



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي الجامعة التقنية الشمالية كلية البوليتكنيك الموصل



الحقيبة التعليمية



القسم العلمي: تقنيات صناعة الاطراف والمساند
إسم المقرر: دوائر الكترونية أساسية
المستوى: الثاني
الفصل الدراسي: الأول
السنة الدراسية: 2026-2027

اسم المقرر:		دوائر الكترونية اساسية
القسم:		تقنيات صناعة الأطراف والمساند
الكلية:		كلية البوليتكنيك الموصل
المرحلة / المستوى:		الثانية
الفصل الدراسي:		الأول
عدد الساعات الاسبوعية:		نظري: 2 عملي: 3
عدد الوحدات الدراسية:		5
الرمز:		ETMI201
نوع المادة:		نظري عملي
معلومات تدريسي المادة		
اسم مدرس (مدرسي) المقرر:		زيد خلف محمد
اللقب العلمي:		مدرس مساعد
سنة الحصول على اللقب:		2023
هل يتوفر نظير للمقرر في الأقسام الأخرى:		نعم
اسم المقرر النظير:		
القسم:		
رمز المقرر النظير:		
عدد الساعات الاسبوعية:		
هل يتوفر نظير للمقرر في الأقسام الأخرى:		
اسم المقرر النظير:		
القسم:		
رمز المقرر النظير:		

الوصف العام للمقرر:

دوائر الكترونية هو مقرر مكمل لمادة الالكترونيات حيث يتناول هذا المقرر الدوائر الالكترونية بالتفصيل وكيفية عملها و مجال تطبيقاتها العملية اضافة لتعلم التعامل مع الإشارة الكهربائية والتحليلات النظرية لعملها وأمثلة رياضية . محولة مع بيان استخداماتها العملية التطبيقية في الأجهزة الطبية .

الاهداف العامة :

سيكون الطالب في نهاية المقرر قادرا على ان :

- يتعرف على مكونات الدوائر الالكترونية
- يتعلم استخدامات الدوائر الالكترونية ومجال تطبيقاتها.

الأهداف الخاصة :

سيكون الطالب في نهاية المقرر قادرا على ان :

1. التعرف على مكونات الدائرة الالكترونية.
2. معرفة عمل كل جزء من أجزاء الدائرة الالكترونية .
3. يتتبع الأخطاء التي تحصل في الدائرة الالكترونية.
4. يشارك في تصميم وتجميع الدائرة الالكترونية
5. يضع التصاميم الخاصة بمشروع التخرج.

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

بعد الانتهاء من الدرس (المحاضرة) سيكون الطالب قادرا على ان:

- يتعرف على ماهي مكونات الدوائر الالكترونية.
- يميز بين أجزاء الدائرة الالكترونية .

معرف في الخلل المحتمل حدوث في الدائرة الالكترونية

مقرر (الالكترونيك).

الأهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية

آلية التقييم	تفصيل الهدف السلوكي او مخرج التعليم	ت
اختبارات شفوية وتحريرية	التعرف على مكونات الدائرة الالكترونية.	1
اختبارات عملية	تمييز أجزاء الدائرة الالكترونية	2
اختبارات شفوية وعملية	تحليل الاعطال المحتملة الحدوث في الدائرة الالكترونية	3
اختبارات تحريرية وعملية	يقيم اداء الدائرة الالكترونية . أساليب التدريس:	4

مبررات الاختيار	الاسلوب او الطريقة
طريقة سهلة وسريعة لايصال المادة لذهن الطالب المتلقي.	1. الشرح النظري للمادة بطريقة عرض PP.
طريقة تفاعلية اثبتت نجاحها في ترسيخ المعلومة في ذهن الطالب	2. مشاركة الطلبة بالنقاش
تزيد من حماس الطلبة لتحقيق نتائج مشرفة بين زملائهم	3. تقسيم الطلبة لمجاميع
تجعل الطالب في تماس مع الدرس وتحفزه لتحضير المحاضرة والانتباه لها واستيعابها بكل طاقته.	4. الاختبارات القبلية والبعدية الشفوية.
طريقة تزيد من تواصل الطلبة مع المادة وتساعد على تقييمهم المستمر	5. الاختبارات اليومية التحريرية
تساعد في التقييم الشامل للطلبة والمادة وكذلك تعكس مدى نجاح الاستاذ	6. الاختبارات الشهرية والنهائية

الفصل الاول

D.C Power Supply						
مجهز القدرة المستمرة/ منظم زنير	الوقت		مجهز القدرة المستمرة			
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العملي	النظري	التوزيع الزمني	
اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	محاضرة	منظم زنير	منظم التوالي Series regulator	الأسبوع الأول	ساعتان
اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	محاضرة		منظم التوازي Parallel regulator	الأسبوع الثاني	ساعتان

الفصل الثاني

OPAMP Applications	OPAMP Applications					
	الوقت					
التوزيع الزمني	النظري	العملي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الأول	ساعتان	ساعتان	Operational Amplifier (OPAMP)	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات
الأسبوع الثاني	ساعتان	ساعتان	تطبيقات OPAMP	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات
الاسبوع الثالث	ساعتان	ساعتان	OPAMP تطبيقات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات

الفصل الثالث

OPAMP Applications	OPAMP Applications					
	الوقت					
التوزيع الزمني	النظري	العملي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الأول	ساعتان	ساعتان	Analog Comparator	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات
الأسبوع الثاني	ساعتان	ساعتان	Differentiator	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات
الاسبوع الثالث	ساعتان	ساعتان	Intagrator	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات

الفصل الثالث

OPAMP Applications	OPAMP Applications					
	الوقت					
التوزيع الزمني	النظري	العملي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الأول	ساعتان	ساعتان	.Using OP AMP. In wave Rectification	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات
الأسبوع الثاني	ساعتان	ساعتان	Analogue Computer	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات
الاسبوع الثالث	ساعتان	ساعتان	حل امثلة Analogue Computer	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات

الفصل الرابع

Multivibrators

Multivibrators	الوقت					
التوزيع الزمني	النظري	العملي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الأول	ساعتان	ساعتان	Astable Multivibrators (A.M)	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات
الأسبوع الثاني	ساعتان	ساعتان	Monostable Multi (M.M)	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات
الاسبوع الثالث	ساعتان	ساعتان	Bistable Multi (B.M)	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، حل امثلة، أسئلة وأجوبة، مناقشة	اختبارات شفوية وتحريرية وإعطاء واجبات

المصادر:

1. Operational Amplifiers & Linear Integrated Circuits: Theory and Application by James M. Fiore, 2021.
2. SUV. الكترونيات تأليف د. محمد سويدان 2018.

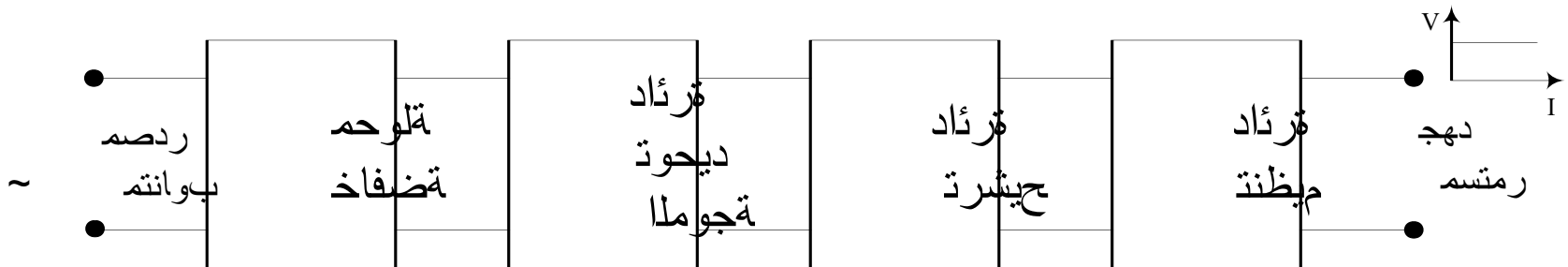
الفصل الاول

مجهر القدرة المستمرة

D.C Power Supply

مجهر القدرة المستمرة

تعتبر دائرة مجهر القدرة المستمرة من أهم الدوائر الالكترونية كونها دائرة مشتركة بين معظم الأجهزة الالكترونية كالتلفزيون والحاسبة وجهاز استقبال الستلايت والأجهزة الطبية الالكترونية وغيرها، وتقوم بتجهيز القدرة المستمرة إلى كافة مراحل الجهاز. وتقوم هذه الدائرة بتحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر وتتألف من أربعة مراحل كما مبين في المخطط الكتلي أدناه:



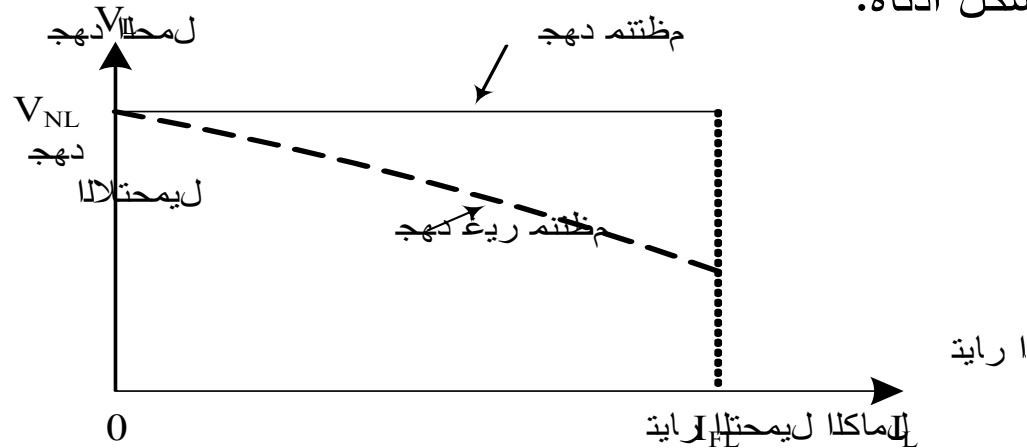
(مخطط كتلي يوضح دائرة مجهر القدرة المستمرة)

معمولة: لها فائدتان خفض الجهد المتناوب وعزل دائرة المتناوب عن المستمر. وفي بعض الحالات فقط تستخدم للعزل.

دائرة توحيد الموجة: وتكون أما موحد نصف الموجة أو الموحد القنطري أو موحد المأخذ الوسطي ويتم التخلص من الجزء الموجب أو السالب من موجة الجهد المتناوب.

دائرة ترشيح: وتكون أما مرشح سعوي أو مرشح ادخال خانق او أي مرشح آخر يفي بالغرض حيث يتم التخلص من المركبة المتناوبة في الموجة والحصول على جهد مستمر نقي.

دائرة التنظيم: وتستخدم لتثبيت جهد الإخراج عند تغير المصدر أو الحمل أو كليهما ويكون تغير الحمل موضع اهتمام أكثر وتوجد أنواع عديدة من دوائر التنظيم (المنظمات).
سوف نتناول بعض منها بالتفصيل وذلك لأهمية عملية تنظيم الجهد المستمر كما يوضح ذلك منحنى التنظيم المبين في الشكل أدناه:

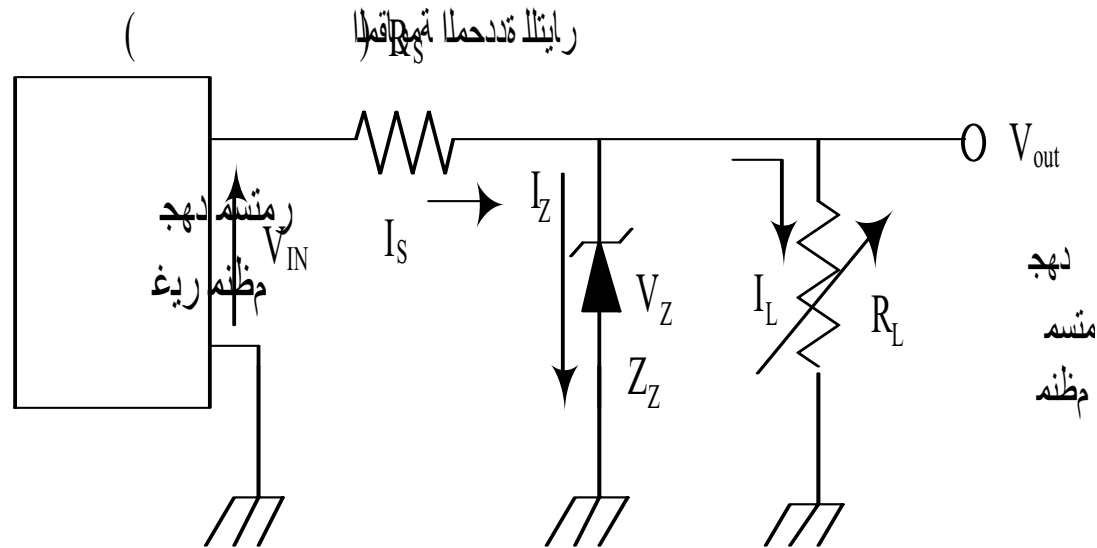


(شكل يبين منحنى التنظيم)

Zener Regulator

منظم زينر

يعتبر منظم زينر أبسط أنواع المنظمات ويستخدم ثنائي زينر لغرض التنظيم وتبين الدائرة أدناه منظم زينر:



(دائرة منظم زينر)

يمكن ربطها في هذه الدائرة.

$$V_{out} \cong V_Z = 10V$$

$$I_{L(max)} = \frac{V_{out}}{R_{L(min)}} = \frac{10}{500} = 20mA$$

$$I_{L(min)} = \frac{V_{out}}{R_{L(max)}} = \frac{10}{\infty} = 0A$$

$$I_{S(min)} = \frac{V_{in(min)} - V_Z}{R_S} = \frac{20 - 10}{200} = 0.05A = 50mA$$

$$I_{S(max)} = \frac{V_{in(max)} - V_Z}{R_S} = \frac{30 - 10}{200} = 0.1A = 100mA$$

$$I_{Z(max)} = I_{S(max)} - I_{L(min)} = 100 - 0 = 100mA$$

$$I_{Z(min)} = I_{S(min)} - I_{L(max)} = 50 - 20 = 30mA$$

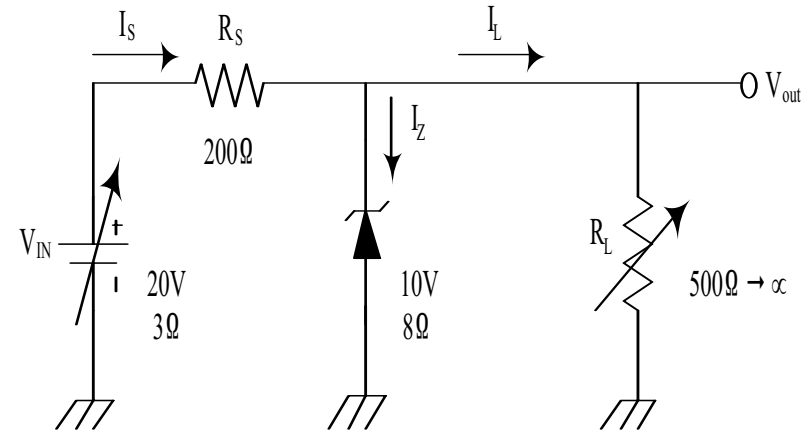
$$\Delta I_Z = I_{Z(max)} - I_{Z(min)} = 100 - 30 = 70mA$$

$$\Delta V_{out} = \Delta I_Z * Z_Z = 70 mA * 8 = 560 mV = 0.56 V$$

$$VR\% = \frac{V_{out}}{V_{out}} * 100\% = \frac{0.56}{10} * 100\% = 5.6\%$$

عامل التنظيم

الحل: أولاً نرسم الدائرة ونثبت عليها القيم.



$$R_{S(max)} = \frac{V_{in(min)} - V_Z}{I_{L(max)}} = \frac{20 - 10}{20 * 10^{-3}} = 500 \quad \text{أعظم قيمة للمقاومة}$$

ملاحظة: في حالة تغير الحمل فقط وثبتت V_{IN} فإن تغير تيار

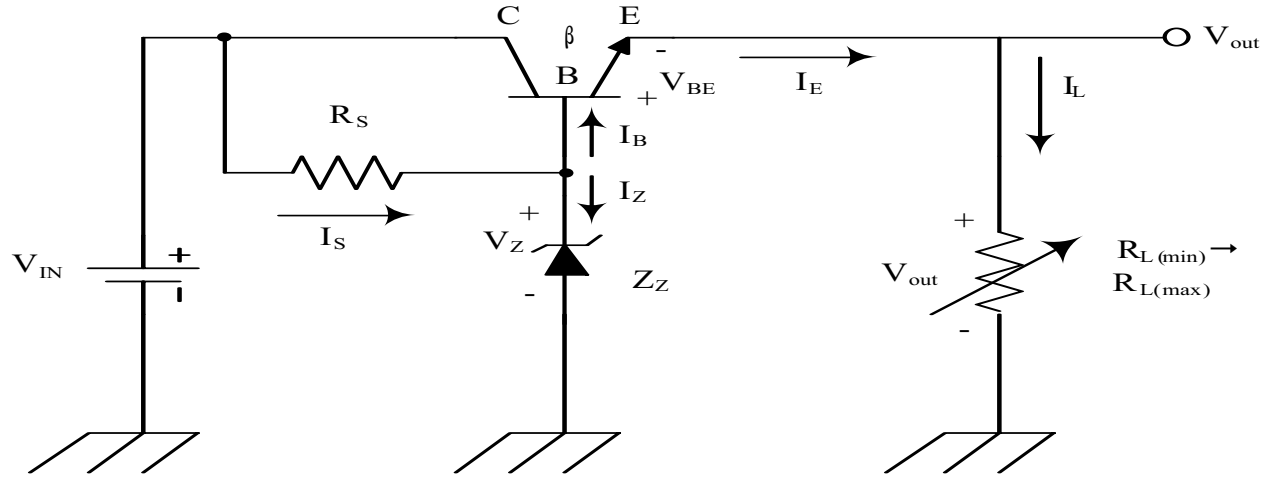
الزئير يكون: $\Delta I_Z = - \Delta I_L$

والإشارة السالبة تبين أن العلاقة عكسية بينهما (أي زيادة تيار الحمل تؤدي إلى نقصان تيار الزئير وبالعكس).

