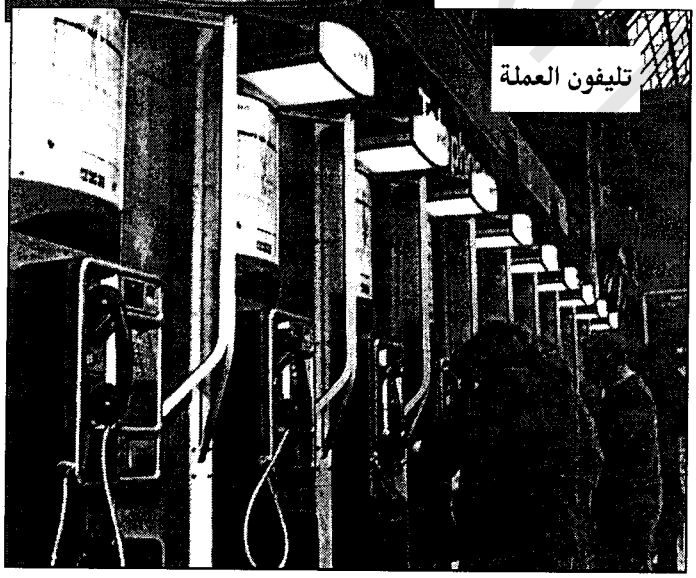
الوحدة الثامنة

الكهرباء والإلكترونيات والتحكم

ثرموستات

من الصعب فى عصرنا هـذا أن تجـد أى نشاط إنسانى يومى لا يعتمد علـى الأجـهزة الكهربية أو الإلكترونية بطريقة أو بأخرى . ومعظـم الأجـهزة التـى تراهـا هـى معتـادة بالنسبة لك وبدونها فإن حياتنا تبدو صعبـة ومختلفة .

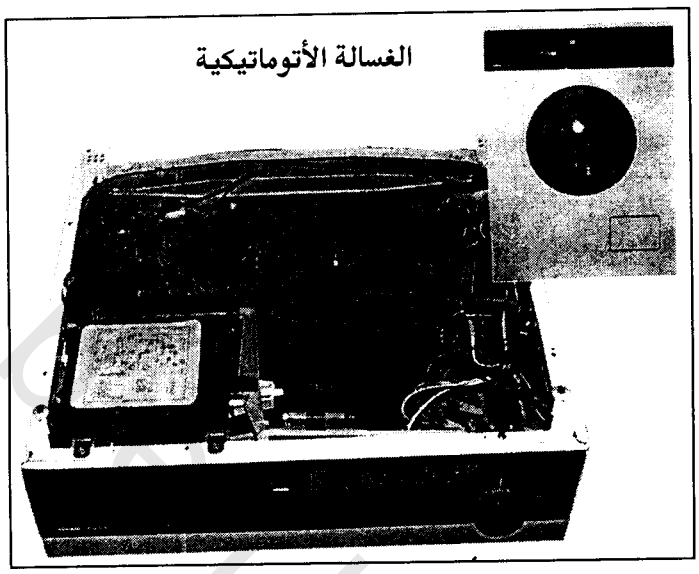
وتحتوى هذه الأجهزة علـى نظـم تحكـم كهربية وإلكترونية وهى دوائـر تتحكـم فـى أسلوب عمل تلك الأجهزة .



تليفون العملة

فمثـلاً المكـواة التـى تعمل بالبخار تسـتخدم الكـهرباء لتسـخين العنصر الذى يؤثر على القمـاش بـالحرارة ، ولكن درجة حرارة هذا العنصـر يجـب التحكـم فيها والدائرة التى تقوم بـهذا تحتـوى علـى عنصـر خـاص اسمـه

الثرموستات وهو مثال بسيط لنظم التحكم . أما بالنسبة للغسالة الأتوماتيكية فإن الموقف أكثر تعقيداً لأن النظام يتحكم فى تدفق الماء منها وإليها بالإضافة إلى درجة الحرارة وسرعة دوران الأسطوانة وهكذا . بمعنى آخر كل دورة الغسيل .


الغسالة الأتوماتيكية

وبعض أنظمة التحكم الراقية تنتمى إلى الإنسان الآلى ومثال ذلك هو الذراع الآلى ، وهى آخذة فى الزيادة لتحل محل معظم العمليات الإنتاجية بالمصانع . والإنسان الآلى يعمل أسرع من الإنسان ويؤدى أعمالاً كثيرة متنوعة ، كذلك يمكن العمل فى ظروف صعبة وخطيرة ونادراً ما يرتكب أخطاء أو يشعر بالملل .

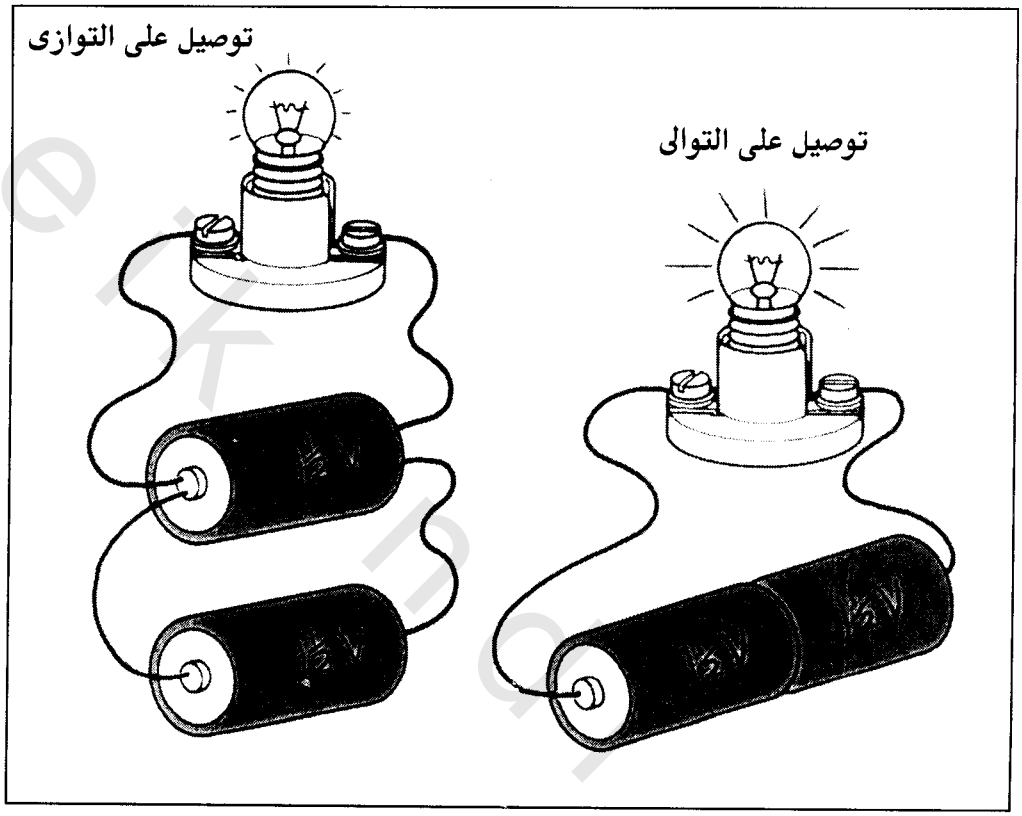
والإنسان الآلى الحقيقى يتميز بعقل إلكترونى يحفظ ويقوم بتشغيل المعلومات التى تتحكم فى أنشطته وإذا أريد أن يقوم الإنسان الآلى بعمل جديد فإنه يمكن مسح ذاكرته تماماً وتعبئتها بمجموعة تعليمات جديدة وهذا ما يسمى بالبرمجة .

• المبادئ الأساسية للكهرباء :

• الفولت والتيار :

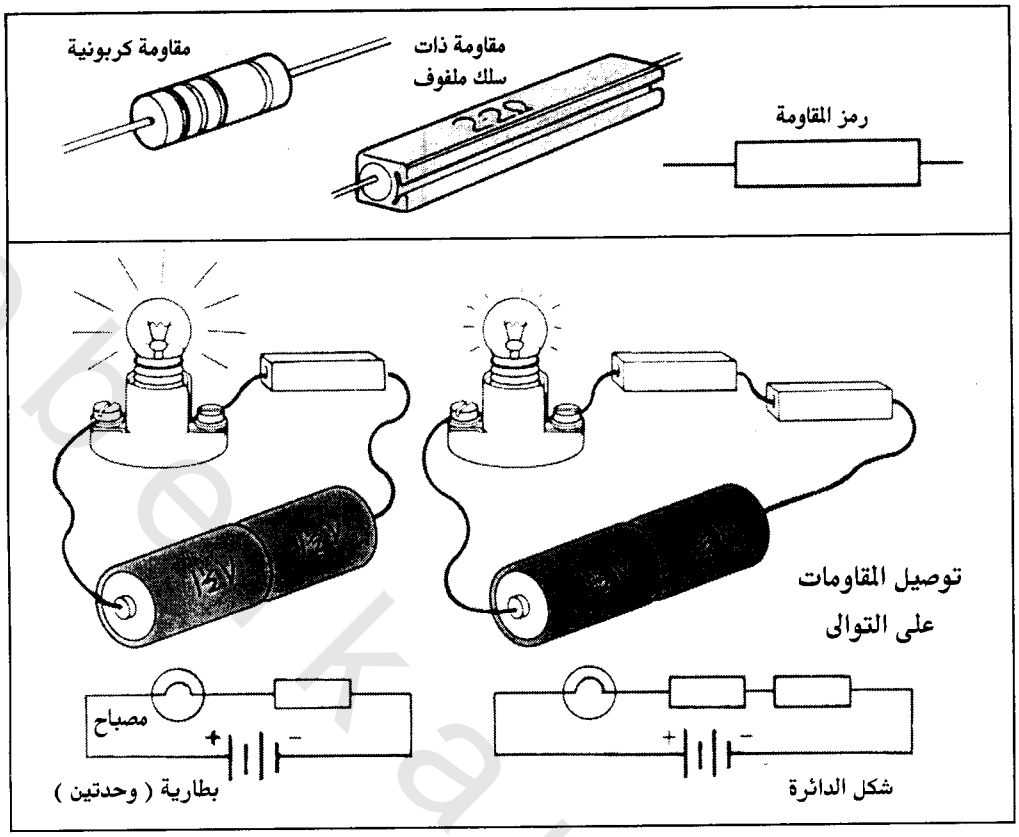
إن البطارية هى مصدر للطاقة الكهربية ، فهى توفر الضغط الذى يدفع الكهرباء إلى التدفق . ونحن نقيس هذا الضغط بالفولت « V » ، وكلما كان الفولت عالياً كلما كان الضغط أكبر . أما تدفق الكهرباء فيسمى بالتيار ويقاس بالأمبير « A » . اذا كانت بطارية واحدة تضىء مصباحاً خافتاً وبطاريتان متصلتان على التوالى تضيئه أكثر توهجاً فهذا لأن البطاريتين المتصلتين على

التوالى يتجمع ضغطهما ، وهكذا فإنهما ينتجان ضعف الضغط الكـهربى ، كذلـك فإن الضغط الأعلى ينتج تياراً أكـبر . أمـا إذا وصلـت البطاريتـان علـى التـوازى (كما فى الشكل الأيسر) فإن ضغطهما لا يجمع وإنما الضغـط النـاتج هـو نفسـه الناتج من بطارية واحـدة . لكـن للتوصيـل علـى التـوازى ميزتـان ، الأولى أنـهما ينتجان تيارًا أعلى والثانية أنهما يستمران لفترة أطول .

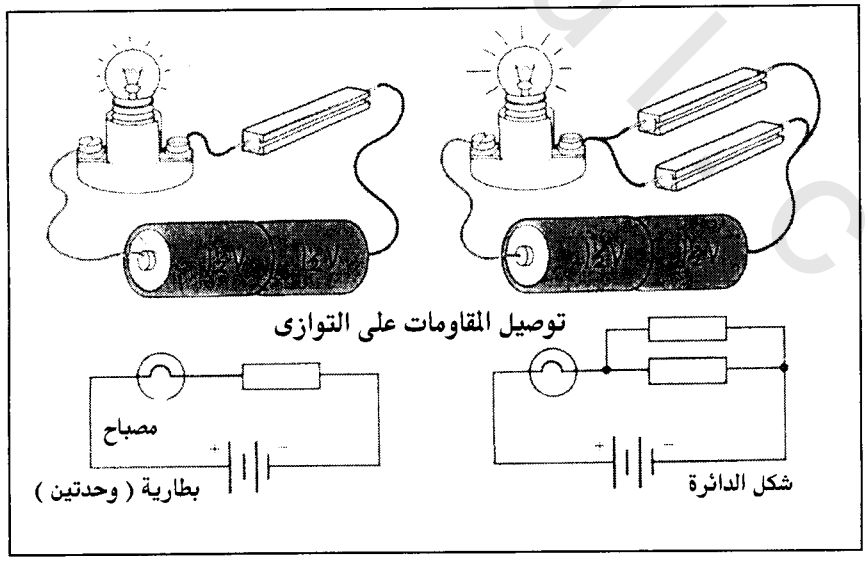


• المقاومة :

أى شىء يقاوم مرور التيار الكهربى يقال بأن له مقاومة ، ونحن نقيس المقاومة بالأوم ورمزه « Ω » ويتميز السلك الكهربى بمقاومـة صغـيرة جـداً تسـمح بمـرور التيار الكهربى بحرية . والمقاومات عديدة ومتنوعـة كمـا يبينـها الشكـل التـالى ، كذلك فإن فتيلة المصباح لـــها مقاومـة تجعلـــها تتوهـج وتضـىء ، وتوضـح كميـة التوهج مقدار التيار المار فى المصباح .



