجابة الترددي.

(2) تعيين معامل كسب الجهد لمكبر العمليات العاكس وغير العاكس عند تغيير مقاومة التغذية العكسية R_f .

الأجهزة والأدوات المستعملة

(1) مصدر جهد مستمر له ثلاثة مخارج (المخرج الموجب، المخرج السالب، والمخرج الأرضي أو الصفر). (2) مصدر جهد متردد. (3) مكبر عمليات. (4) جهاز راسم الذبذبات. (5) مقاومات. (6) أسلاك توصيل.

العمل

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 4. استعمل القيم $4.7k\Omega$, $3.3k\Omega$, $1k\Omega$ للمقاومة R_f .
- (2) ثبت الفولتية المترددة الداخلة V_i عند القيمة $(0.26 V)$.
- (3) غير التردد f ولاحظ لكل تردد قيمة الفولتية الخارجة V_o ثم احسب لكل تردد كسب الجهد A_v حيث أن $A_v = \frac{V_o}{V_i}$.
- (4) كرر الخطوات (2،3) لقيم أخرى للمقاومة R_f .
- (5) ارسم منحنى بياني بين A_v على محور الصادات و f على محور السينات.

القراءات والحسابات والنتائج

- (1) سجل النتائج التي تحصل عليها في الجدول 1، استعمل قيم التردد الموضحة في الجدول 1.
- اقرأ قيم الفولتية الخارجة V_o بواسطة جهاز راسم الذبذبات ثم احسب قيمة كسب الجهد A_v لكل تردد ثم ارسم شكل منحنى الاستجابة بين A_v والتردد f فتحصل على

منحنى يشبه المنحنى الموضح في الشكل 12. المنحنى المتحصل عليه هو منحنى الاستجابة ($V_i = 0.26 \text{ V}$).

(2) ثبت قيمة التردد f عند تردد مناسب (f_0) (في منتصف الجزء الخطي من منحنى الاستجابة) ولاحظ العلاقة بين الجهد الداخل V_i والجهد الخارج V_0 في الحالات التالية:

R_i	R_f
1 k Ω	1 k Ω
1 k Ω	3.3 k Ω
1 k Ω	4.7 k Ω

(3) من العلاقات البيانية المتحصل عليها من الخطوة 2 (أنظر الى الشكل 13)، احسب مقدار كسب الجهد A_v عملياً في كل حالة.

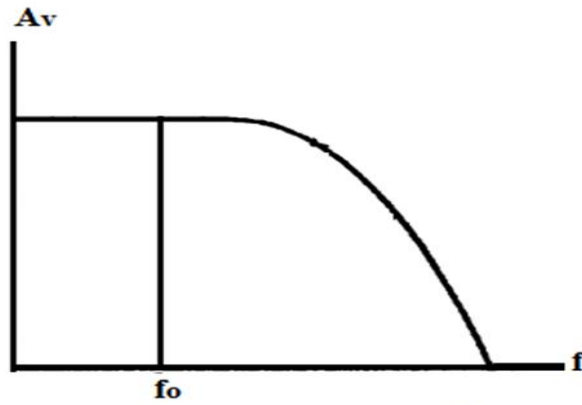
(4) احسب مقدار كسب الجهد A_v نظرياً في كل حالة من العلاقة النظرية ($A_v = 1 + R_f/R_i$).

(5) قارن بين النتائج العملية والنتائج النظرية وعلق عليها.

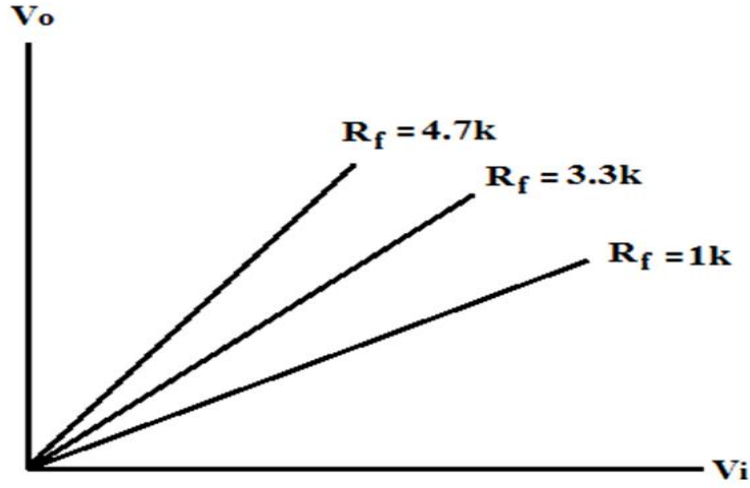
(6) كرر نفس الخطوات لدائرة الشكل 5 ولكن باستعمال العلاقة النظرية ($A_v = -f/R_i$)

الجدول 1.

f	Vo (volts)	Av
4kHz		
10kHz		
20kHz		
30kHz		
100kHz		
1MHz		
2MHz		
5MHz		
6MHz		
7MHz		
8MHz		
9MHz		



الشكل 12. منحنى الإستجابة.



الشكل 13. العلاقة بين V_o و V_i عند قيم مختلفة ل R_f

تجربة -12-

تطبيقات مكبر العمليات

الهدف

دراسة دوائر مكبر العمليات التي تستخدم في الجمع، التفاضل، والتكامل.

الأجهزة والأدوات المستعملة

- (1) مصدر جهد مستمر له ثلاثة مخارج (المخرج الموجب، المخرج السالب، والمخرج الأرضي أو الصفر).
- (2) مصدر جهد متردد.
- (3) مكبر عمليات.

(4) جهاز راسم الذبذبات.

(5) مقاومات ومكثفات.

(6) أسلاك توصيل.

العمل

أولاً: دوائر الجمع.

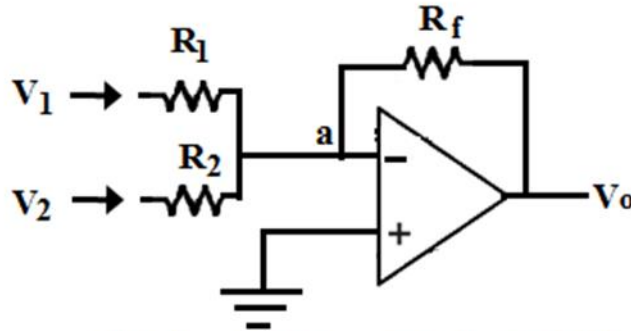
(1) قم بتوصيل دائرة الشكل 1 باستعمال $(R_1 = R_2 = R_f = 10 \text{ k}\Omega)$.

(2) ثبت تردد الإشارة الداخلة على 10 kHz .

(3) غير قيم جهود الدخل (V_1, V_2) ولاحظ قيمة فولتية الخرج V_O .

(4) أرسم العلاقة بين V_O على المحور الصادي و $(V_1 + V_2)$ على المحور

السيني.



الشكل 1. دائرة مكبر عمليات لجمع فولتيتين.

القراءات والحسابات والنتائج

(1) إرسم الجدول 1 وثبت فيه القيم المختلفة لجهود الدخل $(V_1$ و $V_2)$ ولاحظ في

كل مرة قيمة فولتية الخرج V_O .

(2) أحسب V_O نظرياً حيث $\{V_O = - (V_1 + V_2)\}$ وقارن النتيجة لكل حالة مع القراءة العملية لفولتية الخرج V_O .

(3) لاحظ فرق الطور بين فولتية الدخل وفولتية الخرج بواسطة جهاز راسم الذبذبات.

