جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

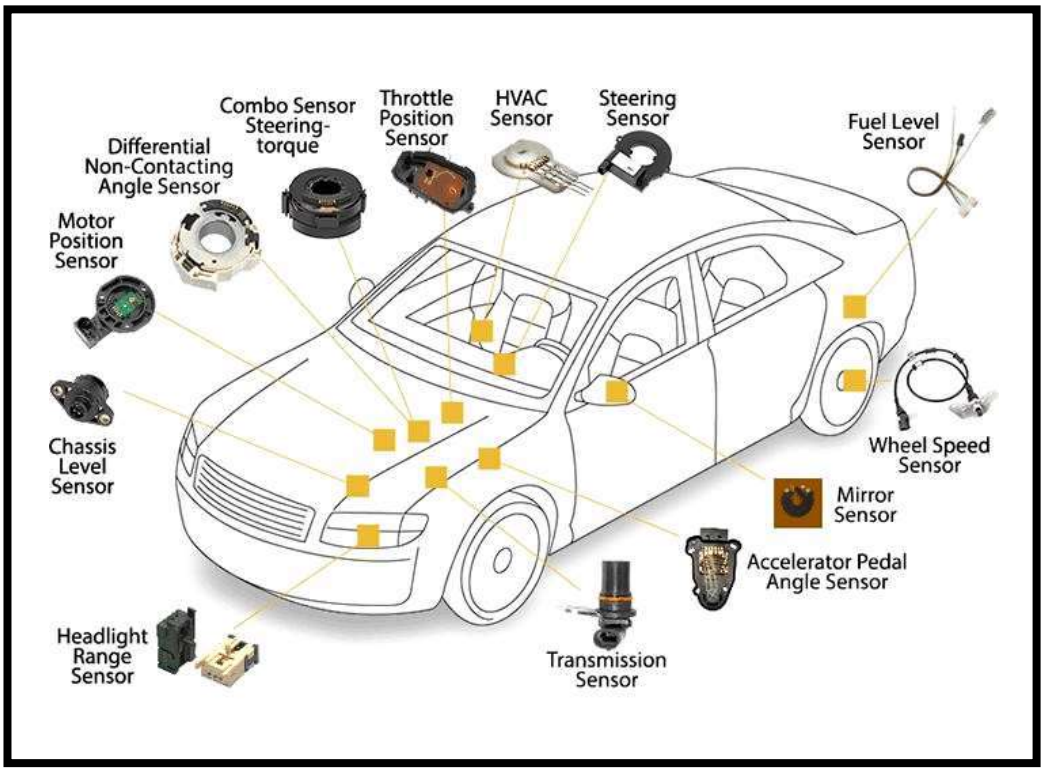
العلوم الصناعية
للصف الثاني
ميكاترونكس السيارات

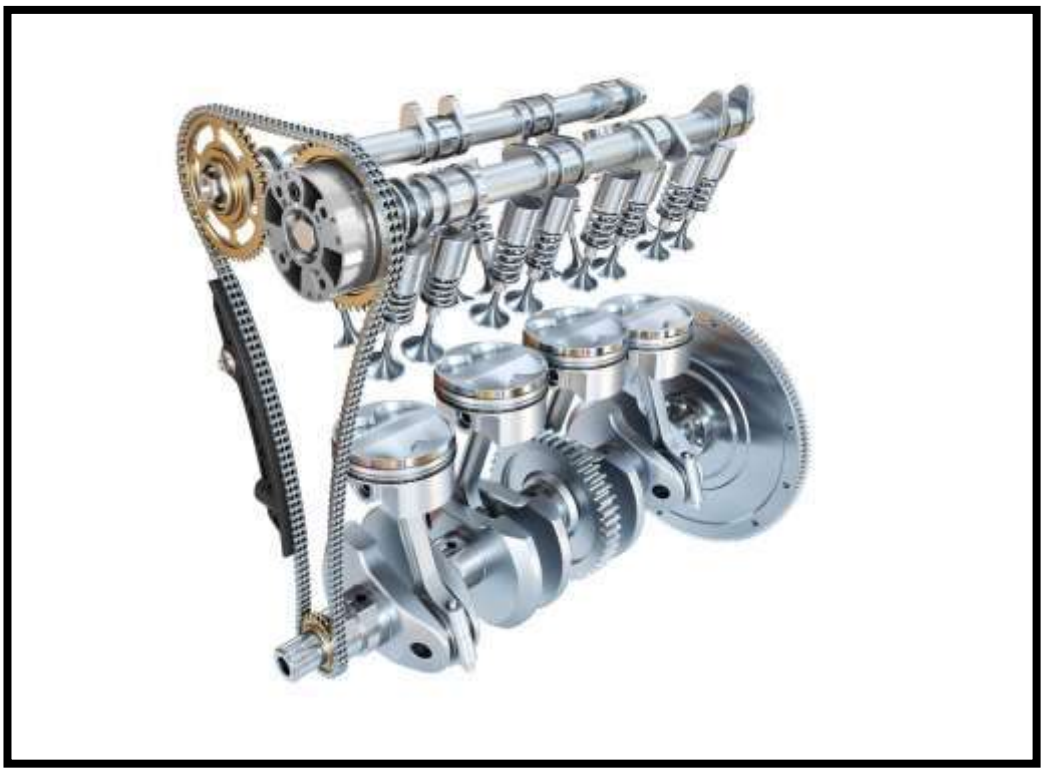
تأليف

أ.د. نبيل كاظم عبد الصاحب

المهندس يعرب عمر ناجي
المهندس رعد كاظم محمد
المهندس احمد رحمان جاسم
المهندس خالد عبد الله علي
المهندس دريد خليل إبراهيم
المهندس ماجد عبد شديد

الطبعة الرابعة
2024 م – 1446هـ


Combo Sensor Steering-torque
Throttle Position Sensor
HVAC Sensor
Steering Sensor
Fuel Level Sensor
Differential Non-Contacting Angle Sensor
Motor Position Sensor
Chassis Level Sensor
Wheel Speed Sensor
Mirror Sensor
Accelerator Pedal Angle Sensor
Headlight Range Sensor
Transmission Sensor



المقدمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على اشرف الخلق والمرسلين سيدنا محمد وعلى اله وصحبه أجمعين.

لقد سعت المديرية العامة للتعليم المهني إلى تطوير المناهج العلمية والبرامج التدريبية من اجل تأهيل الكوادر القادرة على امتلاك المؤهلات والمهارات العلمية الفنية والمهنية وكذلك لسد متطلبات سوق العمل وإيجاد فرص العمل وفق التقدم العلمي الحاصل في ظل التطورات والخطوات التي يخطوها العالم نحو التقدم والانطلاق السريع.

فقد خطت المديرية العامة للتعليم المهني خطوات ايجابية تتفق مع الدول المتقدمة في بناء البرامج وفق أساليب حديثة، وبكافة الاختصاصات وقد تمثلت هذه الخطوة في تحديث الكتب التربوية والعلمية وفتح الكثير من الاختصاصات المستحدثة ومنها على وجه الخصوص افتتاح فرع الميكاترونكس بقسميه ميكاترونكس- سيارات، وميكاترونكس- تكنولوجيا صناعية (خطوط الإنتاج والتوزيع) ، وتمثل هذه الخطوة إحدى الركائز الأساسية التي تساعد في بناء الوطن وفق الرؤيا العلمية التي تتوافق مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل الآنية والمستقبلية .

واليوم نضع بين يديك عزيزي الطالب هذا الكتاب والذي يشتمل على المفاهيم الأساسية للأنظمة الحديثة المختلفة في السيارة وطرق التعامل معها من اجل تكوين الفهم الشامل، والمتكامل للفني المهتم بصيانة السيارات الحديثة بكل ما تحتويه من عقول إلكترونية وأنظمة المتحسسات والمشغلات التابعة لها... لذلك فلابد لنا من أن نتفحص في كتابنا هذا كل وحدة من وحدات الميكاترونكس الموجودة في السيارة على حدة والأساليب الحديثة المتبعة في صيانتها وإدامتها لإكساب الفني المختص المعلومات والمهارات العلمية اللازمة لهذا التخصص.

ونرجو من الله عز وجل أن نكون قد أسهمنا وبشكل متواضع في نشر المعرفة بين أبنائنا الأعزاء من طلبة التعليم المهني وفي خدمة هذا الوطن العزيز.

ونسال الله التوفيق لكل العاملين على فتح هذا التخصص و الإعداد له ... إنه سميع مجيب.

المؤلفون

التمهيد

نظراً للرغبة المتزايدة في تقليل الكلف، وانبعاث الغازات فضلاً عن الراحة، وسهولة قيادة السيارات، أصبح من المهم جداً الاهتمام بالأنظمة التي توفر هذه الرغبة حيث أنها لا تتحقق إلا من خلال الميكاترونكس. لذا يجب على الفني المختص في مجال ميكاترونكس- سيارات أن يكون ملماً بكل أنظمة الميكاترونكس الموجودة في السيارة. وهذه الأنظمة أصبحت في الوقت الحالي كثيرة جداً في السيارة، ولها الدور البارز والفعال في تحقيق كل وسائل الراحة، والأمان، والاستقرار، وتقليل الكلف.

إن منظومة الميكاترونكس: منظومة معقدة أوجدت حلولاً لمشاكل كثيرة ليس في السيارات فقط، وإنما في كافة الأنظمة التي تحتوي على ما يسمى بالعقل الإلكتروني (ECU). وقد ظهرت للسيارات قائمة كبيرة من أنظمة الميكاترونكس، حيث تم استبدال أي مكون ميكانيكي أو كهربائي أو هيدروليكي بمكون متحكم به إلكترونياً، والسبب في ذلك يعود إلى الرغبة في تقليل صرف الوقود، والتقليل من انبعاث غازات العادم، وكذلك تقليص الحجم، والوزن، والحصول على السرعة الكبيرة في الاستجابة، والطريقة الوحيدة للحصول على تلك الرغبة هو التحكم الإلكتروني فقط.

الباب الأول

الصفحة		
		الفصل الأول
7	Operational Amplifier and its applications	المضخم ألعملياتي وتطبيقاته
9	Operational Amplifier	1. المضخم ألعملياتي
10		1.1 المضخم العملياتي – المبدأ النظري
12	Negative feedback and its applications	1.1.1 التغذية العكسية السالبة وتطبيقاتها
13	Buffer	1.1.1.1 دائرة عزل
13	Inverting Amplifier	2.1.1.1 دائرة مضخم عاكس
14	Non-inverting Amplifier	3.1.1.1 دائرة مضخم غيرعاكس
15	Summer Amplifier	4.1.1.1 دائرة مضخم الجمع
17	Differential Amplifier	5.1.1.1 دائرة مضخم تفاضلي
18	Positive feedback and its applications	2.1.1 التغذية العكسية الموجبة وتطبيقاتها
19	Comparators and applications	3.1.1المضخم العملياتي كمقارنات وتطبيقاتها
20	Timers 555	4.1.1 المؤقتات 555
26		الاسئلة والتطبيقات
		الفصل الثاني
27	Sensors and Transducers	المتحسسات ومحولات الطاقة
29	LED(Light Emitting Diode)	2 - 1 ثنائي الانبعاث الضوئي
32	(Light Dependent Resistor) LDR	2 - 2 المقاومة التي تعتمد على الضوء
36	Photocell	2 - 3 الخلايا الشمسية
39	Photodiode	2 - 4 الثنائي الضوئي
42	Infrared LED Diode	2 - 5 ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء
44	Phototransistor	2 - 6 الترانزستور الضوئي
46	Opto Coupler Transistor	2 - 7 ترانزستور المزدوج الضوئي
47	Opto Coupler Thyristor	2 - 8 ثايرستور المزدوج الضوئي
49	SENSORS	2 - 9 المتحسسات
49		2 - 9 - 1 متحسس كهرومغناطيسي
50		2 - 9 - 2 متحسس الكترومغناطيسي
51	NTC(Negative Temperature Coefficient)	2 - 10 المعامل الحراري السالب
53	(POSITIVE Temperature Coefficient) PTC	2 - 11 المعامل الحراري الموجب
54	Thermocouple	2 - 12 المزدوج الحراري
56	Transducers	2 - 13 محولات الطاقة
56	Thermoelectric Transducers	2 - 13 - 1 محولات الطاقة الكهروحرارية
57	photoelectric Transducers	2 - 13 - 2 محولات الطاقة الكهروضوئية
57	position and displacement Transducers	2 - 13 - 3 محولات الموضع والإزاحة
60	Force Transducers	2 - 13 - 4 محولات القوة
62	Velocity Transducers	2 - 13 - 5 محولات السرعة
63	Transducers In Amplifiers	2 - 13 - 6 محولات الطاقة في المكبرات
64	Ultrasonic Transducers	2 - 13 - 7 محولات الطاقة للموجات فوق الصوتية
69		الأسئلة والتطبيقات
		الفصل الثالث
70	Microcontrollers	المتحكمات الدقيقة
72	Microcontrollers	1.3 المتحكمات الدقيقة
72	Internal components of the microcontroller	2.3 المكونات الداخلية للمتحكم الدقيق
73	Central processing unit (CPU)	1.2.3 وحدة المعالجة المركزية
75	Memory	2.2.3 الذاكرة
76	Parallel input/ output ports	3.2.3 منافذ الخرج والدخل المتوازية
76	Series input/ output ports	4.2.3 منافذ الخرج والدخل التسلسلية
78	Way of Microcontrollers operation	2.3 آلية عمل المتحكمات الدقيقة
80	Microcontrollers programming using	3.4 برمجة المتحكمات الدقيقة باستخدام لغات

	programming languages	برمجية
81	Flowchart	1.4.3 المخططات الإنسيابية للبرنامج
84	Microcontroller programming language	2.4.3 لغات برمجة المتحكم الدقيق
84		3.4.3 اللغة المركبة
86	Interface	5.3 الربط البيني
88	Microcontrollers Applications	6.3 تطبيقات المتحكمات الدقيقة
91		الاسئلة والتطبيقات
	الباب الثاني	
		الفصل الأول
92	Lock System and Electronic keys	منظومة الأقفال والمفاتيح الإلكترونية للمركبة
94		1-1مكونات منظومة الإقفال وأليه عملها
96	(Key Lock)	1.1.1 مفتاح القفل
97	knob	2.1.1 المقبض
97	House Key	3.1.1 بيت المفتاح
98	Arm Mechanism	4.1.1 مجموعة العتلات(أعمدة التوصيل)
98	Wires, contact and Fuses	5.1.1 أسلاك التوصيل والمنصهرات
99	Relays	6.1.1 المرحلات
99	power-door lock Actuator	7.1.1 مشغل غلق باب قدرة
100	Solenoid door Actuator	أ-مشغل باب كهرومغناطيسي
100	Electric Motor door Actuator	ب-مشغل باب ذومحرك كهربائي
101		8.1.1 لسان القفل
101		9.1.1 مفتاح السحب
101	Center lock key	10.1.1 مفتاح الفتح والقفل المركزي
102	Center Control Unit	11.1.1 وحدة التحكم المركزي
102		2.1 طريقة عمل منظومة القفل الكهربائية
103	Electric Circuit Lock Door System	3-1 الدوائر الكهربائية لمنظومة أقفال الأبواب
104		1.3.1 مخطط للدائرة الكهربائية باستخدام مفتاح الفتح والقفل المركزي
104		4-1 دوائر التحكم عن بعد لمنظومة إقفال الأبواب
104		1.4.1 مخطط للدائرة الكهربائية (فتح وقفل) لأبواب السيارة باستخدام مفتاح التحكم عن بعد
106		2.4.1 مخطط للدائرة الكهربائية القفل المركزي لأبواب السيارة باستخدام حساس سرعة المحرك:
107	Electric Starting key	5-1 مفتاح التشغيل الالكتروني
108	Immobilizer System	1.5.1 منظومة شل الحركة
109		أ- مفتاح باب ذي الدائرة الالكترونية
109	Decoder Module	ب- وحدة فك الشفرة
110	double relays	ج- المرحل المزدوج
111	Electronic Control Unit	ه- وحدة التحكم الالكترونية
111	lamp indicator system	د- ضوء المبين لنظام شل الحركة
112	Immobilizer System	2.5.1 طريقة عمل نظام شل الحركة
113	Smart key	6.1 المفتاح الذكي fob
113		1.6.1 مكونات المفتاح الذكي
113		1.1.6.1 مفتاح باب
114		2.1.6.1 قاعدة المفتاح
114		7.1مفتاح الذكي البصمة
114		1.7.1عمل مفتاح الذكي البصمة
116		الأسئلة والتطبيقات
		الفصل الثاني
117	Electronic Fuel Injection System	منظومة حقن الوقود الالكتروني
119	Electronic Fuel Injection System	1-2 نظام حقن الوقود (البنزين) الالكتروني
120		2-2 أقسام نظام الحقن الالكتروني
120	Fuel System	1-2-2 منظومة الوقود
120		2-2-2 عمل منظومة الوقود
121		3-2 أجزاء منظومة الوقود

121	Fuel Tank	1-3-2 اولا - خزان الوقود
122		1-1-3-2 التحكم بالأبخرة المنبعثة من خزان الوقود
123		2-1-3-2 مبدا العمل نظام التحكم بالأبخرة المنبعثة من خزان الوقود الكترونيا
124	pipe fuel	2 -3-2 ثانيا انابيب توصيل الوقود
124	Fuel Filter	3-3-2 ثالثا - مصفي الوقود
125	Fuel pump	4-3-2 رابعا- مضخة الوقود الكهربائية
126		1-4-3-2 مضخة الوقود الكهربائية (خارج الخزان)
127		2-4-3-2 مضخة الوقود الكهربائية (داخل الخزان)
128	Fuel Pressure Regulator	5-3-2 خامسا- منظم ضغط الوقود
128		1-5-3-2 مبدا العمل لمنظم ضغط الوقود
129	Injector	6-3-2 سادسا- البخاخ
132		4-2 منظومة الهواء
133		1-4-2اجزاء منظومة الهواء
133	Air Filter	2-4-2 اولا - مصفي الهواء
134	(Intake Air Temperature Sensor)	3-4-2 ثانيا- حساس درجة الحرارة الهواء الداخل
135		4-4-2 ثالثا- حساس تدفق الهواء
139	Throttle Body	5-4-2 رابعا -جسم الخانق
139	Throttle Position Sensor	1-5-4-5 حساس موقع الخانق
141	idle air control	2-5-4-2 صمام السيطرة على الهواء في سرعة الحياد
142	Manifold Absolute Pressure Sensor	6-4-2 خامسا-حساس الضغط المطلق
143	Electronic Control Unit	5-2 وحدة السيطرة
144	Input Unit	1-5-2وحدة الادخال
146	Output Unit	2-5-2 وحدة الاخراج
148	Engine Coolant Temperature Sensor	6-2 حساس درجة حرارة المحرك
150		الأسئلة والتطبيقات
		الفصل الثالث
151	Electronic Ignition System	منظومة الإشعال الالكتروني
153	Electronic ignition system	1.3- منظومة الإشعال الالكتروني
157		1.1.3 آلية عمل نظام الإشعال الالكتروني باستعمال الموزع
158	Direct Ignition System DIS	2.3- نظام ا لإشعال المباشر
160	Ignition Control Unit	1.2.3- وحدة التحكم في الإشعال
164	Crankshaft Sensor	2.2.3 حساس عمود المرفق
168	Camshaft Sensor	3.2.3- حساس عمود الحدبات
169	Detonation Knocking sensor	4.2.3- متحسس الصقع
170	Coil Packs	5.2.3- مجموعة الملف
171		6.2.3- الية عمل نظام الاشعال المباشر
174	Exhaust Gas Recirculation (EGR)	2.3- منظومة اعادة تدوير العادم
178	Oxygen sensor	2.2.3- حساس الاوكسجين
182		الأسئلة والتطبيقات
		الفصل الرابع
183	Steering System	منظومة التوجيه
185	Steering System	4-2 منظومة التوجيه
185	The need conditions must be available in steering system	1-4-2 الشروط الواجب توفرها في منظومة التوجيه
185	Steering System parts	2-4-2 اجزاء مجموعة التوجيه
188	Steering System box Kinds	3-4-2 انواع علب التوجيه
186	Rack And Pinion Steering System	1-3-4-2 النوع الاول: جهاز التوجيه ذو الجريدة المسننة وترس البنيون
186	Re circulating Ball Worm and NUT Steering Gear Box	2-3-4-2 النوع الثاني:جهاز حلزوني الكرات الدورانية والصامولة
190	Steering Linkage	4-4-2 وصلات (أذرعة) جهاز القيادة
191	Steering Arms kind	5-4-2 انواع اذرع التوجيه
191	One arm not apart	1-5-4-2 ذراع واحد غير مجزأ
191	Steering Arm has two parts	2-5-4-2 ذراع التوجيه ذو الجزأين

191	Steering Arm has three parts	3-5-4-2 ذراع ذو توجيه ثلاثي الاجزاء
192	Articular linkage	6-4-2 الوصلات المفصلية
193	spherical metal articular linkage	1-6-4-2 التصميم الاول: الوصلة المفصلية الكروية المعدنية
194	Rubber articular linkage	2-6-4-2 التصميم الثاني:الوصلة المفصلية المطاطية
194	Steering assistance device	7-4-2 الاجهزة المساعدة للتوجيه
194	Steering assistance device Kinds	8-4-2 انواع مساعد التوجيه
195	Electric Steering assistance device	1-8-4-2 مساعد التوجية الكهربائي
196	Hydraulic Steering assistance device	2-8-4-2 مساعد التوجيه الهيدروليكي
204		9-4-2 جهاز التوجيه الكهروهيدروليك
211		الأسئلة والتطبيقات
212	Mechatronics Systems in New Automobiles	الفصل الخامس أنظمة الميكاترونيكس في السيارات الحديثة
213		5.2. أنظمة الميكاترونيكس في السيارات الحديثة
214	Distance Sensor and Radar	1.5.2 حساس المسافة والرادار
217	Self parking	2.5.2 الإيقاف الذاتي
218	Electronic Throttle Control system (ETCs)	3.5.2 منظومة التحكم الالكتروني بصمام الخانق
220	Vehicle Stability Control (VSC)	4.5.2 التحكم في استقرار السيارة
221	AFS system	5.5.2 نظام الاضاءة الأمامية المتكيفة
221	Improvement Stopping/Starting ISS system	6.5.2 نظام تحسين الإيقاف/التشغيل
222	ATM (AUTOMATIC MANUAL TRANSMISSION)	7.5.2 نظام تغيير السرعات اليدوي بالمساعدة التلقائية
223	AIRBAG system	8.5.2 الوسادة الهوائية
226		الأسئلة والتطبيقات

الباب الأول

الفصل الأول

المضخم ألعملياتي وتطبيقاته
Operational Amplifier and its Applications

الأهداف

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل إلى معرفة المضخم ألعملياتي، وطرق التعامل معه، وتطبيقاته المختلفة، والمؤقت (555) والأسس الكهربائية التي يعتمدانها، وكيفية التعامل معها.

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

1- **يتعرف على المضخم ألعملياتي.**
2- **يتعرف على الأنواع المختلفة للمضخم ألعملياتي.**
3- **يتعامل بالشكل الصحيح مع المضخمات العملياتية.**
4- **استخدام المضخم ألعملياتي في التطبيقات المختلفة.**
5- **وضع المعادلات الخاصة بكل ربط للمضخم ألعملياتي.**
6- **التعرف على المؤقت (555).**
7- **استخدام المؤقت (555) في التطبيقات المختلفة.**

محتويات

الفصل 1

تعلم المواضيع

المضخم ألعملياتي وتطبيقاته

المضخم ألعملياتي :

أنواع المضخمات العملياتية .

تطبيقات المضخمات العملياتية.

المؤقت (555) .

استخدام المؤقت (555).

1. المضخم ألعملياتي Operational Amplifier

يختصر اسم المضخم ألعملياتي (Operational Amplifier) في اللغة الإنكليزية إلى (Op-Amp) ويعد من اشهر الدوائر المتكاملة تقريباً واكثرها استخداماً في كثير من الدوائر الإلكترونية المستخدمة هذه الأيام. تم اختراع المكبر ألعملياتي في اربعينيات القرن الماضي خلال الحرب العالمية الثانية وهو مكبر ذو كسب عالي جداً يعمل على ترددات من صفر هيرتز (DC)، وحتى ترددات عالية (ميكاهيرتز)، واهم مميزاته انه يمكن التحكم في خواصه بتوصيل عناصر خارجية غير فعالة (passive elements) تربط بين الخرج والدخل وهو ما يسمى بالتغذية العكسية. وعملياً اصبح للمضخم ألعملياتي دوراً كبيراً في تصميم الدوائر التناظرية (Analog Circuits) فهي تسنخدم في العمليات الحسابية كالجمع، والطرح، والتفاضل، والتكامل، فهو بذلك عصب الحاسوب التناظري.

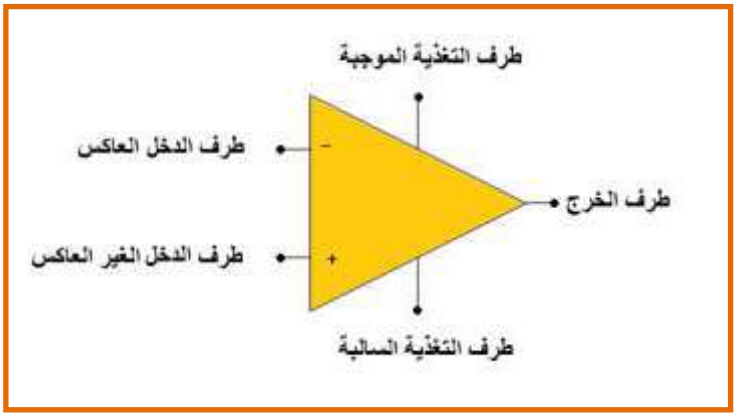
المواصفات المثالية للمضخم العملياتي:

1- كسب تضخيم الفولتية Voltage gain (A0) لانهائي ($A_v = \infty$).
2- ممانعة الدخل Z_{in} تكون لا نهائية ($Z_{in} = \infty$).
3- ممانعة الخرج Z_{out} تكون مساوية للصفر ($Z_{out} = 0$).
4- عرض النطاق الترددي (BW) للعمل لانهائي ($BW = \infty$).

أي يمكن التعبير عن هذه المواصفات المثالية عملياً بالمواصفات العامة الآتية :

1- كسب تضخيم الفولتية عالي جداً.
2- ممانعة الدخل عالية جداً.
3- ممانعة الخرج قليلة جداً.
4- عرض النطاق الترددي كبير جداً.

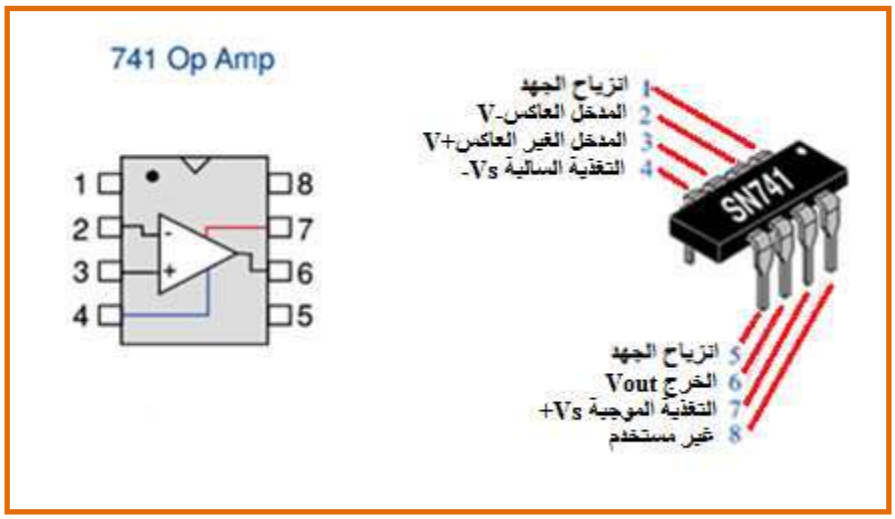
إن اول مراحل المضخم ألعملياتي هو عبارة عن مكبر تفاضلي، وكنظام مغلق، فان المضخم ألعملياتي هو نظام الكتروني له دخلان وخرج واحد، كما مبين بالرمز الأكثر شيوعاً في الشكل (1.1) ونحتاج عادةً إلى مصدري جهد للتغذية احدهما سالب والآخر موجب.



الشكل(1.1) رمز المضخم ألعملياتي

1.1 المضخم ألعملياتي – المبدأ النظري Operational Amplifier -Theory

المضخم ألعملياتي (Operational Amplifier) هو عنصر متكامل تماثلي يحوي عدداً كبيراً من الترانزستورات، والمقاومات، والمكثفات، وهو مضخم مفيد جداً يمكن استخدامه في عدد كبير جداً من التطبيقات وبطرق مختلفة. المضخم ألعملياتي النموذجي: هو عبارة عن دائرة متكاملة بمدخلين احدهما عاكس (inverting input V-) والآخر غير عاكس (non inverting input V+) وخرج (output) وطرفان لوصل التغذية (موجب وسالب)، وبعض الأرجل الأخرى ذات الاستخدامات الخاصة. تحذف خطوط التغذية عند رسم مخططات الدوائر الإلكترونية. يتم تغذية المضخم ألعملياتي من مصدر تغذية مستمر (DC) ويكون على نوعين حسب الاستخدام أما ((0, Vs أو (-Vs, +Vs) وVs نعني بها تغذية المصدر (Voltage Supply). يبين الشكل (2.1) الدائرة المتكاملة (741CN) الموجود ضمنها المضخم ألعملياتي.



الشكل (2.1) رمز المضخم ألعملياتي والدائرة المتكاملة 741.

إن مبدأ عمل المضخم ألعملياتي بسيط جداً، فإذا سلط جهد كهربائي على المدخل غير العاكس (V+) بقيمة أكبر من الجهد المسلط على المدخل العاكس (V-) فإن جهد الخرج للمضخم ألعملياتي يصل قيمة تساوي تقريباً جهد التغذية الموجب (Vs+). أما عندما يكون (V-) اكبر من (V+) فإن جهد الخرج يساوي تقريباً جهد التغذية السالب (Vs-).

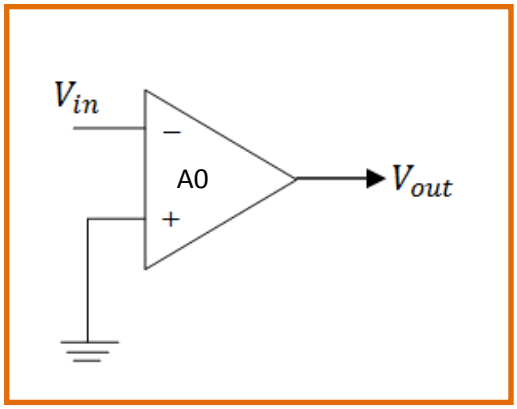
نحتاج إلى معادلة واحدة لحل دوائر المضخمات العملياتية، وهذه المعادلة هي الأساس الذي يستند إليه كل شيء، وهي علاقة جهد خرج المضخم بجهود المداخل (V+) و(V-) وبربح الجهد للمضخم ألعملياتي (A0):

$$V_{\text{out}} = \text{A0}(V_+ - \text{V}_-)$$

عند توصيل طرفي دخل المكبر ألعملياتي بالأرض يجب أن يكون جهد خرج المكبر يساوي صفراً، ولكن عملياً لا يكون الخرج مساوياً للصفر، بل يساوي بضعة ملي فولت وذلك بسبب عدم التوافق الداخلي لمكونات المكبر ألعملياتي ويسمى ذلك بانزياح جهد الدخل (input voltage offset). يوجد لبعض المكبرات العملياتية مثل (741) طرفي موازنة جهد وهما الطرف(1) والطرف (5) ويمكن توصيل مقاومة متغيرة بين طرفي موازنة الجهد وتوصيل منزلق المقاومة بجهد مصدر مستمر، ولضبط جهد الخرج على الجهد صفر يوصل دخلي المكبر ألعملياتي بالأرض، ثم يحرك المنزلق حتى يصبح جهد الخرج مساوياً للصفر.

مثال:

جد $(\frac{\text{Vout}}{\text{Vin}})$ لدائرة الشكل(3.1)



الشكل (3.1) دائرة مضخم عملياتي بسيطة

الحل:

نلاحظ أن المدخل العاكس موصول مع (V_{in}) والمدخل غير العاكس موصل بالارض أي $\text{V}_+ = 0$ نعوض في المعادلة:

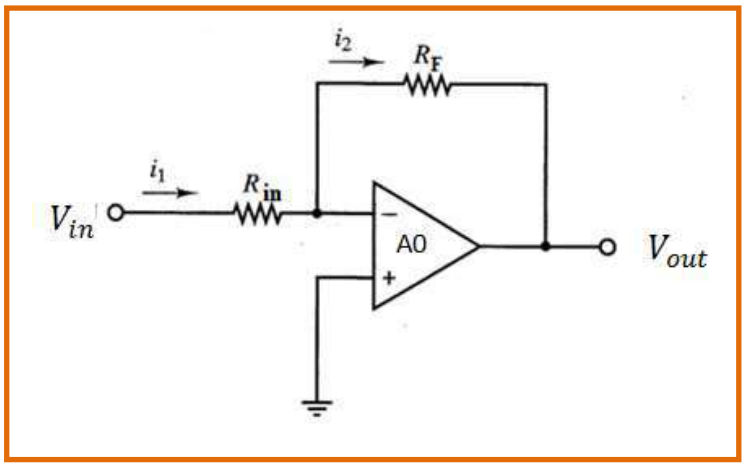
$$\text{V}_{\text{out}} = \text{A0}(\text{V}_+ - \text{V}_-)$$

$$= A0(0 - V_{in}) = -A0V_{in}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -A0$$

1.1.1 التغذية العكسية السالبة وتطبيقاتها Negative feedback and its applications

لكي يتم جعل المضخم ألعملياتي مفيداً لكثير من التطبيقات وأهمها دوائر تكييف الإشارة الكهربائية الخارجة من المتحسسات، لابد من استخدام ما يسمى بالتغذية العكسية السالبة (negative feedback) في دائرة المضخم ألعملياتي. فعند وصل خرج المضخم مع مدخله العاكس بواسطة مقاومة كما مبين بالشكل (4.1) فان هذا الوصل يخلق تغذية عكسية سالبة. وتستخدم هذه التغذية العكسية السالبة في دوائر المضخمات العملياتية للتحكم بالربح (gain) حيث يصبح ممكناً منع الخرج من الوصول إلى حالة الإشباع: وهي ظاهرة وصول جهد خرج المضخم ألعملياتي إلى أقصى قيمة له وهي قيمة مساوية لمقدار جهد التغذية حيث لا يمكن بعد ذلك زيادة جهد الخرج.



الشكل(4.1) التغذية العكسية السالبة

في دائرة الشكل (4.1) توصل مقاومة (R_F) بين خرج المضخم ومدخله العاكس، وتعمل هذه المقاومة على نقل حالة الخرج إلى دخل المضخم ألعملياتي، وتسمى هذه الدائرة (مضخماً عاكساً) ويحسب جهد الخرج فيها من المعادلة:-

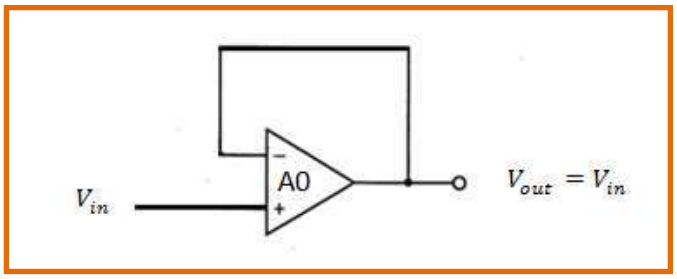
$$V_{out} = -\frac{R_F}{R_{in}} . V_{in}$$

تدل الإشارة السالبة في المعادلة هنا على أن الخرج معاكس للدخل، ومن المعادلة نلاحظ أن زيادة المقاومة (R_F) تؤدي الى زيادة جهد الخرج، وبالتالي زيادة في ربح الجهد (voltage gain).

إن من تطبيقات المضخمات العملياتية ذات التغذية العكسية السالبة هي :

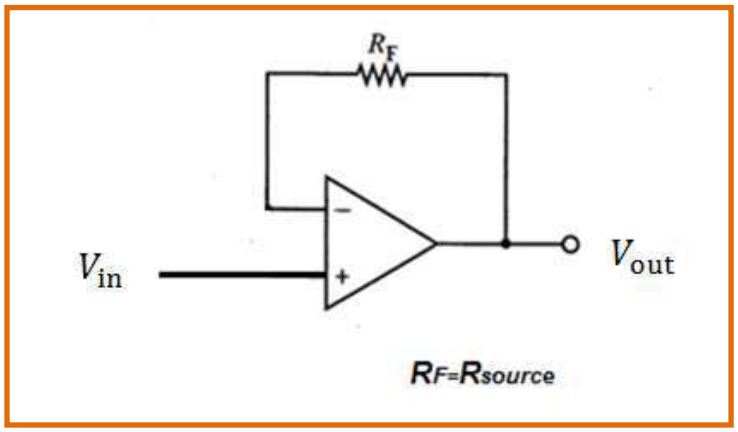
1.1.1.1 دائرة عزل (Buffer):-

تمتاز هذه الدائرة بربح جهد يساوي الواحد وهذا يعني أن المضخم لا يحقق أي ربح جهد والخرج يتبع جهد الدخل ولذلك تسمى هذه الدائرة في بعض الأحيان باسم دائرة تابع الجهد (voltage follower). قد يبدو للوهلة الأولى إن هذه الدائرة عديمة الفائدة، ولكن كما عرفنا -في بداية الفصل- بأن ممانعة الدخل للمدخل غير العاكس عالية جداً وأن مقاومة الخرج منخفضة في المضخم ألعملياتي فهذه الميزات تجعل هذه الدائرة مفيدة جداً لعزل الدوائر الكهربائية. يبين الشكل (5.1) دائرة عزل.



الشكل(5.1) دائرة عزل

في الدوائر العملية للعازل -من المهم جداً هنا- أن توصل مقاومة بين الخرج والمدخل العاكس تسمى مقاومة التغذية العكسية R_F كما مبين بالشكل (6.1) والتي يجب أن تساوي مقاومة المصدر R_{source} (على سبيل المثال المتحسس)، وذلك من اجل التوافق (matching) وتقليل الانزياح في الجهد(voltage offset) إلى الحد الأدنى حيث عدم التوافق يسبب تيارات تسريب (Leakage currents) تؤدي إلى انزياح في الجهد.



الشكل(6.1) توصيل مقاومة بين الخرج والمدخل العاكس

2.1.1.1 دائرة مضخم عاكس (Inverting Amplifier):-

يحاول المضخم ألعملياتي أن يجعل الفرق بين جهود المداخل مساوياً للصفر. مثلاً في الشكل (7.1) بما أن $(V_+ = 0)$ فإن (V_-) سيكون صفراً أيضاً، وذلك من المعادلة $V_{\text{out}} = \text{A0}(V_+ - \text{V}_-)$

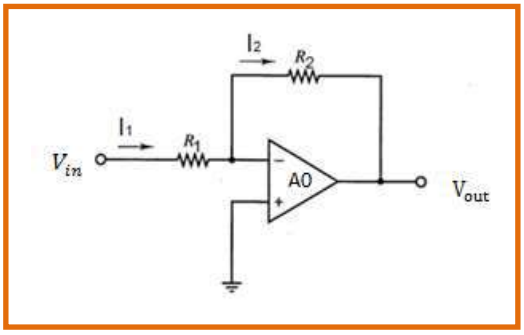
حيث أن: $\frac{V_{out}}{A0} = V_+ - V_-$

وبما أن الربح (A0) مقدار كبير جداً لذلك، فإن المقدار ($\frac{V_{out}}{A0}$) يساوي صفر تقريباً أي أن : $V_+ = V_-$

ومن اجل إيجاد الربح يجب إيجاد التيارات (I_1) و (I_2) ومن علاقات التيارات يمكن الحصول على علاقة ($\frac{V_{out}}{V_{in}}$). يتم ايجاد التيارات اعتماداً على قانون اوم:

$$I_1 = \frac{V_{in} - V_-}{R_1} = \frac{V_{in} - 0}{R_1} = \frac{V_{in}}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_{out} - V_-}{R_2} = \frac{V_{out} - 0}{R_2} = \frac{V_{out}}{R_2}$$



الشكل (7.1) دائرة مضخم عاكس

بما إن مقاومات مداخل المضخم ألعملياتي عالية جداً فبالإمكان إهمال تيار المدخل العاكس، ولذلك يمكن تطبيق قانون كيرشوف للتيار(المجموع الجبري للتيارات في عقدة يساوي صفراً) عند المدخل العاكس:

$$I_2 = -I_1$$

$$\frac{V_{out}}{R_2} = -\frac{V_{in}}{R_1}$$

$$Gain = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

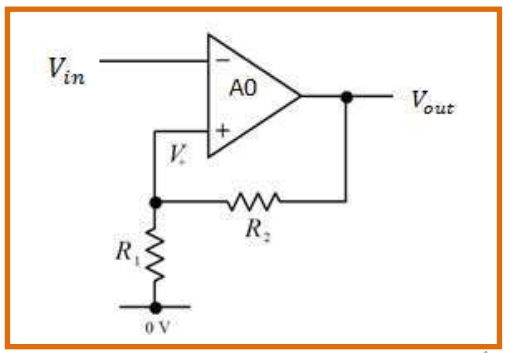
من هنا يتبين أنه يتم التحكم بمقدار الربح من خلال التحكم بقيم المقاومتين R_2 و R_1

3.1.1.1 دائرة مضخم غير عاكس (Non-inverting Amplifier):-

في هذه الدائرة كما مبين في ألشكل (8.1) يلاحظ أن:

$V_+ = \frac{V_{out} R_1}{R_1 + R_2}$ وذلك حسب قانون مقسم الجهد الذي تعلمه الطالب في الصف الأول.

$V_- = V_{in}$



ألشكل (8.1) دائرة مضخم غير عاكس

وبما أن ($V_+ = V_-$) كما مر في فقرة دائرة المضخم العاكس السابقة إذاً:

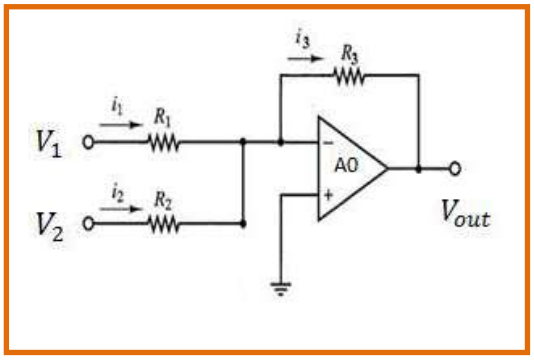
$$V_{in} = \frac{V_{out}R_1}{R_1+R_2}$$

$$Gain = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_1+R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

إشارة خرج هذا المضخم، بعكس الدائرة السابقة مطابقة لإشارة الدخل، ولذلك يقال إن الخرج غير معكوس (non-inverted). يجب أن تكون ($R_1 \| R_2 = R_{source}$) في الدائرة العملية من اجل تخفيض أخطاء انحياز الجهد الناتج عن تيار انحياز الدخل (input bias current).

4.1.1.1 دائرة مضخم الجمع (Summer Amplifier):-

يبين الشكل (9.1) دائرة مضخم الجمع. بما أن الدائرة تحوي تغذية عكسية فبالإمكان استخدام العلاقة ($V_+ = V_-$):



الشكل(9.1)دائرة مضخم الجمع

وبما أن $V_+ = 0$

لذا $V_- = 0$

ولإيجاد العلاقات بين (V_{out}) وجهود المداخل (V_1) و(V_2) يتم إيجاد التيارات $(\mathbf{i_1})$ و$(\mathbf{i_2})$ و$(\mathbf{i_3})$ ونطبق قانون كيرشوف للتيارات عند المدخل العاكس للمضخم ألعملياتي ونعتبر أن تيار المدخل العاكس مهمل، لأن مقاومة المدخل العاكس عالية جداً.

$$\mathrm{i}_1 = \frac{V_1-0}{\mathrm{R}_1} = \frac{V_1}{\mathrm{R}_1}$$

$$\mathrm{i}_1 = \frac{V_2-0}{\mathrm{R}_2} = \frac{V_2}{\mathrm{R}_2}$$

$$\mathrm{i}_1 = \frac{V_{\mathrm{out}}-0}{\mathrm{R}_3} = \frac{V_{\mathrm{out}}}{\mathrm{R}_3}$$

وحسب قانون كيرشوف للتيارات عند المدخل العاكس نجد أن:

$$\mathrm{i}_3 = -(\mathrm{i}_1 + \mathrm{i}_2)$$

$$\frac{V_{\text{out}}}{\text{R}_3} = -\frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2}$$

$$V_{out} = -\frac{R_3}{R_1}V_1 - \frac{R_3}{R_2}V_2 = -(\frac{R_3}{R_1}V_1 + \frac{R_3}{R_2}V_2)$$

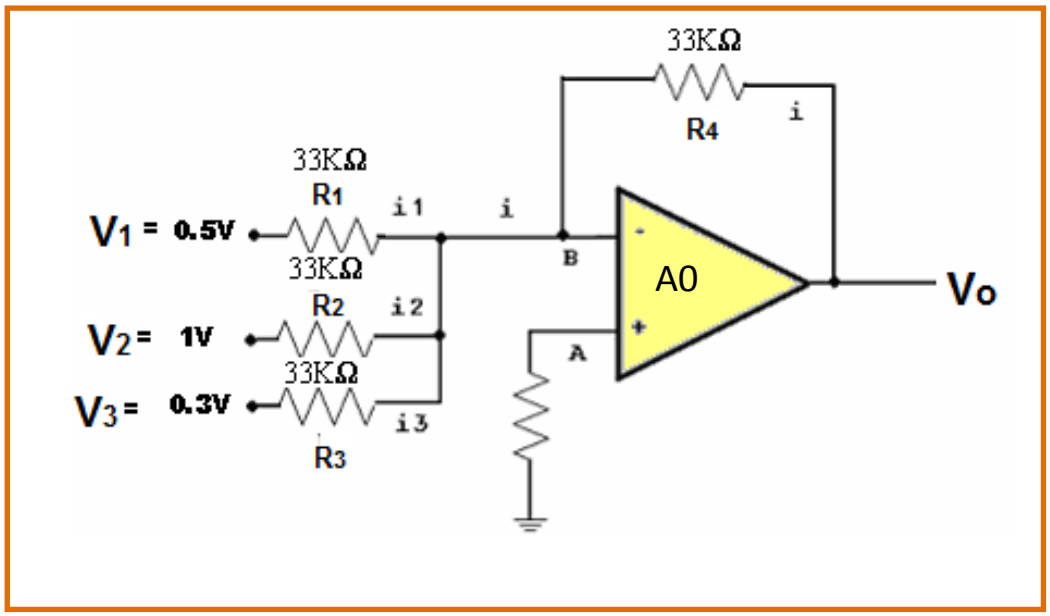
والآن إذا جعلنا $\text{R}_3 = \text{R}_2 = \text{R}_1$ عندها سيكون

$$V_{out} = -(V_1 + V_2)$$

لاحظ إن المجموع معكوس الإشارة، وللحصول على مجموع غير معكوس تستخدم مرحلة ثانية بعد دائرة الجمع يكون ربحها مساوي للواحد.

مثال:

جد جهد الخرج للدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (10.1).



الشكل (10.1) دائرة مضخم جمع

الحل:

$$V_o = -(\frac{R_4}{R_1}V_1 + \frac{R_4}{R_2}V_2 + \frac{R_4}{R_3}V_3)$$

وبما أن :

$$\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{R}_4 = 33\text{k}\Omega$$

إذاً :

$$V_o = -(V_1 + V_2 + V_3)$$

$$V_o = -(0.5 + 1 + 0.3) = -1.8\ V$$

5.1.1.1 دائرة مضخم تفاضلي (Differential Amplifier):-

يوضح الشكل (11.1) دائرة مضخم تفاضلي، ولإيجاد علاقة جهد الخرج يتم إيجاد (V_+) ثم إيجاد (V_-).

$$V_+ = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_2$$

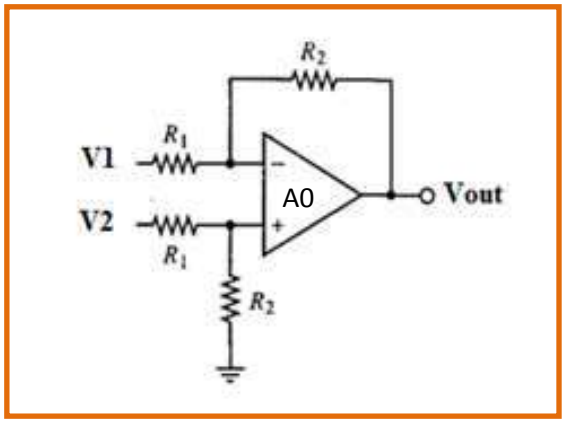
وحسب قانون كيرشوف للتيارات عند المدخل العاكس نجد أن:

$$\frac{V_1 - V_-}{R_1} = \frac{V_- - V_{out}}{R_2}$$

$$\frac{V_1}{R_1} - \frac{V_-}{R_1} = \frac{V_-}{R_2} - \frac{V_{out}}{R_2}$$

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_{out}}{R_2} = \frac{V_-}{R_2} + \frac{V_-}{R_1} = V_-\left(\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}\right)$$

$$\frac{R_2V_1}{R_1+R_2} + \frac{R_1V_{out}}{R_1+R_2} = V_-$$



الشكل (11.1) دائرة مضخم تفاضلي

وبما أن:

$V_+ = V_-$ إذاً:

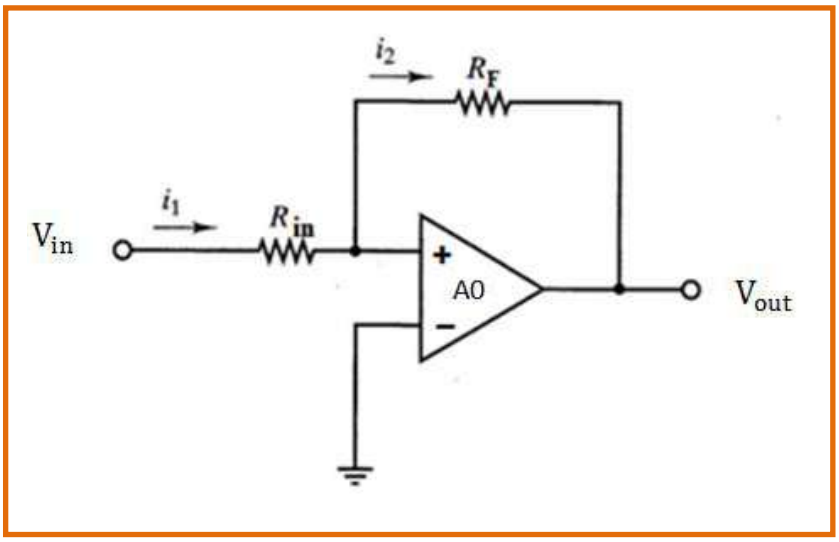
$$\frac{R_2}{R_1+R_2} V_2 = \frac{R_2V_1}{R_1+R_2} + \frac{R_1V_{out}}{R_1+R_2}$$

$$R_1V_{out} = R_2(V_2 - V_1)$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1}(V_2 - V_1)$$ إذاً يكون الخرج

2.1.1 التغذية العكسية الموجبة وتطبيقاتها Positive feedback

توجد تغذية عكسية موجبة فضلاً عن التغذية العكسية السالبة، لاحظ الشكل(12.1) وفيها يوصل الخرج عبر مقاومة مثلاً مع المدخل غير العاكس للمضخم ألعملياتي، وللتغذية العكسية الموجبة تأثيرات معاكسة لتأثيرات التغذية العكسية السالبة وهي تقود المضخم ألعملياتي باتجاه الإشباع، فبالعودة إلى المعادلة $V_{out} = A0(V_+ - V_-)$ نلاحظ انه إذا كانت لديك تغذية عكسية موجبة في الدائرة فإن عليك التعويض عن (V_+) بالمقدار(FV_{out}) حيث تصبح المعادلة $V_{out} = A0(FV_{out} - V_-)$ و FV_{out} هي جهد الخرج العائد إلى الداخل.



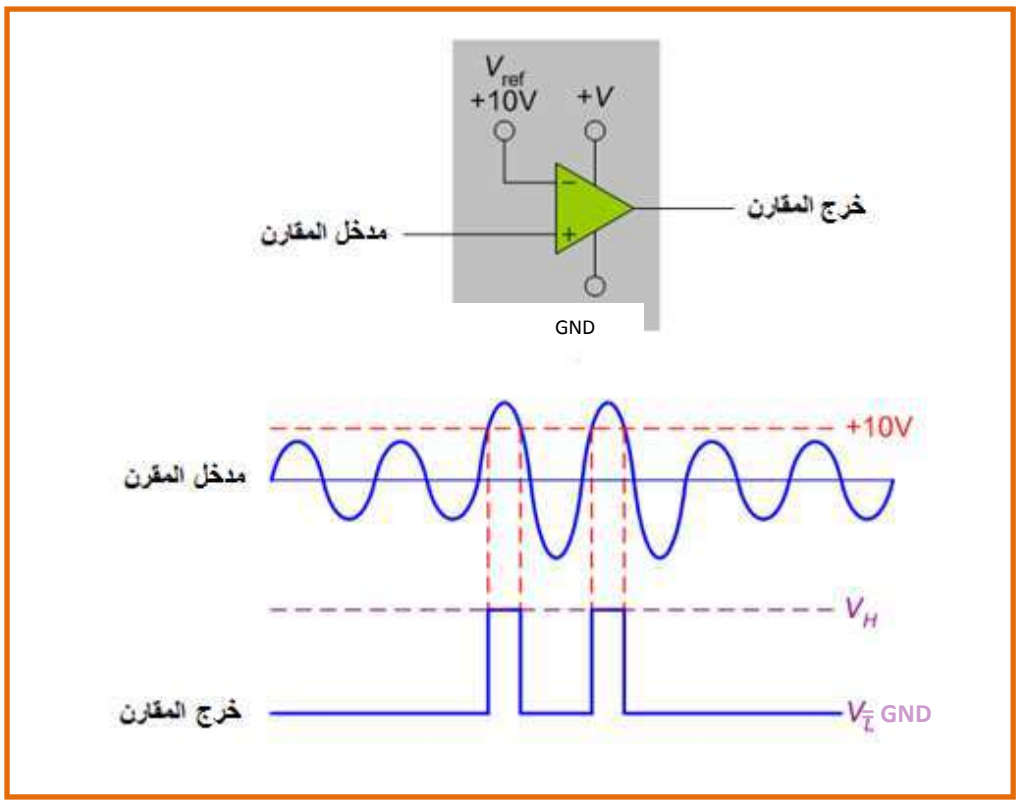
الشكل(12.1) التغذية العكسية الموجبة

هناك شيء مهم يجب ملاحظته في هذه المعادلة وهو أن جهد التغذية العكسية العائد من الخرج إلى المدخل غير العاكس يقود المضخم ألعملياتي -أكثر فأكثر- باتجاه ألإشباع وهذا ناتج عن إضافة (FV_{out})، أما في التغذية العكسية السالبة فكان التأثير معاكساً للتغذية العكسية الموجبة وذلك لأن $(FV_{out} = (V_-)$ في التغذية العكسية السالبة يطرح كما في المعادلة $V_{out} = A0(V_+ - FV_{out})$ وبذلك فإنه يخفف من وصول الخرج الى حالة الإشباع. ومع إن التغذية العكسية الموجبة نادرة الاستخدام (حيث لا يرغب احد بأن ينتقل المضخم الذي لديه إلى حالة الإشباع)، فإن لها تطبيقات في دوائر المقارنات الخاصة التي تستخدم في دوائر الهزازات، التي لم يتم التركيز عليها في منظومات الميكاترونكس.

3.1.1 المضخم العملياتي كمقارنات وتطبيقاتها Comparato

المقارن هو ابسط طريقة لاستخدام المضخم ألعملياتي حيث لا توجد تغذية عكسية، وبما أن للمقارن كسباً عالياً جداً (قد يساوي 300000) لذلك فإن أقل فولتية بين طرفي الدخل (بالميكروفولت -عادة) تنتج في الخرج أقصى جهد وهو جهد الإشباع.

من المرغوب في العديد من الحالات معرفة متى تزيد إشارة ما عن مستوى محدد مسبقاً أو المقارنة بين إشارتين أيهما أكبر من الأخرى. يمكن تصميم دوائر بسيطة بواسطة المضخم ألعملياتي للقيام بهذا العمل، كما في المثال المبين في الشكل (13.1).



الشكل (13.1) المقارن

ينتقل جهد الخرج في دائرة المقارن غير العاكس (Noninverting Comparator) من الصفر إلى قيمة عالية تساوي تقريباً جهد الإشباع الموجب عندما يصبح جهد الدخل اكبر من الجهد المرجعي

(voltage reference V_{ref}) المطبق على المدخل العاكس للمقارن، والجهد المرجعي: هو مقدار جهد معين مسبقاً تتم المقارنة معه، أما في دائرة المقارن العاكس فإن الخرج ينتقل إلى الصفر عندما يكون جهد الدخل أكبر من الجهد المرجعي المطبق على المدخل غير العاكس. ويستخدم مقسم الجهد في دائرة المقارن لضبط الجهد المرجعي على القيمة المرغوبة.

4.1.1 المؤقت (555) Timer (555)

تحتاج الدوائر الرقمية في معظم الأحيان إلى مصدر يعطيها نبضات محددة بدقة. وبشكل عام يكثر الطلب على نبضات منفردة ذات أمد معين أي (أحادية الطلقة One Shot)، أو على تتابع متواصل من النبضات بتردد ودورة خدمة معينين. وبدلاً من محاولة إعداد دوائر مؤلفة من بوابات منطقية قياسية لتلبية هذه المتطلبات، فمن الأبسط عادة والأقل كلفة الاستفادة من دوائر متكاملة عامة الاستعمال وتعرف جميعها بالمؤقتات (Timers) وفي المعتاد يمكن تشكيل تلك المكونات للتشغيل الأحادي الحالة المستقرة (Mono Stable) أو اللامستقرة (A stable)، ولا تحتاج إلا لبضعة مكونات خارجية تحدد بارامترات تشغيلها.

ففي حالة تشغيل أحادي الحالة المستقرة، تكون النبضات الأحادية الطلقة مشابهة لتلك التي تولدها مولدات النبضات الأحادية الحالة المستقرة. وهي تتمتع بدقة واستقرار أفضل عند الحاجة إلى فترات أطول للفترة المستقرة.

أما فيما يتعلق بالتشغيل اللامستقرة (بمعنى تناوب الحالتين العالية والمنخفضة في المخرج) فيمكن اعتبار الدائرة شكلاً من أشكال المذبذب الحر(oscillator).

مميزات النبضات:

تستعمل المصطلحات الآتية بشكل واسع لوصف نبضات الخرج الناتجة عن دوائر المؤقتات الأحادية الحالة المستقرة واللامستقرة:

1. تردد تكرار النبضات (Pulse Repetition Frequency):

وهو- ببساطة - عدد النبضات الحاصلة في فترة زمنية معينة (ثانية واحدة مثلاً)، ويرمز له بالرمز F ، فالشكل ألموجي بتردد تكرار نبضي قدره (1 كيلوهيرتز) يأتي بمعدل (1000) نبضة في الثانية.

2. دور النبضة (Pulse Period) :

دور الشكل ألموجي للنبضة الواحدة وهو الوقت الذي تستغرقه دورة كاملة واحدة للنبضة. أذاً الدور هو مقلوب تردد تكرار النبض ويرمز له بالرمز (T) حيث : $T = \frac{1}{F}$

3. دورة الخدمة (Duty Cycle) :

وهي نسبة زمن التشغيل (T_{ON}) إلى حاصل جمع زمني التشغيل والإطفاء (T_{OFF}) معاً. ويعبر عن دورة الخدمة في معظم الأحيان بالنسبة المئوية كالآتي:

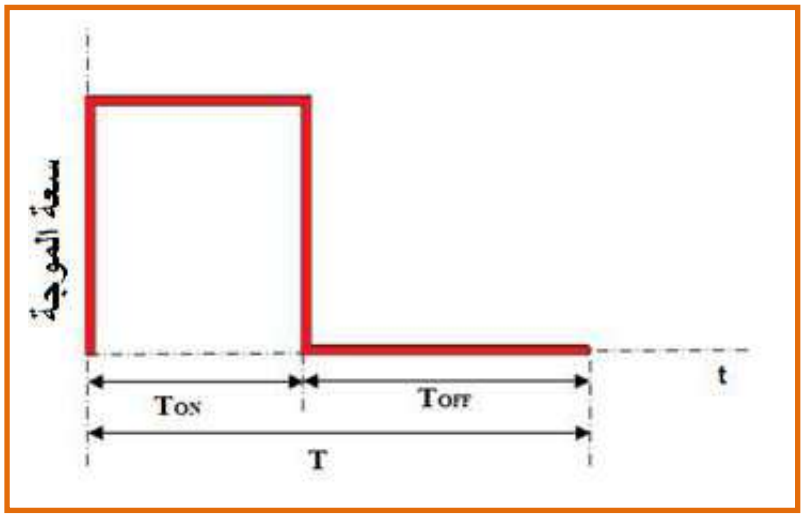
$$\text{دورة الخدمة} = \frac{T_{ON}}{T_{ON}+T_{OFF}} \times 100\%$$

فالشكل ألموجي الذي يكون على سبيل المثال تشغيل (ON) لمدة 1 ملي ثانية وإطفاء (OFF) لمدة 1 ملي ثانية يتصف بدورة خدمة قدرها 50 % .

4. عرض النبضة (Pulse Width)

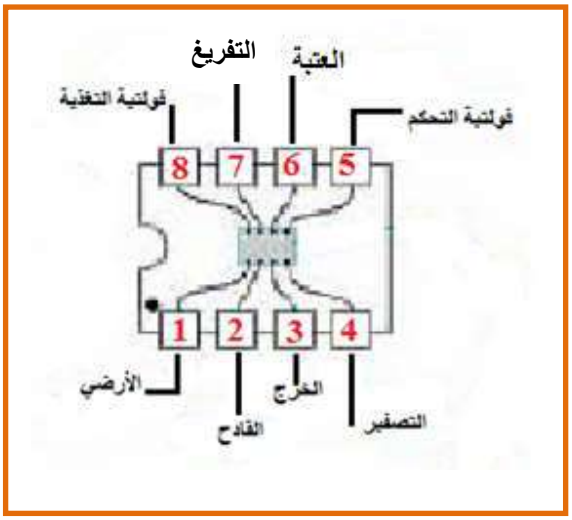
إن عرض نبضة ذات شكل موجي مستطيل هي الفاصل الزمني الذي يقاس عند منتصف الاتساع أي الذي تكون النبضة فيه عالية أو موصولة (ON) أي T_{ON}

يوضح الشكل (14.1) شكلاً نموذجياً للنبضة.



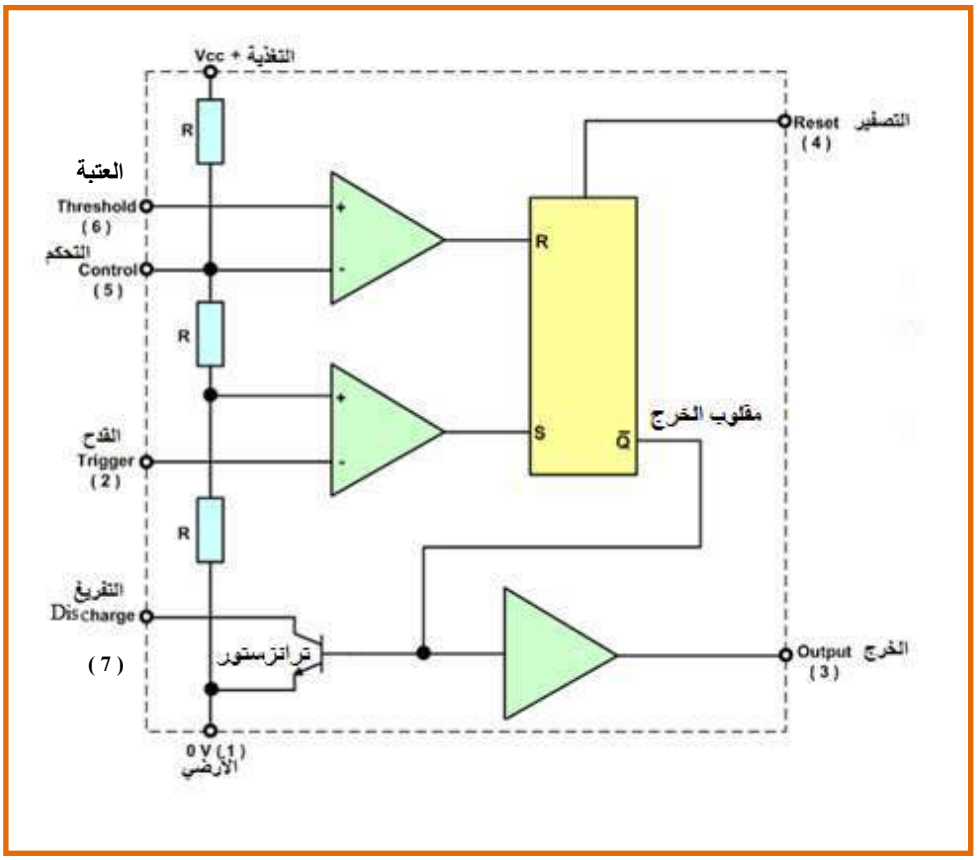
الشكل (14.1) الشكل النموذجي للنبضة

يعتبر المؤقت (555) من الدوائر المتكاملة الواسعة الانتشار، فهو ليس مجرد خليط متقن من الدوائر التماثلية والرقمية، بل يمكن القول إن له تطبيقات كثيرة في عالم توليد النبضات الرقمية. يبين الشكل (15.1) مخطط للدائرة المتكاملة الخاصة بالمؤقت (555).