منظم التوالي

Series Regulator

يوضح الشكل أدناه مخطط لدائرة منظم التوالي، وهو أحد منظمات الجهد المستمر، وقد سمي الاسم لأن الحمل يكون $I_L < I_C$ (لماذا؟) مربوط على التوالي مع الترانزستور ولهذا يجب مراعاة شرط



(دائرة منظم التوالي)

في دوائر تنظيم الجهد المستمر يكون المتغير جهد الإدخال V_{in} أو مقاومة الحمل R_L أو كليهما، ولكن عملياً المتغير هو مقاومة الحمل R_L .
يُقاس التنظيم بدلالة عامل التنظيم المئوي (Voltage Regulation) $VR\%$ وكلما كانت قيمته قليلة فهذا يعني أن كفاءة التنظيم أفضل (لماذا؟).
وتكون علاقة عامل تنظيم الجهد المئوي الرياضية كما يلي:

$$VR\% = \frac{V_{out}}{V_{out}} * 100\%$$

حيث أن:

$$V_{out} = V_Z - V_{BE}$$

$$\Delta V_{out} = Z_Z * \Delta I_Z$$

$$I_Z = - \frac{I_L}{}$$

مثال: (على دائرة منظم التوالي)

ومقاومة $V_Z = 7.5V$ ، $Z_Z = 6\Omega$ ، $\beta = 100$ ، $R_S = 220\Omega$ ، $V_{in} = 15V$ في دائرة منظم التوالي إذا كانت المطلوب إيجاد العامل المئوي لتنظيم جهد الإخراج في هذه الدائرة . 100Ω إلى 50Ω الحمل تتغير من

الحل:

بداية نرسم دائرة منظم التوالي ونقوم بتثبيت المعلومات عليها لتسهيل عملية الحل.

$$V_{out} = V_Z - V_{BE} = 7.5 - 0.7 = 6.8V$$

$$I_{L(max)} = \frac{V_{out}}{R_{L(min)}} = \frac{6.8}{50} = 0.136A = 136mA$$

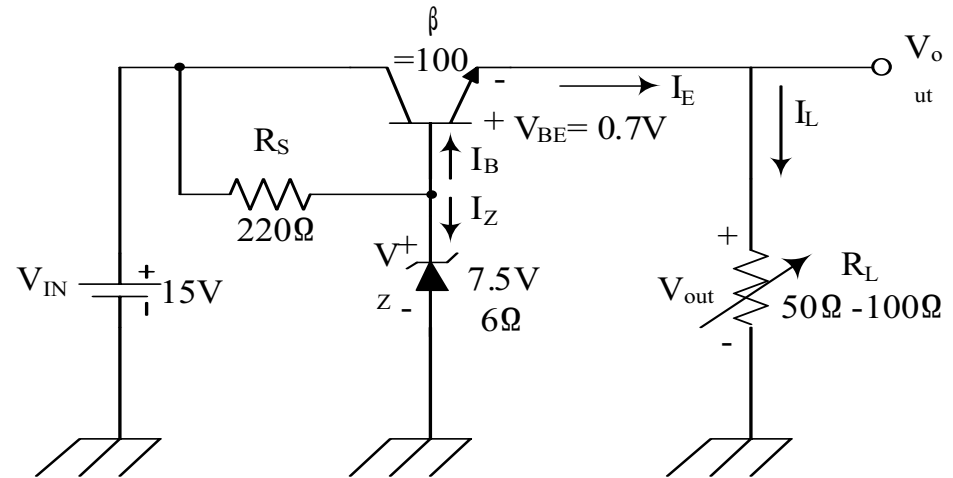
$$I_{L(min)} = \frac{V_{out}}{R_{L(max)}} = \frac{6.8}{100} = 0.068A = 68mA$$

$$\Delta I_L = I_{L(max)} - I_{L(min)} = 136 - 68 = 68mA$$

$$I_B \cong \frac{I_E}{\beta} \quad I_E = I_L$$

$$I_B = \frac{I_L}{\beta} \quad \Delta I_Z = -\Delta I_B$$

$$I_Z = -\frac{I_L}{\beta} = -\frac{68}{100} = -0.68mA$$



$$\Delta V_{out} = Z_Z * \Delta I_Z = 6 * (-0.68) mA = -4.08 mV$$

$$VR\% = \frac{V_{out}}{V_{out}} * 100\% = \frac{-4.08 * 10^{-3}}{6.8} * 100\% = -0.06\%$$

و.ه.م

Parallel Regulator

منظم التوازي

يكون الحمل مربوط على التوازي مع الترانزستور ويتم زيادة تيار الحمل دون الارتباط بتيار الترانزستور كما هو الحال في منظم التوالي.

مثال: في دائرة منظم التوازي المبينة أدناه. المطلوب إيجاد مقدار التغير في فولتية الحمل وعامل تنظيم جهد الحمل.

$$V_{out} = V_Z + V_{BE} = 7.5 + 0.7 = 8.2V$$

$$I_{L(max)} = \frac{V_{out}}{R_{L(min)}} = \frac{8.2}{50} = 0.164A = 164mA$$

$$I_{L(min)} = \frac{V_{out}}{R_{L(max)}} = \frac{8.2}{100} = 0.082A = 82mA$$

$$\Delta I_L = I_{L(max)} - I_{L(min)} = 164 - 82 = 82mA$$

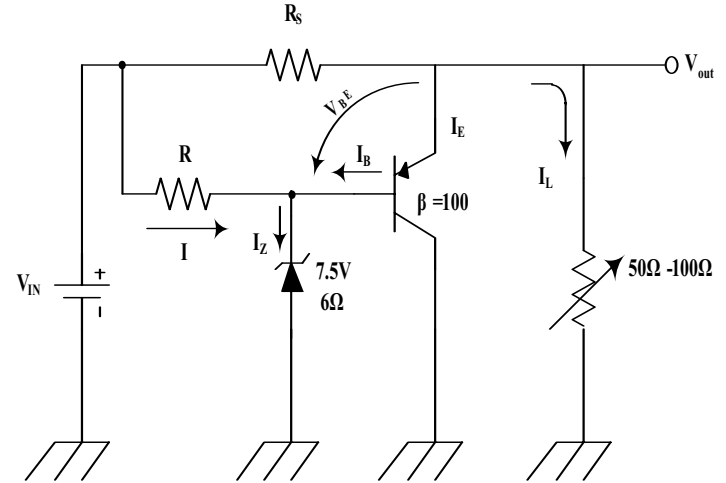
$$\Delta I_L = - \Delta I_E, \quad I_B \cong \frac{I_E}{\beta}$$

$$I_B = - \frac{I_L}{\beta}$$

$$\Delta I_Z = \Delta I_B \Rightarrow \Delta I_Z = - \frac{I_L}{\beta} \quad \therefore \quad I_Z = - \frac{I_L}{\beta} = - \frac{82}{100} m = -0.82mA$$

$$\Delta V_{out} = Z_Z * \Delta I_Z = - 0.82 mA * 6 = - 4.92 mV \quad \text{مقدار التغير في فولتية الحمل}$$

$$VR\% = \frac{V_{out}}{V_{out}} * 100\% = \frac{-4.92 * 10^{-3}}{8.2} * 100\% = -0.06\% \quad (\text{عامل التنظيم})$$



دائرة ثانية لمنظم التوازي باستخدام ترانزستور NPN بدلاً من ترانزستور PNP

$$V_{out} = V_Z + V_{BE}$$

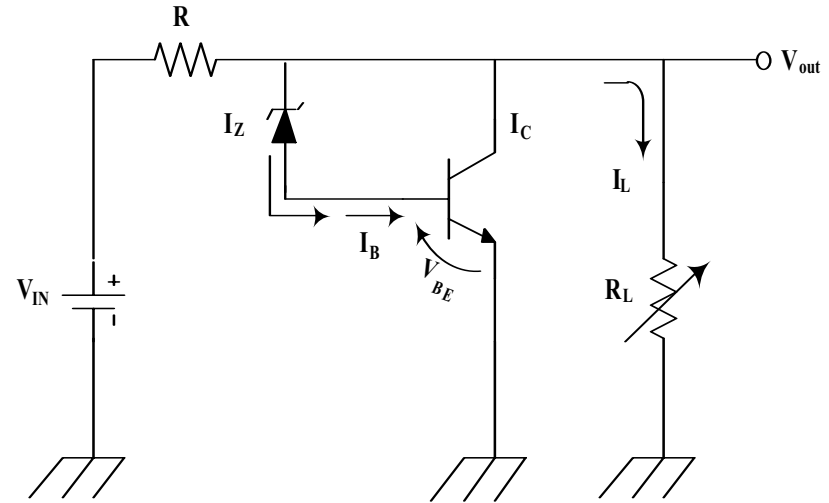
$$\Delta I_L = - \Delta I_C$$

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

$$I_Z = I_B$$

$$\Delta I_Z = I_B = - \frac{I_L}{\beta}$$

$$\Delta V_{out} = Z_Z * \Delta I_Z$$



Darlington Regulator

منظم دارلنكوتون

يسمى هذا المنظم بهذا الاسم كونه يستخدم مكبر دارلنكوتون والذي يتألف من ترانزستورين كما مبين في الشكل أدناه:

$$I_C = I_{C1} + I_{C2}$$

$$= \beta I_{B1} + \beta I_{B2}$$

$$I_{B2} = I_{E1} = I_{B1} + I_{C1} = I_{B1} + \beta I_{B1}$$

$$= I_{B1}(1 + \beta)$$

$$\therefore I_C = \beta I_{B1} + \beta I_{B1}(1 + \beta)$$

$$I_{E2} \cong I_C$$

$$= \beta I_{B1} + \beta I_{B1} + \beta^2 I_{B1}$$

$$= 2\beta I_{B1} + \beta^2 I_{B1}$$

$$\therefore I_{B1} = \frac{I_C}{2} \cong \frac{I_{E2}}{2} = \frac{I_L}{2}$$

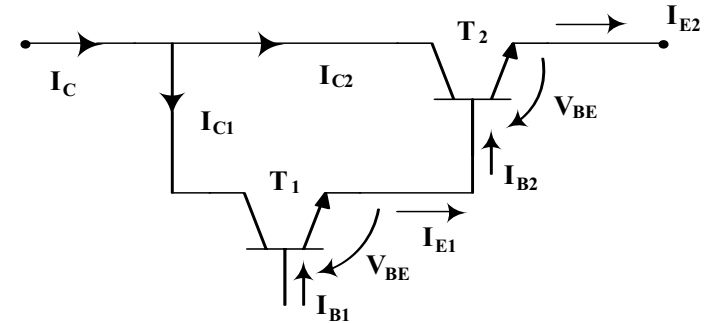
$$\Delta I_Z = -\Delta I_{B1} \quad \therefore \quad I_Z = -\frac{I_L}{2}$$

$$\Delta V_{out} = Z_Z * \Delta I_Z$$

$$V_{out} = V_Z - 2V_{BE} \quad \text{في منظم دارلنكوتون التوالي}$$

$$V_{out} = V_Z + 2V_{BE} \quad \text{في منظم دارلنكوتون التوازي}$$

ملاحظة: منظم دارلنكوتون يتحمل التغيرات الكبيرة جداً في تيار الحمل لأن العلاقة بين تغير تيار الزينر وتيار الحمل هي $I_Z = -\frac{I_L}{2}$





مثال: في منظم دارلنكتون التوالي إذا كانت $\beta=100$ ، $V_Z=7.5V$ ، وممانعة الزينر $Z_Z=6\Omega$ ومقاومة الحمل تتغير من 100Ω إلى 50Ω . أوجد مقدار التغير في فولتية الإخراج.

الحل

$$V_{out} = V_Z - 2V_{BE} = 7.5 - 2 * 0.7 = 6.1V$$

$$I_{L(max)} = \frac{V_{out}}{R_{L(min)}} = \frac{6.1}{50} = 0.122A = 122mA$$

$$I_{L(min)} = \frac{V_{out}}{R_{L(max)}} = \frac{6.1}{100} = 0.061A = 61mA$$

$$\Delta I_L = I_{L(max)} - I_{L(min)} = 122 - 61 = 61mA$$

$$I_Z = -\frac{I_L}{2} = \frac{61 * 10^{-3}}{(100)^2} = -6.1 * 10^{-6} A = -6.1 \mu A$$

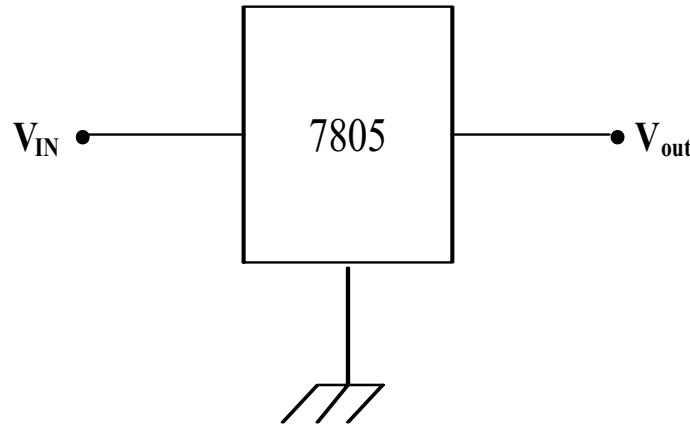
$$\Delta V_{out} = \Delta I_Z * Z_Z = -6.1 \mu A * 6 = -36.6 \mu V$$

$$VR\% = \frac{V_{out}}{V_{out}} * 100\% = \frac{36.6 mV}{6.1 V} * 100\% = -0.0006\%$$

IC Regulators

المنظمات المتكاملة

توجد منظمات القدرة المستمرة جاهزة بشكل دوائر متكاملة ثلاثية الأطراف شبيهة في شكلها الترانزستور الاعتيادي ويكون طرف للإدخال وطرف للإخراج وطرف مشترك بينهما.
V. مثال على هذا الدائرة المتكاملة 7805 التي تنظم عند جهد 5



جدول مقارنة بين أنواع دوائر تنظيم الجهد المستمر

منظم دارلنكتون	منظم التوازي	منظم التوالي	منظم زينر
1. ينظم الجهد المستمر.	1. ينظم الجهد المستمر.	1. ينظم الجهد المستمر.	1. ينظم الجهد المستمر.
2. يحتوي على ثنائي زينر ومكبر دارلنكتون مربوط على التوالي أو التوازي مع الحمل.	2. يحتوي على ثنائي زينر وترانزستور مربوط على التوازي مع الحمل.	2. يحتوي على ثنائي زينر وترانزستور مربوط على التوالي مع الحمل.	2. يحتوي على ثنائي زينر.
3. $V_{out} = V_Z - 2V_{BE}$ للتوالي. $V_{out} = V_Z + 2V_{BE}$ للتوازي.	3. $V_{out} = V_Z + V_{BE}$	3. $V_{out} = V_Z - V_{BE}$	3. $V_{out} = V_Z$
4. للتوالي للتوازي $\Delta I_Z = -\Delta I_{B1}$	4. $\Delta I_Z = -\Delta I_B$ $I_Z = -\frac{I_L}{2}$	4.	4. $\Delta I_Z = \frac{I_L}{2} \Delta I_L$ $I_Z = -\frac{I_L}{2}$
5. عامل التنظيم ممتاز.	5. عامل التنظيم جيد.	5. عامل التنظيم جيد.	5. عامل التنظيم مقبول.
6. دائرته (رسم الدائرة).	6. دائرته (رسم الدائرة).	6. دائرته (رسم الدائرة).	6. دائرته (رسم الدائرة).

