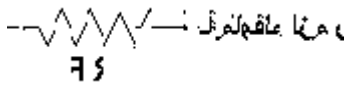
بسم الله الرحمن الرحيم

أولا : مكونات أساسية

(1) المقاومة : Resistor

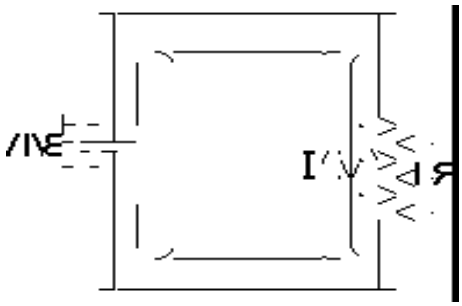
المواد الموصلة تحتوي على عدد كبير من الإلكترونات الحرة وتختلف المقاومة الكهربية للمواد الموصلة باختلاف عدد هذه الإلكترونات الحرة (فكلما زاد العدد كلما قلت المقاومة) .

وحدة المقاومة هي الأوم ويرمز لها بالرمز Ω



$1K\Omega = 1000\ \Omega$

$1M\Omega = 1000\ K\Omega = 1000000\ \Omega$



إذا وصلنا بطارية عبر مقاومة فانه يتكون مجال كهربي في مادة R وتتحرك شحنات موجبة في اتجاه السهم (تيار كهربي I) من موجب البطارية عبر المقاومة إلى سالب البطارية (في الواقع هذا يكافئ تحرك الإلكترونات الحرة في الاتجاه العكسي) ويمر هذا التيار بمجرد توصيل البطارية .

يحسب هذا التيار باستخدام قانون أوم :

التيار المار في المقاومة = فرق الجهد على المقاومة مقسوما على قيمة المقاومة

$$I = VB / R$$

وحدة فرق الجهد هي الفولت ويرمز لها بالرمز V

ووحدة التيار هي الأمبير ويرمز لها بالرمز A

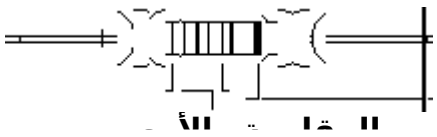
$1mV = 0.001\ V$

$1\mu V = 0.000001\ V$

$1mA = 0.001\ A$

$1\mu A = 0.000001\ A$

تقرأ قيمة المقاومة مباشرة على المقاومة أو بواسطة الألوان كما في الشكل :



حلقة ذهبية أو فضية **قيمة**

تقرأ قيمة المقاومة بالألوان كالتالي :

اللونان إلى أقصى اليسار يمثلان رقمين واللون الثالث على يمينهما يمثل عدد الأصفار أمام هذين الرقمين بينما اللون الفضي أو الذهبي يمثل الخطأ في القيمة

الفعلية عن القيمة المكتوبة بالألوان
القيمة الفعلية للمقاومة = القيمة المكتوبة بالألوان ±5% إذا كان لون الحلقة ذهبي
10% ± إذا كان لون الحلقة فضي

اللون	الرقم الذي يمثل اللون
اسود	0
بني	1
احمر	2
برتقالي	3
الأصفر	4
الأخضر	5
الأزرق	6
البنفسجي	7
الرمادي	8
الأبيض	9

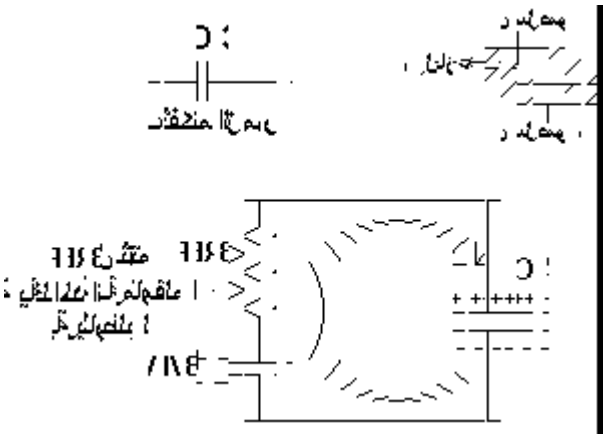
مثال:
كم يمكن أن تتراوح قيمة مقاومة ألوانها من اليسار إلى اليمين هي :
بني ، اسود ، برتقالي ، ذهبي .
الحل :
من الجدول يمثل اللونين البني والأسود العدد 10
و اللون البرتقالي يمثل عدد الأصفار وقيمته من الجدول هي 3 فنضع ثلاث أصفار على يمين 10 فتصبح قيمة المقاومة 10000 أي تكون 10 KΩ
أما اللون الرابع فهو ذهبي ويشير إلى نسبة الخطأ ± 5%
فتكون القيمة الفعلية = 10 kΩ ± 0.5 kΩ أي أنها تتراوح بين 9.5 kΩ إلى 10.5 KΩ

إذا وصلنا عدة مقاومات بين نقطتين على التوالي (بحيث يمر بها نفس التيار) فان ذلك يكافئ مقاومة واحدة بين النقطتين تساوي قيمتها مجموع قيم هذه المقاومات.
كذلك إذا وصلنا عدة مقاومات متساوية بين نقطتين على التوازي فإن ذلك يكافئ مقاومة واحدة بين النقطتين تساوي قيمتها قيمة إحدى هذه المقاومات مقسوما على عدد المقاومات.

<u>قواعد هامة في الدوائر الكهربائية :</u>
1- إذا مر تيار كهربي في مقاومة فانه ينشأ فرق في الجهد بين طرفيها يساوي حاصل ضرب المقاومة مضروبا في التيار . (من قانون أوم)
2- عند أي نقطة التقاء لفرعين أو اكثر في دائرة كهربية فان مجموع تيارات الأفرع الداخلة يساوي مجموع تيارات الأفرع الخارجة .(من قانون كير شوف الأول)
3- في أي دائرة كهربية مغلقة تشتمل على بطارية واحدة يكون جهد البطارية مساويا مجموع فروق الجهد على أجزاء الدائرة الأخرى .(من قانون كير شوف الثاني)

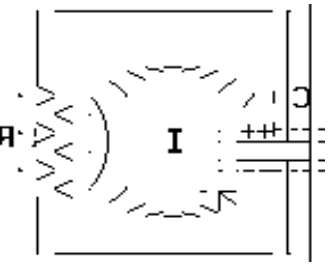
<u>(2) المكثف : Capacitor</u>

يتكون المكثف من طرفين موصلين بينهما عازل



إذا وصلنا البطارية على طرفي المكثف فانه تمر شحنات موجبة من الطرف السفلي للمكثف عبر البطارية إلى الطرف العلوي ويستمر مرور هذا التيار حتى يتم شحن المكثف .
ففي البداية يكون فرق الجهد على المكثف مساويا صفرا ثم يبدأ بالارتفاع تدريجيا بمرور التيار حتى يصل إلى جهد البطارية عندها يتم شحن المكثف ويتوقف مرور التيار .
الشحنة الكهربية التي تكونت على طرفي المكثف تمثل سعة المكثف .
تعتمد سعة المكثف على مساحة الموصلين وسمك المادة العازلة بينهما ومقدار عزل هذه المادة ووحدة السعة هي الفاراد ويرمز له بالرمز F