الشكل (15.1) مخطط الدائرة المتكاملة للمؤقت (555)

ولفهم آلية عمل المؤقت (555) لابد لنا من التوقف أمام دوائره الداخلية الموضحة في المخطط في الشكل (16.1).

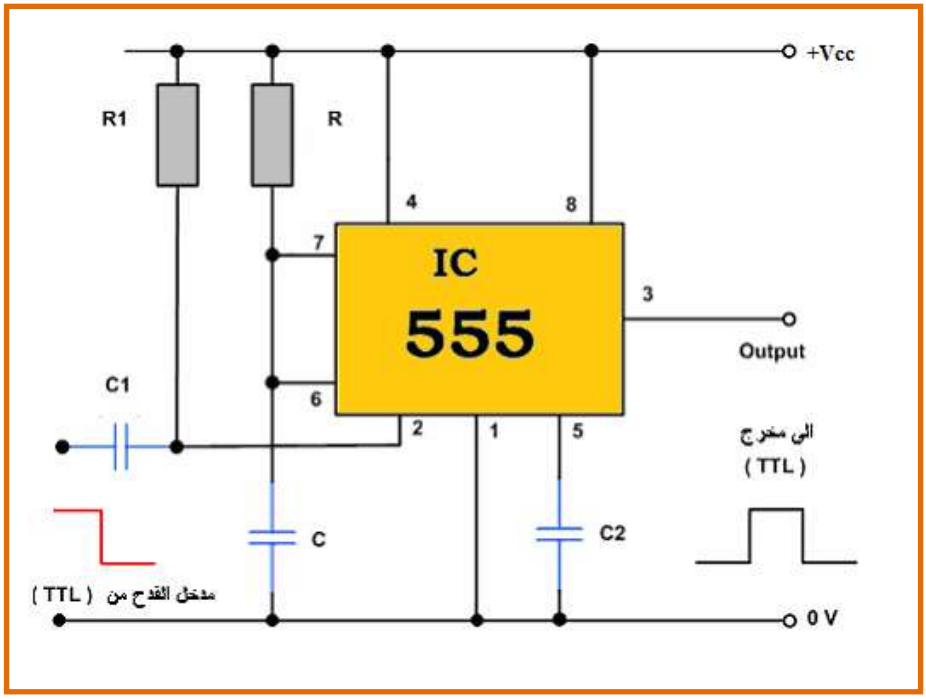


الشكل (16.1) مخطط يوضح الدوائر الداخلية للمؤقت 555

كما مبين بالشكل (16.1) أعلاه يتألف المؤقت (555) بشكل أساس من مضخمي عمليات مستعملين كمقارن مع نطاط (RS) ذي حالتين مستقرتين. كذلك توجد دائرة ترانزستور بهدف التفريغ السريع لمكثف التوقيت الخارجي.

والآن لدينا طريقتان لتشغيل المؤقت (555) وهما: إما تشغيله في حالة أحادي الحالة المستقرة (Mono stable)، أو حالة اللامستقرة (A stable). يبين الشكل (17.1) مخطط يوضح التشغيل في الحالة أحادي الحالة المستقرة. حيث يكون زمن الوصل (T_{ON}):

$$T_{ON} = 1.1(RC)$$

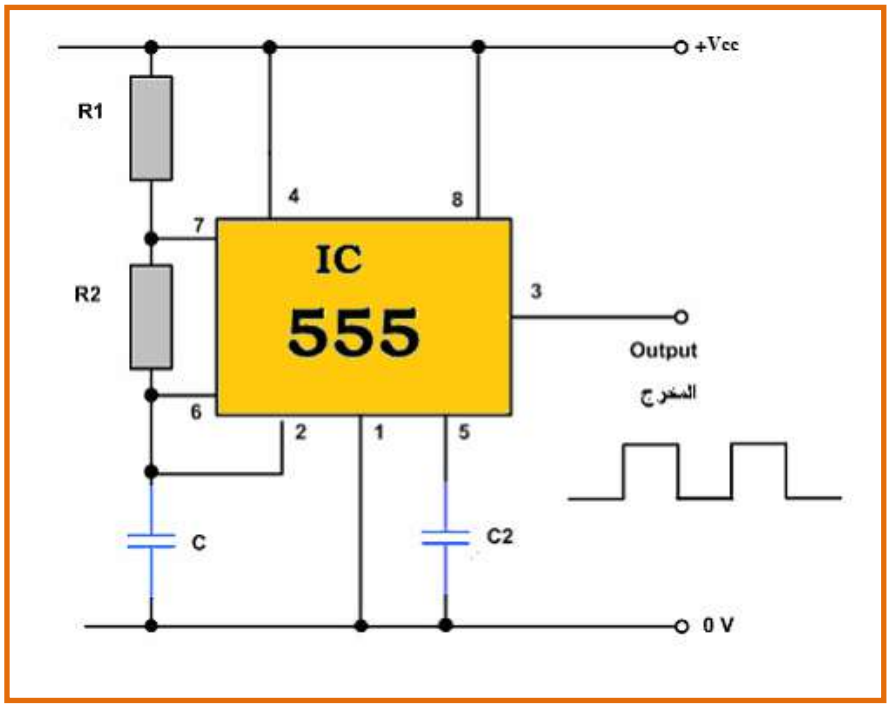


الشكل (17.1) مخطط تشغيل المؤقت 555 عند أحادي الحالة المستقرة

ويبين الشكل (18.1) مخطط يوضح التشغيل في الحالة اللامستقرة. حيث يكون زمن الوصل (T_{ON}) وزمن الفصل (T_{OFF}) كالاتي:

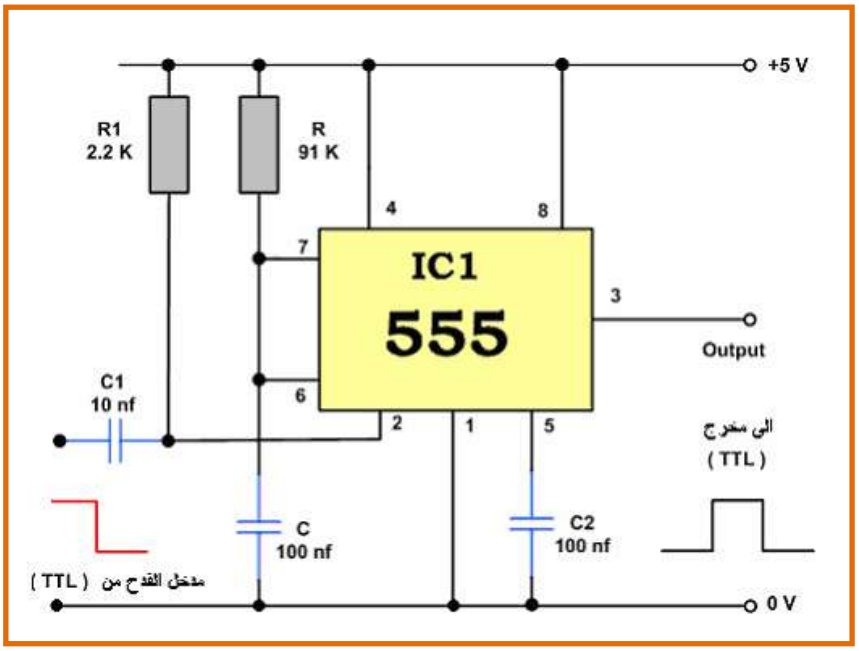
$$T_{ON} = 0.693\ (R_1 + R_2)C$$

$$T_{OFF} = 0.693\ (R_2C)$$



الشكل (18.1) مخطط تشغيل المؤقت 555 في الحالة اللامستقرة

مثال:- من الشكل (19.1) احسب عرض النبضة بالملي ثانية.



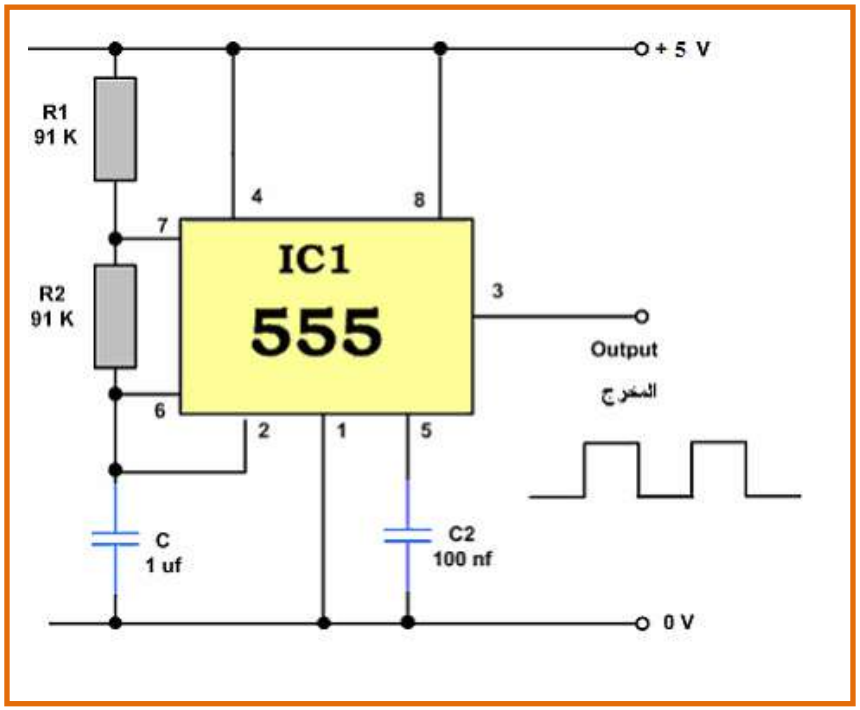
الشكل (19.1)

الجواب:-

باستخدام المعادلة $\mathbf{T_{ON} = 1.1(RC)}$ بالإمكان حساب عرض النبضة والذي يساوي 10 ملي ثانية

$$\mathbf{T_{ON} = 1.1(91 * 10^3 * 100 * 10^{-9}) \approx 0.010\ sec = 10\ msec}$$

مثال:- من الشكل (20.1) احسب تردد تكرار النبض ودورة الخدمة.



الشكل (20.1)

الجواب:-

من خلال استخدام المعادلتين :

$$T_{ON} = 0.693\,(R_1 + R_2)C = 0.693(91 * 10^3 + 91 * 10^3) * 1 * 10^{-6} = \quad 0.126\ sec$$

$$T_{OFF} = 0.693\,(R_2 C) = 0.693(91 * 10^3 * 1 * 10^{-6}) = 0.063\ sec$$

$$T = T_{ON} + T_{OFF} = 0.126 + 0.063 = 0.189 \approx 0.2\ sec$$ وبما أن :

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.2} = 5\ Hz$$ وأن تردد تكرار النبض

إذاً سيكون التردد مساوي إلى 5 هيرتز

$$\text{دورة الخدمة} = \frac{T_{ON}}{T_{ON}+T_{OFF}} * 100\% = \frac{0.126}{0.126+0.063} * 100\% = 67\%$$ وأن

الأسئلة والتطبيقات

س1- ما المكبر ألعملياتي؟ وما أهميته بالنسبة لمنظومات الميكاترونكس؟

س2- ما مواصفات المضخم ألعملياتي؟

س3- إذكر باختصار الأنواع المختلفة للمكبر ألعملياتي، ووظيفة كل نوع.

س4- بالعودة إلى الشكل (8.1) جد الربح إذا كانت قيم المقاومات كالآتي:

$$R_1 = 2R_2$$

س5- بالعودة إلى الشكل (9.1) جد جهد الخرج، إذا كانت قيم المقاومات كالآتي:

$$R_1 = R_2 = 22, \qquad R_3 = R_4 = 33\Omega$$

س6- بالعودة إلى الشكل (19.1) احسب عرض النبضة بالملي ثانية إذا علمت أن R=91Ω.

س7- بالعودة إلى الشكل (20.1) احسب تردد تكرار النبضة ودورة فترة الخدمة إذا كانت R1=0Ω.

الفصل الثاني

المتحسسات ومحولات الطاقة

Sensors and Transducers

الأهداف

الهدف العام:

أن يتعرف الطالب على العناصر الضوئية والمتحسسات ومحولات الطاقة المستخدمة في ميكاترونيكس السيارات، وكيفية استخدام محولات الطاقة والمتحسسات بأنواعها.

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

1- **يتعرف على الأنواع المختلفة للمتحسسات.**
2- **يتعرف على آلية عمل المتحسسات ومحولات الطاقة.**
3- **يتعرف على خصائص المتحسسات المختلفة.**
4- **يتعلم كيفية التعامل مع المتحسسات المختلفة.**
5- **يتعرف على استخدامات المتحسسات المختلفة في السيارة.**
6- **يتمكن من ربط المتحسسات مع دوائر التكييف المناسبة.**

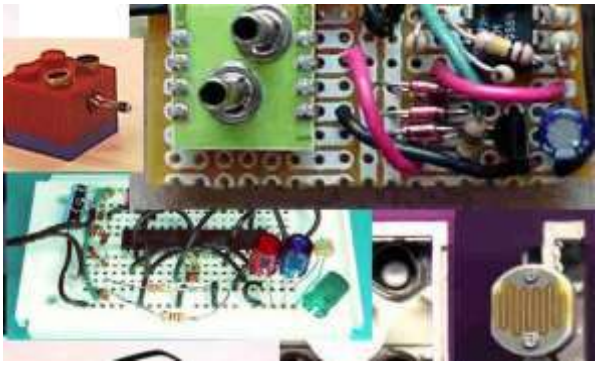
محتويات

الفصل 2

تعلم المواضيع

المتحسسات ومحولات الطاقة

ثنائي الانبعاث الضوئي
المقاومة التي تعتمد على الضوء
الخلية الضوئية
الثنائي الضوئي
ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء
الترانزستور الضوئي
ترانزستور المزدوج الضوئي
ثايرستور المزدوج الضوئي
المتحسسات
محولات الطاقة



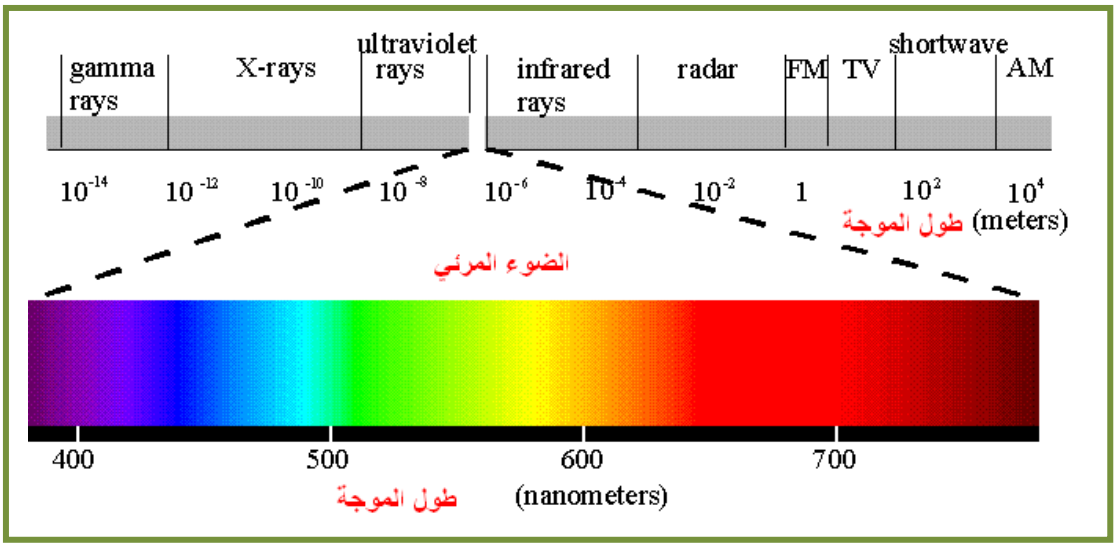
تمهيد :

مفهوم التحكم الصناعي (The Industrial Controlling) ويكافئه في المعنى مفهوم الأتمتة الصناعي (The Industrial Automation): وهو التحكم بسير مجموعة من العمليات الصناعية المتتالية دون تدخل الإنسان. أما المسيطر الصناعي المبرمج(Programmable Logic Controller PLC فهي عبارة عن جهاز الكتروني يستخدم تقنية المنطق المبرمج في عمليات التحكم في الأنظمة الصناعية كالتحكم بآلية عمل خطوط الإنتاج في مصنع ما. فقبل اختراع PLC كانت المعامل تستخدم أعداد هائلة من المؤقتات Timersوالمرحلات Relays ومتحكمات (Controllers) الحلقات المغلقة لانجاز مهام التحكم ومتابعة الأوامر الرقمية وحماية قيمها من التشويش. ويضاف إلى هذا الجهاز عدد من المتحسسات Sensors ومحولات الطاقة Transducers والمشغلات Actuators

والعناصر الضوئية الموضحة بالفقرات الآتية:

2 - 1 ثنائي الانبعاث الضوئي : LED (Light Emitting Diode)

الضوء نوع من الطاقة ينتشر (Propagate) على شكل موجات ويحدد الطول ألموجي اللون وترى عين الإنسان أطوال موجية معينة ولا ترى الأخرى. والشكل (2–1) يوضح الأطوال الموجية التي تراها عين الإنسان والأطوال الموجية التي لا تراها عين الإنسان. ووحدة قياس الطول ألموجي والمستخدمة بشكل عام هي النانومتر (nm) (Nanometer) . ($1nm= 10^{-9}m$)



الشكل (2 – 1) الطيف الكهرومغناطيسي

مصدر الضوء يبعث الضوء فقط، او الضوء والحرارة والمصادر التي تبعث الضوء فقط تسمى بالمصادر الباردة بينما المصادر التي تبعث الضوء والحرارة تدعى بالمصادر الحارة. وتعد ثنائيات الانبعاث الضوئي LED من المصادر الباردة بينما الشمس مصدر ضوئي حار. اكتشف العالم (Nick Holonyak) عام 1962 ثنائي الانبعاث الضوئي والشكل (2 – 2) يوضح رمز ثنائي الانبعاث الضوئي وتركيبه.

الشكل (2 – 2) تركيب ورمز ثنائي الانبعاث الضوئي

ثنائي الانبعاث الضوئي عبارة عن عنصر الكتروني ثنائي مصنوع من مادة شبه موصلة تبعث ضوءاً عندما تكون بالانحياز الأمامي ويصنع من مادة زرنيخ الكاليوم (gallium – arsenic) أو فوسفات الكاليوم (gallium phosphate). تصبح الالكترونات والفجوات سوية في منطقة الاتصال PN وطاقة الالكترونات الحرة التي لا تتحد مع الفجوات تنبعث على شكل ضوء وتصل كفاءة ثنائي الانبعاث الضوئي والتي تحول الطاقة الكهربائية إلى ضوء 99% بينما تصل إلى 10% في المصابيح الاعتيادية. تصنع ثنائيات الانبعاث الضوئي بالألوان الأحمر والأصفر والأخضر وتكون فولتية التشغيل 1.5V او 2.2V . وتركيب هذه العناصر Elements كما يلي :

الأصفر من فوسفات زرنيخ الكاليوم + فوسفات الكاليوم.

الأحمر من فوسفات زرنيخ الكاليوم.

الأخضر من فوسفات الكاليوم.

ويكون تيار التشغيل لهذه الثنائيات بين 10mA- 20mA وتستخدم مقاومة على التوالي مع الثنائي لتحديد التيار.

مثال 2 – 1 :

احسب المقاومة الموصلة بالتوالي مع ثنائي الانبعاث الضوئي LED الأحمر إذا كانت فولتية المصدر 12V وتيار الدائرة يساوي 20mA. فولتية الثنائي تساوي 1.8V

الحل :

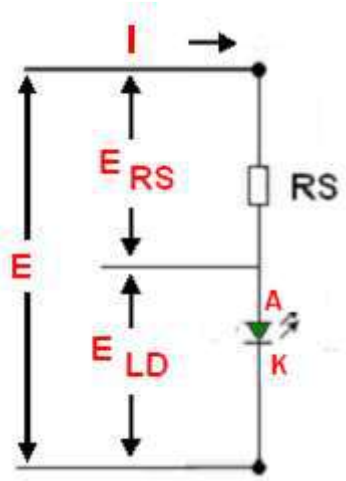
$$E = E_{RS} + E_{LD}$$

$$E_{RS} = 12 - 1.8 = 10.2V$$

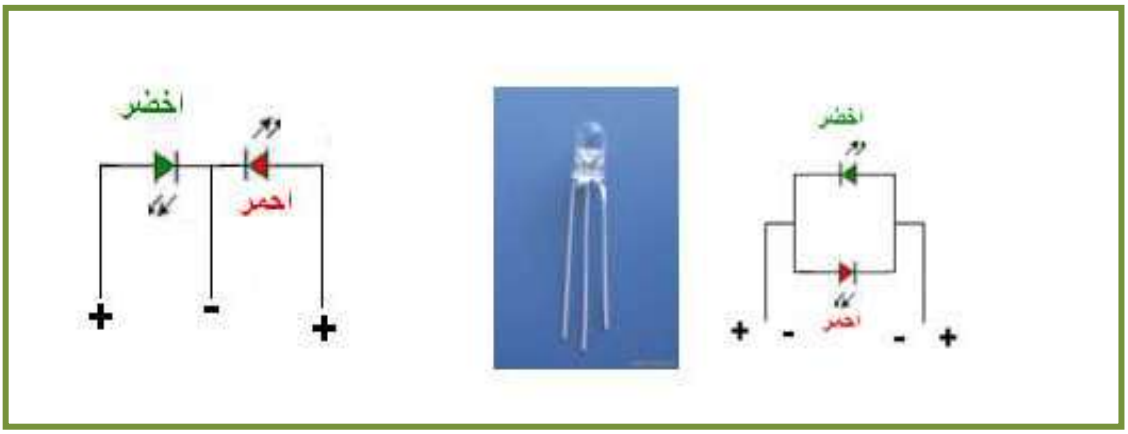
$$RS = \frac{E_{RS}}{I}$$

$$RS = \frac{10.2}{20 \times 10^{-3}}$$

$$RS = 510\ \Omega$$



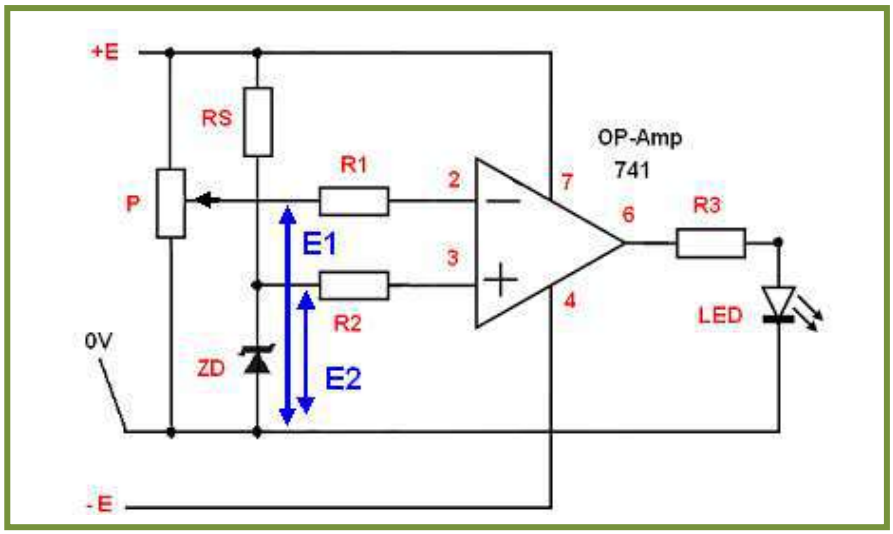
تحتوي بعض ثنائيات الانبعاث الضوئي على لونين وتوصل كما موضح بالشكل (2 – 3).



الشكل (2 – 3) ثنائيات الانبعاث الضوئي مزدوج الألوان

توضع هذه الثنائيات بصورة متعاكسة وبنفس الغلاف فيعمل الثنائي LED للون الأحمر بالانحياز الأمامي فيبعث الضوء وبعكس القطبية يعمل الثنائي LED باللون الأخضر. وفي حالة توصيل كاثود الثنائي LED للون الأحمر مع كاثود الثنائي LED للون الأخضر مع القطب السالب للمصدر يبعث الثنائيان الضوء لأن أنود كل منهما موصل بالقطبية الموجبة أي بالانحياز الأمامي. ثنائي الانبعاث الضوئي للون الأبيض مكون من ثلاث ثنائيات للألوان الأحمر والأخضر والأزرق في غلاف واحد وتبعث الضوء بفولتية تشغيل تصل إلى 3V.

يستخدم ثنائي الانبعاث الضوئي في كثير من دوائر الإلكترونيك الصناعي فالدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (2 – 4) عبارة عن دائرة مقارن (Comparator) باستخدام مكبر العمليات OP-Amp وثنائي زينر و ثنائي الانبعاث الضوئي LED.



الشكل (2 – 4) استخدام ثنائي الانبعاث الضوئي مع المقارن

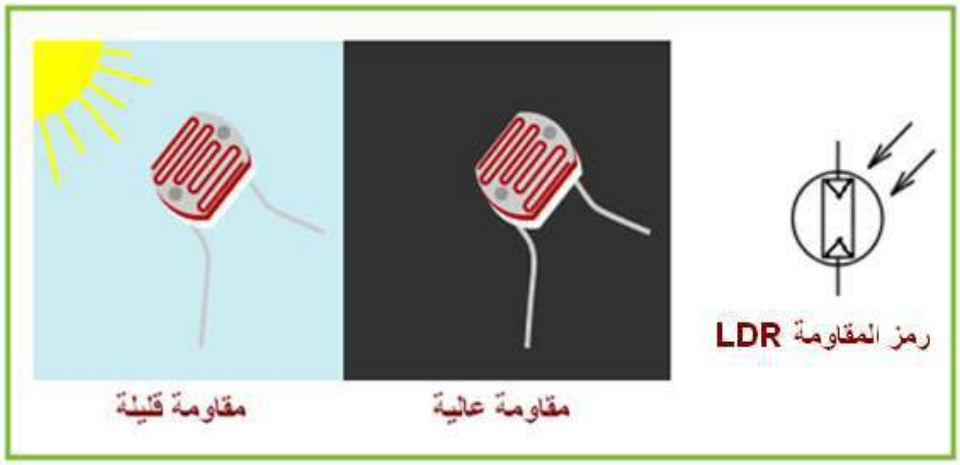
نلاحظ من الشكل(2- 4)، لا توجد تغذية عكسية في الدائرة ويقوم المضخم العملياتي 741 بالمقارنة بين قيم E1 و E2. القيمة E1 تمثل دخول العاكس والقيمة E2 تمثل دخول غير العاكس ويمثل الخرج إشارة الفولتية الأكبر ويصبح الخرج 0V عندما تكون E1 = E2.

- اذا كانت E1 اكبر من E2 يكون الخرج سالباً (-) .
- اذا كانت E1 اصغر من E2 يكون الخرج موجباً (+) .
- اذا كانت E1 = E2 يكون الخرج (0) .

الدخول غير العاكس في الدائرة عبارة عن فولتية ثنائي زينر. والدخول العاكس ينظم بوساطة المقاومة المتغيرة P. فإذا كانت فولتية ثنائي زينر تساوي مثلاً 5.1V أي الدخول غير العاكس وتساوي E2 فان فولتية الخرج تساوي (0) فلا يتوهج LED. إذا كانت E1 اقل من 5.1V تصبح الفولتية الخارجة موجبة (+) فيتوهج الثنائي LED. سنلاحظ بالفقرات القادمة كيفية استبدال ثنائي زينر بعناصر الكترونية حساسة (Sensors).

2-2 المقاومة التي تعتمد على الضوء : LDR (Light Dependent Resistor)

أحد عناصر الدائرة الالكترونية التي تعتمد مقاومتها على شدة الضوء الساقط عليها، ويمكن عدها من الخلايا الضوئية (photo cells) وهذا يعني إمكانية استخدامها كمتحسس للضوء فقط عكس الخلايا الشمسية (Solar Cell) التي تولد التيار بسبب سقوط ضوء الشمس عليها التي سيتم شرحها لاحقاً والشكل (2 – 5) يوضح شكل ورمز هذه المقاومة .

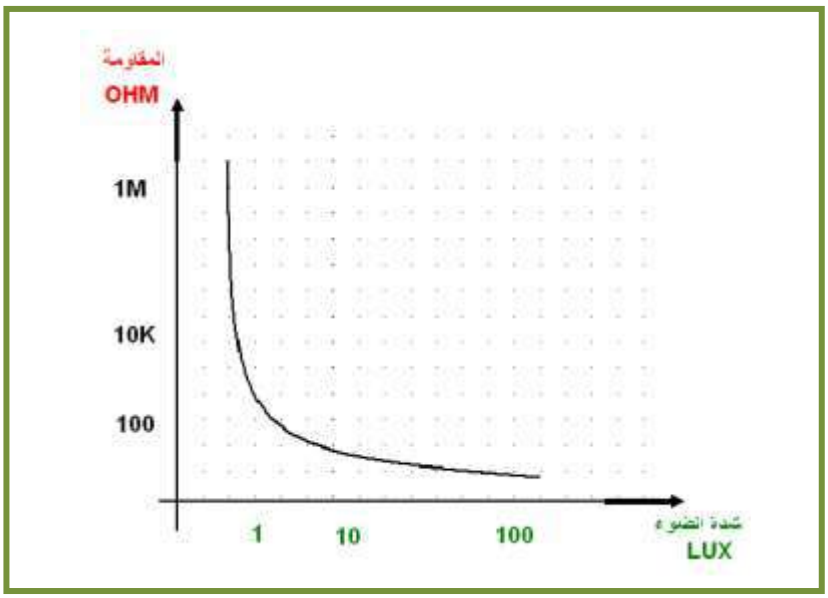


الشكل (2 – 5) شكل المقاومة LDR ورمزها

وتكون المادة الشبه موصلة مكشوفة وموضوعة بغطاء زجاجي أو غطاء شفاف لاحظ الشكل(2 – 6)

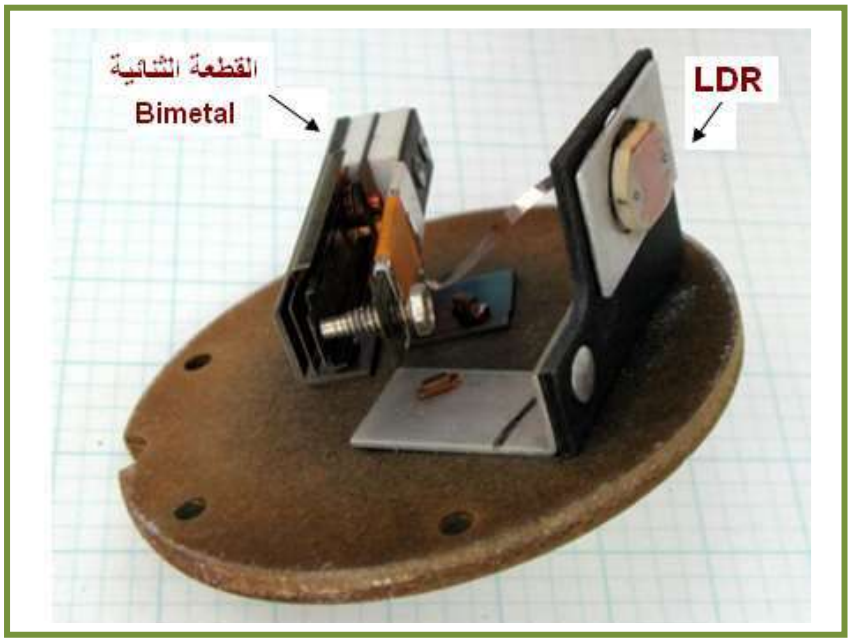
الشكل (2 – 6) أشكال مختلفة من LDR

وتصنع عادة من مادة سلفايد الكاديوم أو سيلينايت الكاديوم. عند سقوط الضوء على LDR يزداد عدد الشحنات الحرة المتحركة فتزداد الموصلية أي تقل المقاومة ويعتمد التغير في المقاومة على تركيب العنصر فمثلاً تصل مقاومتها في الظلام إلى حوالي 200MΩ والى 100Ω في الضياء. المنحني الموضح بالشكل (2 – 7) يمثل العلاقة بين المقاومة وشدة الضوء على LDR.



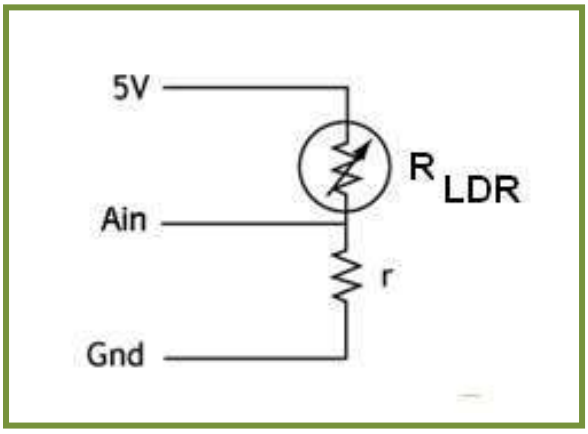
الشكل (2 – 7) العلاقة بين المقاومة والضوء لـ LDR

نستنتج من الشكل (2 – 7) بأن العلاقة بين شدة الضوء ومقاومة LDR عكسية، والشكل (2 – 8) يبين كيفية استخدام الـ LDR في التحكم بإضاءة الشوارع بفصل القطعة الثنائية Bimetal أثناء النهار بسبب مقاومتها القليلة ومرور التيار في الملف المتصل مع القطعة الثنائية بينما توصل هذه القطعة في الليل لإضاءة مصابيح الشارع.



الشكل (2 – 8) استخدام LRD للسيطرة على إضاءة مصابيح الشارع

الدائرة الموضحة في الشكل (2 – 9) توضح استخدام LDR كمجزئ جهد لقياس الفولتية المطلوبة في النقطة Ain يمكن تحديدها بتغير مقاومة LDR، فعندما تقل مقاومتها تزداد الفولتية في النقطة Ain نحو الفولتية 5V. وبالعكس بزيادة المقاومة تقل الفولتية نسبة إلى Gnd (0V).



الشكل(2 – 9) LDR كمجزئ جهد

ولتحديد قيمة المقاومة (r) الموصلة مع الخلية الضوئية يتم ذلك بقياس مقاومة الخلية الضوئية بوساطة الأوميتر وتحت ضوء الشمس ولتكن 100Ω وفي الظلام 400Ω وباختيار قيمة المقاومة r = 100Ω يصبح تيار الدائرة

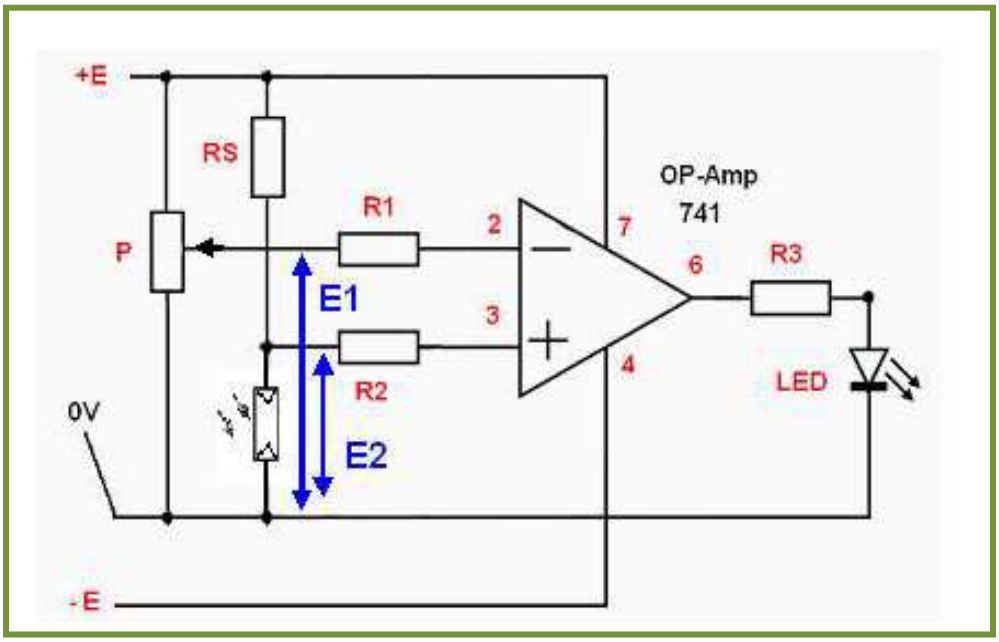
$$R_T = r + R_L = 100 + 100 = 200\ \Omega$$
$$I = \frac{V}{R} = \frac{5V}{200\ \Omega} = 25\ mA$$

ويصل التيار إلى 10mA عندما تصل المقاومة الكلية إلى 500Ω .

$$R_T = r + R_L = 100 + 400 = 500\ \Omega$$
$$I = \frac{V}{R} = \frac{5V}{500\ \Omega} = 10\ mA$$

الدائرة الموضحة بالشكل (2 – 10) عبارة عن دائرة سيطرة بواسطة الضوء باستخدام المقاومة التي تعتمد على الضوء LDR ومكبر العمليات يعمل كمقارن وثنائي الانبعاث الضوئي LED للتأكد من عمل الدائرة. المقاومة RS مربوطة على التوالي مع LDR وهي مجزئ جهد (Voltage Divider) .تكون مقاومة LDR قليلة بسبب سقوط الضوء عليها فيتكون عليها فرق جهد قليل أيضاً. وبتغيير المقاومة المتغيرة P يمكن جعل الفولتية على الطرف العاكس اكبر من الفولتية على الطرف غير العاكس اي E1>E2 وعندما تقل شدة الضوء الساقط على LDR تزداد مقاومتها بشكل مفاجئ ويزداد فرق الجهد بين طرفيها، في هذه الحالة يزداد الطرف غير العاكس عن الطرف العاكس E1< E2. في هذه اللحظة يصبح خرج مكبر العمليات موجباً فيتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي، وعند إعادة شدة الضوء إلى الحالة الأولى

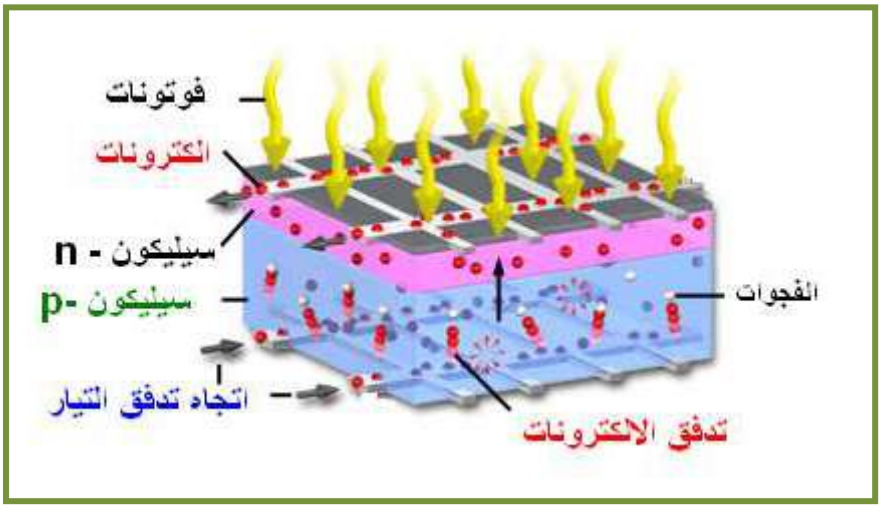
ينطفئ (OFF) ثنائي الانبعاث الضوئي من جديد. يمكن تنظيم حساسية الدائرة لأي شدة ضوئية بتغيير المقاومة (P).



الشكل (2 – 10) دائرة سيطرة باستخدام المقاومة LDR

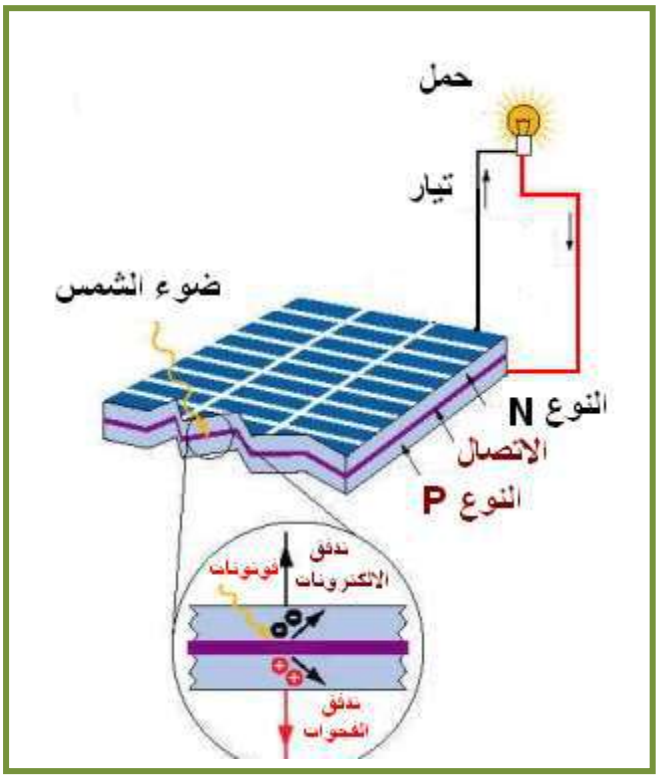
2– 3 الخلايا الشمسية : Solar cells

عبارة عن عنصر إلكتروني يتأثر بالضوء فيحول طاقة الضوء إلى طاقة كهربائية وتصنع من مواد شبه موصلة من السيليكون. ويكون السطح المواجه للضوء مصنوعاً من النوع N ويكون السطح الآخر من المادة من النوع P لاحظ الشكل (2 – 11) الذي يبين حركة الحاملات من الإلكترونات والفجوات خلال الخلية. تتحرك الإلكترونات نحو المادة شبه الموصلة من النوع P بينما تتحرك الفجوات نحو المادة شبه الموصلة من النوع N فيحدث مجال كهربائي تلقائي (Spontaneous) في منطقة الوصلة (Junction).



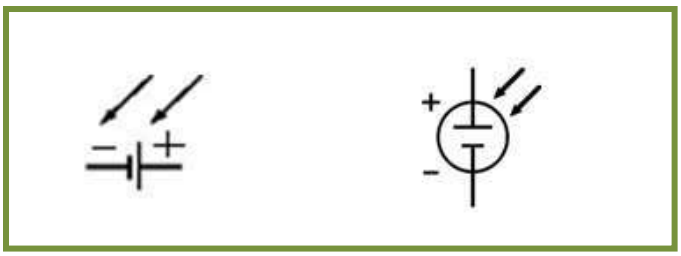
الشكل (2 -11) الالكترونات وتدفق التيار في الخلية الشمسية

تسقط الطاقة القادمة من الشمس على شريحة رقيقة من مادة السيليكون مما يؤدي الى اكتسابها طاقة بسبب حركة الإلكترونات فتولد فرق جهد كهربائي على طرفي الخلية وكلما زادت كمية الإشعاع الساقط على شريحة السليكون كلما تم إنتاج كمية اكبر من الطاقة وبضبط زاوية سقوط الشمس على الخلية للحصول على اكبر قيمة للتيار، وبوضع حمل (Load) في مسار التوصيل يمر تيار خلال الحمل، لاحظ الشكل (2- 12).



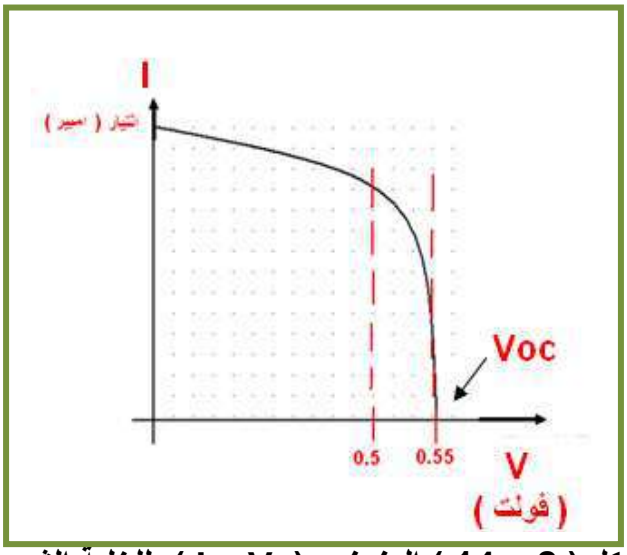
الشكل (2 – 12) توصيل حمل (مصباح) مع الخلية الشمسية

ويرمز لهذه الخلية الشمسية كما موضح بالشكل (2- 13) .



الشكل (2 – 13) رمز الخلية الشمسية

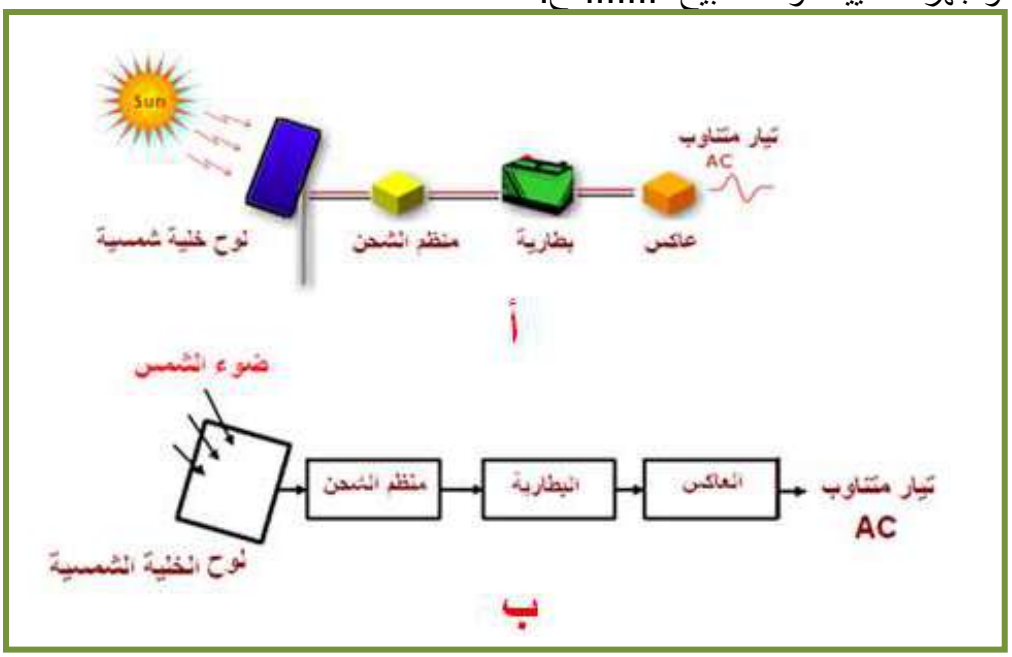
وتتناسب الطاقة الكهربائية الناتجة بوساطة الخلية الشمسية مع شدة ضوء الشمس تناسباً طردياً، ففي الخلايا الضوئية المصنوعة من السيليكون تصل فولتية الخلية إلى 0.55V ويعتمد التيار على حجم الخلية لاحظ الشكل (2- 14) الذي يوضح العلاقة بين التيار (I) والفولتية (V) حيث تتغير الفولتية على طرفي الحمل من الصفر إلى القيمة Voc (open circuit voltage) أي عندما تكون الدائرة الموصلة مع الحمل في حالة فتح.



الشكل (2 – 14) المنحني (I – V) للخلية الشمسية

الشكل (2 – 15 أ) يوضح نظام نقل الطاقة الكهربائية باستخدام الخلايا الشمسية والشكل (2 – 15 ب)

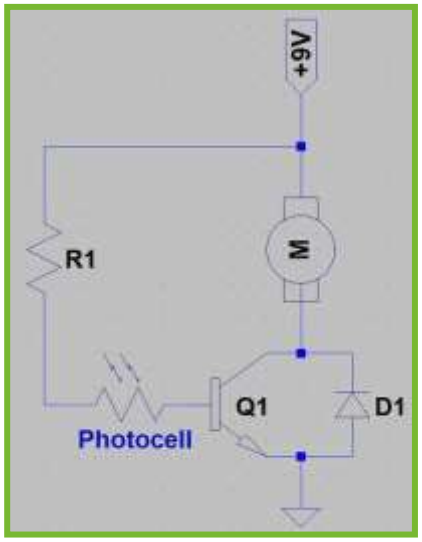
يبين المخطط الكتلوي لهذا النظام حيث يعمل منظم الشحن (Charge Controller) على تثبيت الفولتية الخارجة من الخلايا الشمسية بينما تعمل البطارية (Battery) على خزن الطاقة الكهربائية بالتيار المستمر، وتحوّل إلى التيار المتناوب بوساطة العاكس (Inverter) التي تنقل إلى جهة المستهلك لتشغيل المحركات وأجهزة التكييف والمصابيح .....الخ.



الشكل (2 – 15) المخطط الكتلوي لنقل الطاقة من الخلايا الشمسية

وتكون أعلى كفاءة تشغيل للخلايا الشمسية عندما يكون ضوء الشمس عمودياً عليها لذلك فإن تنظيم وضع الخلايا بزاوية بالنسبة إلى ضوء الشمس مهم جداً. وكما نعرف أن فولتية الخلية الواحدة يساوي 0.55V فان الخلية الشمسية المكونة من أربعة خلايا مربوطة على التوالي سوف تعطي 2.2V، وتتكون الخلية

الشمسية عادةً من ست خلايا للوح (Panel) الواحد لذا نحصل على (13.2V). الشكل (2 – 16) يوضح الدائرة الإلكترونية للسيطرة على عمل محرك فبتسليط الضوء على الخلية الضوئية تقل مقاومتها فيزداد تيار القاعدة للترانزستور Q1 فيمر تيار جامع ويعمل الترانزستور كمفتاح إلكتروني فيعمل المحرك. وعند حجب الضوء عن الخلية الضوئية تزداد مقاومة الخلية الضوئية فيقل تيار القاعدة فيقل الانحياز الأمامي للترانزستور فلا يعمل الترانزستور cutoff فيتوقف المحرك عن العمل.

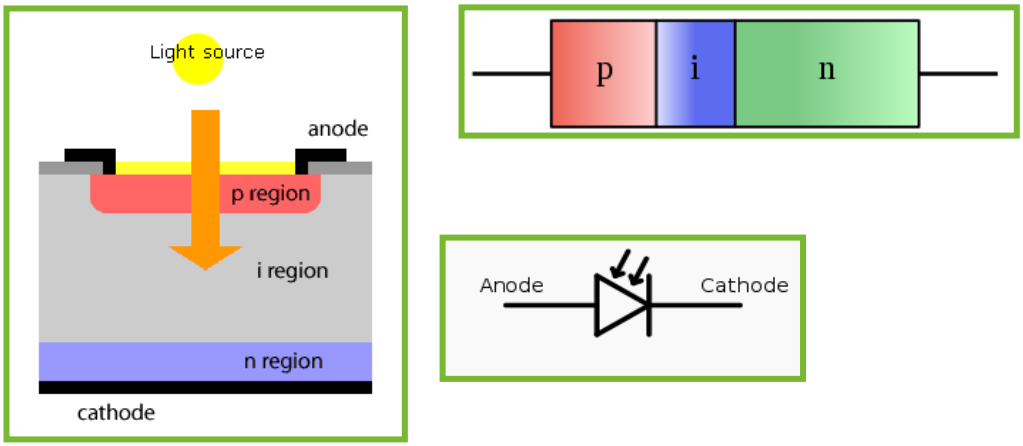


الشكل (2 – 16) الخلية الضوئية تسيطر على عمل محرك

2– 4 الثنائي الضوئي : Photodiode

الثنائي الضوئي أحد أنواع الكواشف الضوئية (photodiode) له القابلية على التحسس بالضوء وتحويله إلى تيار أو فولتية حسب نوع العمل في الدوائر الإلكترونية اي وسيلة لتحويل الضوء الى كهرباء وهو من الثنائيات شبه الموصلة ويشبه الثنائي الاعتيادي عدا وجود فتحة صغيرة بالسماح للضوء للوصول الى الجزء المتحسس للثنائي.

وتصمم أكثر أنواع الثنائيات الضوئية من وصلة (PIN) حيث توضع بين القطعة P والقطعة N طبقة شبه موصلة خالية من الشوائب أي نقية هي (Intrinsic) ملائمة لجعل الثنائيات كمفاتيح سريعة و كواشف ضوئية بسبب الاستجابة السريعة لاحظ الشكل (2 – 17)

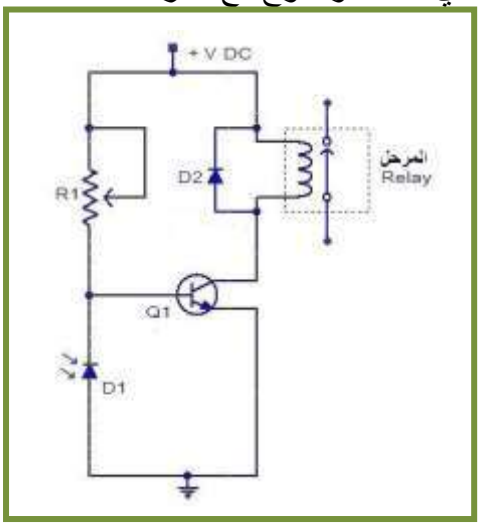


الشكل (2 – 17) ثنائي ضوئي وصلة PIN

وللثنائي الضوئي أشكال عديدة ويبين الشكل (2 – 18) عدداً من هذه الثنائيات.

الشكل (2 – 18) أشكال الثنائيات الضوئية

الدائرة الإلكترونية الموضحة بالشكل (2 – 19) توضح السيطرة على المرحل (Relay) باستخدام الثنائي الضوئي فبتسليط الضوء على الثنائي الضوئي D_1 ينحاز الترانزستور Q_1 انحياز أمامي لأن مقاومة الثنائي الضوئي تقل فيزداد تيار القاعدة وفي نفس الوقت يكون انحياز الجامع إلى القاعدة انحيازاً عكسياً فيعمل الترانزستور ON فيمر تيار جامع في ملف المرحل فيغير حالة المرحل من القطع OFF إلى التوصيل ON فيعمل على تشغيل أي حمل موضوع مع المرحل.



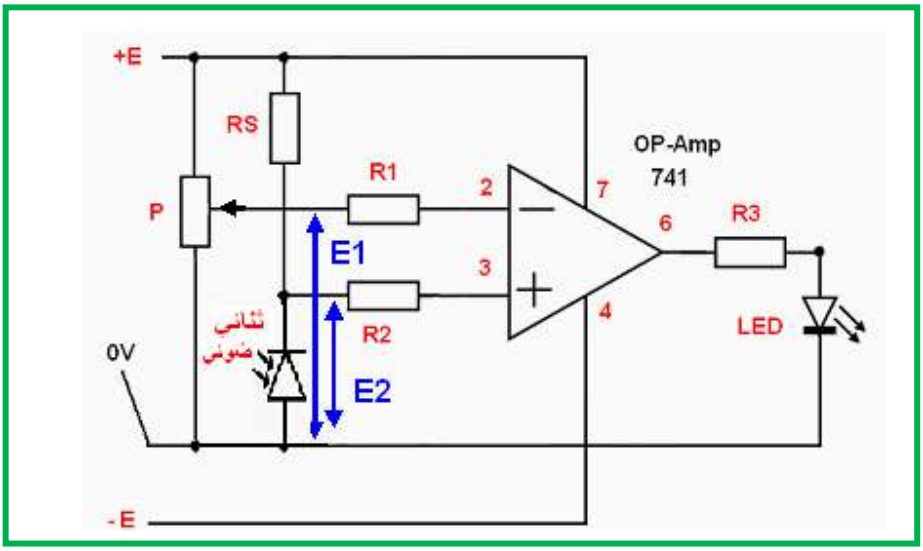
الشكل (2 – 19) الثنائي الضوئي يسطر على عمل المرحل

وللتمييز بين الثنائي الضوئي والخلايا الشمسية لاحظنا أن الثنائي الضوئي يحول الضوء (الموجات الكهرومغناطيسية) إلى كهرباء فأنه في ذلك كالخلايا الشمسية تحول الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة كهربائية فهما يقومان بنفس العمل ويشتركان بنفس المبدأ ويختلفان في نقطتين:

1- يعمل الثنائي الضوئي في مجال الاتصالات ومعالجة الإشارات فيحول الإشارات الضوئية إلى كهربائية بينما تشغل الخلايا الشمسية وظيفة توليد الكهرباء عن طريق تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية أي أن الثنائي الضوئي يستعمل ككاشف ضوئي أكثر منه كمحول طاقة.

2- يعمل الثنائي الضوئي في حالة الانحياز العكسي (Reverse Bias) بينما تترك الخلية الشمسية دون تسليط جهد عليها لأن واجبها توليد الكهرباء وليس استهلاكها.

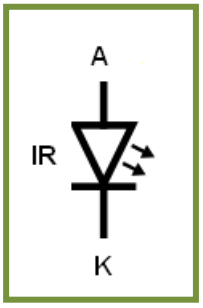
الدائرة الموضحة بالشكل (2 – 20) عبارة عن دائرة سيطرة بوساطة شدة الضوء باستخدام الثنائي الضوئي، الدائرة مكونة من مكبر العمليات OP-Amp وثنائي الانبعاث الضوئي LED وثنائي ضوئي وعدد من المقاومات. يعمل مكبر العمليات كمقارن، وثنائي الانبعاث الضوئي LED للتأكد من عمل الدائرة عندما تقل شدة الضوء الساقط على الثنائي الضوئي. و المقاومة RS مربوطة على التوالي مع الثنائي الضوئي وهي مجزئ جهد (Voltage Divider). تكون مقاومة الثنائي الضوئي قليلة بسبب سقوط الضوء عليها فيتكون عليها فرق جهد قليل أيضا. وبتغيير المقاومة المتغيرة P يمكن جعل الفولتية على الطرف العاكس اكبر من الفولتية على الطرف غير العاكس أي E1>E2 وعندما تقل شدة الضوء الساقط على الثنائي الضوئي تزداد مقاومته ويزداد فرق الجهد بين طرفيه، في هذه الحالة يزداد الطرف غير العاكس عن الطرف العاكسE1< E2. في هذه اللحظة يصبح خرج مكبر العمليات موجباً فيتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي. عند إعادة شدة الضوء إلى الحالة الأولى ينطفئ (OFF) ثنائي الانبعاث الضوئي من جديد. يمكن تنظيم حساسية الدائرة لأي شدة ضوئية بتغيير المقاومة (P).



الشكل (2 – 20) دائرة سيطرة باستخدام الثنائي الضوئي

2 - 5 ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء: Infrared LED Diode

تعمل ثنائيات الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء بالانحياز العكسي والضوء المنبعث منه لا تحس به عين الإنسان بالطول ألموجي من 820nm - 1000nm ويتركب هذا الثنائي من مادة كاليوم ارسنك (gallium arsenic) ويختصر اسم الثنائي IR LED ويرمز له كما في الشكل (2 – 21).



الشكل(2 –21) رمز IR LED

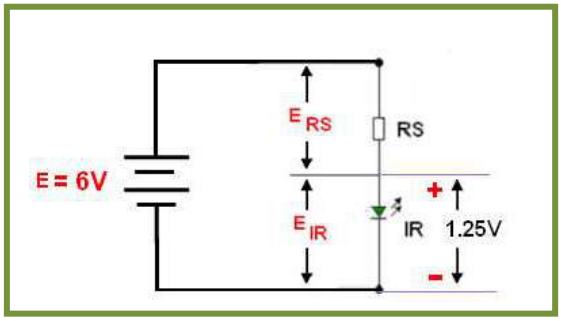
يعمل الثنائي IR LED بشكل عام بالفولتية 1.25V وتيار مقداره 20mA وفي حالة استخدام فولتية مصدر أكثر من 1.25V يتم وضع مقاومة بالتوالي مع الثنائي كي يبقى التيار ثابتاً ويساوي 20mA. ولحساب قيمة المقاومة RS نتبع مايلي (شكل 2 - 22):

$$E = E_{RS} + E_{IR}$$

$$E_{RS} = E - E_{IR} = 6 - 1.25 = 4.75\,V$$

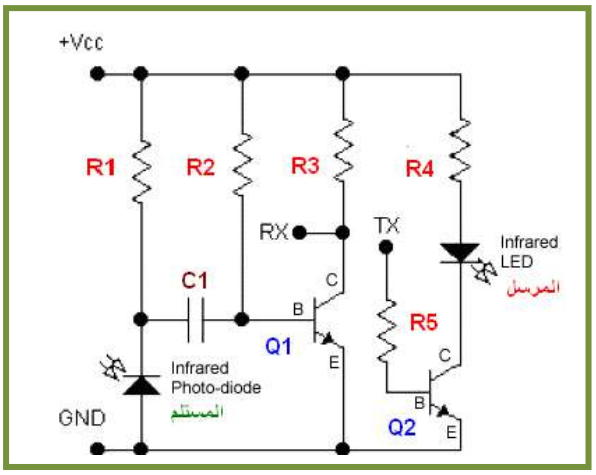
$$RS = \frac{E_{RS}}{I} = \frac{4.75}{20 \times 10^{-3}} = 237.5\,\Omega$$

وبما إن قيمة المقاومة غير قياسية لذلك يمكن اختيار إحدى القيم القريبة منها على أن تكون اكبر منها مثل المقاومة 220Ω أو المقاومة 270Ω لاحظ الشكل (2 – 22). يمكن زيادة تأثير الضوء بتوصيل عدد من هذه الثنائيات بالتوالي. يستخدم IR LED في أنظمة الإرسال في التحكم عن بعد (Remote Control) وتبدد هذه الثنائيات قدرة صغيرة جداً وتبعث ضوءاً مترداً صغيراً جداً ولا تتأثر هذه الثنائيات بالضوضاء Noise.



الشكل (2 – 22) حساب قيمة المقاومة RS

في الدائرة الموضحة بالشكل (2 – 23) دائرة إرسال TXودائرة استلام RX، تستخدم دائرة الإرسال الثنائي (IR LED) بينما تستخدم دائرة الاستلام الثنائي الضوئي الذي يعمل بالكشف عن الأشعة تحت الحمراء IR فيولد تياراً صغيراً يتناسب مع الضوء المكشوف.

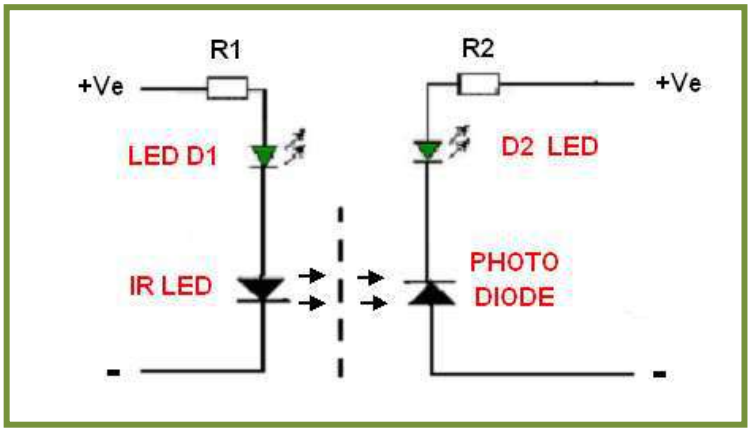


الشكل (2 – 23) دائرة إرسال واستلام باستخدام IR

توجد أشكال متعددة للثنائي الضوئي للكشف عن IR وحسب الشركات المصنعة وكما موضحة بالشكل (2 – 24).