(4) من الرسم بين V_O و $(V_1 + V_2)$ ، أثبت صحة العلاقة $\{V_O = - (V_1 + V_2)\}$

الجدول 1.

$V_1(\text{Volts})$	$V_2(\text{Volts})$	$V_O = (V_1 + V_2)$ نظرياً (Volts)	$V_O (\text{Volts})$ بالقياس
0.5	0.75	1.25	
0.6	0.95	1.55	
0.65	1.1	1.75	
0.7	1.2	1.9	
0.8	1.3	2.1	
0.9	1.4	2.3	
.....	
.....	

كرر الخطوات أعلاه مع الدائرة الموضحة في الشكل 2. لاحظ الفرق بين الشكل 1 والشكل 2. الفرق الأول هو وجود ثلاثة فولتيات دخل للدائرة 2 وليس فولتيتين كما هو الحال مع الدائرة 1. الفرق الثاني هو عندما لا تتساوي قيم مقاومات الدخل مع بعضها ولا مع قيمة مقاومة التغذية العكسية، أي أن

، $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$ ، $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$) حيث أن $(R_1 \neq R_2 \neq R_3 \neq R_f)$

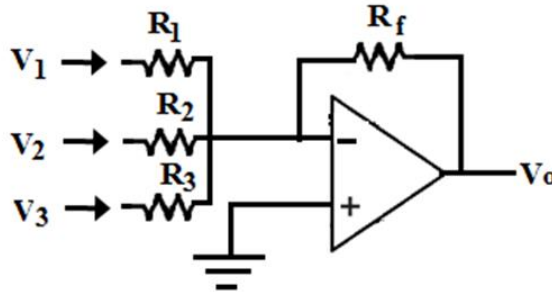
و $(R_3 = 10 \text{ k}\Omega)$. الفرق الثالث أن فولتية الخرج V_O تحسب نظرياً من العلاقة:

$$\left(V_O = - \left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 \right) \right) = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

إستعمل قراءات الجدول 2 لقيم فولتيات الدخل:

الجدول 2.

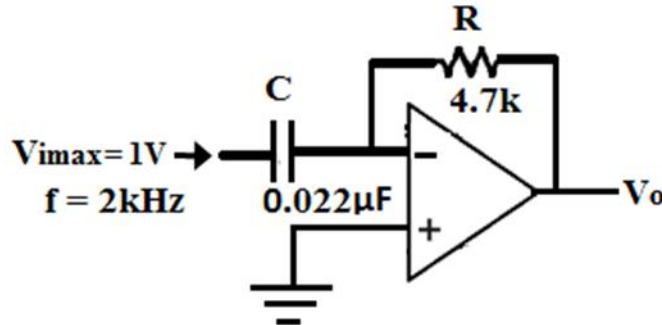
V_1 (Volts)	V_2 (Volts)	V_3 (Volts)	V_O (Volts) رياضياً	V_O (Volts) عملياً
0.7	0.4	0.25	0.68	
0.9	0.5	0.3	0.85	
1.3	0.7	0.4	1.2	
1.55	0.8	0.5	1.44	
.....	



الشكل 2. دائرة مكبر عمليات تجمع ثلاث فولتيات.

ثانياً: دائرة مكبر عمليات تفاضلية.

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 3.
- (2) إستعمل فولتية دخل مترددة قيمتها العظمى 1 V وترددها 2 kHz.
- (3) قس فولتية الخرج بواسطة جهاز راسم الذبذبات.
- (4) إحسب نظرياً فولتية الخرج من العلاقة $(V_o = -RC \frac{dV_i}{dt})$ وقارن الناتج مع الفولتية المقاسة عملياً.



الشكل 3. دائرة مكبر عمليات تفاضلية.

القراءات والحسابات والنتائج

- (1) من العلاقة $(V_o = -RC \frac{dV_i}{dt})$ إحسب رياضياً فولتية الخرج، عوض عن V_i بالعلاقة: $(V_i = V_m \sin wt)$ حيث ان $(w = 2\pi f)$ ، لذلك:

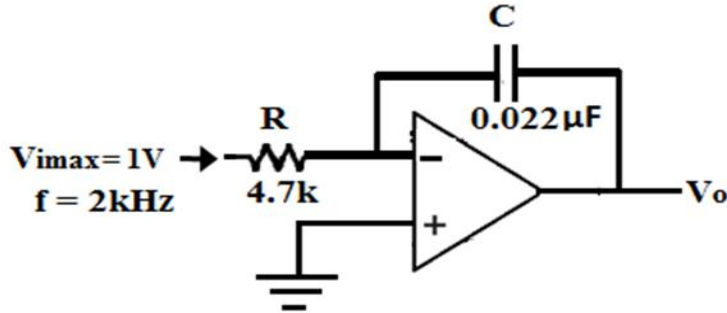
$$\left(V_o = -RC \frac{d}{dt} (V_m \sin wt) = -RCV_m w \cos wt \right)$$

$$(\therefore V_o = 4.7 \times 10^3 \times 0.022 \times 10^{-6} \times 1 \times 2 \times 3.14 \times 2000 \cos wt) = 1.299 \text{ V}$$

(2) قارن هذه النتيجة مع تلك المقاسة عملياً وعلق عليهما.

ثالثاً: دائرة مكبر عمليات تكاملية.

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 4.
- (2) إستعمل فولتية دخل مترددة قيمتها العظمى 1 V وترددها 2 kHz.
- (3) قس فولتية الخرج بواسطة جهاز راسم الذبذبات.
- (4) من العلاقة $(V_{om} = -\frac{1}{RC} \int V_i dt)$ إحسب نظرياً فولتية الخرج وقارن الناتج مع الفولتية المقاسة عملياً.



الشكل 4. دائرة مكبر عمليات تكاملية.

القرارات والحسابات والنتائج

- (1) من العلاقة $(V_{om} = -\frac{1}{RC} \int V_i dt)$ إحسب رياضياً فولتية الخرج، عوض عن V_i بالعلاقة

$$(V_i = V_m \sin wt)$$

حيث ان $(w = 2\pi f)$ ، لذلك:

$$\left(V_{om} = -\frac{1}{RC} \int V_{im} \sin wtdt = -\frac{V_{im}}{RC} \left(-\frac{\cos wt}{w} \right) \right)$$

$$\left(\therefore V_{om} = \frac{1}{4.7 \times 10^3 \times 0.002 \times 10^{-6} \times 2 \times 3.14 \times 2000} = 0.76 \text{ V} \right)$$

(-2) قارن هذه النتيجة مع تلك المقاسة عملياً وعلق عليهما.

تجربة -13-

تطبيقات مكبر العمليات في تصميم المرشحات الفعالة (Active Filters)

المواضيع النظرية اللازمة لهذه التجربة هي:

(1) دراسة دائرة المرشح الفعال ذو الإمرار المنخفض من الدرجة الأولى.

(First Class Low Pass Active Filter).

(2) دراسة دائرة المرشح الفعال ذو الإمرار العالي من الدرجة الأولى.

(First Class High Pass Active Filter).