عند توصيل المقاومات على التوالى فإن الأثر هو إضافة مقاومة إلى الدائرة ، والمقاومة الكلية يمكن إيجادها ببساطة بجمع كل المقاومات المتصلة على التوالى كالآتى : المقاومة الكلية $م_ك = م_1 + م_2 + م_3 + ...$



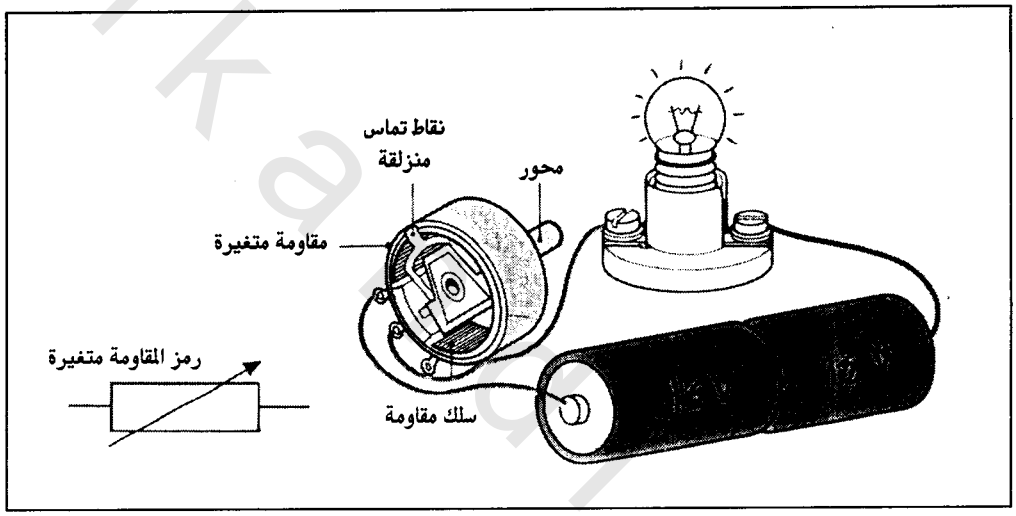
أما إذا وصلنا المقاومات على التوازى فإن ذلك يقلل من المقاومة فى الدائرة وهذا يوضح لماذا يبدو المصباح فى الدائرة أكثر توهجًا .

ولحساب المقاومة الكلية على التوازى فإن م ك تحسب كالآتى :

$$\frac{١}{م_{ك}} = \frac{١}{م_{١}} + \frac{١}{م_{٢}} + \frac{١}{م_{٣}} + \ldots$$

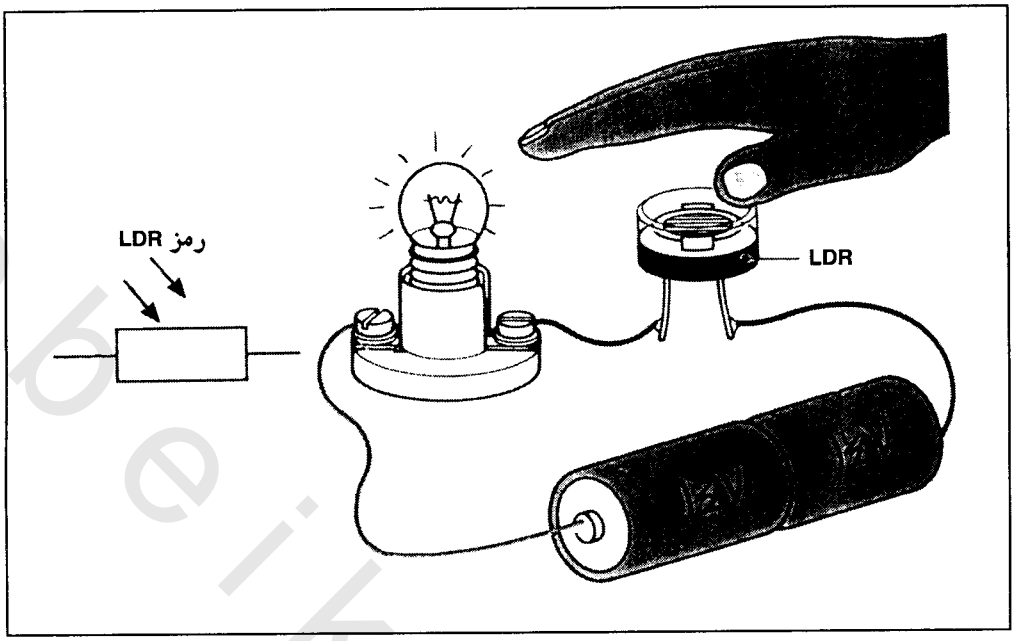
• المقاومة المتغيرة :

وهى تستخدم للتحكم فى التيار المار فى الدائرة ، فعند إدارة المحور تزداد وتقل المقاومة تبعاً لذلك .



• المقاومة الضوئية (LDR) Light dependent resistor :

هى نوع من المقاومات يعتمد أساساً على كمية الضوء المسلطة عليه ، وعند تغطيته ببطء فإن المصباح يزداد خفوتاً وفى النهاية ينطفئ ، وهكذا تقل مقاومة LDR كلما زاد الضوء الساقط عليه فيمر التيار الكهربى .



• الثرميستور Thermistor :

وهو نوع آخر تختلف مقاومته مع درجة الحرارة ، ولدينا نوعان منه :

الأول : تزداد مقاومته مع زيادة الحرارة ويتميز بمعامل حرارة موجب +t

والثانى : تقل مقاومته بزيادة الحرارة ويتميز بمعامل حرارة سالب -t

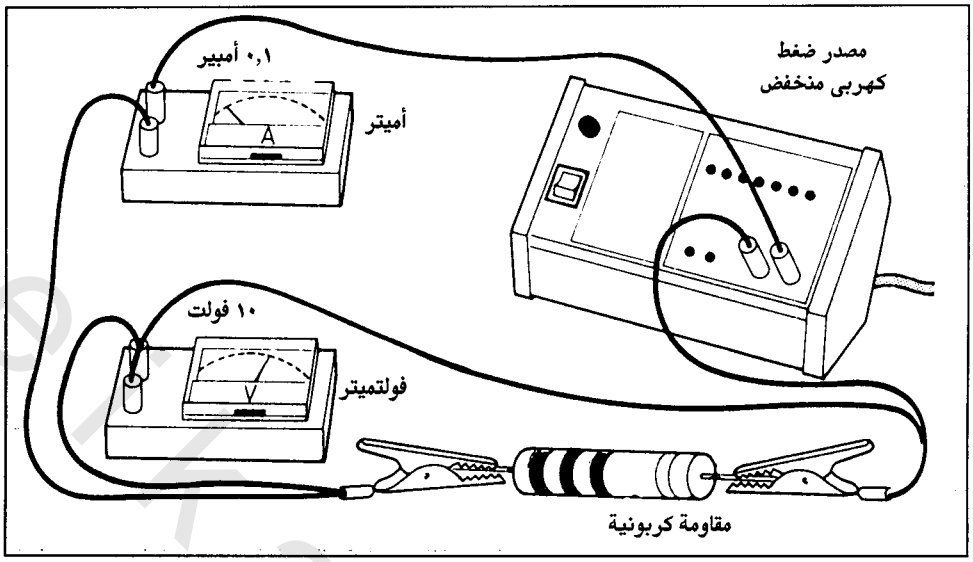
• قانون أوم :

إن التيار المار فى مقاومة يتناسب مع الضغط الكهربى الواقع عند طرفيها ، بمعنى آخر إذا تضاعف الضغط الكهربى عبر المقاومة فإن التيار أيضًا يتضاعف ، وإذا تضاعف ثلاث مرات يتضاعف أيضًا التيار ثلاث مرات وهكذا . هذا ما يعرف بقانون أوم والذى يقضى بأن :

$$\text{المقاومة (أوم)} = \frac{\text{الضغط الكهربى (فولت)}}{\text{التيار الكهربى (أمبير)}} \qquad \text{أو} \quad م = \frac{ف}{ت}$$

obeikandl.com

• قياس الضغط الكهربى والمقاومة :



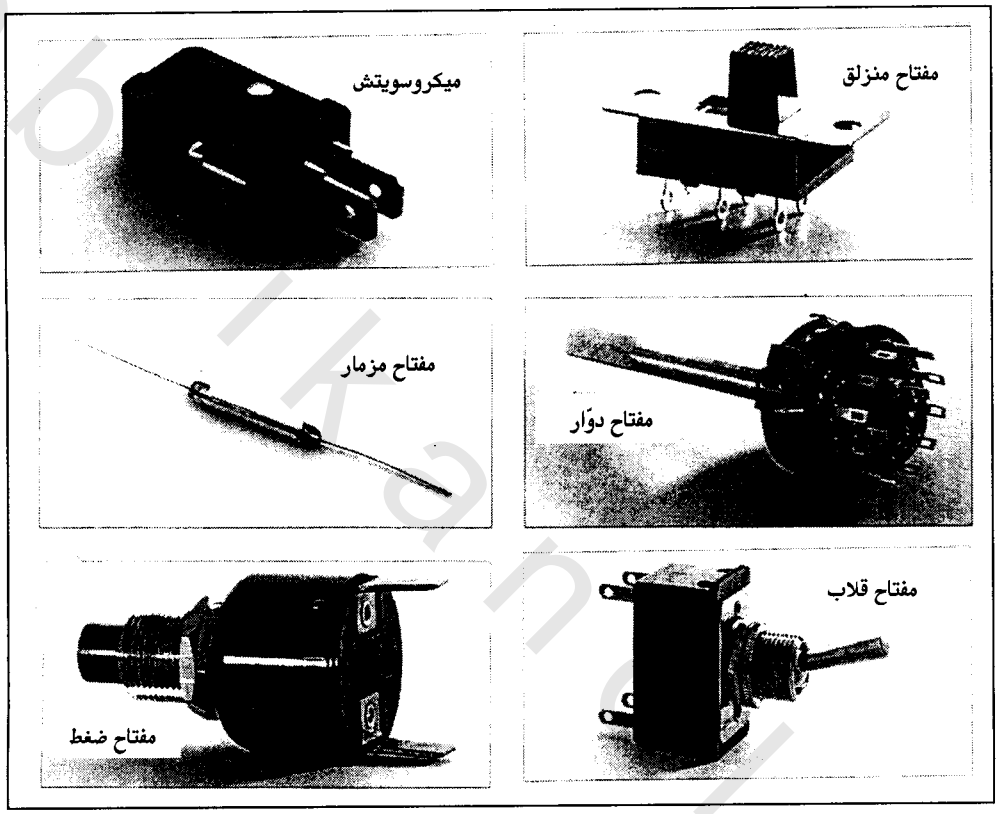
يستخدم جهاز الأميتر لقياس شدة التيار الكهربى ، ويجب توصيله فى الدائرة على التوالى مع باقى مكوناتها وهكذا فإن التيار المار فى الدائرة يمر أيضًا فى الأميتر فيمكن قياسه . أما الفولتميتر فيستخدم لقياس الضغط الكهربى أو الفولت عبر أحد مكونات الدائرة وبالتالى يجب توصيله على التوازى مع المكون المراد قياس الضغط الكهربى (الفولت) عبره . وأخيرًا فإن المقاومة يمكن حسابها باستخدام قانون أوم وذلك بحساب التيار المار فى المكون وكذلك الفولت عند طرفيه كما فى الشكل ، وتحسب المقاومة كالآتى :

$$م = \frac{ف}{ت} = \frac{١٠}{٠,١} = ١٠٠ \ \Omega$$

• التحكم الكهربى :

تستخدم الأجزاء الآتية للتحكم الكهربى :