الشكل (2 – 24) أنواع مختلفة من الثنائيات الضوئية للأشعة تحت الحمراء

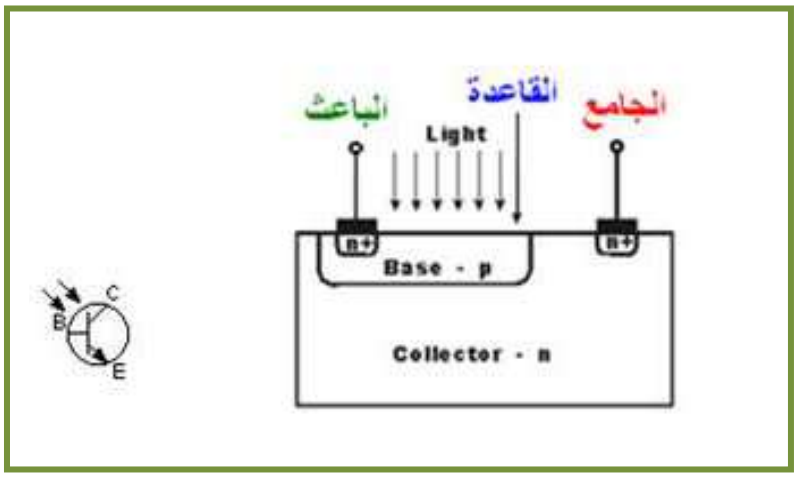
الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (2 – 25) مثال آخر لاستخدام ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء والثنائي الضوئي وهي عبارة عن مرسل ومستلم وفي هذا النظام يستخدمIR LED في المرسل والثنائي الضوئي في المستلم. ولكل منهما مصدر فولتية منفصل ولا يوجد ربط بين المصدرين. وصل ثنائي الانبعاث الضوئي D1 و D2 للتأكد من مرور التيار في دائرة المرسل ودائرة المستلم. وتحدد كل من المقاومات R1 و R2 مقدار التيار المار في دائرة المرسل ودائرة المستلم. وبتسليط الفولتية إلى دائرة IR LED تبعث ضوءاً بالأشعة تحت الحمراء في ناحية المرسل ويؤكد ذلك توهج ثنائي الانبعاث الضوئي. يتأثر الثنائي الضوئي (Photodiode) في دائرة المستلم بضوء الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من IR LED فيزداد تيار الانحياز العكسي للثنائي الضوئي. ويؤكد توهج ثنائي الانبعاث الضوئي D2 مرور التيار في دائرة المستلم. في حالة قطع (Cut Off) مصدر الفولتية عن دائرة المرسل تتوقف الدائرة عن العمل.



الشكل (2 - 25) الإرسال والاستلام باستخدام IR LED و الثنائي الضوئي

6-2 الترانزستور الضوئي : Photo transistor

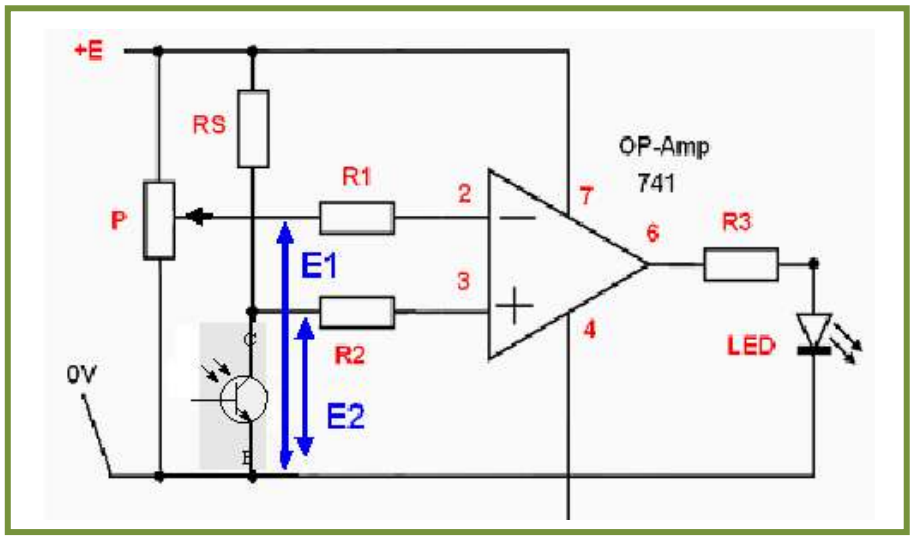
الترانزستور الضوئي نوع من الترانزستورات التي يزداد فيها تيار القاعدة (Base) عندما يسقط الضوء عليه. وهو عبارة عن ترانزستور حساس للضوء كما هي الثنائيات الضوئية ومصمم للعمل بنفس النظرية، وتصنع معظم الترانزستورات الضوئية المختلفة من ترانزستورات PNP او NPN ولا يستخدم طرف القاعدة عادةً وينحاز الجامع الى الباعث بالصورة الاعتيادية ويعتبر الثنائي بين الجامع والقاعدة ثنائياً ضوئياً. تقوم العدسات للترانزستور الضوئي بتجميع الضوء الساقط على سطح منطقة الاتصال للثنائي بين الجامع والقاعدة ويمر تيار جامع في الدائرة عند سقوط الضوء. في حالة عدم وجود ضوء ساقط للثنائي الضوئي بين الجامع والقاعدة يصبح الترانزستور الضوئي عازلاً. يوصل حمل الدائرة عادة مع الجامع وبسقوط الضوء يبدأ التيار بالمرور خلال الحمل والشكل (2 – 26) يوضح تركيب الترانزستور الضوئي ورمزه .



الشكل (2 – 26) تر كيب الترانزستور الضوئي ورمزه

الشكل (2 – 27) أشكال مختلفة للترانزستورات الضوئي

الدائرة الموضحة بالشكل (2 – 28) عبارة عن دائرة سيطرة بواسطة شدة الضوء باستخدام الترانزستور الضوئي، الدائرة عبارة عن مقارن باستخدام مكبر العمليات تسمح بتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي عندما تقل شدة الضوء الساقط على الترانزستور الضوئي. وضع ثنائي الانبعاث الضوئي LED للتأكد من عمل الدائرة. المقاومة RS مربوطة على التوالي مع الترانزستور الضوئي وهي مجزئ جهد (Voltage Divider). تكون مقاومة الترانزستور الضوئي قليلة بسبب سقوط الضوء عليه فيتكون على الترانزستور الضوئي فرق جهد قليل أيضا. وبتغيير المقاومة المتغيرة P يمكن جعل الفولتية على الطرف العاكس أكبر من الفولتية على الطرف غير العاكس اي E1>E2 وعندما تقل شدة الضوء الساقط على الترانزستور الضوئي تزداد مقاومته ويزداد فرق الجهد بين طرفيه، في هذه الحالة يزداد الطرف غير العاكس عن الطرف العاكسE1< E2. في هذه اللحظة يصبح خرج مكبر العمليات موجباً فيتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي، عند إعادة شدة الضوء الى الحالة الأولى ينطفئ (OFF) ثنائي الانبعاث الضوئي من جديد. ويمكن تنظيم حساسية الدائرة لأية شدة ضوئية بتغيير المقاومة (P).



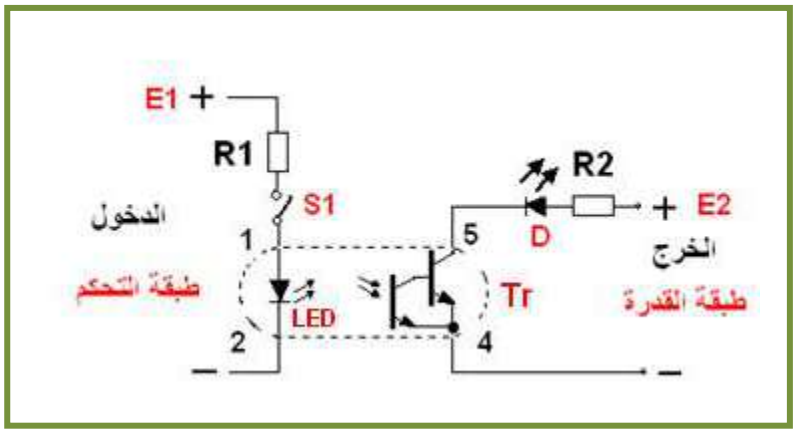
الشكل (2- 28) دائرة سيطرة باستخدام الترانزستور الضوئي

للترانزستورات الضوئية كثير من الاستعمالات منها أجهزة الإنذار والمصاعد وفي أجهزة التلفزيون كوحدة استقبال لجهاز التحكم عن بعد (Remote Control) وغيرها.

7-2 ترانزستور المزدوج الضوئي : : Opto Coupler Transistor

تستخدم عناصر الالكترونيات الضوئية لأغراض عزل دائرة كهربائية ذات مدى منخفض الفولتية عن دائرة أخرى ذات فولتية عالية ولأغراض أخرى، وهذا يشبه عمل المحولات الكهربائية وقد أطلق على وحدة العزل هذه اسم وحدة العزل الضوئي وهي تعمل على العزل الكهربائي التام بين الدوائر الكهربائية. تتكون وحدة العزل الضوئي في العادة من ثنائي الانبعاث الضوئي LED مرتبطاً بترانزستور أو ثايرستور يتحسسان بالضوء.

في دوائر الإلكترونيك الصناعي لطبقات السيطرة أو التحكم فولتيات وتيارات صغيرة بينما تكون طبقات القدرة كبيرة. لهذا السبب فان خطوط السيطرة وخطوط القدرة يجب أن تكون معزولة الواحدة عن الأخرى. وأفضل العناصر الالكترونية للقيام بهذه المهمة هي العوازل الضوئية ففي هذه العوازل الضوئية تنتقل الإشارة من المرسل إلى المستلم خلال الضوء فقط. ويكون طول الموجة للضوء المستخدم في العوازل المرئية بين 820–1000nm ويدعى طول الموجة هذا بالأشعة تحت الحمراء(Infrared) والتي لا تحس بها عين الإنسان. يتكون هذا الترانزستور من ثنائي الانبعاث الضوئي LED يعمل على الأشعة تحت الحمراء IR وترانزستور ضوئي بنفس الغلاف كما موضح بالشكل(2 – 29).



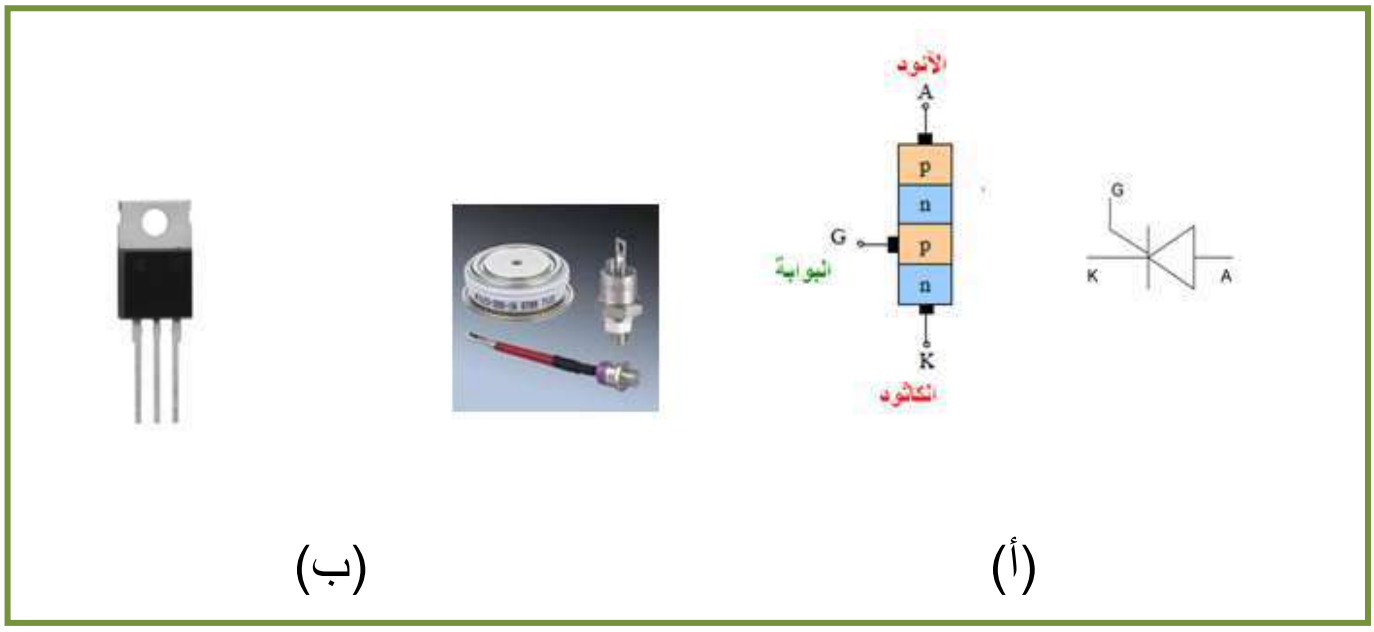
الشكل (2 – 29) تركيب وعمل دائرة Opto coupler Transistor

مصادر فولتيات الدائرة E1 و E2 مقصورة على التبادل المشترك وبتسليط مؤثر(Excitation) للدائرة وبغلق المفتاح S1 سوف تسلط الفولتية E1 إلى طرفي الثنائي IR LED للإطراف 1 و 2 خلال المقاومة R1 والمفتاح S1. يبدأ الثنائي IR LED انبعاث ضوء الأشعة تحت الحمراء وتصبح أطراف الترانزستور الضوئي 4 و 5 بالانحياز الأمامي بسبب المصدر E2. ومن الشكل نلاحظ أن طرف القاعدة

في حالة فتح وان ثنائي الانبعاث الضوئي D بالتوالي مع R2 يعتبر حملاً للجامع، والضوء المنبعث من الثنائي (IR LED) يسلط على الترانزستور الضوئي فيبدأ تدفق تيار الجامع. إن التغير في الفولتية بين الجامع والباعث للترانزستور الضوئي لن تؤثر على تيار الجامع وتتم السيطرة على تيار الجامع بالتناسب مع ضوء الثنائي IR LED. في حالة نقصان فولتية المصدر E1 يحدث نقصان في ضوء الثنائيIR LED أيضاً فتقل شدة الضوء الساقط على الترانزستور الضوئي فيضئ الثنائي D بإضاءة قليلة وتعمل دائرة الترانزستور الضوئي.

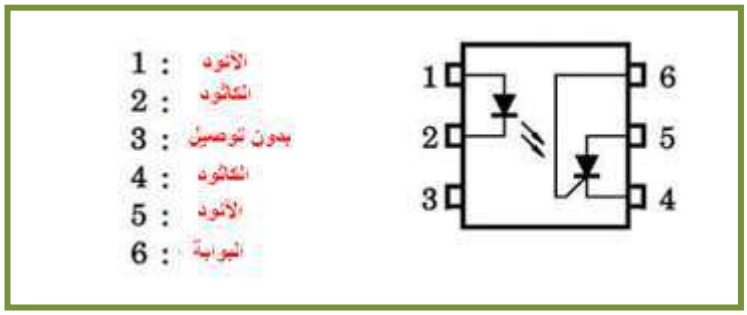
2– 8 ثايرستور المزدوج الضوئي : Opto Coupler Thyristor

نعرف أن الثايرستور: عبارة عن وصلة مكونة من أربع بلورات من المواد شبة الموصلة P.N.P.N مكون من الانود (Anode) والكاثود (Cathode) والبوابة (Gate) تستخدم كمفتاح كهربائي عند تسليط نبضة Trigger على طرف البوابة لاحظ الشكل (2 - 30) الذي يمثل تركيب الثايرستور ورمزه.



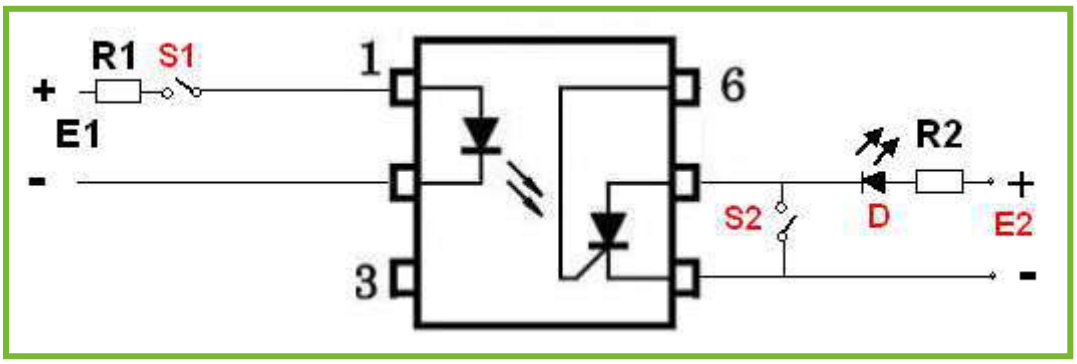
الشكل (2 – 30) تركيب الثايرستور ورمزه(أ) واشكاله (ب)

إن أفضل العناصر الالكترونية للعزل بين (دائرة المرسل) ودائرة (دائرة المستلم) هي دوائر المزدوج الضوئي ففي هذه الدوائر تنتقل الإشارة من المرسل إلى المستلم خلال الضوء فقط. ويكون طول الموجة للضوء المستخدم في العوازل المرئية بين 820 – 1000nm ويدعى طول الموجة هذا بالأشعة تحت الحمراء (Infrared) التي لا تحس بها عين الإنسان. فبوضع الثنائي IR LED مع ثايرستور يتحكم بالضوء وبغلاف واحد كما موضح في الشكل (2 – 31).



الشكل (2 – 31) تركيب ثايرستور المزدوج المرئي Opto Coupler Thyristor

عمل الثنائي الضوئي الذي يتحكم بالترانزستور هو نفسه الذي يتحكم بالثايرستور ويتم القدح (Triggering) بوساطة ضوء الأشعة تحت الحمراء كما موضح بالشكل (2- 32) وهو الطرف السادس. عند غلق المفتاح S1 وتسليط فولتية المصدر E1 على الثنائي IR LED خلال المقاومة R1 يبعث الثنائي IR LED ضوء الأشعة تحت الحمراء الذي يتحكم بضوء الثايرستور المتصل بالأطراف 4,5,6 والموصل بالمصدر E2. وتمثل المقاومة R2 وثنائي الانبعاث الضوئي D حمل للثايرستور الضوئي (Opto Thyristor). بسبب انبعاث الضوء من IR LED على الثايرستور يصبح في حالة توصيل فيمر تيار حمل فيشع الثنائي D الضوء. وعند غلق المفتاح S2 تُفتقد الفولتية بين الآنود والكاثود للثايرستور فتتوقف العملية.



الشكل (2 – 32) تشغيل الثايرستور الضوئي OPTO Thyristor

ويأخذ الثايرستور الضوئي أشكال مختلفة كما موضحة في الشكل (2 – 33).

الشكل (2- 33) أشكال مختلفة للثايرستور الضوئي

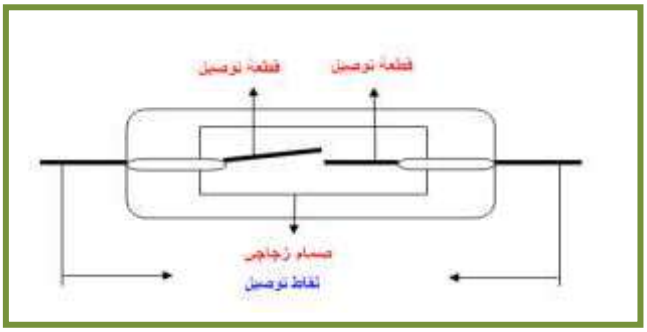
2 – 9 المتحسسات : SENSORS

المتحسس عبارة عن عنصر يتأثر بالكميات الفيزيائية كالحرارة والضغط والسرعة والحركة والقوة والضوء والصوت ومن ثم تحويلها إلى كميات كهربائية مكافئة لتلك الكميات الفيزيائية. ويمكننا ملاحظة الكثير من المتحسسات في حياتنا اليومية كمتحسس الحرارة الذي يتحسس بدرجة حرارة الغرفة أو الثلاجة والمتحسس الضوئي الذي يوضع مع مصابيح الإنارة في الطرقات لتتم الإنارة عند مغيب الشمس.

2 - 9-1 متحسس كهرومغناطيسي :

يتركب المتحسس الكهرومغناطيسي من قطعتي توصيل (contact) موضوعتين داخل صمام مفرغ من الهواء كما موضح بالشكل (2 – 34). وتوجد أنواع عديدة منها للفتح والغلق. تصنع نقاط التوصيل من معادن متينة تتحمل القوس الكهربائي والتأكسد وهذه العناصر هي الفضة والنيكل والكوبالت وخليط من التنكستن والبلاد يوم (palladium).

ويتم فتح وغلق نقاط التوصيل بتقريب مغانيط طبيعية أو تشكيل مغانيط صناعية بوضع ملفات حول المتحسس ويدعى هذا المتحسس (tongue contact relay).

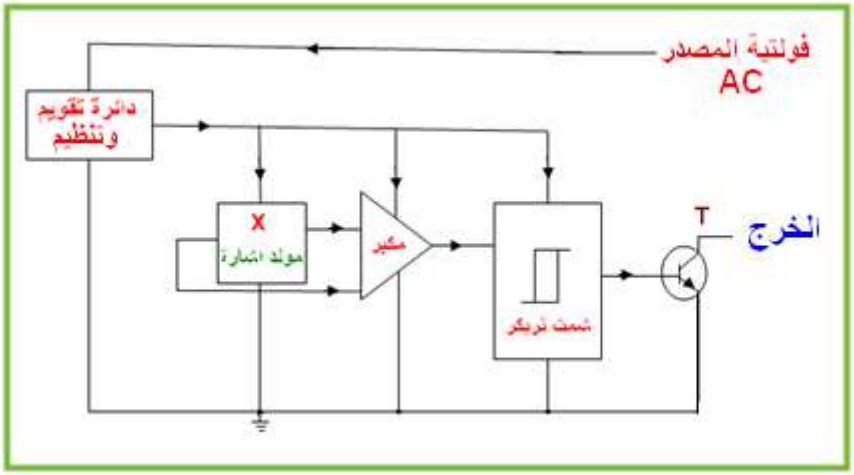


الشكل (2 – 34) متحسس الكترومغناطيسي

2 – 9- 2 متحسس الكترومغناطيسي :

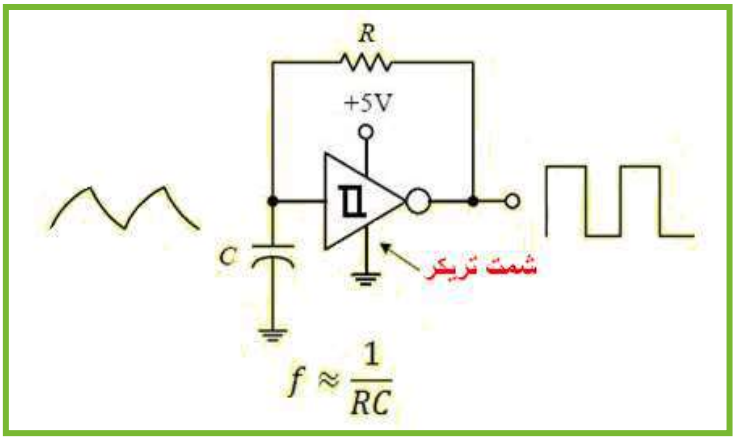
المتحسسات الإلكترومغناطيسي عبارة عن نوع ترانزستوري ومفاتيح مغناطيسية ويمتاز بما يلي:

- ملائم مع كل المغانيط الثابتة.
- حساس للتغيرات في درجات الحرارة بين ($+85^{o}$ C و -20^{o} C) .
- له متانة للتغيرات الفيزيائية.
- يعمل بين (4.5V – 25V).



الشكل (2 – 35) المخطط الكتلوي للمتحسس الالكترومغناطيسي

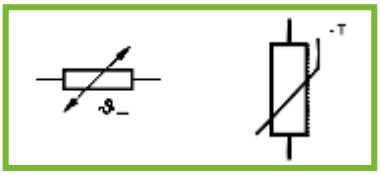
المخطط الكتلوي الموضح بالشكل (2 – 35) يوضح التركيب الالكتروني الداخلي للمتحسس الالكترومغناطيسي. تعمل دائرة التنظيم (Regulation) على استقرارية الفولتية المجهزة للدوائر الالكترونية ومنع الفولتية الداخلة من التغيرات والتذبذبات (Fluctuations)، الجزء الموضح بالعلامة X عبارة عن مولد فولتية يعمل بالتأثيرات المغناطيسية تكبر الإشارة الخارجة منه بوساطة مكبر العمليات وهي إشارة قدح للمذبذب شمت تريكر (Schmitt Trigger) الذي يستخدم لتحويل التغيرات البطيئة في الشكل الموجى للدخل إلى شكل في الخرج محدد وحاد وخالٍ من إي ضوضاء كما موضح بالشكل (2 – 36). ويعمل الترانزستور T ذو الجامع المفتوح كمفتاح يسيطر على أي حمل موضوع معه.



الشكل(2 – 36) مذبذب شمت تريكر (Schmitt Trigger)

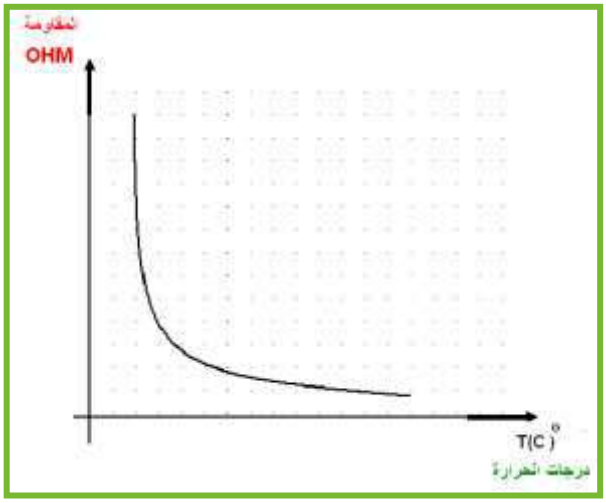
2 – 10 المعامل الحراري السالب : NTC (Negative Temperature Coefficient)

بعض اكاسيد المعادن تكون على شكل مسحوق (بلورات) لها خاصية تقل فيها مقاومتها إثناء التسخين. تستخدم هذه الخاصية في مقاومات المعامل السالب NTC (Negative Temperature Coefficient) ويرمز لها كما في الشكل (2 - 37).



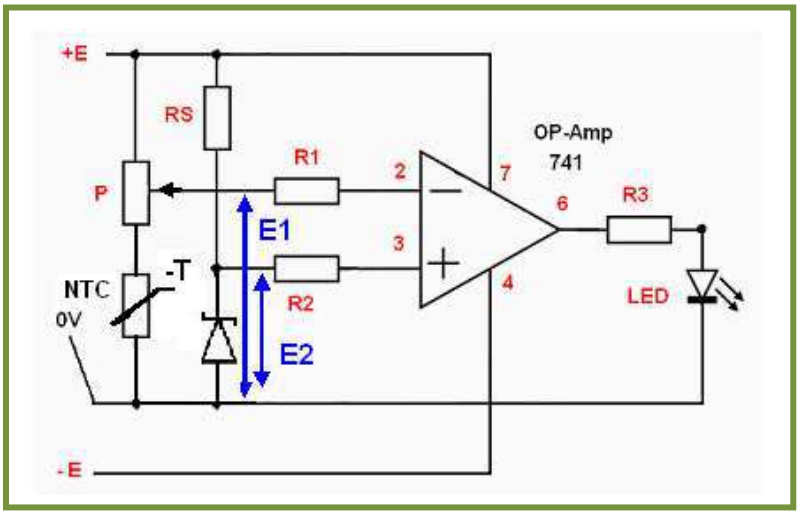
الشكل (2 – 37) رمز المقاومة NTC

تدعى المقاومة NTC في درجة حرارة الغرفة (18-20 ^{O} C) بالمقاومة الباردة (Cold Resistance) من مرور التيار خلال NTC كما في المقاومة الكربونية ويتناسب مع درجة الحرارة، والمنحني في الشكل (2 – 38) يوضح العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة لـ NTC. تستخدم NTC كمتحسس حراري.



الشكل (2 – 38) العلاقة بين الحرارة والمقاومة لـ NTC

الدائرة الموضحة بالشكل (2 – 39) عبارة عن دائرة سيطرة تتحسس بالحرارة باستخدام NTC، الدائرة عبارة عن مقارن باستخدام مكبر العمليات. تعمل الدائرة بصورة ذاتية عندما تزداد درجة حرارة الوسط. وضع ثنائي الانبعاث الضوئي LED للتأكد من عمل الدائرة. المقاومة RS مربوطة على التوالي مع ثنائي زينر وهي مجزئ جهد (Voltage Divider) عندما تكون درجة حرارة الوسط ضمن المعدل (Average) تصبح مقاومة NTC عالية، ويصبح فرق الجهد عليها عالياً. بتغير المقاومة المتغيرة P بحيث تصبح E1>E2 ويصبح ثنائي الانبعاث الضوئي في حالة OFF. بزيادة درجة حرارة الوسط تقل مقاومة NTC فيقل فرق الجهد عليها، وفي هذه النقطة يكون إدخال طرف العاكس اقل من إدخال الطرف غير العاكس E1< E2، فيصبح خرج المقارن موجباً، فيتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي. إذا قلت درجة حرارة الوسط للحالة الأولى، ينطفئ ثنائي الانبعاث الضوئي من جديد. يمكن استخدام هذه الدائرة في دورة الماء في السيارة فتعمل بصورة ذاتية عند ارتفاع درجة حرارة المحرك. يمكن التحكم بحساسية الدائرة بتحديد قيمة المقاومة المتغيرة P.



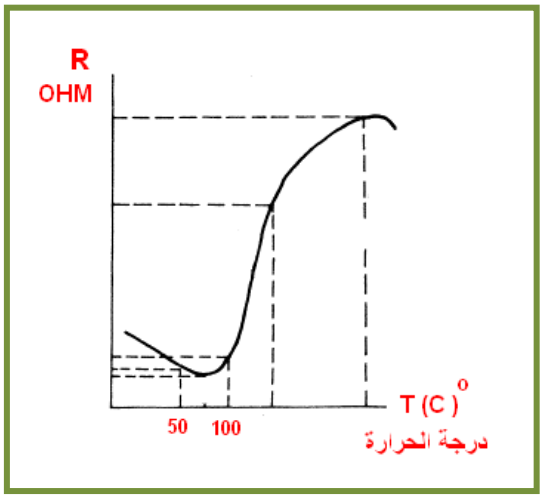
الشكل (2 – 39) دائرة سيطرة باستخدام NTC

2 – 11 المعامل الحراري الموجب : PTC (Positive Temperature Coefficient)

بعض اكاسيد المعادن، أملاح معدنية، خليط من الحديد ومواد شبه الموصلة لها خاصية ازدياد مقاومتها أثناء التسخين. تستخدم هذه الخاصية في مقاومات المعامل الموجب PTC ويرمز لها كما في الشكل(2-40).

الشكل (2 – 40) رمز المقاومة الحرارية PTC

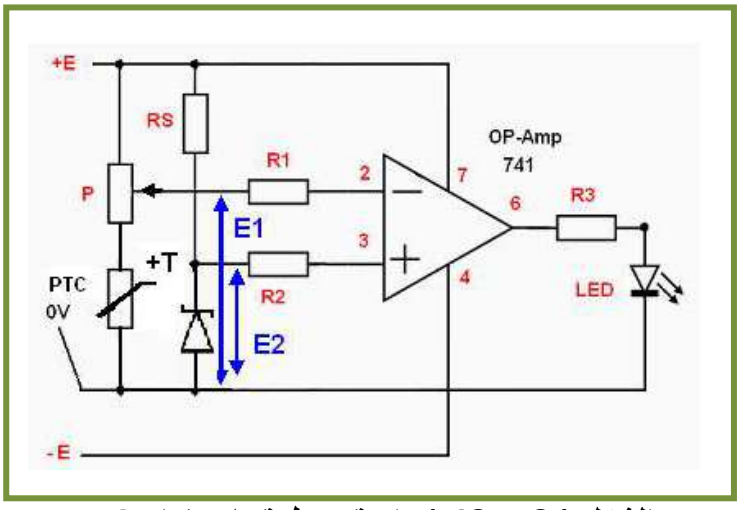
تدعى المقاومـــــة PTC في درجة حرارة الغرفـــــة بالمقاومة البـــاردة (Cold Resistance) من ^{O}C 20 – 18 . مرور التيار خلال PTC هو كما في المقاومة السلكية، فتزداد المقاومة لـ PTC عندما ترتفع درجة الحرارة. والشكل (2 – 41) يوضح العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة لـ PTC. تستخدم PTC كمتحسس حراري.



الشكل (2 – 41) العلاقة بين المقاومة ودرجات الحرارة لـ PTC

الدائرة الموضحة بالشكل (2 – 42) عبارة عن دائرة سيطرة تتحسس بالحرارة باستخدام PTC، الدائرة عبارة عن مقارن باستخدام مكبر العمليات، وتعمل الدائرة بصورة ذاتية عندما تزداد درجة حرارة الوسط. وضع ثنائي الانبعاث الضوئي LED للتأكد من عمل الدائرة. المقاومة RS مربوطة على التوالي مع ثنائي زينر وهي مجزئ جهد (Voltage Divider) عندما تكون درجة حرارة الوسط بالمعدل (Average) تصبح مقاومة PTC عالية ويصبح فرق الجهد عليها عالياً. في هذه النقطة يكون إدخال طرف العاكس اكبر من إدخال الطرف غير العاكس E1>E2 فيصبح خرج المقارن سالباً فينطفئ ثنائي الانبعاث الضوئي. إذا قلت درجة حرارة الوسط للحالة الأولى يتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي من جديد. تستخدم هذه الدائرة في

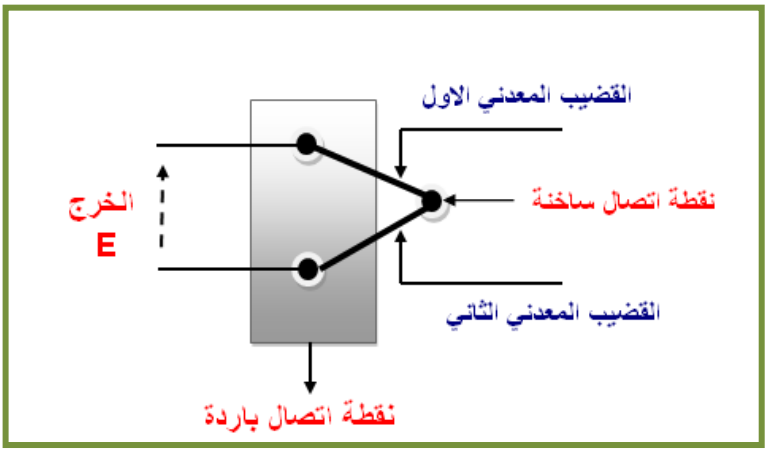
السخانات حيث يعمل السخان عندما تقل درجة الحرارة وبالعكس. يمكن التحكم بحساسية الدائرة بتحديد قيمة المقاومة المتغيرة بتغير المقاومة المتغيرة P.



الشكل (2 – 42) دائرة سيطرة باستخدام PTC

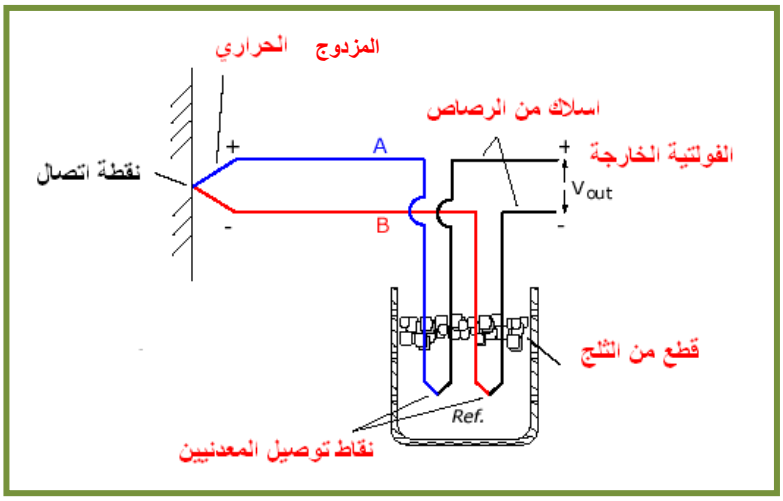
2 – 12 المزدوج الحراري : (Thermocouple)

المزدوج الحراري: أحد المتحسسات الحرارية المستخدمة في الدوائر الالكترونية ودوائر التحكم الصناعي لقياس وتحديد درجات الحرارة وهي متحسسات دقيقة ومتينة. ومبدأ عمل المزدوج الحراري عبارة عن توصيل سلكين معدنيين مختلفين بعضهما عن بعض وتسخين نقطة الاتصال بين السلكين كما موضح بالشكل (2- 43).



الشكل (2 – 43) تركيب المزدوج الحراري

وتسمى نقطة المزدوج الحراري بنقطة الاتصال الحار وتثبت هذه النقطة في المكان المطلوب قياس حرارته بالتطبيقات العملية. تكون الفولتية الخارجة من المزدوج الحراري قليلة جداً لذلك يستخدم مكبر فولتية من الناحية العملية ولابد من أن تكون مواد المزدوج الحراري بنفس درجة الحرارة وبعكسه يكون القياس خاطئاً. نقطة اتصال نهاية الطرفين تدعى بنقطة الاتصال البارد وتثبت في درجة حرارة ($0\ C^0$) لاحظ الشكل (2 – 44).

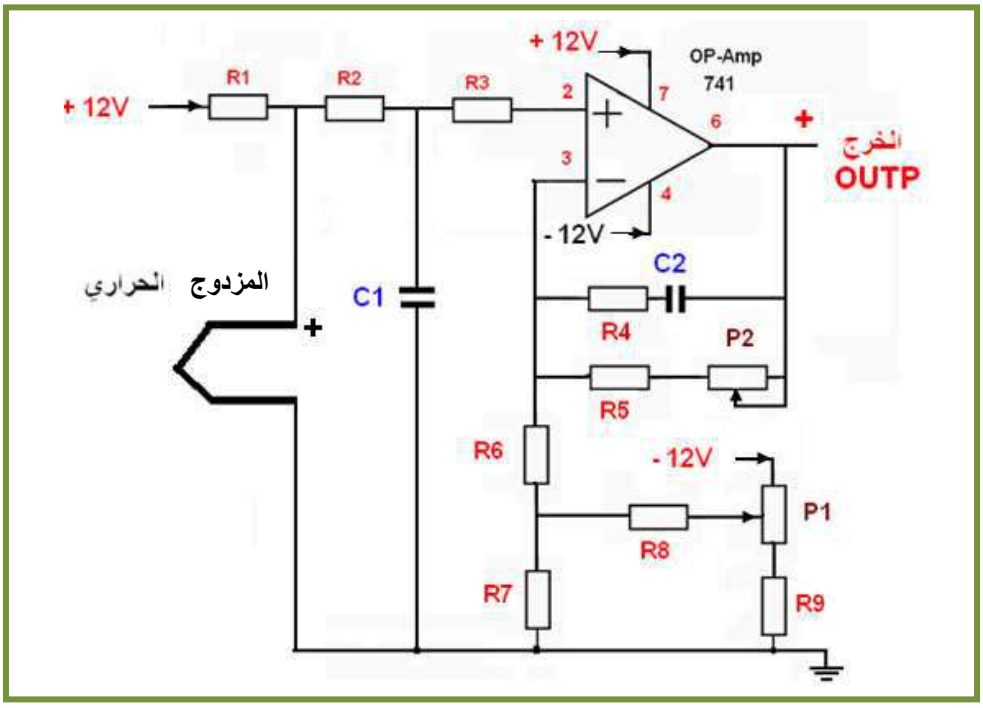


الشكل (2 – 44) تركيب المزدوج الحراري

وللمزدوج الحراري أشكال عديدة كما موضح في الشكل (2 – 45) .

الشكل (2 – 45) أنواع مختلفة من أشكال المزدوج الحراري

يستخدم مكبر العمليات كمكبر غير عاكس كما موضح في الشكل (2 – 46)، يسلط خرج المزدوج الحراري مع فولتية المصدر الموجبة إلى الطرف غير العاكس خلال R1 , R2 , R3 . وضعت C1 لحماية إشارة الطرف غير العاكس من الضوضاء. تنظم فولتية المصدر السالبة بوساطة R6 , R7, R8 ,R9 والمقاومة المتغيرة P1 وتسلط على الطرف العاكس لمكبر العمليات. لتحديد فولتية المرجع (reference voltage) للنقطة 3 من مكبر العمليات يتم ذلك بتغيير المقاومة المتغيرة P1 وهذا يقابل درجة حرارة معينة. التغذية العكسية من خرج مكبر العمليات إلى الطرف العاكس تتم خلال R4 R5, C2 والمقاومة المتغيرة P2 التي تعمل على تحديد قيمة التغذية العكسية أي مقدار ربح مكبر العمليات. فعلى سبيل المثال بتغير P2 يزداد الخرج (10mV) مقابل زيادة في درجة حرارة ($10C^{o}$).



الشكل (2 – 46) مكبر العمليات غير العاكس و المزدوج الحراري

2– 13 محولات الطاقة : (Transducers)

تشكل محولات الطاقة عنصراً مهماً في أنظمة التحكم إذ تقوم بتحويل الطاقة من شكل إلى آخر لتتناسب مع نوعية نظام التحكم. وتختلف أنواع محولات الطاقة باختلاف عملية تحويل الطاقة فمنها ما يقوم بتحويل الطاقة الهيدروليكية والهوائية إلى طاقة ميكانيكية مثل المكبس والغشاء ومنها ما يقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية مثل المولد الكهربائي أو ما يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية مثل المحرك الكهربائي فضلاً عن محولات الطاقة الحرارية والضوئية وغيرها.

2- 13- 1 محولات الطاقة الكهروحرارية Thermoelectric Transducers

تعمل محولات الطاقة الكهروحرارية على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية باستخدام متحسسات حرارية مثل المزدوج الحراري والثيرمستور والكواشف الحرارية (RTD) التي تستخدم للتحسس بدرجات الحرارة بشكل دقيق جداً لاحظ الشكل (2 – 47). فعلى سبيل المثال في ماكينة لصق الكارتون يتم ضبط حرارة المادة اللاصقة على($180\ C^{o}$) ويتم التحكم بهذه الدرجة بوساطة (RDT) (Repeatable Detector Temperature)

الشكل (2 – 47) الكواشف الحرارية

2 - 13-2 محولات الطاقة الكهروضوئية : photoelectric Transducers

تعمل محولات الطاقة الكهروضوئية على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية باستخدام العناصر الضوئية مثل الثنائي الذي يتحسس بالضوء والترانزستور الذي يتحسس بالضوء والثايرستور الذي يتحسس بالضوء وغيرها. ومن محولات الطاقة الكهروضوئية المستخدمة في الأعمال الصناعية يستعمل لقياس سرعة دوران عمود ادارة (shaft) وتحديد سرعة الحزام (belt) المتصل معه لاحظ الشكل

(2 – 48) وتوصل المجموعة الى عداد حركة الكتروني.

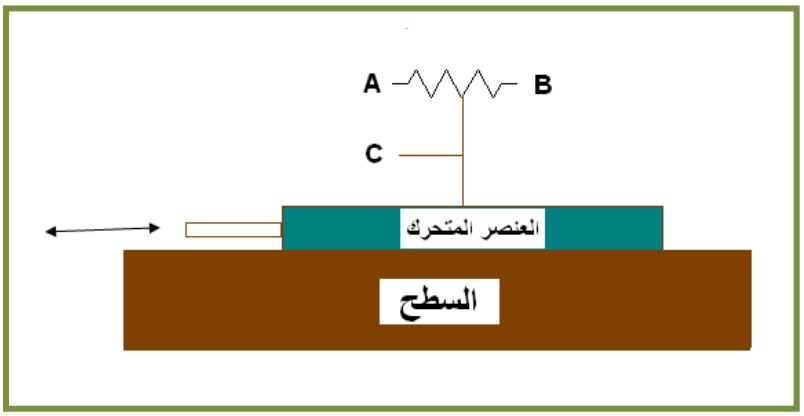
الشكل (2 – 48) محول طاقة كهروضوئي

3-13-2 محولات طاقة الموضع والإزاحة: position and displacement Transducers

تعمل محولات طاقة الموضع والإزاحة على تحويل الإشارة الميكانيكية إلى إشارة كهربائية تتناسب مع موضع العنصر المتحكم به وإزاحته ومنها :

أ- المقاومة المتغيرة : Potentiometer

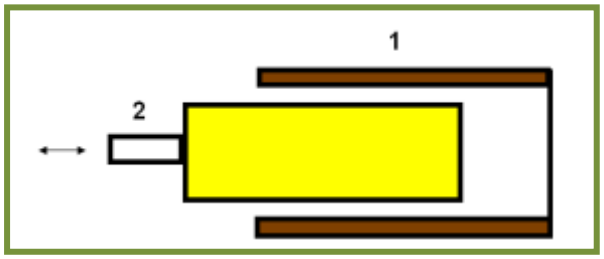
وفيها يتحرك المنزلق مع حركة العنصر الى الإمام او الخلف مما يؤدي إلى تغير في قيمة المقاومة وبذلك تتغير قيمة الفولتية فيؤدي الى الحصول على إشارة كهربائية تتناسب سعتها مع الإزاحة الخطية للعنصر المتحكم به. والشكل (2 – 49) يوضح كيفية استخدام المقاومة المتغيرة محولاً للطاقة.



الشكل (2 – 49) المقاومة المتغيرة كمحول للموضع والإزاحة

ب- السعة المتغيرة : variable capacitance

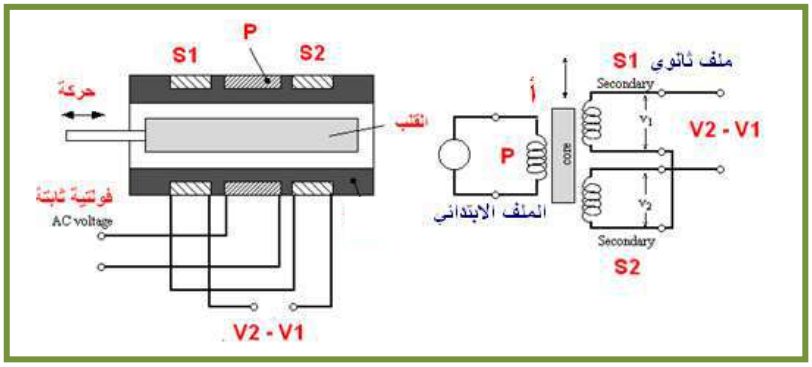
وفيها تتغير سعة المتسعة بما يتناسب مع الحركة الميكانيكية للعنصر ويبين الشكل (2 – 50) متسعة تتكون من أنبوب خارجي (1) وأنبوب داخلي متحرك (2). عندما يتحرك الأنبوب الداخلي إلى داخل الأنبوب الخارجي فإنه يغطي جزءاً اكبر من سطح الأنبوب الخارجي فتزداد السعة وبالعكس تقل السعة عندما يتحرك الأنبوب الداخلي في الاتجاه المعاكس أي أن قيمة السعة للمتسعة تتناسب مع الحركة الميكانيكية للأنبوب الداخلي ولو تم وضع هذه المتسعة في قنطرة تغذى عن طريق إشارة التيار المتناوب وتؤخذ الإشارة الكهربائية من خرج القنطرة فانه يتم الحصول على إشارة تتناسب سعتها مع الإزاحة.



الشكل (2 – 50) محول بالسعة المتغيرة

ج- المحول التفاضلي المتغير الخطي : Transformer Linear Variable Differential

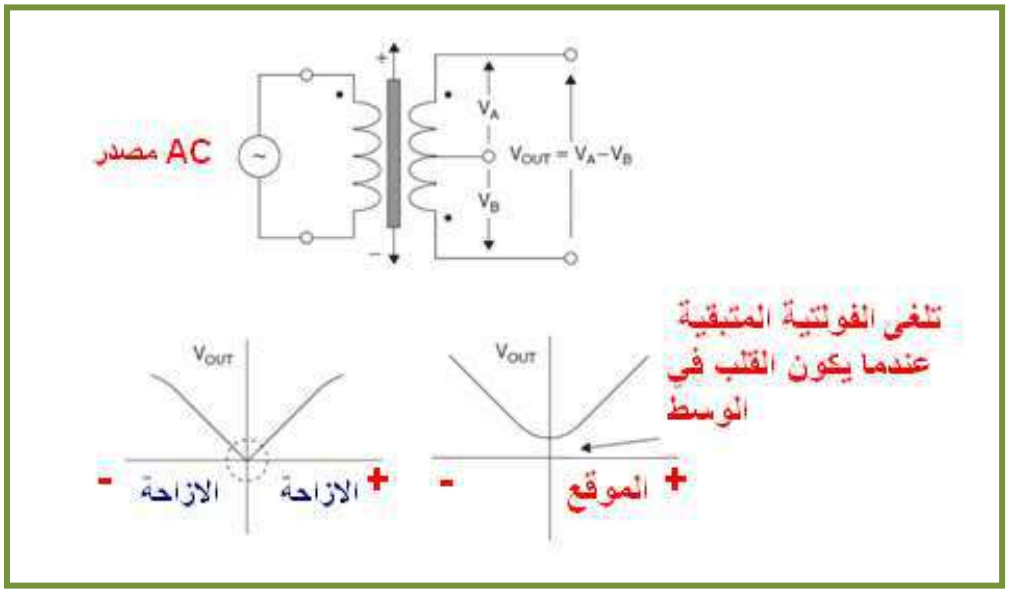
يعمل على تحويل إشارة الحركة الميكانيكية إلى إشارة كهربائية ويبين الشكل (2- 51) تركيب هذا المحمول إذ يتكون من ملف ابتدائي (أ) موصل إلى فولتية متناوبة AC ثابتة، وتحتوي الدائرة الثانوية للمحول على ملفين ثانويين (S1) و (S2) متصلين ببعضهما بعكس الاتجاه بحيث تكون محصلة الفولتية على خرج هي الفرق بين فولتيتي الملفين الثانويين أي أن = V2 – V1 (ΔV). وتعتمد قيمة الفولتية المتغيرة (ΔV)على حركة القلب المغناطيسي اذ يتحرك هذا القلب حركة أمامية وخلفية تحت تأثير القوة الميكانيكية الخارجية.



الشكل (2 – 51) المحول التفاضلي المتغير الخطي

يمكن الاعتماد على المحول التفاضلي الخطي المتغير LVDT لقياس المسافة الخطية بصورة دقيقة ويستعمل في المكائن الحديثة وفي الروبوت والصناعات الالكترونية والتصنيع المبرمج.

الشكل (2 – 52) للـ (LVDT) هو متحسس (موضع – كهربائي) خرجه يتناسب مع موضع القلب المعدني المتحرك. يتحرك القلب بصورة خطية داخل المحولة المكونة من ملف ابتدائي في الوسط وملفين ثانويين ملفوفين على شكل اسطواني. يحث الملف الابتدائي بفولتية المصدر للتيار المتناوب AC وبترددات مختلفة للحصول على فولتيات محتثة في الملفات الثانوية حيث تتغير مع الموضع للقلب المعدني وتركيب أجزاء التجميع. يوضع القلب عادة بطريقة يسهل فيها التماس مع القضيب الغير مغناطيسي وبتدويره يتم التماس مع الشيء المراد قياس حركته أو إزاحته.



الشكل (2 – 52) عمل المحول التفاضلي المتغير الخطي

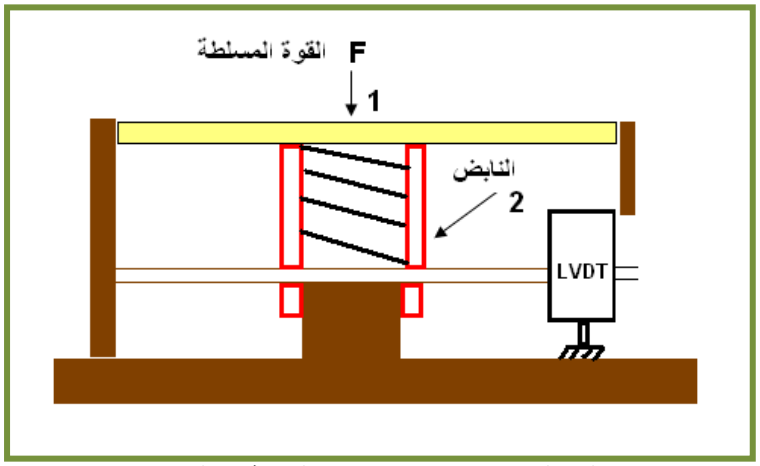
عندما يكون القلب (Core) في المركز فإن فولتيات الملفين الثانويين يكونان متعاكسين ومتساويين مع بعضهما، وتكون محصلة الفولتية الخارجة صفراً. وعندما يتحرك القلب من المركز تزداد الفولتية في الملف الثانوي للطرف القريب لحركة القلب بينما تقل الفولتية في الملف المعاكس الآخر ويظهر الفرق بين الفولتيتين بسبب تغير موضع القلب خطياً.

4-13-2 محولات القوة : Force Transducers

تعمل على تحويل إشارة القوة المؤثرة إلى إشارة كهربائية يمكن استخدامها لقياس سرعة الأجسام المتحركة أو لقياس الوزن والضغط وكميات المواد وغيرها ومن أهم أنواع نوافل القوة هي:

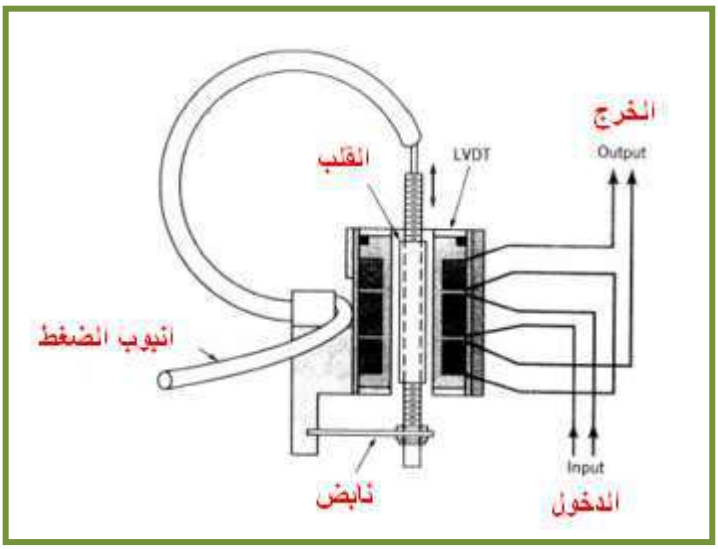
أ – باستخدام الناقل التفاضلي المتغير الخطي (LVDT):

يقوم بتحويل أثر القوة إلى إزاحة ويقوم الناقل التفاضلي المتغير الخطي باستشعار هذه الإزاحة ويبين الشكل (2 – 53) مثالاً على ذلك فعندما تؤثر قوة (F) على الطاولة (1) تضغط هذه الطاولة على النابض (2) الذي يحرك القلب المعدني للمحول مما يؤدي إلى ظهور إشارة كهربائية تتناسب سعتها مع القوة المؤثرة على الطاولة.



الشكل (2 – 53) تحويل تاثير القوة

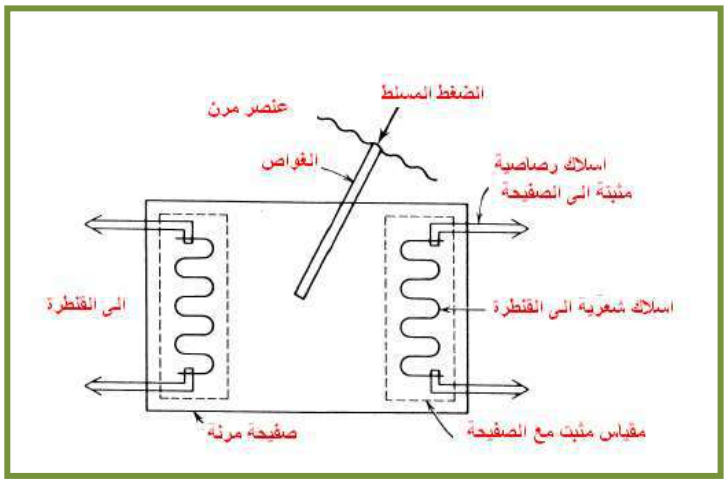
الشكل (2 – 54) يوضح محول الضغط باستخدام (LVDT) فبتسليط ضغط على الأنبوب يتغير موقع القلب فيتغير المجال المغناطيسي للمحول الطاقة (LVDT) مما يؤدي إلى ظهور إشارة كهربائية تتناسب مع الضغط المسلط .



الشكل (2 – 54) ناقل الضغط

ب – باستخدام مقياس التوتر(الانفعال) : Strain Gauge

مقياس التوتر أو الانفعال: هو مقاومة متغيرة تتكون من سلك معدني ذي مقاومة متغيرة بتغير القوة المؤثرة فيه فكما هو معروف إن مقاومة السلك تتناسب طردياً مع طوله وعكسياً مع مساحة مقطعه فإذا تعرض السلك لقوة شد فان طوله يزداد وتقل مساحة مقطعه مما يؤدي إلى زيادة مقاومته وبالعكس إذا تعرض السلك لقوة ضغط فان طوله ينقص وتزداد مساحة مقطعه مما يؤدي إلى نقصان مقاومته. وإذا استخدم مقياس التوتر هذا في قنطرة فانه يمكن الحصول على إشارة في الخرج تتناسب مع التغير في قيمة مقاومة مقياس التوتر. لاحظ الشكل (2 – 55)



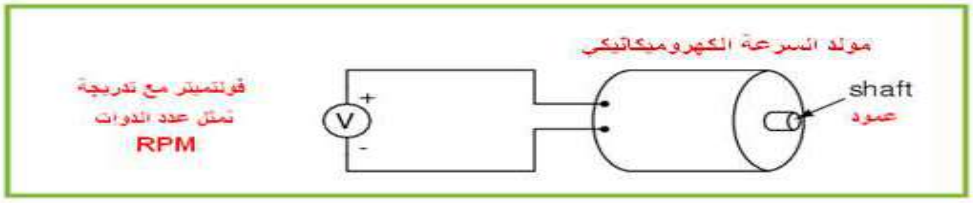
الشكل (2 – 55) محول قوة مقياس التوتر

2- 13-5 محولات السرعة : Velocity Transducers

تستخدم محولات السرعة على تحويل إشارة السرعة (إشارة ميكانيكية) إلى إشارة كهربائية تستخدم في عمليات القياس والتحكم ومن هذه المحولات :

أ – مولد السرعة الكهروميكانيكي : Tachogenerator

يعمل على تحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهربائية ويبين الشكل (2 – 56) مولد سرعة كهروميكانيكي يتكون من العضو الدوار الذي تثبت عليه المغانيط الدائمة بهدف توليد مجال مغناطيسي ويتصل هذا العضو بمصدر الحركة الدورانية ميكانيكياً بوساطة عمود مشترك كما ان العضو الثابت يحتوي على ملف يتولد على طرفيه فولتية تتناسب مع السرعة الدورانية.

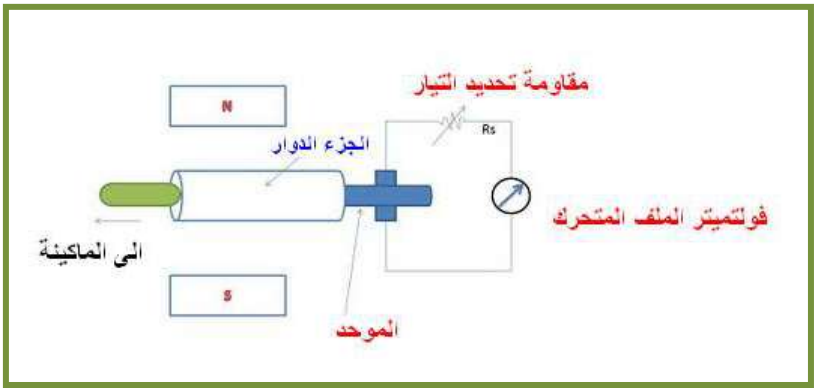


الشكل (2 – 56) مولد السرعة الميكانيكي

ب - مولد السرعة الضوئي : Optical Tachogenerator

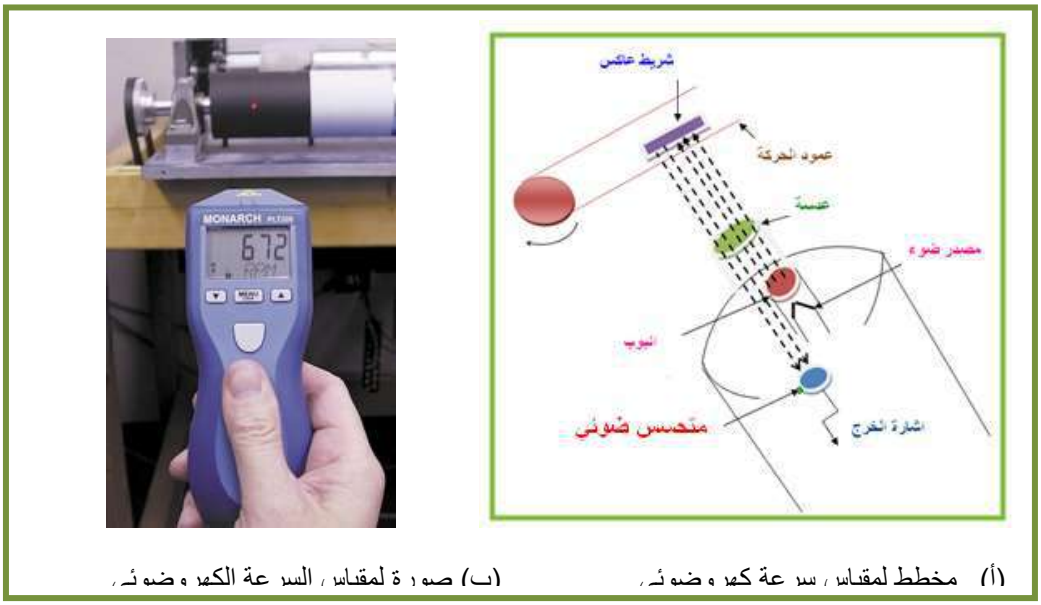
الشكل (2 – 57) يبين مولد السرعة DC يتكون من الجزء الدوار (المنتج) (Armature) موضوع في مجال مغناطيسي دائم ومتصل مع الماكينة المطلوب قياس سرعتها ، وبدوران العمود (shaft) للماكينة يدور الجزء الدوار في المجال المغناطيسي أيضا فتتولد قوة دافعة كهربائية تتناسب مع حاصل ضرب خطوط المجال المغناطيسي والسرعة المراد قياسها. وبما ان المجال المغناطيسي ثابت لذلك

فان القوة الدافعة الكهربائية (الفولتية) تتناسب مع السرعة مباشرة وتقاس هذه الفولتية باستخدام جهاز الفولتميتر ذو الملف المتحرك مع تدريجة تمثل السرعة. وضعت مقاومة على التوالي لتحديد التيار عندما تكون الدائرة في حالة (دورة قصر) (Short) قطبية الفولتية الخارجة تؤشر اتجاه الدوران ويعمل الموحد (commutator) على تقويم الفولتية المتناوبة AC المتولد في الجزء الدوار إلى فولتية مستمرة DC وتوصليها إلى خرج المولد.



الشكل (2 – 57) مولد السرعة الضوئي DC

الشكل (2 – 58) يبين مقياس سرعة كهروضوئي يعتمد على استخدام (أشعة الليزر) وفيه يرسل مصدر الضوء الأشعة عبر العدسة فتنعكس عن الشريط العاكس المثبت على عمود الحركة وبسبب المتحسس الضوئي للأشعة المنعكسة يولد إشارة خرج تتناسب سعتها مع سرعة دوران محور الحركة.



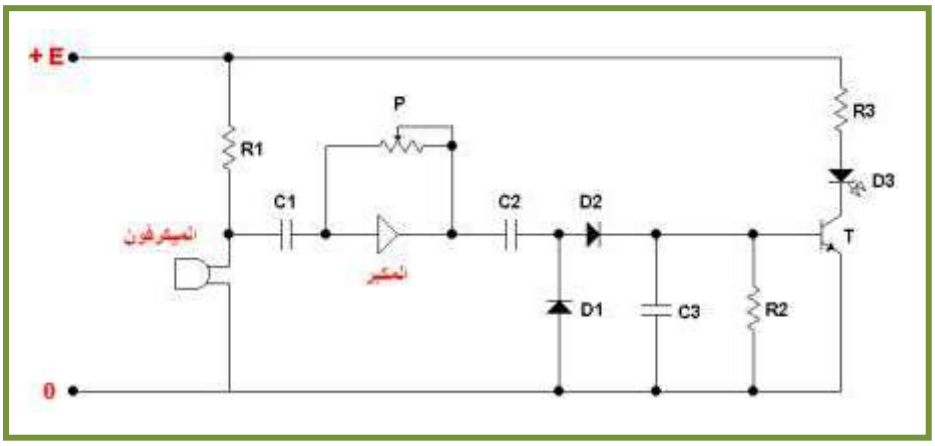
(أ) مخطط لمقياس سرعة كهروضوئي (ب) صورة لمقياس السرعة الكهروضوئي

الشكل (2 – 58) مقياس سرعة كهر وضوئي

2 – 13- 6 محولات الطاقة في المكبرات : (Transducers In Amplifiers)

كما ذكرنا أن العناصر (Elements) المحولة للطاقة من نظام إلى آخر وتغيير المعلومات أو البيانات (Data) بشكل يلائم النظام الآخر تدعى محولات الطاقة (Transducers) وتعني- بشكل

عام- إنها خليط (Combinations) من التحسس، والتحويل، والمعالجة. وأول عملية هي التحسس بالطاقة وتحويلها إلى طاقة كهربائية والعناصر التي تنفذ هذا تدعى بالمتحسسات فعلى سبيل المثال في نظام الصوت (voice) يمكن اعتبار الميكرفون هو المتحسس وهو ميكرفون سعوي. لاحظ الشكل (2 – 59) عبارة عن دائرة تتحكم بتشغيل ثنائي الانبعاث الضوئي (D_3) بوساطة التغيرات الصوتية. يعمل الميكرفون السعوي كمتحسس للصوت فيحول التغيرات في الصوت إلى إشارات كهربائية تسلط على المكبر الذي يعمل على تكبير سعة الإشارة الخارجة من الميكرفون. تستخدم المقاومة المتغيرة (P) وهي مجزئ جهد لتحديد الربح (الكسب) للمكبر وتناسب حساسية المكبر. وبعبارة أخرى إذا كانت النقطة الوسطية للمقاومة (P) موضوعة في أقصى اليمين فان المكبر سوف يتحسس بأقل الأصوات بينما لا يتحسس المكبر إلا بالأصوات عالية القدرة عندما توضع النقطة الوسطية (P) بأقصى اليسار. تحول الإشارات الخارجة من المكبر إلى تيار مستمر (DC) بوساطة (D1, D2) وتسلط على قاعدة ترانزستور الخرج (T)، يتوهج حمل الترانزستور (D3) ثنائي الانبعاث الضوئي (LED) عندما تكون القاعدة إلى الباعث بالانحياز الأمامي فيسري تيار الجامع خلال الثنائي (D3) أي عند وجود صوت ولا يتوهج في حالة عدم وجود صوت.