ملاحظة: بالنسبة للمنظمات التوالي فيجب مراعاة شرط أن يكون تيار الحمل أقل من تيار الجامع للترانزستور.

ملاحظة: بإمكان الطالب إضافة نقطة إلى الجدول يراها مناسبة للمقارنة سواء تشابه أو اختلاف.

الفصل الثاني

OPAMP Applications

تطبيقات مكبر العمليات

يمتاز مكبر العمليات باستخدامه في كثير من التطبيقات المختلفة في الدوائر الالكترونية مثل: المكبر العاكس، المكبر غير العاكس، تابع الفولتية، الجامع، الطارح، المكامل، المفاضل وغيرها. وسوف نتناول بعض هذه التطبيقات بشيء من التفصيل.

ملاحظة: تعتبر المتكاملة 741 مثلاً جيداً لمكبر العمليات، ويحتوي تركيبها الداخلي العديد من المكونات الالكترونية كما موضح في الشكل أدناه.

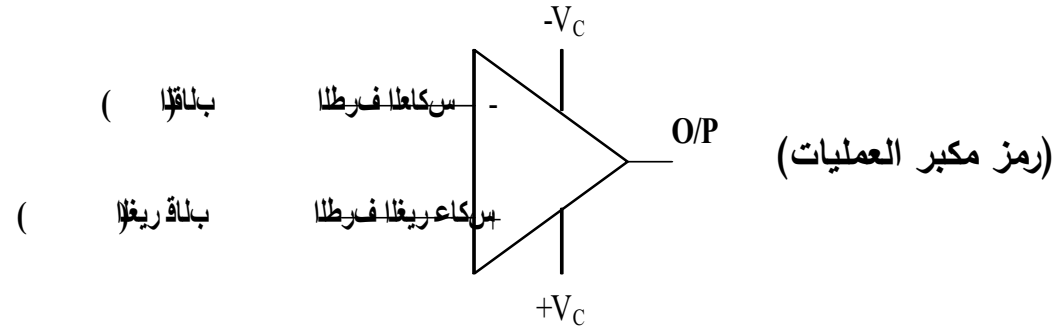
يجري التركيز في هذا الفصل على مكبر العمليات كقطعة واحدة وبإضافة مكونات خارجية مناسبة يمكن أن تؤدي وظيفة مذبذب لموجات جيبيهة أو غير جيبيهة. دوائر اكتساحية، مصادر للتيار والفولتية الثابتة بالإضافة إلى العمليات الحسابية الأربع المشار إليها اعلاه.

غير أن استعمال العمليات يعتمد على المكبر في كل الأحوال وحسب مقتضيات العمل.

Operational Amplifier (OPAMP)

مكبر العمليات

وهو عبارة عن دائرة متكاملة تناظرية لها طرفان للإدخال وطرف للإخراج ومصدرين للجهد المستمر كما يوضح ذلك رمزه بالرسم:

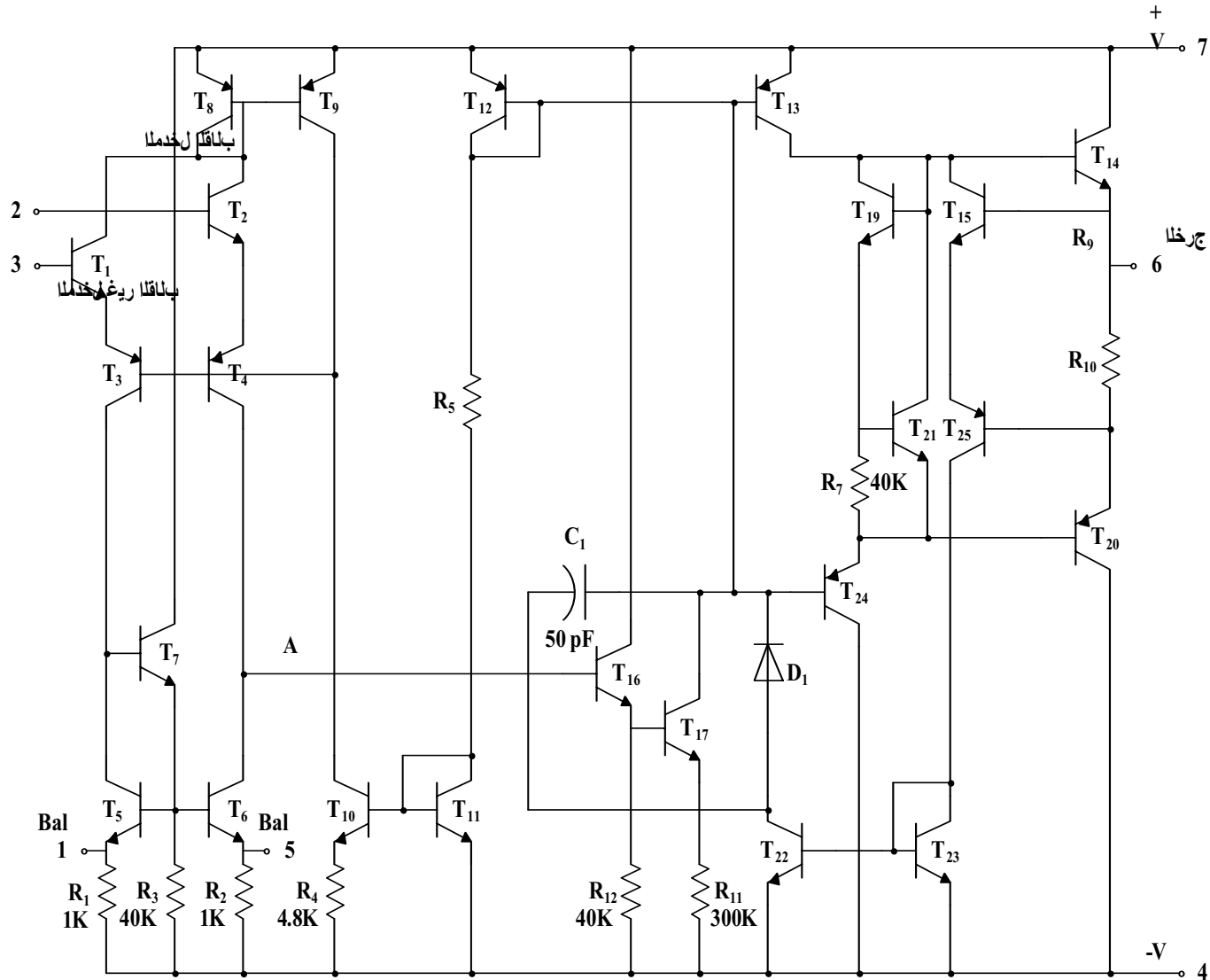


OPAMP Characteristics

خواص مكبر العمليات

- له مقاومة إدخال عالية جداً (مثالياً مالا نهائية).
- له مقاومة إخراج قليلة جداً (مثالياً صفر).
- له عامل تكبير (كسب) فولتية عالي جداً (مثالياً مالا نهائية).
- له عرض حزمة (B.W) واسع جداً (مثالياً مالا نهائية).

(التركيب الداخلي لمكبر العمليات 741)

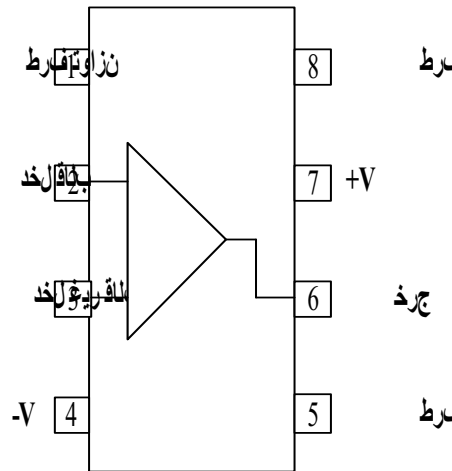


تركيب ومواصفات مكبر العمليات

مكبر العمليات ما هو إلا دائرة متكاملة خطية يكتب اختصار Op. Amp حيث يصنع المكبر بأكمله على شريحة (رقاقة) سليكونية واحدة وحسب الأسلوب المبين في الفصل الثامن - كما ان الدوائر الأساسية والأولية فيه هي المكبرات التفاضلية ذات الاقران المباشر وبنوعين من الترانزستورات (ثنائي القطبية وتأثير المجال). ويوضح الشكل التركيب الداخلي لمكبرالعمليات نوع 741 والأكثر شيوعاً في التطبيقات العملية.

الرمز التخطيطي

يمثل مكبر العمليات عادة بمثلث (كرأس السهم) والذي يشير إلى اتجاه سير البيانات (الدخل إلى الخرج). والشكل أدناه يبين مكبرعمليات ذو ثمانية أطراف (دبابيس) داخل عبوته البلاستيكية. وفيما يلي وصف موجز لوظيفة أطراف التوصيل.



رمز مكبر العمليات 741 داخل عبوة بلاستيكية

- **الطرفين (4, 7):** يمثلان أطراف مجهز القدرة حيث يجهز المكبر بمصدرين منظمين للتيار المستمر مثل $\pm 15V$ نسبة إلى الخط الأرضي. وهذه الفولتية تمكن المضخم لتكبير إشارة الدخل (dc و ac) فيما إذا كانت سالبة أو موجبة نسبة إلى المنسوب المرجعي ولكن لا تكون فولتيات التجهيز ذات مقادير حرجة على الرغم من المصنع يبين الفولتيات المستخدمة في لوائح الأداء. كما يوصي بإضافة متسعة قيمتها $0.1\mu f$ بين كل مصدر والأرضي لإمرار الترددات الراديوية.
- **الطرف (2):** هو طرف دخل قالب للإشارة. فعند تسليط إشارة بين هذا الطرف والأرضي، فإنها تكبر وتقلب في دائرة الخرج. فإذا كانت إشارة الدخل متناوبة فإن القلب يشير إلى التبدل في زاوية الطور بمقدار 180° . أو بمعنى آخر، تنعكس إشارة الخرج عن الدخل. ويعني ذلك تغير في العلامة أو الاتجاه. ولهذا السبب يشار إلى الطرف القالب بالعلامة (-).
- **الطرف (3):** يسمى طرف الدخل غير القالب ويميز بالعلامة (+). والإشارة التي تسلط بين هذا الطرف والأرضي، تظهر في الخرج بنفس إشارة الدخل.
- **الطرف (6):** هو خرج المكبر حيث تؤخذ إشارة الخرج بين هذا الطرف والأرضي.

Inverting Amplifier

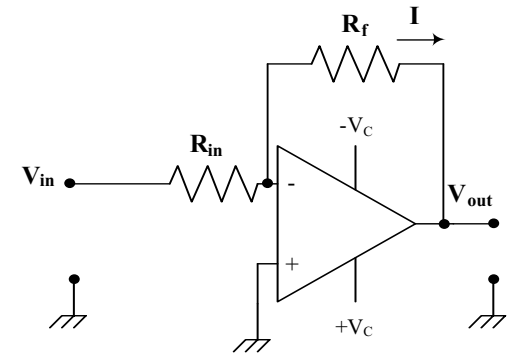
المكبر العاكس (القلب)

يقوم المكبر العاكس بتكبير الإشارة مع قلبها حيث أن الجهد السالب سوف يخرج موجباً والجهد الموجب سيكون سالباً، أي هناك فرق طور 180° بين الإدخال والإخراج وتكون معادلة الإخراج V_{out} وعامل تكبير الفولتية في دائرة المكبر العاكس كما يلي:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_{in}} \quad \text{تكبير الفولتية أو كسب الفولتية}$$

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

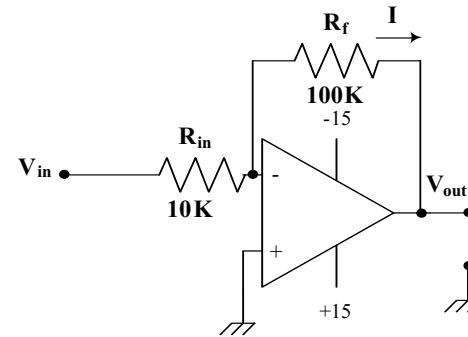
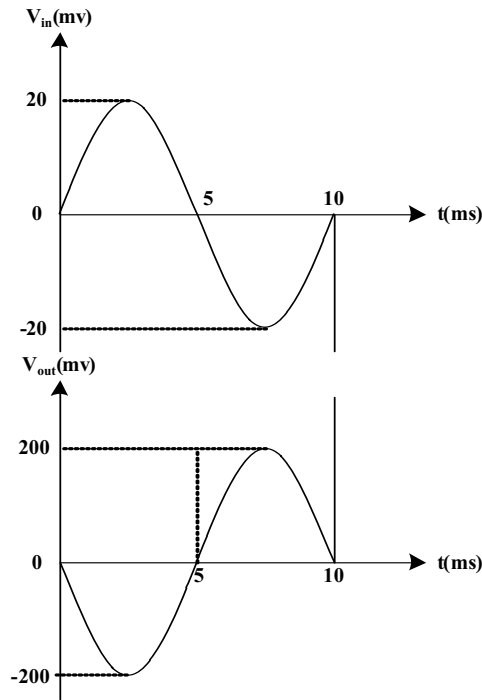
$$\begin{aligned} V_{out} &= -I * R_f \\ V_{in} &= I * R_{in} \end{aligned} \quad \text{حيث أن:}$$



(دائرة المكبر العاكس)

ملاحظة: وإذا كانت $R_f = R_{in}$ فإن $A_v = -1$ و $V_{out} = -V_{in}$ وعندها تسمى دائرة العاكس (بدون تكبير).