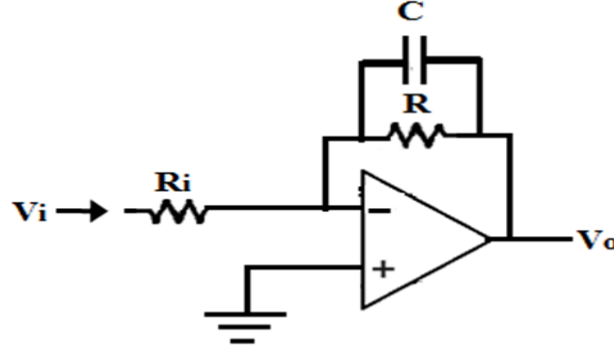
(3) دراسة دائرة المرشح الفعال ذو المدى الترددي من الدرجة الأولى.

(First Class Band Width Active Filter).

يبين الشكل 1 الدائرة التي تستعمل لعمل تجربة مرشح فعال ذو إمرار منخفض.

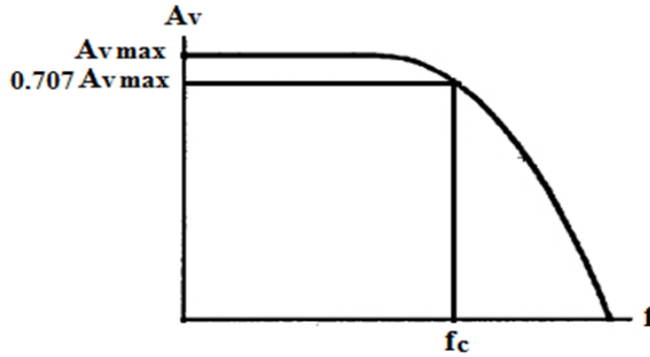
القانون الذي يحسب قيمة التردد الحرج لهذا المرشح هو:

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



الشكل 1. دائرة مكبر عمليات تعمل كمرشح فعال ذو إمرار منخفض.

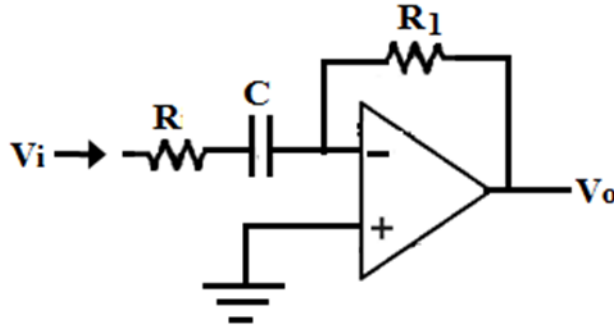
شكل المنحنى الذي تحصل عليه في هذه التجربة موضح في الشكل 2.



الشكل 2. إيجاد التردد الحرج (تردد القطع) لمرشح إمرار منخفض.

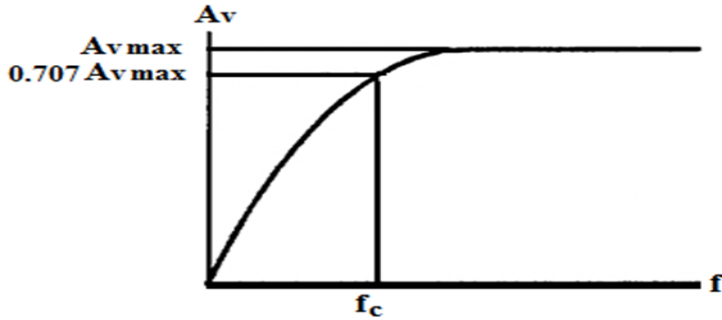
يبين الشكل 3 الدائرة التي تستعمل لعمل تجربة مرشح فعال ذو إمرار عالي. القانون الذي يحسب قيمة التردد الحرج لهذا المرشح هو نفس القانون السابق، إي إن:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad 2$$



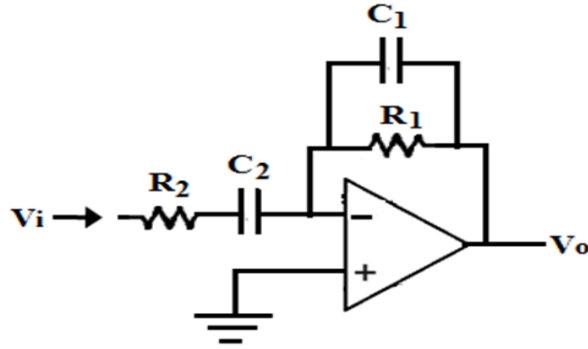
الشكل 3. دائرة مكبر عمليات تعمل كمرشح فعال ذو إمرار عالي.

شكل المنحنى الذي تحصل عليه في هذه التجربة موضح في الشكل 4.



الشكل 4. إيجاد التردد الحرج (تردد القطع) لمرشح إمرار عالي.

يبين الشكل 5 الدائرة التي تستعمل لعمل تجربة مرشح فعال ذو مدى ترددي. القانونان اللذان يحسبان قيمتي الترددين الحرجين لهذا المرشح هم القانونان السابقان، إي إن:

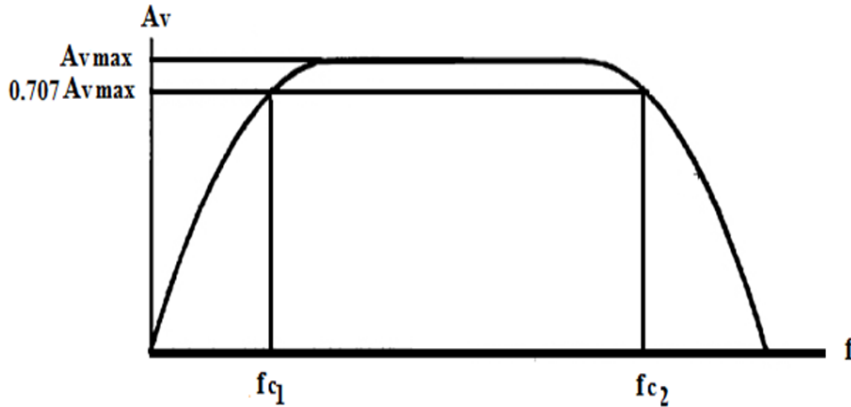


الشكل 5. إيجاد الترددين الحرجين لمرشح مدى ترددي.

$$f_{cl} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad 3$$

$$f_{ch} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} \quad 4$$

شكل المنحنى الذي تحصل عليه في هذه التجربة موضح في الشكل (6).



الشكل 6. منحنى إيجاد الترددين الحرجين لمرشح مدى ترددي.

الهدف

- (1) تصميم الدوائر المذكورة أعلاه.
- (2) رسم منحنى الاستجابة الترددي لكل دائرة وتحديد التردد الحرج (Critical Frequency) والذي يختصر بالحرفين f_c .
- (3) تحديد المدى الترددي للمرشح (Band Width) حيث $BW = \Delta f = f_2 - f_1$

الأجهزة والأدوات المستعملة

- (1) مصدر جهد مستمر له ثلاثة مخارج هي المخرج الموجب، المخرج السالب، والمخرج الأرضي أو الصفر. (2) مصدر جهد متردد. (3) مكبر عمليات. (4) جهاز راسم الذبذبات. (5) مقاومات ومكثفات. (6) أسلاك توصيل.

العملأولاً: مرشح إمرار منخفض.