الشكل (2 – 59) شدة الصوت تتحكم بتشغيل الثنائي LED

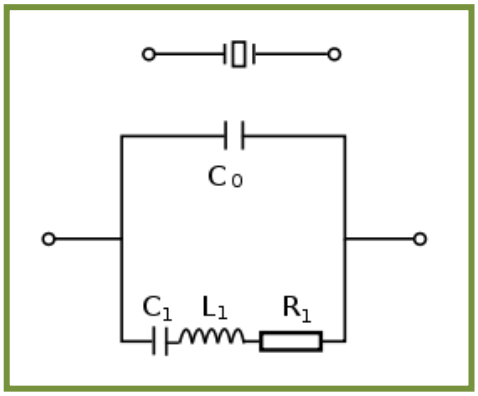
2 – 13-7 محولات الطاقة للموجات فوق الصوتية: Ultrasonic Transducers

تمتاز البلورات الكهرو – اجهادية (Piezoelectric – crystal) بأنها تهتز بنفس تردد الجهد المتناوب المسلط عليها وبالعكس، لو أجبرت على الاهتزاز الميكانيكي فأنها ستولد جهداً متناوباً. من أفضل البلورات الكهرو- اجهادية بلورة الكوارتز(لاحظ الشكل (2 – 60) ، أملاح روشيل، أملاح روشيل والتورمالين وأكثرها استعمالاً بلورات الكوارتز للصفات الآتية :

1- متوفرة في الطبيعة.
2- رخيصة الثمن.
3- تجمع بين صفات أملاح روشيل الكهرو-أجهادية وبلورات التورمالين.

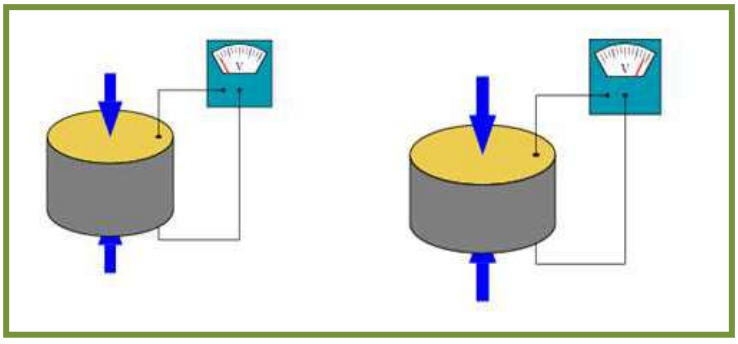
الشكل (2 – 60) بلورة الكوارتز

الشكل (2 – 61) يوضح الرمز لبلورة الكوارتز ودائرتها المكافئة.



الشكل (2 – 61) الرمز والدائرة المكافئة لبلورة الكوارتز

بتسليط المجال الكهربائي على المادة سوف تنظم الجزيئات نفسها مع المجال الكهربائي، تنظيم الجزئيات هذا سوف يغير أبعاد المادة . من هذه المواد الكوارتز (SIO_2) او تيتانيت الباريوم ($Batio_3$)(Barium Titanate) التي تولد المجال الكهربائي عند تسليط الضغط على طرفيها وتسمى هذه الظاهرة بالكهروبيزو (Piezoelectric) لاحظ الشكل (2 – 62).



الشكل (2 – 62) ظاهرة الكهروبيزو

تحويل النبضات الكهربائية الى اهتزازات ميكانيكية وبالعكس تحويل الاهتزازات الميكانيكية الى طاقة كهربائية هو أساس مقياس الطاقة فوق الصوتية (Ultra Sonic). العنصر الفعال هو القلب لمحول الطاقة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية وبالعكس.

اختبارات موضوعية

1- وحدة قياس الطول الموجي

أ - الفولت .

ب- الامبير .

جـ - النانومتر .

2- يصنع ثنائي الانبعاث الضوئي باللون الاحمر من

أ – فوسفات الكاليوم

ب – فوسفات زرنيخ الكاليوم + فوسفات الكاليوم

جـ - فوسفات زرنيخ الكاليوم.

3- تصنع المقاومة LDR من

أ- سلفايد الكاديوم .

ب – كبريتات الصوديوم .

جـ - فوسفات الكاليوم

4– يعمل ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء بالطول الموجي

أ- 100nm – 100nm

ب- 300nm – 400nm

جـ - 820nm – 1000nm

5- الترانزستور الضوئي عندما يسقط الضوء عليه

أ- يزداد تيار القاعدة .

ب- يقل تيار القاعدة .

جـ - لا يتغير تيار القاعدة .

6- يتكون ترانزستور المزدوج الضوئي من

أ- ترانزستورين NPN .

ب- ثنائي مقوم وترانزستور PNP .

جـ - ثنائي LED وترانزستور يتحسس بالضوء.

7 – المتحسس الميكانيكي الالكتروني عبارة عن

أ- مجموعة من الثنائيات .

ب- نوع ترانزستوري ومفاتيح مغناطيسية .

جـ - مجموعة من الترانزستورات والثنائيات الضوئية .

8- تستخدم NTC

أ- كحساس ضوئي .

ب- كحساس حراري .

جـ - كحساس فولتية .

9- محولات الطاقة تعد

أ - عنصراً مهماً في أنظمة التحكم.

ب- عنصراً مهماً في أنظمة الإرسال.

جـ - عنصراً مهماً في أنظمة الاستلام.

10-تعمل المحولات الحرارية على تحويل

أ - نقل إشارة السرعة (إشارة ميكانيكية) إلى إشارة كهربائية

ب - الطاقة الضوئية إلى طاقة حرارية.

جـ - الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية.

11- تعمل امحولات الطاقة الضوئية على تحويل

أ- إشارة السرعة (إشارة ميكانيكية) إلى إشارة كهربائية.

ب- على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.

جـ- الطاقة الميكانيكية إلى طاقة ضوئية.

12- يقوم المحول التفاضلي المتغير الخطي (LVDT) للقوة

أ- بتحويل أثر القوة إلى إزاحة ويقوم المحول ألفرقي الخطي باستشعار هذه الإزاحة.

ب- تحويل إشارة السرعة (إشارة ميكانيكية) إلى إشارة كهربائية

جـ - على قياس شدة الضوء.

13- محول قوة مقياس التوتر(الانفعال) عبارة عن

أ- مقاومة متغيرة .

ب- مغناطيس دورار.

جـ - محولة LVDT

14-يعمل مولد السرعة الميكانيكي على تحويل

أ- الطاقة الميكانيكية الى كهربائية.

ب- الطاقة الميكانيكية الى طاقة ضوئية .

جـ - الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية.

15- محولات الطاقة للموجات فوق الصوتية تعمل على تحويل

أ- النبضات الكهربائية الى اهتزازات ميكانيكية وبالعكس.

ب- الموجات الكهربائية الى موجات صوتية.

جـ - الطاقة الضوئية الى طاقة حرارية.

الأسئلة والتطبيقات

س1: اذكر المواد التي يتكون منها ثنائي LED الأصفر والأبيض .

س2: اشرح مستعيناً بالرسم الدائرة الالكترونية لاستخدام ثنائي LED مع المقارن .

س3: اشرح مع الرسم بالتفصيل تركيب المقاومة LDR .

س4: ارسم العلاقة بين المقاومة والضوء للمقاومة LDR.

س5: وضح مع الرسم دائرة السيطرة باستخدام المقاومة LDR .

س6 : اشرح مستعيناً بالرسم الخلية الضوئية.

س7 : اشرح مع الرسم الدائرة لخلية ضوئية تسيطر على عمل محرك.

س8 : وضح مستعيناً بالرسم عمل الثنائي الضوئي الذي يسيطر على عمل المرحل .

س9: اشرح مع الرسم الإرسال والاستلام باستخدام IR LED والثنائي الضوئي.

س10: وضح بالرسم تركيب الترانزستور الضوئي.

س11: اشرح مستعيناً بالرسم ترانزستور الازدواج المرئي .

س12: وضح مع الرسم تشغيل الثايرستور المرئي .

س13: عرف المتحسسات .

س14: اشرح مع الرسم المتحسس الميكانيكي المغناطيسي .

س15: وضح مع الرسم المتحسس الالكتروني الميكانيكي .

س16: ما الفرق بين NTC و PTC .

س17: اشرح بالتفصيل المزدوج الحراري وتركيبه مستعيناً بالرسم .

س18: اشرح مستعيناً بالرسم محولات الموضع والإزاحة باستخدام المقاومة المتغيرة.

س19: اشرح مستعيناً بالرسم محولات الموضع والإزاحة باستخدام المتسعة المتغيرة.

س20: اشرح مع الرسم المحول التفاضلي المتغير الخطي (LVDT) .

س21: وضح مع الرسم محولات الطاقة للموجات فوق الصوتية .

الفصل الثالث

المتحكمات الدقيقة
Microcontrollers

الأهداف

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل إلى التعرف على المتحكمات الدقيقة ومكوناتها وطريقة برمجتها وآلية عملها فضلاً عن الربط البيني وأسلوب التعامل مع الأجهزة المرتبطة مع المتحكمات الدقيقة.

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على:

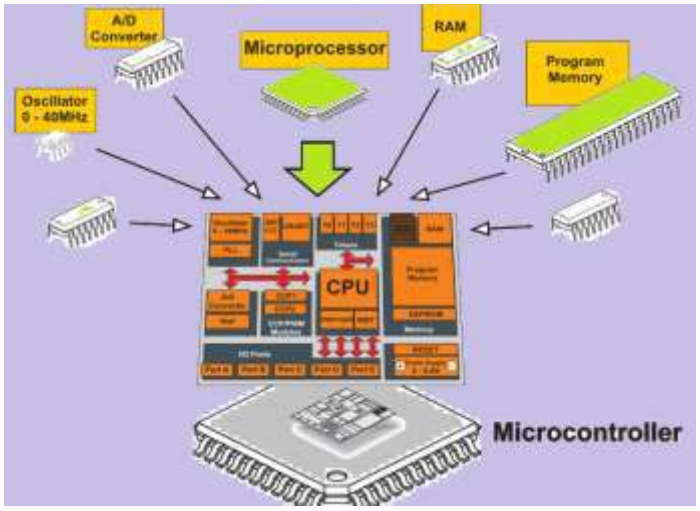
1- التعرف على المتحكمات الدقيقة.
2- التعرف على مكونات المتحكمات الدقيقة.
3- برمجة المتحكمات الدقيقة.
4- التعرف على الربط البيني.
5- التعامل مع الأجهزة الخارجية المرتبطة مع المتحكمات الدقيقة.
6- استخدام منافذ المتحكمات الدقيقة بالشكل الأنسب.
7- وضع الخوارزميات الخاصة بالبرنامج المصمم.
8- رسم المخطط الانسيابي للبرامج.

محتويات

الفصل 3

تعلم المواضيع

Microcontrollers
المتحكمات الدقيقة



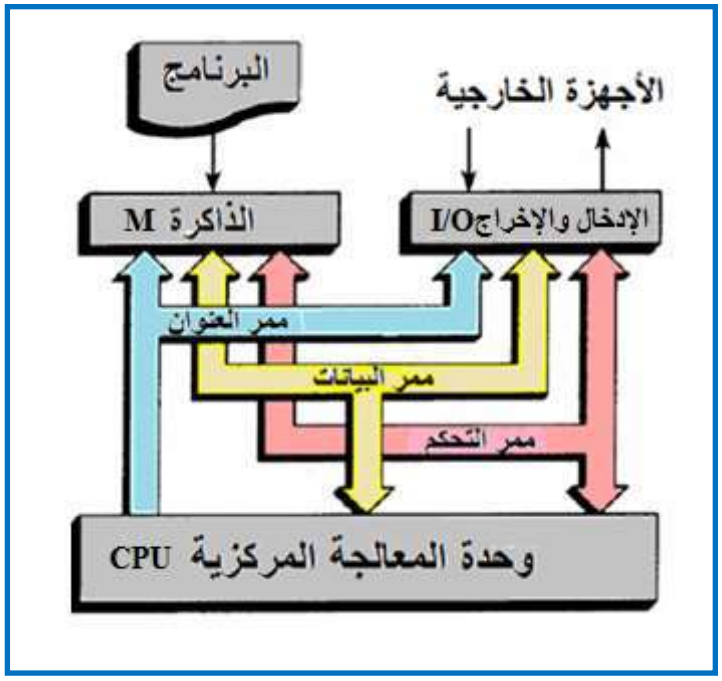
المتحكمات الدقيقة
المكونات الداخلية للمتحكمات الدقيقة
منافذ الخرج المتوازية
منافذ الخرج التسلسلية
آلية عمل المتحكمات الدقيقة
برمجة المتحكمات الدقيقة
الربط البيني
تطبيقات المتحكمات الدقيقة

1.3 المتحكمات الدقيقة Microcontrollers

المتحكم الدقيق هو عبارة عن دائرة متكاملة (Integrated Circuit) من نوع الدوائر المتكاملة الواسعة القياس جداً Very Large Scale Integrated Circuits (VLSI) بالإمكان برمجتها لأداء وظائف مختلفة وأهمها التحكم بالمنظومات. ولقد شاع استخدام هذه المتحكمات في الوقت الحالي في أغلب الأنظمة الحديثة وذلك لصغر حجم الدائرة الإلكترونية اللازمة لأداء المهمة مقارنةً بمثيلاتها من الدوائر الإلكترونية الفيزيائية ذات البنية الغير قابلة للبرمجة، وكذلك المرونة في تغيير الوظائف دون الحاجة إلى تبديل مكونات الدائرة وغيرها كثير. لذا نلاحظ انه كلما تعقدت الدائرة الإلكترونية أصبح من المناسب استخدام المتحكمات الصغيرة في تصميمها. يمكن استخدام المتحكمات الدقيقة في تطبيقات عديدة كالتحكم بمحركات السيرفو، وتوليد الأصوات، ومراقبة حساسات الأشعة تحت الحمراء، وتسجيل معطيات الدخل التي يتم توليدها بواسطة مبدلات طاقة تشابهية (analog transducers) وغيرها من التطبيقات. تستخدم المتحكمات الدقيقة في أفران المايكروويف، وفي أجهزة التلفزيون والفيديو، وفي الأجهزة المحيطة بالحواسيب كالطابعات أللليزرية وسواقات الأقراص، كما تستخدم أيضاً في أنظمة ألتحكم بالسيارات وفي أي جهاز يتطلب تحكماً برمجياً.

2.3 المكونات الداخلية للمتحكم الدقيق Internal components of the microcontroller

يحتوي المتحكم الدقيق على وحدة المعالجة المركزية (Central Processing Unit CPU) التي تنجز نفس المهام الأساسية التي ينجزها المعالج الدقيق (Microprocessor) لجهاز الحاسوب كالعمليات المنطقية وعمليات التحكم بالمداخل والمخارج I/O وغيرها. يحتوي المتحكم الدقيق على مكونات أخرى غير وحدة المعالجة المركزية مثل الذاكرة ROM والذاكرة RAM ومنافذ الاتصال التسلسلي (Serial Communication Ports) ومنافذ الاتصال المتوازي (Parallel Communication Ports) وغالباً ما يحتوي أيضاً مبدلات A/D وغيرها. ويمكن اعتبار المتحكم الدقيق من حيث الجوهر حاسوباً صغيراً بدون لوحة مفاتيح (keyboard) وشاشة عرض (monitor). يبين الشكل (1.3) المكونات المهمة للمتحكم الدقيق.



الشكل (1.3)المكونات المهمة للمتحكم الدقيق

1.2.3 وحدة المعالجة المركزية Central processing unit (CPU)

وهي أهم وحدة من وحدات المتحكم الدقيق إذ تتم فيها كافة العمليات المهمة من نقل وتفسير ومعالجة للإيعازات مع ما تتضمنها من بيانات مختلفة. إذاً فإن دور وحدة المعالجة المركزية هو نفسه في المعالج الدقيق في الحواسيب حيث أن لها ممرات عنونة (Address Buses) وممرات بيانات (Data Buses) وممرات تحكم (Control Buses) وتمتلك القدرة على قراءة وتنفيذ التعليمات أو الإيعازات (Instructions) وتحتفظ بالبيانات المؤقتة وبالبرامج في ذاكرة وصول عشوائي (RAM). يبين الشكل (2.3) مخططاً موضحاً فيه المكونات الداخلية لوحدة المعالجة المركزية.

الشكل (2.3) المكونات الداخلية لوحدة المعالجة المركزية

أولاً: وحدات الحساب والمنطق Arithmetic Logic Unit (ALU)

تحتوي وحدة المعالجة المركزية كما هو الحال في كل المعالجات الدقيقة (Microprocessors) على وحدة حساب ومنطق (ALU) مكونة من بوابات ووظيفتها هي إنجاز عمليات حسابية ومنطقية (AND, OR, NOT, -, +، وغيرها) وكذلك عمليات المقارنة (=> ,>= ,= ,> ,<) وكذلك إزاحة المعطيات المرسلة إليها من الذاكرة. وتتلقى وحدة الحساب والمنطق دعماً من سجلاتها والتي تسمى سجلات المراكمات (accumulators registers) حيث تستقبل هذه المراكمات القيم الأولية من الذاكرة وتحتفظ بنتائج العمليات الحسابية والمنطقية وتعيد نتيجة الحساب والعمليات المنطقية إلى الذاكرة. توجد مجموعة من المبينات الثنائية (binary indicators) التي تسمى الأعلام (flags) وترتبط بشكل مباشر بوحدة الحساب والمنطق وتؤمن معلومات تغذية عكسية تحكمية على شكل ملخص بحالات الوحدة ALU بعد كل عملية وتتضمن هذه المعلومات حالة النتيجة، موجبة، أو سالبة، أو صفر، أو لاتساوي صفر، أو اكبر من محتويات المراكم، أو أصغر وهكذا.

ثانياً: وحدة السيطرة Control Unit

إن وحدة السيطرة هي عنصر التوجيه في النظام، وهي المسؤولة عن تنفيذ تتابعات البرنامج المخزون، وتنجز هذه المهمة بالمتابعة المتكررة لدورة تنفيذ كل إيعاز من الإيعازات في البرنامج. تقوم وحدة التحكم هذه بسحب (fetching) الإيعاز المكتوب أساساً على شكل شفرة (Code) في الذاكرة الرئيسية إلى سجل الإيعاز (Instruction register)، ثم تتم عملية فك الشفرة (decoding) ومن ثم بعد التفسير تتم عملية تنفيذ (executing) الإيعاز بإرسال إشارات التحكم المناسبة إلى وحدة الحساب والمنطق (ALU) والذاكرة والخرج والدخل، وهذا ما يسمى بالدورة (fetch-decode-execute). تتكرر هذه العملية للإيعازات الآتية وهكذا يتم تنفيذ البرنامج المخزون في الذاكرة.

ثالثاً: وحدة السجلات Registers Unit

تعتبر وحدة السجلات من وحدات الخزن المؤقت حيث يكون أسلوب الخزن فيها مشابه لأسلوب الخزن في الذاكرة نوع (RAM)، فعند رفع التغذية الكهربائية عنها تتلاشى المعلومات المخزونة فيها. وتوجد السجلات بشكل أساسي داخل وحدة المعالجة المركزية حيث تختلف أعدادها ووظائفها من معالج إلى آخر فهنالك على سبيل المثال سجل المراكم (accumulator) وهو أهم أنواع السجلات الموجودة في كل أنواع المعالجات على الإطلاق حيث تتم عن طريقه أغلب العمليات الحسابية والمنطقية والنقل بشكل مباشر وسوف نأتي لاحقاً إلى إيضاح هذه العمليات من خلال الأمثلة، وهنالك سجلات الأغراض العامة (general purpose registers) تستخدم داخل المعالج من قبل البرنامج كخزن مؤقت أثناء البرمجة أو كوسيط

لإجراء عملية معينة وتختلف أعدادها باختلاف نوع المعالج المستخدم. ومن السجلات المهمة أيضاً هو عداد البرنامج (program counter) حيث يقوم هذا السجل بالإشارة الى عنوان الموقع الآتي في الذاكرة الرئيسية المخزون فيها البرنامج المطلوب تنفيذه لكي يؤدي المعالج وظيفته (من سحب – تفسير - تنفيذ). وهناك سجل آخر لاتقل أهميته -في بعض الأحيان- عن أهمية المراكم ويرتبط عمله كثيراً بالمراكم وهو سجل الأعلام (flags register) حيث يعطي هذا السجل إيضاحاً لحالات العمليات الحسابية والمنطقية التي أجريت داخل المعالج والتي تعتمد عليها الشروط الموضوعة من قبل المبرمج داخل البرنامج مثلاً حالات الأكبر والأصغر والمساواة والتصفير وغيرها.

من المهم جداً معرفة أن الممرات (buses) موجودة داخل المعالج وهذا يقلل زمن التأخير (delay time) المتعلق بحركة المعلومات أثناء تنفيذ البرنامج ولهذا أهمية قصوى في أسلوب وضع البرنامج من قبل الشخص المبرمج، فكلما قل الزمن اللازم لتنفيذ البرنامج كلما كان البرنامج أفضل أي بمعنى آخر تكون استجابة منظومة التحكم المبنية على أساس المتحكم الدقيق أسرع.

2.2.3 الذاكرة Memory

الذاكرة هي أيضاً عبارة عن دائرة متكاملة لها القابلية على خزن المعلومات. تستخدم المتحكمات الصغيرة كما للحاسبات ثلاثة أنواع من الذاكرات وهي: ذاكرة القراءة فقط ROM، وذاكرة الوصول العشوائي (RAM). بالنسبة لذاكرة (ROM) فهي تعمل كذاكرة غير تطايرية (nonvolatile) تستخدم للخزن ألدائمي والمقصود بالغير تطايرية هو أن الإيعازات والبيانات المخزونة داخل الذاكرة لا تتلاشى بعد رفع مصدر التغذية عن الذاكرة، أما الذاكرة (RAM) فإن المعلومات المخزونة داخلها تتلاشى بعد رفع مصدر التغذية وتستخدم للخزن المؤقت أثناء تنفيذ البرنامج وتسمى في بعض الأحيان بذاكرة المستخدم (user memory).

بالنسبة للمتحكم الدقيق فإن عملية استخدامه للذاكرات يكون بالأسلوب الآتي: يتم كتابة البرنامج الخاص بالمتحكم الدقيق على الحاسوب الشخصي، وبعد التأكد من صحة البرنامج يتم نقله إلى الذاكرة (ROM) الخاصة بالمتحكم الدقيق عن طريق جهاز برمجة خاص، ولذاكرة (ROM) أنواع مختلفة منها EEPROM و FLASHRAM وغيرها. عند الرغبة في تنفيذ البرنامج المخزون في (ROM) تقوم وحدة المعالجة المركزية بواجبها:- سحب- تفسير- تنفيذ (fetch-decode-execute) والتي تحتاج بذلك إلى الذاكرة (RAM) من اجل التواصل السريع مع المعالج، حيث أن سرعة نقل المعلومة في الذاكرة (RAM)أسرع بكثير من الذاكرة (ROM). إذاً الذاكرة (ROM) هي ذاكرة قراءة فقط أما الذاكرة (RAM) فهي ذاكرة قراءة وكتابة.

إن البنية الداخلية للذاكرات بشكل عام تتألف من مواقع بأبعاد مختلفة (8-bit, 4-bit، وغيرها) ولكل موقع عنوان من خلاله تقوم (CPU) بالوصول إلى الموقع المطلوب حيث ترسل (CPU) العنوان الخاص بموقع من مواقع الذاكرة المستخدمة عن طريق ممر العنوان (address line) الذي يرسل إلى المفسر(decoder) الموجود داخل الذاكرة، الذي يقوم بدوره بتفسير العنوان وتحديد المكان (الموقع) المطلوب حيث يهيئ الموقع للقراءة أو للكتابة حسب نوع الذاكرة وعملية النقل المطلوب انجازها من قبل (CPU)، وبالتأكيد فإن عملية النقل هذه يكون مسيطر عليها بواسطة وحدة التحكم (control unit).

3.2.3 منافذ الخرج والدخل المتوازية Parallel input/ output ports

إن من المميزات المهمة للمتحكمات الدقيقة هو احتوائها على منافذ خرج ودخل متوازية (يتم نقل المعلومة عن طريقها دفعةً واحدة) جاهزة وفي الغالب تكون عامة بالإمكان التحكم بها بأن تكون منافذ دخل أو منافذ خرج. نحتاج هذه المنافذ من أجل الربط البيني مع الدوائر المرافقة للمتحسسات من حيث الإدخال وسواقات (drivers) المشغلات من حيث الإخراج. تختلف هذه المنافذ من متحكم الى آخر من حيث عدد المنافذ والتيارات التي تتحملها كأن تكون تيارات مصدر (I_{source}) أو تيارات تصريف (I_{drain}) حيث دائماً تكون تيارات التصريف التي تتحملها هذه المنافذ أكبر من تيارات المصدر. يقصد بتيار المصدر (I_{source})هو أن يكون إتجاه التيار من داخل المتحكم الدقيق إلى الخارج وتيار التصريف I_{drain} من الخارج إلى داخل المتحكم الدقيق. يكون دائماً تيار التصريف أكبر من تيار المصدر حيث - كحالة عامة- يكون التيار المفضل ($I_{recommended}$) بالنسبة للمصدر (25 mA) بينما تيار التصريف (150 mA). ففي أغلب الأحيان يفضل في التصاميم تيار التصريف عن تيار المصدر. ولتسهيل التعامل برمجياً مع هذه المنافذ تم وضع عناوين بسيطة لكل منفذ وحسب نوع المتحكم الدقيق، فمثلاً في أحد المتحكمات يوجد منفذ يدعى بالمنفذ A أو PORT A وللوصول إليه يتم الإشارة إليه في البرنامج PORT A أو P A.

4.2.3 منافذ الخرج والدخل التسلسلية Series input/ output ports

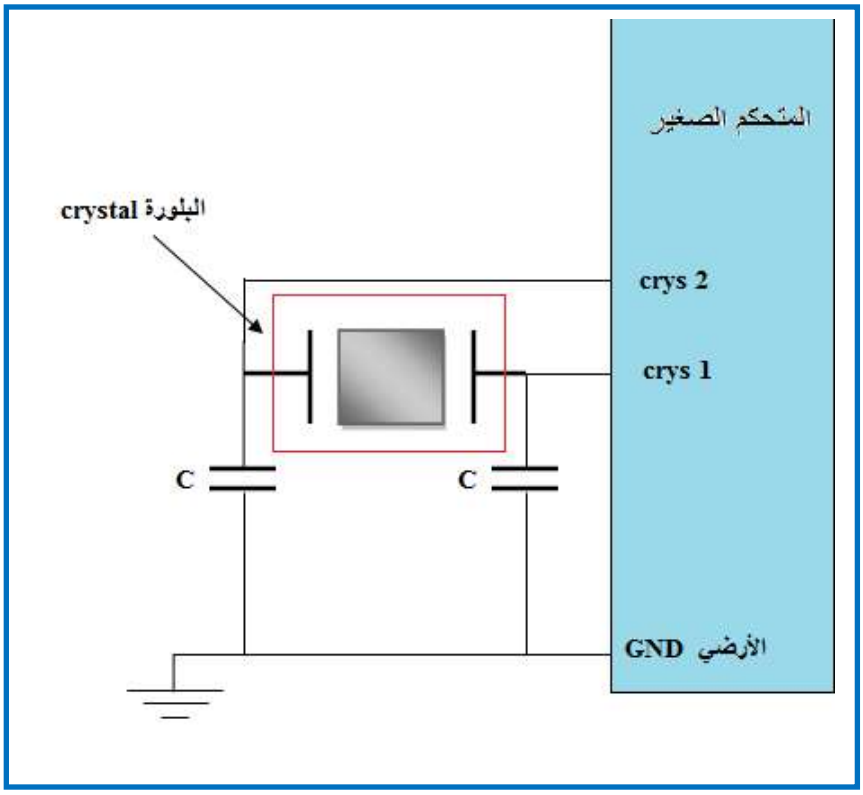
تختلف هذه المنافذ عن المتوازية بكونها مؤلفة من ممر واحد يتم نقل المعلومات عن طريقه تباعاً (bit) بعد (bit) ولهذا الأسلوب مميزاته وعيوبه في نفس الوقت مقارنةً بالمنافذ المتوازية حيث من مميزاتها أنها تقلل من عدد الخطوط المستخدمة كثيراً وهذا مهم جداً في تقليل التكلفة وخصوصاً إذا كانت مسافة نقل المعلومات طويلة نسبياً ولكن في نفس الوقت من العيوب هو التأخير في زمن نقل المعلومة بالمقارنة مع المنفذ المتوازي الذي ينقل المعلومة كاملةً في وقت واحد وليس تباعاً كما في المنفذ التسلسلي.

يستخدم المنفذ التسلسلي كثيراً في مجال الاتصالات (communication) كما في الإنترنيت وغيرها. ويتم الوصول إلى المنفذ التسلسلي بعد ضبط الصيغة المطلوب النقل بها وسرعة النقل من اجل التزامن بين المتحكم والجهاز المربوط معه عبر المنفذ التسلسلي كما سيأتي شرحه في موضوع برمجة المتحكمات الدقيقة.

كما يحتوي المتحكم الدقيق على مؤقتات (Timers) داخلية يتم استخدامها بشكل واسع في توليد إشارات خرج بترددات مختلفة على مختلف منافذ الخرج وكذلك تستخدم للتحكم بسرعة نقل البيانات (Baud Rate) في المخارج التسلسلية (Serial Ports) والتحكم بسرعة المحركات الكهربائية بمختلف أنواعها وغيرها كثير.

هنالك أكثر من مؤقت واحد في المتحكم الدقيق وكذلك قابلية المؤقت (اكبر فترة زمنية يستطيع حسابها) تختلف أيضاً حيث يعتمد ذلك على نوع المتحكم المستخدم. تتم تهيئة المؤقت في بادئ الأمر قبل استخدامه وذلك أثناء برمجة المتحكم ومن قبل الشخص المبرمج، فيقوم المبرمج بتحديد الصيغة (Module) التي سوف يعمل بها المؤقت، وهنالك أكثر من صيغة عمل يعمل بها المؤقت داخل المتحكم الدقيق، وكذلك يتم تحميل السجل الخاص بالمؤقت بالبيانات اللازمة لتحديد الزمن المناسب للوظيفة المطلوب من المتحكم أدائها عن طريق المؤقت. بعد ذلك يتم إيعاز المؤقت بالبدء بالعمل إلى أن ينهي المهمة المكلف بها وهكذا.

يحتاج المؤقت إلى إشارات توقيت (clocks) خارجية لتشغيله وغالباً ما تكون هذه الإشارات أساسها البلورة (crystal) المجهزة للتردد المطلوب لعمل المتحكم الدقيق، ولابد لكل المتحكمات الدقيقة من أن تكون لها بلورة خارجية أو أي مصدر خارجي لتوليد إشارات بتردد ثابت لكي يتمكن المتحكم الدقيق من أداء عمله بشكل دقيق، وهذه البلورة مبينة بالشكل (3.3)



الشكل (3.3) بلورة المتحكم الصغير

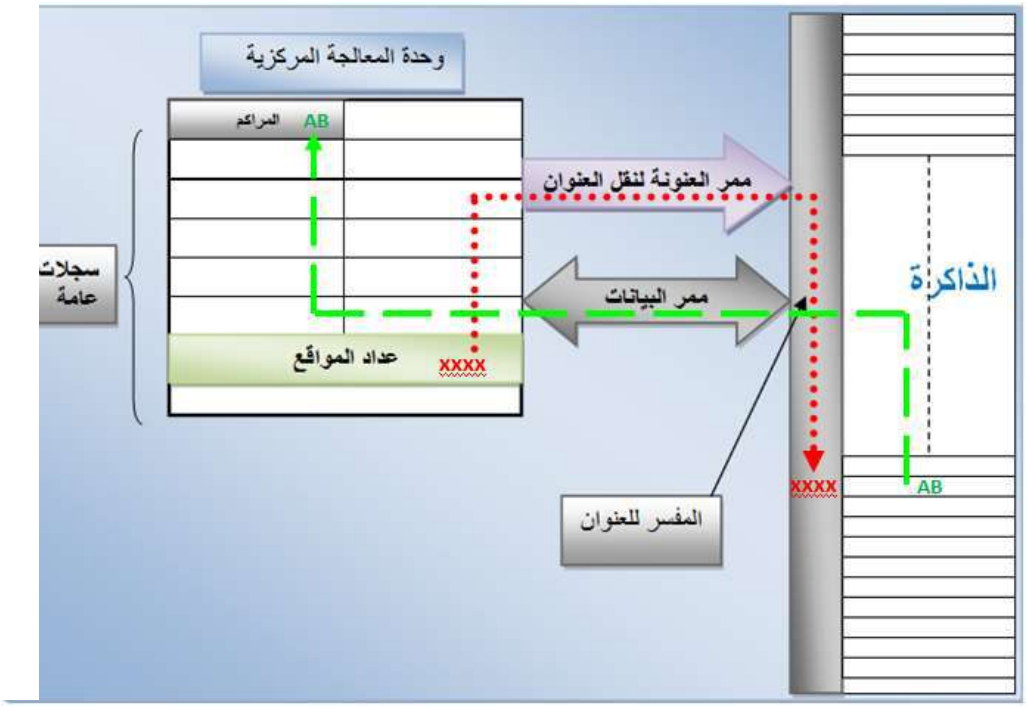
توجد متسعتان (بقيم صغيرة (peco Farad (pF) كما مبينتان بالشكل (3.3) مربوطتان إلى البلورة لغرض تحسين شكل الإشارة المتولدة بواسطة البلورة. وللبلورة الخارجية مدخلان (crys1, crys2) مع المتحكم الدقيق لتوليد هذه الإشارات ذات التردد الثابت.

3.3 آلية عمل المتحكمات الدقيقة Way of microcontrollers operation

بعد التعرف على المكونات الرئيسة للمتحكم الدقيق أصبح من الممكن الآن شرح آلية عمل هذه المتحكمات الدقيقة. بعد كتابة البرنامج من قبل المبرمج وخزنه في ذاكرة المتحكم الدقيق التي تكون أحد أنواع الذاكرة ROM المعروفة يكون المتحكم الدقيق جاهزاً لتنفيذ هذا البرنامج وإنجاز ما موجود به من مهام ويكون ذلك كالآتي:

1. تقوم وحدة المعالجة المركزية (أو المعالج الدقيق) بالخطوة الأولى وهي سحب الإيعازات مع ما تتضمنه من بيانات مرافقة، حيث يتم سحب أول إيعاز يشار إلى عنوانه من خلال بيانات موجودة في سجل إعداد البرنامج (program counter) فيرسل المعالج العنوان عن طريق ممر العنونة (address bus) إلى وحدة الذاكرة الرئيسة المخزون بها البرنامج ومن خلال المفسر (decoder) الموجود داخل الذاكرة يتم تحديد الموقع الموجودة فيه شفرة الإيعاز ثم يقوم المعالج بسحب هذه الشفرة عن طريق ممر البيانات (Data bus) إلى سجل المراكم (accumulator).

يبين الشكل (4.3) الخطوة الأولى لوحدة المعالجة المركزية وهي نقل البيانات AB من موقع الذاكرة الذي عنوانه XXXX إلى المراكم، وتعد هذه الخطوة من الخطوات المهمة التي يجب الانتباه لها من أجل فهم كيفية تصرف وحدة المعالجة مع الأطراف المحيطة بها..



الشكل(4.3) الخطوة الأولى لوحدة المعالجة المركزية

2. تبدأ الآن مرحلة التفسير لهذه الشفرة المسحوبة حيث تتم فيها معرفة ما هو هذا الإيعاز، وهل يتكون من جزء آخر أو أكثر مخزون في الذاكرة بحيث هنالك حاجة إلى سحب هذا الجزء المتبقي (أي إعادة المرحلة الأولى) فإذا كانت هنالك حاجة تتم إعادة المرحلة الأولى وتكملة الإيعاز. لكل معالج مجموعة إيعازات خاصة به ولكن الاختلافات في الإيعازات بين معالج وآخر قليلة جداً وهي متشابهة من حيث المبدأ. ولكل إيعاز شفرة خاصة به مكونة من (8-bit) أو أكثر مخزونة في جزء محدد من الذاكرة (ROM)التابعة للمعالج المعني.

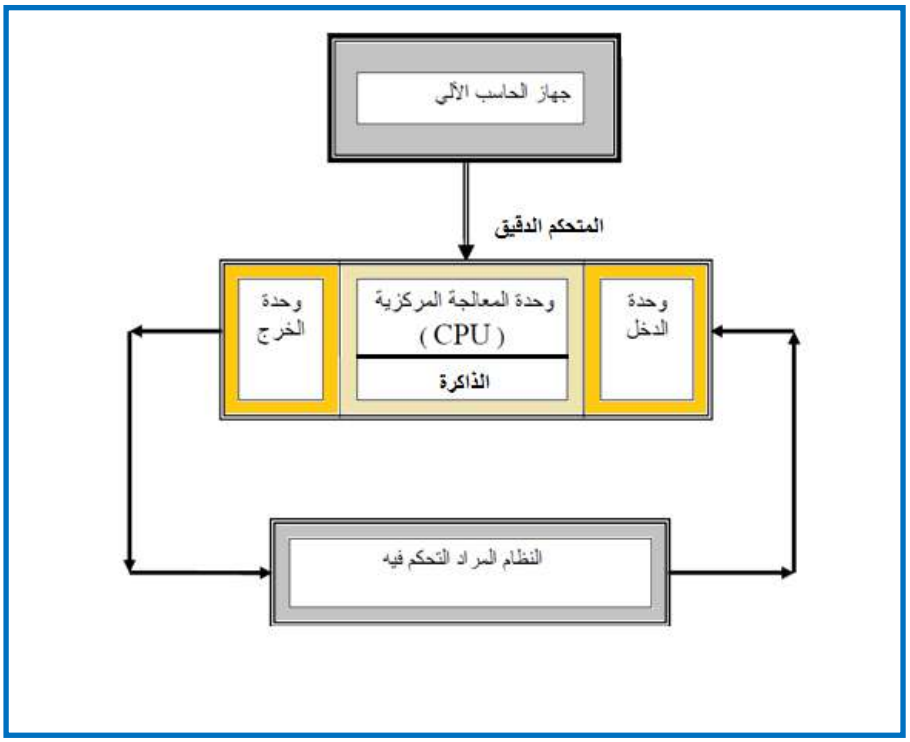
3. بعد تفسير المعالج للشفرة أو (الشفرات) الخاصة بالإيعاز الواحد تأتي مرحلة تنفيذ هذا الإيعاز كأن تكون عملية تخزين بيانات مسحوبة من المنافذ المتوازية أو التسلسلية أو من الذاكرة إلى مواقع محددة في الذاكرة الرئيسة أو قد تكون عملية حسابية أو إخراج معلومات أو أوامر إلى أجهزة مربوطة إلى منافذ المتحكم الدقيق وغيرها من العمليات الكثيرة جداً والتي يستطيع المتحكم إنجازها بجدارة.

وهكذا يقوم المعالج بالعودة مرة أخرى إلى الإيعاز الآتي وإعادة الخطوات الثلاثة السابقة (سحب- تفسير- تنفيذ) إلى نهاية البرنامج وبذا يتم إنجاز المهمة التي برمج بها المتحكم الدقيق من قبل المبرمج.

4.3 برمجة المتحكمات الدقيقة Microcontrollers programming

توفر الشركات المصنعة العديد من أنواع المتحكمات الدقيقة للمحترفين والهواة حيث يمكن عمل التجارب المختلفة عليها. هذه المتحكمات الدقيقة يمكنها القيام بمهام مختلفة بحسب الأوامر التي تعطى لها وهذه الأوامر تسمى بالبرنامج. فبإمكان الشخص تغيير العمل الذي يقوم به المتحكم الدقيق بتغيير هذه الأوامر في البرنامج. و تحتاج كتابة البرنامج بأن يكون الشخص ذا معرفة جيدة بلغات البرمجة مثل: لغة التجميع (Assembly Language)، أو غيرها من اللغات. لتغيير البرنامج في المتحكم الدقيق سيحتاج الشخص إلى جهاز وسيط لتحميل البرنامج الجديد من الحاسوب الشخصي إلى المتحكم الدقيق. حيث يركب فيه المتحكم الدقيق لتحميل البرنامج فيه ثم بعد ذلك يزال المتحكم الدقيق إلى الدائرة التي سوف يستخدم فيها.

وهنالك أسلوب آخر لبرمجة المتحكمات الدقيقة، حيث تتم برمجة المتحكم الدقيق من خلال المستخدم عن طريق الحاسوب وبالإمكان تغيير برمجة المتحكم الدقيق أثناء ربطه للمنظومة المطلوب التحكم بها دون الحاجة إلى رفعه من المنظومة إلى المبرمج كما ذكر سابقاً وهذه العملية تسمى البرمجة داخلياً (in-circuit programming). يبين الشكل (5.3) مخطط لإيضاح آلية البرمجة هذه.



الشكل (5.3)مخطط لإيضاح آلية البرمجة in-circuit programming

بالنسبة لأسلوب البرمجة يختلف من وظيفة إلى أخرى فهنالك البرنامج البسيط الذي لايتعدى إدخال إشارة خارجية تمثل حالة مفتاح (هل هي ON أم OFF) واعتماداً على هذه الإشارة يتم إخراج أمر لإطفاء أو تشغيل مصباح أو محرك كهربائي أو غيرها، وهنالك البرنامج المعقد المتكون من عدة مراحل مختلفة كأن يتضمن برامج فرعية أو برامج مقاطعة وغيرها.

البرامج الفرعية:

هذه البرامج مهمة جداً في بناء البرنامج فعند كتابة البرنامج الرئيس المطلوب لتنفيذ وظيفة معينة هناك حاجة لأداء وظائف صغيرة مكملة للبرنامج الرئيس نحتاج في بعض الأحيان إلى إيقاف البرنامج الرئيس في مكان معين والذهاب إلى تنفيذ برنامج فرعي ومن ثم العودة إلى البرنامج الرئيس وإكمال المهمة. من أمثلة البرامج الفرعية: برنامج التأخير الفرعي المتعمد (delay subroutine) للتحكم بسرعة عمل محرك كهربائي، أو توليد إشارات بذبذبات معينة، أو عمل توقيت معين وغيرها من الأمور الكثيرة.

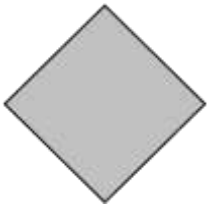
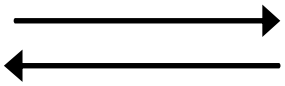
المقاطعة:

وهي الإشارة التي توقف عمل المتحكم الدقيق أو المعالج الدقيق بسبب حدوث شئ ما، كمثال حدوث مقاطعة كل ساعة لتنفيذ مجموعة معينة من التعليمات، مثال آخر جرس التليفون فعندما يرن جرس التليفون يجب مقاطعة حديثك مع الآخرين ورفع سماعة الهاتف والتحدث وعند الانتهاء من المحادثة يجب مواصلة الحديث مع الآخرين وهنا نعتبر أن عملية رفع السماعة وإجراء المحادثة التليفونية وعملية العودة والتحدث مع الآخرين هي عبارة عن مقاطعة. يعتبر المثال السابق مثال حي على كيفية تأثير المقاطعة على المعالج الدقيق أو المتحكم الدقيق ولكن في مخطط سير البرنامج توجد بعض الوظائف في الدائرة توصل المقاطعات إلى المتحكم الدقيق وعند حدوثه يخرج البرنامج الرئيس عن عمله ويذهب إلى تنفيذ برنامج فرعي وعند الانتهاء من إجراء البرنامج الفرعي يعود مرة أخرى إلى متابعة البرنامج الرئيس.

1.4.3 المخططات الانسيابية للبرنامج Flowcharts

قبل الحديث عن المخططات الانسيابية لابد هنا من أن ننوه إلى وجوب إعداد وكتابة ما يسمى بالخوارزمية كمستهل لبناء المخطط الانسيابي، حيث أن الخوارزمية هي عبارة عن مجموعة خطوات يتم ترقيمها حسب الأسبقية والغرض منها هو وضع الخطوط العريضة والأهداف المرجوة من البرنامج المزمع كتابته لتأدية وظيفة معينة وسوف نتطرق إلى كتابة الخوارزمية بشكل موسع في الأمثلة الآتية.

أما المخطط الانسيابي فهو عبارة عن مجموعة أشكال هندسية مترابطة مع بعضها البعض بشكل انسيابي (بواسطة أسهم) لها نقطتا بداية ونهاية، ويحتوي كل شكل من أشكال المخطط على أوامر وشروط وغيرها تم ذكرها مسبقاً في الخوارزمية. ويبين الجدول الآتي الأشكال الهندسية الخاصة بالمخططات الانسيابية والغرض من كل واحد منها على حده:

الشكل الهندسي	الغرض
	بداية أو نهاية البرنامج
	العمليات الحسابية أو المنطقية أو عمليات الإدخال أو الإخراج
	الأسئلة وعمليات المقارنة والفحص
	الأسهم اللازمة لربط الأشكال السابقة
	تجمع الأسهم الذاهبة الى نفس النقطة

مثال:-

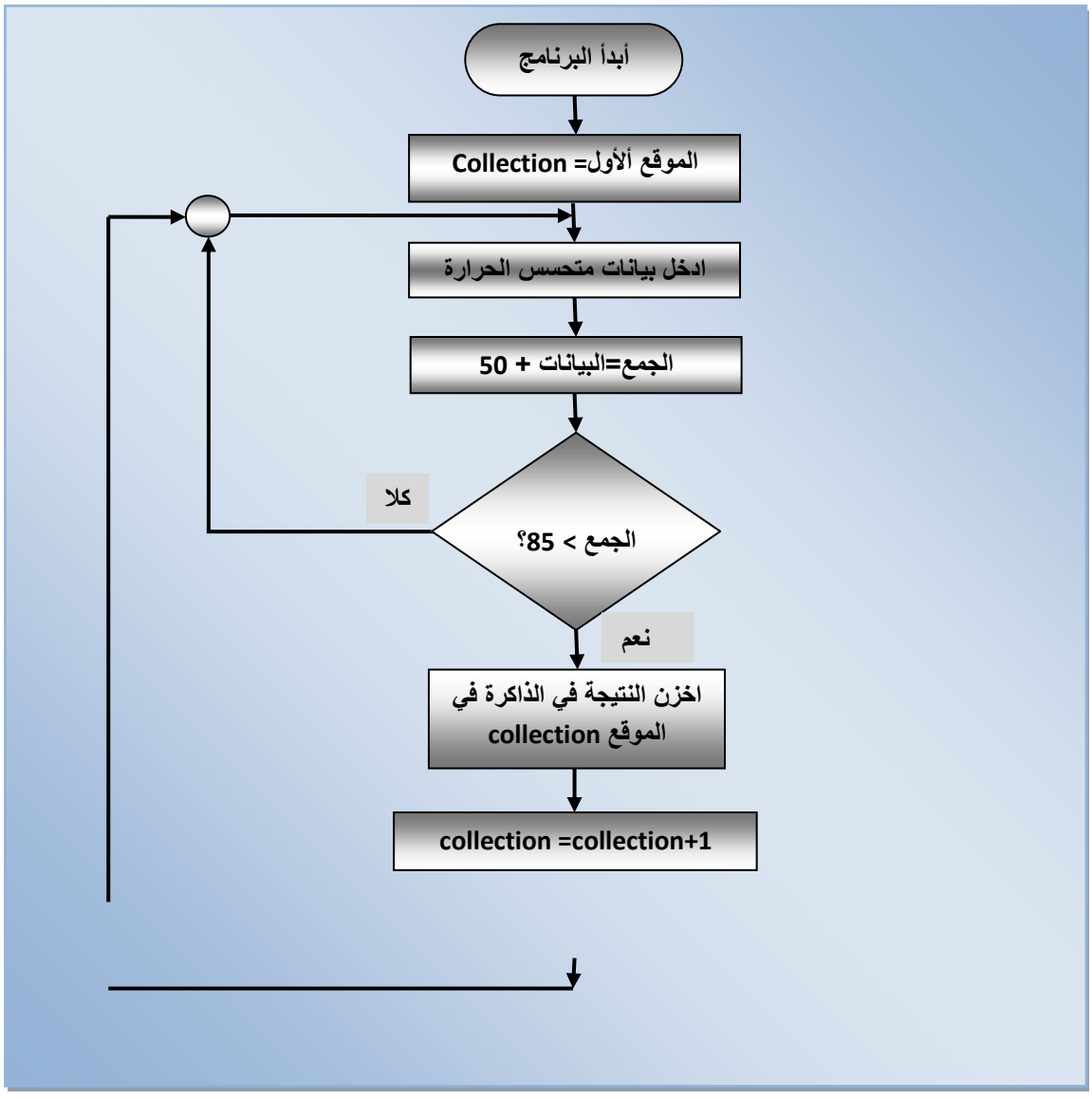
اكتب خوارزمية وارسم المخطط الانسيابي لكتابة برنامج يقوم بإدخال بيانات بشكل مستمر من المنفذ A (PORT A) لأحد المتحكمات الدقيقة حيث إنها تمثل بيانات لدرجات حرارة من متحسس الحرارة المربوط مع المتحكم الصغير، ثم يقوم المعالج لهذا المتحكم الدقيق بجمع هذه البيانات بالرقم 50 فإذا كانت النتيجة أكبر من 85 إذاً ترسل هذه البيانات إلى الذاكرة ابتداءً من الموقع الذي رمزه (collection) وإذا أقل فتتم العودة وإدخال البيانات من جديد.

الجواب:-

الخوارزمية

1. أدخل البيانات (Data) الأولى لمتحسس الحرارة من خلال المنفذ A.
2. قم بجمع هذه البيانات مع الرقم 50.
3. قارن نتيجة الجمع مع العدد 85.
4. إذا كانت النتيجة أكبر من 85 قم بخزن النتيجة في الذاكرة ابتداءً من الموقع collection.
5. إذا كانت النتيجة اقل من 85 قم بالعودة إلى الإدخال مرة أخرى.
6. انهِ البرنامج.

المخطط الانسيابي



2.4.3 لغات برمجة المتحكم الدقيق Microcontroller programming language

تستخدم في برمجة المتحكمات الصغيرة لغات برمجية كثيرة ومختلفة ولكن بشكل رئيس تقسم إلى نوعين: هما لغات المستوى الواطئ (Low Level Languages) ولغات المستوى العالي (High Level Languages). لغات المستوى الواطئ: هي تلك اللغات البرمجية التي لاتحتاج إلى حجم كبير من الذاكرة لخزنها وتتعامل بشكل مباشر مع أطراف ومكونات المتحكمات الصغيرة العديدة دون تفاصيل معقدة وتختلف إيعازات هذه اللغات من متحكم إلى آخر. إن لغات المستوى الواطئ متمثلة بشكل أساس من لغة الماكنة (machine language) التي هي لغة (0, 1) ولغة التجميع (assembly language) التي هي عبارة عن مجموعة من الإيعازات الممكن فهمها من قبل الشخص المبرمج التي تتعامل بشكل مباشر مع مكونات المتحكمات الدقيقة، وهذا يعني إن الشخص المبرمج لابد له من معرفة شاملة لمكونات وأطراف المتحكم الصغير الذي يتعامل معه.

بالنسبة للغات البرمجة ذات المستوى العالي هي لغات يسهل فهمها والتعرف على إيعازاتها لكونها قريبة من لغة الإنسان، لكنها لا تتعامل بشكل مباشر مع المكونات الداخلية للمتحكمات الدقيقة ومن أمثالها: (C, C++, Pic-Basic وغيرها). ومن الجدير بالانتباه هو إن لغات المستوى الواطئ بعد تحويلها إلى لغة الماكنة من قبل برنامج خاص يسمى (assembler) فان حجمها الذي سيخزن في الذاكرة يكون أقل من الحجم الذي يتحول إليه نفس البرنامج المكتوب بلغة المستوى العالي بوساطة برنامج التحويل الخاص والمسمى (compiler)، أي إن حجم البرنامج المكتوب بلغة المستوى العالي يستغل حجم ذاكرة أكبر من الحجم الذي يستغله برنامج المستوى الواطئ وهذا يعني أيضاً أن الزمن اللازم لتنفيذه اكبر ولكن في نفس الوقت كلما كان البرنامج المطلوب كتابته لأداء مهمة معينة معقد، أصبح اللجوء إلى لغات المستوى العالي أفضل بكثير.

3.4.3 اللغة المركبة Assembly Language

كما ذكرنا سابقاً فإن هذه اللغة هي من لغات المستوى الواطئ وإن إيعازاتها تختلف من متحكم صغير إلى آخر ولكنها تتشابه من حيث المبدأ والوظيفة، حيث أن كل اللغات المركبة تتضمن إيعاز النقل أو الإزاحة MOV وهذا الإيعاز هو إيعاز عام ومرن ويعتبر الأساس في وضع صيغ العنونة (addressing modes). فبالنسبة للإيعاز (MOV AX,BX) فإنه يخبر المعالج الدقيق بنقل محتويات المصدر (source) والذي هو BX هنا في هذا الإيعاز إلى التصريف (Drain) وهو AX، وهذه المواقع قد تكون سجلات في المعالج أو مواقع ذاكرة أو منافذ إدخال أو إخراج.

صيغ العنونة:

1. **عنونة السجل:** حيث يتم نقل نسخة من البيانات التي تكون على شكل (byte) أو(word) من السجل المصدر أو موقع في الذاكرة إلى سجل التصريف أو موقع آخر في الذاكرة وكل ذلك من خلال وسيط.
2. **العنونة اللحظية:** يتم النقل لحظياً (Byte) أو (word) من البيانات إلى التصريف الذي قد يكون سجل أو موقع في الذاكرة.
3. **العنونة المباشرة:** يتم النقل للبيانات بشكل مباشر دون الحاجة إلى وسيط بين السجلات والذاكرة.
4. **عنونة السجل الغير مباشرة:** يتم نقل البيانات من السجل المصدر أو موقع في الذاكرة إلى سجل التصريف أو موقع آخر في الذاكرة من خلال مؤشر أو ترميز معين.

تقسم الإيعازات في اللغة المركبة بشكل عام على شكل مجاميع (Groups) من حيث مبدأ العمل وهذه المجاميع كالآتي:

1. **مجموعة النقل (Transfer group):** هذه المجموعة من الإيعازات تقوم بنقل البيانات من السجلات إلى الذاكرة وبالعكس وكذلك نقل البيانات بين السجلات نفسها وبين مواقع الذاكرة ايضاً.
2. **مجموعة الحساب والمنطق (Arithmetic & Logic group):** تقوم هذه المجموعة من الإيعازات بكافة العمليات الحسابية والمنطقية داخل وحدة المعالجة المركزية في وحدة الحساب والمنطق.
3. **مجموعة الإدخال والإخراج (Input/Output group):** هذه المجموعة عملها إدخال وإخراج البيانات من وإلى الأطراف الخارجية (external environments) (ما عدا الذاكرة) بالنسبة للمعالج الدقيق.
4. **المجموعة الفرعية (Branch group):** تقوم هذه المجموعة بنقل التحكم في تنفيذ البرنامج من المكان الحالي إلى مكان آخر كاستخدام البرامج الفرعية وغيرها.

5.3 الربط البيني Interface

المقصود بالربط البيني هو الربط الإلكتروني المكون للمنطقة بين المتحكم الدقيق والأجهزة الخارجية المختلفة من متحسسات كأجهزة إدخال ومشغلات كأجهزة إخراج، وهذا الربط مهم جداً من أجل التواصل المستمر مع المنظومات المراد التحكم بها ويتطلب منا فهم وإدراك للمكونات الإلكترونية اللازمة لبناء هذه الدوائر الوسطية. فعلى سبيل المثال يحتاج المتحكم الدقيق في أغلب الأحيان إلى دوائر إلكترونية يستخدم فيها المضخم ألعملياتي (كما تعلمتها في الفصل الأول من هذا الكتاب) من أجل إصلاح الإشارة المأخوذة من متحسس معين (تسمى هذه الدوائر بدوائر الموائمة conditioning circuits) وقد تكون هذه الإشارة متأثرة بضوضاء خارجية أو أنها إشارة ضعيفة تحتاج الى تكبير وغيرها.

مثال آخر على دوائر الربط البيني هي دوائر السواقات اللازمة لتفعيل المشغلات (actuators) التي غالباً ما تحتاج إلى تيارات كهربائية كبيرة نسبياً لا يتمكن المتحكم الدقيق من تجهيزها، وابسط أنواع هذه السواقات هي الترانزستور فمثلاً نستخدمه لقيادة محرك كهربائي نوع DC وهكذا.

والشيء المهم الذي بجدر بنا الانتباه إليه أنه يتم تصميم الجزء الفيزيائي (Hardware) أولاً بما يتضمنه من سواقات (drivers) المشغلات ودوائر تحسين إشارات الحساسات وربطها مع منافذ المتحكم الدقيق المختلفة (الإخراج/ الإدخال المتوازية والتسلسلية) ومن ثم يتم بناء البرنامج (Software) بكل ما يتضمنه من خوارزميات ومخططات انسيابية ضرورية لإدارة هذا الجزء الفيزيائي. لنأخذ المثال الآتي لإيضاح الربط البيني مع البرنامج.

مثال:-

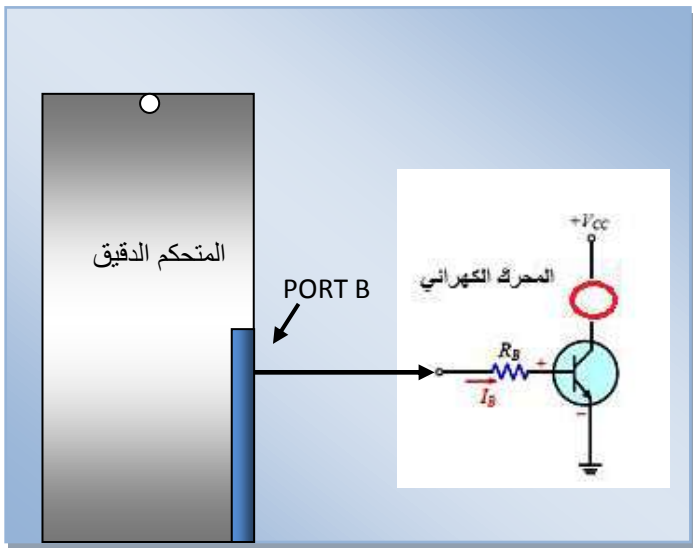
المطلوب ربط محرك كهربائي نوع DC بتيار تغذية مقداره (80 mA) وجهد تغذية (12 volt) إلى متحكم دقيق من أجل تشغيل هذا المحرك لمدة 15 ثانية عن طريق المنفذ المتوازي (PORT B). اكتب الخوارزمية وارسم المخطط الانسيابي اللازمين لذلك.

الجواب:-

أولاً بما أن تيار التغذية الخاص بالمحرك الكهربائي (80 mA) وأن أقصى تيار تتحمله منافذ المتحكم الدقيق هو (50 mA) لذا فإن المتحكم الدقيق يحتاج إلى دائرة الكترونية أخرى تسمى السواقة (Driver) بإمكانها تشغيل المحرك الكهربائي وفي نفس الوقت تسحب تياراً قليلاً (قد يكون بالملي أمبير) من المتحكم الدقيق دون أن تؤثر بشكل سلبي عليه وعلى المحرك الكهربائي إذا ما أحسن استخدامها. وأبسط دائرة سواقة تؤدي هذا الغرض هي دائرة الترانزستور التي درسناها في المرحلة الأولى حيث أن الترانزستور اللازم لتشغيل

المحرك الكهربائي في هذا المثال يجب أن يكون تيار المجمع ($I_{c\,max}$) يتجاوز تيار المحرك الكهربائي ويفضل بمقدار الضعف.

والآن أصبح من السهولة تصميم الجزء الفيزيائي (HW) وكما مبين بالشكل (6.3).



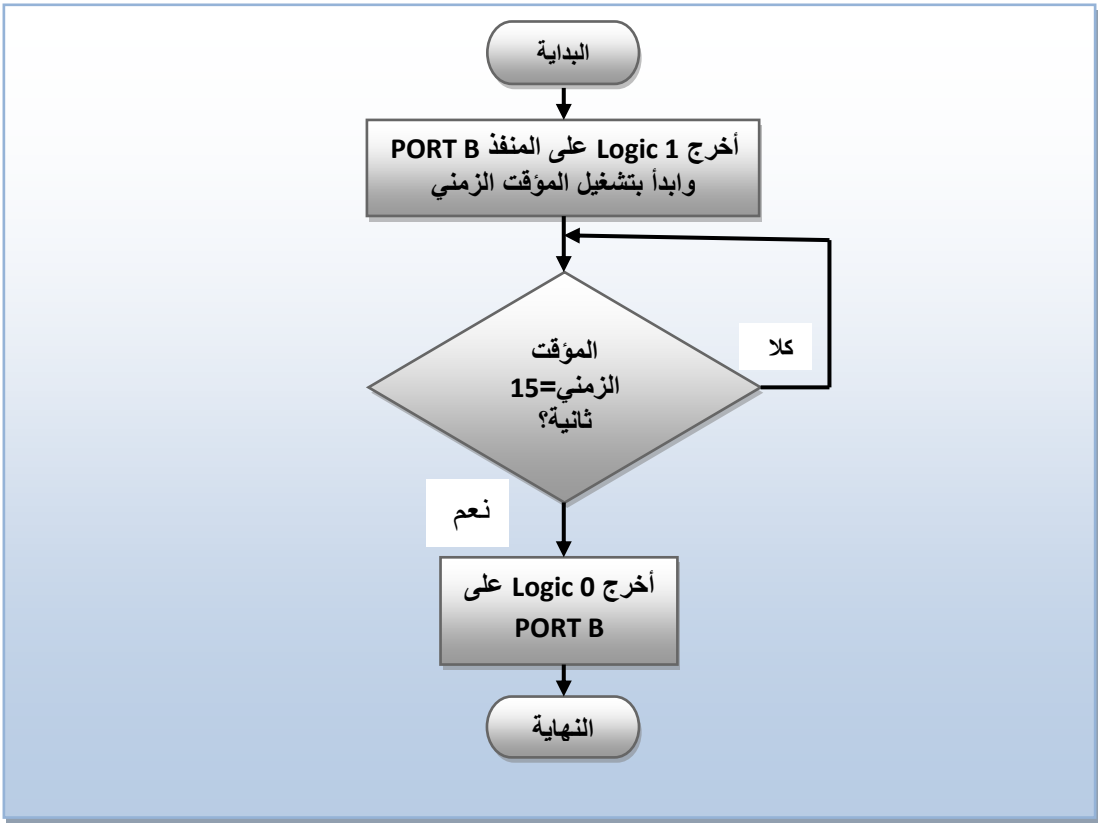
الشكل (6.3) استخدام المتحكم الصغير للتحكم بتشغيل المحرك الكهربائي

ملاحظة: هنالك نقص في دائرة السواقة حاول اكتشافه.

والآن نأتي لكتابة الخوارزمية اللازمة لإدارة المنظومة الفيزيائية وكالاتي:

1. أرسل إشارة رقمية بمنطق (Logic 1) على المنفذ (PORT B).
2. ابدأ بحساب زمن تشغيل بقاء المنفذ (PORT B) على المنطق (Logic 1) بمقدار 15 ثانية.
3. أرسل إشارة رقمية بمنطق (Logic 0) على نفس المنفذ (PORT B) بعد اكتمال زمن التشغيل.
4. انهِ البرنامج.