مثال 1: في دائرة المكبر العاكس إذا كانت $R_f = 100K$ و $R_{in} = 10K$ و $V_{cc} = +15V$. ارسم موجة الإخراج لموجة الإدخال المعطاة.
الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.



$$A_v = -\frac{R_f}{R_{in}} = -\frac{100K}{10K} = -10 \quad \text{نحسب } A_v$$

$$V_{out1} = V_{in} * A_v = 20 * (-10) = -200mV$$

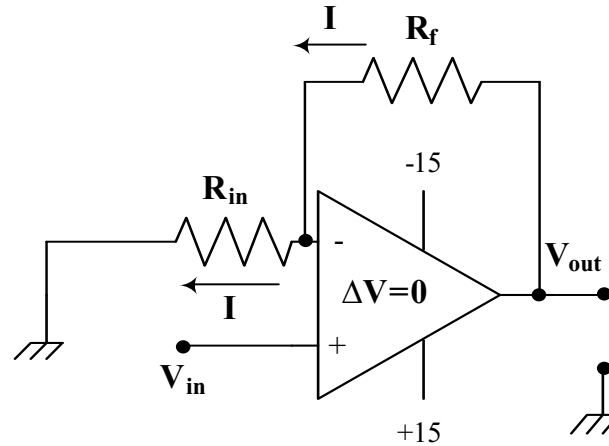
$$V_{out2} = V_{in} * A_v = -20 * (-10) = +200mV$$

المكبر الغير عاكس (الغير قالب)

Non-Inverting Amplifier

في المكبر غير العاكس يكون التكبير بدون قلب الإشارة أي ان إشارة الإخراج تكون بنفس الطور مع إشارة الإدخال وتكون علاقة التكبير لهذه الدائرة كما يلي:

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



(دائرة المكبر غير العاكس)

مثال 2 : في دائرة المكبر غير العاكس إذا كانت $R_f=50K$ و $R_{in}=10K$ و $V_{cc}=\pm 15V$. أوجد فولتية الإخراج إذا كانت $V_{in}=-1.5V$ مرة و $V_{in}=4V$ مرة أخرى.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_{in}} = 1 + \frac{50K}{10K} = 6$$

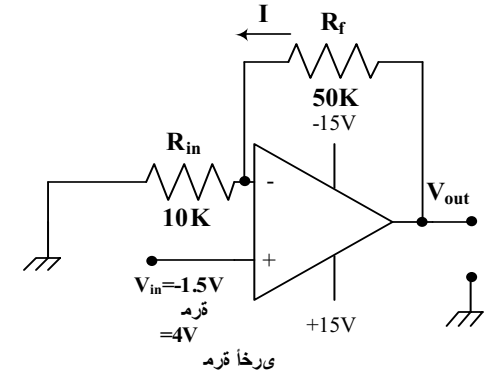
عندما $V_{in} = -1.5V$ فإن الإخراج

$$V_{out} = V_{in} * A_v = 6 * (-1.5) = -9V$$

وعندما $V_{in} = 4V$ فإن الإخراج

$$V_{out} = V_{in} * A_v = 6 * 4 = 24V$$

وهذا عملياً غير ممكن
في هذا المثال أي أنها لا تتجاوز 15 Vcc: حيث ان



(دائرة المثال للمكبر الغير عاكس)

ملاحظة: إذا كانت $R_f=0$ و $R_{in}=\infty$ في المكبر غير العاكس فإن الدائرة تسمى (تابع الفولتية) أو المصدر التناظري Analog Buffer ويكون $A_v=1$ ويستخدم لتكبير التيار. $V_{out} = V_{in}$.

Inverting Adder

الجامع العاكس (القالب)

ويسمى أيضاً المضيف أو الضائف، وتقوم هذه الدائرة بجمع عدد من الإشارات مع عكسها (قلب إشارتها).

تستخدم دائرة الجامع العاكس في محول رقمي إلى تناظري (D/A) وكذلك في الحاسبة التناظرية، وفيما يلي رسم الدائرة مع العلاقات الرياضية لدائرة الجامع العاكس:

$$V_{out} = - \left(\frac{R_f}{R_1} * V_1 + \frac{R_f}{R_2} * V_2 + \frac{R_f}{R_3} * V_3 \right) \dots\dots\dots 1$$

المعادلة العامة للجامع العاكس

وإذا كانت المقاومات متساوية أي أن :

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_f$$

فإن المعادلة (1) ستكون:

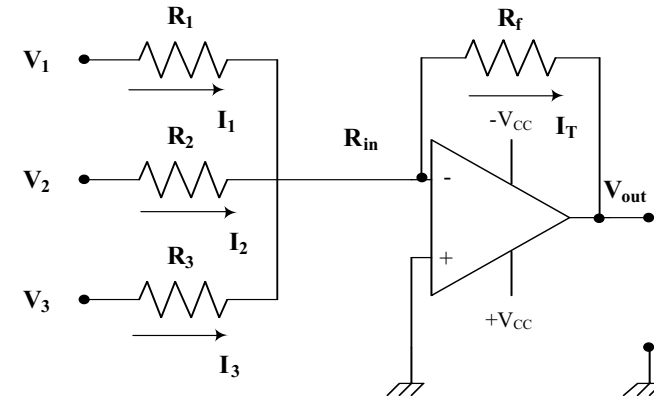
$$V_{out} = -(V_1 + V_2 + V_3) \dots\dots (2)$$

كيفية الحصول على المعادلة (1) هو كما يلي:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \quad , \quad I_2 = \frac{V_2}{R_2} \quad , \quad I_3 = \frac{V_3}{R_3}$$

$$V_{out} = -I_T * R_f = -(I_1 + I_2 + I_3) * R_f$$

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



(دائرة الجامع العاكس)

مثال 3 :

في دائرة الجامع العاكس إذا كانت $V_1=2V$ ، $V_2=1V$ ، $V_3=0.5V$ ، $R_1=30K$ ، $R_2=20K$ ، $R_3=15K$ ، $R_f=60K$ و $V_{cc}=\pm 15V$ أوجد فولتية الإخراج في هذه الدائرة.

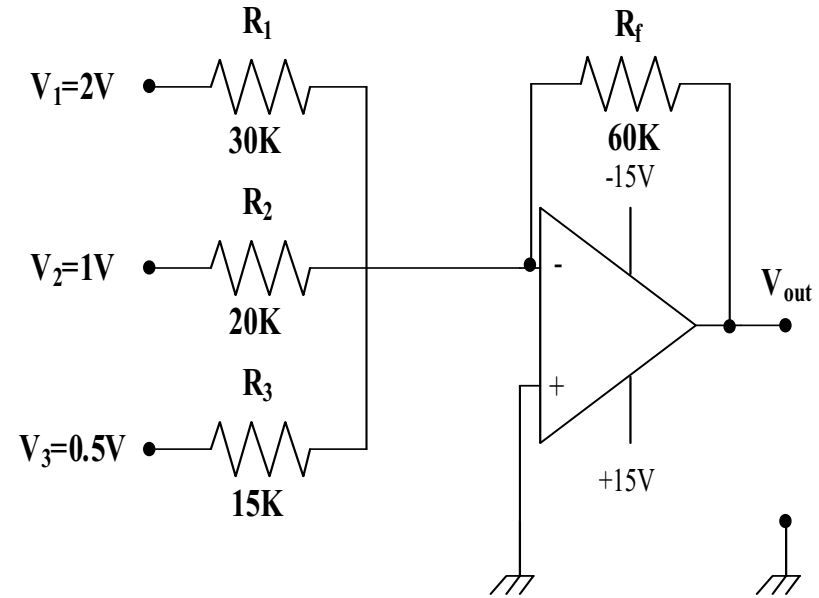
الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.

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

$$= -\left(\frac{60}{30} * 2 + \frac{60}{20} * 1 + \frac{60}{15} * 0.5 \right)$$

$$= -(4 + 3 + 2)$$

$$= -9V \quad \text{و.هـ.م}$$



(دائرة مثال الجامع العاكس)

مثال 4 : ارسم دائرة مكبر العمليات التي يكون إخراجها $V_{out} = 5V_1 + 2V_2 + 1V_3$

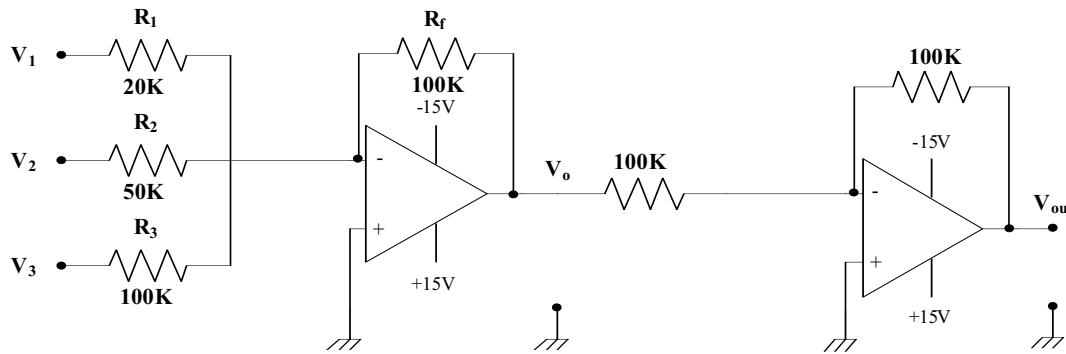
علماً أن $R_f = 100K$ و $V_{cc} = \pm 15V$.

الحل:

نظرة فاحصة على معادلة الإخراج المطلوبة تبين أننا نحتاج إلى دائرة جامع عاكس مربوط بعدها دائرة عاكس وللحصول على القيم المناسبة للمقاومات نقوم بإجراء تناظر بين المعادلة المطلوبة والمعادلة العامة للجامع العاكس فنحصل على:

$$\frac{R_f}{R_1} = 5, \therefore R_1 = \frac{R_f}{5} = \frac{100}{5} = 20K \text{ \& } R_2 = \frac{100}{2} = 50K \text{ \& } R_3 = 100K$$

وستكون الدائرة المطلوبة كما مرسومة أدناه لأنها تحقق V_{out} المطلوب:



$$V_{out} = -V_0 = -\left[-\left(\frac{100}{20} \cdot V_1 + \frac{100}{50} \cdot V_2 + \frac{100}{100} \cdot V_3\right)\right] = 5V_1 + 2V_2 + V_3$$

و.ه.م

Non-Inverting Adder

الجامع غير العاكس (غير القالب)

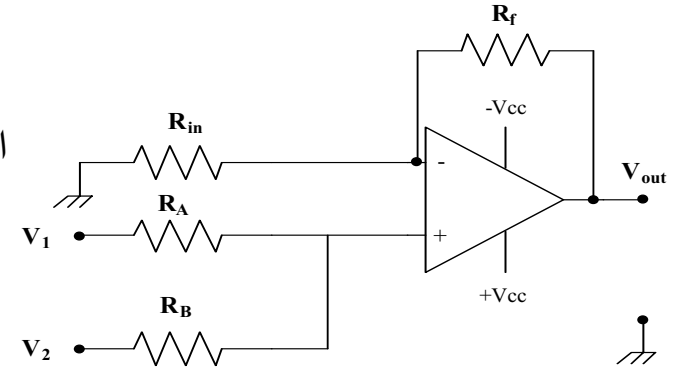
تقوم دائرة الجامع غير القالب بجمع عدد من الاشارات من دون عكسها، وتسمى أيضاً المضيف غير القالب أو الضائف غير القالب.

وفيما يلي رسم الدائرة مع العلاقات الرياضية لها:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \left(\frac{V_1 * R_B + V_2 * R_A}{R_A + R_B}\right) \quad (1) \dots\dots\dots$$

$$V_{out} = \left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right) \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \quad (2) \dots\dots\dots \text{إذا كانت } R_A = R_B$$

هذا الرقم يدل على عدد الإشارات



وإذا كانت $R_f = R_{in}$ أيضاً فإن المعادلة (2) ستصبح: $V_{out} = V_1 + V_2$

المعادلة (1) وهي المعادلة العامة تم الحصول عليها باستخدام نظرية التراكب (Superposition) المعروفة في الدوائر الكهربائية وكما يلي:

$$V_{out1} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \left(\frac{V_1 * R_B}{R_A + R_B}\right)$$

$$V_{out2} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \left(\frac{V_2 * R_A}{R_A + R_B}\right)$$

وبإجراء عملية جمع V_{out1} مع V_{out2} نحصل على المعادلة (1).

مثال 5 : في دائرة الجامع غير العاكس إذا كانت $R_A=R_B=10K$ ، $R_f=40K$ ، $R_{in}=10K$ ، $V_1=3.5V$ ، $V_2=2.5$ كانت $V_{cc}=\pm 15V$ لهذه الدائرة V_{out} أوجد .

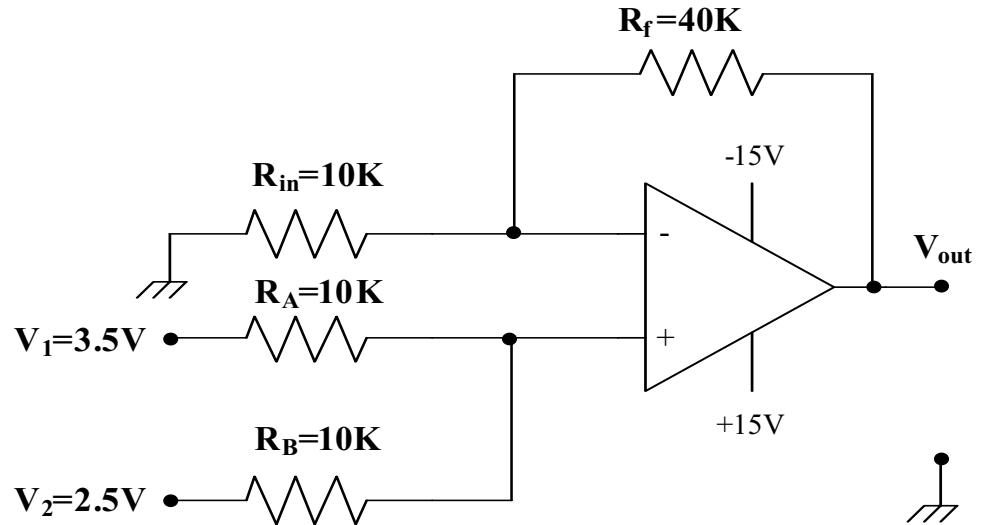
الحل: بداية نرسم الدائرة ثم نقوم بتثبيت المعلومات عليها:

$$V_{out} = \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right) \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}} \right)$$

$$= \left(\frac{3.5 + 2.5}{2} \right) \left(1 + \frac{40}{10} \right)$$

$$= (3) * (5)$$

$$= 15V \text{ و.هـ.م}$$



ملاحظة: أعد حل المثال السابق إذا كانت $R_f=R_{in}=10K$ أن علاقة الإخراج التي بإمكاننا استخدامها هي:

$$V_{out} = (V_1 + V_2) = 3.5 + 2.5 = 6V$$

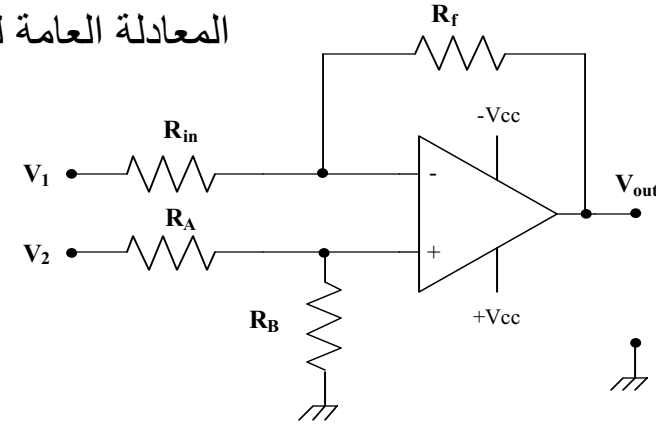
الطارح

Subtractor

تقوم دائرة الطارح بطرح اشارتين كل منهما على أحد طرفي الإدخال، وتسمى أيضاً المكبر الفرقي أو المكبر التفاضلي.
ملاحظة: توجد أكثر من دائرة للطارح، وسوف نختار أحدها

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \left(\frac{V_2 * R_B}{R_A + R_B}\right) - \frac{R_f}{R_{in}} * V_1 \quad (1) \dots\dots\dots$$

المعادلة العامة للطارح



وإذا كانت $R_A = R_B$ و $R_f = R_{in}$ فإن علاقة الإخراج تكون:

$$V_{out} = (V_2 - V_1) \quad (2) \dots\dots\dots$$

يتم الحصول على المعادلة (1) وهي المعادلة العامة للطارح باستخدام نظرية التراكب (Super Position) المعروفة في الدوائر الكهربائية وكما يلي:

(دائرة الطارح)

$$V_{out1} = -\frac{R_f}{R_{in}} * V_1 \quad , \quad V_{out2} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \left(\frac{R_B * V_2}{R_A + R_B}\right)$$

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R}{R}\right) \left(\frac{R' * V_2}{R' + R'}\right) - \frac{R}{R} * V_1$$

وبجمع V_{out1} مع V_{out2} نحصل على V_{out} المبين في المعادلة (1).