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 1 جاعلاً قيم

$$R_i = 3.3 \text{ k}\Omega$$

$$R = 10 \text{ k}\Omega،$$

$$\text{و } C = 470 \text{ nF}.$$

- (2) ثبت فولتية الدخل عند قيمة 2 فولت وقس قيم فولتية الخرج كدالة لتردد الدخل، إبدأ بتردد f قيمته 0.2 kHz ، وزد قيمة التردد بخطوات في كل خطوة زد

- 0.2kHz إلى أن تصل إلى قيمة 7kHz. في كل خطوة قس فولتية الخرج واحسب كسب الجهد A_v لكل خطوة.
- (3) إرسم بيانياً العلاقة بين كسب الجهد على محور الصادات والتردد على محور السينات فتحصل على رسم شبيه بالشكل 2.
- (4) عند قيمة لكسب الجهد تساوي 0.707 من القيمة العظمى، إرسم مستقيماً موازياً لمحور التردد فيقطع المنحنى المرسوم في نقطة.
- (5) من نقطة تقاطع هذا المستقيم مع المنحنى المرسوم أنزل عموداً على محور التردد، نقطة تقاطع هذا المستقيم مع محور التردد تعطي قيمة التردد الحرج (f_c).
- (6) احسب قيمة التردد الحرج نظرياً من المعادلة 1 وقارن بين النتيجةين وعلق عليهما.

القراءات والحسابات والنتائج

- (1) القيمة النظرية للتردد الحرج للقيم المذكورة في الخطوة 1 أعلاه وباستعمال المعادلة 1 هي:

$$f_c = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 10 \times 10^3 \times 4700 \times 10^{-12}} = 3.38 \text{ kHz}$$

- (2) قارن هذه النتيجة مع القيمة العملية، إذا كان هناك فرقاً بين النتيجةين حاول أن تذكر الأسباب.

ثانياً: مرشح إمرار عالي

- (1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 3 جاعلاً قيم

$$C = 0.1 \mu\text{F} \text{ و } (R = 3.3 \text{ k}\Omega, R_1 = 10 \text{ k}\Omega)$$

(2) كرر الخطوة 2 في الجزء الأول.

القراءات والحسابات والنتائج

(1) القيمة النظرية للتردد الحرج للقيم المذكورة في الخطوة 1 أعلاه وباستعمال المعادلة 2 هي:

$$f_c = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 3.3 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6}} = 482 \text{ Hz}$$

(2) قارن هذه النتيجة مع القيمة العملية، إذا كان هناك فرقاً بين النتيجةين حاول أن تذكر الأسباب.

ثالثاً: مرشح ذو مدى ترددي.

(1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 5 جاعلاً قيم $R_1 = 20 \text{ k}$ ، $R_2 = 50 \text{ k}$ و $C_1 = C_2 = 10 \text{ nF}$.

(2) كرر الخطوات 2 - 6 في الجزء الأول.

(3) ارسم بيانياً العلاقة بين كسب الجهد على محور الصادات والتردد على محور السينات فتحصل على رسم شبيه بالشكل 6.

(4) عند قيمة لكسب الجهد تساوي (0.707) من القيمة العظمى، ارسم مستقيماً موازياً لمحور التردد فيقطع المنحنى المرسوم في نقطتين.

(5) من نقطتي تقاطع هذا المستقيم مع المنحنى المرسوم أنزل عمودين على محور التردد، نقطتا تقاطع هذا المستقيم مع محور التردد تعطي قيمتي الترددين الحرجين f_{c1} و f_{c2} .

(6) احسب قيمتي الترددين الحرجين نظرياً من المعادلتين 2 و 3.

$$(7) \quad \Delta f = f_{c2} - f_{c1} \text{ احسب المدى الترددي}$$

$$(8) \quad \text{احسب التردد الرنيني } f_o \text{ حيث ان } (f_o = \sqrt{f_{c1}f_{c2}}).$$

$$(9) \quad \text{قارن بين النتائج العملية والنظرية وعلق عليها.}$$

القراءات والحسابات والنتائج

$$(1) \quad \text{من المعادلة 3 قيمة } f_{c2} \text{ هي:}$$

$$f_{c2} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 20 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-12}} = 796.2 \text{ kHz}$$

$$\text{ومن المعادلة 4 قيمة } f_{c1} \text{ هي:}$$

$$f_{c1} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-12}} = 318.5 \text{ kHz}$$

$$(2) \quad \text{قيمة المدى الترددي } \Delta f = 796.2 - 318.5 = 473.7 \text{ kHz}$$

$$(3) \quad \text{قيمة التردد الرنيني } f_o = \sqrt{796.2 \times 318.5} = 503.6 \text{ kHz}$$

$$(4) \quad \text{إذا كان هناك فرقاً بين النتائج العملية والنظرية، حاول أن تذكر الأسباب.}$$

تجربة -14-

دوائر مولدات الذبذبات والنضات (Multivibrators) (Oscillators and

المواضيع النظرية اللازمة لهذه التجربة هي كيفية توليد الذبذبات باستخدام فكرة التغذية العكسية وفكرة المقاومة السالبة، دائرة مولد ذبذبات قنطرة فين، دائرة مولد ذبذبات أسنان المنشار باستخدام ترانزستور أحادي القم بتوصيلة (Relaxation Oscillator)، دائرة مولد النبضات حر التشغيل ويسمى

.(Free Running Multivibrator)

الأجهزة والأدوات المستعملة

(1) مصدر جهد مستمر له ثلاثة مخارج هي المخرج الموجب، المخرج السالب، والمخرج الأرضي أو الصفر. (2) مكبر عمليات. (3) جهاز راسم الذبذبات. (4) ترانزستورات NPN. (5) مقاومات ومكثفات. (6) ترانزستور أحادي القم بتوصيلة.

العمل والقراءات والحسابات والنتائج**أولاً: مولد ذبذبات قنطرة فين.**

(1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 1، لاحظ أن:

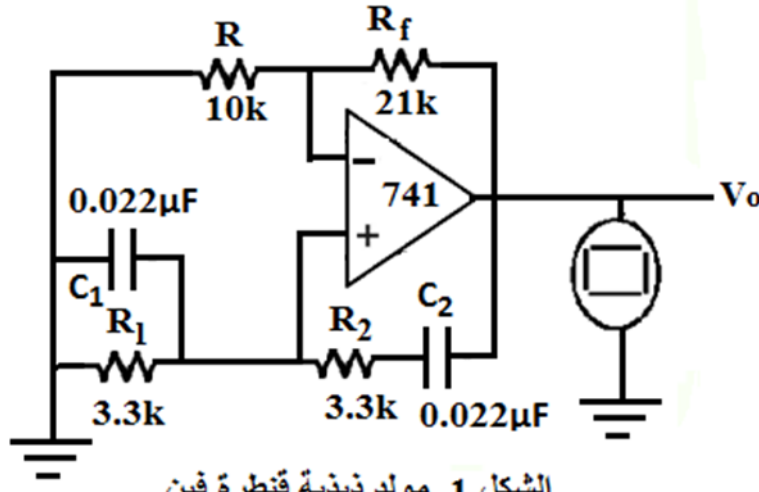
$$(R_1 = R_2 = R = 3.3 \text{ k}\Omega), (C_1 = C_2 = C = 0.022 \text{ }\mu\text{F}),$$

$$(R_s = 10 \text{ k}\Omega, R_f = 21 \text{ k}\Omega)$$

(2) غير قيمة R في مدى من 2 k Ω إلى 5 k Ω ولكل قيمة من هذه القيم قس قيمة التردد f المتولد عملياً.

(3) احسب قيمة التردد نظرياً لكل قيمة من قيم R من القانون $(f = \frac{1}{2\pi RC})$.

(4) قارن بين النتائج العملية والنظرية وعلق عليها.