$1\mu F = 0.000001\ F$
$1nF = 0.001\ \mu F$
$1pF = 0.001\ nF$



كلما زادت سعة المكثف كلما احتجنا إلى وقت أطول لشحنه (شحنه اكبر) ويمثل المكثف في الدوائر الكهربية عنصرا لتخزين الطاقة الكهربية فانه برفع البطارية بعد شحن المكثف ووضع المقاومة R فان المكثف يبدأ في تفريغ الشحنة عبر المقاومة (تيار التفريغ يكون في الاتجاه العكسي) ويعطي مرة أخرى الشحنة والطاقة الكهربية التي اختزنها .
وبمرور تيار التفريغ يقل فرق الجهد على المكثف تدريجيا حتى يصل إلى الصفر عند تمام تفريغ المكثف .

<u>قاعدة هامة:</u>

دائما لا يتغير فرق الجهد على المكثف لحظيا في أي دائرة ويعتمد وقت الشحن أو التفريغ الكامل على سعة المكثف وجهد البطارية والمقاومة التي يمر بها تيار الشحن أو التفريغ وفي النهاية (عند الاستقرار) يصل هذا التيار إلى الصفر .

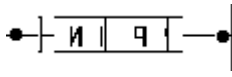
بعض المكثفات يكون من النوع المستقطب أي له طرف سالب وآخر موجب بحيث يراعى أن يكون الطرف الموجب دائما في الدائرة أعلى جهدا من الطرف السالب.
تقرأ قيمة سعة المكثف مباشرة على المكثف وأحيانا بالألوان كما في المقاومات وأحيانا تكتب بأرقام الألوان وبوحدة بيكوفاراد pF كما يتضح من المثالين التاليين.

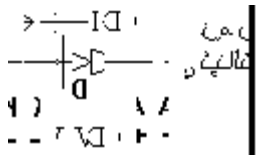
مثال: 224
تقرأ 22 على يمينها أربعة أصفار أي أن قيمتها
220000 pF = 220nF = 0.22 µ F

مثال: 103
تقرأ 10 على يمينها ثلاثة أصفار أي أن قيمتها
10000pF = 10 nF

إذا وصلنا عدة مكثفات بين نقطتين على التوازي فان ذلك يكافئ مكثف واحد بين النقطتين تساوي قيمته مجموع قيم هذه المكثفات.
كذلك إذا وصلنا عدة مكثفات متساوية بين نقطتين على التوالي فإن ذلك يكافئ مكثف واحد بين النقطتين تساوي قيمته قيمة أحد هذه المكثفات مقسوما على عدد المكثفات.
فمثلا إذا وصلنا مكثفان على التوالي قيمة كل منهما 100µF (بحيث يوصل الطرفان الموجبان أو السالبان معا) فان ذلك يكافئ مكثف واحد (غير مستقطب) قيمته 50µ F.

(3) الثنائي : Diode

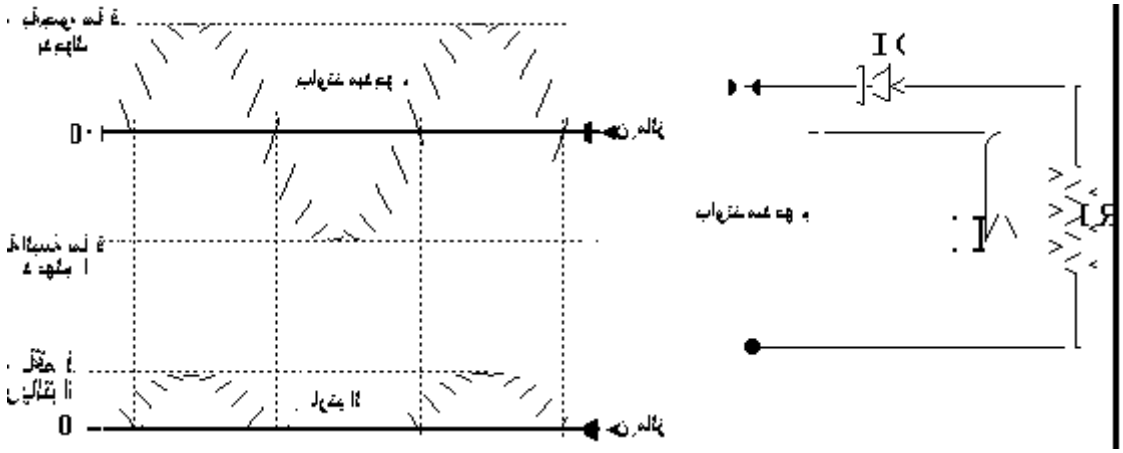




يصنع الثنائي من طبقتين من مادة شبه موصلة (سيليكون أو جرمانيوم) يضاف إلى أحدهما شوائب تؤدي إلى توفر شحنات موجبة (طبقة P) وللأخرى شوائب تؤدي إلى توفر شحنات سالبة (طبقة n)
عادة لا يسمح الثنائي في أي دائرة بمرور التيار إلا من الطبقة p إلى الطبقة n (فقط في اتجاه السهم) أحيانا يسمى الطرف p للثنائي المصعد(Anode) ويرمز له بالرمز A والطرف n يسمى المهبط (Cathode) ويرمز له بالرمز K .
عند مرور تيار في الثنائي ينشأ فرق في الجهد بين طرفيه حوالي 0.6 فولت (سيليكون) بحيث يكون الطرف A موجبا بالنسبة للطرف K .

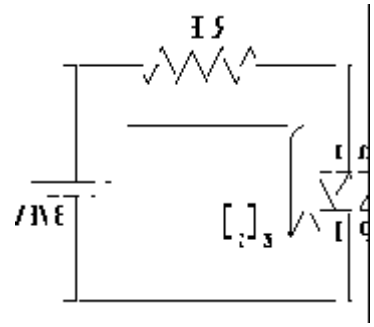
حلقة

يغلف الثنائي عادة بزجاج أو بلاستيك بشكل أسطواني في أحد طرفيه حلقة ذات لون مميز تكون في جهة المهبط K (أو في جهة رأس السهم).