أما المعادلة (2) فهي ناتجة عن تبسيط المعادلة (1) وكما يلي:

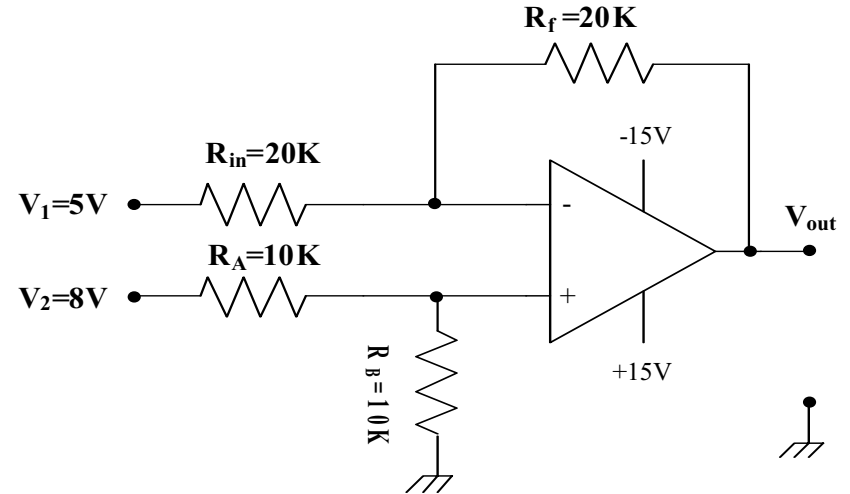
لو فرضنا أن $R_A = R_B = R'$ & $R_f = R_{in} = R$ وبتعويض هذه القيم نحصل على:

$$= (1 + 1) \left(\frac{R' * V_2}{2R'}\right) - V_1 = V_2 - V_1$$

ملاحظة: إذا كانت مواقع V_1 & V_2 متبادلة فإن المعادلة (2) ستكون: $V_{out} = V_1 - V_2$ (لماذا؟)

مثال 6 : في دائرة الطارح إذا كانت $V_{cc}=\pm 15V$ ، $V_1=5V$ ، $V_2=8V$ و $R_f=R_{in}=20K$ & $R_A=R_B=10K$ أوجد فولتية الإخراج في الدائرة.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.



$$\begin{aligned}
 V_{out} &= V_2 - V_1 \\
 &= 8 - 5 \\
 &= 3V \quad \text{و.ه.م}
 \end{aligned}$$

ملاحظة: إذا كانت $V_1=8V$ و $V_2=5V$ فإن فولتية الإخراج تكون:

$$V_{out} = 5 - 8 = -3V$$

مثال 7 : ارسم دائرة مكبر العمليات التي يكون فيها الإخراج كما في المعادلة أدناه. إذا كانت مقاومة التغذية العكسية ($R_F=75K\Omega$).

$$V_{out} = 7.5V_1 + 4V_2 + 10V_3$$

الحل:

$$\frac{R_F}{R_1} = 7.5 \Rightarrow R_1 = \frac{75}{7.5} = 10K$$

$$\frac{R_F}{R_2} = 4 \Rightarrow R_2 = \frac{75}{4} = 18.75K$$

$$\frac{R_F}{R_3} = 10 \Rightarrow R_3 = \frac{75}{10} = 7.5K$$

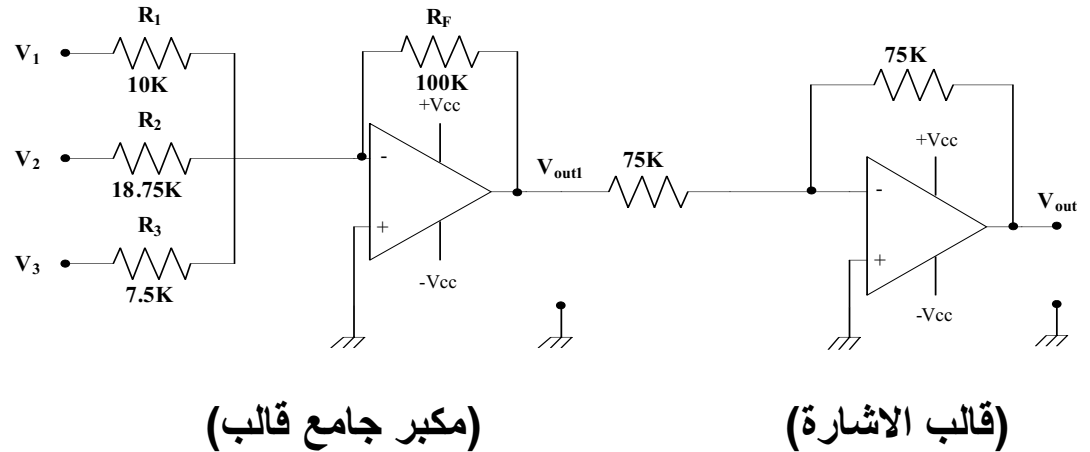
$$V_{out1} = -7.5V_1 - 4V_2 - 10V_3$$

$$= -(7.5V_1 + 4V_2 + 10V_3)$$

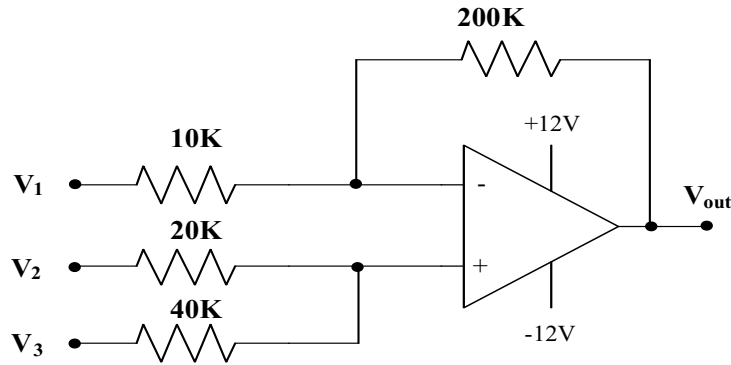
$$V_{out} = 7.5V_1 + 4V_2 + 10V_3$$

و.هـ.م

وعليه يكون رسم الدائرة المطلوب كما يلي:



مثال 8: أوجد معادلة الإخراج للدائرة المرسومة أدناه:



الحل:

$$V_{o1} = V_1 \text{ من الإخراج الناتج} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in} = \frac{-200}{10} \cdot V_1 = -20 \cdot V_1$$

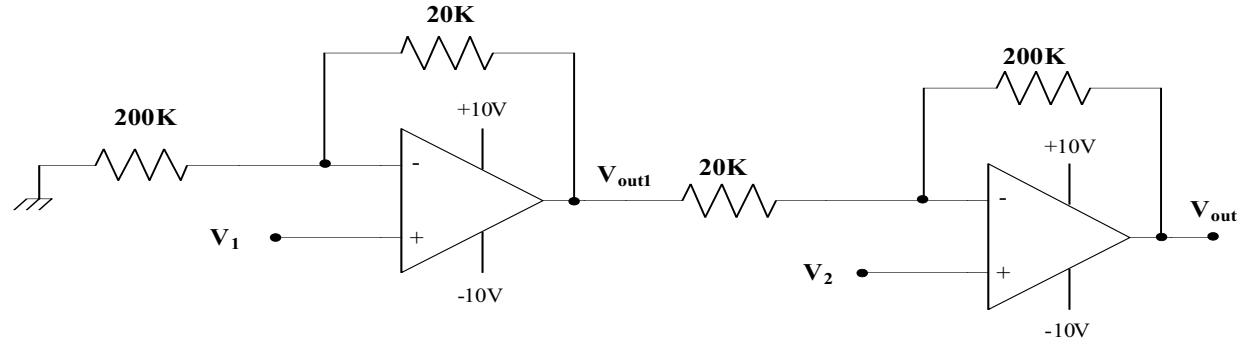
$$V_{o2} = V_2 \text{ من الإخراج الناتج} = \left(1 + \frac{200}{10}\right) \cdot V_2 \cdot \left(\frac{40}{20 + 40}\right) = 14 \cdot V_2$$

$$V_{o3} = V_3 \text{ من الإخراج الناتج} = \left(1 + \frac{200}{10}\right) \cdot V_3 \cdot \left(\frac{20}{20 + 40}\right) = 7 \cdot V_3$$

$$V_{out} = V_{o1} + V_{o2} + V_{o3}$$

$$V_{out} = -20V_1 + 14V_2 + 7V_3$$

مثال 9: أوجد معادلة الإخراج لدائرة مكبر العمليات المرسومة أدناه:



$$V_o = \left(1 + \frac{200k}{20k}\right) \cdot V_1 = 11V_1$$

$$V_{out1} = V_o \text{ من الإخراج الناتج من } = \frac{-200k}{20k} \cdot V_o = -10 \cdot 11V_1 = -110 \cdot V_1$$

الحل:

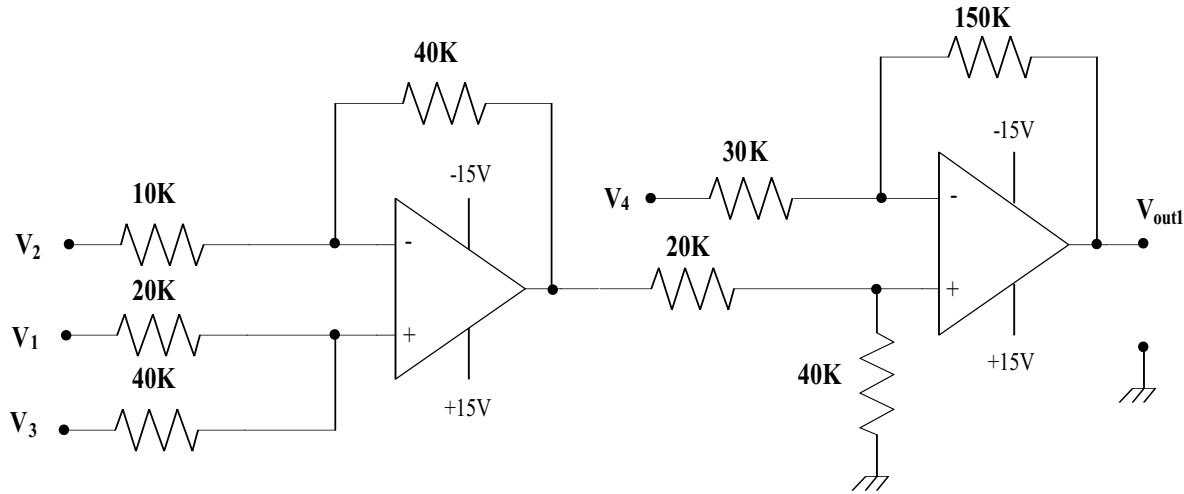
$$V_{out2} = V_2 \text{ من الإخراج الناتج من } = \left(1 + \frac{200k}{20k}\right) \cdot V_2 = 11 \cdot V_2$$

$$V_{out} = V_{out1} + V_{out2}$$

$$V_{out} = -110V_1 + 11V_2$$

و.ه.م

واجب: أوجد معادلة فولتية الإخراج للدائرة المرسومة أدناه:



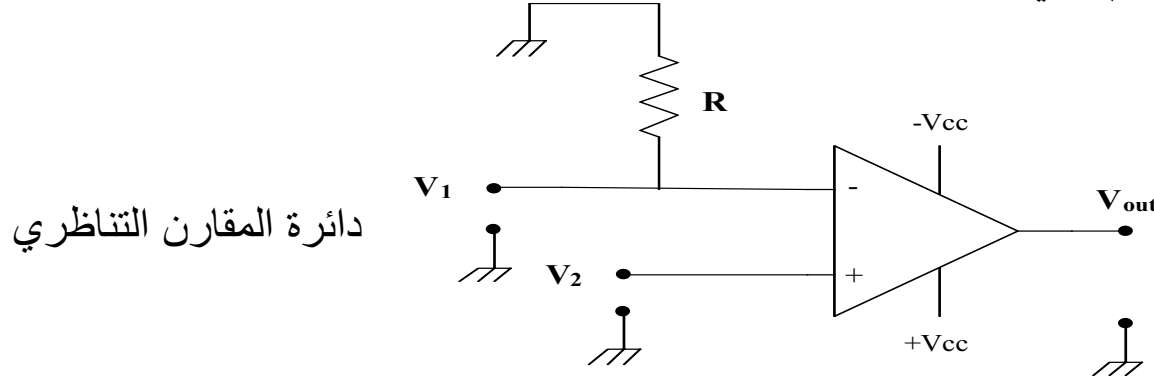
ملاحظة: في مثل هذه الدوائر نقوم بإيجاد فولتية الإخراج للمرحلة الأولى ومن ثم اعتبارها احد إدخلات المرحلة الثانية.

الفصل الثالث

(Analog Comparator)

المقارن التناظري

تقوم دائرة المقارن بمقارنة إشارتي إدخال أحدهما على الطرف القالب والأخرى على الطرف غير القالب ويسمى عادة (فولتية المرجع V_R). وتكون دائرة المقارن مشابهة لدائرة الطارح (المكبر الفرقي أو المكبر التفاضلي) مع وجود فروقات كما سنوضح ذلك في جدول خاص. وللمقارن استخدامات كثيرة مثل تحويل التناظري إلى رقمي A/D وفي السيطرة على اشتغال دوائر الكترونية (تناظرية أو رقمية) وفي دوائر التوقيت مثل الدائرة المتكاملة المشهورة 555 وغيرها.

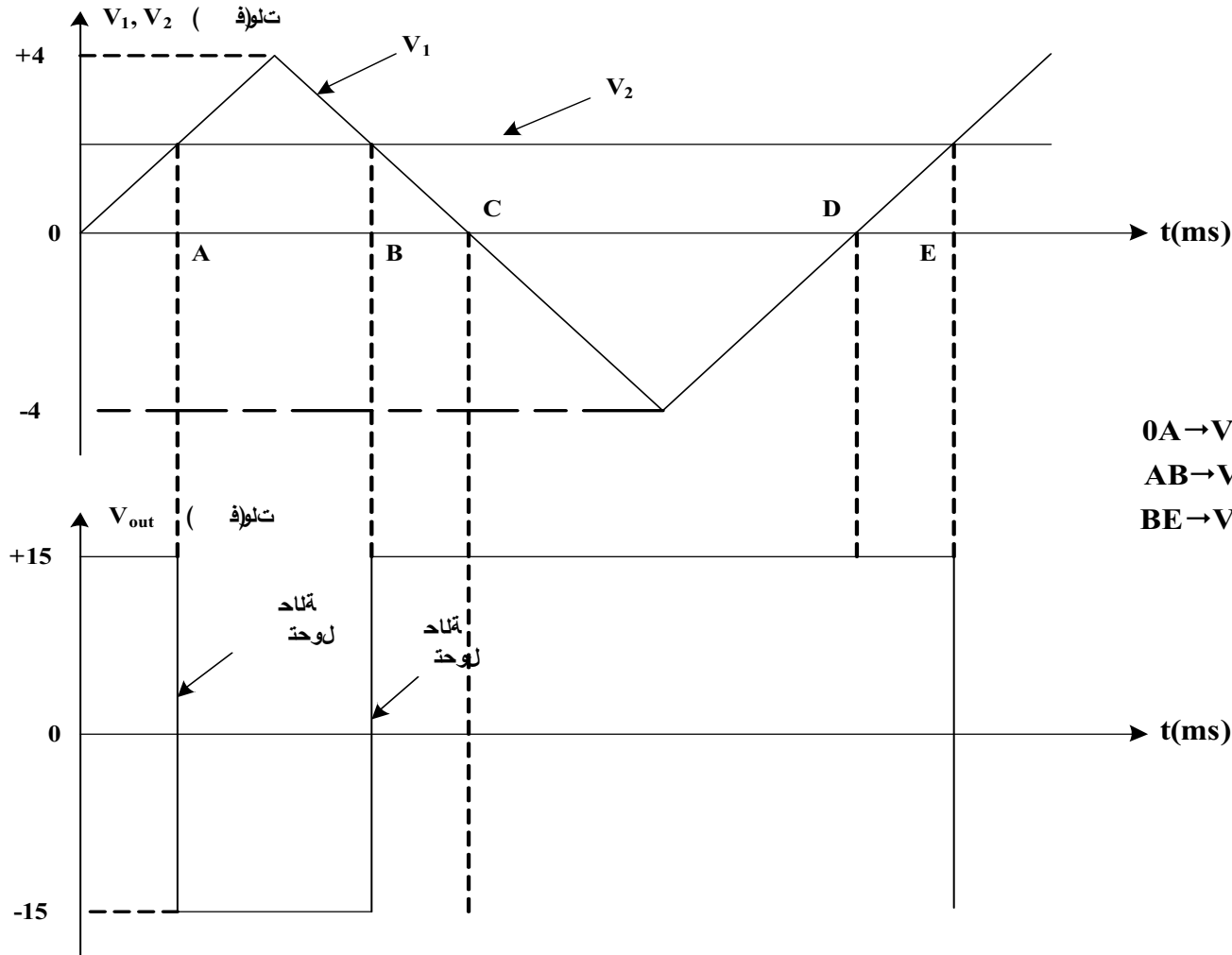


ملاحظة: دائرة المقارن التناظري ليس لها معادلة فولتية إخراج كما في الدوائر التي مرت علينا ولكن لها جدول عمل كما موضح أدناه.
جدول عمل المقارن التناظري

حالة الإدخال	حالة الإخراج
$V_1 > V_2$	$V_{out} = -V_{cc}$
$V_1 = V_2$	$V_{out} = 0$ (حالة تحول)
$V_2 > V_1$	$V_{out} = +V_{cc}$

مثال 10: في دائرة المقارن التناظري إذا كانت فولتية المرجع $V_2=2V$ ، $R=10K\Omega$ ، $V_{ic}=\pm 15V$. ارسم شكل موجة فولتية الإخراج نسبة إلى موجة فولتية الإدخال المثلثة المعطاة.