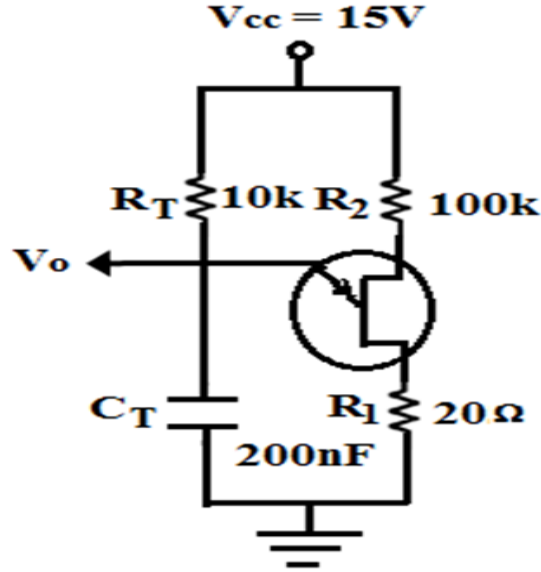


ثانياً: مولد ذبذبات أسنان المنشار.

(1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 2. لاحظ أن $(R_T = 10 \text{ k}\Omega)$, $(C_T = 200 \text{ nF})$, $(R_2 = 100 \text{ }\Omega)$, $(R_1 = 20 \text{ }\Omega)$, $(V_{CC} = 15 \text{ V})$.

(2) لاحظ شكل الموجة المتولدة عبر (R_2, R_1, C_T) .

(3) غير قيمة R_T أو C_T ولاحظ تأثير ذلك على تردد الموجات المتولدة.



الشكل 2. مولد نبضات على شكل سن المنشار

ثالثاً: مولد النبضات حر التشغيل.

(1) قم بتوصيل الدائرة الموضحة في الشكل 3، لاحظ أن:

$$(R_1 = R_2 = R = 47k\Omega) \quad (C_1 = C_2 = C)$$

$$(V_{CC} = 12 V) \quad (R_{C1} = R_{C2} = 470 \Omega)$$

(2) خذ قيم مختلفة للمكثفين (C_1 و C_2)

مثل ($C = 4700 \text{ Pf}, 0.01 \mu\text{F}, 0.022 \mu\text{F}, 0.047 \mu\text{F}$) ولكل قيمة من قيم C

لاحظ وارسم شكل الموجة الظاهرة على كل من المجمع والقاعدة للترانزستور.

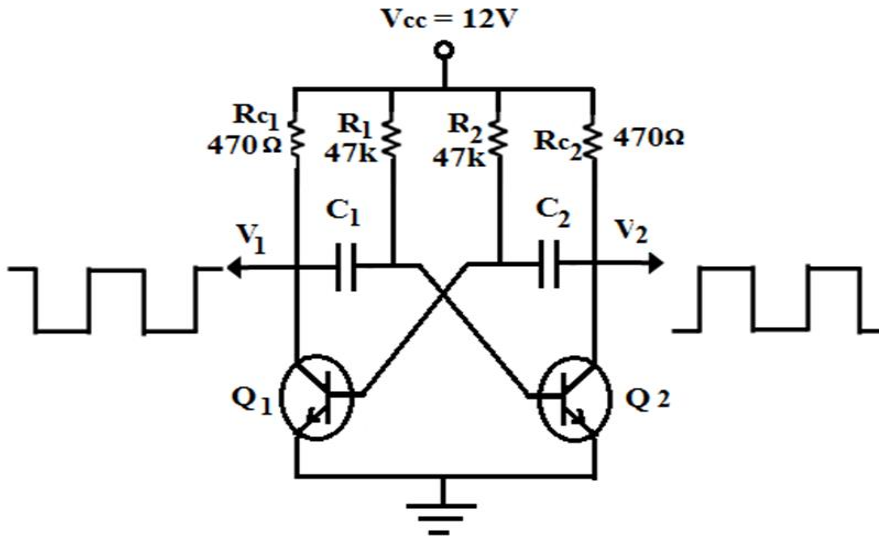
(3) احسب عملياً الزمن الدوري T والتردد f للموجات المتولدة بواسطة راسم الذبذبات.

(4) احسب نظرياً الزمن الدوري T والتردد f للموجات المتولدة من القانون

$$(T = 2RC \ln 2)$$

(5) قارن بين النتائج العملية والنظرية وعلق عليها.

تمرين للطالب: اشتق العلاقة $(T = 2RC \ln 2)$.



الشكل 3. مولد ذبذبات حر التشغيل.

تجربة -15-

البوابات المنطقية (Logic Gates)**المواضيع النظرية التي يحتاجها الطالب واللازمة لهذه التجربة**

- 1) التركيب الداخلي لكل بوابة وطريقة عملها والرمز المنطقي وجدول التحقق لكل بوابة.
 - 2) النظام الثنائي للأعداد.
 - 3) دوائر الجمع الثنائي (جامع نصفي وجامع كلي).
 - 4) دوائر القلابات واستخداماتها في دوائر العدادات الثنائية.
- سنشرح فيما يلي بعض المواضيع النظرية المذكورة أعلاه:

1) تعريف البوابة المنطقية

البوابة المنطقية هي دائرة إلكترونية تقوم باتخاذ قرارات منطقية. يكون لها خرج واحد وإدخال واحد أو أكثر. الإشارة الخارجة تظهر فقط لتركيبات معينة لإشارات الدخل. البوابات المنطقية هي أحجار الأساس لبناء معظم الأنظمة الرقمية، وهي تنجز الوظيفة المنطقية للكيان المادي المبنية على الجبر المنطقي الذي طوره جورج بول (George Boole) والمسمى باسم الجبر البولي (Boolean Algebra) تشريفاً له. الميزة الفريدة في جبر بول هي أن المتغيرات المستعملة فيه بإمكانها أن تفترض قيمة واحدة من اثنتين، إما القيمة صفر (0) أو القيمة واحد (1). إذن كل متغير يكون إما صفرًا أو، واحداً.

البوابات المنطقية متوفرة حالياً على شكل عوائل متنوعة من الدوائر المتكاملة. العوائل الأكثر مرغوبة هي :

أ) منطق الترانزستور – ترانزستور (Transistor – Transistor Logic TTL).

ب) منطق الباعث المقترن (Emitter – Coupled Logic ECL).

ج) شبه مقم بتوصيل أكسيد المعدن (Metal – Oxide Semiconductor MOS).

د) شبه مقم بتوصيل أكسيد المعدن المتمم .

(Complementary Metal – Oxide Semiconductor CMOS)

2) المنطق الموجب والمنطق السالب

في أنظمة الحاسب الآلي، رمزا العددين 0 و 1 يمثلان حالتين ممكنتين لدائرة أو جهاز. ليس هناك فرق إذا كانتا هاتان الحالتان تشيران إلى مطفي و شغال، مغلق و مفتوح، عالي و منخفض، زائد و ناقص، أو حقيقي و زائف بالاعتماد على الظروف. النقطة الرئيسية هي يجب إن يعبر عنهما بحالتين متعاكستين.

في المنطق الموجب، الواحد (1) يمثل

أ) دائرة شغالة. ب) دائرة مغلقة. ج) فولتية عالية. د) علامة زائد. ذ) عبارة حقيقية.

بالنتيجة، فإن الصفر (0) يمثل

أ) دائرة مطفية. ب) دائرة مفتوحة. ج) فولتية منخفضة. د) علامة ناقص. ذ) عبارة غير حقيقية.
في المنطق السالب، تكون الحالات معكوسة.