إذا وضعنا جهد متناوب (هو الجهد المتغير بحيث يكون موجبا في لحظات وسالب في لحظات أخرى) كما في الشكل فان الثنائي يسمح بمرور التيار في اللحظات التي يكون فيها الجهد موجبا فقط وتعتمد شدة التيار على قيمة الجهد والمقاومة R

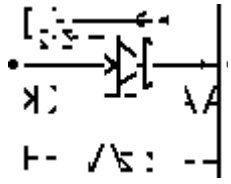
من قانون أوم **قمة التيار = قمة الجهد / R**



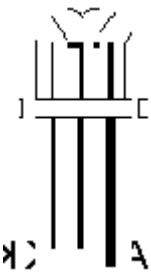
إذا وصلنا بطارية عبر الثنائي كما في الشكل فانه لا يمر تيار في الثنائي أو المقاومة ويظهر فرق جهد البطارية على الثنائي (لماذا ؟) بحيث يكون الطرف n أعلى جهدا من p .

كلما زاد جهد البطارية كلما زاد فرق الجهد على الثنائي ولأي ثنائي جهدا معينا إذا تجاوزناه يبدأ التيار بالمرور في الثنائي في الاتجاه العكسي قصرا ويسمى هذا الجهد بالجهد زينر Vz)) ويسمى التيار العكسي المار في هذه الحالة بالتيار زينر (Iz) .

يصل Vz للثنائيات العادية إلى 200V وربما 500V أو أكثر وبعض الثنائيات يكون Vz لها 5V أو ربما أقل وتسمى بالثنائي زينر (Zener Diode) ويرمز لها بالرمز التالي:



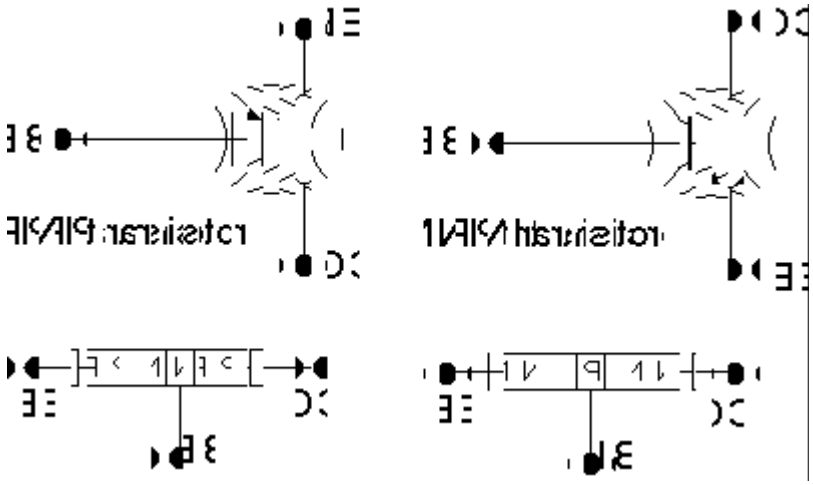
بعض الثنائيات تصنع لتضيء عند مرور تيار خلالها وتسمى ثنائي ضوئي (LED)



يمكن معرفة الطرف A من الطرف K من طول الطرف الخارجي (الطرف A يكون أطول).
بعض هذه الثنائيات يكون من الحجم الكبير ويحتاج إلى أكثر من 10mA ليضيء بشكل جيد وبعضها يكون صغير الحجم ويحتاج إلى أكثر من 1mA .

قاعدة هامة :
حتى يبدأ مرور التيار في الثنائي العادي فانه يحتاج إلى فرق في الجهد بين طرفيه حوالي V0.6 (سيليكون) ويبدأ مرور تيار زينر في الثنائي زينر بوجود فرق جهد بين طرفيه يساوي الجهد زينر الخاص به بينما يحتاج الثنائي الضوئي إلى حوالي 1.8 فولت لمرور تيار فيه (إضاءته) .
في كل الحالات السابقة يظل فرق الجهد على الثنائي ثابت تقريبا حتى مع زيادة التيار المار فيه .

(4) الثلاثي : Transistor

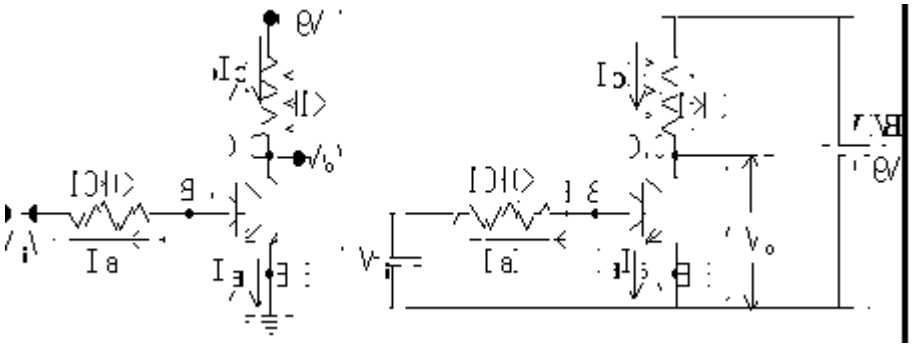


يصنع الثلاثي من ثلاث طبقات من مادة شبه موصلة P ثم n ثم P ويسمى ثلاثي pnp أو n ثم P ثم n ويسمى ثلاثي npn ويرمز لهما كما في الشكل وتسمى الأطراف الثلاثة في كليهما كالآتي:

المشع : Emitter E
القاعدة : Base B
المجمع : Collector C

pnp السهم داخل
npn السهم خارج

ولفهم عمل الثلاثي في الدوائر الكهربائية سنأخذ مثال عمليا:



الدائرتان أعلاه متكافئتان وفي الدائرة اليسرى أخذنا E كنقطة مشتركة ويرمز لها كما بالشكل.
الدائرة المكونة من E , B , 10 KΩ , Vi تسمى دائرة الدخل والدائرة المكونة من VB, 1 K Ω, C, E تسمى دائرة الخرج
Vo يمثل فرق الجهد بين C , E أي يمثل الجهد عند C على اعتبار النقطة E مشتركة .
بفرض أن Vi جهد الدخل (Input voltage) يبدأ من الصفر ثم يزداد تدريجيا ، Vo هو جهد الخرج (Output voltage) .
كقاعدة عامة يعامل الطرفين B , E في أي ثلاثي كثنائي بحيث يكون اتجاه سهم هذا الثنائي هو اتجاه السهم المرسوم على E أيضا لا يمر التيار IC أو IE إلا بمرور تيار IB عمليا يكون اتجاه IE هو اتجاه سهم E فإذا كان IE خارج من الثلاثي يكون IB , IC داخلين والعكس بالعكس ويكون لدينا :

IE = IB + IC

لماذا؟
عندما يكون Vi أقل من 0.6V يكون فرق الجهد على الثنائي E-B أقل من 0.6V ولا يمر تيار IB
(وكذلك IE , IC) ويكون الثلاثي في هذه الحالة في الوضع **OFF** .