* المفاتيح switches

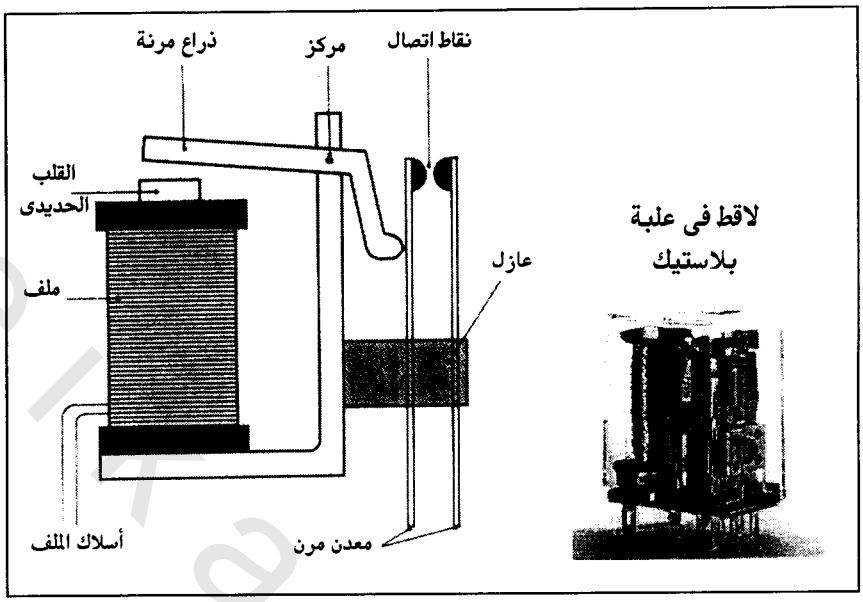


كلنا نستخدم المفاتيح يوميًا لإضاءة مصباح أو إدارة الراديو ومجفف الشعر والعديد من الأجهزة وللمفتاح دور واحد : فصل أو وصل التيار فى دائرة . ويوضح الشكل أعلاه أنواعًا مختلفة من المفاتيح التى تستعمل فى الدوائر المختلفة .

* اللاقطات Relays

اللاقط هو مفتاح يفتح ويقفل بالمغناطيس الكهربى ، ويبين الشكل التالى تركيب لاقط بسيط . فعند مرور تيار كهربى فى الملف يتولد مجال مغناطيسى يمغنط القلب الحديدى الذى بدوره يجذب الذراع المرنة فيقفل المفتاح . أما عند قطع

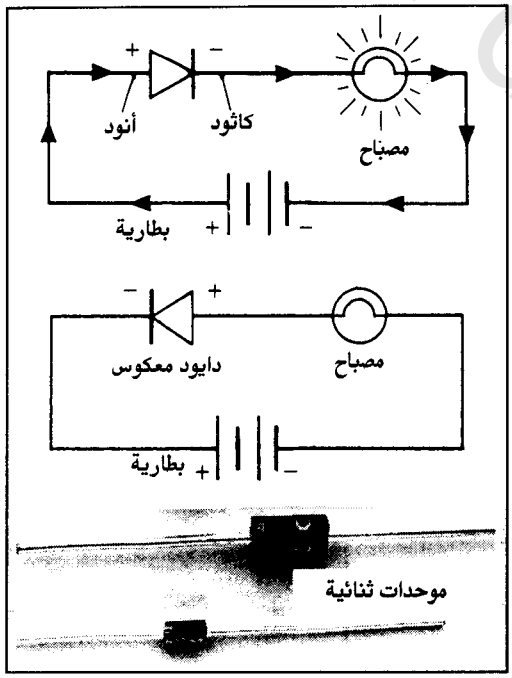
التيار الكهربى فإن المجال المغناطيسى يزول فيفتح المفتاح مرة أخرى حيث تبتعد الذراع المرنة .



• التحكم الإلكترونى :

تستخدم الأجزاء التالية فى التحكم الإلكترونى :

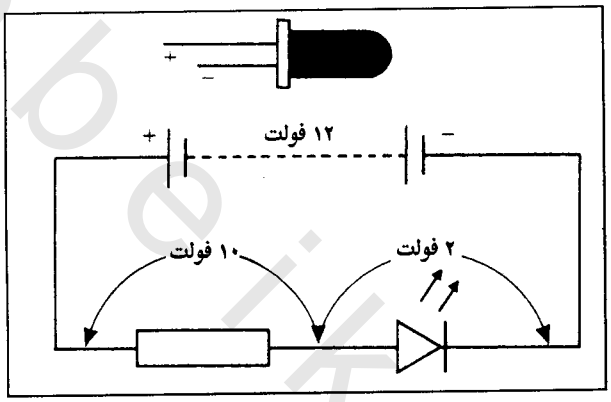
* الموحد الثنائى Diode



ويسمى « دايود » وميزته أنه يسمح للتيار الكهربى بالمرور فى اتجاه واحد ولا يسمح بالعكس ومعظم الدايودات المعروفة تتكون من وصلة إما « P » أو « n » من أنصاف الموصلات السليكونية semiconductors ، ويوضح الشكل أثر الدايود . وللدايود طرفان يسميان الأنود والكاثود ، وعندما يوصلان

بالطرفين الموجب والسالب لمصدر التيار يمر التيار الكهربى وفى هذه الحالة يسمى موجه للأمام .

* الدايود الباعث للضوء Light Emitting Diode (LED)



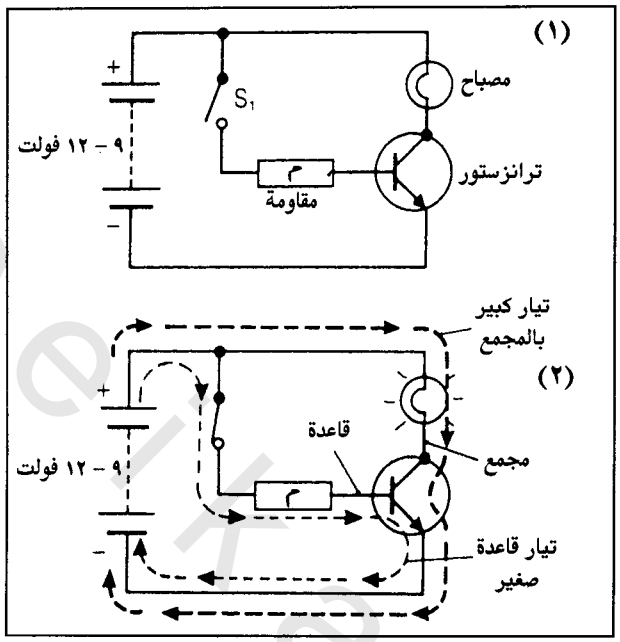
هو نوع من الموحدات يشع ضوءًا عند مرور التيار الكهربى فيه . ويستخدم عادة لبيان أى دائرة كهربية أو جهاز فى حالة التشغيل « ON » وهذه الموحدات كمثيلها لا تمرر التيار الكهربى إلا فى اتجاه واحد ، وهى تعمل بمقاومة على التوالى ويمكن استخدام قانون أوم لحساب قيمة هذه المقاومة . ومن المهم معرفة أنه إذا وصّل مكونان كهربيان أو أكثر عبر مصدر التيار الكهربى فإن الضغط الكلى للمصدر ينقسم بينها بنسبة مقاومات هذه المكونات فمثلاً إذا تطلب الـ LED ٢ فولت فإن هناك ١٠ فولت لابد أن تسقط عبر المقاومة ليكون المجموع ١٢ فولت وهو الضغط الكهربى للمصدر . كذلك إذا كان LED يحتاج إلى ١٠ ميللى أمبير فإن المقاومة المتصلة على التوالى معه قيمتها كالآتى :

$$م = \frac{ف}{ت} = \frac{١٠}{٠,٠١} = ١٠٠٠ \text{ أوم}$$

• الترانزستورات Transistors :

هو مكون نصف موصل ذو ثلاث طبقات من « p » و « n » ، هذه الطبقات الثلاث تسمى الباعث ، القاعدة ، المجمع (emitler , base , collector) . والترانزستورات توجد على أشكال وأحجام عديدة ولكن هناك فقط نوعان أساسيان سوف نتناول منها النوع npn .

* **ماذا تفعل الثرانزستورات ؟**



فى الشكل (١) فإن المفتاح s_1 مفتوح وفى هذه الحالة لا يمر التيار الكهربى فى أى جزء من الدائرة ، ولكن عند إغلاق s_1 يمر تيار صغير فى قاعدة الترانزستور من خلال المقاومة م وهكذا يفتح الترانزستور ويسمح بمرور تيار كبير من خلال المجمع إلى المصباح كما فى شكل (٢) وهكذا فإن الفكرة الرئيسية للترانزستور تعتمد على مرور تيار بسيط فى قاعدته يسمح بفتح الترانزستور وبالتالى مرور تيار كبير فى خط آخر .

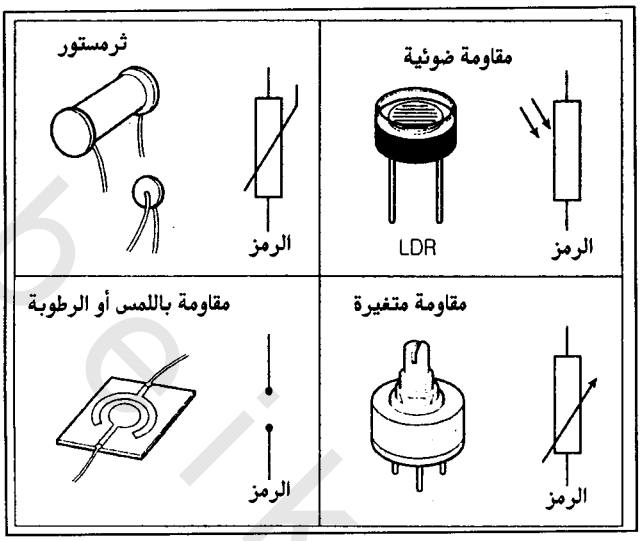
• النظم الإلكترونية :

تحدثنا عن نظم التحكم وعرفنا أن الفكرة الأساسية تعتمد على مدخل input وعملية process ثم مخرج output وسوف نستعرض الآن كيفية تطبيق هذه النظم .

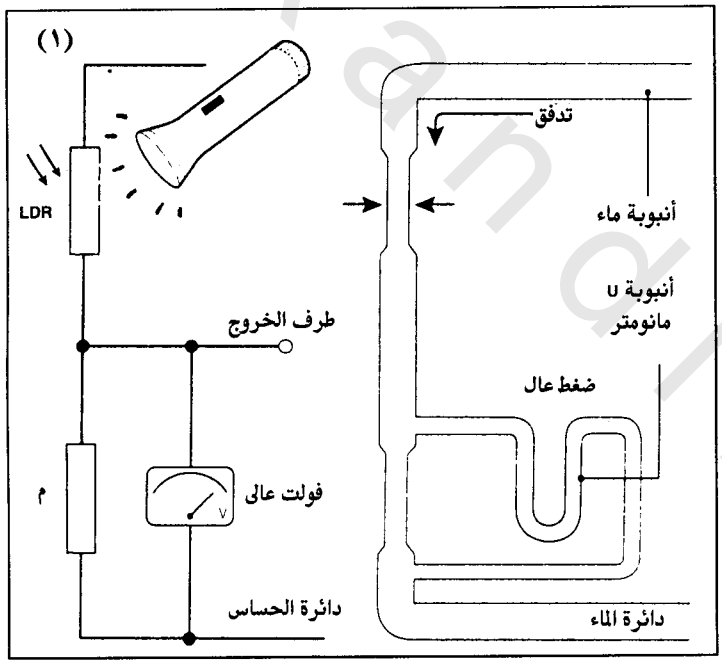
كما أن للإنسان حواس يستشعر بها ومن خلالها يتلقى المعلومات فيستجيب المخ ويعطى الإشارات . فهو يتكون من جهاز للإدخال input device ليستشعر البيئة حوله ، ثم جهاز تشغيل أو تحكم processor ليستجيب لمثل هذه التغيرات ثم جهاز للإخراج output device يؤدى الوظيفة المطلوبة .

obeikandl.com

• أجهزة الإدخال Input devices :



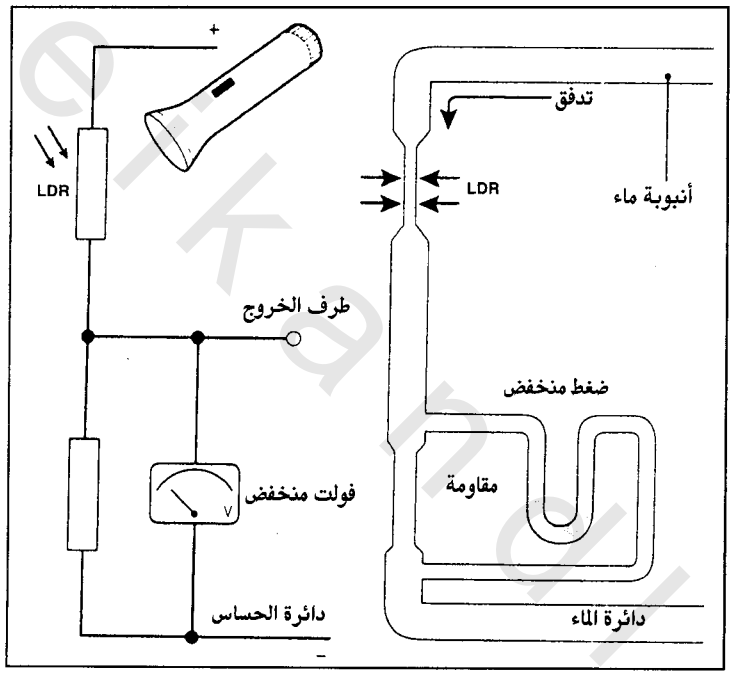
نستطيع أن نسمى تلك الأجهزة بالحساسات لأنها تستشعر أى تغير فى البيئة المحيطة كالتغير فى الحرارة والإضاءة ودرجة الرطوبة والحركة وهكذا ، وتستجيب تلك الحساسات بإصدار تغير فى الفولت والشكل المقابل يبين أمثلة منها .