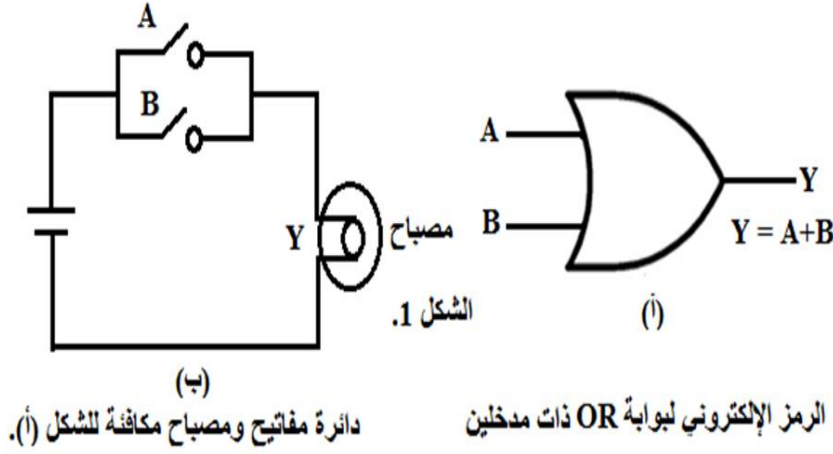
النقطة الرئيسية في المنطق الموجب هي أن الفولتية الأكثر موجبية تمثل ال 1، في حين في المنطق السالب الفولتية الأكثر سالبية تمثل ال 1. الشيء الآخر، ليس من الضروري أن يكون المنطق 0 ممثلاً لفولتية 0 على الرغم من أن في بعض الحالات ممكن أن يكون ذلك صحيحاً. افترض أن دائرة ما لها مستويين من الفولتية هما 2 V و 10 V، في المنطق الموجب يكون ال 1 ممثلاً للفولتية 10 V وال 0 للفولتية 2 V. إذا كان قيمتا الفولتيتين هما 2 V و -8 V فإن في المنطق الموجب ال 1 يمثل 2 V وال 0 يمثل 8 V-.

3) بوابة أو. (The OR Gate).

الرمز الإلكتروني لبوابة OR ذات مدخلين موضحة في الشكل 1 أ. ودائرة المفاتيح والمصباح المكافئة لها موضحة في الشكل 1 ب. الدخلان معلمان بالحرفين A و B والخرج يمثلته الحرف Y.

العمل المنطقي.

يكون خرج بوابة ال OR 1 عندما يكون A أو B أو كلاهما 1. أي أن هذه البوابة هي بوابة أي أو كل (any or all gate) لأن الخرج يكون 1 عندما أي أو جميع الإدخالات تكون 1 كما هو موضح في الشكل 1 ب، عندما يكون أي من المفتاحين A أو B مغلقاً أو كلاهما من الواضح أن الخرج سيكون 0 إذا وفقط إذا كان كلا الإدخالين 0.



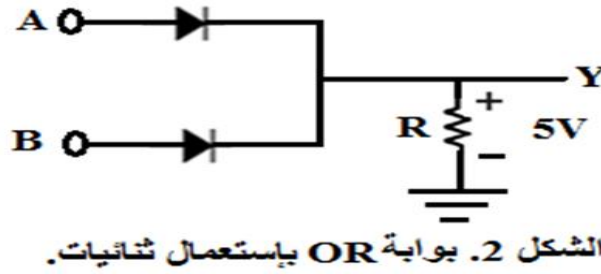
يمكن تمثيل بوابة OR بمعادلة بول $A + B = Y$. معنى هذه المعادلة هو أن يكون Y حقيقياً إذا كان إما A حقيقياً أو B يكون حقيقياً أو كلاهما يكونان حقيقيين. بعبارة أخرى، يكون Y 1 عندما إما A أو B أو كلاهما يكون 1.

العمل المنطقي المذكور أعلاه لبوابة OR يمكن أن يلخص بمساعدة جدول التحقيق (الجدول 1). يعرف جدول التحقيق بأنه ذلك الجدول الذي يعطي حالة الخرج لجميع احتمالات تركيبات الدخل. جدول OR (الجدول 1) يعطي الإخراجات لجميع احتمالات الدخل AB وهي 00، 01، 10، و 11. بوابة OR المشروحة أعلاه تسمى أيضاً بوابة OR المتضمنة (inclusive OR gate) لأنها تتضمن الحالة التي تكون فيها كلا الدخلين حقيقيين.

الجدول 1. جدول تحقيق بوابة OR ذات مدخلين

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

بواسطة OR باستعمال الثنائيات. (Diode OR Gate)



يبين الشكل 2 التركيب الداخلي لبوابة OR ذات مدخلين، تتكون الدائرة من ثنائيتين مثاليتين D_1 و D_2 مقم بتوصيلان على التوازي. تعمل هذه الدائرة كما يلي :

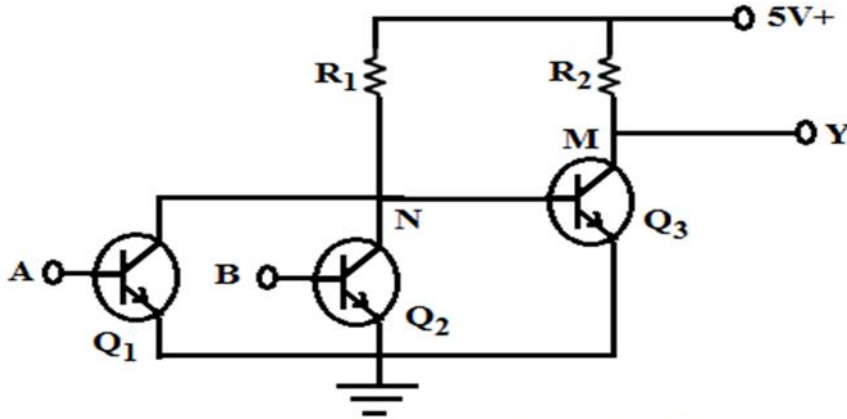
(1) عندما تكون A عند $+5\text{ V}$ يصبح الثنائي D_1 منحازاً ويقم بتوصيل. يسري تيار الدائرة خلال المقاومة R مسبباً هبوط 5 V عبرها. بهذه الطريقة يصبح جهد النقطة Y (الخرج) $+5\text{ V}$.

(2) عند تطبيق $+5\text{ V}$ على B يصبح الثنائي D_2 منحازاً ويقم بتوصيل ويسبب أن يصبح جهد النقطة Y (الخرج) $+5\text{ V}$.

- (3) عندما يكون كلا A و B عند $+5\text{ V}$ ، يصبح هبوط الجهد عبر المقاومة R أيضاً 5 V لأن الفولتيتين A و B مقم بتوصيلتان على التوازي. مرة أخرى تساق النقطة Y إلى $+5\text{ V}$.
- (4) من الواضح، في حالة عدم فولتية عند A ولا عند B، يبقى الخرج Y عند 0.

بوابة OR باستعمال الترانزستورات. (Transistor OR Gate)

يبين الشكل 3 بوابة OR المتكونة من ثلاث ترانزستورات مقم بتوصيلة داخلياً Q_1, Q_2, Q_3 ، و Q_3 مجهزة من مصدر جهد مشترك $V_{CC} = +5\text{ V}$.