والمخطط الانسيابي يكون كما مبين بالشكل (7.3)



الشكل (7.3) المخطط الانسيابي لبرنامج التحكم بتشغيل المحرك الكهربائي

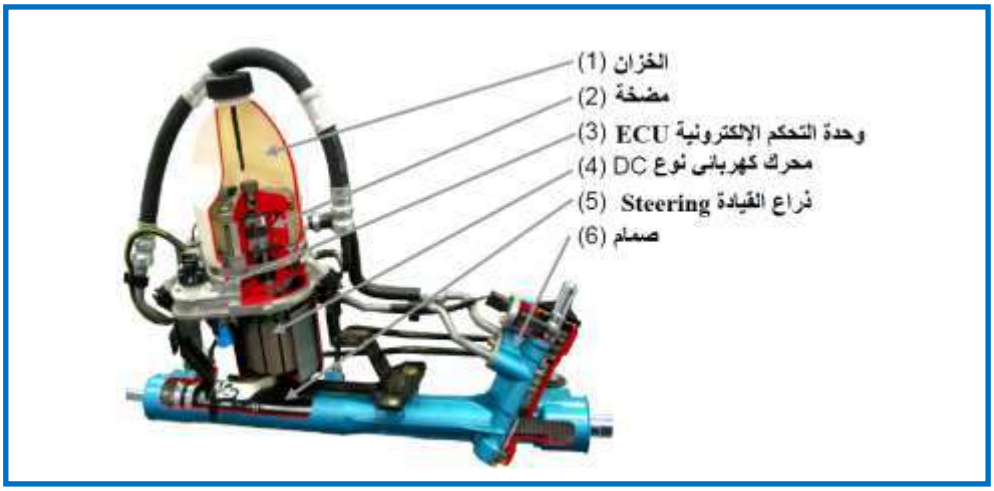
6.3 تطبيقات المتحكمات الدقيقة Microcontrollers Applications

تستخدم المتحكمات الدقيقة في أغلب الأنظمة التي تحتاج إلى ما يسمى بالعقل الإلكتروني فليس بالسر الخطير مثلاً إن قلنا أن السيارات التي نستقلها تتعقد تقنياً عاماً بعد عام، ولم يعد بالأمر الغريب أن نجد سيارة مملوءة بالمعالجات المركزية (نحو: 50 معالجاً على الأقل) رغم أنها قد صعبت من مهمة صيانتها من قبل مالكيها)، لكن التعامل مع بعضها في الواقع **سهل للغاية. ويعزو المهتمون والمعنيون بصناعة السيارات سبب ازدياد استخدام المعالجات فيها إلى:**

1. **الحاجة للسيطرة على المحركات المعقدة لتلبية معايير نسب إنبعاثات العادم واستهلاك الوقود.**
2. **التشخيص المبكر للأعطال.**
3. **تبسيط عملية تصميم وتصنيع السيارات.**
4. **اختصار عدد الأسلاك الكهربائية.**
5. **ابتكار ميزات أمان جديدة.**
6. **ميزات الراحة والرفاهية الجديدة.**

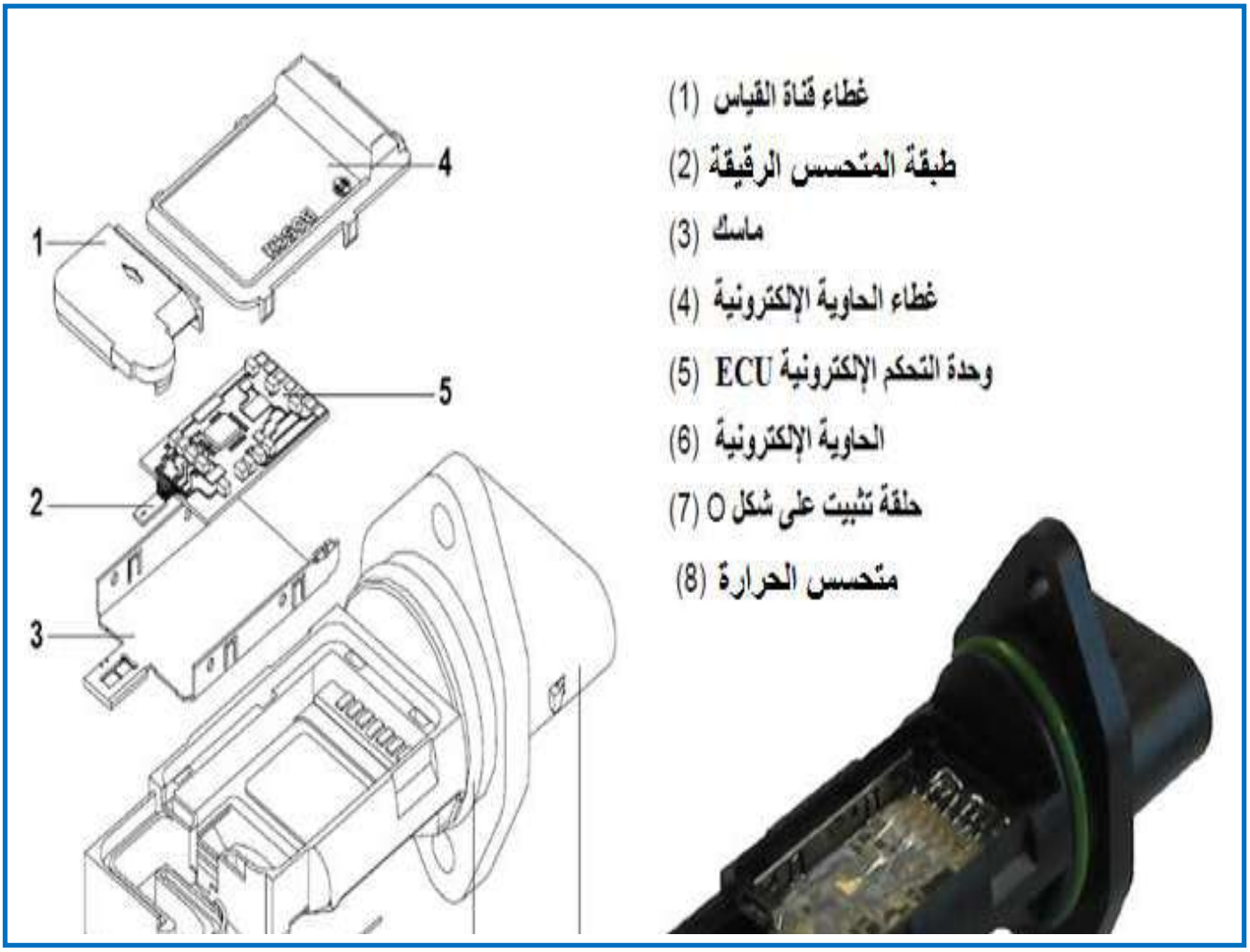
قبل تشريع قوانين الحد من انبعاث الغازات من العوادم كان من الممكن صنع محركات بدون الحاجة للمعالجات المركزية، ولكن بعد إقرار تلك القوانين الصارمة ظهرت الحاجة لاستخدام المعالجات لتنظيم خليط الوقود والهواء الداخل للمحرك بحيث يمكن للمحول التحفيزي التخلص من التلوث من العادم. ويعد التحكم بالمحرك أكثر عمليات المعالجة تركيزاً في السيارة، كما أن وحدة التحكم بالمحرك هي أقوى أنواع المعالجات، وتعتمد هذه الوحدة على خطة تقوم بموجبها بمراقبة ما يخرج من النظام للسيطرة على ما يدخل إليه والتعامل مع غازات العادم والسيطرة على استهلاك الوقود. بعد جمع المعلومات اللازمة من أجهزة الاستشعار المختلفة تصبح وحدة التحكم بالمحرك على دراية تامة بكل شئ ابتداءاً بالحرارة وانتهاءاً بكمية الأكسجين في العادم لتؤدي ملايين العمليات الحسابية كل ثانية بما في ذلك غلق الصمامات واحتساب نتائج المعادلات المعقدة لتحديد أفضل وقت لإطلاق الشرارة من شمعات الإشعال وتحديد مدة فتح حاقن الوقود، والهدف من هذا كله ضمان الحد الأدنى من الإنبعاثات وتسارعاً أفضل.

لا تسمى اليوم المتحكمات الدقيقة في السيارات مثلاً بهذا الاسم ولكن يطلق عليها اسم وحدة التحكم الإلكترونية التي أساسها هو المتحكم الصغير وترتبط معه دوائر السواقات وبعض الدوائر الأخرى الخاصة بتطبيق معين في وحدة معينة في السيارة. فلننظر الى الشكل (8.3) الذي يبين منظومة توجيه قدرة (power steering) كهرو- هيدروليكية الخاصة بالسيارة.



الشكل (8.3) منظومة توجيه قدرة (power steering)

والشكل (9.3) يبين وجود وحدة التحكم الإلكترونية (المتحكم الدقيق) في منظومة حساس تدفق التيار الهوائي (Air Flow Sensor) في السيارة.



الشكل (9.3) منظومة متحسس تدفق التيار الهوائي (Air Flow Sensor)

الاسئلة والتطبيقات

س1- ما المتحكم الدقيق؟

س2- مم يتكون المتحكم الدقيق؟ وضح بالرسومات والمخططات إن وجدت.

س3- ما الفرق بين المتحكم الدقيق والمعالج الدقيق؟

س4- عرف وحدة المعالجة المركزية وبين أجزائها المهمة.

س5- اذكر أنواع الذاكرات والفرق بينها.

س6- ما المنافذ المختلفة للمتحكم الدقيق؟

س7- اشرح باختصار آلية عمل المتحكم الدقيق.

س8- عرف الخوارزمية؟ وما هو المخطط الانسيابي؟

س9- عدد طرق العنونة.

س10- ما المذبذب؟ وهل هناك نوع واحد أو أكثر؟ وضح ذلك مع الرسومات.

س11- أين يمكن أن نجد تطبيقات المتحكمات الدقيقة؟

س12- المطلوب تشغيل أربع ثنائيات باعثة للضوء عن طريق المنفذ PORTA للمتحكم الدقيق تباعاً الواحد تلو الآخر وبين كل تشغيلة وأخرى زمن تأخير 2 ثانية. اكتب الخوارزمية اللازمة لذلك وارسم المخطط الانسيابي للبرنامج المطلوب لإنجاز المهمة.

الباب الثاني

الفصل الاول

منظومة الأقفال والمفاتيح الإلكترونية للمركبة

Lock System and Electronic keys

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل إلى تعريف الطالب بمنظومة أقفال الأبواب ومفاتيح التشغيل الإلكترونية ومبدأ عملها.

الأهداف الخاصة :

1. **التعرف على أنواع منظومات الأقفال لأبواب السيارة.**
2. **توضيح أجزاء منظومة الأقفال مع شرح مفصل لكل جزء لها.**
3. **شرح الدوائر الكهربائية الخاصة لهذه المنظومة.**
4. **شرح الدائرة الكهربائية لمنظومة التحكم عن بعد.**
5. **تعريف الطالب على المفتاح الإلكتروني وطريقة عمله.**

محتويات

الفصل 1

منظومة الأقفال والمفاتيح الإلكترونية للمركبة

تعلم المواضيع

- مكونات منظومة الأقفال واليه عملها
- الدوائر الكهربائية لمنظومة أقفال الأبواب
- الدوائر الكهربائية لمنظومة التحكم عن بعد
- مفتاح التشغيل الالكتروني.

المقدمة:

كانت المركبات في بداية صناعة السيارات تدار بواسطة مفتاح يدوي متصل مباشرة بعمود المرفق (Handle)، ومع تطور صناعة السيارات أصبحت المركبة تعمل بمفتاح صغير يوضع ضمن لوحة المفاتيح للسيارة (Dash Board) ومن ثم تحول إلى المفتاح العادي التقليدي والذي يمكن حمله باليد حيث يعد جزءاً من منظومة بدء الحركة التي أشير إليها في الصف الأول، وأستمر فترة من الزمن حتى ظهرت ثورة الترانزستور الذي دفع المصممين ومصنعي السيارات إلى الولوج في هذا المجال، مما أدى إلى تحويل المفتاح التقليدي إلى المفتاح الالكتروني الذي يمكن أن تتحكم من خلاله بجميع أجزاء المركبة عن بعد ومن مسافة كافية.

كذلك يمكن التحكم بنظام قفل الأبواب للمركبة عن طريق هذا المفتاح، حيث أصبحت منظومة الإقفال تعمل بدائرة كهربائية يمكن التحكم بها إلكترونياً والشكل (1- 1) يبين تاريخ مفاتيح تشغيل المحرك.

الشكل (1- 1) تاريخ مفاتيح تشغيل محرك السيارة

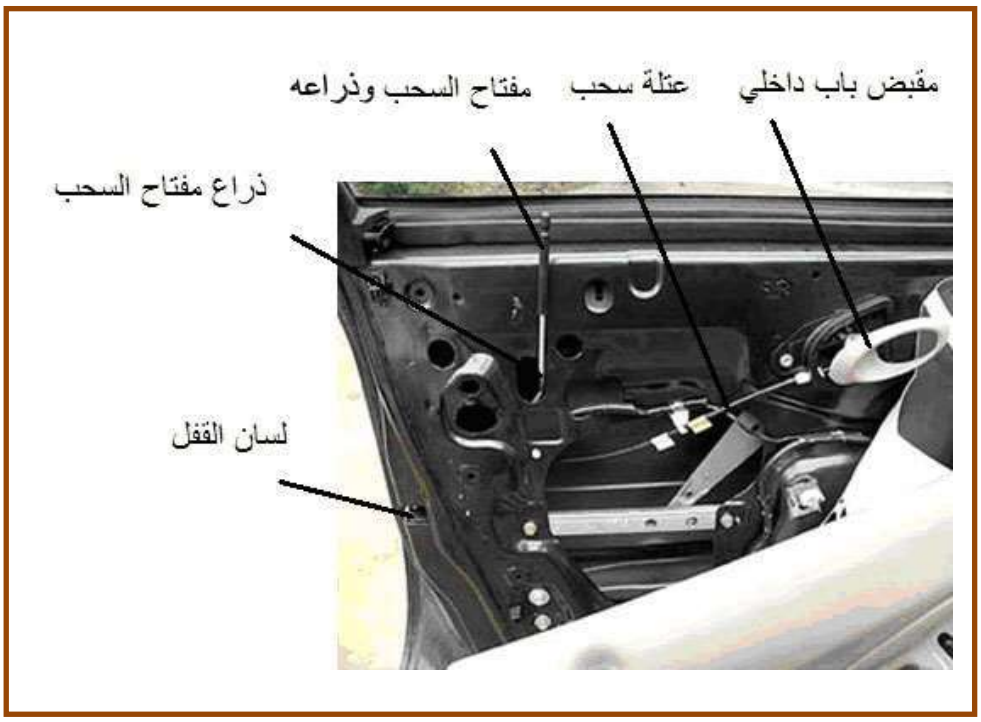
1-1مكونات منظومة الإقفال وأليه عملها:

أ- .منظومة الإقفال التقليدية (Typical lock System):

تعمل هذه المنظومة على فتح وغلق كل باب على حدة باستخدام مفتاح قفل، عند تحريكه يمينا أويسارا في بيت المفتاح (جوزه) التي ترتبط بمجموعة من العتلات المتصلة ميكانيكيا (أعمدة التوصيل) بعضها مع البعض يتحرك لسان القفل مما يؤدي إلى فتح أو قفل باب المركبة والشكل (1-2) يوضح أجزاء باب سيارة تقليدي.

تتكون منظومة الإقفال التقليدية من الأجزاء الآتية :

1. مقبض الباب (داخلي وخارجي).
2. عتلة سحب
3. مفتاح السحب وذراعه.
4. ذراع مفتاح السحب.
5. لسان القفل.
6. مفتاح القفل مع بيت المفتاح (غير مبينين في الشكل).



الشكل (1- 2) أجزاء باب سيارة(منظومة الإقفال تقليدية)

ب- منظومة الأقفال الكهربائية (Electric lock System):

استخدم نظام الإقفال المركزي عام (1914) مع بداية تطور السيارات، ولم يكن شائع الاستخدام حتى أُعيد العمل به عام (1956) للسيارات الفاخرة ثم أدخلت شركة (Genera Motors) التحكم عن بعد بالمفتاح (Keyless) عام (1983). إن الحاجة إلى نظام إقفال مركزي لأبواب السيارة دفع المصممين والمختصين إلى إدخال آخر ما توصل إليه العلم في مجال الالكترونيات والاتصال عن بعد في هذا النظام، لتحقيق زيادة الأمان من سرقة السيارة وجانب من جوانب الرفاهية لمستخدم السيارة والشكل (1- 3) يوضح مقطع لأجزاء باب سيارة تستخدم نظام إقفال كهربائي.

تتكون منظومة الأقفال الكهربائية من الأجزاء الآتية (بعضها غير موضح في الشكل):

1. مفتاح القفل (غير موضح في الشكل).
2. المقبض (داخلي وخارجي).
3. بيت المفتاح (من الجهة الخارجية و غير موضح في الشكل).
4. مجموعة العتلات (أعمدة التوصيل).
5. أسلاك التوصيل والمنصهرات.
6. المرحلات (أجزاء كهربائية غير موضحة في الشكل).
7. المشغل الباب.
8. لسان القفل.
9. مفتاح السحب .
10. مفتاح تحكم الفتح والقفل المركزي (غير موضحة في الشكل).
11. وحدة التحكم المركزي (غير موضحة في الشكل).

الشكل (1-3) أجزاء باب سيارة (منظومة قفل كهربائي)

1.1.1.مفتاح القفل (Key Lock):

عبارة عن قطعة معدنية مسننة الشكل متناظرة من كلا الجانبين لا يتجاوز طوله بضعةُ سنتمترات يختلف شكله باختلاف الشركات المصنعة إذ يعد جزءاً من منظومة التشغيل ونظام القفل المركزي لأبواب السيارة والدائرة الكهربائية التابعة له. والشكل (1- 4) أدناه يوضح مفتاح القفل القديم والحديث.

مفتاح حديث

مفاتيح قديمة

الشكل (1- 4) مفتاح قفل

2.1.1.المقبض (knob):

وهو عبارة عن أداة تتصل بمجموعة العتلات تعمل على فتح الباب يدوياً، ويكون على نوعين (مقبض داخلي، مقبض خارجي)، كذلك يوجد نوع أخر خارجي كهربائي يعمل بواسطة المس اليدوي (أرقام سرية). والشكل(1- 5) أدناه يوضح الأنواع الثلاثة.

مقبض خارجي بصمة

مقبض خارجي ارقام

مقبض داخلي

الشكل (1-5) أنواع مقبض الباب

3.1.1.بيت المفتاح (Key House):

عبارة عن قاعدة ذات مسنن داخلي تسمح بدخول مفتاح واحد يكون مصمما للتعرف عليه، وترتبط هذه القاعدة بمجموعة العتلات، فعند إدخال المفتاح المناسب بها تسمح له بالدوران يمينا أو يسارا لفتح أوقفل الباب كما موضح بالشكل(1-6).

الشكل (1- 6) بيت المفتاح

4.1.1.مجموعة العتلات(أعمدة التوصيل) (Arm Mechanism):

وهي عبارة عن مجموعة عتلات وأذرع ميكانيكية ترتبط بمقبض الباب الخارجي والداخلي، حيث تعمل على نقل الحركة من المقبض إلى مشغل الباب الكهربائي ولسان القفل. والشكل(1- 7)يوضح ذلك.

الشكل (1- 7) مجموعة العتلات أعمدة التوصيل

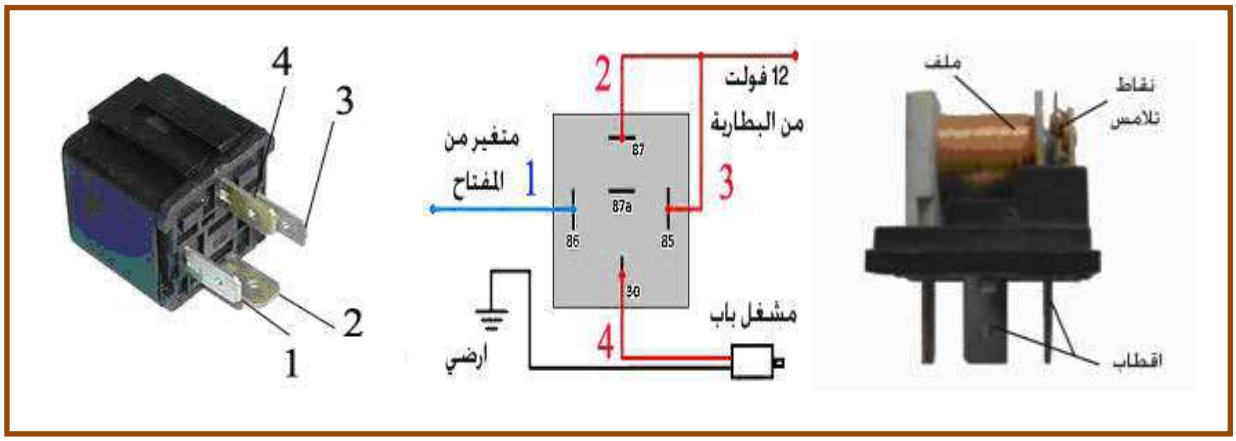
5.1.1.أسلاك التوصيل والمنصهرات (waiers contact and Fuses):

تعمل الأسلاك على إيصال التيار الكهربائي من البطارية إلى وحدة التحكم المركزي والمفتاح الكهرومغناطيسي، أما المنصهرات عبارة عن قطعة من السلك تتحمل قيمة ثابتة من التيار فإذا ارتفعت قيمة التيار عن قيمة المنصهر(fuse)، فإنه ينصهر (يذوب) كما موضح بالشكل (1- 8)، وبالتالي يقطع التيار عن الدائرة الكهربائية لحمايتها من العطب والتلف نتيجة خلل ما، أو حدوث دائرة قصر (Short Circuit).

الشكل (1 -8) المنصهرات (fuses)

6.1.1. المرحلات (Relays):

يحتوي كل نظام قفل مركزي على مرحلات ويتكون المرحل من ملف ونقاط تلامس حيث يعمل المرحل على تحويل التيار الكهربائي إلى المشغل، ويحتوي على أربعة أقطاب كما موضح في الشكل (1- 9). يربط إلى قطبه الأول طرف المتغير القادم من المفتاح، أما القطبين الثاني والثالث يجهزان بجهد 12 فولت من البطارية، والقطب الأخير يغذي احد مشغلات الباب.



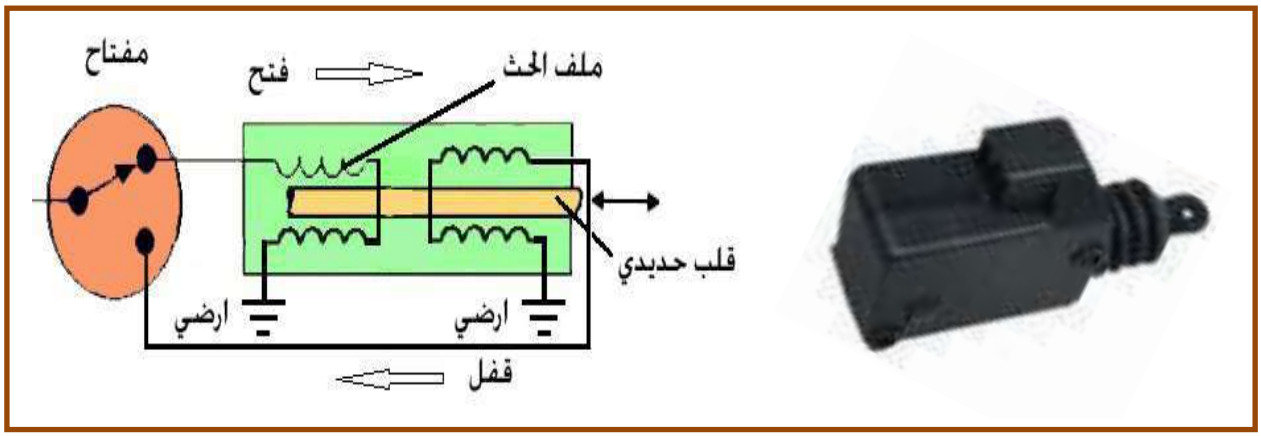
الشكل (1-9) مرحل مع مخطط ربط أقطابه

7.1.1.مشغل غلق باب القدرة (power-door lock Actuator):

وهي أداة تعمل بالجهد الكهربائي 12 فولت فتحوله إلى حركة ميكانيكية ترتبط بمجموعة العتلات (أذرع التوصيل) تعمل على فتح وغلق أبواب المركبة وهي على نوعين:

أ- مشغل باب كهرومغناطيسي (Solenoid):

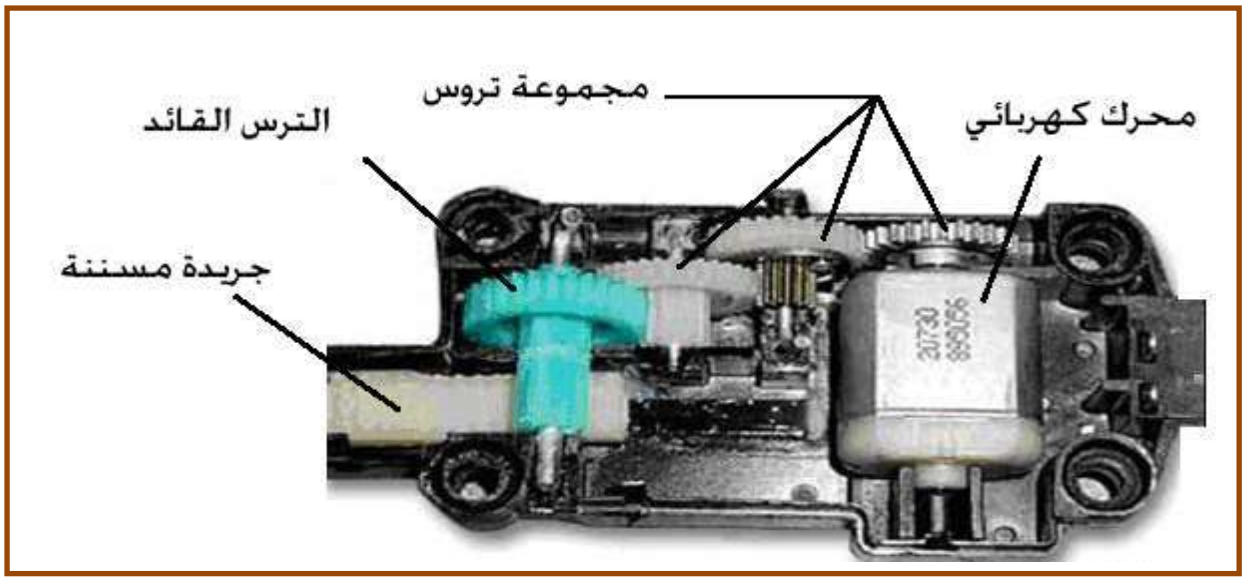
يتكون من ملفين مغناطيسيين وقلب حديدي، فعند سريان التيار الكهربائي بداخل الملف الأول يعمل المجال المغناطيسي على تحريك القلب الحديدي الذي يتصل مباشرة بمجموعة عتلات الباب مؤديا إلى فتح الباب، وعند مرور التيار بالملف الثاني يعمل المجال المغناطيسي على تحريك القلب الحديدي باتجاه معاكس للحالة الأولى مؤدياً إلى غلق باب السيارة كما موضح بالشكل (1- 10).



الشكل (1-10) مشغل كهرومغناطيسي

ب- مشغل باب ذومحرك كهربائي (Electric Motor):

يحتوي هذا المشغل على محرك كهربائي مبسط يعمل بفرق جهد 12فولت يتصل بمجموعة تروس دائمة التعشيق التي ترتبط بالترس القائد الأخير(بترس الجريدة المسننة) الذي يحول الحركة الدورانية إلى حركة خطية لذراع الجريدة المسننة التي نحتاجها لقفل وفتح الباب والشكل (1-11) يوضح أجزاء المحرك الكهربائي.



الشكل (1- 11) مشغل باب ذومحرك كهربائي

8.1.1. لسان القفل (lock Tange) :

عبارة عن قطعة معدنية هلالية الشكل ترتكزعلى مسمار تثبيت تتحرك حركة نصف دورا نية ترتبط بذراع مجموعة العتلات والمقبض الداخلي والخارجي معا وتعمل على ربط الباب ببدن السيارة والشكل (12-1) يوضح لسان القفل.

الشكل (12-1) لسان قفل الباب

9.1.1. مفتاح السحب (pull key) :

يستخدم هذا المفتاح لقفل وفتح الباب والدلالة على حدوث هذه العملية حيث يتصل بمجموعة العتلات من خلال ذراع التوصيل ويمكن التحكم به باستخدام مفتاح قفل والشكل (13-1) يوضح مفتاح السحب وذراعه.

الشكل (13-1) مفتاح السحب

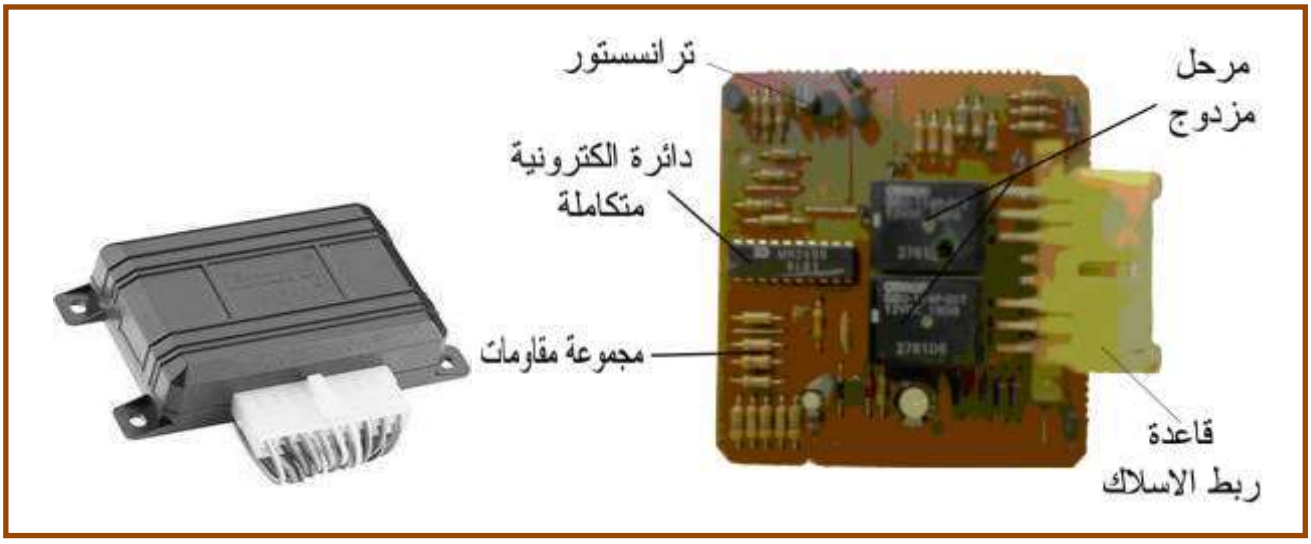
10.1.1. مفتاح الفتح والقفل المركزي (Center lock key) :

وهو عبارة عن مفتاح ذي خطين يستخدم للتحكم في فتح أو قفل أبواب السيارة، إذ يعد جزءاً من مجموعة التحكم التي تكون بجوار السائق، والشكل (1- 14) يوضح موقع المفتاح ضمن مجموعة مفاتيح التحكم المركزي بجوار السائق في السيارة.

الشكل (1- 14) مجموعة التحكم (مفتاح القفل المركزي)

11.1.1. وحدة التحكم المركزي (Central Control Unit):

تتكون هذه الوحدة من مجموعة من المرحلات ترتبط بدائرة الكترونية متكاملة تعمل على السيطرة على مشغلات الأبواب من خلال ارتباطها بمجموعة التحكم (الفتح والقفل المركزي) لباب السيارة والشكل (1-15) يوضح وحدة التحكم المركزي لأبواب السيارة.

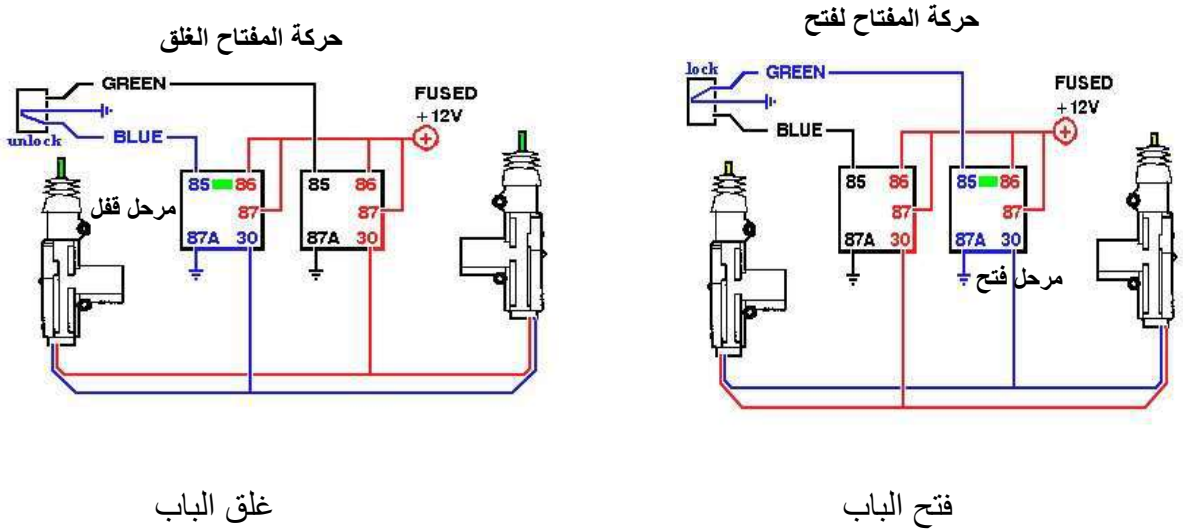


الشكل (1-15) وحدة التحكم المركزي

2.1طريقة عمل منظومة القفل الكهربائية:

عند إدخال المفتاح في مكانه (بيت المفتاح) وتحريكه **باتجاه عقارب الساعة** يعمل على تحريك ذراع التوصيل الذي يتصل مباشرة مجموعة القفل المركزي لمشغل الباب (مفتاح كهرومغناطيسي أومحرك كهربائي) فيسيري تيار كهربائي (12v) يمرعبرالمنصهرات والى وحدة التحكم المركزي ومن ثم إلى مرحل فتح الباب حتى يصل إلى مشغلات الأبواب فيحدث حث كهربائي أو يدور محرك المشغل حسب نوع المشغل المستخدم في النظام الذي يدفع أعمدة التوصيل محركا لسن القفل الذي بدوره يؤدي إلى **فتح أبواب المركبة.**

وعند تحريك المفتاح باتجاه **معاكس لعقارب الساعة** ينسحب ذراع التوصيل إلى الأعلى مما يجعل مجموعة القفل في المشغل تحول سريان التيار إلى مرحل قفل الباب والذي بدوره يعكس مرور التيار لمشغل الأبواب **فتحدث عملية القفل المركبة** . الشكل (1-16) المخطط الكهربائي لدائرة القفل والفتح



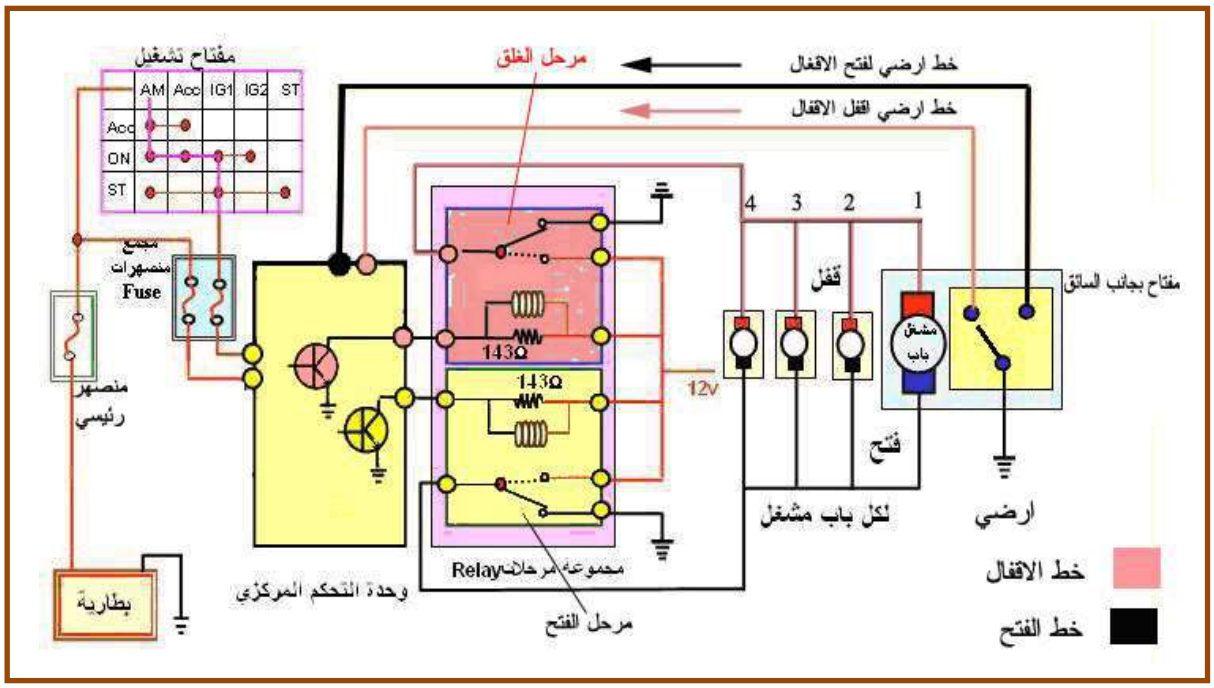
الشكل (1-16) المخطط الكهربائي لدائرة القفل والفتح

3-1 الدوائر الكهربائية لمنظومة أقفال الأبواب (Electric Circuit Lock Doors System)

تختلف تصاميم الشركات المصنعة للسيارات في طريقة ربط منظومة أقفال الأبواب لكن طريقة العمل واحدة من حيث المبدأ، ويختلف استخدامها في السيارة من نظام لآخر والمخططات الآتية توضح ذلك:-

1.3.1 مخطط للدائرة الكهربائية باستخدام مفتاح الفتح والقفل المركزي:

عند الضغط على زر الفتح لمفتاح القفل المركزي في مجموعة التحكم بجانب السائق فإننا سنعمل على إيصال خط الأرضي (بارد) إلى الدائرة الإلكترونية المتكاملة في وحدة التحكم المركزي التي تعمل على إمداد (مرحل الفتح) بفرق جهد 12 فولت فيعمل المرحل على تحويل التيار إلى مشغل الباب الذي بدوره يعمل على فتح الباب، وعند الضغط على زر القفل سوف يتحول خط الأرضي (بارد) إلى وحدة التحكم المركزي إلى نقطة أخرى من خلال نفس الدائرة الإلكترونية حيث تعمل على إمداد (مرحل الغلق) فرق جهد 12 فولت معاكس للحالة الأولى إلى مشغل الباب فتحدث عملية القفل والشكل (1- 17) يوضح عمل الدائرة الكهربائية.



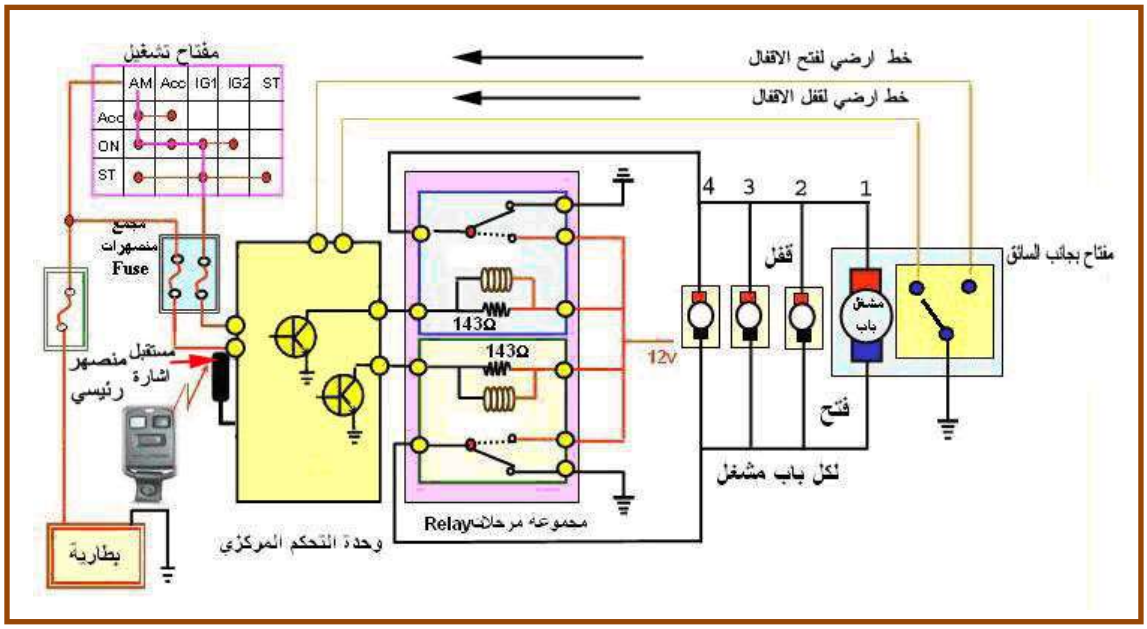
الشكل (1-17) الدائرة الكهربائية لفتح وغلق الباب(مفتاح الفتح و القفل المركزي بجوار السائق)

1-4. دوائر التحكم عن بعد لمنظومة إقفال الأبواب:

1.4.1مخطط للدائرة الكهربائية (فتح وقفل) لأبواب السيارة باستخدام مفتاح التحكم عن بعد:

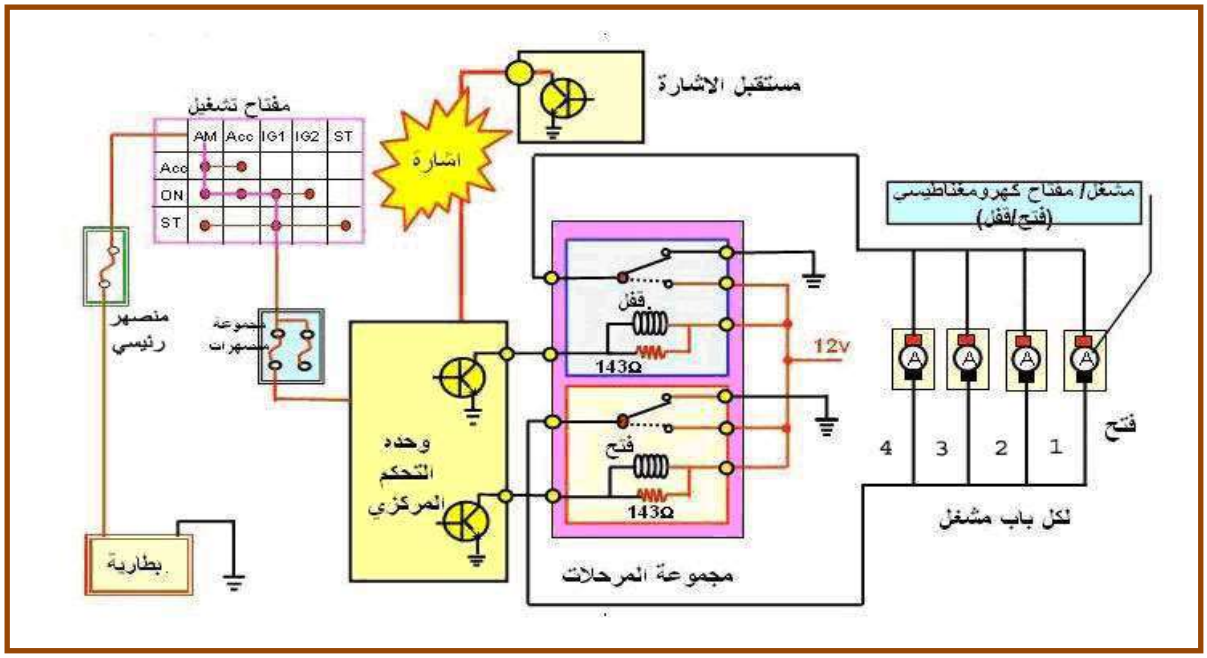
عند الضغط على زرالفتح في مفتاح التحكم عن بعد (Remote Control) سوف يرسل إشارة إلى مستقبل الإشارة التي ترتبط بالدائرة الالكترونية لوحدة التحكم المركزي التي تعمل على إيصل تيار كهربائي إلى (مرحل الفتح) ومنه إلى مشغل الباب فتحدث عملية الفتح لأبواب السيارة، أما إذا ضغطنا على زر القفل سوف تصل الإشارة إلى وحدة التحكم المركزي التي تعمل على إيصال تيار كهربائي (مرحل القفل) ومنه مشغل الباب فتحدث عملية القفل لأبواب السيارة والشكل (1- 18) يوضح مستقبل الإشارة المرتبط بوحدة التحكم المركزي حيث يستلم الإشارة الصادرة من جهاز الإرســـال (remount control) فتعمل وحدة

التحكم المركزي على تحويل الإشارة من خلال الدائرة الإلكترونية الى مرحل الفتح أو الغلق حسب نوع الإشارة المستلمة فيعمل المرحل على تحويل فرق جهد (12v) إلى مشغلات الأبواب. أي يمكن التحكم بجميع الأبواب مركزيا.



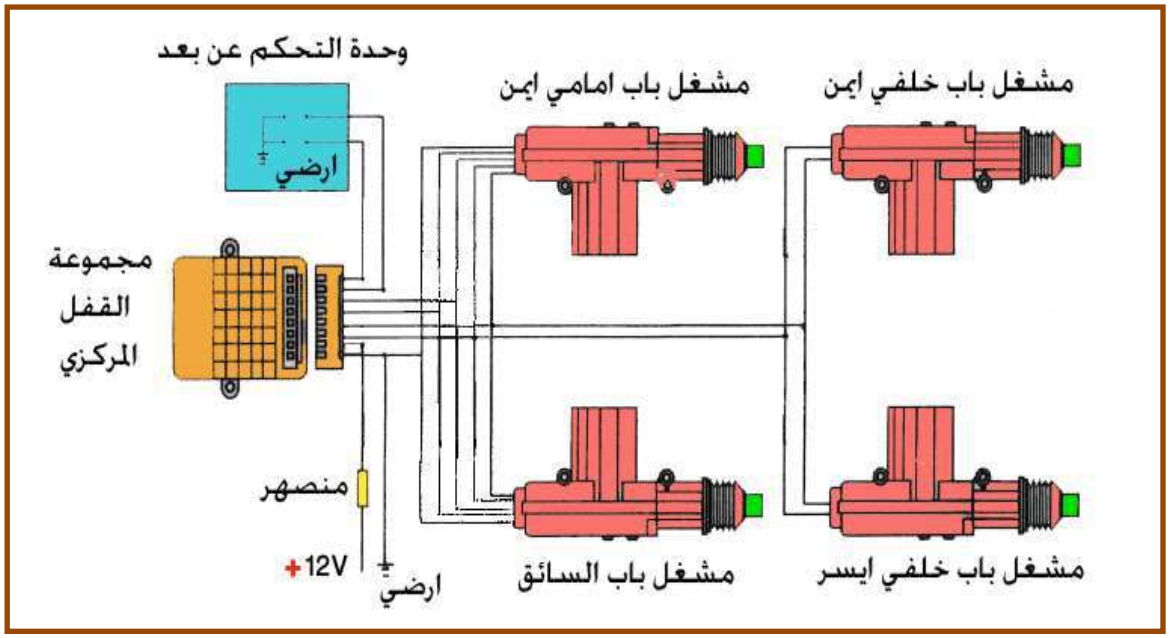
الشكل (1-18) الدائرة الكهربائية لفتح وغلق الباب (التحكم عن بعد) – للإطلاع -

والشكل (1-19) يمثل مخطط دائرة مستقبل الإشارة الذي يعمل على تحويل الإشارة اللاسلكية إلى إشارة سلكية وتنتقل إلى وحدة التحكم المركزي.



الشكل (1-19) الدائرة الكهربائية لفتح وغلق الأبواب (مستقبل الإشارة) – للإطلاع -

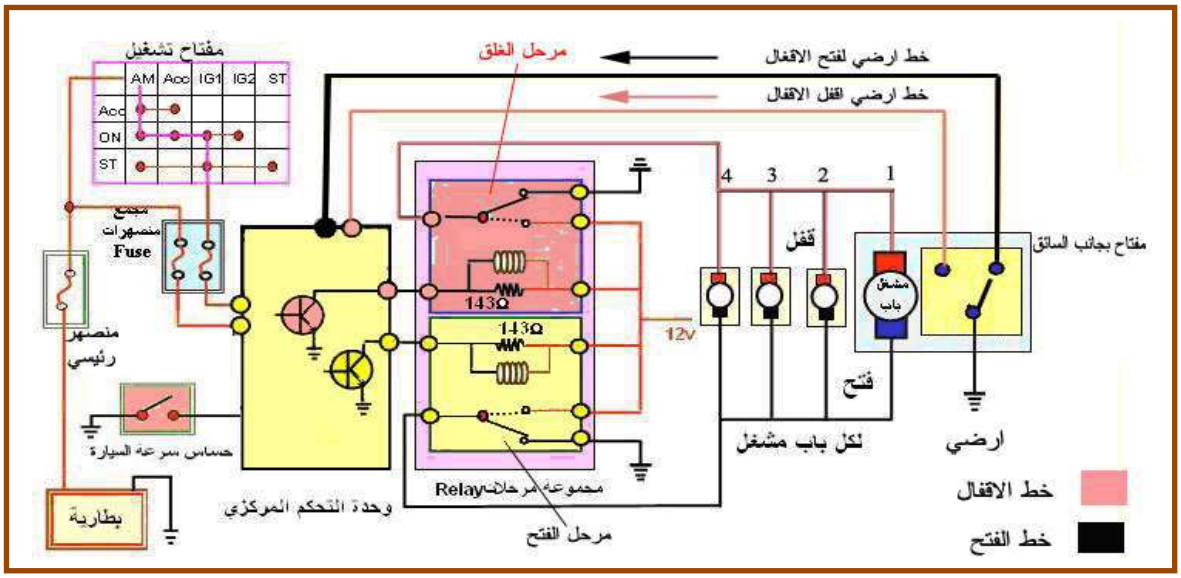
الشكل(1- 20) يوضح ربط الدائرة الكهربائية لفتح وغلق الأبواب باستخدام مفتاح التحكم عن بعد.



الشكل (1-20) الدائرة الكهربائية فتح وغلق الأبواب (وحدة التحكم عن بعد ومجموعة القفل المركزي)

2.4.1 مخطط للدائرة الكهربائية القفل المركزي لأبواب السيارة باستخدام حساس سرعة المحرك:

تستخدم بعض أنواع السيارات نظام القفل المركزي الأوتوماتيكي لمجموعة أبواب السيارة بعد تجاوز سرعة السيارة 20كم، يتيح هذا النظام تحقيق جانب الأمان لمن في داخل السيارة، يعمل هذا النظام بحساس يتحسس بسرعة السيارة الذي يرتبط بالدائرة الالكترونية في وحدة التحكم المركزي حيث تعمل على إمداد مرحل قفل الأبواب بفرق جهد 12فولت ومنه إلى مشغلات الأبواب فتحدث عملية القفل المركزي لأبواب السيارة والشكل (1-21) يوضح مخطط ربط هذا النظام.



الشكل (1-21) مخطط ربط منظومة الإقفال المركزي باستخدام حساس سرعة السيارة– للإطلاع -

5-1 مفتاح التشغيل الالكتروني (Electronic Starting key):

أي جزء في هذه الدنيا مهما صغر حجمه يجب أن لا نقلل من أهميته، فلا شك أنه يقوم بدور مهم وكبير لا يقل أهمية عن الأجزاء الكبيرة، إذ لا يمكنك دخول سيارتك وتشغيلها إلا بمفتاح لا يتجاوز طوله عدة سنتيمترات بل إن اختلاف سنة واحدة في إنتاجه قد تفقد قدرته على فتح باب السيارة أو تشغيلها.

لقد أخذ مفتاح السيارة الطور الذي يتناسب مع إيقاع الحياة وساعدت تكنولوجيا الإلكترونيات في تطويره بسرعة مذهلة تتناسب مع التقدم السريع في هذه التقنية الذي دفع شركات صناعة السيارات إلى توفير أفضل وسائل الراحة والرفاهية لسائق السيارة ، وبزيادة إيقاع الحياة تدريجيا وتطور مفتاح السيارة ليأخذ الطور الذي يتناسب مع الوقت فأصبح هناك مفتاح واحد يفتح السيارة، ويسيطر على معظم أجزائها وبظهور مفتاح القفل المركزي (Center lock) والمفتاح الذكي (smart key) ووحدة إرسال الإشارة أو مولد النبضات في مفتاح السيارة، ووحدات الاستقبال بالأشعة تحت الحمراء في السيارة أصبح بالإمكان فتح باب السيارة أوغلقها عن بعد بواسطة جهاز التحكم عن بعد (Remote Control) وبقى الجزء المعدني للمفتاح فقط يمكن استخدامه في فتح السيارة يدويا إذا فرغت بطاريات جهاز التحكم عن بعد أو إذا رغبت في تأمين صندوق السيارة بحيث لا يفتح مع القفل المركزي للسيارة.

ثم اخفي الجزء المعدني من المفتاح ودمج مع جهاز التحكم عن بعد(Remote Control) ليشغل السيارة ولم يعد الجزء المعدني إلا احتياطي لفتح الأبواب، وأصبح هذا المفتاح جزءاً من نظام الكتروني يدخل في عملية تشغيل المركبة عند وضعه في مكانه تتعرف وحدة التحكم بالمركبة (Electronic Control Unit) (ECU) على الشفرة الخاصة به ليسمح له بتشغيل السيارة. وتطور مفتاح السيارة ليصبح معجزة الكترونية صغيرة يمكن تزويدها بمولد نبضات يلتقط هذه النبضات جهاز استشعار مثبت في السيارة يستطيع التعرف على صاحب السيارة ومن على بعد يصل إلى 1.5 م . فإذا توافقت الإشارة الصادرة من المفتاح مع تلك المخزونة في وحدة التحكم تقوم الوحدة بضبط مقعد السائق والمرايا وكذلك موجات الراديو للشخص الحامل للمفتاح قبل أن يدخل السيارة وتسمح له بالدخول بمجرد أن يلمس مقبض الباب ولا يحتاج صاحب السيارة إلا الدخول والضغط على زر بدء التشغيل حتى يتم تشغيل المحرك.

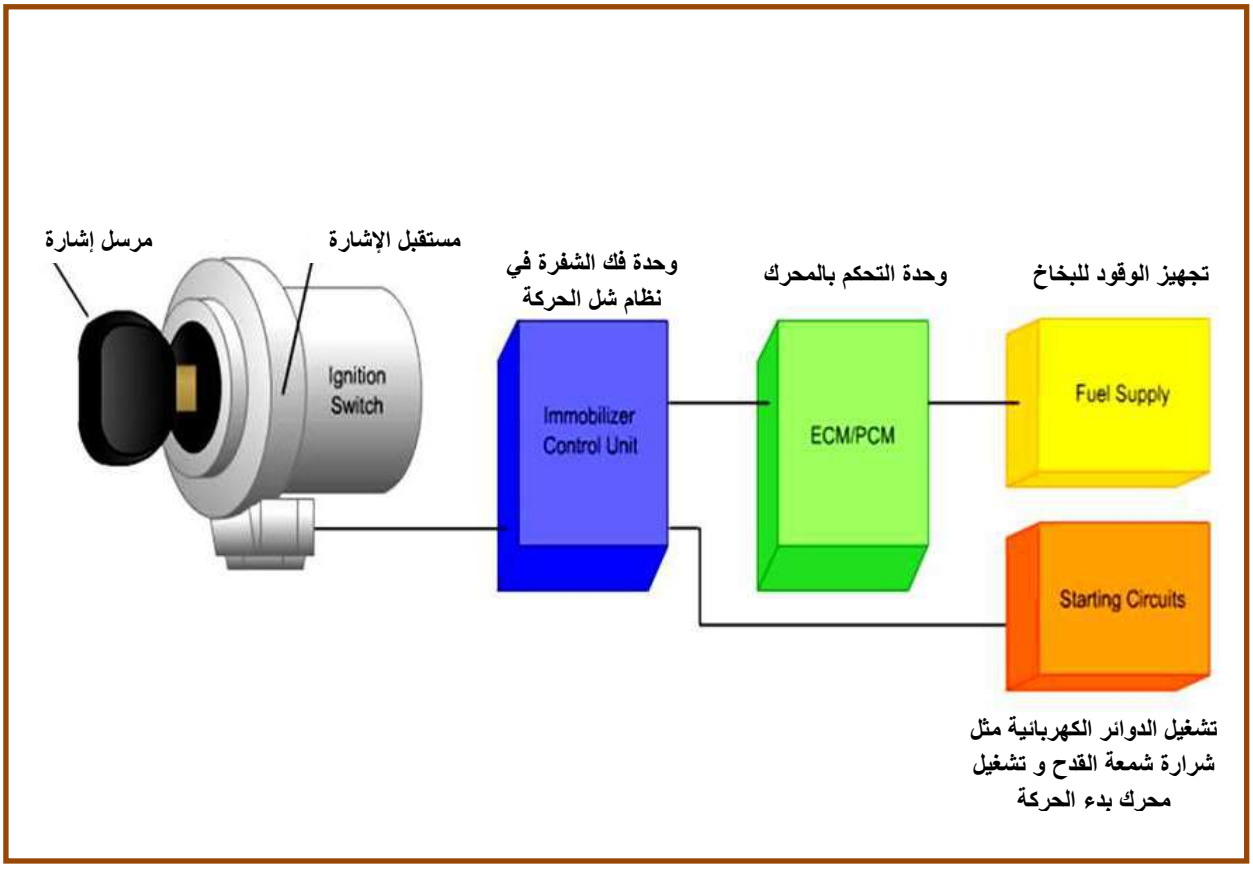
واستغل العلماء مفتاح السيارة للسيطرة على السائق وعاداته التي قد تتسبب في انهيار عوامل الأمان له ولسيارته فتم وضع شريحة في مفتاح السيارة، ما أن يتم إدخال مفتاح السيارة في فتحة التشغيل حتى يرسل إشارة لاسلكية إلى هاتف السائق تمنع تلقي المكالمات أو تبادل الرسائل القصيرة

حتى يقضي على عادة التحدث في الهاتف المحمول أثناء القيادة ولا يسمح للسائق إلا بالاتصال بخدمة الطوارئ أو والديه فقط، وسمي هذا المفتاح (مفتاح القيادة الآمنة) (key to safe) ويضاف هذا الاختراع الي مجموعة الاختراعات التي تعمل على منع سرقة السيارة.

1.5.1 منظومة شل الحركة (Immobilizer System) :

تعرف على أنها المنظومة المسؤولة عن حماية السيارة من السرقة باستخدام تقنية الاتصال غير المباشر بين المفتاح ودائرة استلام الإشارة (التكبير والتحليل) في مجموعة القفل للمفتاح الالكتروني للسيارة ومنها إلى منظومة العقل الالكتروني المسيطر على المحرك للتحكم بعملية التشغيل المصرح بها أو عدم التشغيل لعدم توفر التصريح (الرمز الصحيح) للمفتاح، حيث يتيح هذا النظام منع بدء أدارة المحرك بدون استخدام مفتاح أصلي ويمنع عمل وحدة التحكم في منظومة الحقن والإشعال والشكل (1- 22) يوضح مخطط الربط لهذا النظام.

نتيجة للتنوع الكبير في السيارات واختلاف مصادر ورودها ومناشئ إنتاجها وبسبب فقدان المفاتيح الأصلية للسيارة أصبحت هذه المنظومة تشكل مخاوف عند التعامل بها من ناحية صيانتها ليس بسبب صعوبة تقنية هذه المنظومة لكن لعدم توفر الأجهزة التقنية لصيانتها وارتفاع كلفتها لإعادة برمجة وتعريف مفاتيح السيارات وذلك لارتباطها بأرقام وشفرات محددة تختلف باختلاف السيارات وأرقامها الهيكلية وسنوات الإنتاج ومصادر الإيراد لها.



الشكل (1- 22) مخطط ربط منظومة شل الحركة (Immobilizer System)

مكونات النظام شل الحركة (Immobilizer System):

أ- مفتاح باب ذو الدائرة الإلكترونية :

للسيارة مفتاحان رئيسان يحتوي كلاهما على دائرة إلكترونية تسمى وحدة الإرسال كما موضح بالشكل (1- 23) وتتكون من:

أ. ملف هوائي (coil) .

ب. دائرة متكاملة (Integrated Circuit) (I.C).

ت. بطارية 3فوات.

يعمل المفتاح عند إدخاله في مكانه على إرسال رسالة مشفرة وتترجم هذه الرسالة بوساطة وحدة فك الشفرة، ثم ترسل إلى وحدة التحكم الالكترونية في المركبة (ECU) فتقوم بفك تلك الشفرة والسماح لنظام الإشعال والوقود في المحرك بالعمل.

الشكل (1- 23) وحدة الإرسال

ب- وحدة فك الشفرة (Analog Module):

الشكل (1- 24) يوضح وحدة فك الشفرة، يكون موقعها حول قاعدة مفتاح التشغيل وتتكون من الأجزاء الآتية:

1. ملف هوائي (coil).
2. دائرة إلكترونية (Electric Circuit)
3. ذاكرة لتخزين معلومات عن الرموز الخاصة بالمفاتيح لحد أقصى يصل إلى خمسة مفاتيح.
4. ذاكرة تخزين رمز الصيانة.
5. ذاكرة تخزين رمز فتح وغلق (تشغيل) وحدة التحكم بالمحرك.
6. رمز شخصي ويمكن الحصول عليه عن طريق رقم التعريف في هيكل السيارة او الشركة المصنعة للسيارة.

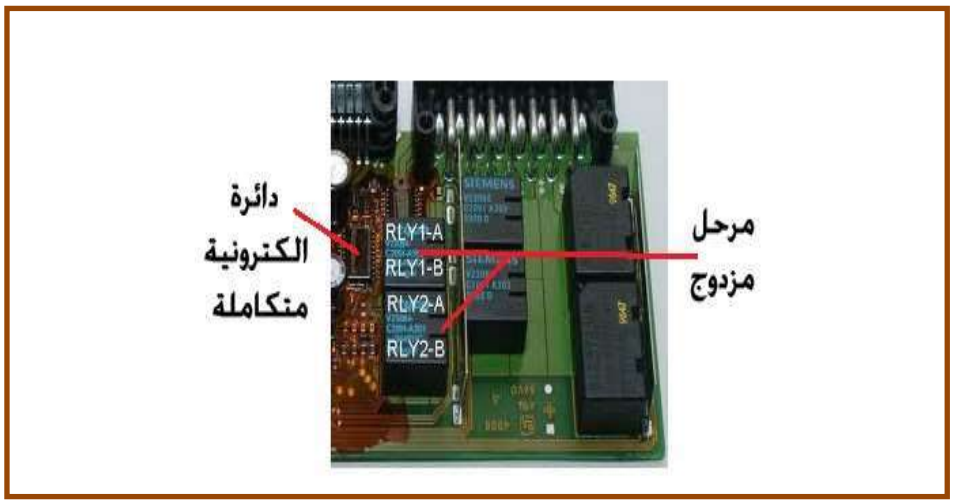
تعمل وحدة فك الشفرة على :

1. إمداد الدائرة الالكترونية الداخلية للمفتاح بالجهد الكهربائي من خلال الحث الكهرومغناطيسي
2. استقبال رمز المفتاح الصحيح.
3. تكوين إشارة تخاطب بين وحدة فك الشفرة وبين وحدة التحكم في المحرك (نظام الإشعال والوقود) ووحدة التحكم في نظام شل الحركة (Immobilizer).