وحتى نفهم عمل الحساسات سوف نتناول المثال المبين والذى يستخدم المقاومة الضوئية LDR وتقارن بدائرة الماء المصاحبة له . وتحتوى الدائرة الكهربية على LDR ومقاومة م تتصل على التوالى عبر مصدر كهربى . والجزئان معاً يمثلان دائرة الحساس . وأنت تذكر أن LDR تعتمد مقاومته على كمية الضوء الساقطة عليه ، ففى الظلام تكون المقاومة عالية وعند تعرضه للضوء تقل هذه المقاومة . والدائرة الأولى تمثل الحالة فى حالة

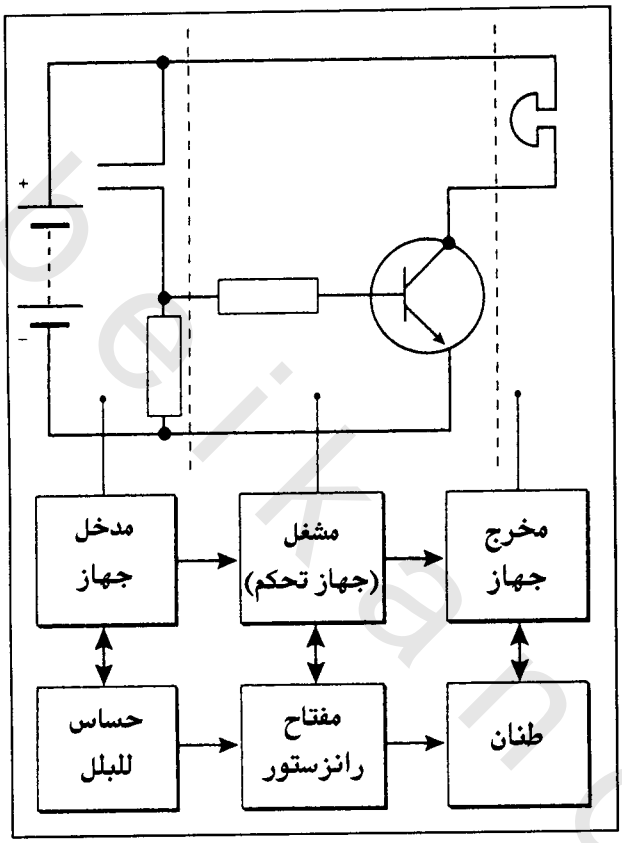
obeikandl.com

تعرضه للضوء ويمثل ذلك فى دائرة الماء المكافئة اختناق بسيط لأنبوبة الماء ، وهكذا يمر الماء بسهولة فى الأنبوبة كما يمر التيار بسهولة خلال LDR . من ناحية أخرى فهو مقيد بالمقاومة أسفل ونتيجة ذلك يتولد ضغط عال للماء عبر المقاومة وهذا الضغط يمكن قياسه باستخدام مانومتر على هيئة أنبوبة تأخذ الشكل U . أما فى دائرة الحساس فإننا نستخدم الفولتميتر لقياس الضغط أو الفولت عبر المقاومة (لاحظ قراءة الفولتميتر العالية) .



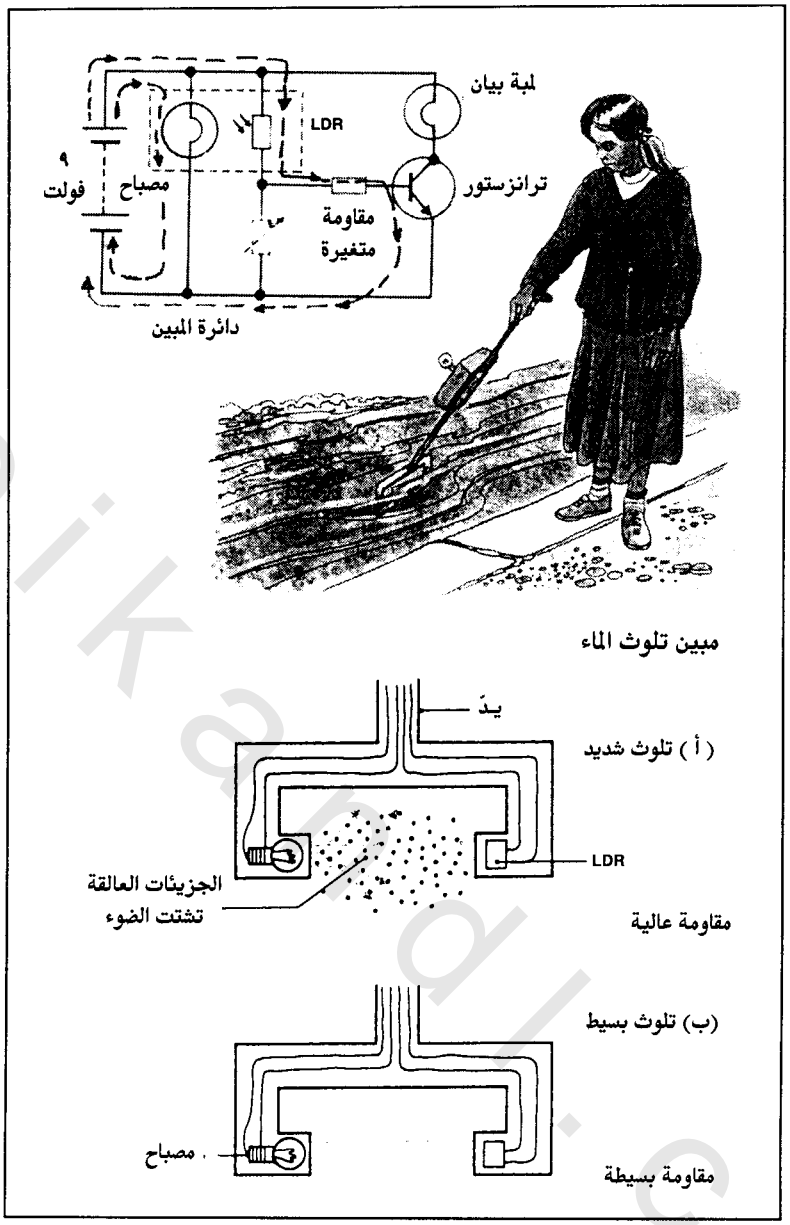
أما فى الدائرة الثانية فليس هناك ضوء ساقط على LDR وبالتالى فمقاومته عالية ، ودائرة الماء المكافئة تمثل مقاومة LDR باختناق كبير فى الأنبوبة مما يقلل من تدفق الماء فى الدائرة كلها وبالتالى ينخفض عبر المقاومة السفلية (كما يظهر فى المانوميتر) . كذلك فى الدائرة الكهربية فإن المقاومة العالية لـ (LDR) تقلل من تدفق التيار الكهربى فى الدائرة وكذلك عبر المقارنة (كما يظهر فى الفولتميتر) . والآن هل تلاحظ أن اختلاف الفولت الخارج عند طرف الخروج يعتمد بالدرجة الأولى على كمية الضوء الساقط على LDR ؟ بمعنى آخر فإن الحساس يكتشف أى تغير فى البيئة ويصدر تغيراً فى الفولت تبعاً لكمية التغير فى هذه البيئة .

• المشغل Processor :



عرفنا الآن مثالاً للحساس ، والآن جاء دور المشغل (أو جهاز التحكم) الذى يستجيب لذلك التغير فى الفولت الوارد إليه . والترانزستور هو مثال لجهاز تحكم ، فهو يكتشف التغير فى الفولت (الخارج من الحساس) ويستجيب بالتحكم فى كمية التيار المار فى أجهزة أخرى (أجهزة الخروج ouput) وتبين الدائرة أجهزة إدخال وتشغيل وخروج وهو نظام إنذار بامتلاء حوض الاستحمام بالماء ، فبوصول الماء إلى المستوى المطلوب فإن الحساس يكتشف البلل فتنغلق دائرة الإدخال ويمر تيار صغير بقاعدة الترانزستور ، وبهذا ينفتح فيمر تيار كبير فى دائرة المجمع وهذه الدائرة يتصل بها الطنان فيصدر الصوت منذرا بامتلاء الحوض بالماء . أما إذا انخفض فإن مستوى الماء يبتعد عن طرف الحساس فتنفتح دائرة القاعدة وينقطع التيار فى دائرة المجمع ويتوقف الطنان . وإذًا فهذا الجهاز يتكون من الحساس (طرفان يكتشفان البلل) والمشغل Processor أو جهاز التحكم (الترانزستور) وجهاز الخروج (الطنان) . وأجهزة الخروج عادة تسمى Transducers وتقوم بتحويل الطاقة الكهربية إلى صورة أخرى من صور الطاقة (صوت ، ضوء ، حركة ، .... إلخ)

obeikandl.com



ويمكننا بتعديل بسيط أن نستخدم الدائرة نفسها فـى اكتشـاف درجـة تلـوث الماء ، وهنا نستبدل حساس البلـل بـ LDR ومصبـاح ، كذلـك نسـتبدل الطنـان بلمبة بيان كما هو موضح وفكرة عمل هذه الدائرة تعتمد على احتـواء المـاء الملـوث على جزيئات وعوالق كثيرة تؤثر على مسار الضوء الصادر من المصباح كما فى (أ) وبالتالى تتأثر كمية الضوء الواصلة إلى LDR اعتمادًا على مستوى التلوث . أما فى

obeikandl.com

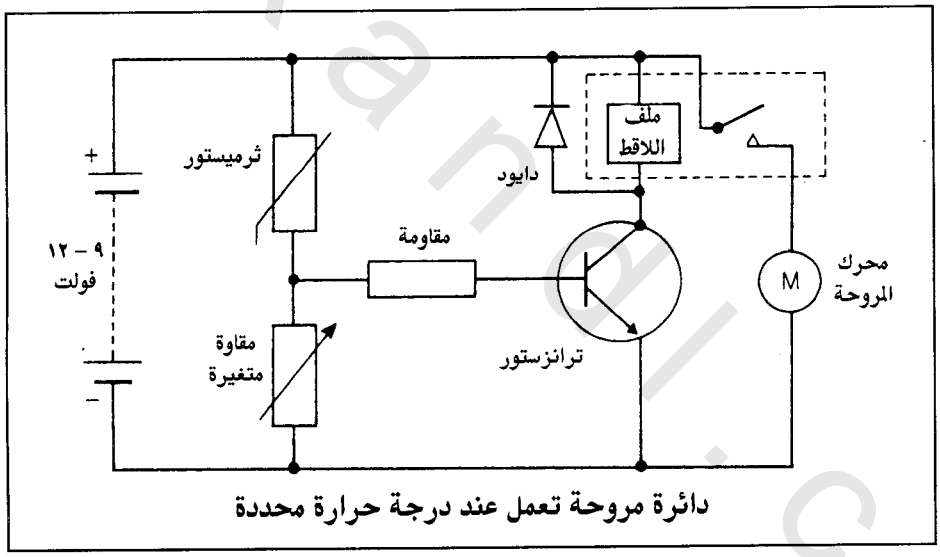
(ب) فإن درجة التلوث قليلة وبالتالى يمر معظم الضوء إلى LDR وبالتالى تقل مقاومته ولا تضئ لمبة البيان . وتتراوح مقاومة LDR من ١٠ مليون أوم فى الظلام إلى ١٣٠ أوم فقط فى الضوء الباهر .