الشكل 3 . بوابة OR باستعمال ترانزستورات

- (1) عند تطبيق $+5\text{ V}$ على المدخل A، يصبح Q_1 منحازاً أمامياً ويقم بتوصيل. على افتراض أن Q_1 أصبح مشبعاً فإن كل الفولتية $V_{CC} = 5\text{ V}$ تهبط عبر المقاومة

R_1 مسببة تأريض النقطة N، أي أن (0V) وهذا بدوره يقطع الترانزستور Q_3 وظهور الفولتية V_{CC} عبر Y، أي أن نقطة Y (الخرج) تصبح عند 5 V+.

(2) عند تطبيق 5 V+ على الدخل B، يصبح Q_2 منحازاً أمامياً ويقم بتوصيل مما يسبب تأريض النقطة N (0V). وهذا بدوره يقطع الترانزستور Q_3 وظهور ال V_{CC} عبر Y، أي أن نقطة Y (الخرج) تصبح عند 5 V+.

(3) إذا تم تأريض A و B، يصبح الترانزستوران Q_1 و Q_2 في حالة قطع مسببان سوق النقطة N إلى 5 V+. بالنتيجة يصبح الترانزستور Q_3 منحازاً أمامياً ويقم بتوصيل، في هذه الحالة كل الفولتية V_{CC} تهبط عبر المقاومة R_2 مسوقة M ومن ثم Y إلى الأرضي (0V).

بعد أن شرحنا بوابة OR بالتفصيل، نترك الشرح التفصيلي للبوابات الأخرى على الطالب.

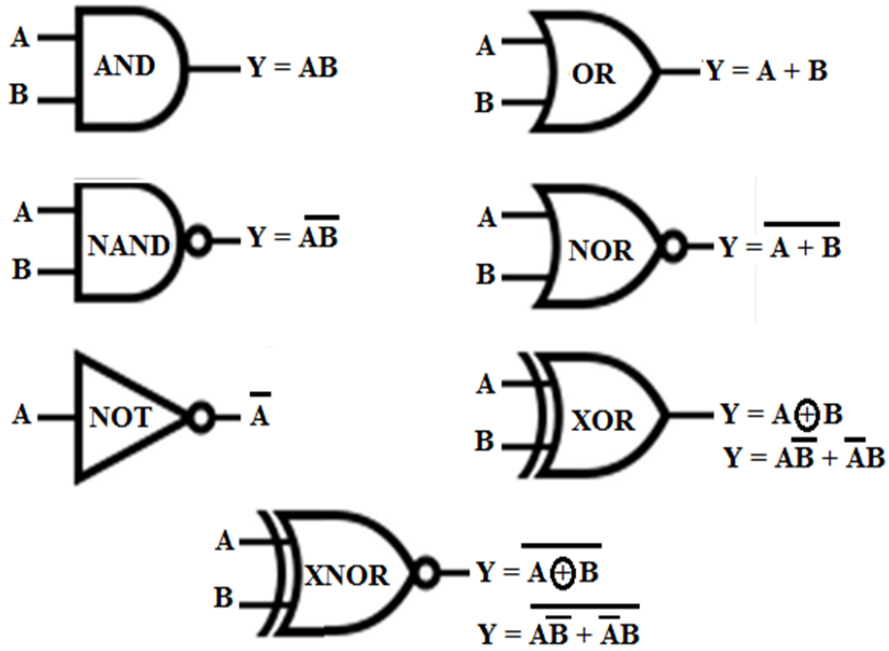
الأجهزة والأدوات المستعملة

- (1) مصدر جهد مستمر.
- (2) بوابات منطقية مختلفة (أو باستعمال دوائر متكاملة تحوي البوابات).
- (3) دوائر قلابات (دوائر متكاملة تحوي القلابات).

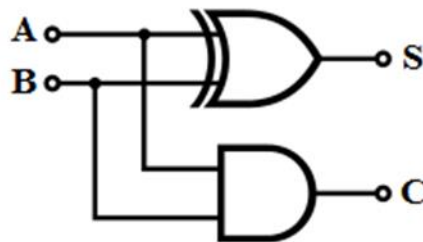
العمل والقراءات والحسابات والنتائج

- (1) كون دوائر البوابات المنطقية الموضحة رموزها المنطقية في الشكل 4 وحقق عملياً جدول التحقق الخاص بكل بوابة والصيغة المنطقية لها.
- (2) كون دائرة الجامع النصفى الموضحة في الشكل 5 وتحقق من الصيغة المنطقية وجدول التحقق لكل من المجموع S والمحمل C.

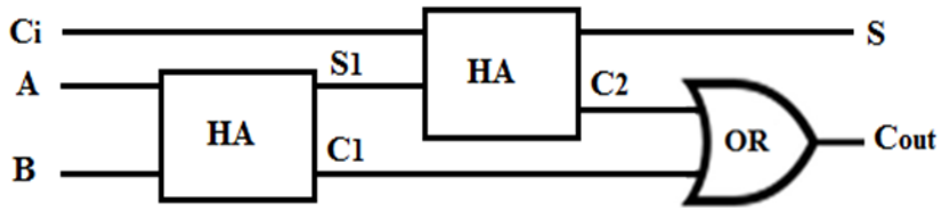
(3) كون دائرة الجامع الكلي الموضحة في الشكل 5 وتحقق من الصيغة المنطقية وجدول التحقق لكل من المجموع S والمحمل C .



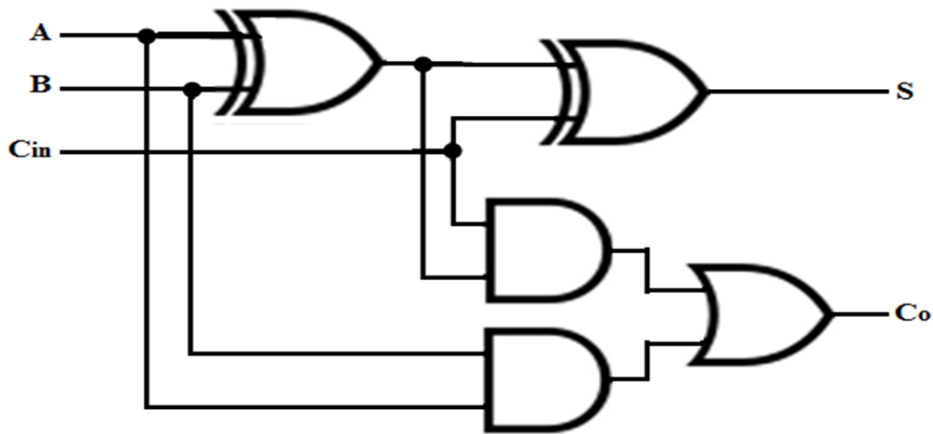
الشكل 4. رموز البوابات المنطقية



الشكل 5. دائرة الجامع النصفى.



الشكل 6. مخطط دائرة الجامع الكلي



الشكل 7. الرسم المنطقي للجامع الكلي

الجدول 1. جدول تحقيق بوابة OR ذات مدخلين.

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

الجدول 2. جدول تحقيق بوابة AND ذات مدخلين.

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

الجدول 3. جدول تحقيق بوابة NOT.

A	B
0	1
1	0

الجدول 4. جدول تحقيق بوابة NOR ذات مدخلين.

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

الجدول 5. جدول تحقيق بوابة NAND ذات مدخلين.

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

الجدول 6. جدول تحقيق بوابة XOR ذات مدخلين.