شكل (1-24) وحدة فك الشفرة (analog module)

ج- المرحل المزدوج (Double Relays):

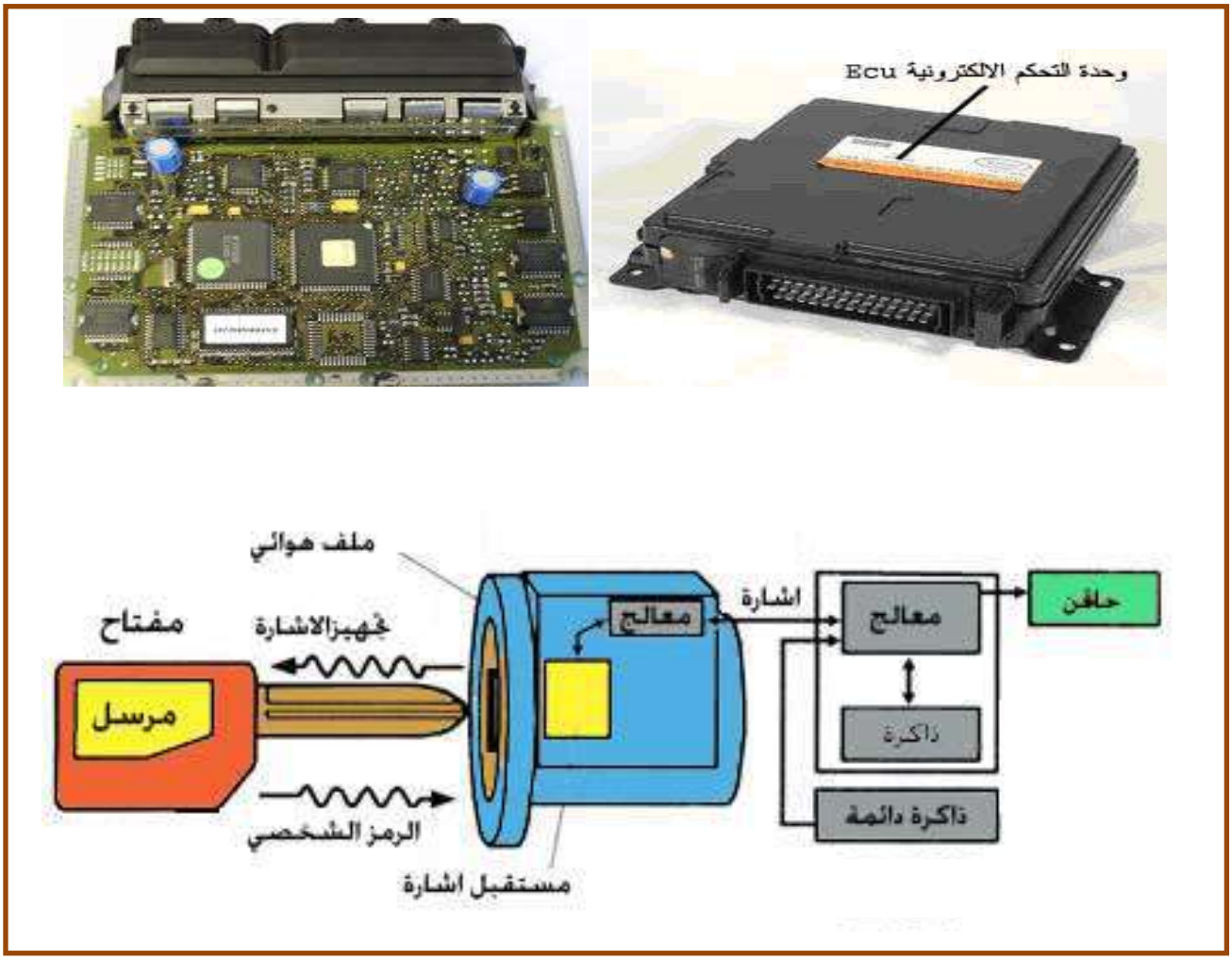
يقوم هذا الجزء بإمداد وحدة التحكم المركزي بالجهد (فولتية متغيرة الاتجاه) عند غلق نقاط التلامس في داخل كل مرحل ، والشكل أدناه يوضح شكل المرحل المزدوج (1- 25).



الشكل (1- 25) المرحل المزدوج (Relay)في وحدة التحكم المركزي

د- وحدة التحكم الإلكترونية (Electronic Control Unit):

تقع في مركز الخزانة أسفل راديو السيارة تقوم هذه الوحدة بتشغيل المحرك وتحتوي على ذاكرة دائمة وذاكرة استقبال وكذلك ذاكرة معالجة والمخطط في الشكل (1-26) يوضح كيف تعامل نظام شل الحركة مع وحدة التحكم الإلكترونية مع شكل توضيحي لها.



الشكل (1- 26) وحدة تحكم الكترونية ومخطط ربطها بنظام شل الحركة

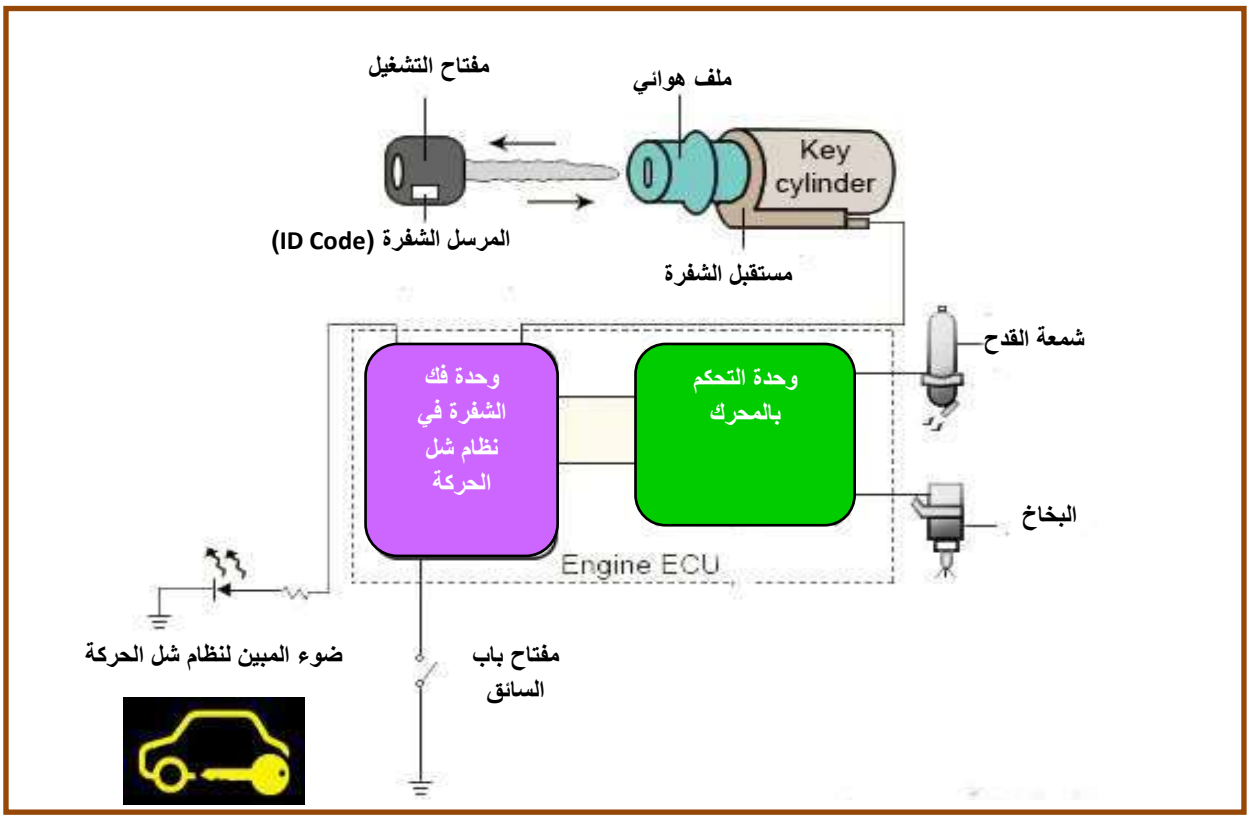
هـ ضوء المبين لنظام شل الحركة (lamp indicator system):

يكون موقع مبين النظام في الجهة العليا اليسرى من لوحة أجهزة القياس (لوحة المبينات)، لو وضعنا المفتاح ذا الرمز الصحيح في مكانه واتجهنا به إلى الوضع (**ON**) (فتح) سوف يعمل مبين النظام على فتح المفتاح بعد مرور ثانيتين والشكل (1- 27) أدناه يوضح إشارة المفتاح في المبين. ولو أدخلنا المفتاح ذا الرمز غير الصحيح سيبدأ المبين بالوميض ويستمر حتى تتم أزالة المفتاح من مكانه.

الشكل (1- 27) ضوء المبين لنظام شل الحركة (المفتاح المستخدم ذو رمز صحيح)

2.5.1طريقة عمل نظام شل الحركة (Immobilizer System):

عند إدخال مفتاح التشغيل في مكانه تعمل وحدة التحكم في النظام بإمداد وحدة فك الشفرة (الملف الداخلي) حيث يغذي الملف الموجود بالشريحة بداخل المفتاح بالجهد الكهربائي بواسطة الحث المغناطيسي ثم تقوم باستلام الإشارة الواردة من المفتاح ويرسلها إلى وحدة فك الشفرة في نظام شل الحركة (ذاكرة تخزين المعلومات) التي تقوم بمقارنة هذه الشفرة مع الشفرات المخزنة بالذاكرة ،ففي حالة التعرف على المفتاح الصحيح تقوم هذه الوحدة بإرسال أشارة (فتح) إلى وحدة التحكم بالمحرك (ECU) والسماح لخط الإشعال(شمعة القدح) و خط الحقن في المحرك بالعمل كما موضح بالشكل (1- 28).



الشكل (1- 28) عمل نظام شل الحركة

6.1.المفتاح الذكي (Smart key):

و تعرف المفتاح الذكية (البصمة) فعلياً ليست بصمة خاصة لأنها لاستشعار بصمة الاصابع اليد فالبصمة تستوجب وجود متحسسات و يتم تعريف البصمة عليها حتى تستجيب لها و هذا له متحسسات خاصة (Biometrics Sensors) يعرف هذا الجيل الجديد من المفاتيح بـ (Proximity Smart Keys) أي المفاتيح الموضع القُرب الذكية

1.6.1مكونات المفتاح الذكي نوع Fob:

1.1.6.1.مفتاح باب:

يؤمن هذا المفتاح الاتصال الغير مباشر بالسيارة لتشغيلها، إذ يعمل على إرسال موجات راديوية إلى السيارة والشكل (1-29) يوضح وحدة إرسال الإشارة في المفتاح ويحتوي على:

1.بطارية تعمل بجهد 3فوات.

2.وحدة إرسال الإشارة وتتكون من :

أ.ملف هوائي (coil).

ب. دائرة متكاملة (Integrate Circuit).

الشكل (1-29) وحدة إرسال الإشارة في المفتاح الذكي نوع Fob

2.1.6.1. قاعدة المفتاح :

وهي عبارة عن قاعدة يدخل بها المفتاح، وتعتبر وحدة فك الشفرة التي ترسل معلومات المفتاح إلى وحدة التحكم للمحرك (ECU). والشكل (1-30) أدناه يوضح المفتاح داخل القاعدة.

الشكل(1-30)المفتاح الذكي داخل القاعدة

7.1 المفاتيح الذكية نوع Keyless

وهو عبارة عن زر عند الضغط عليه يعطي أمر التشغيل أو التوقف للمحرك بعد تعرف وحدة التحكم الإلكترونية على المفتاح الذكي، إذ يبدأ بالوميض باللون الأخضر أذا كان المفتاح صحيحا واللون الأحمر إذا كان المفتاح غير صحيح

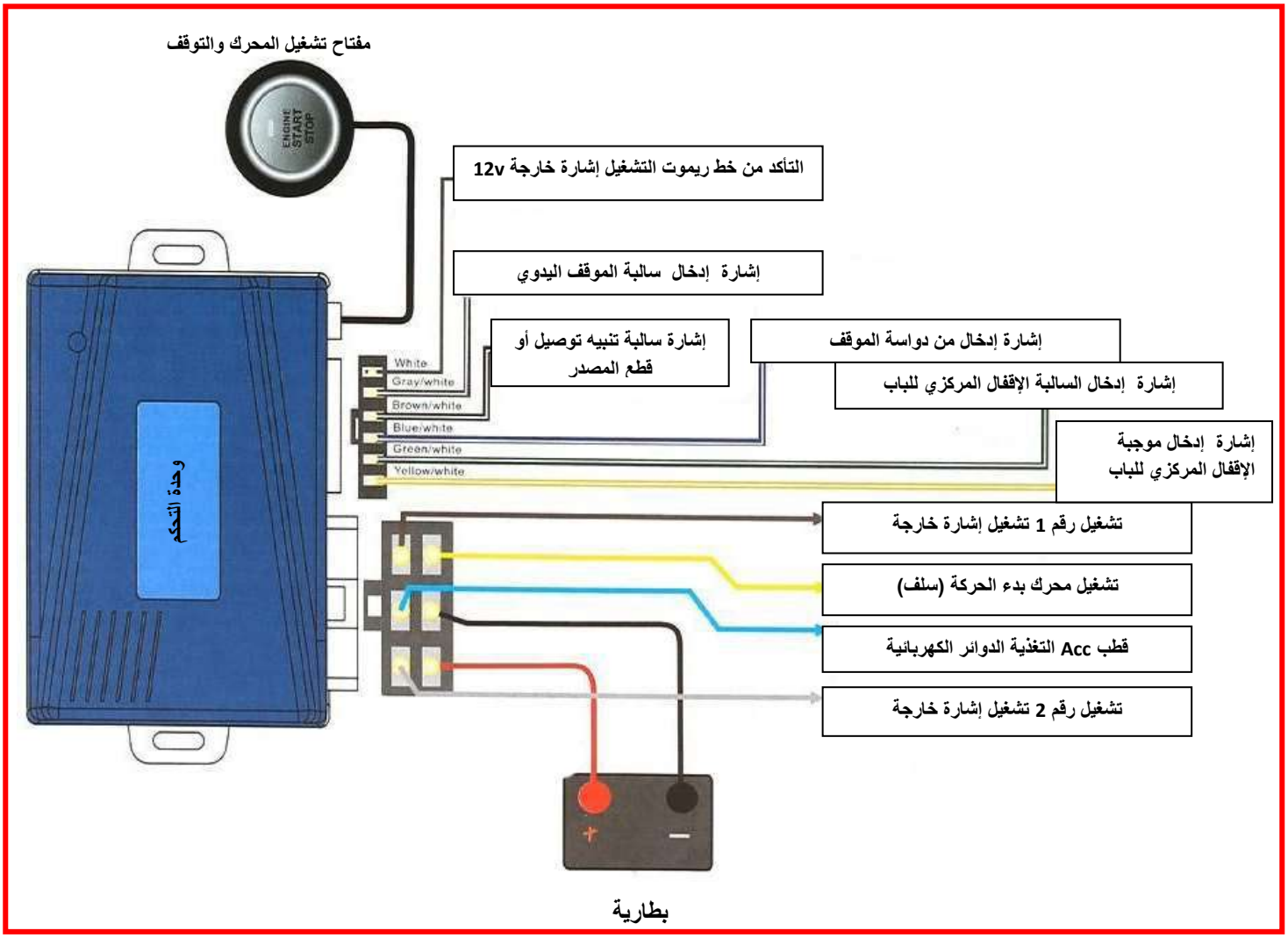
الشكل(1-30)المفتاح الذكي داخل القاعدة

1.7.1 كيف تعمل المفاتيح الذكية نوع Keyless

تبث هذه المفاتيح إشارات لاسليكة ضعيفة بشكل دائم .و تتواصل مع السيارة بواسطة باقة متنوعة مع الإشارات إشارات تموضع لتحديد موضع المفتاح ومسافته عن السيارة إشارات حالة المفتاح لتحديد حالة شحن بطارية المفتاح و التنبيه بعلامة في لوحة العدادات عند وصول شحنها لمستويات منخفضة و تحسب وحدة تحكم خاصة قوة إشارات التموضع المسافة و بمجرد أن تستشعر وصولها لقوة معينة تعتبر ذلك أن المفتاح و حامله قريب من السيارة فتقوم بفتح

اولا : بوضع الأقفال بحال تأهب فبمجرد تحريك قبضة فتح الباب يفتح القفل و أحياناً يكون هناك زر (Bush Button) تحت قطعة مطاطية يتم الضغط عليها بواسطة الإصبع فيفتح الباب و بسبب هذا الزر أطلق عليها إسم البصمة فلو ضغطنا الزر بأي إصبع و المفتاح معنا فسيفتح الباب

ثانيا: يتم وضع منظومة الإقلاع و التشغيل بحالة تأهب فيكفي أن يضغط السائق على مفتاح (Start-Stop Engine) مع الضغط على دواسة الموقف حتى يقلع المحرك و يعمل فلا علاقة للبصمة بالموضوع و لو كان الأمر فعلياً يعمل بالبصمة الحقيقية لكان مربكاً و صعباً جداً لأن مسح البصمة قد لا ينجح من أول مرة و تواجد الماء أو الرطوبة أو الغبار على الماسح البصمة أو على الإصبع قد يؤدي لفشل عملية المسح و التعرُّف على البصمة بل حتى وجود جرح بسيط في الإصبع سيؤدي لمنع التعرّف عليها و لن يتمكن أحد من قيادة السيارة ما لم يتم تعريف بصمته عليها



الشكل(1-30)المفتاح الذكي داخل القاعدة

الأسئلة والتطبيقات

س1:عدد أجزاء منظومة الإقفال التقليدية وما الفرق بينها وبين منظومة الإقفال الكهربائية؟

س2:عدد مع الشرح أنواع المشغلات التي تستخدم في باب السيارة.

س3: بين متى استخدمت منظومة الإقفال الكهربائية واشرح طريقة عملها؟

س4:عرف نظام شل الحركة وعدد مكوناته.

س5:ما وظيفة وحدة فك الشفرة في نظام شل الحركة؟ وما مكوناتها؟

س6:عدد المفاتيح الحديثة التي تستخدم في تشغيل السيارة مع شرح مبسط لكل منها.

س7:ما المفتاح الذكي؟ وما مكوناته؟

س8:وضح بالرسم وحدة التحكم الإلكترونية ومخطط ربطها بنظام شل الحركة.

س9:ارسم مخطط ربط المرحل موضحا ربط أقطابه مع الدائرة الكهربائية.

س10:وضح بالرسم ربط الدائرة الكهربائية فتح وغلق الأبواب (وحدة التحكم عن بعد ومجموعة القفل المركزي).

الفصل الثاني

منظومة حقن الوقود الإلكترونية

Electronic Fuel Injection System

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل إلى تعريف الطالب بمنظومة حقن الوقود الإلكترونية ومبدأ عملها.

الأهداف الخاصة :

الهدف من هذا الفصل هو جعل الطالب قادراً على أن:

1. **يتعرف على نظام مكونات حقن الوقود (البنزين) الإلكتروني في السيارة.**
2. **يميز أجزاء منظومة حقن الوقود (البنزين) الإلكتروني.**
3. **يتعرف على مضخات الوقود الكهربائية المختلفة.**
4. **يتعرف على طرق حقن وقود البنزين.**
5. **يتعرف على منظومة الهواء والمتحسسات المرافقة وأهميتها وعملها.**
6. **يتعرف على وحدة التحكم الإلكترونية المرافقة لمنظومة الحقن وطريقة عملها.**

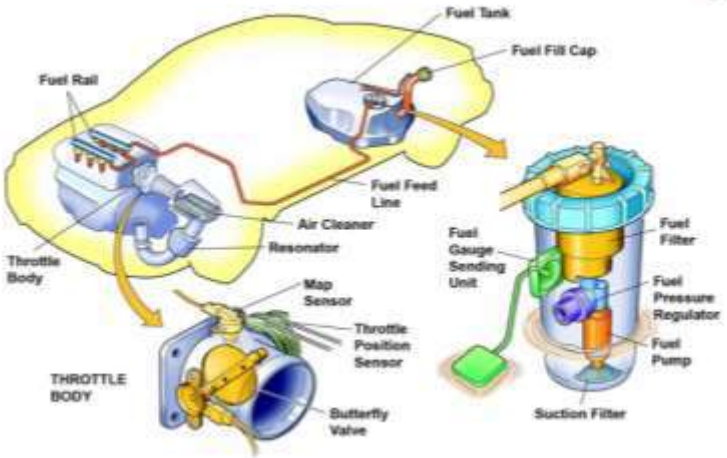
محتويات

الفصل 2

منظومة حقن الوقود الإلكترونية

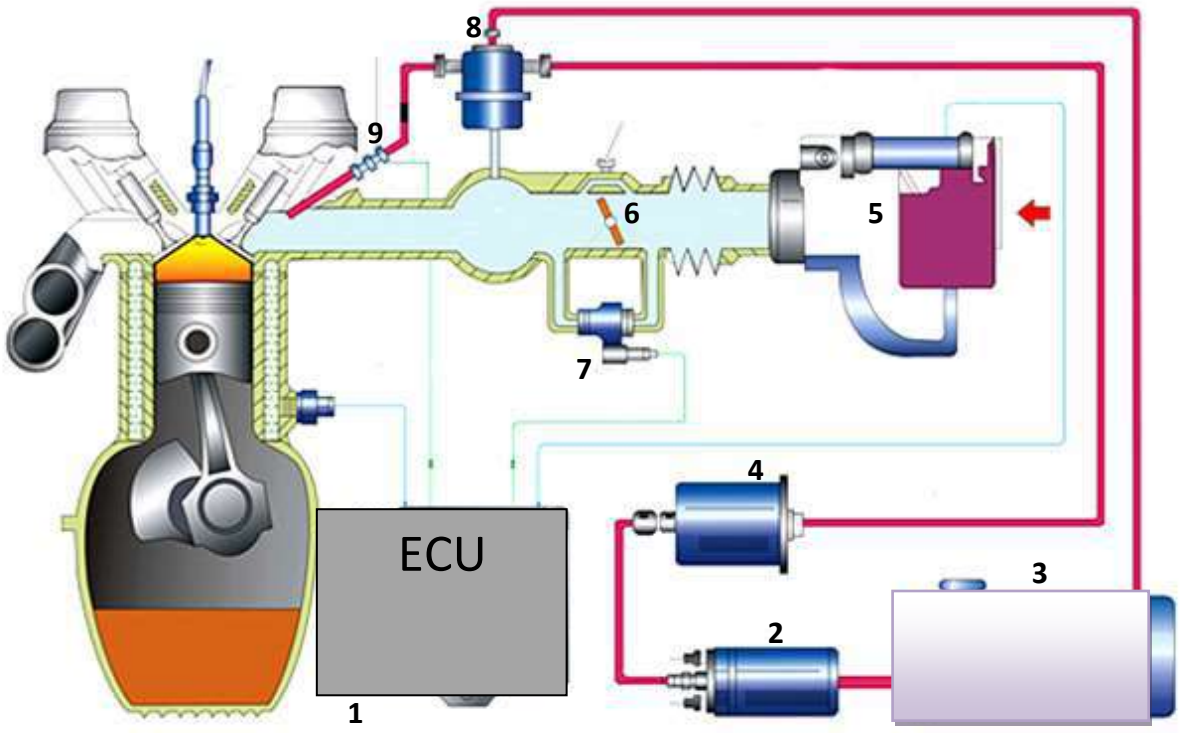
تعلم المواضيع

- مكونات منظومة حقن الوقود وآلية عملها
- الدوائر الكهربائية لمنظومة الحقن
- منظومة الهواء
- المتحسسات المرافقة لمنظومة الحقن وحدة
- التحكم الإلكترونية لمنظومة الحقن.



1-2 نظام حقن الوقود (البنزين) الإلكتروني (Electronic Fuel Injection System):

هناك أنظمة حقن للوقود مرنة تتعامل إلكترونياً لحساب نسبة الهواء والبنزين وتستخدم هذه الأنظمة متحسسات في المحرك لمراقبة أداء المحرك والسيطرة على تجهيز كمية الوقود إلى الهواء في ظروف عمل محرك السيارة وأُطلق عليه اسم (نظام حقن الوقود الإلكتروني) (Electronic Fuel Injection) (EFI)كما في الشكل (2-1) وكذلك تستخدم هذه المنظومة أجهزة كهربائية إلكترونية لمراقبة نواتج الاحتراق لغازات العادم واتخاذ القرار المناسب لمنع تلوث البيئة وذلك من خلال ضبط نسبة الهواء إلى الوقود وتتم السيطرة عليه بوساطة وحدة التحكم الإلكتروني. إن الهدف الأساسي للتحكم الإلكتروني هو التحكم في نظامي الإشعال وحقن الوقود لغرض تحسين أداء عمل المحرك ولزيادة قدرته والتقليل من استهلاك الوقود إلى جانب التقليل من انبعاث غازات العادم.



1.وحدة التحكم الالكتروني
2. مضخة وقود كهربائية
3. خزان الوقود
4.مصفي الوقود
5. مقياس تدفق الهواء
6. صمام الخانق
7.صمام السيطرة على الهواء في سرعة الحياد
8.منظم ضغط الوقود
9. البخاخ

شكل (2-1) نظام حقن الوقود (البنزين) الالكتروني

2-2 يقسم نظام الحقن الإلكتروني الى ثلاثة أقسام رئيسة :

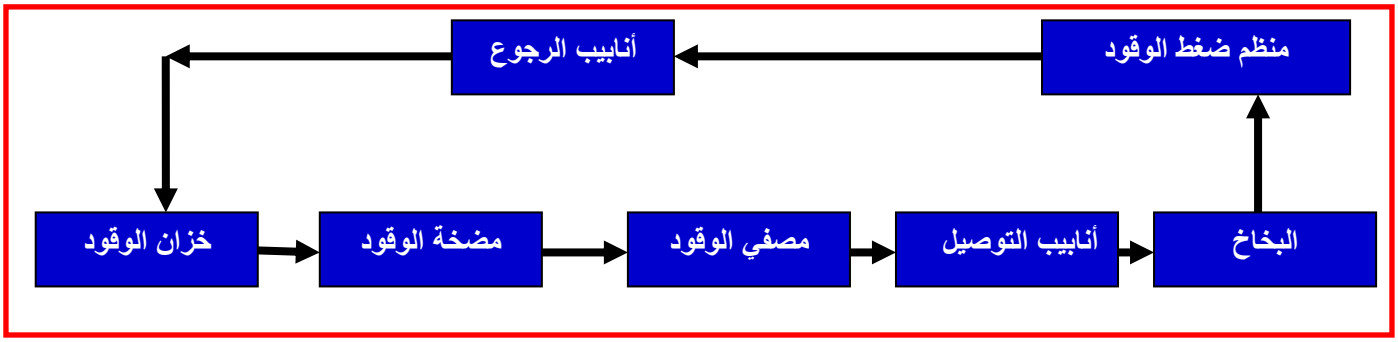
1- منظومة الوقود (Fuel System)

2- منظومة الهواء (Air System)

3- وحدة التحكم الالكتروني (Electronic Control Unit)

1-2-2 منظومة الوقود (Fuel System) :

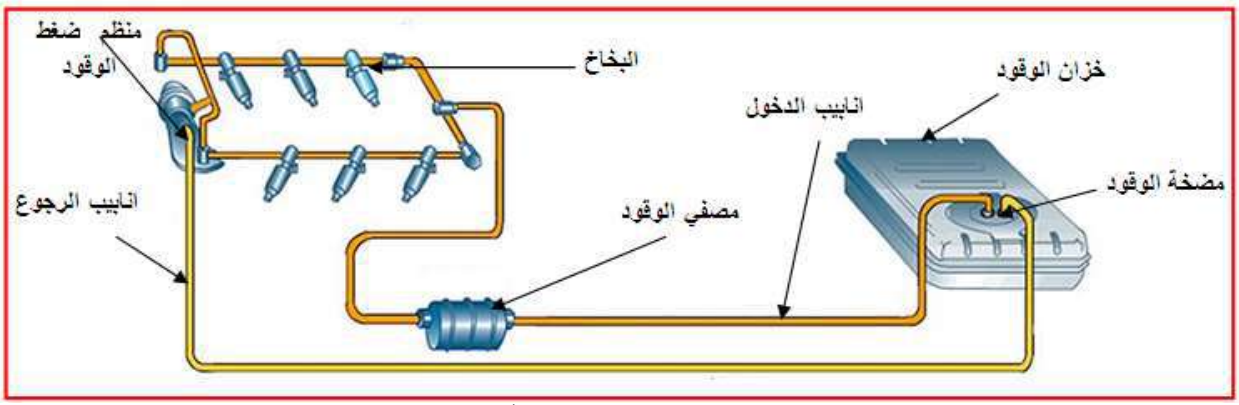
وظيفة منظومة الوقود هو إيصال الوقود من خزان الوقود إلى البخاخات بضغط مناسب ما بين (2.5 -3 bar) داخل منظومة الوقود . وتنظيم رجوع الوقود الفائض الى الخزان . المخطط الانسيابي لدورة الوقود كما موضح في الشكل (2-2)



شكل (2-2) المخطط الانسيابي لدورة الوقود لنظام حقن الوقود الالكتروني

2-2-2 مبدأ عمل منظومة الوقود :

إن مبدأ عمل منظومة الوقود هو سحب الوقود من الخزان عبر مضخة الوقود الكهربائية بضغط معين ودفعه الى مصفي الوقود لتصفيته تصفية تامة. ويسري الوقود إلى مسطرة توزيع الوقود المثبتة فوق المحرك المركب عليها البخاخات وكما في الشكل (2-3) يبدأ حقن الوقود لبخاخ إلى اسطوانات المحرك فينخفض الضغط داخل منظومة الوقود مما يودي إلى استقرار الوقود داخل منظومة الوقود أما إذا ازداد الضغط داخل المنظومة يبدأ عمل منظم ضغط الوقود للسيطرة على الوقود الفائض وإرجاعه إلى الخزان بواسطة أنابيب الرجوع.

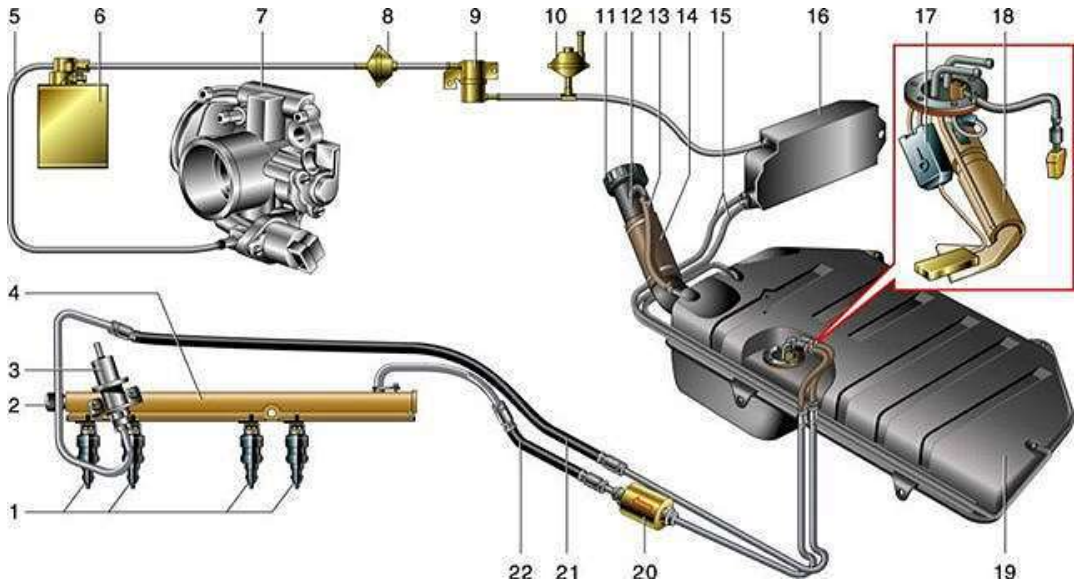


شكل (2-3) عمل منظومة الوقود

3-2 أجزاء منظومة الوقود:

1-3-2 خزان الوقود (Fuel Tank) :

يصنع خزان الوقود من صفيحة معدنية من الفولاذ ويغطى بسبيكة من الرصاص والقصدير يتراوح سمكها (1.25-0.37) ملم ويلحم الخزان بأنبوب تصريف البنزين وقمع التعبئة ويربط بالسيارة بواسطة شريطين من الصفائح المعدنية أسفل مؤخرة السيارة ويحتوي الخزان على عوارض من الصفائح المعدنية مثبتة في قعر الخزان وإن فائدة العوارض المعدنية هي منع ارتداد موجات البنزين من التصادم أثناء استدارة السيارة ويربط في بعض الخزانات مضخة وقود كهربائية غطاسه وفي بعض تصاميم السيارات الأخرى المستخدمة هناك منظومة التحكم بالأبخرة المنبعثة التي يتفرع منها أنبوب إضافي من الخزان لتوصيل الأبخرة للاستفادة منها في المحرك كما في الشكل (2-4) وإن متوسط سعة الخزان تصل مابين (40-95) لتر .



1- البخاخ

2-غطاء فوهة يسيطر على ضغط الوقود

3-منظم ضغط الوقود

4- مسطرة توزيع الوقود

5- أنبوب لامتصاص الأبخرة المتصاعدة من العلبة

6- صمام الملف اللولبي كهرومغناطيسي

7- جسم الخانق

8- توصيلة ربط اتجاهين صمام

9- توصيل ربط

10 -صمام دخول الهواء

11- غطاء الخزان الوقود

12 -أنبوب تعبئة

13- أنبوب ربط أنبوب تعبئة بالخزان

14-- مصفي الوقود عند تعبئة الوقود

15-أنابيب علبة الكاربون

16 -علبة الكاربون

17- حساس مستوى الوقود

18-مضخة الوقود الكهربائية

19-خزان الوقود

20 -مصفي الوقود

21 -أنبوب الرجوع

22 -أنبوب دخول

شكل (2-4) خزان الوقود

1.1.3.2 منظومة التحكم بالأبخرة المنبعثة من خزان الوقود :

تستخدم بعض المركبات الحديثة نظام التحكم بالأبخرة المنبعثة وذلك للتقليل من الأبخرة المنبعثة من خزان الوقود ويتكون هذا النظام من الأجزاء الآتية كما في الشكل (2-5):

1- خزان الوقود.

2- متحسس ضغط داخل خزان الوقود.

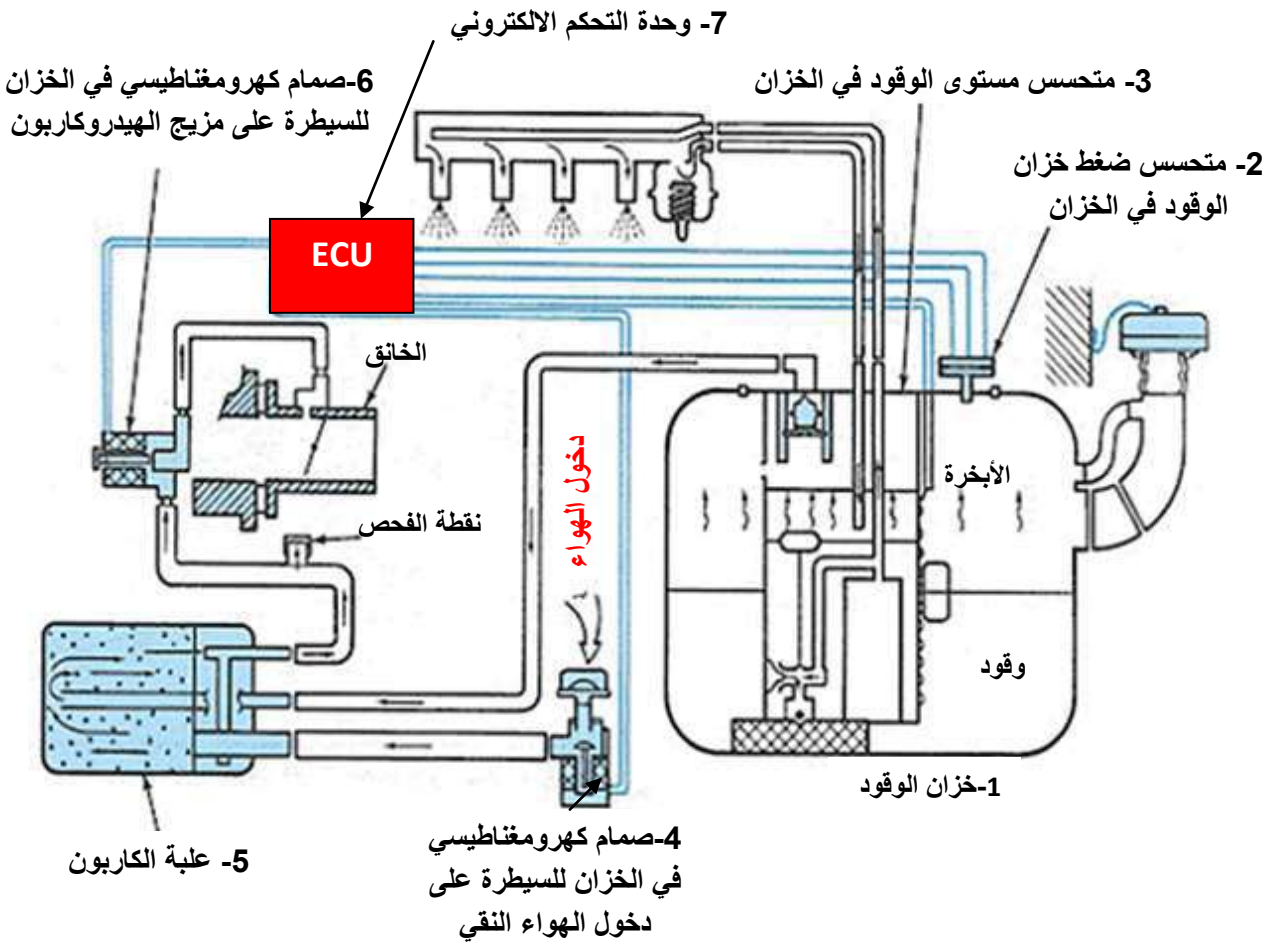
3- متحسس مستوى الوقود في الخزان.

4- صمام كهرومغناطيسي في الخزان للسيطرة على دخول الهواء النقي.

5-علبة الكربون.

6- صمام كهرومغناطيسي للسيطرة على مزيج الهيدروكاربون المنبعث.

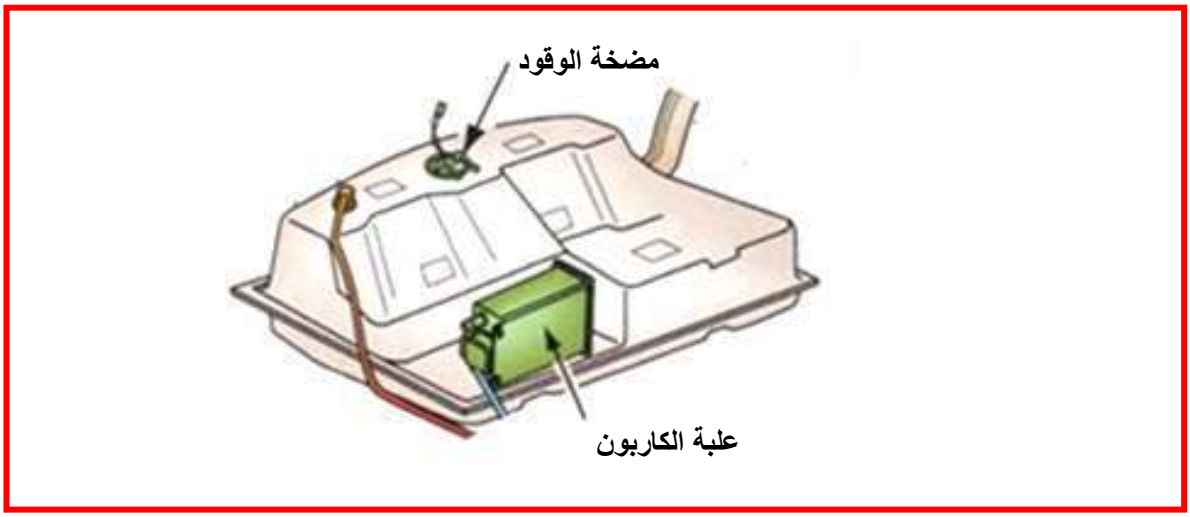
7- وحدة التحكم الالكتروني



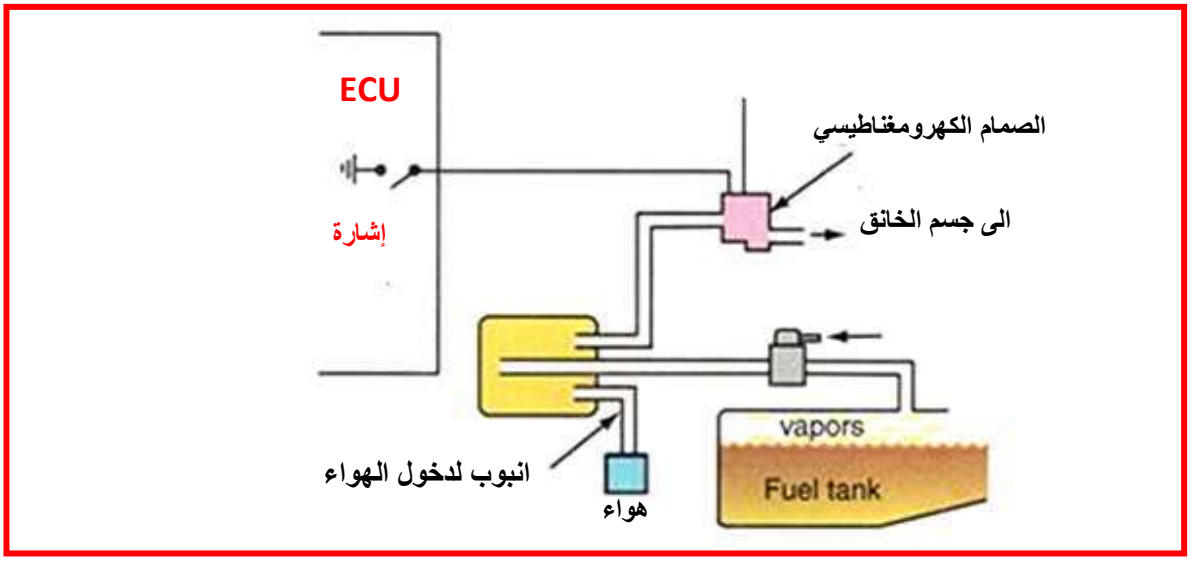
شكل (2-5) أجزاء منظومة التحكم بالأبخرة المنبعثة من خزان الوقود

2.1.3.2 مبدا العمل بنظام التحكم بالأبخرة المنبعثة من خزان الوقود الكترونياً:-

عند وجود بخار للوقود داخل الخزان يصبح هناك زيادة في الضغط داخل الخزان وفي هذه الحالة يقوم متحسس الضغط الموجود في خزان الوقود بإرسال إشارة إلى وحدة التحكم الإلكتروني كما في الشكل (2-5). وبعد ذلك تقوم وحدة التحكم بفتح الصمام الكهرومغناطيسي المسيطر على دخول الهواء النقي من خارج المنظومة ليتم إدخاله إلى علبة الكربون بعد وصول بخار البنزين عن طريق أنابيب التوصيل علما ان بخار البنزين (الهيدروكربون) يتم دخوله إلى علبة الكربون وذلك لوجود اتصال بين خزان الوقود وعلبة الكربون مباشرة في بعض السيارات كما في الشكل(2-6)وبعد ذلك يتم اختلاط الهواء النقي بالهيدروكاربون فيصبح مزيجاً غنياً يتم إرساله إلى صمام الخانق بعد فتح صمام كهرومغناطيسي يسيطر على المزيج الغني (الهيدروكاربون)، ويتم فتح هذا الصمام الكهرومغناطيسي في حالة الحمل الجزئي كما في الشكل (2-7).



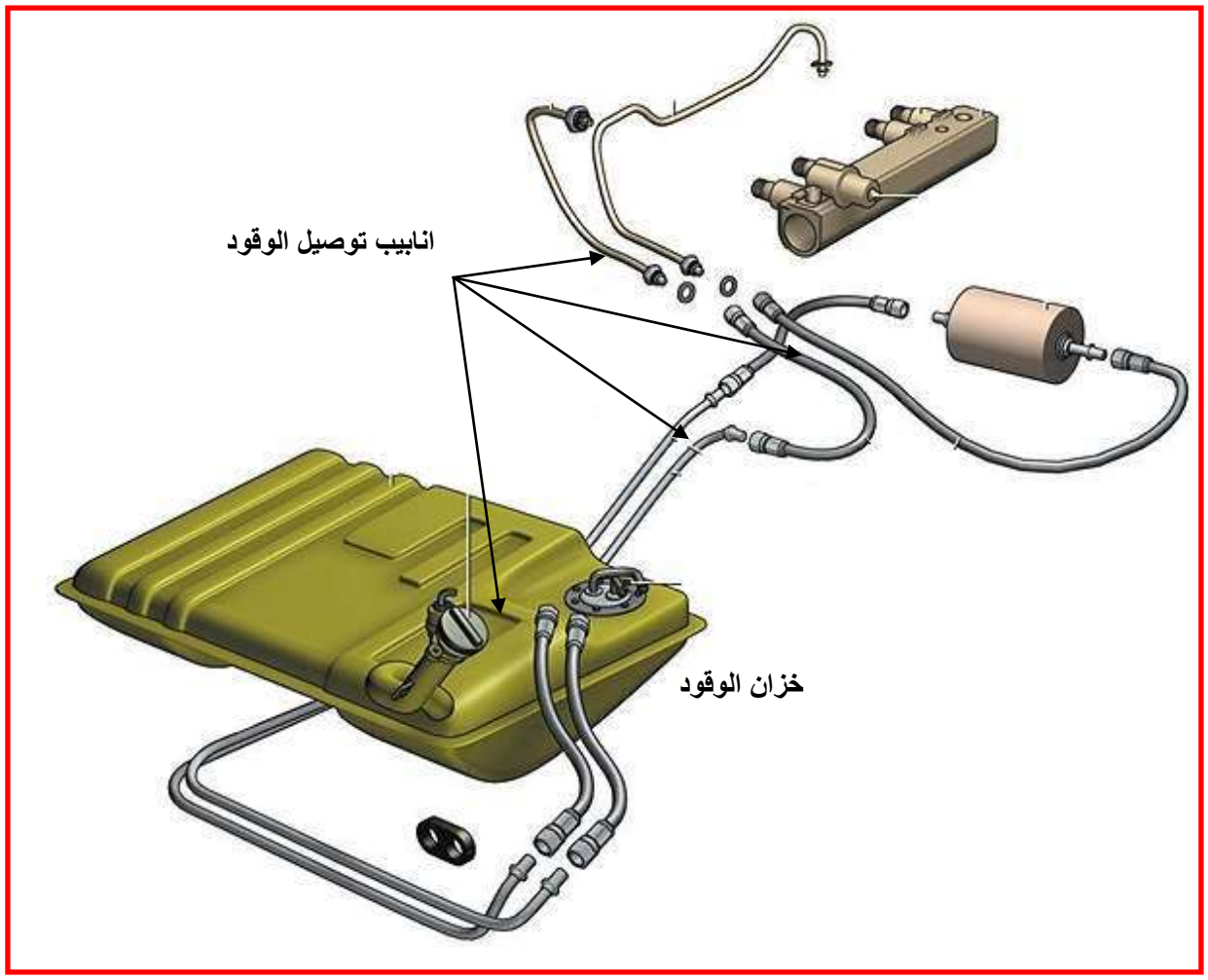
شكل(2-6) تركيب علبة الكاربون بالقرب من خزان الوقود



شكل(2-7) فتح الصمام الكهرومغناطيسي

2-3-2 - أنابيب توصيل الوقود (Pipe Fuel) :

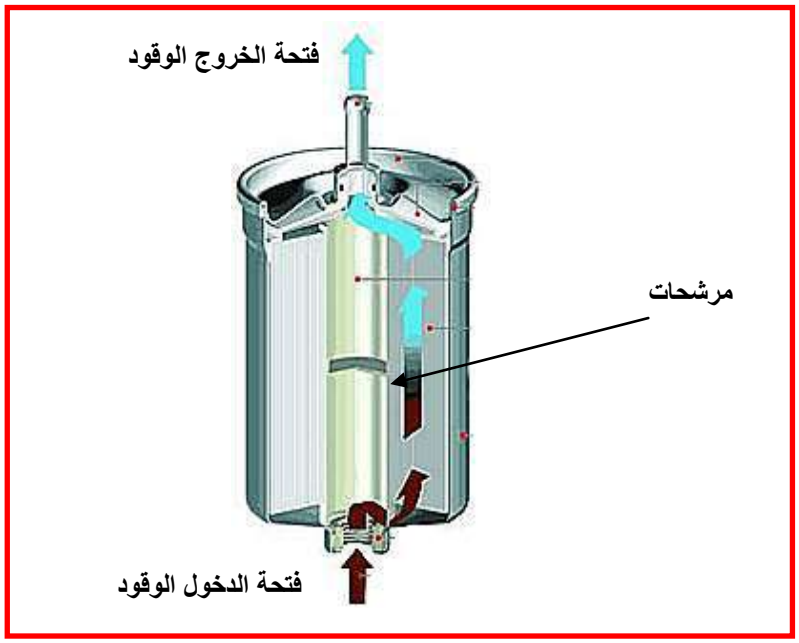
تعمل أنابيب الوقود لتوصيل الوقود من خزان الوقود إلى مسطرة توزيع الوقود، وتصنع أنابيب الوقود من جدار مزدوج من الصلب أو البلاستيك أو من النايلون وتستخدم أنابيب البلاستيك والنايلون في منظومات الوقود الحديثة للتخفيف من إمكانية حدوث الصدأ والتآكل في منظومة الوقود ويستعمل أنبوب توصيل رجوع الوقود بإيصال الوقود من مسطرة توزيع الوقود إلى الخزان. كما في الشكل (2-8).



شكل (2-8) انابيب توصيل الوقود

3-3-2 مصفي الوقود (Fuel Filter):

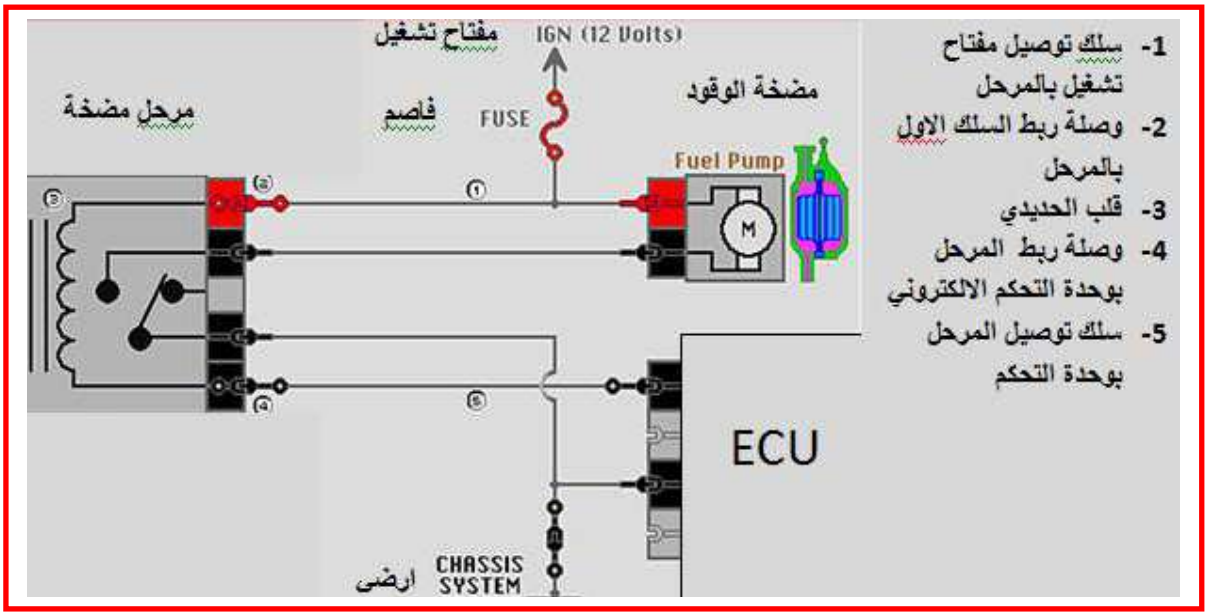
تمنع مصافي الوقود المواد العالقة (الصدأ / الماء / الأوساخ) من الدخول إلى البخاخات خوفا من انسداد البخاخ ويوضع مرشح الوقود عادة على الأنبوب الرئيس بعد مضخة الوقود إي أنبوبة الوقود الرئيس كما في الشكل (2-9).



شكل (2-9) مرشح الوقود

2-3- 4 مضخة الوقود الكهربائية (Electric Fuel pump) :

إن من أساسيات عمل مضخات الوقود الكهربائية توليد الضغط داخل منظومة الوقود لدفع الوقود من الخزان إلى البخاخات بضغط مناسب فتعمل الدائرة الكهربائية لمضخة الوقود عند خروج إشارة من وحدة التحكم الإلكتروني ECU إلى مرحل مضخة الوقود الكهربائية فتعمل نقاط التلامس في المرحل على توصيل نقاط التلامس وإيصال الإشارة إلى مضخة الوقود الكهربائية علما أن الإشارة الموجبة تكون موصلة للطرف الآخر لمضخة الوقود الكهربائية عن طريق مفتاح التشغيل، وعبر الفاصم لإكمال دورة كهربائية كاملة حينئذ تعمل مضخة الوقود الكهربائية، وكما في الشكل (2-10).



شكل (2-10) الدائرة الكهربائية لمضخة الوقود

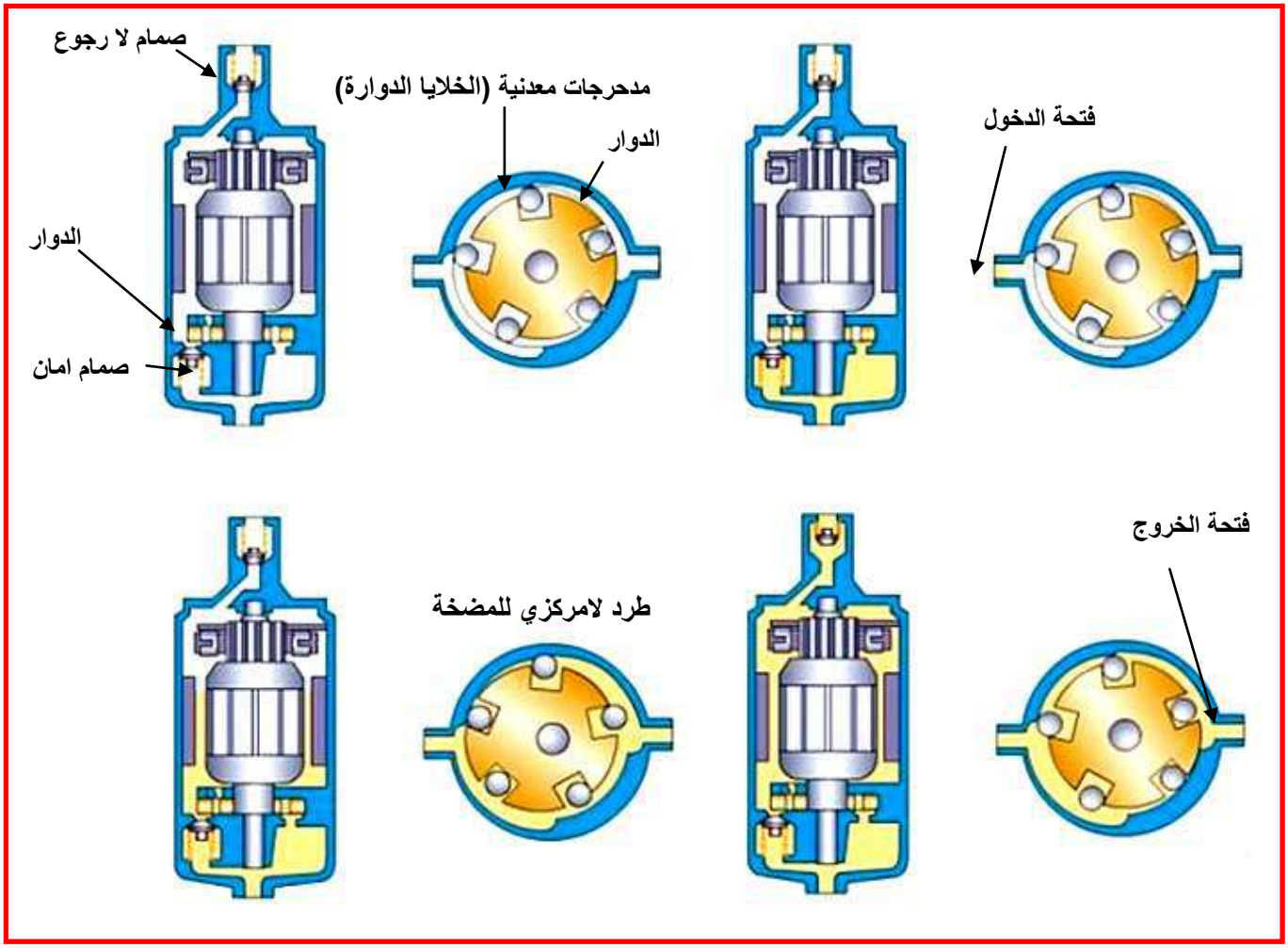
يوجد نوعان رئيسان لمضخة الوقود الكهربائية هما :

1- مضخة الوقود الكهربائية (خارج الخزان).

2- مضخة الوقود الكهربائية (داخل الخزان) غطاسة.

1-4-3-2 مضخة الوقود الكهربائية (خارج الخزان):

إن مبدأ عمل مضخة الوقود الكهربائية خارج الخزان هو عند وصول التيار الكهربائي يتم تحريك الخلايا الدوارة لمضخة الوقود بواسطة محرك كهربائي (ارميجر) فيحيط الوقود بمجاري بداخل هذه المضخة ويعمل القرص الدوار اللامركزي المركب في علبة المضخة (غلافها) الذي يحتوي على مدحرجات معدنية فيعمل على الحركة بفعل القوة الناتجة من محرك المضخة وباتجاه الغلاف لسحب الوقود ودفعه وتزود المضخة بصمام أمان يعمل عند ارتفاع الضغط عن الحد المسموح به عند فتح الصمام فينخفض الضغط داخل المضخة وتحتوي المضخة أيضا على صمام لا رجوعي للمحافظة على قيمة الضغط وعدم رجوع الوقود مرة أخرى للمضخة والشكل (2-11) يبين حركة الوقود داخل المضخة.

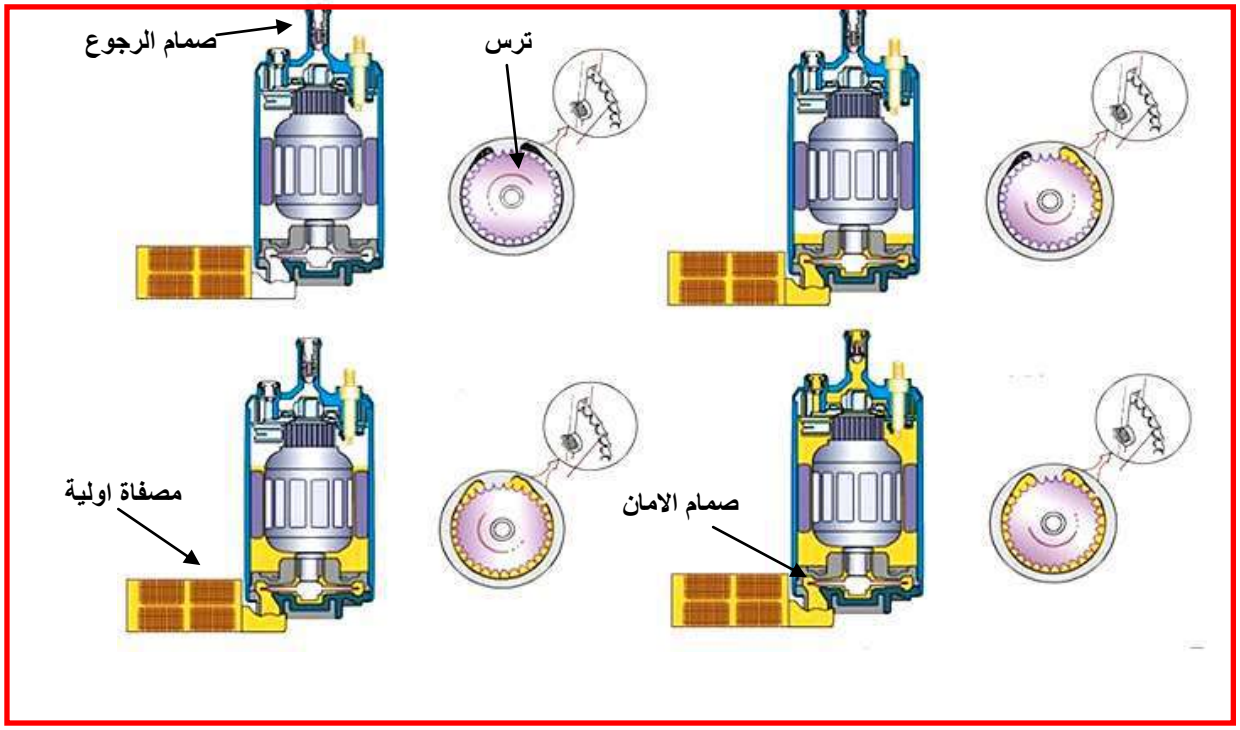


شكل (2-11) حركة الوقود داخل المضخة الكهربائية نوع (خارج الخزان)

2-4-3-2 مضخة الوقود الكهربائية داخل الخزان:

إن ميزة هذا النوع هو اقل ضوضاء من الأنواع الأخرى وكذلك أقل تغيراً في تدفق الوقود، ومن ميزات هذا النوع هو تبريد خزان الوقود لوجود المضخة داخل الخزان علما أن هذا النوع هو الأكثر استعمالاً في السيارات الحديثة. تركب هذه المضخة داخل خزان الوقود. يحتوي هذا النوع من المضخات على مصفاة وقود أولية في قاع الخزان وعلى مقياس مستوى الوقود .علما أن عمل المضخة يتم بوساطة محرك كهربائي عند وصول التيار الكهربائي لها تعمل على حركة ترس لسحب كمية من الوقود من داخل الخزان عبر صمام التصريف.

إن عمل صمام الأمان الموجود في المضخة يسمح بعودة الوقود الزائد إلى الخزان عند ارتفاع الضغط داخل المضخة وبعد ذلك يسري الوقود داخل المضخة حتى وصوله إلى صمام الرجوع وان وظيفة هذا الصمام هو السماح بمرور الوقود إلى البخاخات والشكل (2-12) يبين حركة الوقود داخل المضخة.



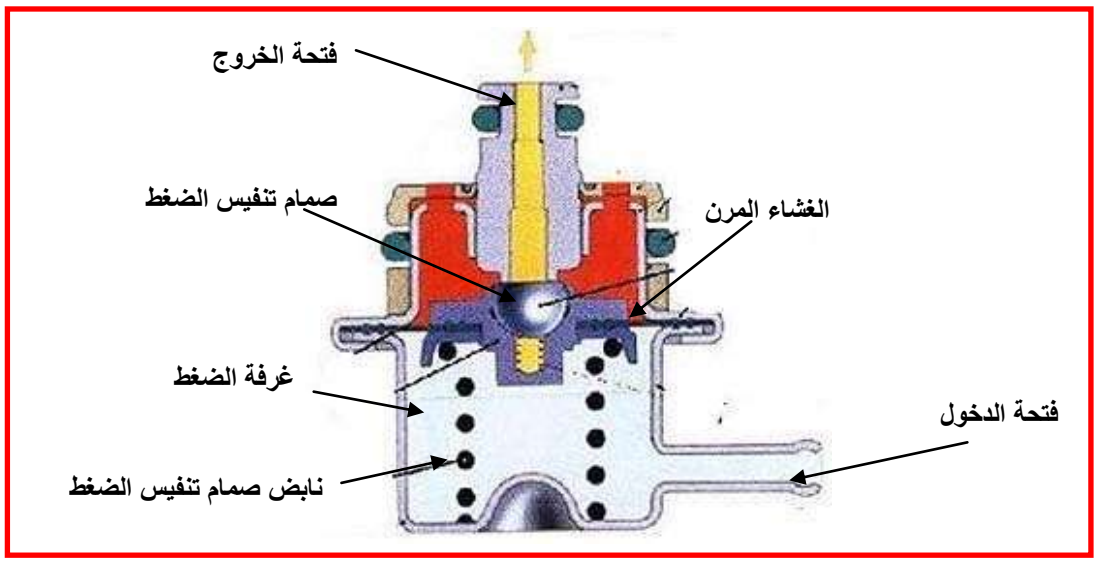
شكل (2-12) حركة الوقود داخل المضخة الكهربائية (داخل الخزان)

مقارنة بين مضخة الوقود الكهربائية خارج الخزان و مضخة الوقود الكهربائية داخل الخزان

ت	مضخة الوقود الكهربائية خارج الخزان	مضخة الوقود الكهربائية داخل الخزان
1	تركب المضخة خارج خزان الوقود	تركب المضخة داخل خزان الوقود
2	يكون سحب الوقود افقي من الخزان	يكون سحب الوقود عامودي على الخزان
3	يكون ضغط المضخة عالياً	يكون ضغط المضخة اقل
4	لاتحتوي على مصفي اولي	تحتوي على مصفي اولي
5	اقل استخداماً في السيارات الحديثة	اكثر استخداماً في السيارات الحديثة

5-3-2 منظم ضغط الوقود (Fuel Pressure Regulator) :

وظيفة منظم ضغط الوقود بتنظيم ضغط الوقود داخل منظومة الوقود إلى حد معين، وعند تجاوز الضغط الحد المسموح به يقوم منظم ضغط الوقود بفتح فتحة الخروج لاستقرار وثبات الضغط داخل منظومة الوقود.