الحل:



0A $\rightarrow V_2 > V_1$, $V_{out} = +15V$

AB→V₂>V₁ , V_{out} = - 15V

BE $\rightarrow V_2 > V_1$, $V_{out} = +15V$

جدول مقارنة بين الطارح والمقارن

الطارح (المكبر ألفرقي)	المقارن التناظري
1. أحد استخدامات مكبر العمليات.	1. أحد استخدامات مكبر العمليات.
2. يستخدم الطرفين القالب وغير القالب.	2. يستخدم الطرفين القالب وغير القالب.
3. يكبر الفرق بين إشارتي الإدخال.	3. يقارن بين إشارتي الإدخال.
4. له تكبير فولتية محدد بسبب وجود مقاومة التغذية العكسية.	4. له تكبير فولتية غير محدد بسبب عدم وجود مقاومة التغذية العكسية.
5. فولتية الإخراج أقل من $\pm V_{cc}$.	5. فولتية الإخراج تساوي $\pm V_{cc}$.
6. له استخدامات محدودة.	6. استخداماته كثيرة.
7. رسم الدائرة	7. رسم الدائرة.

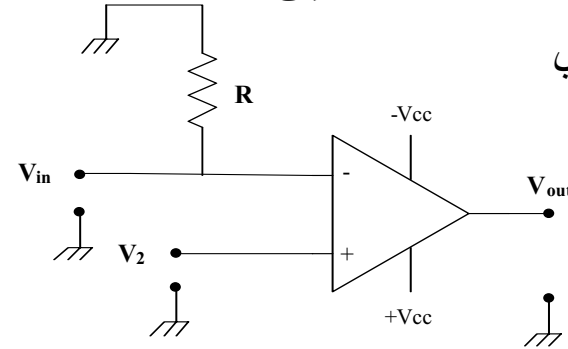
(Zero Crossing Detector)

الدائرة الصفري

وتسمى أيضاً دائرة العبور الصفري والاسم الكامل لها هو دائرة كاشف العبور الصفري، وهي عبارة عن دائرة مقارن تناظري تكون فولتية المرجع $V_2=0$. تستخدم دائرة العبور الصفري لتحويل الموجة الجيبية إلى موجة مربعة بنفس التردد.

وهي تشبه دائرة المكبر القالب إلى حد ما.

دائرة العبور الصفري



*إذا كانت $V_{in} > 0$ تكون $V_{out} = -V_{cc}$.

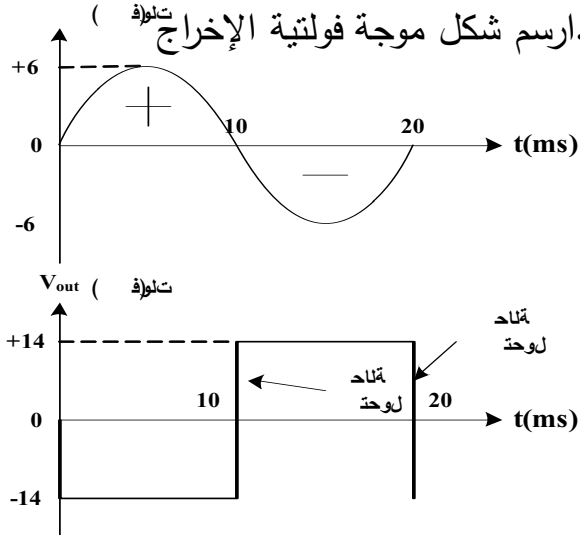
*إذا كانت $V_{in} = 0$ تكون حالة تحول $V_{out} = 0$.

*إذا كانت $V_{in} < 0$ تكون $V_{out} = +V_{cc}$.

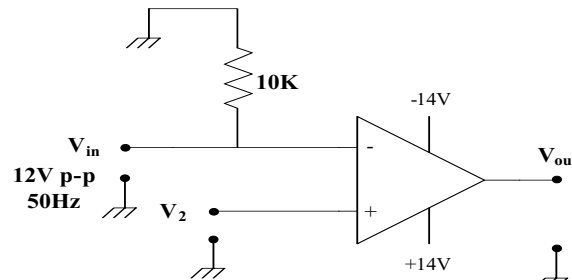
جدول عمل دائرة العبور الصفري

مثال 11: في دائرة العبور الصفري إذا كانت V_{in} موجة جيبية 12V p-p وبتردد 50Hz، $R=10K\Omega$ و $V_{cc}=\pm 14V$.

ارسم شكل موجة فولتية الإخراج (تأليف)



الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.



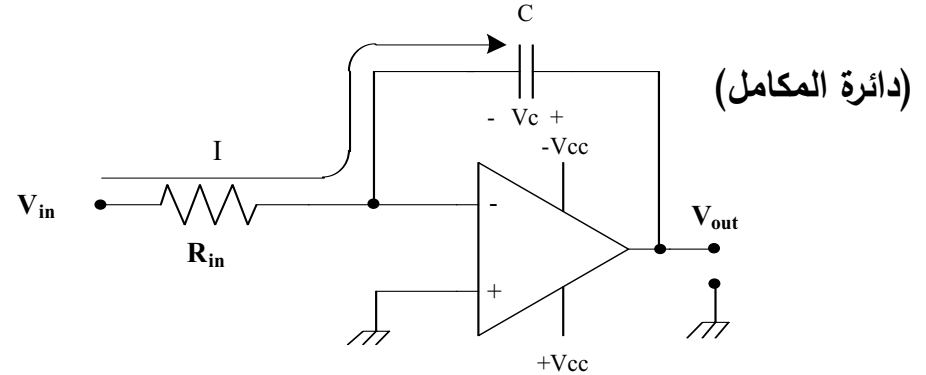
في النصف الموجب لموجة الإدخال تكون $V_{in} > 0$ وعندها $V_{out} = -14V$.

في النصف السالب لموجة الإدخال تكون $V_{in} < 0$ وعندها $V_{out} = +14V$.

تقوم دائرة المكامل بإجراء عملية التكامل الرياضية لإشارة الإدخال، وفيها تشابه مع دائرة المكبر القالب (ماهو؟) وتستخدم هذه الدائرة في تحويل الموجة المربعة إلى موجة مثلثة وكذلك تستخدم في الحاسبة التناظرية (Analog Computer).

$$V_{out} = \frac{-1}{R_{in} * C} \int_0^t V_{in} dt$$

لأجل الحصول على المعادلة أعلاه نتبع الخطوات التالية:



بالتعويض $\therefore \frac{dQ}{dt} = \frac{V_{in}}{R_{in}}$ علاقة عامة $I = \frac{V_{in}}{R_{in}}$ $I = \frac{dQ}{dt}$

علاقة الفولتية على المتسعة $V_{out} = -V_C$, $V_C = \frac{Q}{C}$

(1) $\therefore Q = -C.V_{out}$ بالتعويض $\frac{Q}{C} = -V_{out}$

بأخذ مشتقة الطرفين للمعادلة (1) بالنسبة للزمن ينتج:

(2) $\frac{dV_{out}}{dt} = \frac{-V_{in}}{R_{in} * C} \Rightarrow dV_{out} = \frac{-1}{R_{in} * C} . V_{in} dt$, $\frac{V_{in}}{R_{in}} = -C \frac{dV_{out}}{dt}$, $\frac{dQ}{dt} = -C \frac{dV_{out}}{dt}$

وبإجراء تكامل الطرفين للمعادلة (2) نحصل على المعادلة المطلوبة.

مثال 12 : في دائرة المكامل إذا كانت المقاومة تساوي $100K\Omega$ والتمسعة $0.1\mu F$ و $V_{cc}=\pm 14V$. ارسم شكل موجة فولتية الإخراج نسبة إلى إشارة إدخال مربعة ذو قيمة V_{p-p} 30 وبتردد $100Hz$.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها

$$10ms = \frac{1}{100Hz} = \frac{1}{F} \quad \text{زمن الموجة}$$

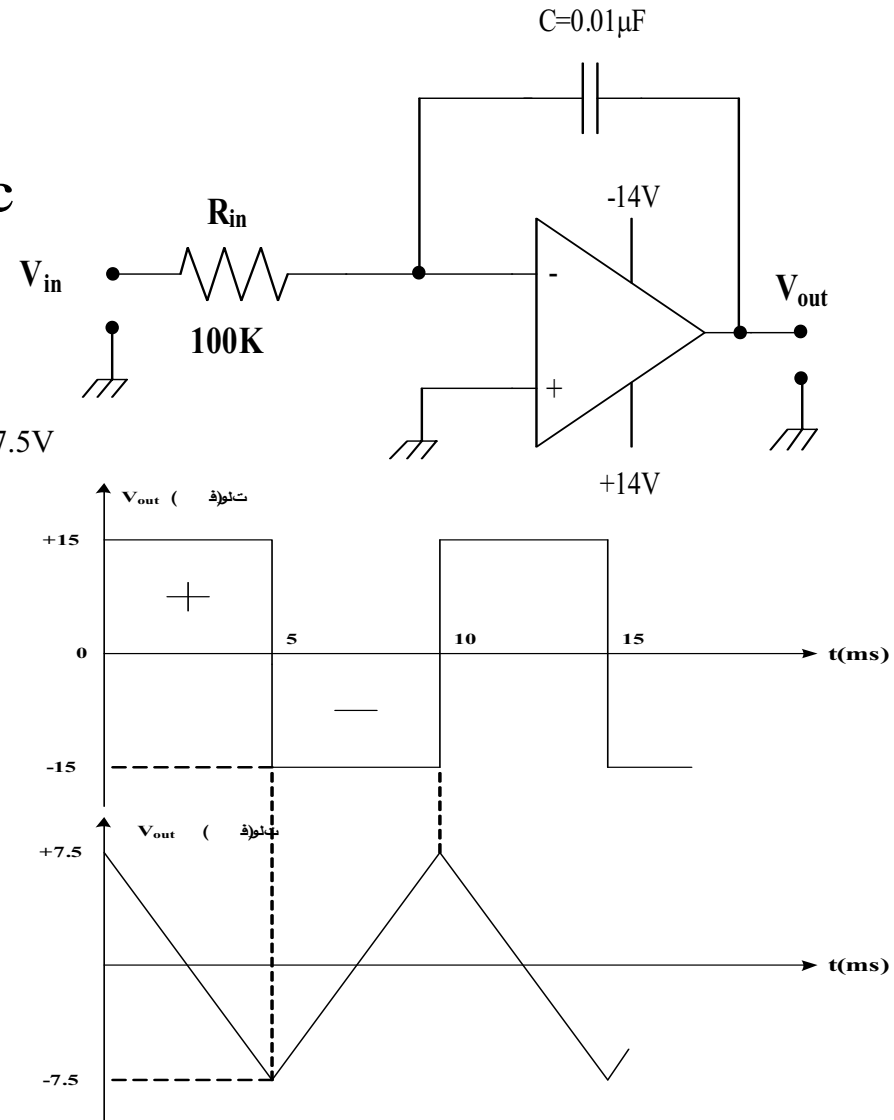
$$R_{in} * C = 100 * 10^3 * 0.1 * 10^{-6} = 0.01sec$$

تكامل النصف الموجب لموجة الإدخال V_{in} :

$$V_{out} = \frac{-1}{R_{in} * C} \int_0^t V_{in} dt = -1/0.01 * \left(\int_0^{5ms} 15 dt \right) = -100 * (15 * 5 * 10^{-3}) = -7.5V$$

أما تكامل النصف السالب لموجة الـ V_{in} :

$$V_{out} = -1/0.01 * \left(\int_{5ms}^{10ms} -15 dt \right) = -100 * -15 * (10 - 5) * 10^{-3} = +7.5V$$



تقوم دائرة المفاضل بإجراء عملية التفاضل الرياضية على إشارة الإدخال، وتشبه دائرة المكامل غير ان المتسعة والمقاومة يتم استبدال مواقعهما كما موضح في رسم الدائرة. واستخداماته أقل من استخدامات المكامل بسبب وجود مشاكل الضوضاء العالية خصوصاً في الترددات العالية.

$$V_{out} = -R_f * C \frac{dV_{in}}{dt}$$

للحصول على المعادلة أعلاه:

$$V_{out} = -I * R_f$$

$$V_c = V_{in}$$

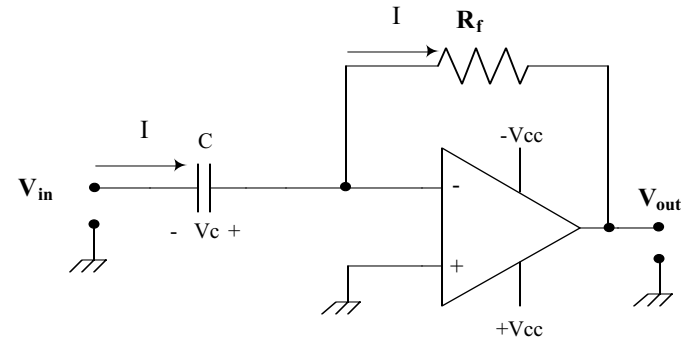
$$I = C \frac{dV_{in}}{dt}$$

$$I = C \frac{dV_c}{dt}$$

التيار في المتسعة

$$V_{out} = -R_f * C * \frac{dV_{in}}{dt}$$

و.ه.م



مثال 13 : في دائرة المفاضل إذا كانت المقاومة $R_f=10K$ والمتسعة $C=0.02\mu F$ ، $V_{cc}=\pm 15V$. المطلوب رسم شكل موجة فولتية الإخراج نسبة إلى فولتية الإدخال المثبتة المعطاة.