فرق الجهد على المقاومة 1KΩ = صفر

= 0 - 9V = Vo 9V

إذا زاد Vi عن V0.6 (واحد فولت مثلا) يمر تيار IB في الثنائي E - B

IB = (10KΩ المقاومة على الجهد فرق) / 1

0KΩ μ

يقوم الثلاثي بتكبير هذا التيار عند الطرف C بحيث يكون

IC = β IB

حيث β هي معامل تكبير التيار للثلاثي ويختلف من ثلاثي لآخر إذا فرضنا انه في هذه الحالة 100 علما بأنه قد يصل إلى 500 أو حتى 1000 فيكون لدينا

IC = 100× 40μ mA

فرق الجهد عبر 1k Ω

= 4mA x 1k Ω = 4V

Vo = 9V - 4V = 5V

كلما زاد IB زاد IC وقل Vo حتى يصل Vo إلى الصفر بعدها لا يمكن أن يقل عن الصفر .

يكون الثلاثي في الوضع **Active** إذا مر فيه IC , IB بحيث يكون فرق الجهد بين C , E أقل قليلا من VB للبطارية الموضوعة في دائرة الخرج وأكبر قليلا من الصفر في هذا الوضع يكون دائما

$$IC = \beta\ IB$$

إذا زاد IB عن هذا الحد يصبح فرق الجهد بين C,E قريبا من الصفر ويكون الثلاثي في الوضع **Saturation** (تشبع)

كمثال إذا زاد Vi إلى 3 V

$$IB = (3 - 0.6) / 10K = 240\mu A$$

إذا فرضنا أن الثلاثي في الوضع **Active** يكون لدينا

$$IC = 100 \times 240\ mA = 24mA$$

فرق الجهد على المقاومة 1K يساوي

$$= 24mA\ X\ 1\ K\ \Omega = 24V$$

أكبر من جهد البطارية وهذا مستحيل

معنى ذلك أن IB كبير إلى درجة أن الثلاثي أصبح في الوضع **Saturation** وأن العلاقة $IC = \beta IB$ لا يمكن تطبيقها في هذه الحالة .

في الوضع **Saturation** يكون فرق الجهد بين E, C يساوي صفر تقريبا ويكون فرق الجهد على المقاومة 1K Ω يساوي 9 V تقريبا ولا يزيد IC مع زيادة IB.

$$IC = 9V/1K\Omega = 9\ mA$$

$$\beta IB = 100 \times 240\mu \text{ mA}$$

لاحظ أن

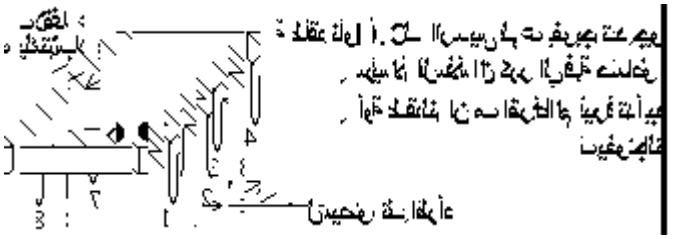
$$IC \neq \beta IB$$

وأن

$$IC < \beta IB$$

وهذا يكون متحققا دائما في الوضع **Saturation**

(5) الدائرة المتكاملة (I .C.) Integrated Circuit :



تصنع الدائرة المتكاملة عادة تحت الميكروسكوب من قطعة صغيرة من السيليكون (ربما 0.5 سم × 0.5 سم) أو الجرمانيوم حيث يكون عليها عشرات (وأحيانا مئات) من الثنائيات والثلاثيات والمقاومات وأحيانا المكثفات لتنتج دائرة متكاملة ذات وظيفة معينة وعادة تغلف هذه القطعة بالبلاستيك ويخرج منها أطراف موصلة داخليا بالدائرة المتكاملة منها أطراف البطارية والدخل و الخرج وغير ذلك .

تؤدي الدائرة المتكاملة وظيفة هامة في الدوائر الإلكترونية فدائرة ذات غلاف بلاستيك مساحته حوالي (1 سم × 2.5 سم) لا يمكن تكوين مثلها من مكونات منفصلة إلا على ربما خمسمائة ضعف هذه المساحة .

يتم توصيل قليل من المكونات الخارجية المنفصلة مع الدائرة المتكاملة لتحديد وظائف معينة لها أو لتغيير بعض هذه الوظائف بتغيير قيمة هذه المكونات الخارجية .

أحيانا يتم جمع دائرة متكاملة أو أكثر مع مكونات منفصلة وتغليفها بغلاف يخرج منه أطراف وذلك لأداء وظائف اكثر تعقيدا من دائرة متكاملة واحدة .

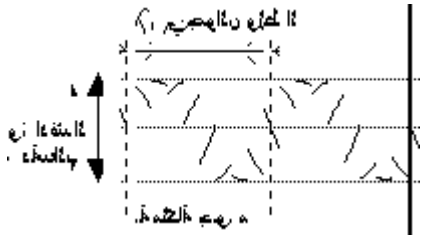
تشبه الدائرة الناتجة الدائرة المتكاملة في الشكل وتسمى في هذه الحالة Hybrid Circuit (دائرة مهجنة) .

ثانيا : مفاهيم أساسية

(1) الترددات المسموعة / الترددات الراديوية Radio frequency (AF /RF) Audio frequency/

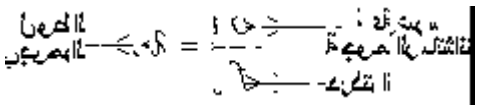
الترددات المسموعة تكون منخفضة يتراوح التردد فيها من صفر إلى حوالي عشرة آلاف ذبذبة كل ثانية

K Hz 10))



يمثل التردد ووحدته الهرتز(Hz)
عدد الذبذبات الكاملة في الثانية الواحدة

الترددات من 0.3 KHz إلى 5KHz تكون مميزة للأذن البشرية بينما يصعب ملاحظة الترددات الأخرى
تنتشر الموجات المسموعة في الهواء بسرعة حوالي 340 م/ ث عند تذبذب الأجسام الصلبة .
يمكن تحليل صوت الإنسان العادي إلى مجموعة ترددات من 0.3KHz إلى 3.2KHz وتتغير هذه الترددات وسعة كل منها مع تكلم الإنسان وفي الحالة الخاصة التي يكون فيها صوت الإنسان عبارة عن تردد واحد مستمر فان ذلك يعطي صفارة أو نغمة Tone وبذلك تعتبر النغمة Tone هي أبسط أنواع الأصوات.
الترددات الراديوية تكون عالية جدا وتتراوح عادة بين بضع مئات إلى بضع ملايين من KHz
تنتشر موجات الراديو في الهواء أو الفراغ بسرعة الضوء (300 مليون م/ ث) عند تذبذب تيار كهربائي في موصل (هوائي).