* **ما فائدة المقاومة المتغيرة فى الدائرة ؟**

فى الدائرة الحقيقية فإن التيار المار فى LDR يتفرع إلى طريقين كما هو مبين بالشكل وبالتالى فإن التيار المار فى قاعدة الترانزستور يعتمد على الفولت عبر المقاومة المتغيرة وعلى مقاومة LDR ، وبضبط المقاومة المتغيرة نستطيع أن نثبت عمل الدائرة بحيث تضئ لمبة البيان عند مستوى محدد للتلوث .

• تصميم الدوائر :

* تيار المجمع Collector Current



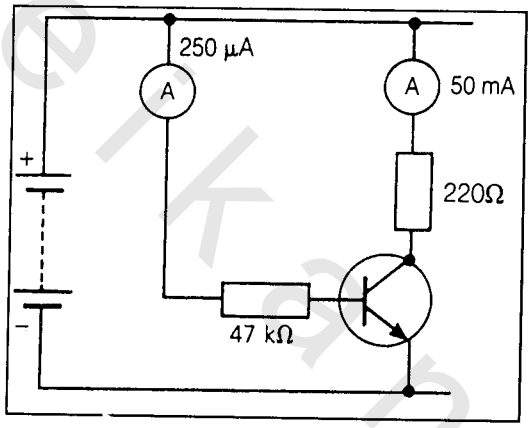
دائرة مروحة تعمل عند درجة حرارة محددة

لكل نوع من أنواع الترانزستور حدّ أقصى لتيار المجمع لابد ألا نتعداه (١٠٠ ميللى أمبير مثلاً) وإذا احتاج الجهاز المطلوب تشغيله إلى تيار أعلى فيمكن استخدام لاقط . والدائرة تبين طريقة تشغيل محرك مروحة عندما تصل الحرارة إلى درجة محدودة (يحتاج المحرك إلى ٢ أمبير وهو تيار أكبر مما يحتمله الترانزستور) . ومرة أخرى تستخدم المقاومة المتغيرة فى ضبط درج الحرارة التى

obeikandl.com

تعمل عندها المروحة . من ناحية أخرى فعندما يفقد اللاقط مغنطته فإن جزء من طاقته الكهربية يرتد فى عكس الاتجاه مما قد يسبب تلف الترانزستور ، وبتوصيل اللاقط بموحدّ diode على التوازى معه فإن تلك الطاقة تمر من خلاله بعيداً عن الترانزستور فتحميه . ويمثل اللاقط هنا جهاز وسيط يصل بين وظيفتين مع الاحتفاظ بالدائرة مستقلة .

• تكبير الترانزستور :

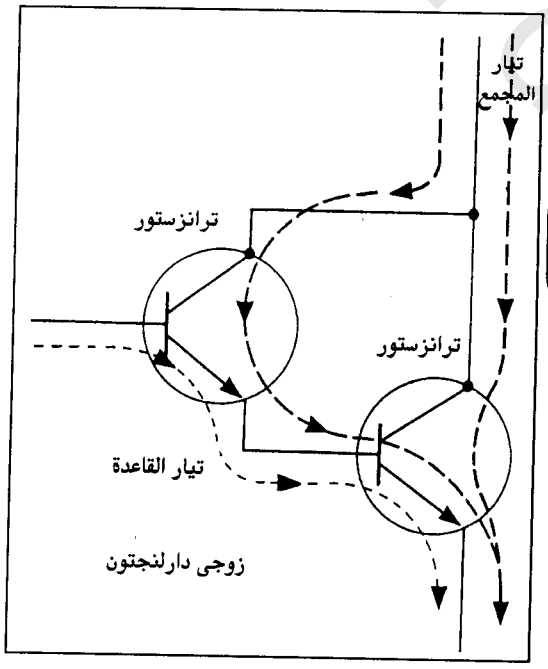


عرفنا أن تيارًا صغيرًا فى قاعدة الترانزستور تفتح تيارًا أكبر عبر المجمع وهذا ما يسمى بتكبير التيار والنسبة هى :

$$\frac{\text{ت المجمع}}{\text{ت القاعدة}}$$

وهى مقياس هذا التكبير وتسمى منفعة التيار ويرمز لها H_{FE} وفى الدائرة المقابلة فإن قيمتها هى :

$$\frac{٠,٠٥}{٠,٠٠٠٢٥} = ٢٠٠$$



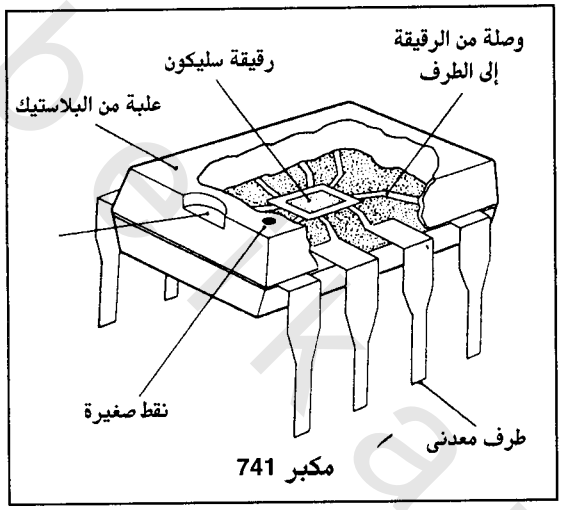
• مكبر زوجى دارلنجتون Darlington Pair amplifier :

إن تكبير ترانزستور واحدة عادة لا يكفى فى الدائرة ، أما إذا استخدم التيار الذى تم تكبيره فى ترانزستور فى تغذية قاعدة ترانزستور ثان فإن التكبير يتضاعف . مثلاً لو أن تكبير كل

obeikandl.com

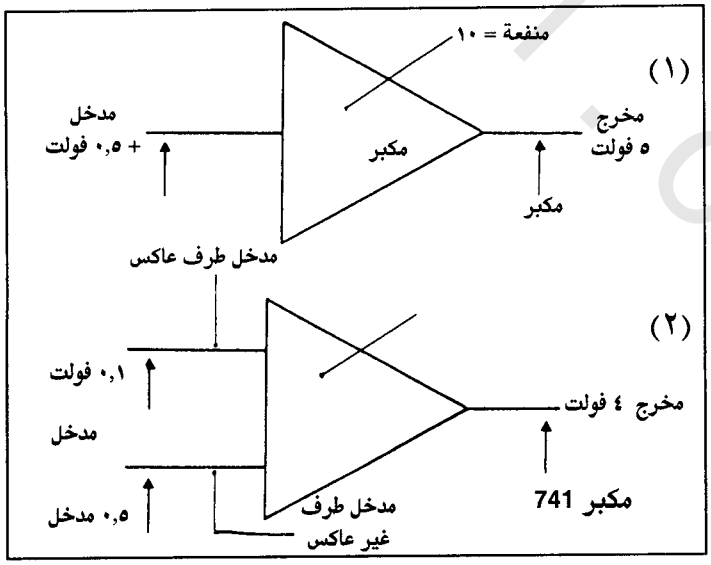
ترانزستور فى الشكل المبين ١٠٠ فإن التكبير المشترك للاثنين يصل إلى ١٠٠٠٠ هذه الطريقة فى التوصيل تسمى زوجى دارلنجتون .

• الدوائر المتكاملة Integrated Circuit :



إن ما درسناه سابقاً من دوائر يتكون من وحدات أو أجزاء مستقلة مثل المقاومات والترانزستورات وهكذا . ولكن الدوائر المتكاملة ICS تحتوى على جميع المكونات المطلوبة لدائرة أو أكثر ، وهى تتكون من رقائق متعددة من السليكون تشكل داخلها مكونات مختلفة معلقة داخل علبة من البلاستيك وتتصل بأطراف متعددة على جوانب هذه العلبة . وسنتناول هنا بعض الوحدات المعروفة فى الدوائر .

• المكبر 741 operational amplifier :



ويسمى اختصارًا op amp يحتوى على دائرة معقدة لا نستطيع رؤيتها أو حتى إصلاحها إذا تلفت وحتى نفهم عمل هذا المكبر يجب أن نتذكر منفعة التيار ، إلا أنه من الأنسب هنا أن نعتبر منفعة الجهد أو الفولتية . والرمز القياسى للمكبر هو المثلث وله طرف دخول (تدخل إليه الإشارة) وطرف خروج (ويحصل منها على الفولت الأكبر) ، فمثلاً إذا كانت منفعة الجهد ١٠ وكان الفولت الداخل هو ٠,٥ فولت فإن الفولت الخارج هو ٥ فولت (٠,٥ × ١٠ = ٥) .

وغير هذا المكبر فإن op amp (الشكل الأول) له طرفان لإدخال ، أحدهما يسمى طرف عاكس inverting والآخر طرف غير عاكس non - inverting وهو بهذا يختلف عن المكبر البسيط (الشكل الثانى) ، كذلك فإنه يقوم بتكبير الفرق فى الجهد بينهما . فمثلاً إذا وصلنا +٠,٥ فولت بالطرف non-inverting و +٠,١ فولت بالطرف inverting فإنه يقوم بتكبير +٠,٤ فولت (وهو الفارق بينهما) ليعطى خرجًا قدره ٤ فولت . أما إذا قلبنا التوصيل فوضعنا +٠,١ فولت على الطرف non inv و +٠,٥ فولت على inv فإن الفارق يكون :

= non inv − inv = ٠,١ − ٠,٥ = −٠,٤ فولت

وهذا ما يقوم op amp بتكبيره ، وهكذا يكون الخرج −٤ فولت .

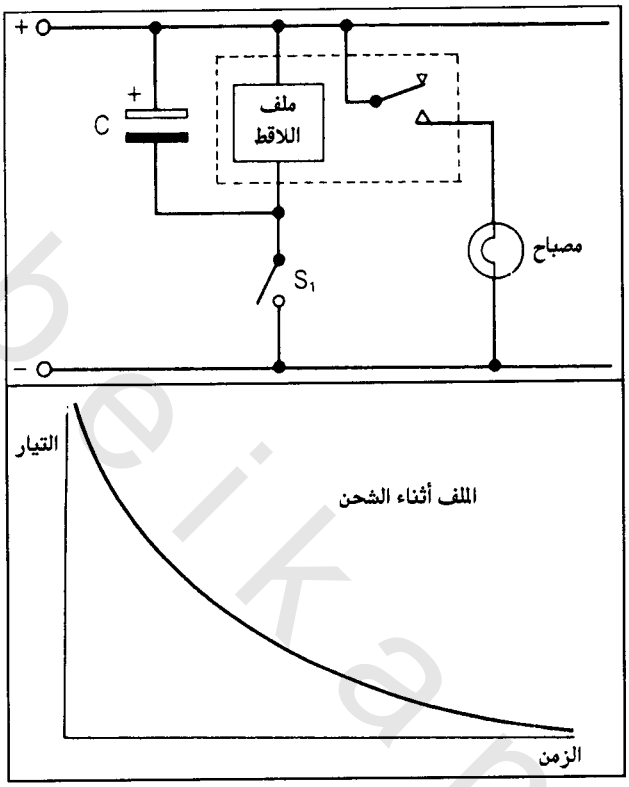
وجدير بالذكر أن تكبير هذا المكبر تصل إلى ١٠٠,٠٠٠ ولكن أقصى خرج يمكن الحصول عليه هو أقرب قيمة إلى جهد الطرف الموجب للمصدر الكهربى (+٦ أو +٩ فولت مثلاً إذا كان بطارية) هذا إذا كان الطرف non inv أكبر جهداً من الطرف inv ،وإلا يكون أقرب قيمة إلى جهد الطرف السالب للمصدر (−٦ أو −٩ فولت) إذا كان الطرف inv أكبر جهدًا من الطرف non inv .

• دوائر التأخير :

* الدائرة الأولى

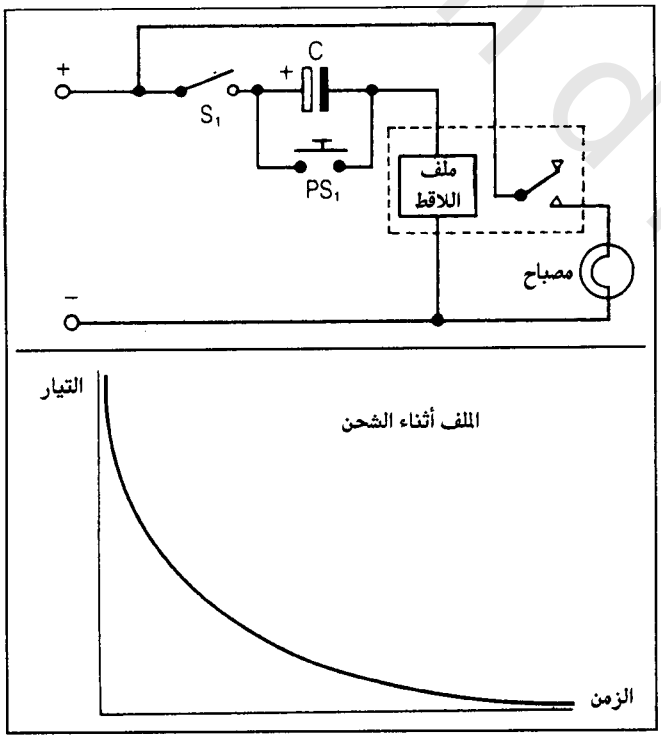
هذه الدائرة مصممة لترك جهاز مفتوح لبضع ثوان حتى بعد استخدامك للمفتاح لإغلاقه لاحظ أن المكثف متصل على التوازى بملف اللاقط ، وعند الضغط

على المفتاح s_1 فإن الملف يتمغنط فيضئ المصباح ، وفى نفس الوقت يشحن المكثف ، أما عند فتح s1 فإن اللاقط لا يقفل وإنما يستمر لبضع ثوان حيث يفرغ المكثف شحنة فيه ، كذلك يظل المصباح مضيئاً لكن التيار الصادر من المكثف يأخذ فى النقصان حتى يصبح غير قادر على حث ملف اللاقط .