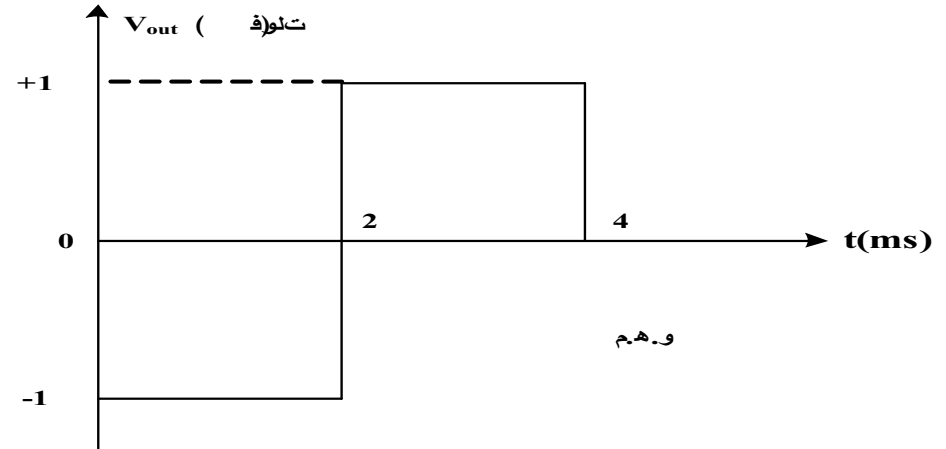
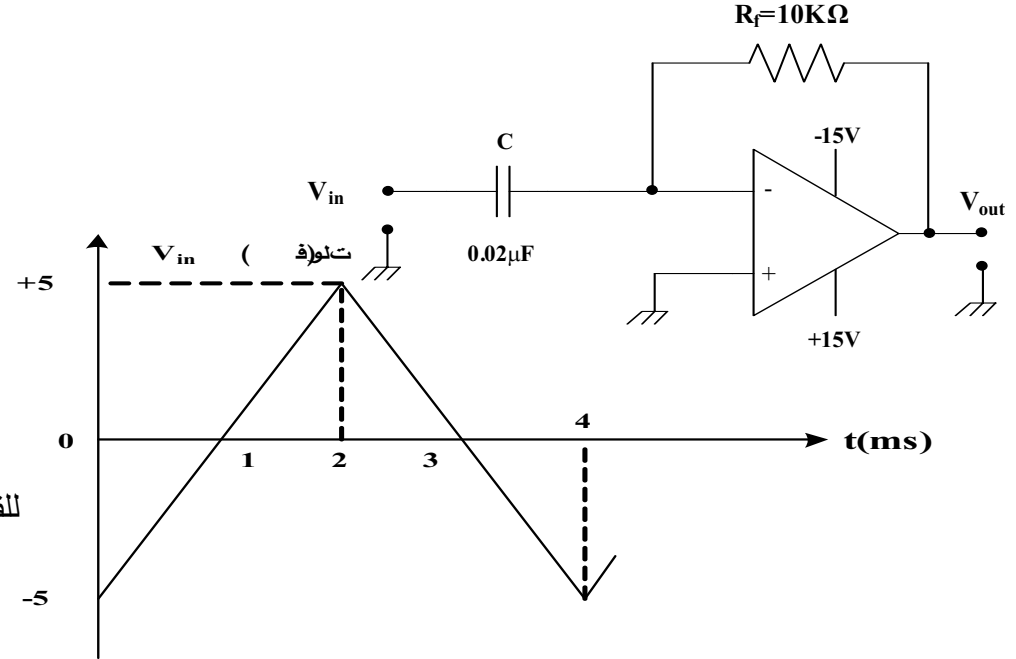
الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها

كما يلي V_{out} لموجة الإدخال يكون الإخراج ms للفترة من 0 إلى 2

$$V_{out} = -R_f * C * \frac{\Delta V_{in}}{\Delta t}$$

$$= -10 * 10^3 * 0.02 * 10^{-6} * \frac{5 - (-5)}{(2 - 0)ms}$$

$$= -0.2 * 10^{-3} * \frac{10}{2 * 10^{-3}} = -1V$$



وهم

$$V_{out} = -R_f * C * \frac{\Delta V_{in}}{\Delta t}$$

$$= -0.2 * 10^3 * \frac{-5 - (+5)}{4 * 10^{-3} - 2 * 10^{-3}}$$

$$= -0.2 * 10^{-3} * \frac{-10}{2 * 10^{-3}} = +1V$$

للفترة من 2ms إلى 4ms لموجة الإدخال يكون الإخراج V_{out} كما يلي:

استخدام مكبر العمليات في توحيد الموجة (Using OP. AMP. In wave Rectification)

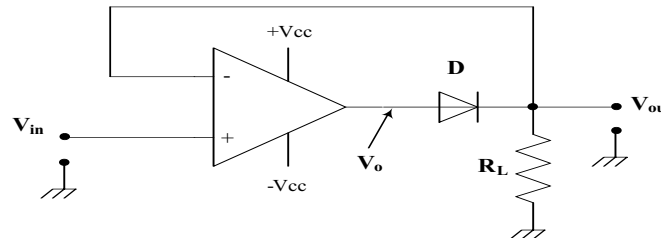
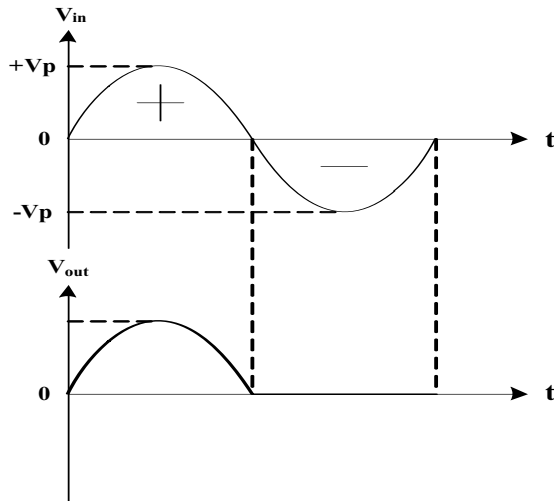
أن ثنائيات التوحيد الاعتيادية لا تصلح لتوحيد (تقويم) الإشارات الصغيرة لأن هذه الثنائيات تحتاج إلى قيمة معينة من فولتية الإدخال تتجاوز الجهد الحاجز ($0.7V$ لثنائيات السيليكون و $0.3V$ لثنائيات الجرمانيوم) لكي تنحاز أمامياً وتقوم بالتوصيل من خلالها.

وللتغلب على هذه المشكلة يستفاد من إمكانيات مكبر العمليات حيث يقوم بتقليل الجهد الحاجز إلى قيم قليلة لا تتجاوز 10 مايكروفولت، وعندها يسمى الثنائي بالثنائي الدقيق (Microdiode).
ويستخدم الثنائي الدقيق في: التوحيد، كشف الذروة، قطع وإلزام الإشارات ذات القيم الواطئة.

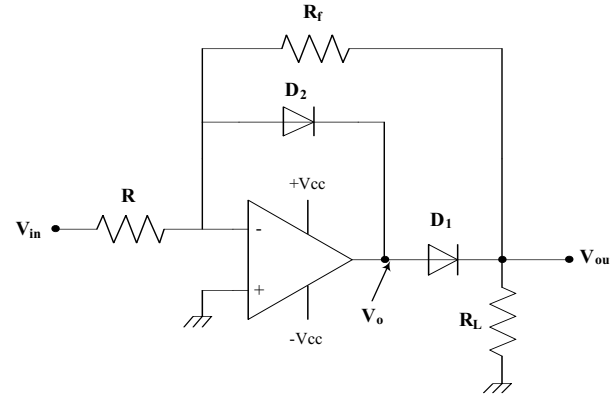
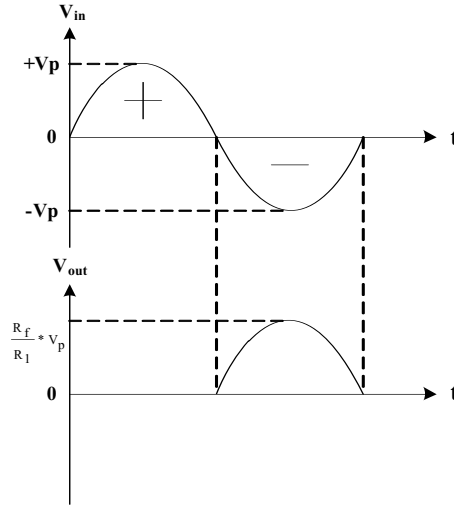
مخطط نصف الموجة باستخدام الثنائي الدقيق

نظرية العمل:

عند الجزء الموجب لموجة الإدخال V_{in} يكون V_o موجباً مما يسبب انحياز أمامي للثنائي D أي يكون في حالة توصيل (ON) وعندها تتحول الدائرة إلى دائرة تابع الفولتية حيث $V_{out}=V_{in}$ أما في الجزء السالب لموجة الإدخال يكون V_o سالباً مما يسبب قطع (OFF) للثنائي D وعليه يكون V_{out} صفراً. ويكون شكل موجة V_{out} كما مبينة بالرسم.



دائرة ثانية لموحد نصف الموجة



نظرية العمل:

في الجزء الموجب لموجة الإدخال V_{in} يكون V_o سالباً مما يسبب حالة القطع (OFF) للثنائي D_1 وحالة التوصيل (ON) للثنائي D_2 وعندها يكون الإخراج V_{out} صفراً (لماذا؟).

أما في الجزء السالب لموجة الإدخال V_{in} يكون V_o موجباً ويسبب حالة التوصيل (ON) للثنائي D_1 وحالة القطع (OFF) للثنائي

D_2 ،

وتتحول الدائرة إلى دائرة مكبر قالب.

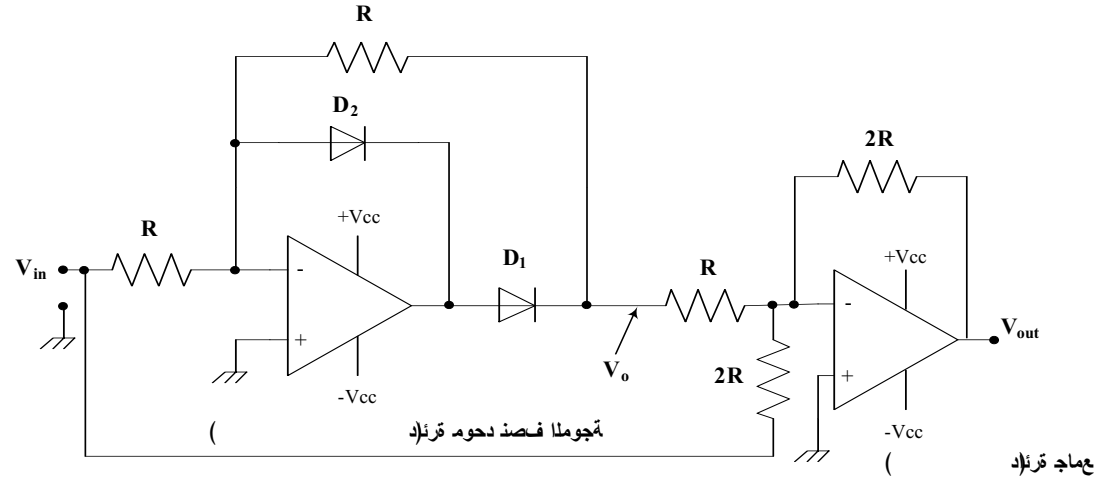
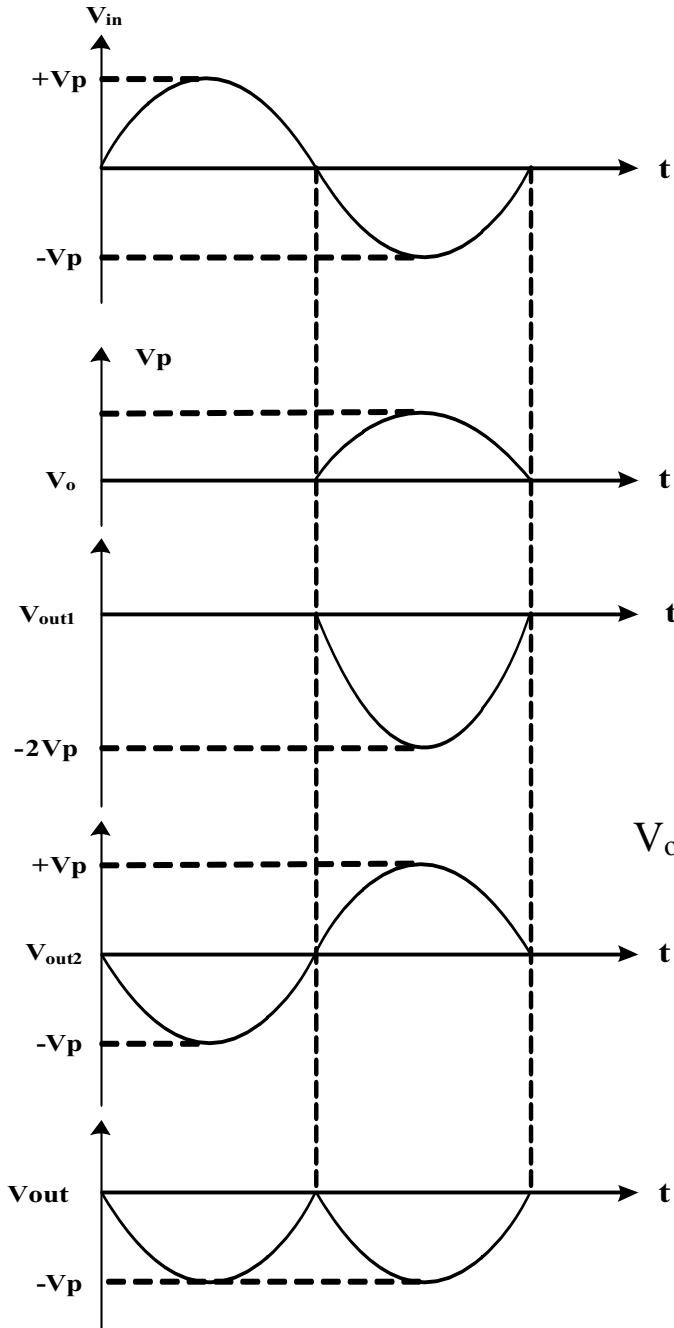
حيث يكون الإخراج:

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_1} * (-V_p)$$

$$= \frac{R_f}{R_1} * V_p$$

وإذا كانت $R_f = R_1 = R$ فإن الإخراج يكون: $V_{out} = V_p$

موحد الموجة الكاملة باستخدام الثنائي الدقيق



نظرية العمل:

V_o هو إخراج موحد نصف الموجة.

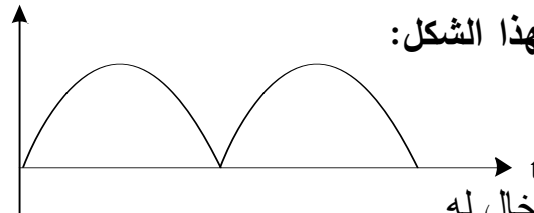
كإدخال أول للجامع V_o هو الإخراج الناتج من V_{out1} .

V_{out2} هو الإخراج الناتج من V_{in} كإدخال ثان للجامع

ويكون الإخراج النهائي هو :

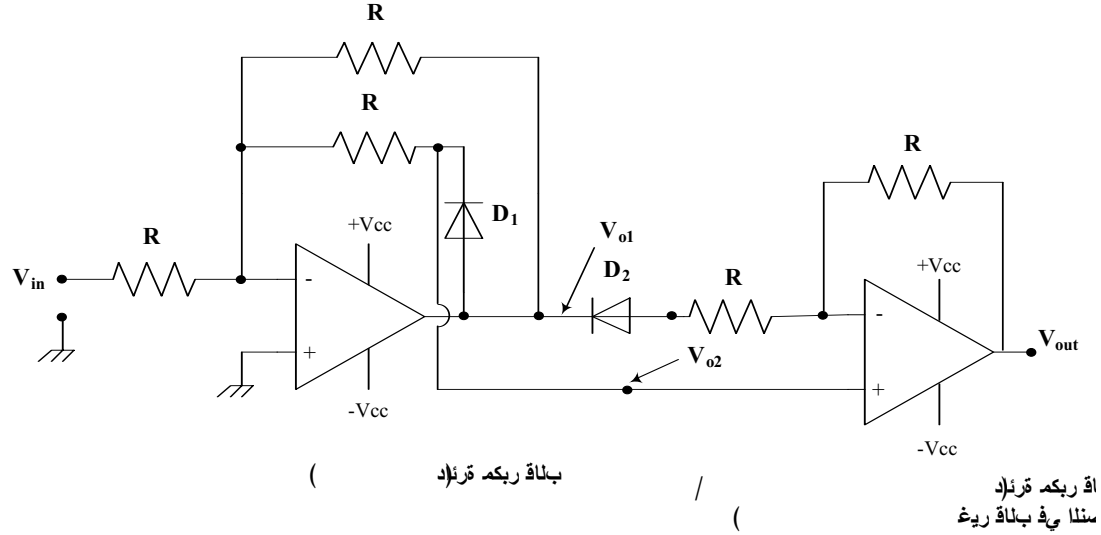
$$V_{out} = V_{out1} + V_{out2}$$

ملاحظة: إذا أردنا V_{out} نبضات موجبة بهذا الشكل:



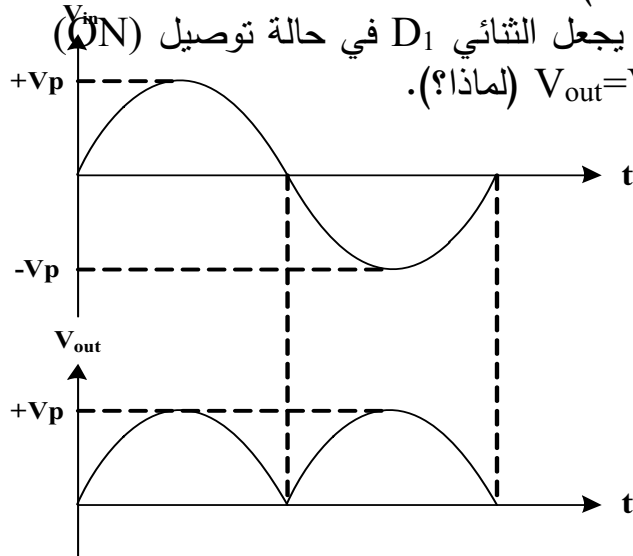
نحتاج إلى قالب إشارة يكون V_{out} إشارة الإدخال له.