في حالة الموجات الراديوية

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

حيث c هي سرعة الضوء
فمثلا الموجة الراديوية 600 KHz MW يكون طولها الموجي

$$\lambda = \frac{300000000}{600000} = 500m$$

مثال آخر الموجة الراديوية VHF MHz 150 يكون طولها الموجي

$$\lambda = \frac{300,000,000}{150,000,000} = 2m$$

ولإرسال الموجات الراديوية بكفاءة يجب أن يكون طول هوائي الإرسال متناسبا مع الطول الموجي
(ربع أو نصف الطول الموجي) ففي الحالة الأولي نحتاج إلى برج إرسال ارتفاعه حوالي 125m
وفي الحالة الثانية نحتاج إلى هوائي طوله 50cm
إذا فرضنا أننا نريد إرسال موجة ترددها 3KHZ بواسطة تذبذب تيار كهربائي في هوائي

فإننا نحتاج إلى

أي أننا نحتاج إلى برج ارتفاعه 25Km وهذا مستحيل

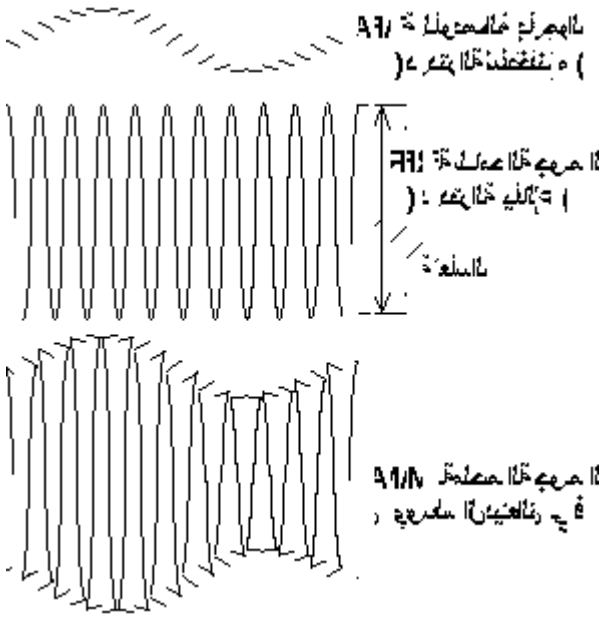
(2) التعديل السعوي/ التعديل الترددي Frequency Modulation/Amplitude Modulation

(FM/AM)

التعديل أو التحميل (Modulation) هو تحميل موجة منخفضة التردد (تردد مسموع كصوت الإنسان مثلا) على موجة عالية التردد (تردد راديوي كالتردد الصادر من محطة إذاعية) تسمى الأولي بالموجة المحمولة والثانية بالموجة الحاملة بينما تسمي الموجة الناتجة بالموجة المحملة.

الموجة المحملة الناتجة يكون لها نفس خصائص الموجة الحاملة من حيث سرعة الانتشار (سرعة الضوء) والطول الموجي (طول هوائيات الإرسال)

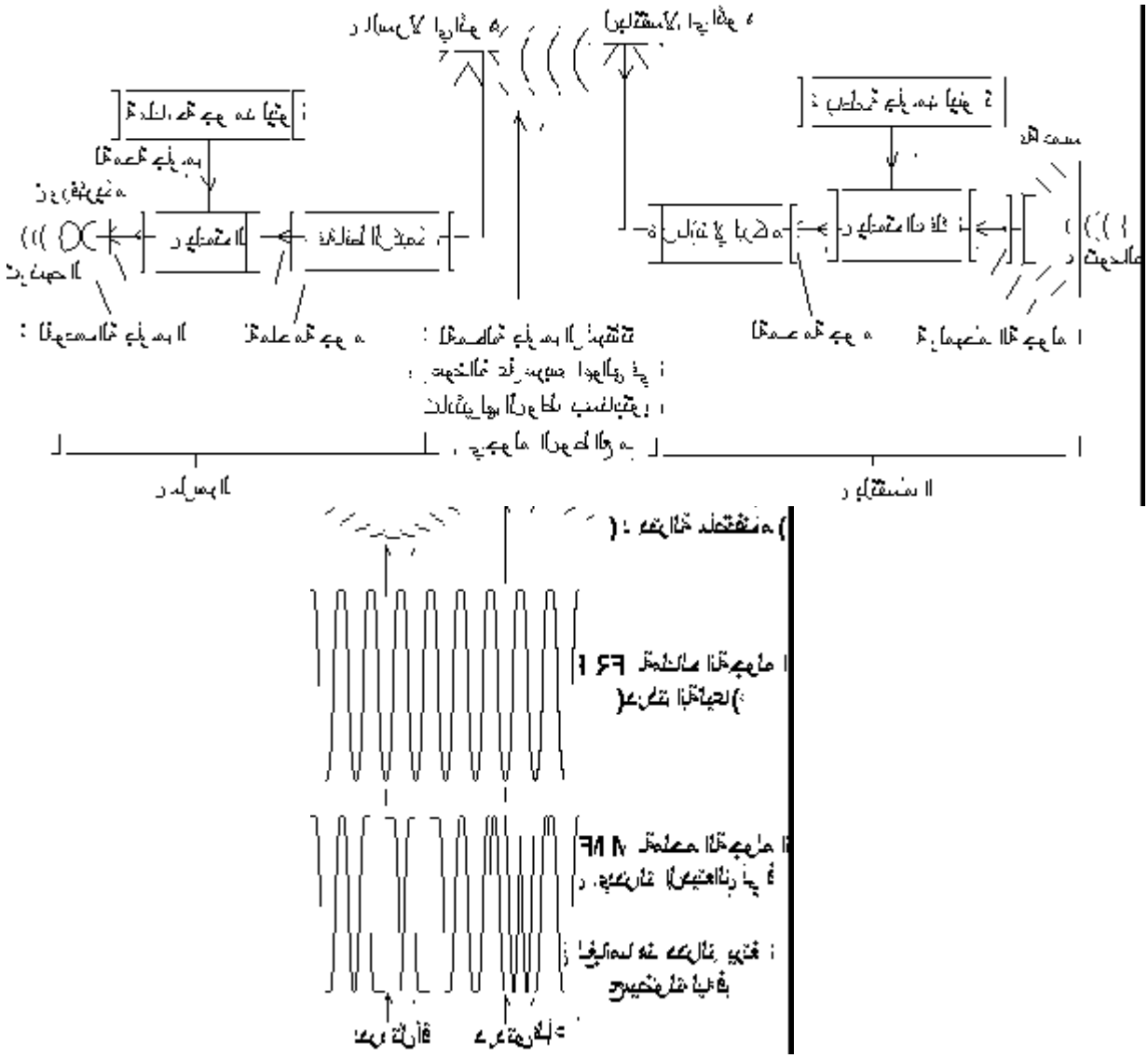
في التعديل السعوي يتم تغيير شدة أو سعة الموجة الحاملة بشكل متناسب مع الموجة