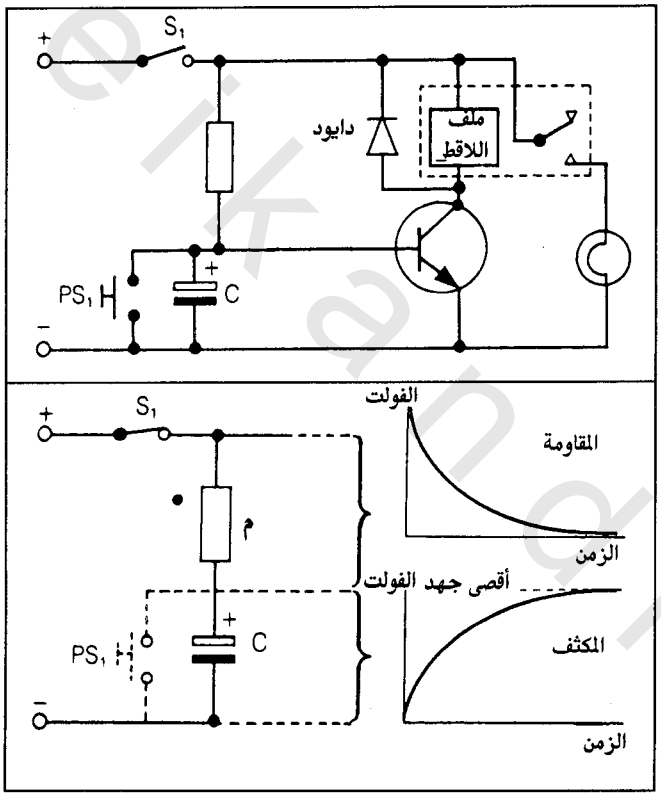
* الدائرة الثانية

وهذه تختلف فى عملها عن الدائرة الأولى ، فهى يمكنها أن تضئ مصباح أو فتح جهاز لفترة بسيطة ثم أغلاقه أتوماتيكيًا ، والمكثف هنا يتصل على التوالى باللاقط . وعند ضغط s_1 فإن المكثف يشحن عبر اللاقط ويكون تيار الشحن عالياً فى بادئ الأمر إلا أنه يأخذ فى



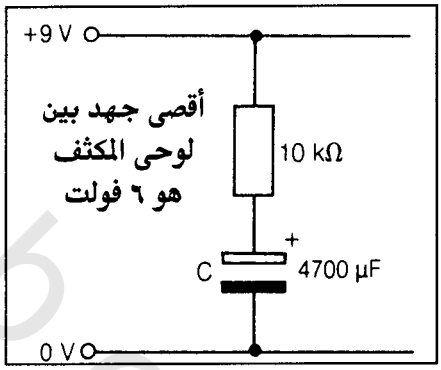
الانخفاض إلى الصفر عندما يشحن المكثف تمامًا . وفى البداية فإن الملف يتمغنط فيغلق الدائرة ويضئ المصباح ، وعندما يقل التيار لا يستطيع الاحتفاظ بالملف وهو يتمغنط ولهذا يفقد أثره فتفتح الدائرة وينطفئ المصباح . وكلما كان المكثف كبيراً زاد تأخير فتح الدائرة . أما المفتاح ps_1 فهو يستخدم والمفتاح s_1 مفتوحاً وذلك لتفريغ المكثف فى البداية قبل الضغط على s_1 .

* الدائرة الثالثة



عند تنشيط هذه الدائرة يحدث تأخير قبل أن يتمغنط اللاقط ويضئ المصباح ، فعند ضغط s_1 يبدأ المكثف فى الشحن عبر المقاومة . وأثناء ذلك يزداد الجهد عند طرفيه (كما هو مبين بالمنحنى) وكذلك يقل فى المقابل الجهد عند المقاومة . لاحظ أن مجموع الجهدين يظل ثابتاً وهو جهد المصدر الكهربى . وعندما يصل جهد المكثف إلى ٠,٦ فولت يبدأ مرور تيار بسيط فى قاعدة الترانزستور فيبدأ فى الفتح ويصل إلى الفتح الكامل عندما يكون جهد المكثف ٠,٧ فولت فيتمغنط اللاقط . ولإعادة الدائرة مرة أخرى يضغط على ps_1 لتفريغ المكثف . ومن الأهمية معرفة أنه أثناء شحن المكثف أو تفريغه فإنه لا يمر أى تيار بين لوحيه وإنما تتراكم الشحنة الكهربية على كل لوح وتنطلق منهما عند التفريغ .

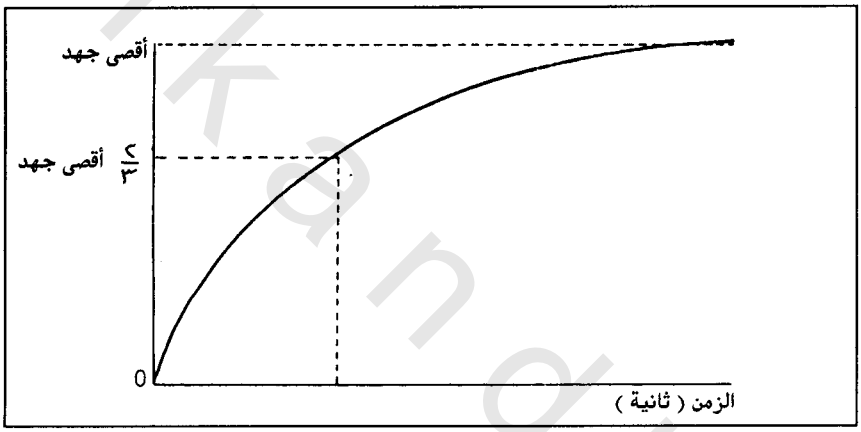
* **ما هو الوقت المناسب لشحن المكثف ؟**



ثابت الزمن فى دائـرة المكثـف والمقاومـة Rc Time Constant

عند شحن مكثف عبر مقاومة فإن الزمـن اللازم حـتى يـصل جـهد المكثف إلـى $\frac{2}{3}$ جهد المصدر الكهربى يسـمى بثـابت الزمـن ويحسب كالآتى :

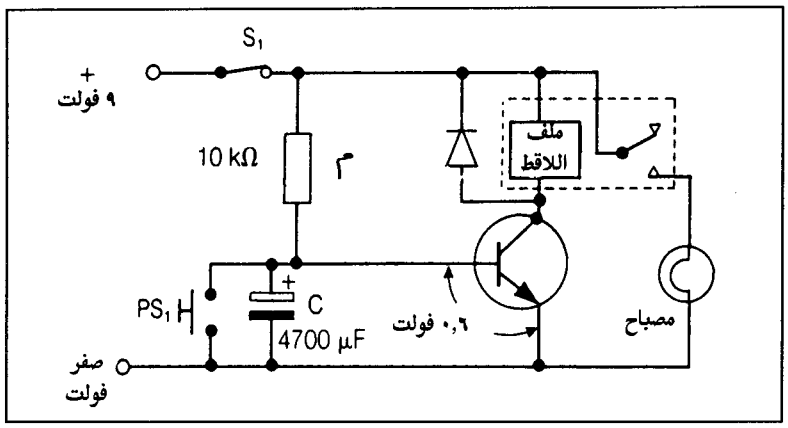
ثابت الزمن (ثانية) = م (المقاومة بالأوم) × سعة المكثف (بالفاراد)



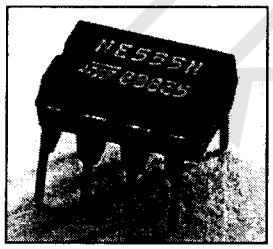
مثلاً فى الشكل الثابت = ١٠,٠٠٠ × ٠,٠٠٤٧ = ٤٧ ثانية

فـإذا كـان جـهد المصـدر الكـهربى ٩ فولـت فـإن $\frac{2}{3}$ القيمـة هـو ٦ فولـت والوصول إلى هذه القيمـة يسـتغرق ثـابت الزمـن كلـه (٤٧ ثانيـة) ولمـا كـان الترانزستور يفتح عند وصول جهد قاعدته إلى ٠,٦ فولت فإننا نحتاج إلى $\frac{1}{10}$ من هذا الزمن ليفتح الترانزستور ويضئ المصبـاح ، أى أننـا نحتـاج إلى حـوالى ٤,٧ ثانية أما إذا أردنا أن نزيد التأخير فالحل هو زيـادة قيمـة المكثـف . ولا تحاول أن تزيد من قيمة المقاومة لأن الزيادة المبالغ فيـها سـوف يعطـل عمـل الدائرة أساساً (انظر الشكل التالى) :

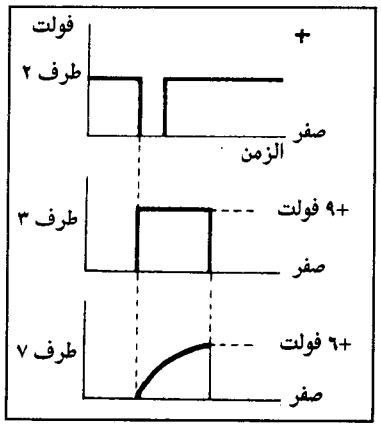
obeikandl.com



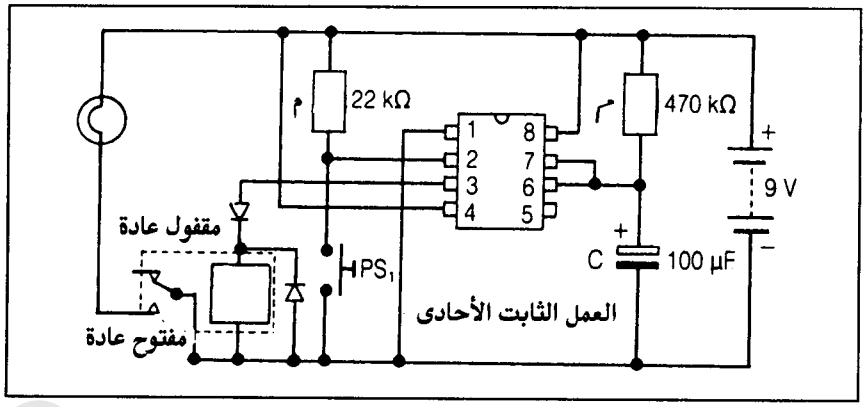
* الموقت ٥٥٥ 555 Time - integrated circuit



إن المشكلة الأساسية فى الدوائر (٢) ، (٣) أنك تضغط لإعادة الدائرة وتفريغ المكثف يدوياً على ps_1 بعد كل دورة ، كذلك فإن زمن التأخير أيضاً ضئيل ولا يستفاد منه علمياً . إن كل هذه المشكلات تحلها الدائرة المتكاملة 555 Timer . وقد صمم الموقت ٥٥٥ ليفتح جهازاً لفترة محدودة ثم يغلق مرة ثانية كما فى الدائرة الثانية .