دائرة ثابته لموجة الكاملة:



نظرية العمل:

في النصف الموجب لموجة الإدخال V_{in} يكون $V_{o1} = -V_p$ سالباً مما يسبب في قطع الثنائي D_1 أي (OFF) وتوصيل الثنائي D_2 أي (ON) ويكون V_{o2} صفراً، وعليه يكون الإخراج $V_{out} = V_p$ (لماذا؟)
أما في النصف السالب لموجة الإدخال V_{in} يكون $V_{o1} = V_p$ موجباً مما يجعل الثنائي D_1 في حالة توصيل (ON) والثنائي D_2 في حالة قطع (OFF) ويكون $V_{o2} = V_{o1}$ وعليه يكون الإخراج $V_{out} = V_p$ (لماذا؟).
وبذلك تكون موجة الإخراج V_{out} كما مبينة بالرسم.



(Analogue Computer)

الحاسبة التناظرية

تستخدم الحاسبة التناظرية لحل المعادلات التفاضلية، وهي مجموعة من دوائر تطبيقات مكبر العمليات مثل الجامع، المكبر القالب، قالب الإشارة والمكامل ولا يستعمل المفاضل وذلك لتقليل الضوضاء. وهناك قواعد تُعتمد في تصميم دائرة الحاسبة التناظرية منها:

- تحل المعادلات التفاضلية ابتداءً من الدرجة العليا.
- يقوم كل مكامل بتقليل درجة التفاضل درجة واحدة.

يستخدم المكبر القالب للحصول على التكبير المطلوب لأي حد في المعادلة بينما يقوم قالب الإشارة بتغيير الإشارة والجامع لجمع الإشارات المطلوب جمعها.

مثال: بالاستفادة من تطبيقات مكبر العمليات، صمم دائرة لحاسبة تناظرية لحل المعادلات التفاضلية لكل من الحالات.

$$f(t) = \frac{dV(t)}{dt} + aV \quad 1-$$

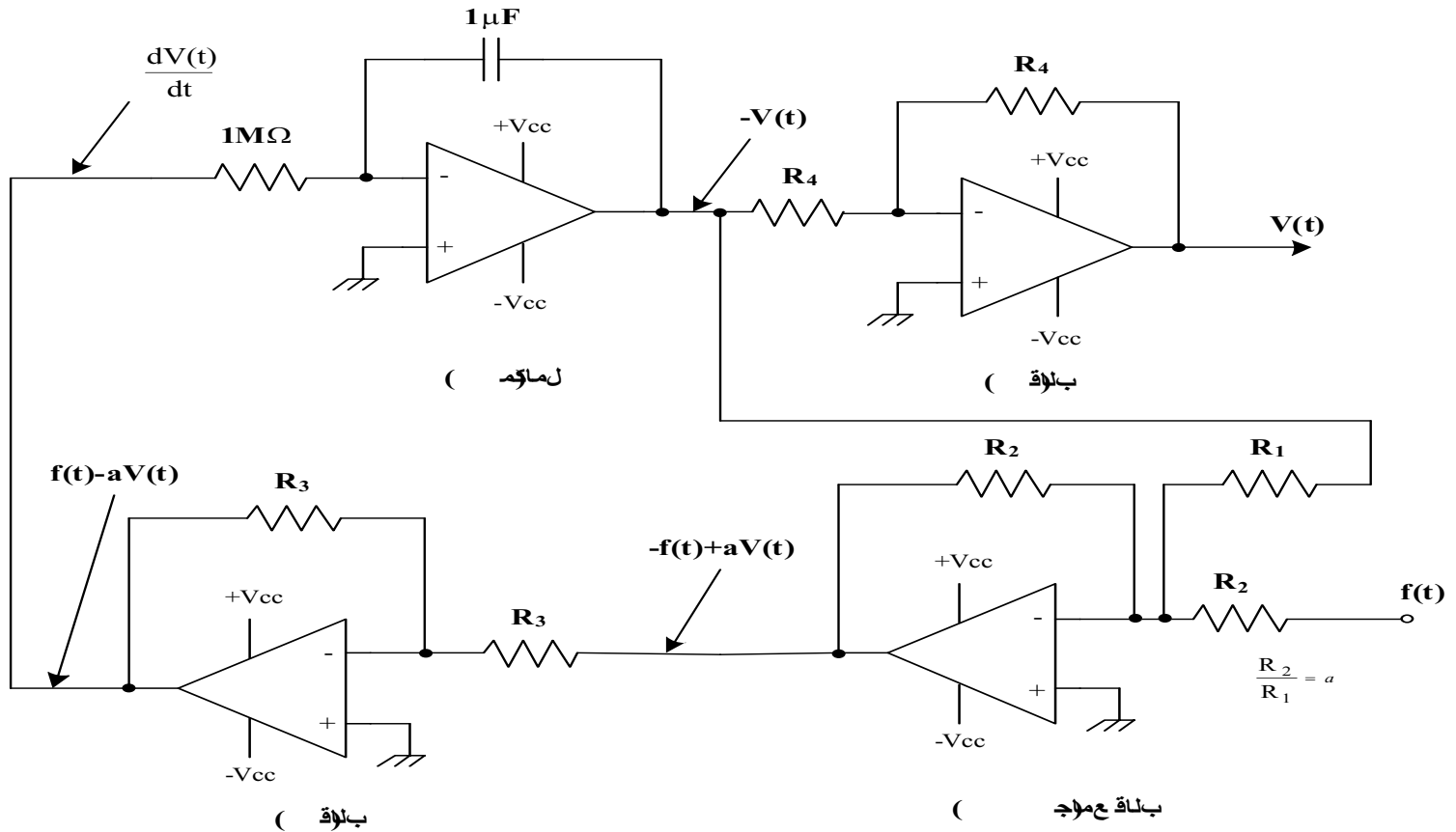
$$\ddot{y} + 4\dot{y} + 5y = 0 \quad -2$$

$$f(t) = \frac{d^2V(t)}{dt^2} + 10\frac{dV(t)}{dt} + 2V(t) \quad -3$$

الحل:

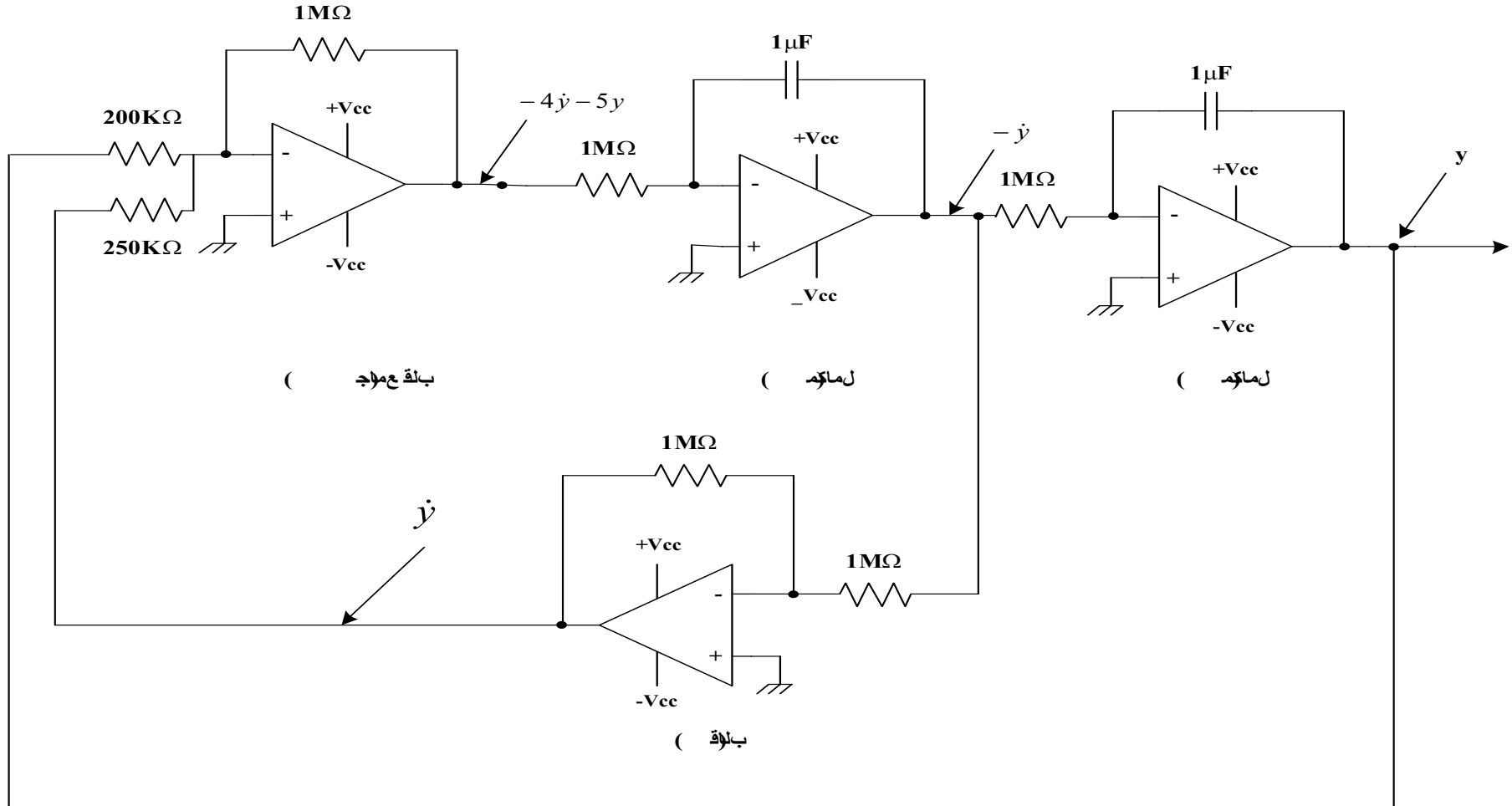
(1) $f(t)$ تمثل دالة متغيرة مع الزمن أو ثابت وهي تمثل إشارة إدخال للدائرة. A مقدار ثابت. نعيد كتابة المعادلة بحيث يكون الحد الأعلى للمشتقة في طرف وبقيّة الحدود في الطرف الآخر للمعادلة.

بعد تكامل $\frac{dV(t)}{dt}$ نحصل على $V(t)$ ثم نقوم بتكبيره بمقدار a وجمعه مع $f(t)$ ثم نغير الإشارة ونحصل على الدائرة المطلوبة.



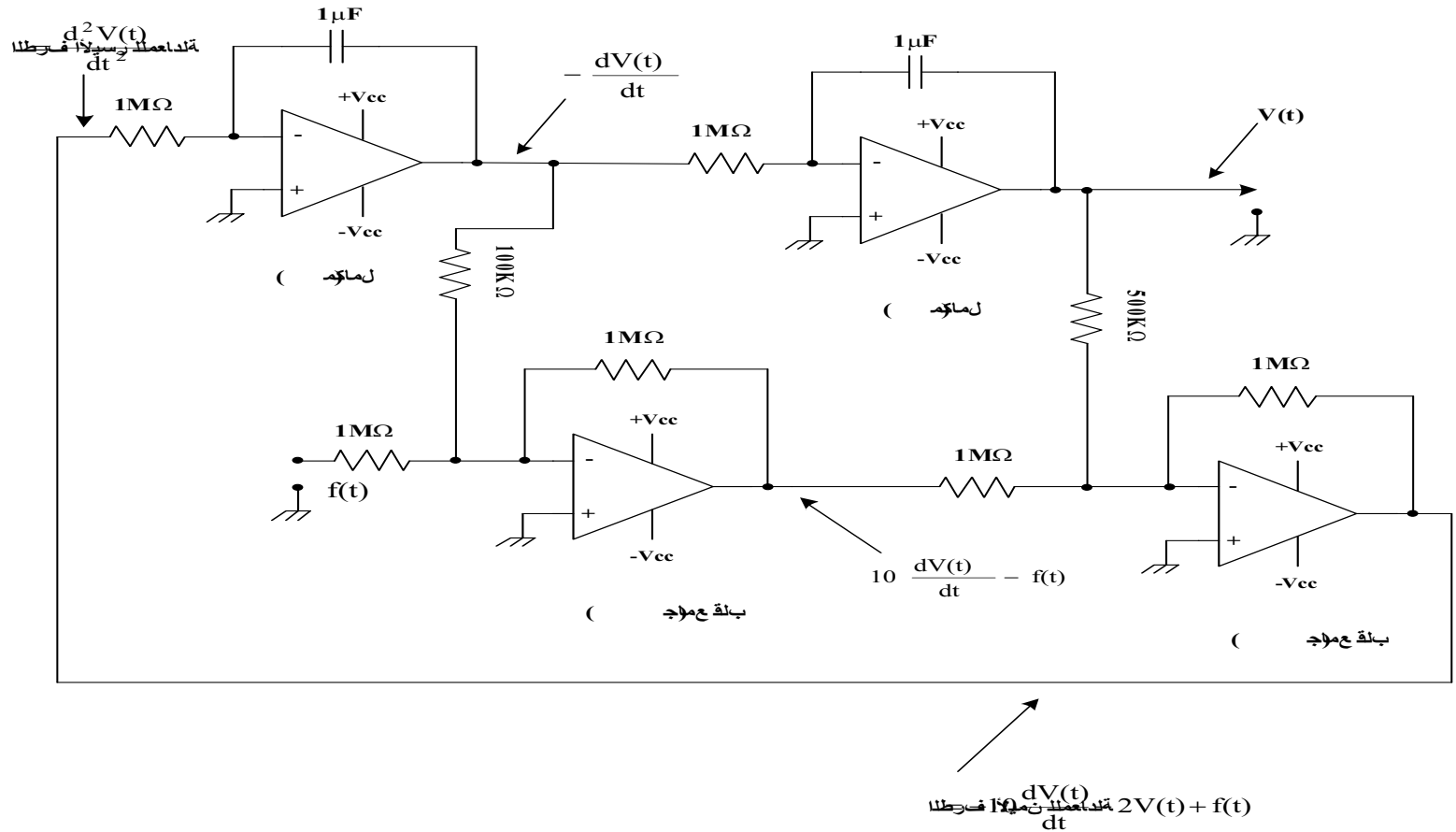
$$\ddot{y} = -4\dot{y} - 5y$$

(2) نعيد كتابة المعادلة فتكون المشتقة الأعلى في طرف وبقية حدود المعادلة في الطرف الآخر:



(3) بعد إعادة كتابة المعادلة بحيث يكون الحد الذي فيه المشتقة الأعلى في طرف وبقيّة الحدود في الطرف الآخر فتكون المعادلة كما يلي:

$$\frac{d^2V(t)}{dt^2} = -10 \frac{dV(t)}{dt} - 2V(t) + f(t)$$

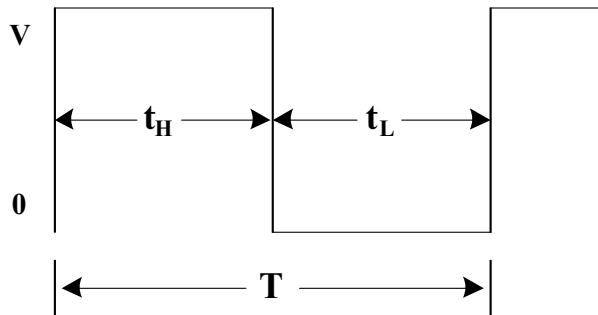


Duty Cycle

دورة التشغيل

تعرف دورة التشغيل على أنها النسبة بين زمن الموجة في المستوى العالي وزمن الموجة الكلي ورمزها D، وتكون قيم D عادة :
 $0\% < D < 100\%$

$$D\% = \frac{t_H}{t_H + t_L} * 100\%$$



حيث أن:

t_H زمن النبضة في المستوى العالي.
 t_L زمن النبضة في المستوى الواطئ.

$$T = t_H + t_L$$

$$f = \frac{1}{T}$$

إذا كانت $t_H = t_L$ فإن $D\% = 50\%$.