المحمولة

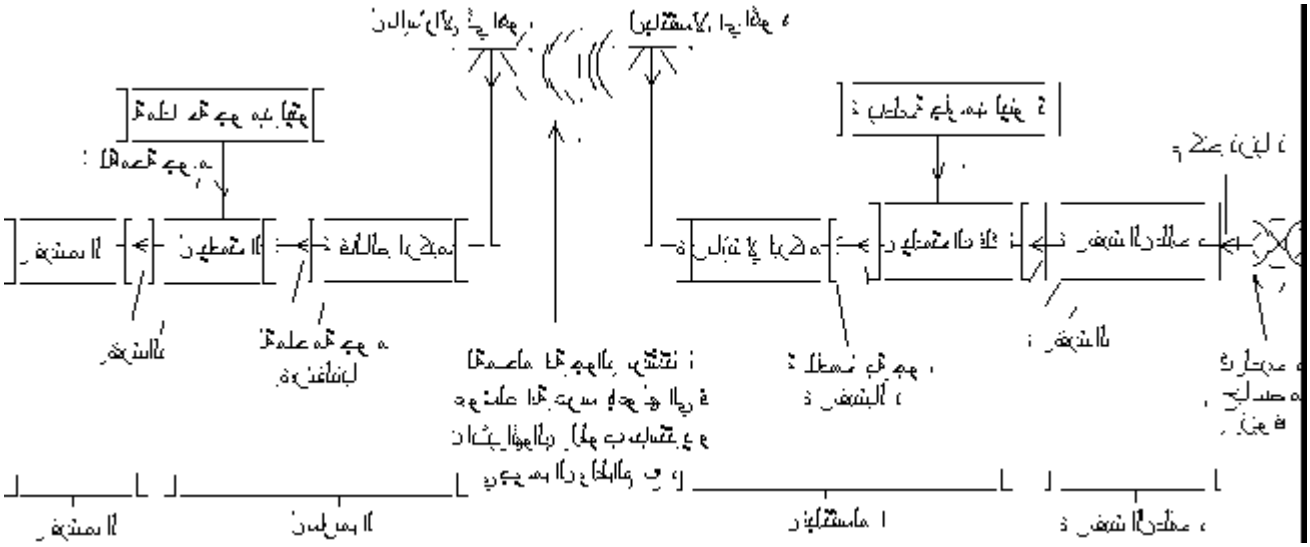
في التعديل الترددي يتم تغيير تردد الموجة الحاملة بشكل متناسب مع الموجة المحمولة

(3) المرسل / المستقبل Receiver / Transmitter



يتم توليد الموجات الحاملة وتحميلها بالموجة المحمولة (الصوت الذي يأتي عبر الميكروفون) في جهاز الإرسال أو المرسل بينما في جهاز الاستقبال أو المستقبل يتم العميلة العكسية وهى فك التحميل Demodulation)) وذلك باستخراج الموجة المحمولة (الصوت) من الموجة المحملة ويسمع الصوت بعد ذلك من السماعة .

(4) المشفر / محلل الشفرة Decoder / Encoder

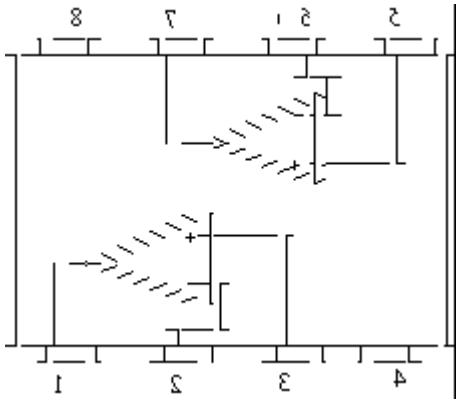


إذا استبدلنا الميكروفون بدائرة خاصة لتوليد موجة صوتية خاصة (نغمة معينة أو نغمات بتسلل معين مثلا) واستبدلنا السماعة بدائرة لاستقبال هذه الموجة الصوتية الخاصة بحيث عند استقبالها تقوم بإغلاق دائرة مصباح كهربي أو تشغيل محرك أو إحراق فيوز فان هذا النظام يسمى التحكم عن بعد بواسطة الموجات الراديوية
(Radio Remote Control)
تسمى الدائرة الخاصة في المرسل بالمشفر Encoder

وتسمى الأخرى في المستقبل بمحلل الشفرة Decoder

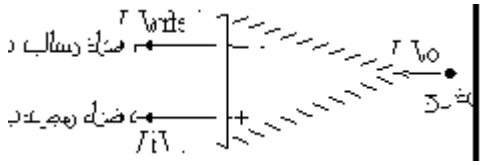
ثالثا: دوائر متكاملة خاصة SPECIAL IC's

(1) مكبري عمليات 358 Dual Operational Amplifier



358 عبارة عن دائرة متكاملة ذات 8 أطراف يوصل الطرف 4 بسالب البطارية بينما يوصل الطرف 8 بموجب البطارية.

الأطراف الأخرى تمثل أطراف دائرتي تكبير تتكون كل منهما من دخل موجب (INPUT+) ودخل سالب INPUT)-) وخرج (OUTPUT)



نفرض أن الجهد عند الدخل السالب = جهد معين ثابت Vref مثلاً

والجهد عند الدخل الموجب Vi (جهد غير ثابت يمكن تغييره) والجهد عند الخرج Vo

فانه إذا كان الجهد Vi =Vref

أي أن الجهد عند الدخل الموجب والدخل السالب متساويان فان

$$Vo = Vref$$

وإذا زاد (أو قل) Vi عن Vref بمقدار صغير ΔV مثلا

فان Vo يزيد (أو يقل) عن Vref بمقدار $\propto \Delta V$

حيث $\propto$ هو معادل تكبير الدائرة ويصل ربما إلى 100,000

يزداد Vo بزيادة Vi حتى يصل Vo قريبا من موجب البطارية بعدها لا يزيد بزيادة Vi

كذلك يقل Vo بتقليل Viحتى يصل Vo قريبا من سالب البطارية بعدها لا يقل بتقليل Vi

تكون دائرة التكبير في الوضع **Saturation** إذا كان Vo لا يزيد ولا ينقص بزيادة أو نقصان Vi (ويكون Vo في هذه الحالة قريبا من موجب أو سالب البطارية).