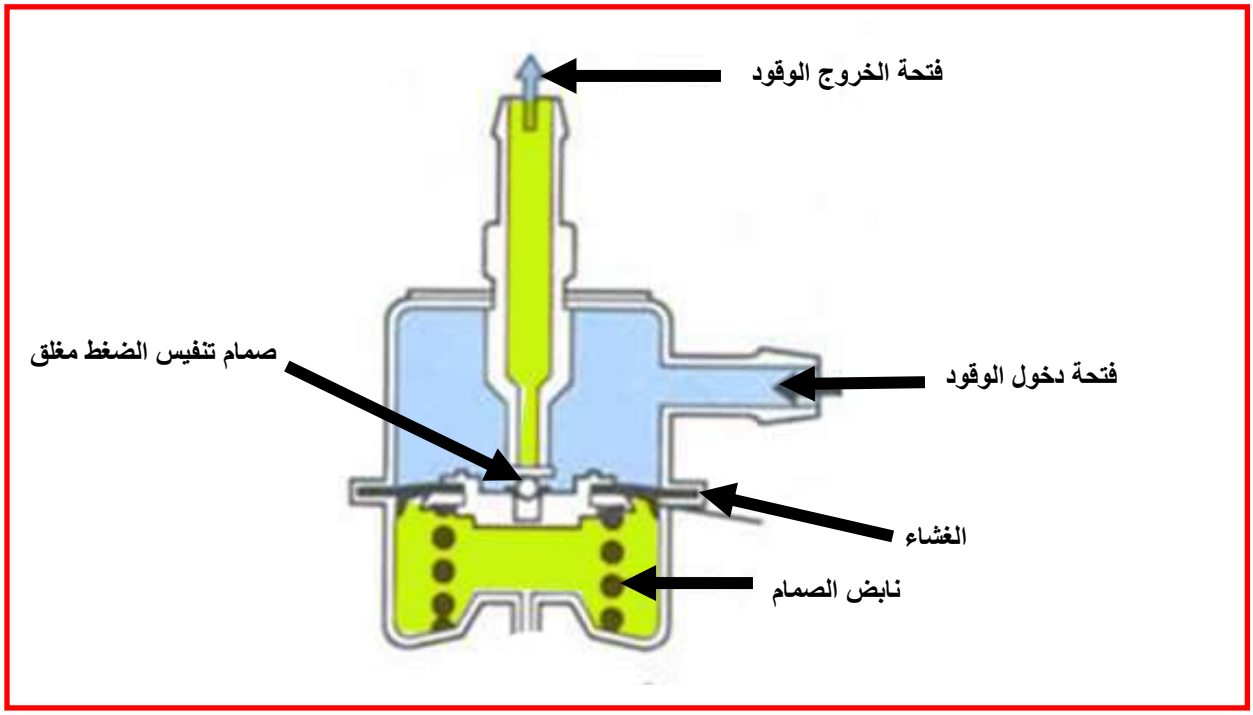
شكل (2-13) منظم ضغط الوقود

يتكون منظم ضغط الوقود من الأجزاء الآتية وكما يوضح الشكل (2- 13):

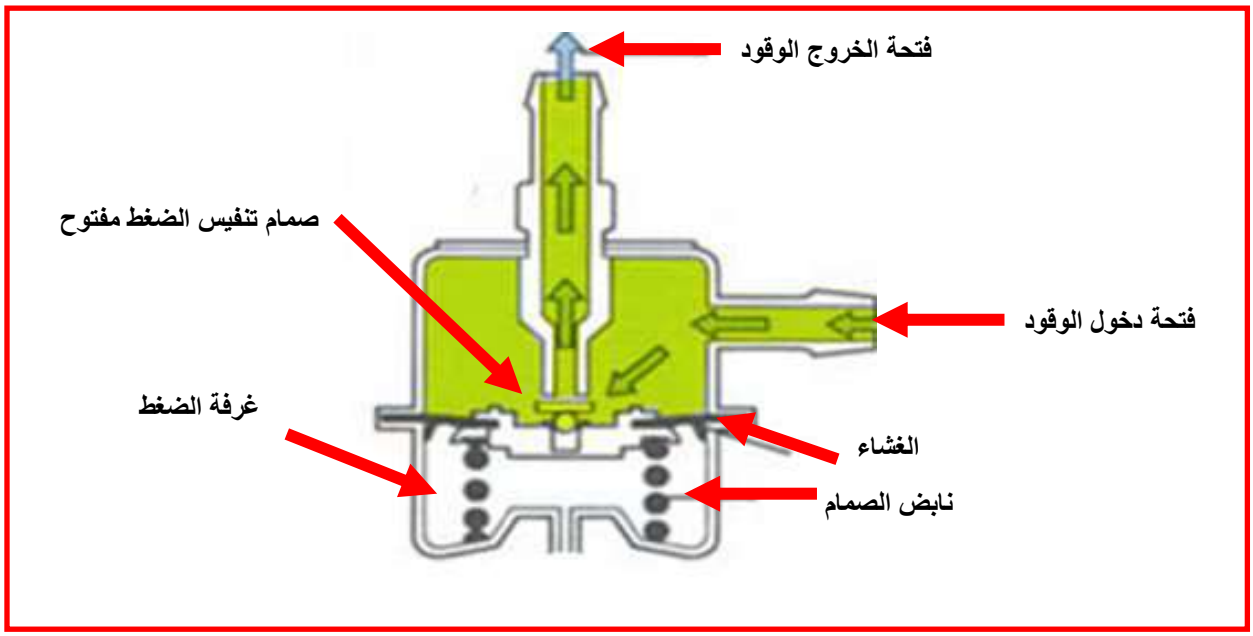
1- فتحة دخول الوقود.
2- غرفة الضغط.
3- صمام تنفيس الضغط.
4- فتحة الخروج.
5- نابض صمام تنفيس الضغط.
6- الغشاء المرن

2-5-3-1 مبدأ عمل منظم ضغط الوقود :

يكون منظم ضغط الوقود مغلقا عند إدارة المحرك، بفعل صمام تنفيس الضغط وهذا يجعل ضغط الوقود كما في الشكل (2-14). وعند زيادة ضغط الوقود داخل منظومة الوقود يؤدي إلى رفع غشاء المرن في منظم الضغط فيفتح صمام تنفيس الضغط كما في الشكل (2-15)، فيخرج الوقود من خلال أنبوب الرجوع، إلى خزان الوقود.



شكل (2-14) منظم ضغط الوقود مغلق

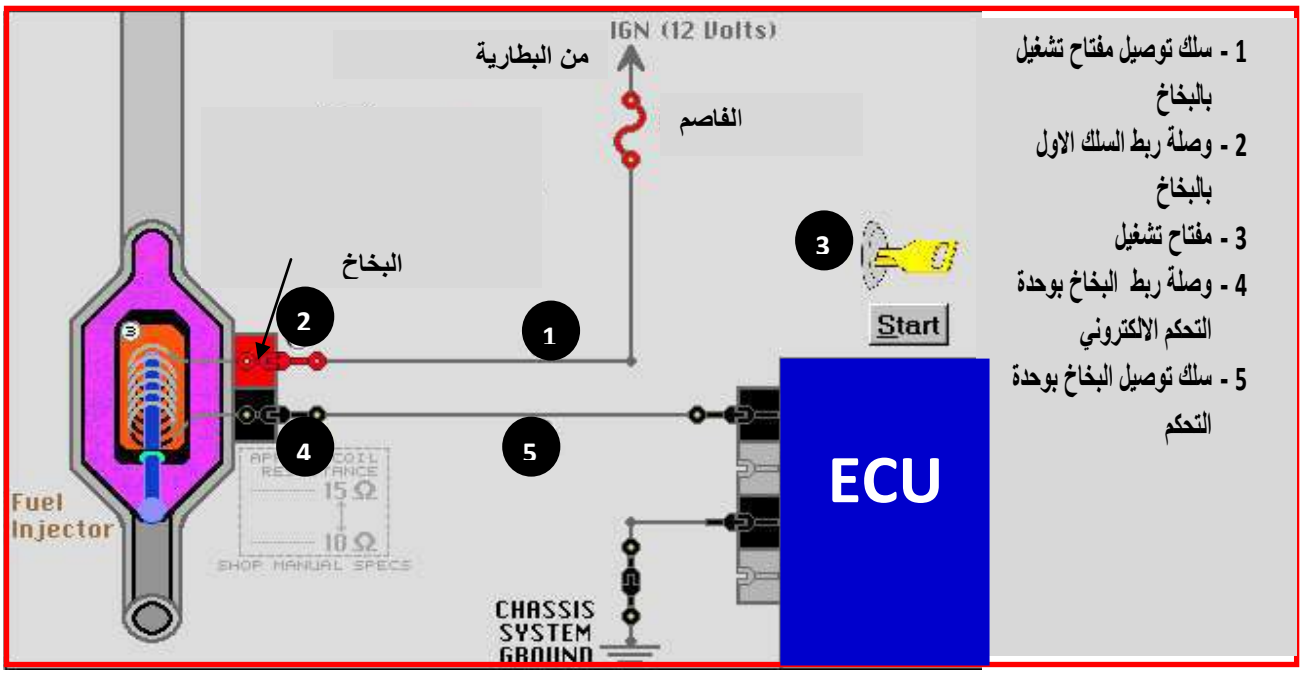


شكل (2-15) خروج الوقود من انبوب الرجوع الى خزان الوقود

6-3-2 البخاخ (Injector) :

إن وظيفة البخاخ هو حقن الوقود إلى داخل المحرك حسب الإشارة القادمة من وحدة التحكم الالكتروني(ECU) ويعد نوع إشارة البخاخ من نوع (الإشارة الخارجة) لأنها تتم بخروج الإشارة من وحدة التحكم الإلكتروني، وإن مبدأ عمل البخاخ هو عند فتح مفتاح التشغيل يسري تيار كهربائي من مفتاح التشغيل إلى القطب الموجب للبخاخ وبفرق جهد مقداره (12v) فولت عبر الفاصم ويعمل البخاخ

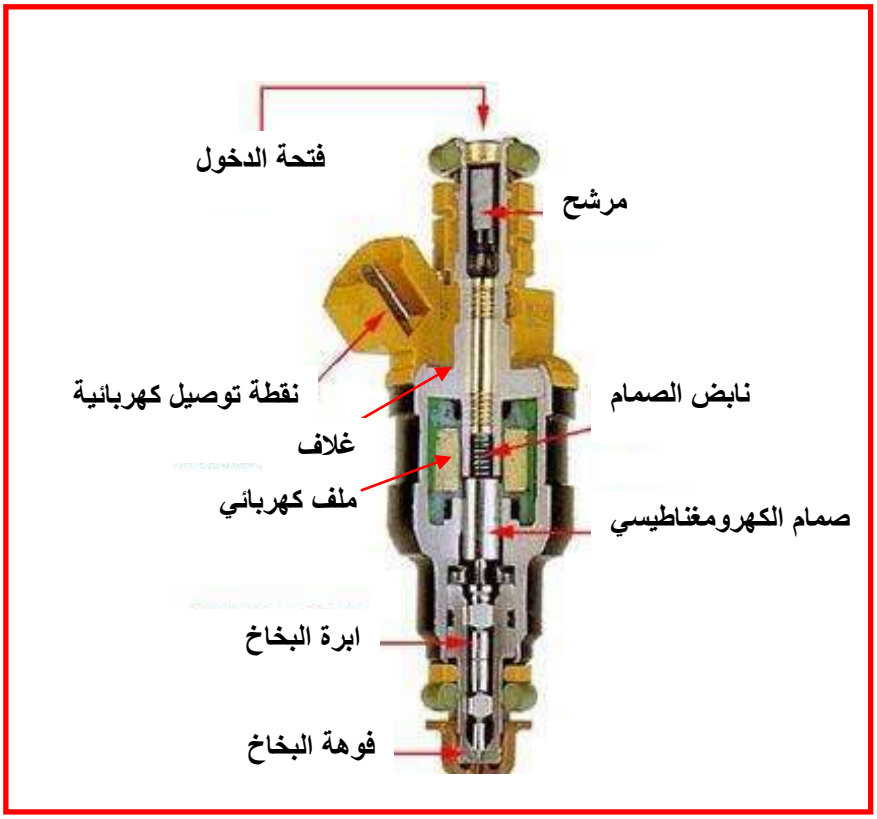
بتغذية الوقود بعد وصول الإشارة من وحدة التحكم الالكتروني للقطب الآخر للبخاخ لاكتمال الدورة الكهربائية كما في الشكل (2-16).



شكل (2-16) الدائرة الكهربائية للبخاخ

يتألف البخاخ من الأجزاء الآتية والموضحة في الشكل (2-17):

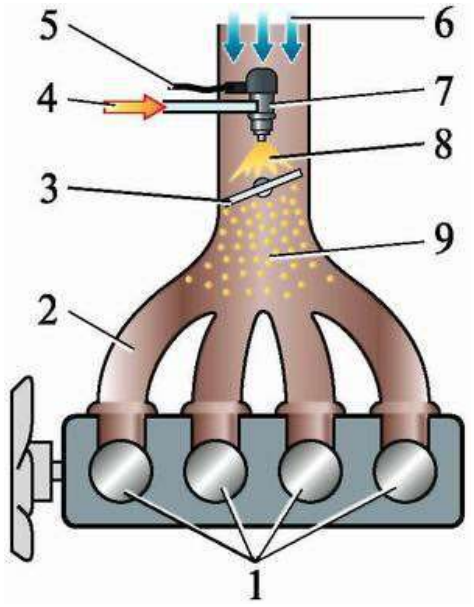
1- فتحة الدخول.
2- إبرة البخاخ.
3- الصمام الكهرومغناطيسي.
4- ملف كهربائي.
5- نابض الصمام.
6- مرشح.
7- نقطة توصيل.



شكل (2-17) أجزاء البخاخ

أنواع طرق حقن الوقود (البنزين) لنظام الحقن الالكتروني :

1- حقن الوقود المركزي: يحتوي نظام الحقن المركزي على بخاخ واحد او اثنين يركب في جسم الخانق ويقوم البخاخ المركزي بالحقن مباشرة على صمام الخانق وتوزيع الوقود إلى اسطوانات المحرك كما في الشكل (2-18).

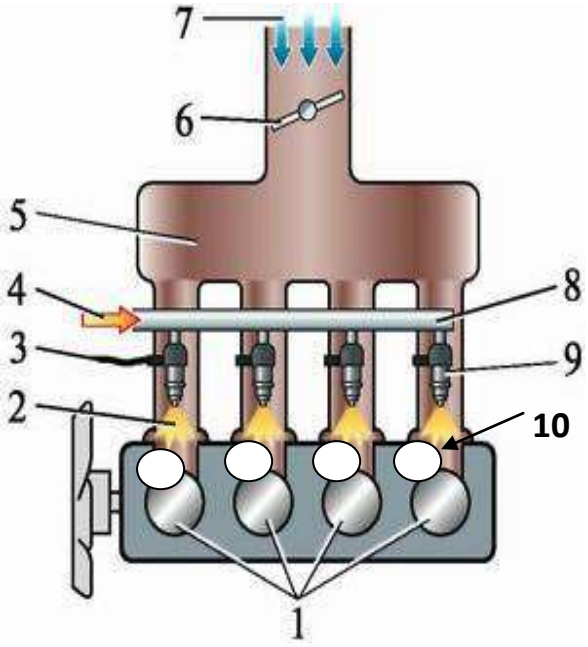


1. اسطوانات المحرك
2. مجمع السحب
3. صمام الخانق
4. دخول الوقود
5. التوصيل الكهربائي البخاخ
6. دخول الهواء
7. البخاخ المركزي
8. رذاذ الوقود
9. الخليط (الهواء +الوقود)

شكل (2-18) حقن الوقود المركزي

2- حقن الوقود المتعدد : وينقسم إلى:-

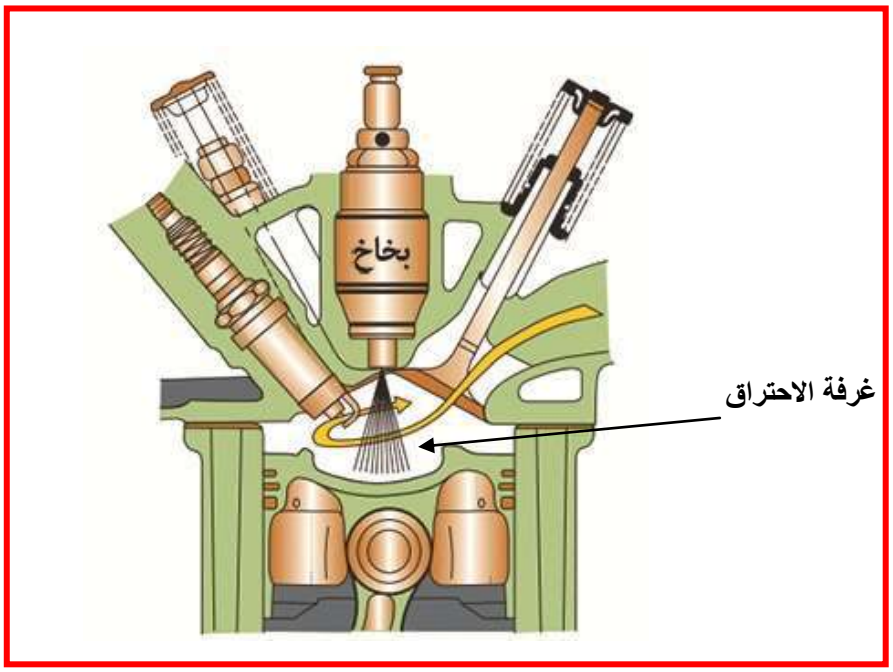
أ) متعدد البخاخات: هذا النوع يحتوي على بخاخات متعددة مساوية لعدد اسطوانات المحرك تربط في جميع الأسطوانات يقوم كل بخاخ بحقن خلف صمام الدخول للمحرك حسب التوقيت كما في الشكل (2- 19) .



1. اسطوانات المحرك
2. رذاذ الوقود
3. التوصيل الكهربائي البخاخ
4. دخول الوقود
5. مجمع السحب
6. صمام الخانق
7. دخول الهواء
8. مسطرة توزيع الوقود
9. البخاخ
10. صمام السحب

شكل (2-19) حقن الوقود على صمام الدخول

ب) حقن الوقود المباشر إلى اسطوانات المحرك : يكون في هذا النظام عدد من البخاخات مساوي لعدد اسطوانات المحرك وتكون عملية حقن الوقود مباشرة داخل غرفة الاحتراق بنفس مبدأ عمل محركات الديزل، كما في الشكل (2-20).

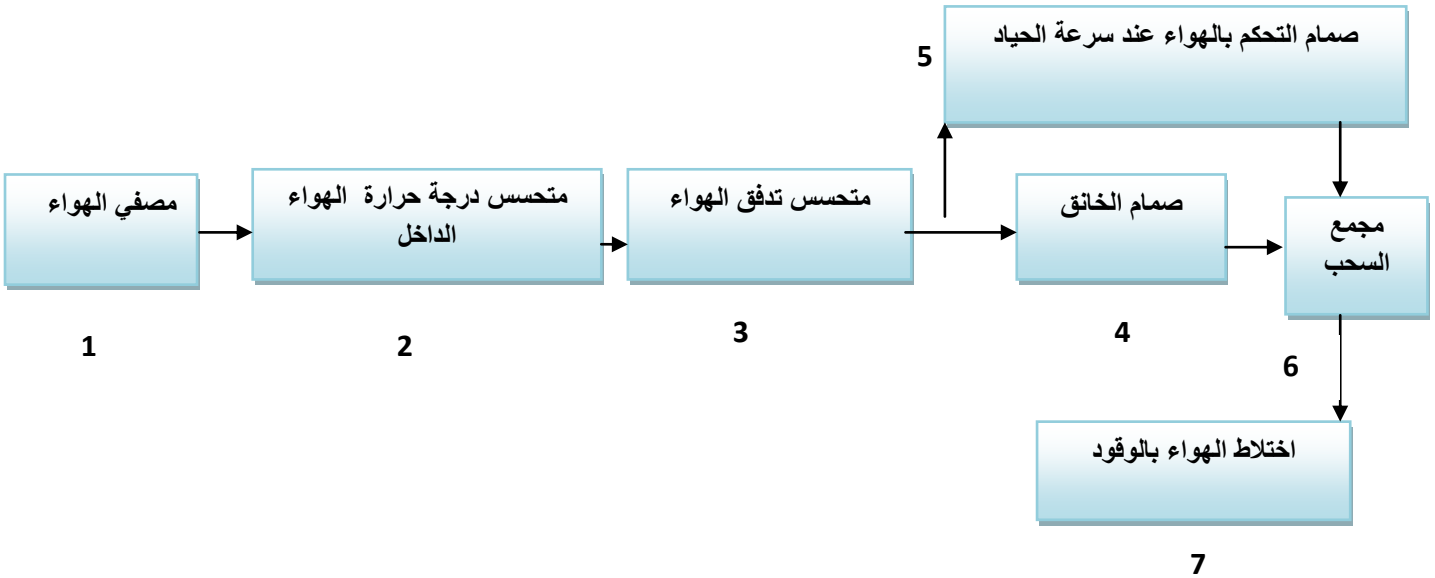


شكل (2-20) حقن الوقود المباشر إلى اسطوانات المحرك

4-2 منظومة الهواء:

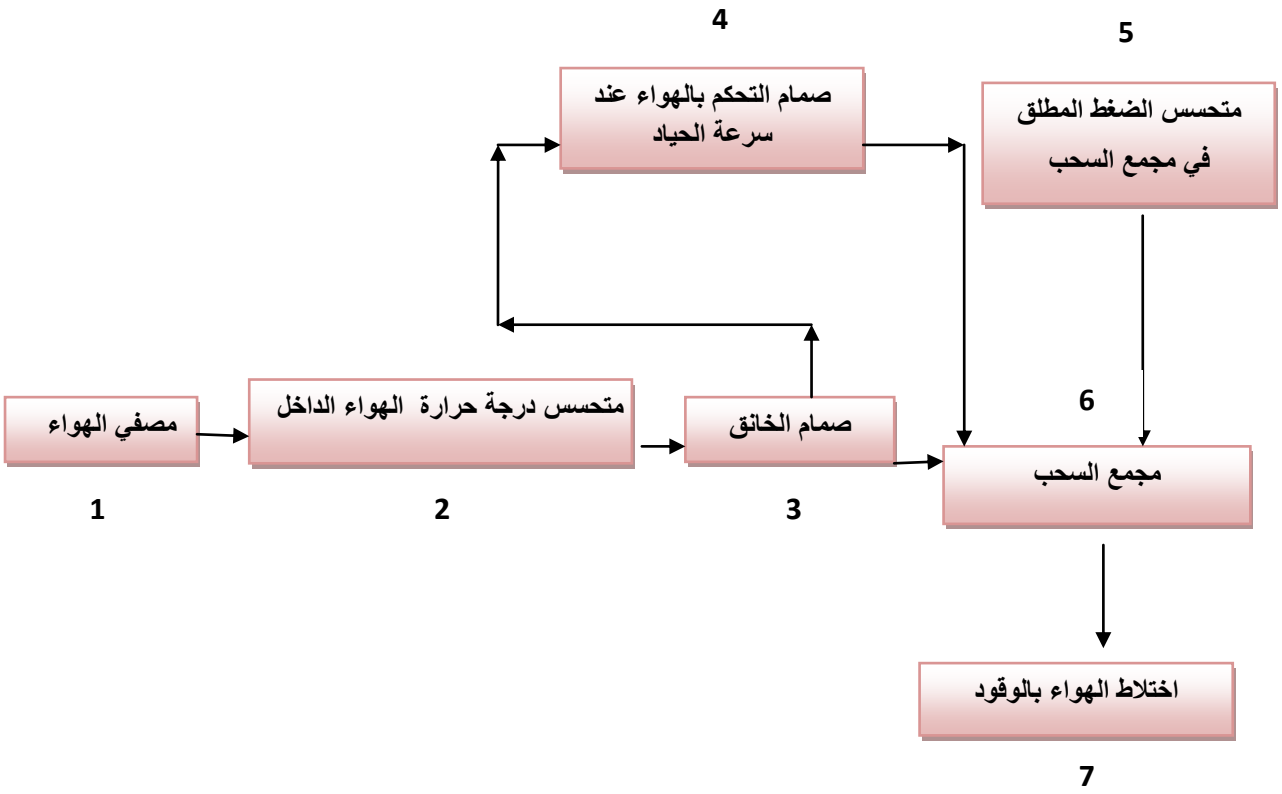
تعمل منظومة الهواء على تجهيز الهواء للمحرك بخلطه مع الوقود ليصبح مزيجاً ويتم حساب كميات الهواء ودرجة حرارته والضغط المار خلال منظومة الهواء الكترونيا . وهناك نوعان من منظومة الهواء هي :

أ) منظومة الهواء بمتحسس تدفق الهواء : يستخدم متحسس تدفق الهواء مع هذه المنظومة وكما موضح في المخطط (2-21)



شكل (2-21) منظومة الهواء باستخدام متحسس تدفق الهواء

ب) منظومة الهواء باستخدام متحسس الضغط المطلق: يستخدم متحسس الضغط المطلق مع هذه المنظومة وكما موضح في المخطط (2-22).



شكل (2-22) منظومة الهواء باستخدام متحسس الضغط المطلق

2-4-1 أجزاء منظومة الهواء:

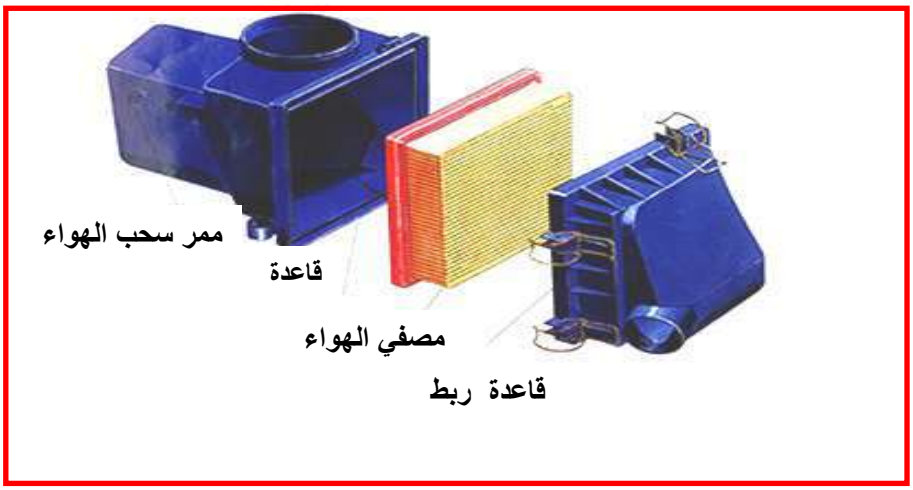
تقوم منظومة الهواء في نظام حقن الوقود الإلكترونية بتجهيز المحرك بالهواء الكافي عبر أجزاء المنظومة.

2-4-2 مصفي الهواء (Air Filter) :

وظيفته تنقية الهواء المتسرب إلى داخل مجمع السحب القادم من مدخل المحرك من الأجسام الغريبة (الأوساخ والغبار) .تستعمل معظم مرشحات الهواء عنصرا ورقيا(مواد تصفية) كما في الشكل (2-23).

وظائف مصفي الهواء :

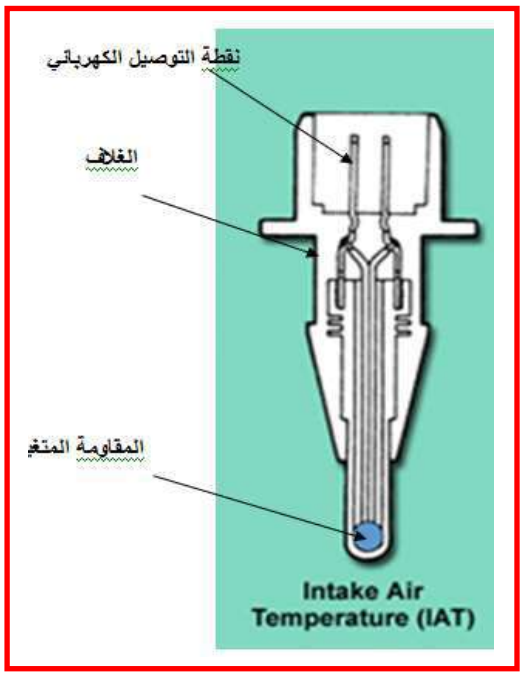
1- تنقية الهواء قبل الدخول للمحرك .
2- يقلل من معدل تآكل المحرك، وذلك لمنع دخول الأتربة والذرات الرملية إلى داخله.
3- يعمل كمسكن للصوت حيث يقلل من ضوضاء تدفق الهواء.



شكل (2-23) مصفي الهواء

3-4-2 متحسس درجة حرارة الهواء الداخل (Intake Air Temperature Sensor) :

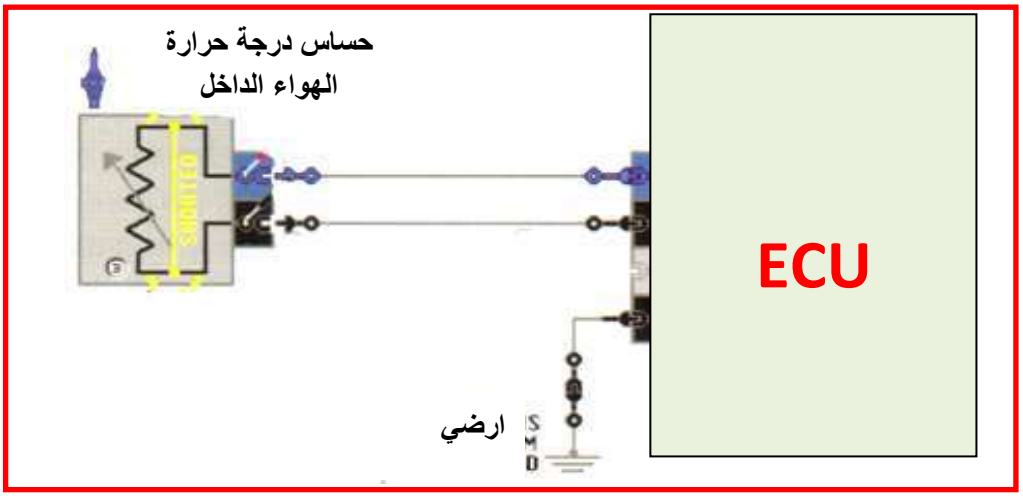
يتحرى هذا المتحسس عن درجة حرارة الهواء الداخل إلى المحرك حيث إن تصميمه مطابق لمتحسس درجة حرارة سائل التبريد ويتكون متحسس درجة حرارة الهواء الداخل من مقاومة متغيرة ذات عامل حرارة سلبي (Negative Temperature Coefficient) (NTC) أي ذات عامل يتناقص بارتفاع درجة الحرارة ويركب متحسس درجة حرارة للهواء الداخل في مجرى سحب الهواء. إذ يقوم متحسس درجة حرارة الهواء الموضحة أجزاؤه في الشكل (2-24) بقياس درجة حرارة الهواء ألداخل وإرسال إشارة إلى وحدة التحكم الالكتروني فتقوم بدورها بمعالجة الإشارة الداخلة وإرسال إيعاز لتحديد كمية الوقود إذ إن كمية الوقود المحقون ستختلف حسب درجة الحرارة.



شكل (2-24) أجزاء متحسس درجة حرارة الهواء الداخل

الدائرة الكهربائية لمتحسس درجة حرارة الهواء الداخل: عبارة عن سلكين مرتبطين بمتحسس وحدة التحكم الالكتروني. السلك الأول للمتحسس يأخذ مصدر من وحدة التحكم الإلكتروني على شكل فولتية مقدارها

(5v) بعد ذلك يقوم بإعطاء الإشارة إلى وحدة التحكم حسب درجة الحرارة أما السلك الآخر للمتحسس فهو مربوط ارضي كما في الشكل (2-25).



شكل (2-25) الدائرة الكهربائية لمتحسس درجة حرارة الهواء الداخل

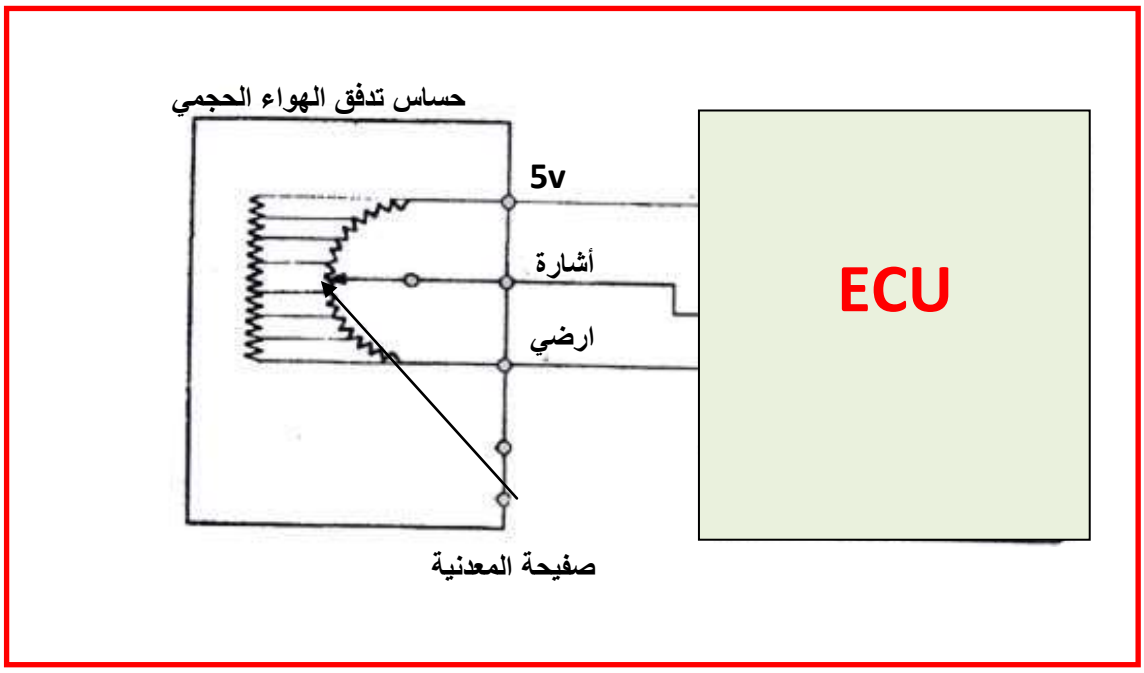
2-4-4 متحسس تدفق الهواء :

هناك نوعان لقياس كمية الهواء الداخلة للمحرك حسب نوع السيارة هما :

أ- متحسس تدفق الهواء الحجمي (Air Flow Volume Sensor) :

وظيفته المتحسس يقوم بقياس حجم الهواء الداخل إلى المحرك ليساعد وحدة التحكم في تحديد الكمية اللازمة من الوقود لبخها في المحرك ويثبت هذا المتحسس في مجاري الهواء أي قبل الصمام الخانق وإن مبدأ عمله هو عند السرعة بدون حمل (Idle speed) تكون صفيحة الخانق مغلقة تقريبا وتكون مقاومة المتحسس عالية مما يجعل وحدة التحكم تدرك إن المحرك يعمل بدون حمل ويحتاج إلى كمية وقود قليلة جدا أما عند زيادة سرعة المحرك يزداد حجم انسياب الهواء من خلال متحسس تدفق الهواء حيث يعبر الهواء من خلال الصفيحة المعدنية سامحا بالمرور للهواء بكمية اكبر مما يغير من مقدار مقاومة المتحسس فتدرك وحدة التحكم أن كمية الهواء المارة إلى المحرك قد ازدادت فيزيد من زمن فتح البخاخ لإعطاء الكمية المناسبة من الوقود.

الدائرة الكهربائية لمتحسس تدفق الهواء الحجمي: هي عبارة عن ثلاثة أسلاك مرتبطة بالمتحسس: وحدة التحكم الإلكتروني السلك الأول للمتحسس يأخذ مصدر من وحدة التحكم الإلكتروني على شكل فولتية مقدارها (5v) والسلك الثاني يعطي إشارة على شكل فولتية لوحدة التحكم الإلكتروني بمقدار حركة الصفيحة للمتحسس والسلك الآخر أرضي كما في الشكل (2-26).



شكل (2-26) الدائرة الكهربائية لمتحسس تدفق الهواء الحجمي

ويتكون متحسس مقياس تدفق الهواء الحجمي من الأجزاء الآتية كما في الشكل (2-27):

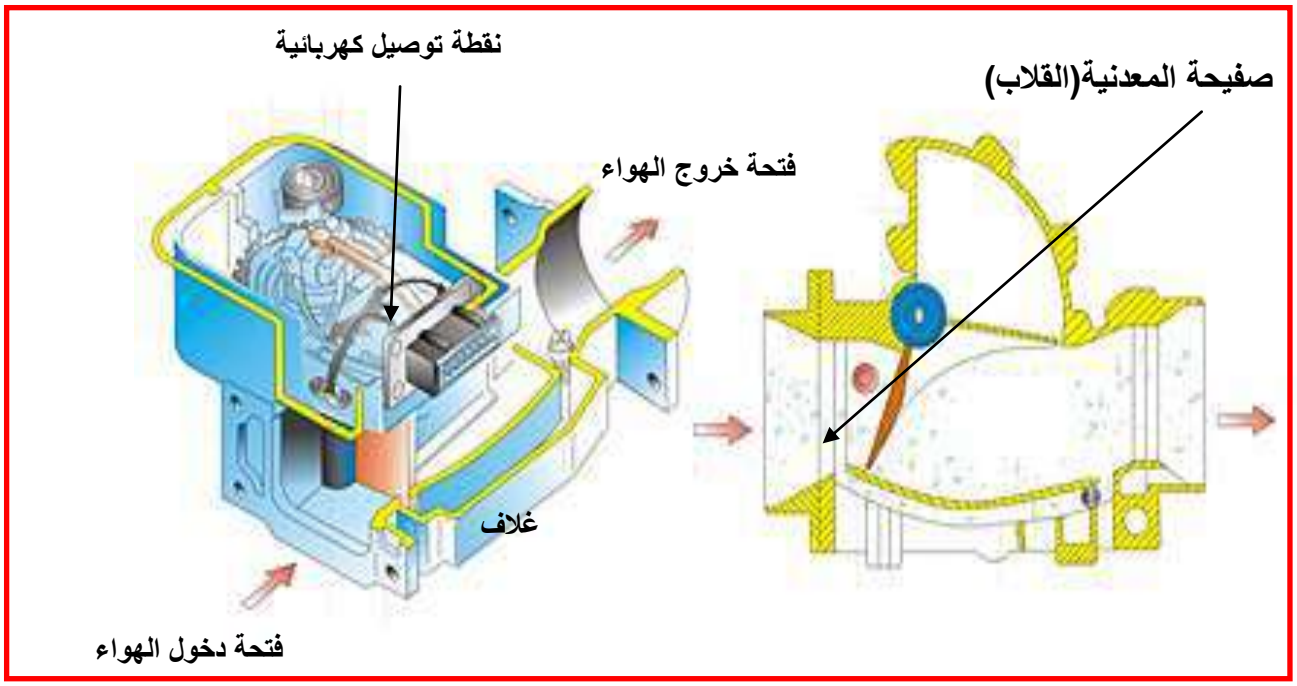
1- **فتحة دخول الهواء:** وظيفتها دخول الهواء من المرشح الهواء عبر فتحة الدخول للمتحسس.

2- **فتحة خروج الهواء:** وظيفتها إخراج الهواء عبر فتحة الخروج للمتحسس وإيصاله إلى صمام الخانق.

3- **غلاف :** حماية المتحسس من الرطوبة.

4- **قطعة توصيل كهربائية:** وظيفتها إيصال الإيعازات الكهربائية بين وحدة التحكم الإلكتروني والمتحسس.

5- **الصفيحة المعدنية:** وظيفتها حساب مقدار دخول الهواء عبر منظومة الهواء للمحرك على شكل مقدار زاوية عندما يدفع الهواء الصفيحة المعدنية.

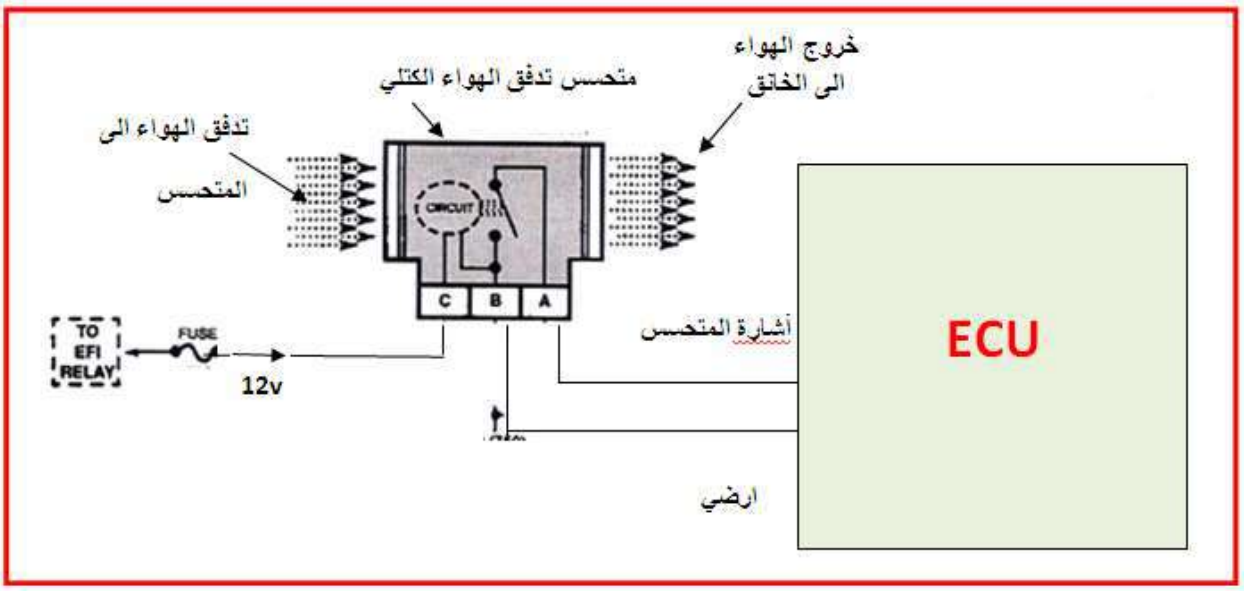


شكل (2-27) أجزاء متحسس تدفق الهواء الحجمي

ب- متحسس تدفق الهواء الكتلي (Air Flow Mass Sensor) :

يقوم هذا المتحسس بقياس تدفق الهواء المار للمحرك على أساس كتلي وعمل هذا المتحسس هو عند إيصال التيار الكهربائي للمتحسس. أي السلك الحراري المصنوع من البلاتين فيقوم هذا المتحسس بالحفاظ على درجة حرارة معينة أي كلما زادت كتلة الهواء الملامسة للسلك الحراري وجب زيادة التيار المار من خلال السلك الحراري ومن خلال ذلك ترسل المعلومات إلى وحدة التحكم الالكتروني الذي يقوم بمعالجة المعلومات وتحليلها لتحديد كتلة الهواء الداخلة إلى المحرك وبالتالي ضبط نسبة الوقود إلى الهواء.

الدائرة الكهربائية لمتحسس تدفق الهواء الكتلي: هي عبارة عن ثلاثة أسلاك مرتبطة بالمتحسس فالقطب A مرتبط بوحدة التحكم الالكتروني لاستلام إشارة متحسس التدفق والقطب B هو أرضي أما القطب C فهو مصدر الفولتية للمتحسس عن طريق مرحل عبر الفاصم كما في الشكل (2-28).



شكل (2-28) الدائرة الكهربائية لمتحسس تدفق الهواء الكتلي

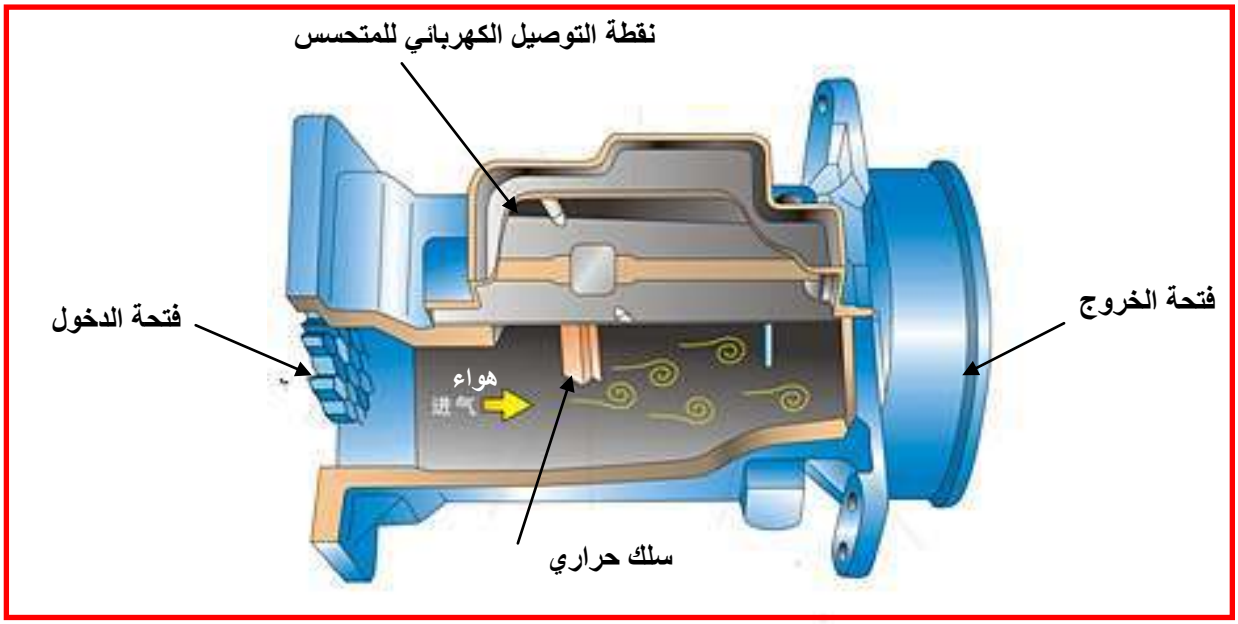
أجزاء متحسس كتلة تدفق: كما في الشكل (2-9)

1- سلك حراري.

2- فتحة الدخول.

3- فتحة الخروج.

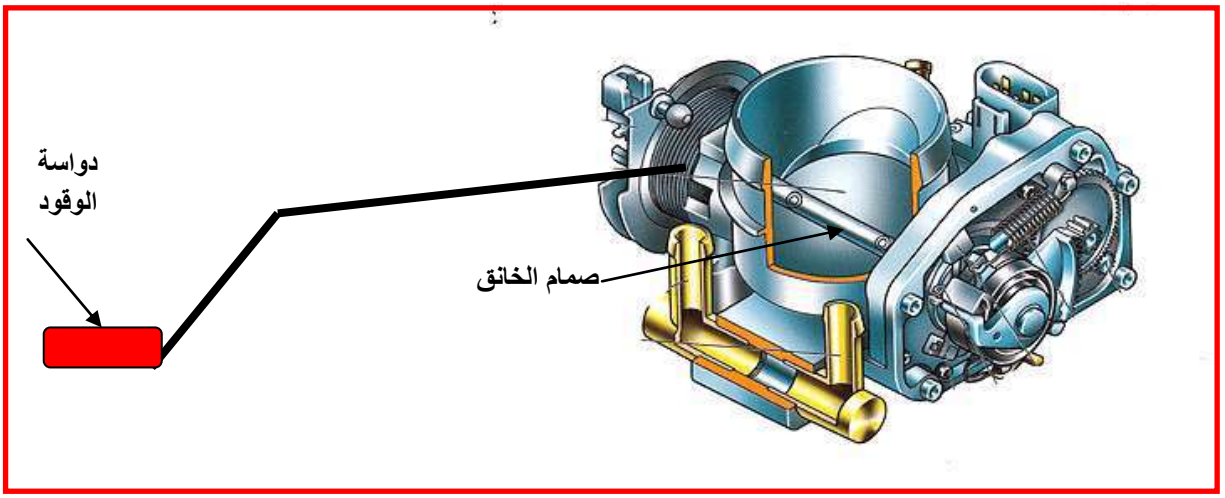
4- نقطة التوصيل الكهربائي للمتحسس.



شكل (2-29) أجزاء متحسس تدفق الهواء الكتلي

5-4-2 جسم الخانق (Throttle Body) :

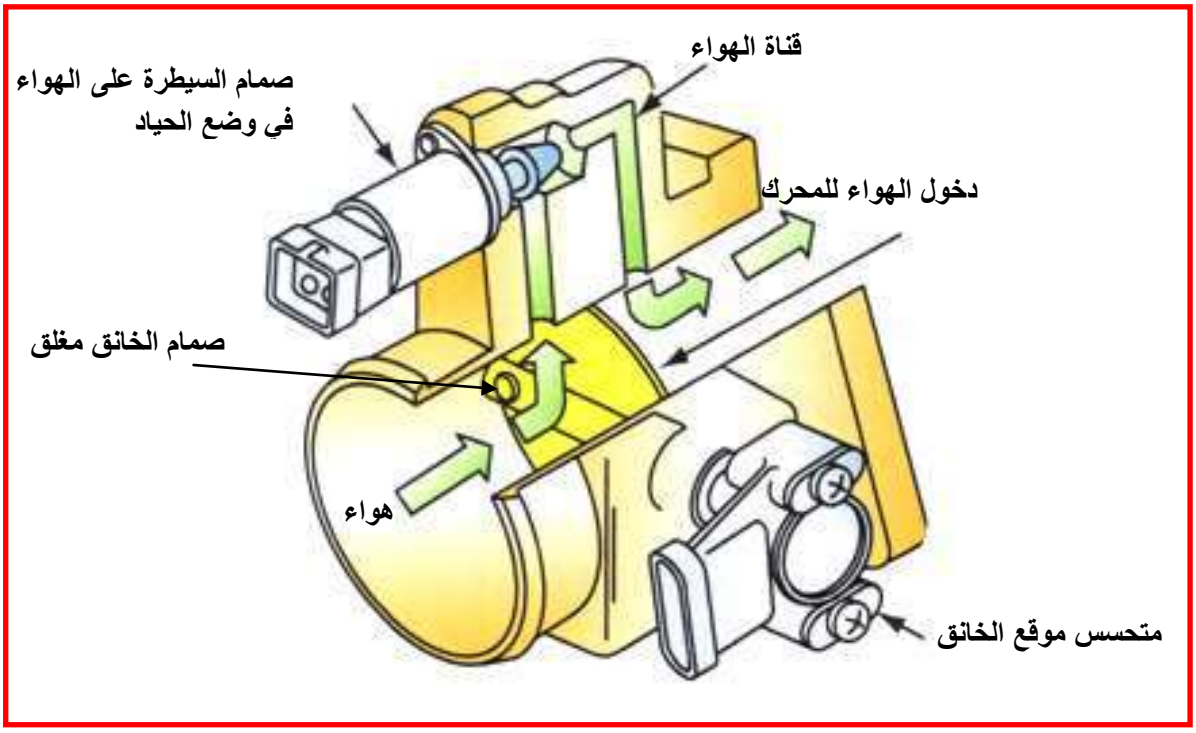
يحتوي جسم الخانق على متحسس موقع صمام الخانق وهو صمام يقوم بالسيطرة على الهواء في سرعة الحياد، حيث يتحرك صمام الخانق من اجل دخول الهواء للمحرك بواسطة سلك مرتبط بين دواسة الوقود وعتلة في صمام الخانق كما في الشكل (2-30).



شكل (2-30) آلية الحركة لصمام الخانق

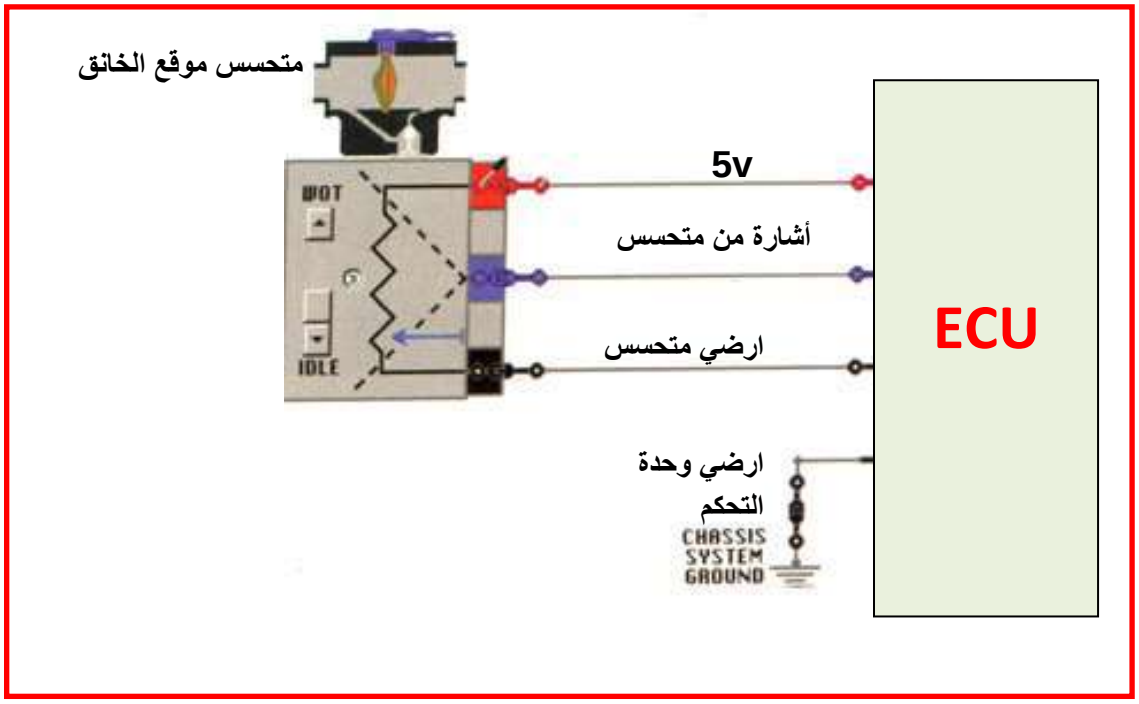
1-5-4-5 متحسس موقع الخانق (Throttle Position Sensor):

يتحكم صمام الخانق بكمية الهواء المسحوبة خلال تشغيل المحرك، كما يركب متحسس موقع صمام الخانق أمام صمام الخانق الذي يتحرى زاوية فتح وغلق صمام الخانق لتحويل وضعية زاوية صمام الخانق إلى إشارة كهربائية إلى وحدة التحكم الالكتروني عن مقدار زاوية الفتح أو الغلق لصمام الخانق الذي يتم معالجتها وتحليلها في وحدة التحكم الالكتروني لتحديد كمية الوقود إلى الهواء. كما في الشكل (2-31).



شكل (2-31) متحسس موقع الخانق

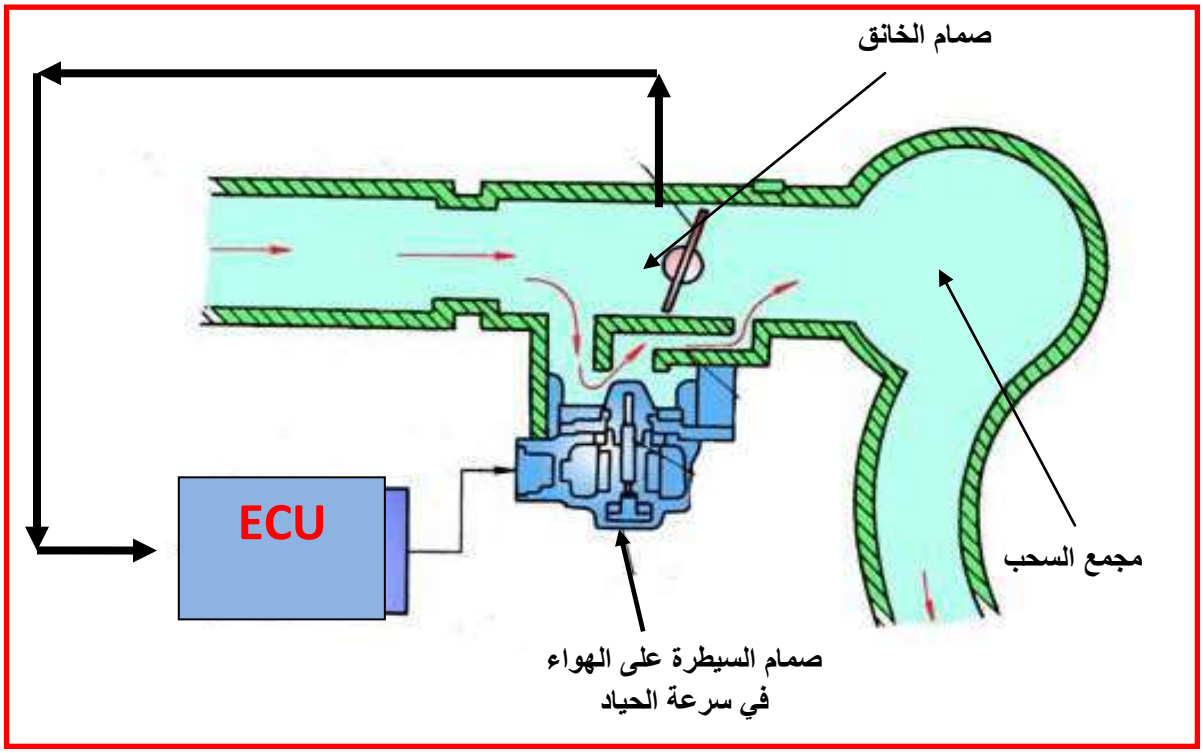
الدائرة الكهربائية لمتحسس موقع الخانق: هي عبارة عن ثلاثة أسلاك مرتبطة بالمتحسس. فالسلك الأول للمتحسس يأخذ مصدر من وحدة التحكم الإلكتروني على شكل فولتية مقدارها 5v والسلك الثاني هو رجوع إشارة من المتحسس إلى وحدة التحكم الإلكتروني حسب مقدار فتحة صمام الخانق أي عن قيمة فتح زاوية لصمام الخانق على شكل إشارة فولتية والسك الثالث ارضي للمتحسس كما في الشكل (2-32).



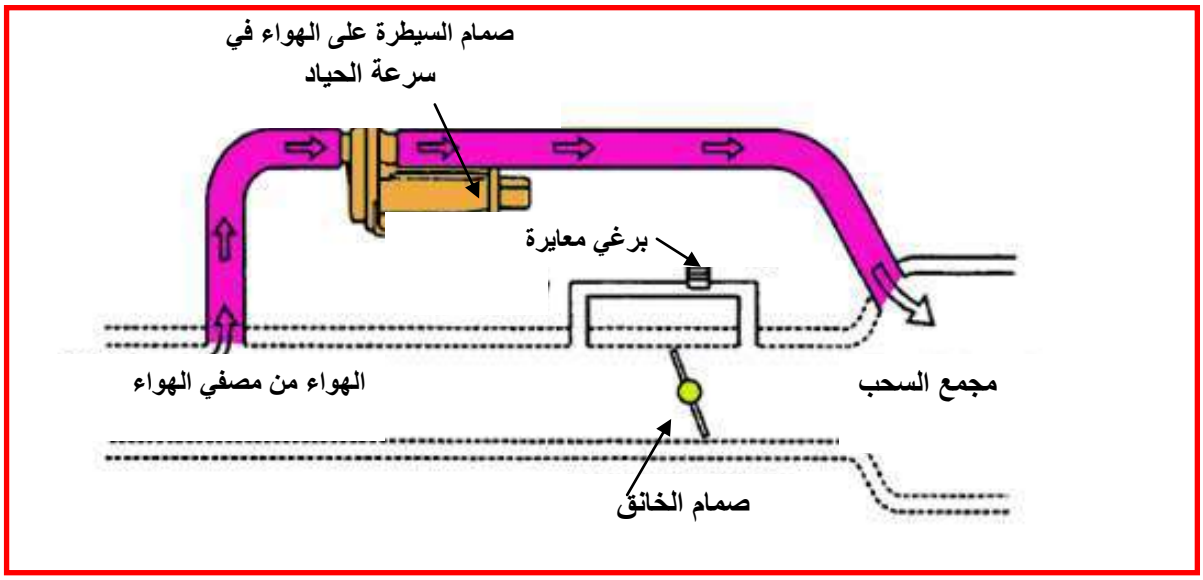
شكل (2-32) الدائرة الكهربائية لمتحسس موقع الخانق

2-5-4-2 صمام السيطرة على الهواء في سرعة الحياد(Idle Air Control valve) :

هو عبارة عن صمام لتعويض الهواء للمحرك أثناء غلق صمام الخانق وخاصة عند سرعة الحياد ويعد هذا الصمام بالمشغلات (سلي نيود) أي يعمل بوساطة إشارة خارجة من وحدة التحكم الإلكتروني يفتح صمام السيطرة على الهواء في سرعة الحياد عند غلق صمام الخانق كما في الشكل (2-33). ويركب هذا الصمام للسيطرة على الهواء في سرعة الحياد وهو نوعان: نوع يركب مباشرة في جسم الخانق، والنوع الآخر يركب عن طريق أنابيب مطاطية في جسم الخانق كما في الشكل (2-34).



شكل(2-33) آلية فتح صمام السيطرة على الهواء في سرعة الحياد

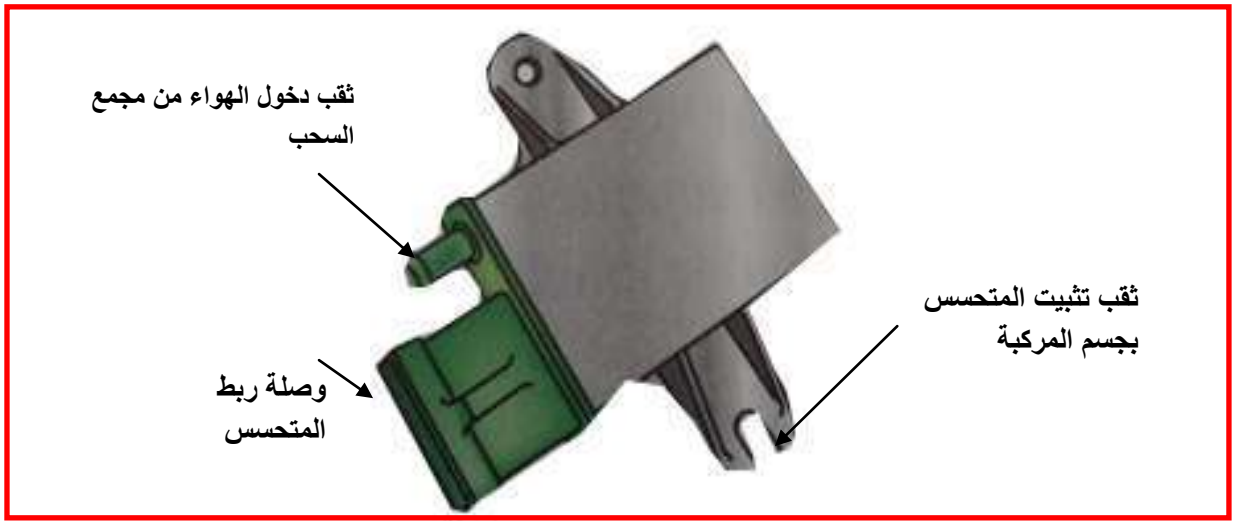


شكل(2-34) صمام السيطرة على الهواء يركب عن طريق أنابيب مطاطية في جسم الخانق

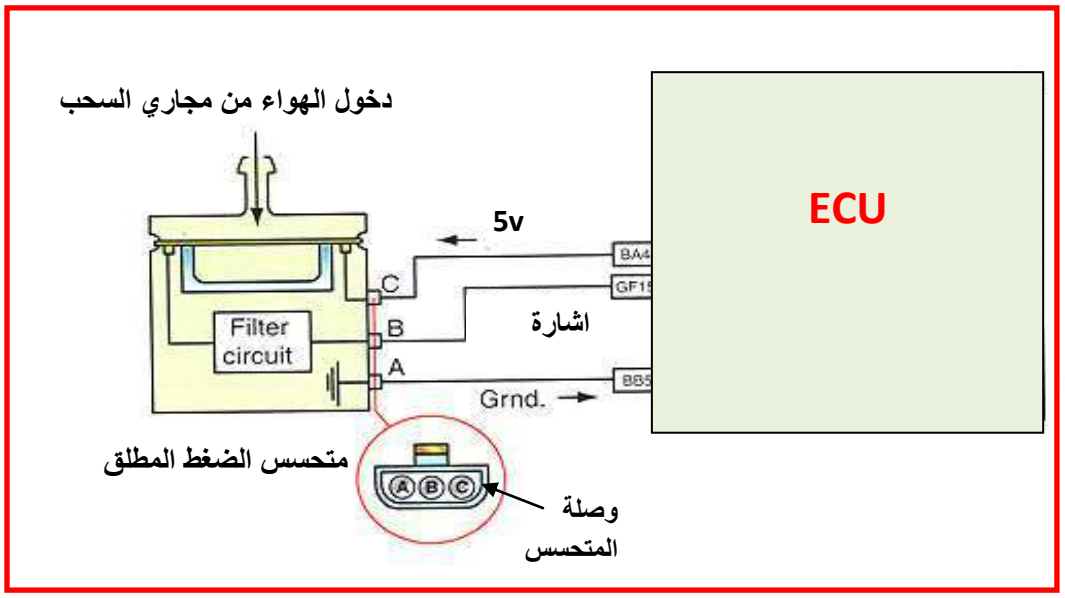
6-4-2 متحسس الضغط المطلق (Manifold Absolute Pressuer Sensor) :

إن متحسس الضغط المطلق كما في الشكل (2-35) يستجيب لتغيرات الضغط (التخلخل) في مجاري سحب الهواء للمحرك بسبب ربط هذا المتحسس في مجاري السحب ويقوم هذا المتحسس بإرسال إشارة كهربائية عن وضع الضغط داخل مجاري السحب للمحرك ففي حالة الضغط المرتفع أو المنخفض ثم يتم إرسال إشارة إلى وحدة التحكم الالكتروني بالمعلومات على شكل إشارة فولتية تتغير بحدود(1،1.5) فولت في سرعة الحياد وعند فتح صمام الخانق تكون إشارة الفولتية حوالي (5-5.4) فولت

الدائرة الكهربائية لمتحسس الضغط المطلق : عند النقطة (C) تقوم بإرسال مصدر فولتية من وحدة التحكم الى المتحسس بجهد مقداره (5 فولت) . وبعد ذلك يتم إرجاع إشارة من المتحسس عند النقطة (B) إلى وحدة التحكم الإلكتروني وهنالك دائرة الأرضي للمتحسس عند النقطة (A) كما في الشكل (2-36).