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

الجدول 7. جدول تحقيق بوابة XNOR ذات مدخلين

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

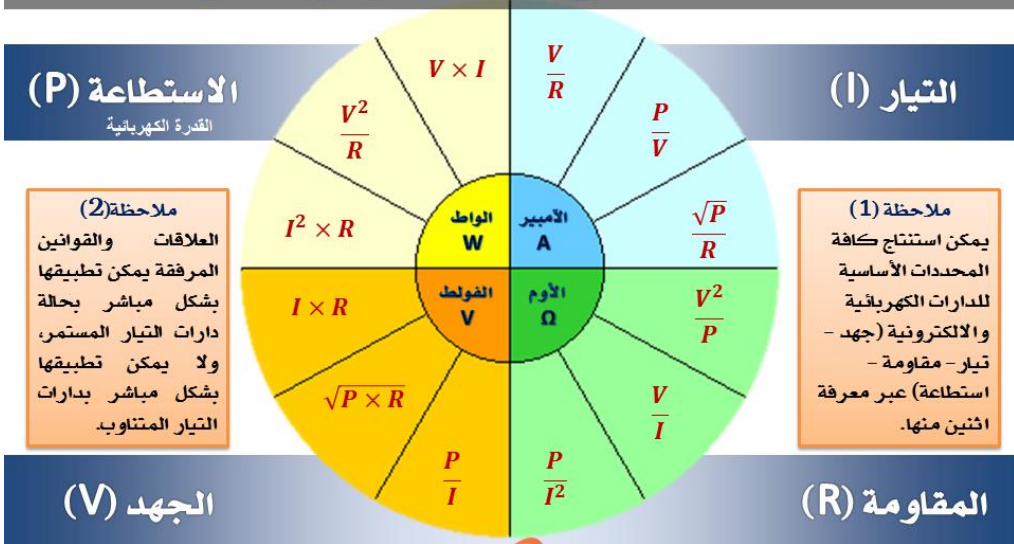
الجدول 8. جدول تحقيق لجامع نصفي.

A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

الجدول 9. جدول تحقيق لجامع كلي.

A	B	Ci	S	Co
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

ملخص قانون أوم





ملخص قوانين الكهرباء

الوحدة	الرمز	اسم الكمية	م	القانون	موضوع الدرس
N (نيوتن)	F	القوة الكهربائية	1	$F = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$	قانون كولوم
C (كولوم)	q	كمية الشحنة الكهربائية	2		
m (متر)	d	المسافة بين مركزي الشحنتين	3	$F_1 \cdot d_1^2 = F_2 \cdot d_2^2$	في حالة تغيير المسافة بين نفس الشحنتين
N/C (نيوتن/كولوم)	E	شدة المجال الكهربائي	4	$E = \frac{k \cdot q}{d^2}$	شدة المجال الكهربائي (غير المنتظم)
v (فولت)	V	الجهد الكهربائي	5	$E = \frac{v}{d} = \frac{F}{q}$	شدة المجال الكهربائي
F (فاراد)	C	السعة الكهربائية للمكثف	6		
m ² (متر مربع)	A	المساحة المشتركة بين لحي المكثف		$C = \frac{q}{V}$	السعة الكهربائية للمكثف المستوي
F/m (فاراد/متر)	ϵ	ثابت العزل الكهربائي للمكثف	7	$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d}$	السعة الكهربائية للمكثف المستوي
	ϵ_0	ثابت العزل الكهربائي للفراغ	8		
	ϵ_r	ثابت العزل الكهربائي للمادة العازلة بين لحي المكثف	9	$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$	ثابت العزل الكهربائي للمكثف المستوي

طرق توصيل المكثفات الكهربائية

وجه المقارنة	على التوالي	على التوازي
كمية الشحنة الكهربائية	تكون كمية الشحنة متساوية لجميع المكثفات	تتوزع كمية الشحنة على المكثفات بنسبة طردية لسعاتها
فرق الجهد الكهربائي	يتوزع فرق الجهد على المكثفات بنسبة عكسية لسعاتها	يكون فرق الجهد متساوي على جميع المكثفات
السعة الكلية [المكافئة]	$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$	$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$
قيمة السعة الكلية	أصغر من أصغر سعة في المجموعة	أكبر من أكبر سعة في المجموعة
في حالة تساوي سعات المكثفات	$C_{eq} = \frac{c}{N}$	$C_{eq} = C \cdot N$
الطاقة الكهربائية المخزنة في المجموعة	أقل ما يمكن	أكبر ما يمكن
الطاقة المخزنة (في مكثفين فقط)	تتناسب طردياً مع قيمة الجهد الكهربائي، وعكسياً مع السعة الكهربائية	تتناسب طردياً مع كمية الشحنة الكهربائية، وطردياً مع السعة الكهربائية
	$\frac{C_2}{C_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{U_1}{U_2}$	$\frac{C_1}{C_2} = \frac{q_1}{q_2} = \frac{U_1}{U_2}$

نبذة عن المؤلفينالسيرة الذاتيةالمعلومات الشخصية

الاسم الثلاثي واللقب :	خليل إسماعيل هاشم الشيكلي
العنوان :	ليبيا / بنغازي.
المؤهل العلمي :	دكتوراه هندسة إلكترونية من جامعة شمال ويلز / كلية الهندسة الإلكترونية / المملكة المتحدة / 1988.
الدرجة العلمية :	أستاذ مساعد
مكان العمل :	جامعة بنغازي / كلية العلوم / قسم الفيزياء.
البريد الإلكتروني :	khalilismaiel@gmail.com
الخبرة :	عضو هيئة تدريس سابق في العراق واليمن وعدة مؤسسات تعليم عالي في ليبيا وايضا نشاط بحثي متميز



عبد العظيم عبد القادر محمد مفتاح الجازوي	الاسم:
ليبيا / بنغازي.	العنوان:
ماجستير هندسة كهربائية/ جامعة ستافورد شاير ببريطانيا	المؤهل العلمي:
محاضر	الدرجة العلمية:
المعهد العالي للمهن الشاملة- قمينس	مكان العمل:
Abdeladim.mofteh@qi.edu.ly abdtop_1@yahoo.com	البريد الإلكتروني:
مدير المعهد العالي للمهن الشاملة- قمينس وعضو هيئة تدريس بقسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية بالمعهد ومتعاون سابق بعدة مؤسسات تعليم عالي في ليبيا وايضا لدينا نشاط بحثي متميز	الخبرة:



مركز العلوم والتقنية للبحوث والدراسات هو مركز بحثي علمي يهدف بالأساس إلى تقييم ودراسة ونشر الأبحاث في مختلف مجالات العلوم والتقنية، تم تأسيسه في شهر يوليو سنة 2015 بواسطة مجموعة من الأساتذة، و هو مؤسسة تتمتع بالشخصية الاعتبارية و الذمة المالية و الإدارية المستقلة، و مقره الرئيسي بمدينة الزاوية - ليبيا.

الأهداف الأساسية للمركز

- تقديم المشورة العلمية السليمة لصناع القرار بما يضمن تحقيق نتائج جيدة على كافة الأصعدة و المستويات.
- نشر الكتب العلمية والمنهجية في مختلف التخصصات.
- إتاحة الفرصة أمام الباحثين في مختلف العلوم للبحث و الدراسة.
- تقييم ودراسة و نشر الأبحاث في مجالات العلوم المختلفة.
- تسيير و تسهيل سبل التعاون و الربط بين الباحثين في مجالات العلوم في المناطق المختلفة.
- إنشاء و إصدار مجلة علمية محكمة لغرض النشر العلمي
- القيام بالدراسات و الأبحاث المرتبطة بالبيئة الليبية.