ولبداية الدورة الزمنية يضغط على ps_1 لحظياً فيصل الطرف ٣ إلى ٩ فولت ويتمغنط اللاقط ويظل كذلك لفترة تحددها مكونات المكثف والمقاومة RC فى الدائرة ، ثم يغلق مرة أخرى حيث يعود جهد الطرف ٣ إلى الصفر مرة أخرى . ويبين الشكل إلى اليسار الجهد على الأطراف ٢ ، ٣ ، ٧ خلال التسلسل السابق ، وفى نفس الوقت الذى يغلق فيه اللاقط يبدأ المكثف فى التفريغ خلال الدائرة الداخلية للدائرة المتكاملة IC ، وهكذا تستعد الدائرة للدورة التالية . والجهاز المطلوب التحكم فيه فى هذه الحالة هو المصباح الذى يضئ وينطفئ طبقاً لوضع اللاقط بالطريقة المعروفة ولحساب زمن التأخير للموقت ٥٥٥ نستخدم المعادلة التالية :



زمن التأخير (ثانية) = ١,١ × المقاومة (أوم) × سعة المكثف (فاراد)

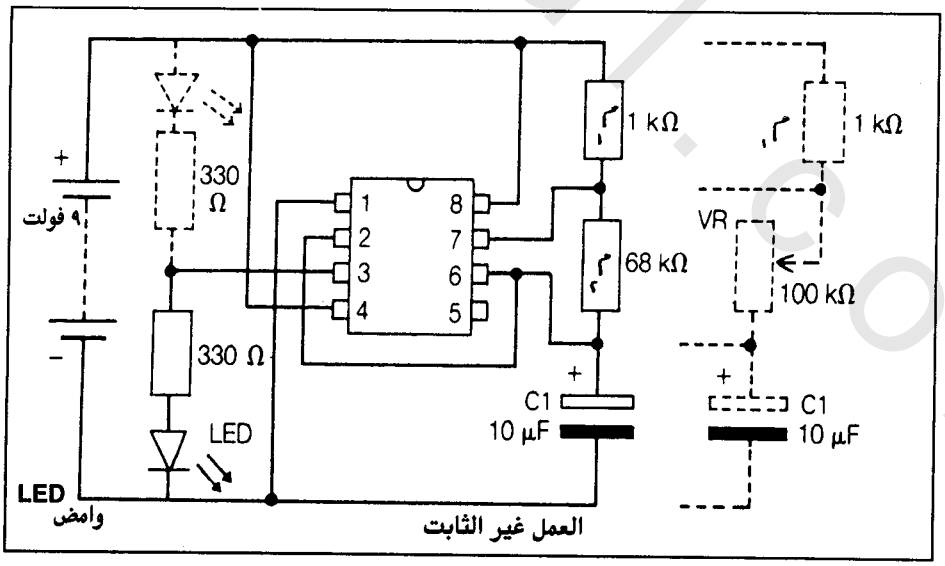
فإذا كانت المقاومة = ٤٧٠ كيلو أوم = ٤٧٠,٠٠٠ أوم

وسعة المكثف = ١٠٠ ميكرو فاراد = ٠,٠٠٠١ فأراد فإن زمن التأخير هو :

١,١ × ٤٧٠,٠٠٠ × ٠,٠٠٠١ = ٥١,٧ ثانية .

ويمكن إحلال المقاومة بأخرى متغيرة قيمتها ٣ ميجا أوم للتحكم فى زمن التأخير .

وتسمى الدائرة السابقة بدائرة العمل الثابت الأحادى monostable operation ومعناها أن خرج الدائرة من الطرف ٣ له وضع ثابت (صفر فولت) برغم أن الخرج يمكن أن يرتفع إلى ٩ فولت إلا أنه دائماً ما يعود إلى الصفر مرة أخرى بعد فترة محدودة .



وهناك نظام آخر هو دائرة العمل غير الثابت A stable operation وهو ليس لديه وضع ثابت فهو يتردد بين صفر و ٩ فولت باستمرار والـ LED فى الدائرة المقابلة يظل يضئ وينطفئ بصفة مستمرة ، كما أن تردد هذا الـ LED يمكن حسابه كالآتى :

$$\text{ت} = \frac{١,٤٤}{\text{ث}_{١}\,(\text{م}_{١} + ٢\ \text{م}_{٢})}$$

ث$_{١}$ هى سعة المكثف

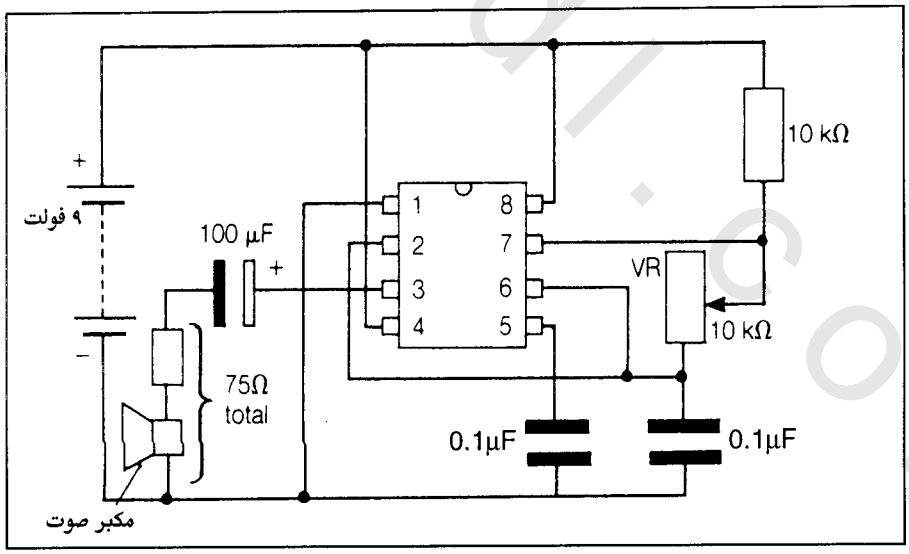
وفى حالتنا هذه ت $= \frac{١,٤٤}{٠,٠٠٠٠١ \times (٦٨٠٠٠ \times ٢ + ١٠٠٠)} = \frac{١,٤٤}{١,٣٧} = ١,٠٥$ هرتز

بمعنى ومضة واحدة فى الثانية . أما إذا أردنا ضبط التردد فإننا نستبدل م$_{٢}$ بأخرى متغيرة كما هو مبين بالجزء المنقط .

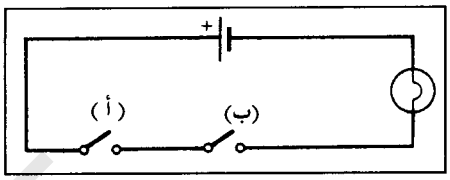
* مولد النغمات Tone generator

بإجراء بعض التغيرات البسيطة على الدائرة السابقة نستطيع الحصول على مولد نغمات .

ولهذا عدة تطبيقات أهمها أجهزة الإنذار والآلات الموسيقية وغيرها . وللتحكم فى حدة النغمة الصادرة يمكنك ضبط المقاومة المتغيرة .



• بوابة AND



كوّن دائرة كالشكل المبين واضغط كل زر على حدة ، ثم اضغط عليها معاً . فالوضع الذى يضئ عنده المصباح ؟ ستجد أنه يضئ فقط إذا كان المفتاح أ والمفتاح ب مضغوطين معاً فى نفس الوقت ونستطيع أن نعرف كيفية عمل هذه الدائرة (أو البوابة gate) من جدول الحقيقة التالى :

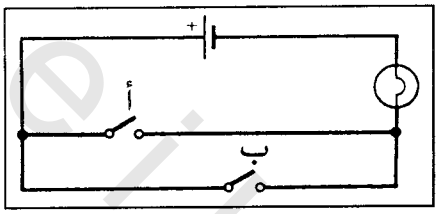
المفتاح أ	المفتاح ب	المصباح
مفتوح	مفتوح	مطفأ
مغلق	مفتوح	مطفأ
مفتوح	مغلق	مطفأ
مغلق	مغلق	مضئ
المدخلات		الخرج

إن كل سطر فى هذا الجدول يسمى منطق الدائرة (logic) وهو يصف وضعًا من الأوضاع ونتيجته ، ومثل هذا النوع من المنطق يستخدم فى الغسالة الأتوماتيكية حيث يوجد مفتاح رئيسى فى وضع التشغيل وآخر يعمل مع الباب ، فلأغراض الأمن والسلامة لا تعمل الغسالة إلا عندما يكون الباب مقفولاً . وجداول الحقيقة تظهر بالأرقام بدلاً من الوصف . ولما كان كل مفتاح ليس له إلا وضعان (إما مفتوح أو مغلق) فإننا نستخدم رقمين فقط هما صفر ، ١ فإذا كان مفتوحاً لا يمر التيار وتعتبر هذه الحالة صفر والعكس أن يمر التيار وتعتبر هذه الحالة ١ وهكذا فإن جدول الحقيقة هو كما يلى :

obeikandl.com

المفتاح ١	المفتاح ب	المصباح
٠	٠	٠
١	٠	٠
٠	١	٠
١	١	١

• **بوابة OR**



الدائرة المبينة يضئ فيها المصباح إذا كان المفتاح أ أو المفتاح ب مغلقًا ، وتسمى هذه الدائرة OR gate وفيها يمر التيار الكهربى خلال أ أو ب إلى المصباح الكهربى فيضئ ولا يشترط الضغط عليهما معًا كما فى الحالة الأولى ، ويبين جدولها الأوضاع المختلفة لها :

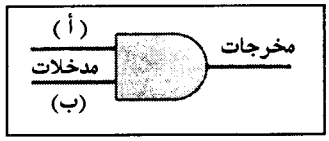
جدول الحقيقة لبوابة OR

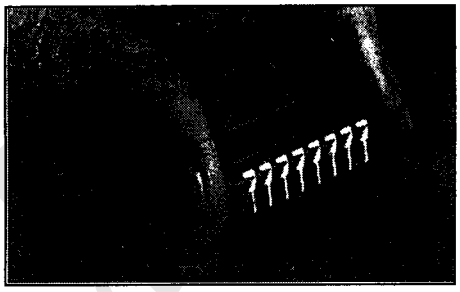
المفتاح أ	المفتاح ب	المصباح
٠	٠	٠
١	٠	١
٠	١	١
١	١	١

وتستخدم هذه الدائرة مثلاً فى حالة توصيل أبواب السيارة بدائرة منطقية OR والتى تحتفظ بمصباح الصالون مضيئاً عند فتح أى باب من أبواب السيارة . وفى الحالتين السابقتين استعرضنا دوائر تستخدم مفاتيح ميكانيكية ، إلا أنه فى الواقع العملى تستخدم الترانزستورات كمفاتيح كما تستخدم إشارات كهربية كمدخلات بدلاً من الضغط على مفتاح . هذه البوابات المنطقية يمكن أن تكون صغيرة جداً وتستخدم فى الساعات الرقمية والحاسبات والإنسان الآلى .

obeikandl.com

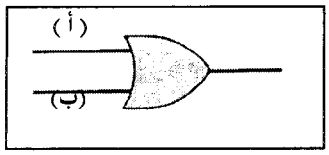
• **بوابة AND**





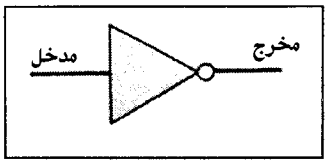
إن دائرة متكاملة IC واحدة دقيقة يمكن أن تحتوى على عدة بوابات AND مكونة من عدة ترانزستورات كل واحد يعمل طبقاً للفولت الواقع عليه وهذا الفولت يمكن أن يكون صفرًا (صفر منطقى) أو أعلى (واحد منطقى) . والشكل الرمزى لبوابة AND ذو مدخلين كما هو مبين بالشكل وطبقاً لجدول الحقيقة الذى ذكرناه فإن هناك خرجًا إذا كان أ و ب عند ١ منطقى ، ونود أن نذكر هنا بأن صفر منطقى يوازى صفر فولت بينما ١ منطقى يوازى فى الواقع ٥ فولت .

• **بوابة OR**



ورمزها كما هو مبين ولها مدخلان أيضًا وتعمل عندما يكون أ أو ب عند ١ منطقى .

• **بوابة NOT**



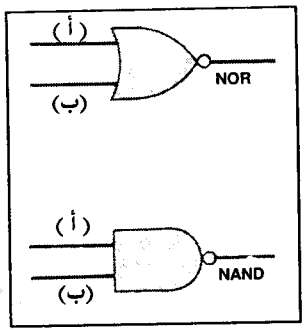
هذا هو النوع الثالث من البوابات ويسمى محوّل inverter وجدول الحقيقة سهل جداً فإن المخرج هو دائماً عكس المدخل وأحياناً ما يتم تجميع هذه البوابات كالآتى :

مدخل	مخرج
٠	١
١	٠

NAND = NOT و AND

NOR = NOT و OR

ويتميز الرمز بدائرة صغيرة عند المخرج لتختلف عن الرموز السابقة كذلك فإن جداول الحقيقة لهما هى كالاتى :



جدول الحقيقة لـ NAND

أ	ب	المخرج
٠	٠	١
١	٠	١
٠	١	١
١	١	٠

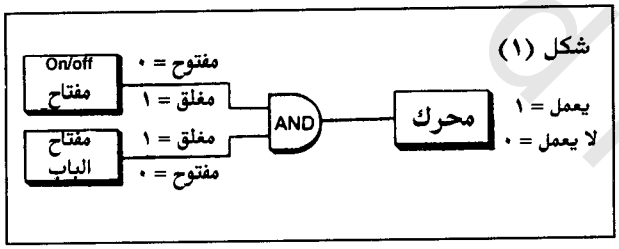
جدول الحقيقة لـ NOR

أ	ب	المخرج
٠	٠	١
١	٠	٠
٠	١	٠
١	١	٠

وهى كما ترى عكس AND و OR على الترتيب .