بين هذين الحدين تكون الدائرة في الوضع **Active** بحيث تنطبق العلاقة أعلاه ويكون التغير في جهد الخرج متناسب مع التغير في جهد الدخل وثابت التناسب هو $\propto$

مثال : إذا كان Vref يساوي 4V والبطارية المستخدمة 9V كم ينبغي أن يزيد أو ينقص Vi عن Vref لتكون الدائرة في الوضع Saturation علما بأن $\propto$ تساوي 100000

الحل: إذا فرضنا انه بزيادة Vi عن Vref بمقدار $\Delta V+$ يكون Vo قريبا من 9V وبتقليل Vi عن Vref بمقدار $-\Delta V$ بكون Vo قريبا من الصفر فان

$$100000 \times \Delta V+ = 5V$$

$$\Delta V+ = 50\ \mu V$$

صغير جدا

كذلك يكون لدينا $100000 \times \Delta V- = 4V$

$$\Delta V- = 40\ \mu V$$

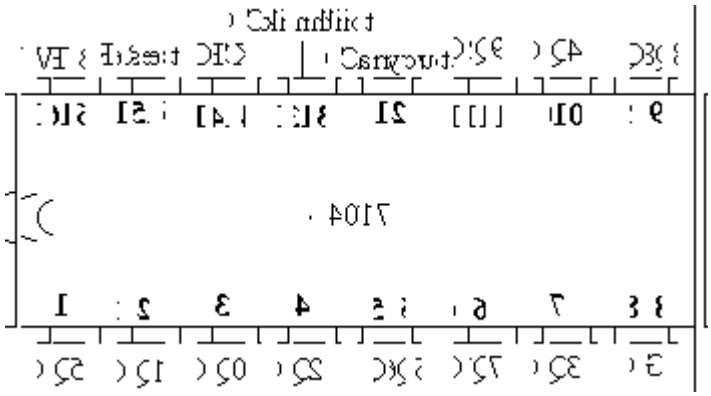
صغير جدا

عمليا تكون دائرة التكبير في الوضع **Saturation** بمجرد ارتفاع أو انخفاض الجهد عند الدخل الموجب بالنسبة للجهد عند الدخل السالب .

كذلك كقاعدة عامة لمكبرات العمليات يهمل التيار الداخل أو الخارج من طرفي الدخل الموجب أو السالب

(يكون صغيرا جدا).

(2) عداد عشري 4017 Decade Counter



تعتبر 4017 أحد الدوائر المتكاملة المنطقية Logic Circuit كلمة المنطقية تعني أن الدائرة تتعرف فقط على جهد للدخل قريب من الصفر(جهد منخفض أو جهد منطقي 0) أو قريب من موجب البطارية (جهد مرتفع أو جهد منطقي 1) وبحيث يكون دائما أي جهد للخرج عند أي من هذين الجهدين.
هل الدائرة المتكاملة 358 منطقية ؟ ولماذا ؟

يوصل الطرف 8 إلى سالب البطارية والطرف 16 إلى موجب البطارية وتعرف الأطراف الأخرى كالآتي:
(CK) هو طرف الدخل للنبضات التوقيتية التي سيجرى عدها

(Q0, Q1, Q2 - - - - -Q9) هي أطراف الخرج وعددها عشرة
في الوضع الابتدائي يكون Q0 مرتفعا (قريبا من موجب البطارية) وباقي أطراف الخرج منخفضة (قريبة من الصفر) فعند التغير الموجب للنبضة التوقيتية الأولي يصبح Q0 منخفضا و 1Q مرتفعا وعند التغير الموجب للنبضة التوقيتية الثانية يصبح Q1 منخفضا و Q2مرتفعا وهكذا بالدور إلى النبضة التوقيتية العاشرة حيث يصبح Q0 مرتفعا و Q9 منخفضا مرة أخرى.

وبدخول النبضات التوقيتية تعاد الكرة مرات ومرات بحيث يرتفع كل من أطراف الخرج مرة واحدة لكل عشر نبضات توقيتية (عداد عشري).

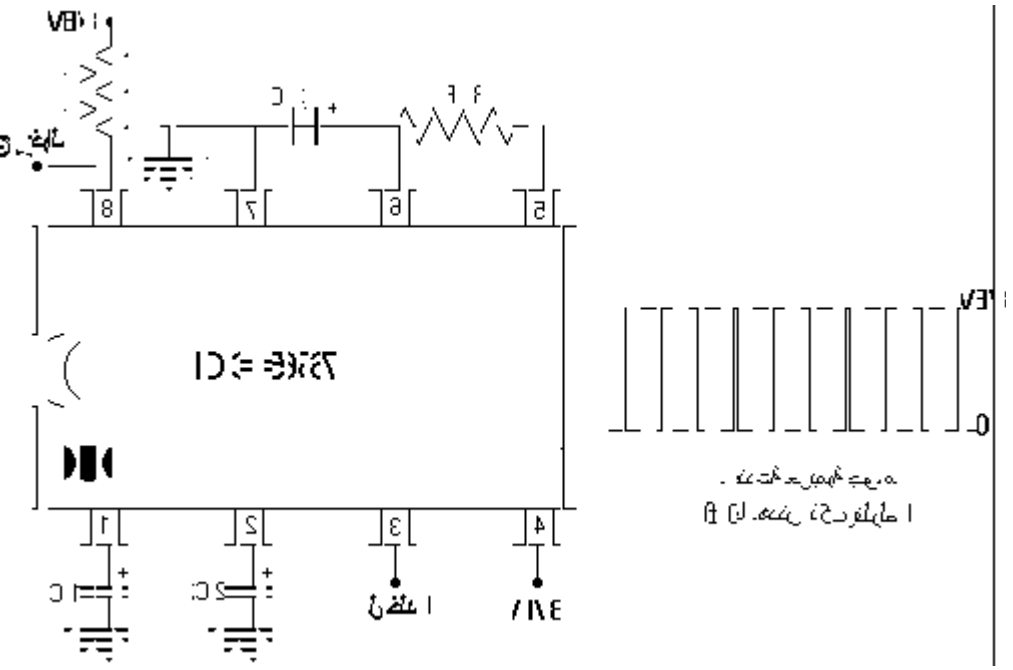
(Carryout) هو طرف خرج يكون مرتفعا خلال الخمس نبضات التوقيتية الأولي ومنخفضا خلال الخمس الثانية (يرتفع وينخفض مرة واحدة لكل عشر نبضات مثل أطراف الخرج الأخرى)

يستخدم هذا الطرف عند استخدام اكثر من دائرة متكاملة 4017 واحدة وراء الأخرى للعد المئوي أو الألفي.

(CK Inhibit) هو طرف دخل إذا ارتفع فان أطراف الخرج تبقي بدون تغير حتى مع دخول النبضات التوقيتية (يقف العد عند العدد الأخير) وإذا انخفض فانه يبدأ متابعة العد.

(Reset) هو طرف دخل إذا ارتفع فانه يضع الدائرة في الوضع الابتدائي (كل أطراف الخرج منخفضة ماعدا Q0) وتبقي كذلك بدون تغيير حتى مع دخول النبضات التوقيتية فإذا انخفض هذا الدخل يبدأ العد من الوضع الابتدائي.