* استخدامات الدوائر المنطقية

دائرة تشغيل الغسالة الأتوماتيكية

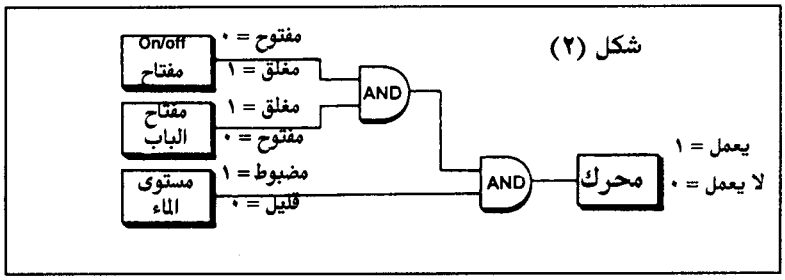


شكل (١)

إن مصمم الغسالة الأتوماتيكية ينبغى أن يتأكد من عدم بدء المحرك إلا عندما يكون المفتاح الرئيسى فى وضع التشغيل وباب الغسالة مغلق للأمان . ومن الجدول المنطقى لـ AND يكون المخرج هو أ لبدء المحرك فقط كما يبين الشكل أ .

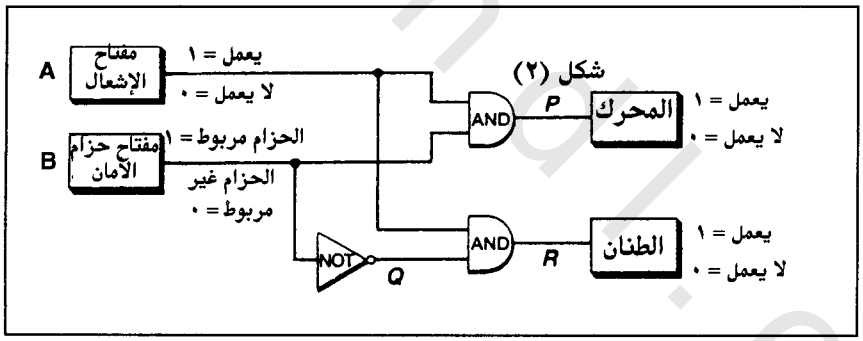
أما إذا أردنا أن نضيف شرطًا آخر وهو أن يكون مستوى الماء مضبوطًا أيضًا فإننا نضيف بوابة أخرى AND كما يبين الشكل (٢) وهكذا كما ترى أننا نضيف بوابة أخرى فى كل مرة نضيف شرطًا آخر .

obeikandl.com



* دائرة حزام الأمان للسيارة

لإدارة محرك السيارة يجب أن تكون نقطة P فى وضع ١ منطقى وهـذا يمكـن فقط بفتح A ، B معًا ومع ذلك إذا حاول السائق إدارة مفتاح الإشعال أ قبل ربط حزام الأمان فإن الطنان يعمل . ولتحليـل هـذه الدائـرة يجـب أن ننشـئ جـدول الحقيقة لتغطية كافة الاحتمالات والتوليفات المكنة . والعمود الثالث فى الجدول يمثل النتيجة عند نقطة P (مخرج A ، B) بينما الرابـع يمثـل النتيجـة عنـد نقطة Q (وليس B) وأخيراً فإن العمود الخامس يمثـل النتيجـة عنـد نقطـة R (مخرج A و Q) .



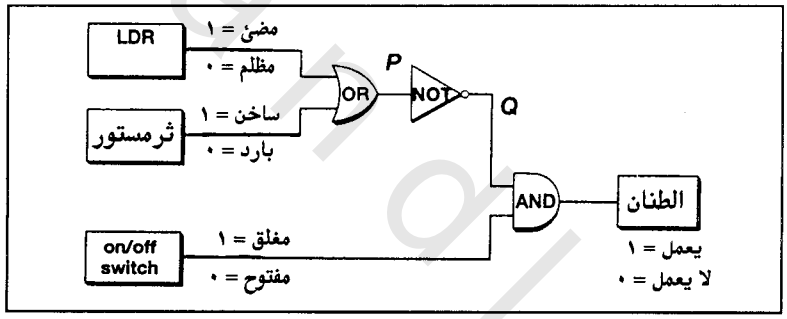
جدول الحقيقة لدائرة حزام الأمان

A B مدخلات	المحرك P A AND B	Q NOT B	الطنان R A AND Q
٠ ٠	٠	١	٠
٠ ١	٠	٠	٠
١ ٠	٠	١	١ (يعمل)
١ ١	١ (يدور)	٠	٠

* جهاز التحذير عند الظلام والبرد

يريد بستانى إنذارًا عند هبوط الظلام ووقوع برودة شديدة بالخارج بحيث يمكنه حماية محصوله . وهناك عدة طرق لذلك وتبين الدائرة الموضحة إحدى هذه الطرق . والمفتاح C بالدائرة المبينة يمكنه من إبطال الطنان .

وجدول الحقيقة المبين أدناه يبين الأوضاع المختلفة .



جدول الحقيقة لجهاز التحذير على اعتبار المفتاح C مغلق دائماً

A B مدخلات	P A oR B	Q NOTP	R C AND Q
٠ ٠	٠	١	١
١ ٠	١	٠	٠
٠ ١	١	٠	٠
١ ١	١	٠	٠

وذلك بالاحتفاظ بالمفتاح ٢ مغلق دائماً (عند ١ منطقى) .

اختبر معلوماتك

(١) اختر الإجابة الصحيحة فى كل مما يأتى :

(١) إن التيار الكهربى فى موصل هو تدفق للآتى :

أ ـ البروتونات　　ب ـ الإلكترونات الحرة

جـ ـ النيوترونات　　د ـ الإلكترونات المشتركة

(٢) لقياس القوة الدافعة الكهربية لبطارية بالفولتميتر فإننا نوصل طرفيها بالفولتميتر عندما يكون :

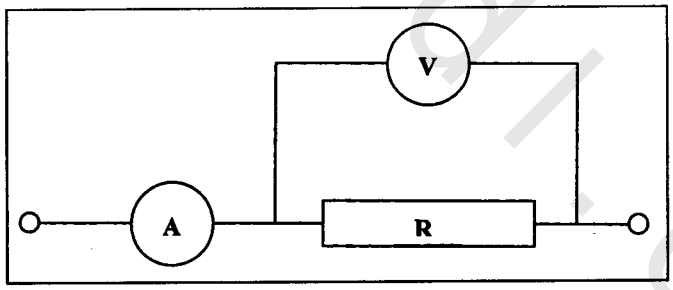
أ ـ ليس هناك حمل على البطارية .

ب ـ هناك حمل صغير موصل بالبطارية .

جـ ـ هناك حمل متوسط على البطارية .

د ـ هناك حمل ثقيل موصل بالبطارية .

(٣) فى الدائرة المبينة إذا كان التيار هو ٢ أمبير وفرق الجهد هو ١٢ فولت فإن قيمة المقاومة هى :



أ ـ ٦ Ω　　ب ـ ١٠ Ω

جـ ـ ١٤ Ω　　د ـ ٢٤ Ω

(٤) إذا كان فرق الجهد بنفس الشكل هو ١٠٠ فولت وكانت المقاومة هى ٥٠ Ω فإن شدة التيار هى :

أ ـ ٠,٥ أمبير　　ب ـ ٢ أمبير　　جـ ـ ١٥٠ أمبير　　د ـ ٥٠٠٠ أمبير

obeikandl.com

(٥) إذا كانت كفاءة ماكينة هى ٦٠ ٪ وكانت القدرة الخارجة منها هى ٧٢٠ وات فإن القدرة الداخلة هى :

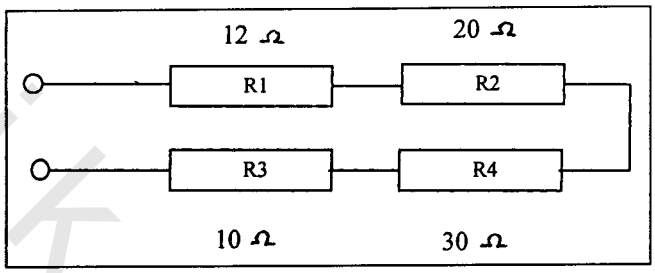
أ ـ ٣٦٠٠ وات　　ب ـ ٤٠٠ وات

جـ ـ ١٢٠٠ وات　　د ـ ١٠٠٠ وات

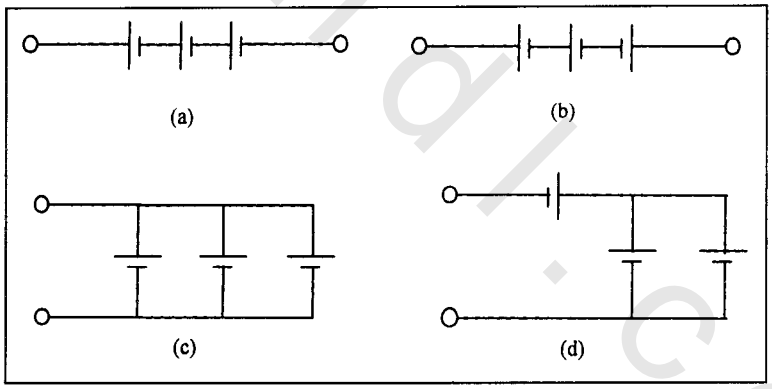
(٦) المقاومة الكلية للدائرة المبينة هى :

أ ـ ٣,٧٥ Ω　　ب ـ ٣٢ Ω

جـ ـ ٤٠ Ω　　د ـ ٧٢ Ω



(٧) فى الشكل المبين ما هو التوصيل الصحيح لثلاث خلايا كل منهما ذات جهد ٢ فولت وذلك للحصول على ناتج يساوى ٦ فولت .



(٨) فى دائرة التحذير من الظلام والبرد التى ذكرناها هل يمكنك استخدام بوابتين NOT وبوابة AND بدلاً من البوابتين OR و NOT ؟ أنشئ جدول الحقيقة لهما . ماذا نستنتج من ذلك ؟

obeikandl.com

(٩) الدائرة التالية تفتح الفنار أتوماتيكيًا عند هبوط الظلام

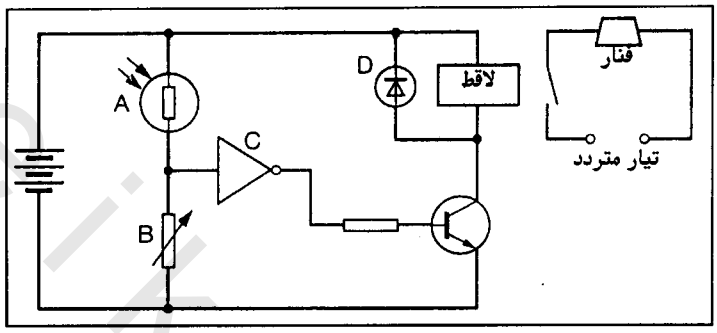
أ ـ ما هو الاسم الكامل للجزء A ؟

ب ـ ما هو اختصار ذلك الاسم ؟

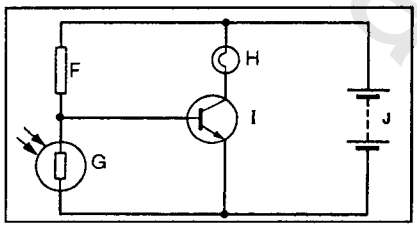
جـ ـ ما الذى يغير من قيمة هذا الجزء ؟

د ـ ما اسم المكون B ؟

هـ ـ ما اسم الجزء C وما تأثيره ؟



(١٠) فى الدائرة المبينة :



أ ـ ما اسم كل من الأجزاء F, G , H , I , J

ب ـ ما فائدة هذه الدائرة ؟

جـ ـ بالإمكان استخدام أجهزة كثيرة تعتمد على هذه الدائرة فى المنزل أو فى المصانع . اذكر مثالاً لكيفية استخدامها فى المصانع .

د ـ كيف يمكنك بإجراء بعض التعديلات أن تستخدم هذه الدائرة فى تدفئة غرفة عندما يكون الجو باردًا ورطبًا فى نفس الوقت .

هـ ـ اذكر أسماء الأجزاء التى قمت بتبديلها بدلاً من تلك التى أزلتها من الدائرة واذكر الأجزاء التى أضفتها إلى دائرتك .

obeikandl.com