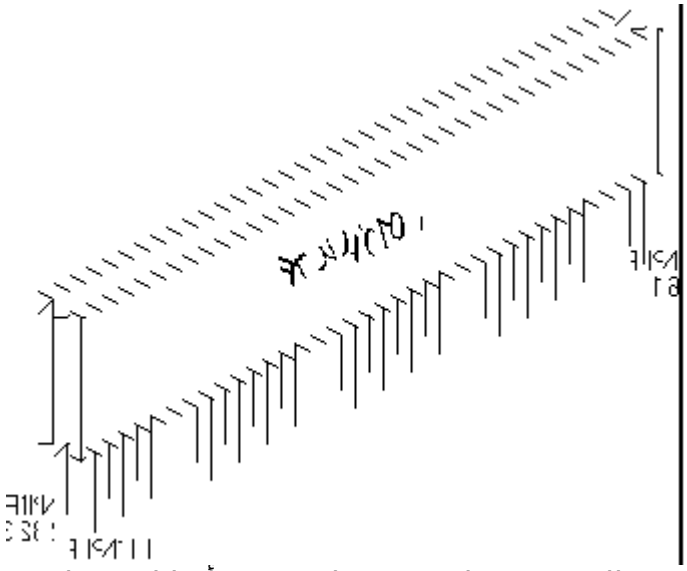
(3) محلل النغمة 567 Tone Decoder



تحتوي الدائرة المتكاملة 567 على مولد للموجات في داخلها يولد موجة مربعة ترددها يعتمد على قيمة المقاومة R وقيمة المكثف C ويرمز لترددها بالرمز f0
تستجيب الدائرة المتكاملة 567 لنغمة ترددها f0 أو قريب من f0 عند طرف الدخل 3 وتكون الاستجابة عن طريق هبوط الجهد عند الخرج 8 إلى الصفر (في البداية يكون مساويا VB).
الترددات حول f0 التي تستجيب لها الدائرة تمثل النطاق الترددي للاستجابة وبمعنى آخر يحدد مركز النطاق الترددي للاستجابة (f0) المكثف C والمقاومة R بينما يحدد سعة النطاق الترددي للاستجابة المكثف C2 ويحدد المكثف C1 سرعة استجابة الخرج فإذا أدخلنا نغمة ذات تردد f0 عند طرف الدخل 3 فان الجهد عند 8 يهبط من VB إلى الصفر بعد فترة قصيرة تعتمد بشكل أساسي على المكثف C1 .
الطرف 4 يوصل إلى موجب البطارية (VB) بينما يوصل الطرف 7 إلى سالب البطارية .

(4) دائرة مهجنة Hybrid Circuit (FX 4070)

مشفر ومحلل شفرة ذو خمس نغمات 5Tone Encoder/Decoder



يحدد الشفرة (الخمس نغمات وترتيبها) خمس أسلاك توصل بين أطراف الترتيب الخمسة (الطرف 11 إلى 15) إلى خمس أطراف من أطراف النغمات العشرة (الطرف 1 إلى 10)

الترتيب يرمز له بالرمز من S1 - S5 والنغمات يرمز لها بالرمز من - T1 T10

T1	1121Hz
T2	1200.5Hz
T3	1278Hz
T4	1357Hz
T5	1444Hz
T6	1541Hz
T7	1638Hz
T8	1747Hz
T9	1856.3Hz
T10	1983Hz

وهذه النغمات محددة طبقا لمواصفات نظام اتصالات عالمية تسمى CCIR

مثال: إذا أردنا إرسال شفرة (أو فكها) مكونة من النغمات والترتيب من اليسار كالآتي
T5 T3 T2 T4 T6

الحل: نوصل أطراف النغمات بأطراف الترتيب كآلاتي :
T5-S1, T3-S2, T2-S3, T4-S4, T6-S5

أي أننا نوصل 15 إلى 6 ، 14 إلى 4 ، 13 إلى 2 ، 12 إلى 3، 11 إلى 5 .

- تحتاج الدائرة FX 4070 إلى بطارية من 10 إلى 15 فولت موجب البطارية يوصل بالطرف 30 وسالب البطارية بالطرف 32 .
- يوصل بين الطرف 29 وسالب البطارية مقاومة متغيرة يتم تغييرها لمعايرة وضبط الترددات العشرة المكتوبة في الجدول السابق (كما سنأخذ عمليا فيما بعد) .
- يوصل بين موجب البطارية والطرف 23 مكثف يحدد الفترة الزمنية لكل نغمة (0.47 µF يعطي فترة زمنية للنغمة الواحدة عشر ثانية أو نصف ثانية للخمس نغمات).
– عند استخدام الدائرة كمشفر يكون دخل التحكم في الإرسال (الطرف 19) منخفضا (أي قريبا من الصفر) وعند ارتفاعه (قريبا من VB) ترسل الشفرة (الخمس نغمات) من خرج الشفرة (الطرف 28).

– عند استخدام الدائرة كمحلل للشفرة تدخل الشفرة من دخل الشفرة (الطرف 27) وإذا كانت الشفرة صحيحة فان الجهد عند الطرف 20 يرتفع قريبا من VB (في البداية يكون منخفضا أو قريبا من الصفر).
– الطرف 22 هو الطرف Reset وإذا كان منخفضا فانه يمنع ارتفاع الجهد عند الطرف 20 حتى عند وصول الشفرة الصحيحة ويستخدم هذا الطرف عند استخدام الدائرة كمحلل للشفرة لمنع ارتفاع الجهد عند الطرف 20 لحظيا عند لحظة توصيل البطارية للدائرة FX 4070 .

<u>بعض القواعد العامة في تحليل الدوائر التي سنأخذها:</u>

1. عند لحظة توصيل البطارية لأي دائرة يكون الجهد عند أي خرج مساويا صفرا وكذلك فرق الجهد على أي مكثف مساويا صفرا .
2. يقاوم المكثف أي تغيير فجائي في الجهد بين طرفيه فإذا ارتفع الجهد في لحظة عند أحد طرفيه فانه يرتفع بنفس المقدار عند الطرف الآخر في نفس اللحظة ثم يبدأ بعد ذلك في الشحن أو التفريغ .
3. في النهاية عند تمام شحن أو تفريغ المكثفات (عند الاستقرار) يحسب الجهد (أو التيار) عند أي نقطة وكما لو أن المكثفات ليست موجودة في الدائرة .
4. إذا مر نفس التيار في عدة مقاومات متصلة على التوالي فان فرق الجهد الكلي على هذه المقاومات يتوزع عليها بنسبة قيمة المقاومات أي أن :
   فرق الجهد على المقاومة يساوي فرق الجهد الكلي على المقاومات مضروبا في قيمة المقاومة ومقسوما على مجموع المقاومات .الثلاثي D634 المستخدم في معظم دوائرنا هو من النوع دارلنجتون ويصل معامل تكبير التيار فيه إلى اكثر من ألف مرة ويتبع نفس قواعد الثلاثي العادي إلا أن الجهد بين C,E له في الوضع **Saturation** يساوي 1 فولت تقريبا وله مكافئات مثل
   D633, D768, TIP120, TIP122, BDX53