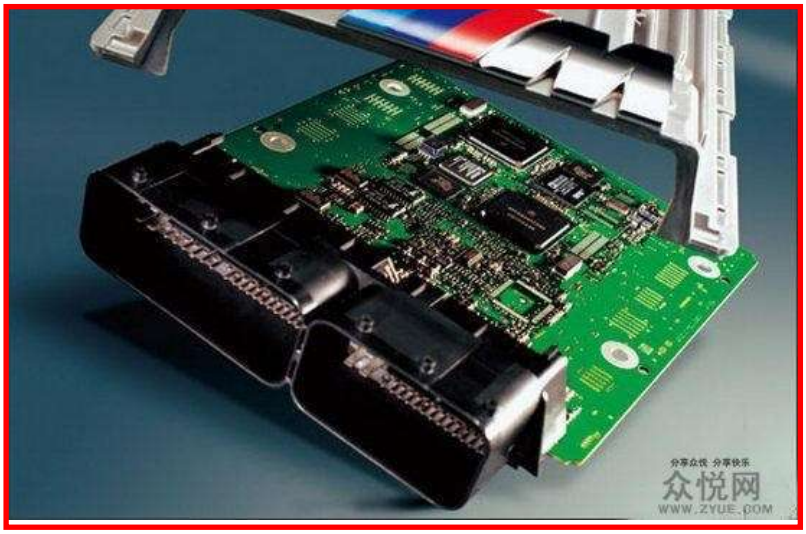
شكل (2-35) متحسس الضغط المطلق



شكل (2-36) الدائرة الكهربائية لمتحسس الضغط المطلق

5-2 وحدة التحكم الالكتروني (Electronic Control Unit):

تقوم وحدة التحكم الالكتروني كما في الشكل (2-37) بإدخال المعلومات المرسلة من متحسسات المحرك التي تراقب أوضاع المحرك في ظروف التشغيل و تحليل هذه المعلومات القادمة من المتحسسات ومقارنتها بمعلومات مخزونة داخل معالج في وحدة التحكم الالكتروني لتحديد الحالة التي يجب ان يكون عليها محرك السيارة وإرسال أوامر إلى المشغلات مثل صمام السيطرة على الهواء في سرعة الحياد ومرحل مضخة الوقود وغيرها من المشغلات وكذلك بتحديد العطل في المحرك عن طريق وصلة تشخيص الأعطال المرتبطة بوحدة التحكم الإلكتروني وكذلك تقوم وحدة التحكم الالكتروني بحساب نسبة كمية الهواء إلى الوقود وإعطائها للمحرك لضمان استقرار عمل المحرك في جميع الظروف.



شكل (2-37) وحدة التحكم الالكتروني

محاسن استخدام وحدة التحكم الإلكتروني لنظام حقن الوقود الالكتروني :

1- القيام بالفعاليات بسرعة قصوى مما يحسن من كفاءة المحرك.

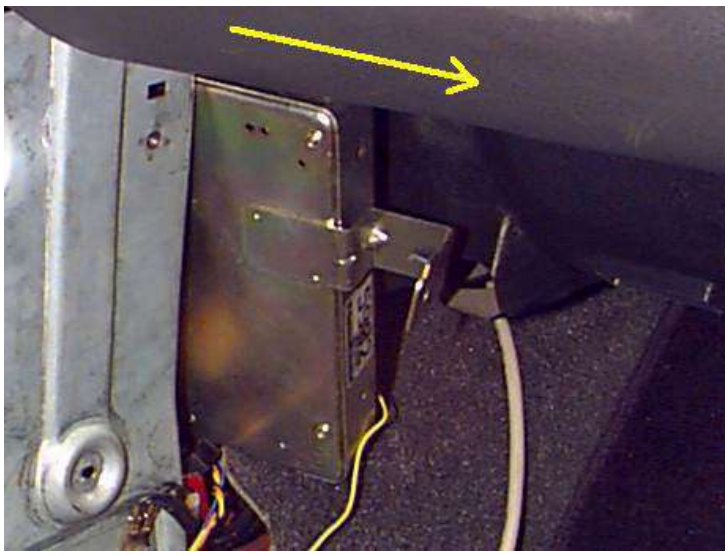
2- دقة التحكم في نسبة الوقود مما يقلل من استهلاك الوقود الزائد.

3- دقة في توقيت الاشتعال مما يزيد من مقدار القدرة الناتجة ويقلل من تلوث البيئة.

4- تساعد وحدة التحكم الإلكتروني على إيجاد العطل وموقع الخطأ بسرعة وبدقة عالية.

موقع وحدة التحكم الإلكتروني :

توضع وحدة التحكم الإلكتروني في أماكن مختلفة منها تحت لوحة المبينات أو تحت صندوق الخزانة لحمايته من الرطوبة والاهتزازات كما في الشكل (2-83).



شكل (2-83) موقع وحدة التحكم الالكتروني

وتتكون وحدة التحكم الإلكتروني (وحدة السيطرة) من الأجزاء الآتية:-

1- وحدة الإدخال (Input Unit).

2- وحدة الإخراج (Output Unit).

3- وحدة المعالجة (processing Unit).

2-5-1وحدة الإدخال (Input Unit):

يتم من خلال وحدة الإدخال بإدخال المعلومات بأنواعها من الوسيط الخارجي وإيصالها إلى وحدة التحكم الإلكتروني ويقصد بالوسيط الخارجي هو متحسس المحرك لنقل ظروف التشغيل من (متحسس تدفق الهواء، ودرجة الحرارة، متحسس صمام الخانق) وغيرها من المتحسسات الشكل (2-39) يوضح مجموعة متحسسات الإدخال للمحرك وتتكون من :

1- متحسس درجة الحرارة للهواء.

2- متحسس موقع عمود المرفق.

3- متحسس موقع عمود الحدبات.

4- متحسس موقع صمام الخانق.

5- متحسس تدفق الهواء.

6- متحسس الأوكسجين.

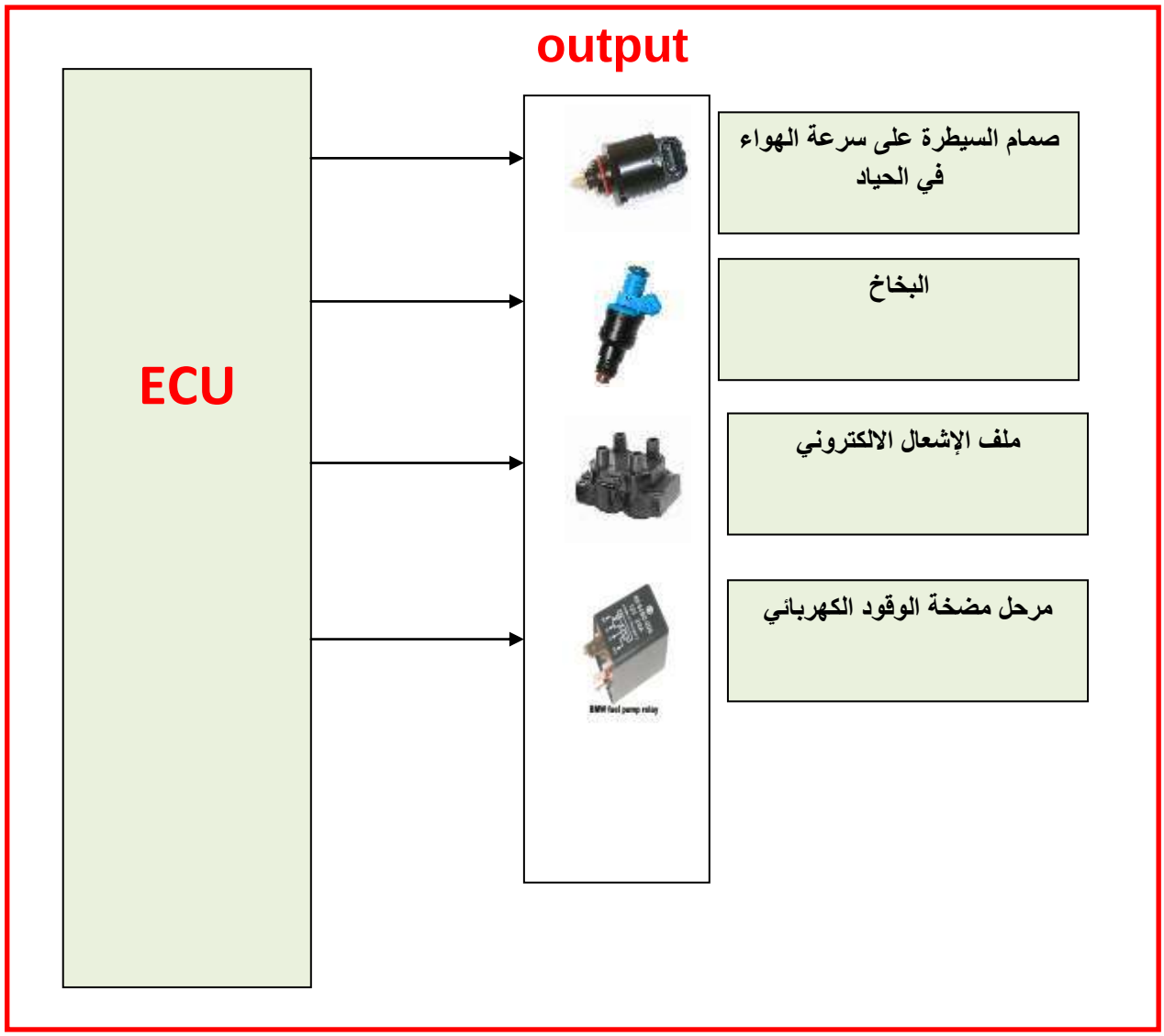
7- متحسس الضغط المطلق.

8- متحسس درجة حرارة سائل التبريد.

شكل (2-39) وحدة الإدخال إلى وحدة التحكم الالكتروني

2-5-2 وحدة الإخراج (Output Unit):

تقوم وحدة الإخراج بإيصال وحدة التحكم الإلكتروني بالوسط الخارجي وتعرف بالمشغلات (سلي نيود) إشارة خارجة من وحدة التحكم الإلكتروني إلى المشغلات المحرك مثل: (مرحل مضخة الوقود الكهربائي، صمام السيطرة على سرعة الهواء في الحياد، ملف الإشعال الإلكتروني، البخاخ) وغيرها من المشغلات كما في الشكل (2-40).

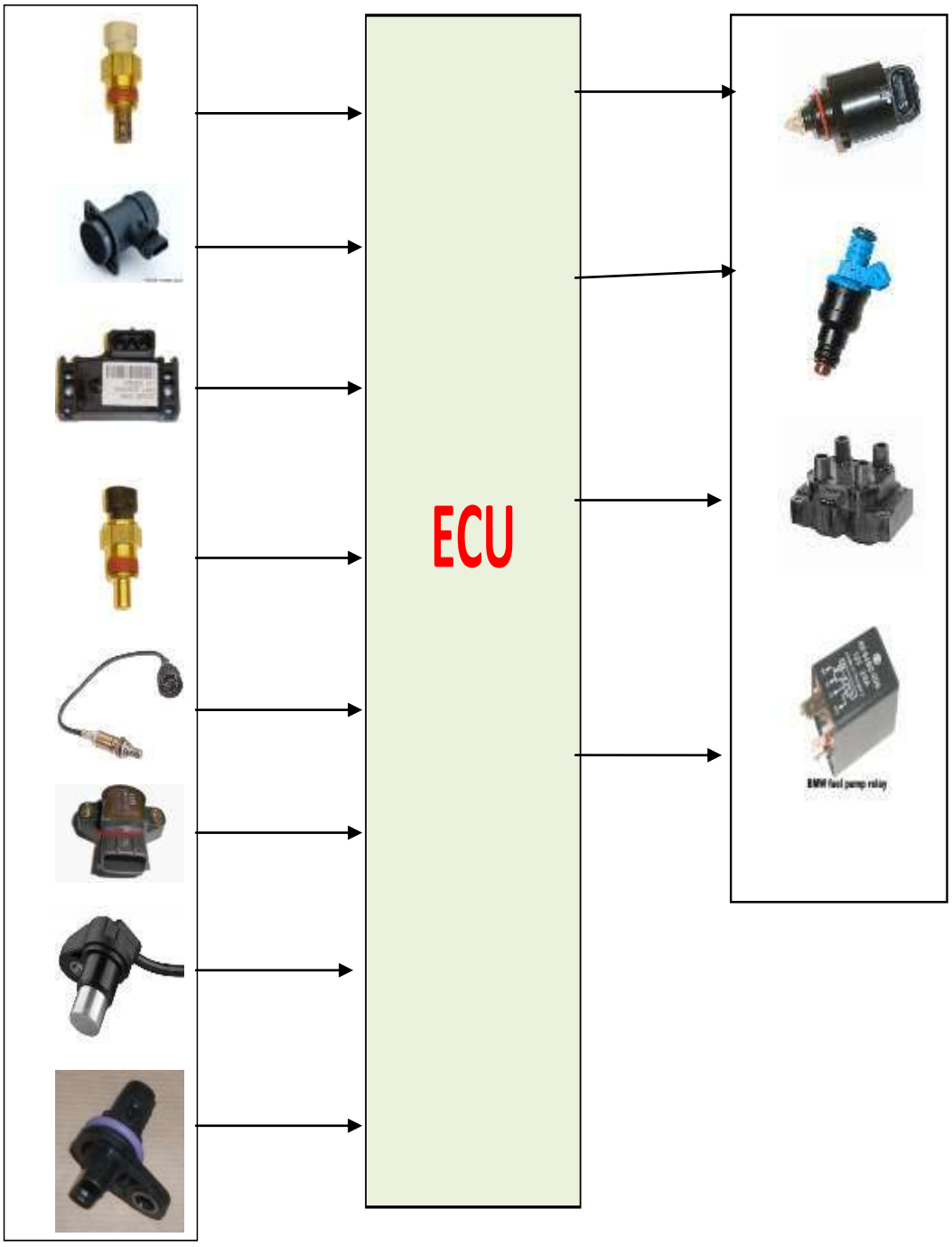


شكل (2-40) وحدة الإخراج من وحدة التحكم الالكتروني إلى المشغلات

3.5.2 وحدة المعالجة processing:

وهي عملية تقوم بها وحدة التحكم الإلكتروني وذلك بتحليل الإشارات القادمة من المتحسسات، وإصدار الأوامر المناسبة إلى وحدة الإخراج كما في الشكل (2-41).

(Processing)

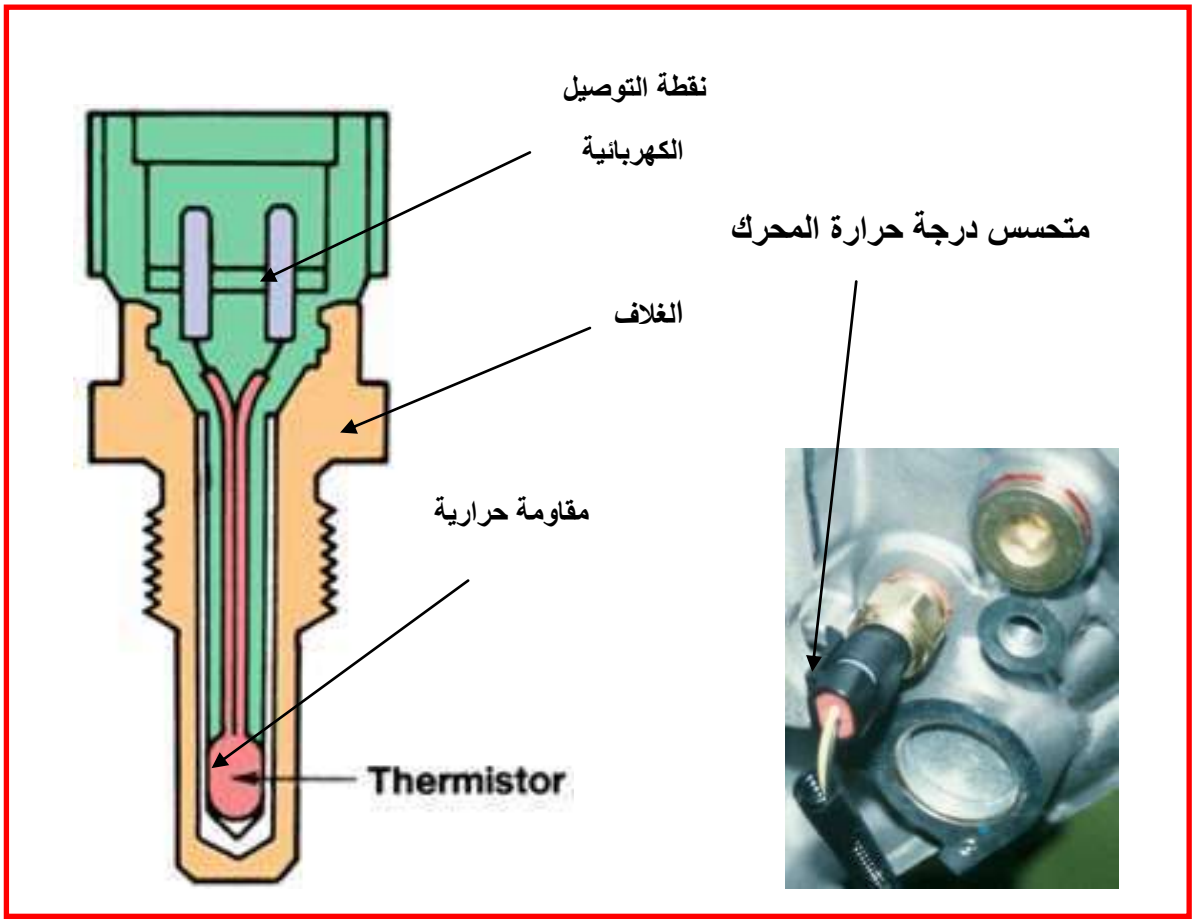


شكل (2-41) وحدة المعالجة

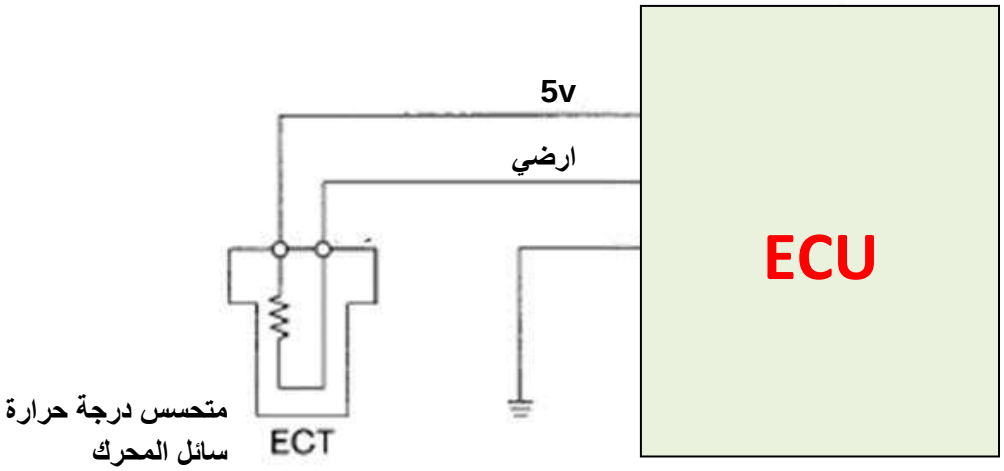
6-2 متحسس درجة حرارة سائل المحرك (Engine Coolant Temperature Sensor) :

يركب هذا المتحسس في الجيوب المائية لكتلة الاسطوانات لتحسس درجة حرارة سائل التبريد المحرك كما في الشكل (2-42) ويعد حساس درجة حرارة المحرك ذو مقاومة متغيرة تبعا لدرجة الحرارة ويقوم حساس درجة حرارة ماء المحرك بقياس درجة حرارة ماء المحرك وتحويلها إلى إشارة كهربائية ثم إلى وحدة التحكم الإلكتروني إذ يقوم بمعالجتها وتحليلها وذلك بمقارنتها بالمعلومات المخزونة بذاكرة وحدة التحكم علما أن قيمها تتناسب طرديا مع درجة الحرارة فعندما تكون درجة الحرارة منخفضة عندها يتبخر وقود ضعيف ولذلك تقوم وحدة التحكم الإلكتروني بإعطاء إشارة إلى البخاخ لزيادة كمية البخ للبخاخ للحصول على مزيج غني للمحرك وتكون قيمة المقاومة عالية جدا ولهذا السبب تكون كمية حقن الوقود في الأجواء الباردة بكمية كبيرة لتحسين عمل تشغيل المحرك اعتماد على متحسس درجة حرارة المحرك .

الدائرة الكهربائية لمتحسس درجة حرارة المحرك: هي عبارة عن سلكين مرتبطين بالمتحسس وحدة التحكم الإلكتروني فالسلك الأول للمتحسس يأخذ مصدر من وحدة التحكم الإلكتروني على شكل فولتية مقدارها (5v) بعد ذلك يقوم بإعطاء الإشارة إلى وحدة التحكم حسب نسبة درجة الحرارة ماء المحرك أما السلك الآخر فهو ارضي لمتحسس كما في الشكل (2-43).



شكل(2-42) متحسس درجة حرارة سائل المحرك



شكل (2-43) الدائرة الكهربائية لمتحسس درجة حرارة سائل المحرك

الاسئلة والتطبيقات

س1:ما فائدة نظام حقن الوقود (البنزين) الإلكتروني؟

س2:اشرح عمل منظومة الوقود في حقن الوقود (البنزين) الإلكتروني وارسم المخطط الانسيابي لمنظومة الوقود.

س3:بين عمل التحكم بالأبخرة المنبعثة من خزان الوقود.

س4:بين عمل مضخة الوقود الكهربائية (خارج الخزان).

س5:كيف تتم عملية تنظيم الوقود بواسطة منظم ضغط الوقود؟

س6: ارسم الدائرة الكهربائية للبخاخ بشكل مبسط وبين عمل نظرية عمل البخاخ.

س7:عدد الأجزاء الداخلية للبخاخ.

س8:عدد طرق حقن وقود (البنزين) إلى المحرك مع الرسم.

س9:اشرح المخطط الانسيابي لمنظومة الهواء باستخدام حساس تدفق الهواء.

س10:ما وظائف مصفي الهواء؟

س11:اشرح عمل متحسس درجة حرارة الهواء الداخل مع رسم للدائرة الكهربائية.

س12:ارسم متحسس مقياس تدفق الهواء مع التأشير على أجزائه.

س13:بين عمل متحسس موقع الخانق وأنواعه.

س14:اشرح مع الرسم عمل صمام السيطرة على الهواء في سرعة الحياد وأنواعه.

س15:عدد أنواع المتحسسات المحرك الداخلة إلى وحدة التحكم الإلكتروني.

الفصل الثالث

منظومة الإشعال الإلكتروني

Electronic Ignition System

الأهداف

يهدف الفصل إلى تعريف الطالب بمنظومة الإشعال الإلكتروني ومنظومة التحكم بالعادم ومبدأ عمليهما وكيفية صيانتهما.

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

1. يتعرف على منظومة الإشعال الإلكتروني.
2. يفهم طريقة عمل الإشعال المباشر.
3. يتعامل مع متحسس عمود المرفق.
4. يدرك طريقة عمل متحسس عمود الحدبات.
5. يدرك طريقة عمل متحسس الصفع.
6. يفهم دور منظومة تدوير العادم.
7. يتعرف على صمام إعادة تدوير العادم.
8. يتعرف على متحسس الأوكسجين.

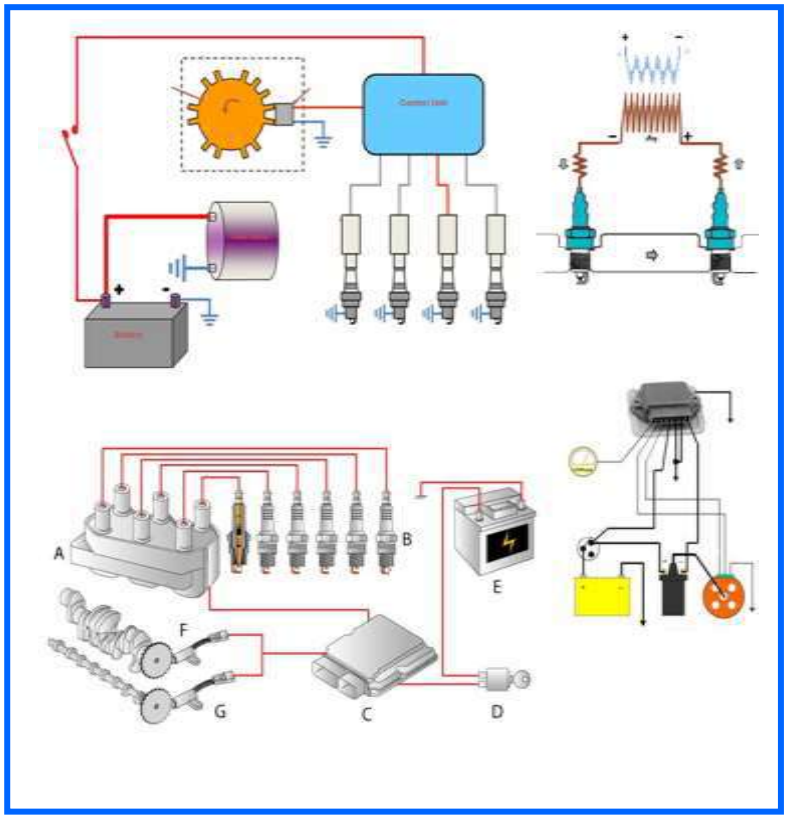
محتويات

الفصل 3

منظومة الإشعال الإلكتروني

تعلم المواضيع

- منظومة الإشعال الالكتروني.
- عمل منظومة الإشعال المباشر.
- متحسس عمود المرفق.
- متحسس عمود الحدبات.
- متحسس الصفع.
- منظومة إعادة تدوير العادم.
- صمام إعادة تدوير غاز العادم.
- متحسس الأوكسجين.



1.3 منظومة الإشعال الالكتروني Electronic ignition system

منظومة الإشعال في السيارة له وظيفتان أساسيتان وهما توفير شرارة كهربائية بين أقطاب شمعات القدح وتحديد الوقت المناسب لحدوث الشرارة أثناء دوران المحرك ويجب أن تحمل الشرارة الطاقة اللازمة لإشعال خليط الوقود والهواء وفي جميع ظروف التشغيل المتغيرة (حرارة المحرك والضغط داخل الاسطوانة وسرعة المحرك). عند زيادة السرعة والحمل يزداد الضغط داخل الاسطوانة وعند زيادة الضغط تزداد الفولتية المطلوبة ويتغير توقيت إحداث الشرارة.

الطاقة الكهربائية تؤخذ من البطارية (12 فولت) ويتم رفعها إلى بضعة آلاف من الفولتيات لكي تحدث الشرارة الكهربائية بين قطبي شمعتي القدح.

مميزات منظومة الإشعال الإلكتروني Electronic ignition system

تستعمل السيارات الحديثة منظومة إشعال إلكتروني، ويعرف بالالكتروني لأنه يسيطر عليها الكترونيا بواسطة وحدة السيطرة الالكترونية(ECU) ويمتاز الإشعال الالكتروني:-

1- عدم استعمال أجزاء ميكانيكية متحركة والتي تعاني من التآكل او اللحام مثل قاطع التلامس(البلاتين).

2- انخفاض الحاجة للصيانة، لا تحتاج إلى ضبط توقيت.

3- ثبات الكفاءة بتغير ظروف التشغيل (زيادة عمر شمعات القدح).

السيارات التي تستعمل وقود البنزين يوجد نوعان من الإشعال الالكتروني وهما :

1- إشعال الكتروني باستعمال موزع الإشعال(Ignition System by use Distributor)

2- إشعال الكتروني مباشر (Direct Ignition System)

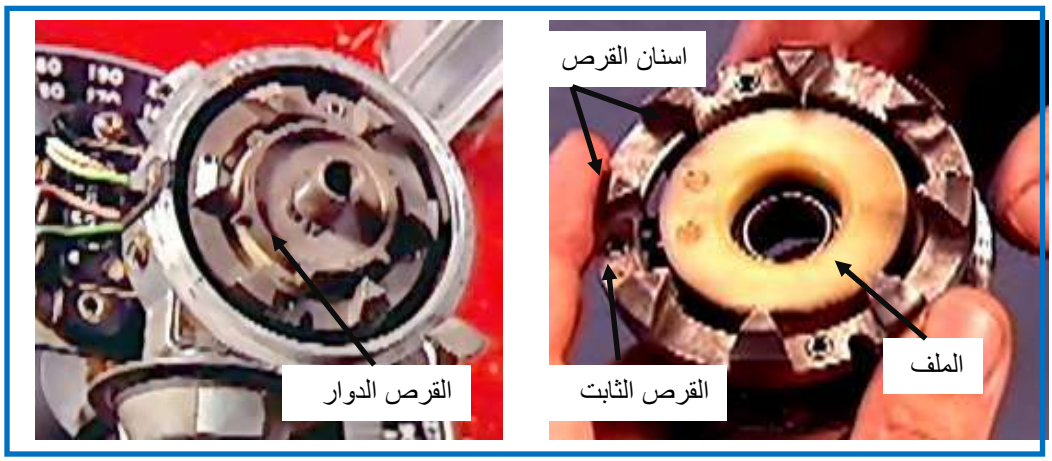
يتضمن الإشعال الالكتروني باستعمال الموزع من الأجزاء آلاتية:

1. **وحدة السيطرة على الإشعال Ignition Control Unit (ICU) :**

تعمل للسيطرة على نبضة الإشعال وعلى ثبات التيار الكهربائي داخل دائرة الإشعال مع تغير سرعة المحرك، وتوجد بداخل وحدة السيطرة الالكترونية (ECM) وتعمل على التحكم في تقديم توقيت الإشعال.

2. وحدة اللاقط المغناطيسي Pick Up :

وهي عبارة عن قرص ثابت (Stator) و قرص دوار (Reluctor) مع ملف وتعمل الوحدة على توفير إشارة الكترونية لوحدة السيطرة، يكون القرص الدوار(Reluctor) مربوط بعمود الموزع الدوار، القرص الثابت Stator هو مغناطيس دائم دائري الشكل يستند على جسم الموزع يستند داخلها ملف دائري، يحوي القرص الثابت والقرص الدوار على أسنان تساوي عدد الاسطوانات، عند دوران القرص الدوار تتقاطع الأسنان ويقطع المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم فتتولد الإشارة الالكترونية والشكل (3-1) يوضح مكونات وحدة اللاقط المغناطيسي.



الشكل(3-1) وحدة اللاقط المغناطيسي

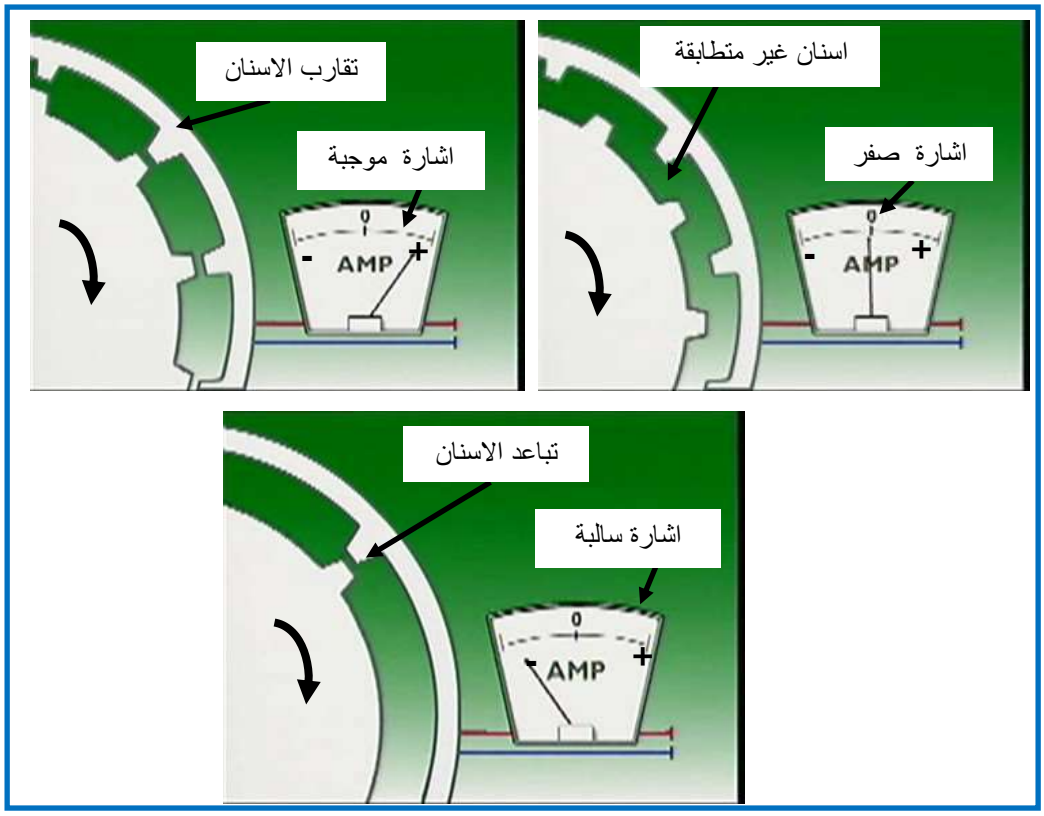
آلية عمل اللاقط المغناطيسي :

عندما يكون خلوص عريض بين أسنان القرص الدوار يكون المجال المغناطيسي منخفضاً وتكون الإشارة ضعيفة .

أ- في حالة تقارب الأسنان والخلوص الضيق يكون ارتفاع للمجال المغناطيسي وتولد إشارة عالية موجبة .

ب- عند ابتعاد الأسنان عن بعضها يكون انهيار للمجال المغناطيسي وتولد إشارة عالية وسالبة.

الشكل (3-2) يوضح الإشارة المتولدة من اللاقط المغناطيسي حيث تكون في أعلى قيمة عند تطابق سن القرص الدوار مع منتصف الملف ويتناقص مع الابتعاد.

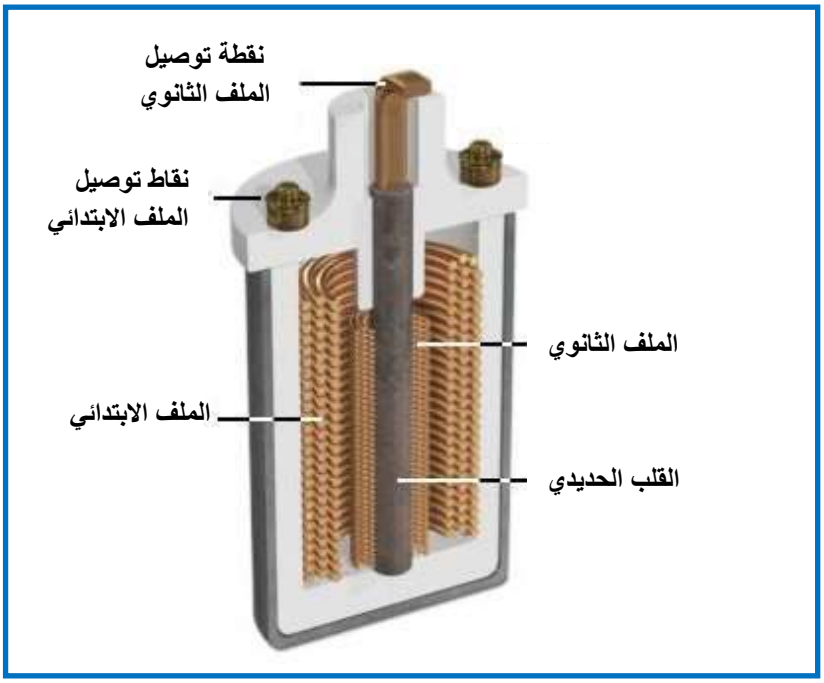


الشكل (3-2) يوضح الإشارة المتولدة من اللاقط المغناطيسي

وفي بعض الأنظمة يكون اللاقط من النوع التأثيري (Hall) ويتكون من شبه موصل يمر خلاله التيار الكهربائي ومحاط بمجال مغناطيسي دائم ويولد نبضات مربعة الشكل. يستعمل في بعض السيارات منظومة اشعال من نوع آخر يعرف بالضوئي ويتكون من شبة الموصل ثنائي الوصلة باعث للضوء ومن ترانزستور متحسس للضوء يوجد بينها فجوة يمر خلالها قرص دوار مثقب والذي يقوم بتقطيع الضوء، وتتولد من الترانزستور إشارة كهربائية تكون مربعة الشكل وترسل إلى وحدة السيطرة على الاشعال.

3. ملف الإشعال Ignition Coil :

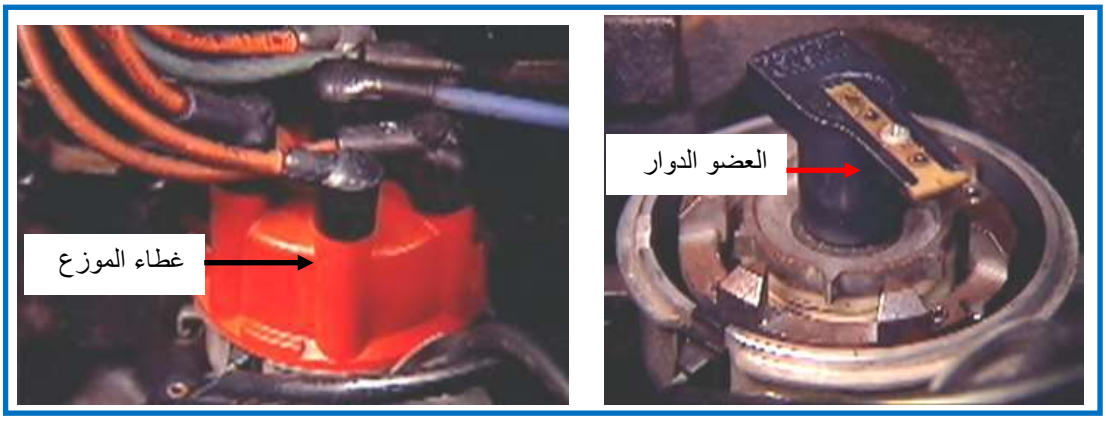
وهو محولة كهربائية رافعة للشدة (فولتية). يدخل التيار الكهربائي من البطارية إلى الملف الابتدائي وتتولد قوة كهربائية عالية في الملف الثانوي وتنقل إلى الموزع.الشكل (3-3) يبين ملف الإشعال.



الشكل (3-3) يبين ملف الإشعال

4. الموزع Distributor :

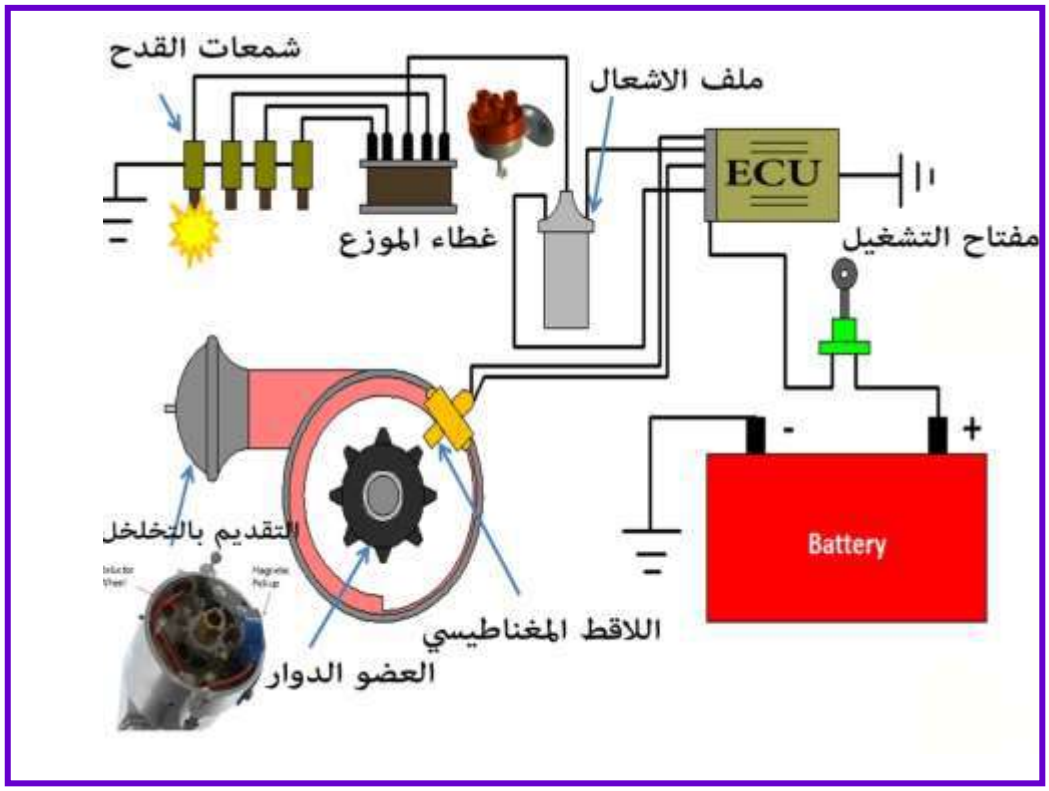
يوزع القوة الكهربائية العالية المتولدة في ملف الإشعال وينقلها إلى شمعات القدح بتوقيت مناسب للإشعال داخل الاسطوانة وحسب ترتيب الإشعال في المحرك ويتكون من غطاء الموزع والعضو الدوار والشكل (3-4) يوضح الموزع.



الشكل (3-4) الموزع

5. شمعات القدح spark plugs :

تحدث فيها الشرارة اللازمة لحرق الوقود داخل الاسطوانة التي تصل إلى فرق جهد بين القطبين إلى (30.000-20.000) فولت، والشكل (3-5) يوضح مكونات الإشعال المباشر باستعمال الموزع.



شكل(3-5) منظومة الإشعال باستعمال الموزع

1.1.3 آلية عمل منظومة الإشعال الإلكتروني باستعمال الموزع:

1- عند غلق مفتاح التشغيل يمر تيار كهربائي من البطارية إلى الملف الابتدائي ووحدة السيطرة و وحدة اللاقط المغناطيسي.

2- عند قطع أسنان القرص الدوار (Reluctor) المجال المغناطيسي في اللاقط المغناطيسي تتولد عنده إشارة كهربائية تنقل إلى وحدة السيطرة الإلكترونية.

3- تقوم وحدة السيطرة الالكترونية بقطع التيار في الملف الابتدائي لملف الإشعال.

4- عندما ينهار المجال المغناطيسي في ملف الإشعال يقوم برفع الفولتية ونقلها إلى الموزع.

5- يقوم الموزع بتوزيع الفولتية المتولدة إلى شمعة القدح وتحدث عندها شرارة إشعال خليط الاشتعال (وقود وهواء)داخل اسطوانات المحرك .

6- تقوم وحدة السيطرة على الإشعال بإعادة التيار إلى الملف الابتدائي بعد تلاشي المجال المغناطيسي فيه.

2.3.منظومة الإشعال المباشر Direct Ignition System DIS

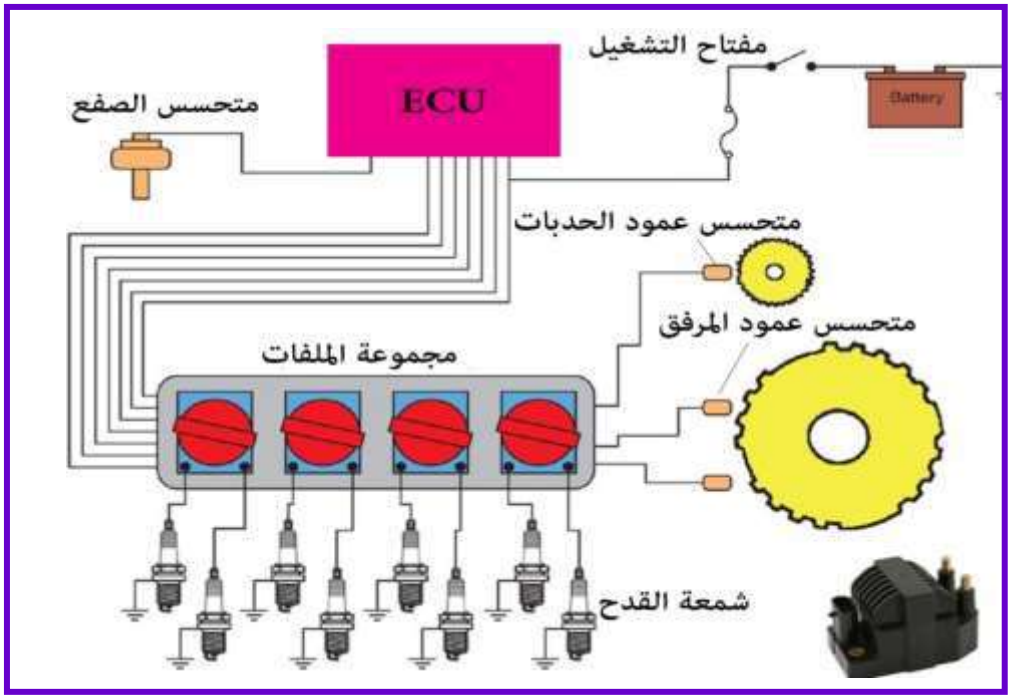
العديد من محركات السيارات الحديثة تستعمل منظومة الإشعال الالكتروني المباشر (DIS) وتعرف أيضاً بمنظومة الإشعال الإلكتروني بدون موزع (Distributorless Ignition System) The لأنها لا تحتوي على وحدة الموزع كما في المنظومات السابقة.

وفي هذه المنظومة تسلط نبضة الفولتية على مجموعة ملفات لرفع الفولتية التي تقع فوق شمعات القدح. وقد يكون هنالك ملف إشعال واحد لكل اسطوانة أو ملف إشعال واحد لكل اسطوانتين.

أنواع منظومات الإشعال المباشر :

1- نظام اشتعال المباشر(ملف إشعال واحد مسيطر على اسطوانتين للمحرك) كما في الشكل (3- 6)

2- نظام إشعال المباشر(ملف اشعال واحد لكل اسطوانة محرك) كما في الشكل (3- 7)

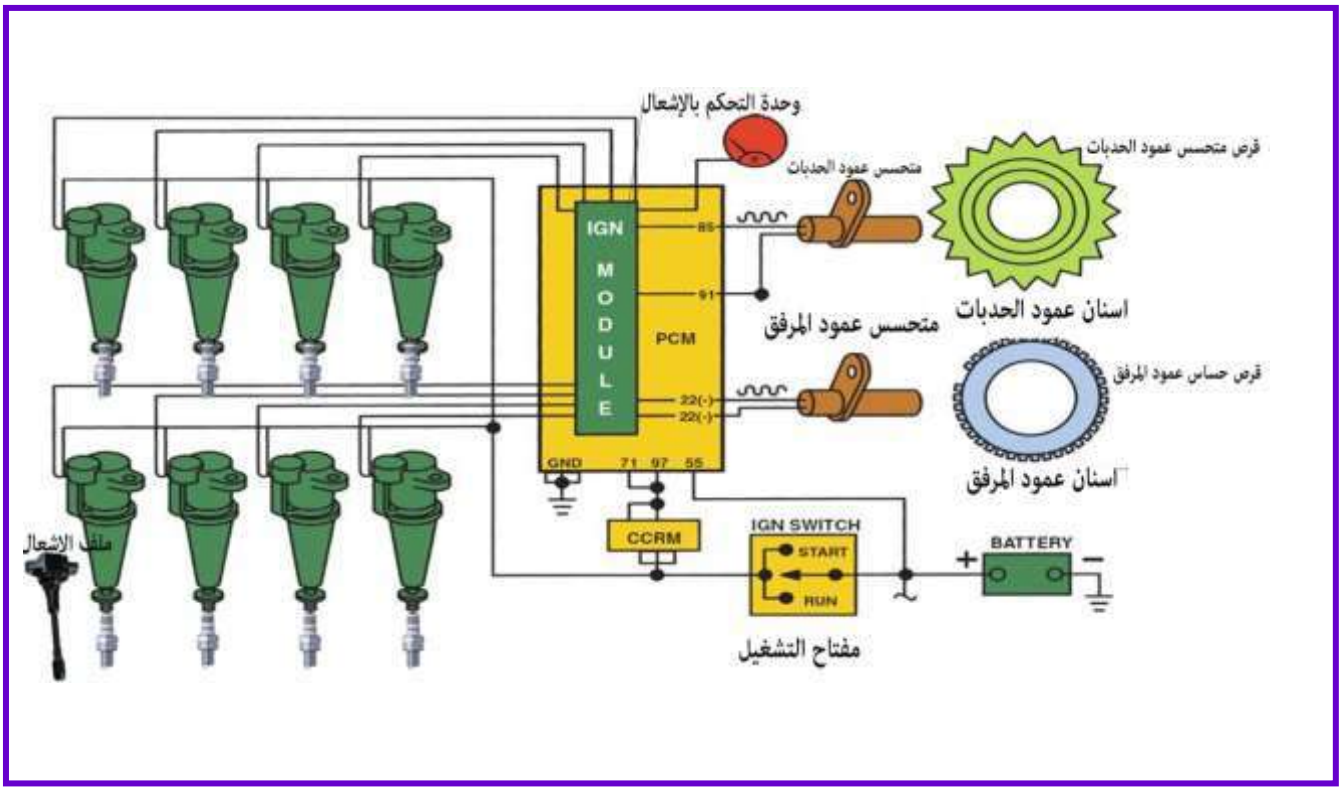


الشكل (3- 6) نظام اشتعال المباشر(ملف إشعال واحد مسيطر على اسطوانتين للمحرك)

.

تتكون منظومة الإشعال الإلكتروني المباشر من الأجزاء آلاتية:

1. وحدة التحكم في الإشعال (Ignition Control Unit (ICU).
2. قرص حساس عمود المرفق (Crankshaft reluctor ring).
3. متحسس عمود المرفق (Crankshaft Sensor).
4. متحسس عمود الحدبات (Camshaft Sensor).
5. متحسس الصفع (Knocking Sensor).
6. مجموعة الملفات (Coils Packs).



الشكل (3-7) نظام إشعال المباشر(ملف إشعال واحد لكل اسطوانة محرك)

مميزات الإشعال المباشر:

1. إشعال مباشر من الملفات إلى شمعات القدح من غير الحاجة إلى موزع وغطاء الموزع لذلك تكون الأجزاء الميكانيكية المتحركة قليلة والتي تعاني مشاكل التآكل والبليان وتتأثر بالرطوبة.
2. قلة الحاجة إلى الصيانة بالمقارنة مع الأنظمة الأخرى حيث لا تحتاج إلى ضبط توقيت الإشعال (Timing Adjustments).
3. صغر حجم منظومة الإشعال المباشر وتوفير في الطاقة لعدم استعمال الموزع.
4. توقيت الإشارة الكهربائية للقدح من متحسس مغناطيسي يعرف بمتحسس عمود المرفق.
5. وحدة السيطرة على الإشعال تجعل طاقة شرارة القدح ثابتة مع تغير سرعة دوران المحرك وذلك بتثبيت تيار الشحن للملفات بحدود (9 أمبير) مع تغير درجة حرارة المحرك ومستوى فولتية البطارية.

1.2.3. وحدة التحكم في الإشعال Ignition Control Unit

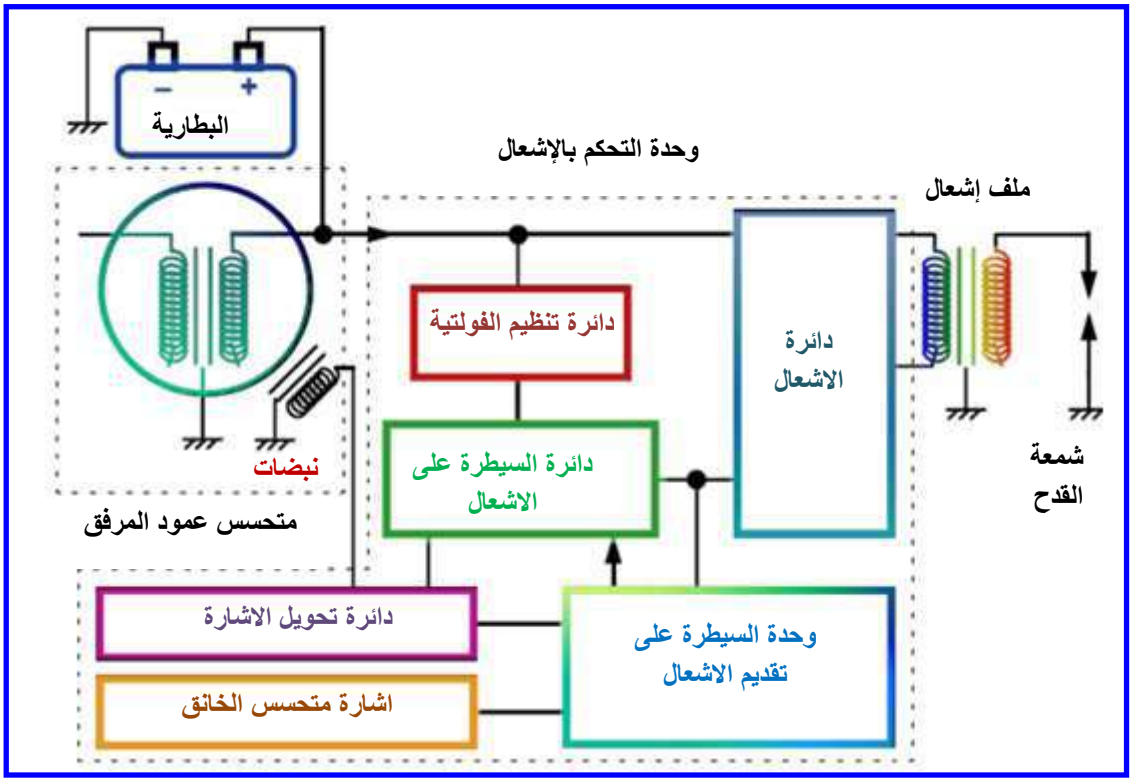
توجد وحدة التحكم في الإشعال (Ignition Control Unit) بداخل وحدة السيطرة الالكترونية للمحرك Electronic Control Module (ECM) وتقوم بتنظيم عملية الإشعال وتوقيت الإشعال وعندما تكون سرعة المحرك اقل من 400 دورة في الدقيقة تقوم وحدة التحكم في الإشعال بعملية الإشعال المباشر وفي حالة السرعة أعلى من400 دورة في الدقيقة تدخل وحدة السيطرة الالكترونية في عملية الإشعال وتعتمد في تحديد توقيت الإشعال على معلومات المتحسسات الآتية:

- **متحسس عمود المرفق.**
- **متحسس عمود الحدبات.**
- **متحسس الضغط المطلق.**
- **متحسس موقع الخانق.**
- **متحسس درجة حرارة المحرك.**

تعد وحدة السيطرة الالكترونية بمثابة العقل المسيطر على كثير من العمليات التي تحدث في السيارة وتحوي بداخلها على معالج دقيق وذاكرة (CPU)ومنافذ إدخال وإخراج (Input/Output ports) ومحولات الإشارة التناظرية إلى رقمية (analog-to-digital converter)
وموقتات رقمية (Timers) .

تقسم وحدة السيطرة على الإشعال إلى مجموعة من دوائر السيطرة وهي:

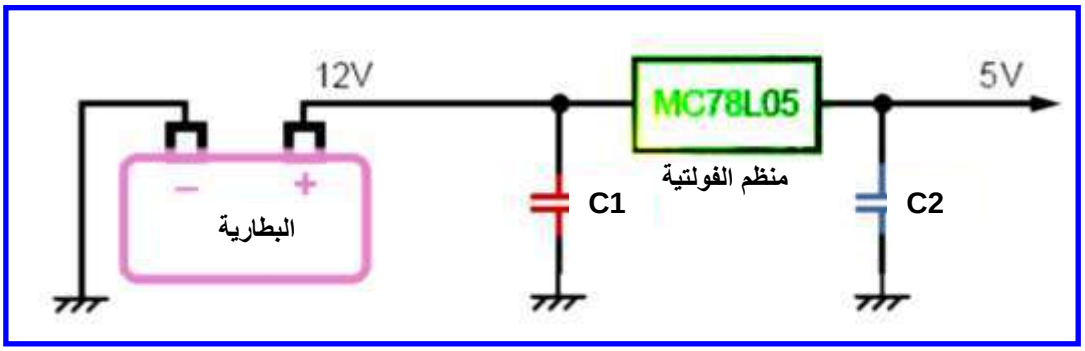
1. دائرة تنظيم الفولتية (Regulated power supply).
2. دائرة تحويل الإشارة (Signal shaping).
3. دائرة السيطرة على الإشعال (ignition control).
4. وحدة السيطرة على تقديم توقيت الإشعال (Advance timing control).
5. دائرة الإشعال (Ignition circuit).



الشكل (3- 8) مكونات وحدة السيطرة على الإشعال

1. دائرة تنظيم الفولتية (Voltage Regulation Circuit):

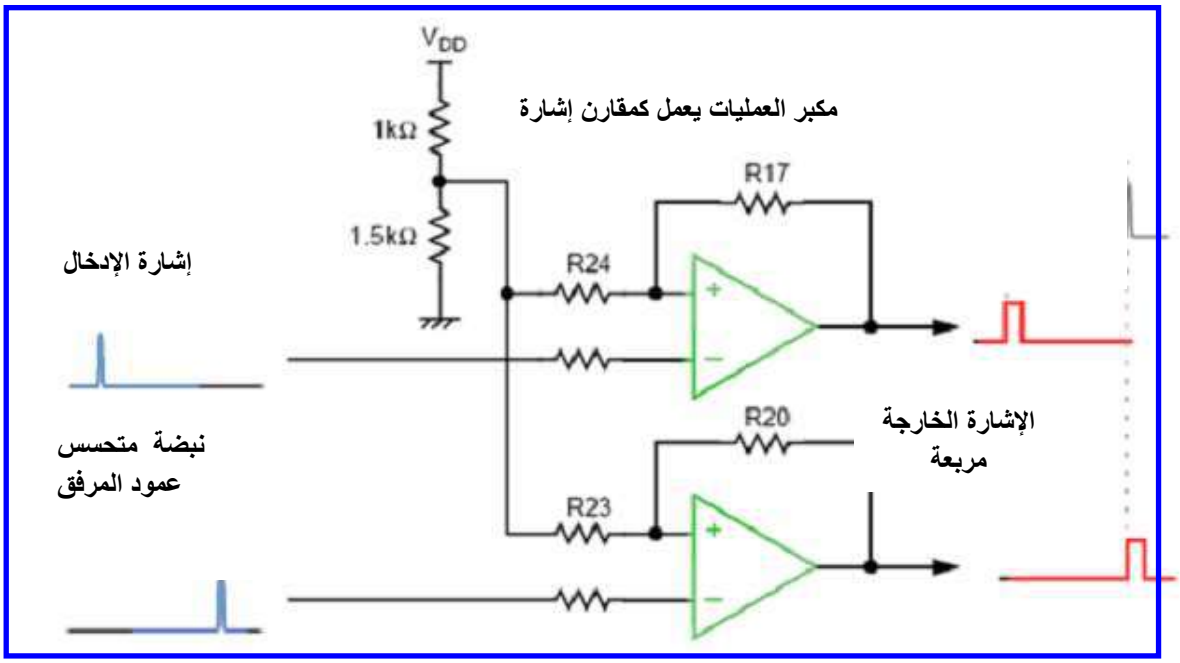
تخفض فولتية البطارية (12فولت) إلى (5 فولت) باستخدام منظم الفولتية (Voltage Regulator) ويعد المصدر الكهربائي إلى دوائر السيطرة الأخرى. والمتسعات C1 , C2 التي تعمل على ثبات استقرار الفولتية في حالة التغير المفاجئ للفولتية، والشكل (3- 9) يوضح دائرة تنظيم الفولتية.



الشكل (3- 9) دائرة تنظيم الفولتية

2. دائرة تحويل الإشارة(Signal shaping) :

دائرة تحويل الإشارة مصممة لتحويل نبضة متغيرة (AC pulses) من متحسس عمود المرفق إلى نبضة مستمرة (DC pulses) و دائرة تحويل الإشارة هي عبارة عن دائرة مقارن الفولتية (voltage comparator)موضح في الشكل (3- 10).



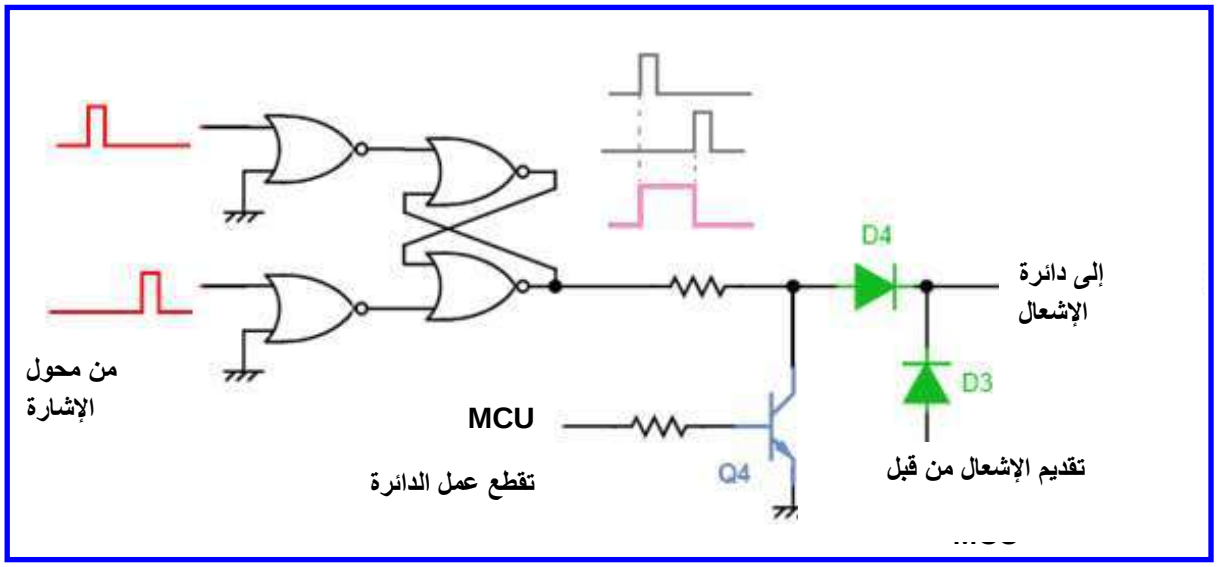
الشكل (3- 10) دائرة تحويل الإشارة

3. دائرة السيطرة على الإشعال (Ignition Control) :

تعمل دائرة السيطرة على الإشعال عند بدء تشغيل المحرك لأن وحدة السيطرة الإلكترونية تعمل بعد أن تكون سرعة المحرك أعلى من 400 دورة في الدقيقة، وفي الشكل (3- 11) يظهر مفتاحين للنبضات عندما يغلق الأول يفتح الثاني ليغذي الملف الابتدائي لملف الإشعال بنبضة إشعال ذات طاقة عالية و يجهز المفتاحان من دائرة تحويل الإشارة السابقة .

الموحد D3, D4 (Diodes) تستعمل لعزل دائرة الإشعال عن الدوائر التي تسبقها.

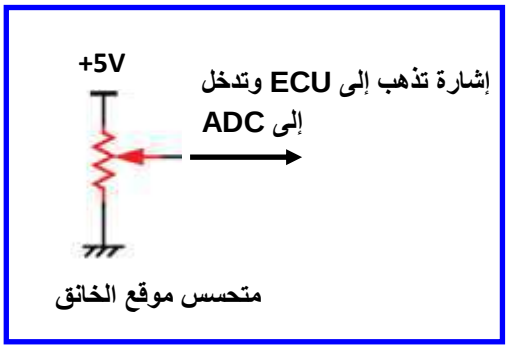
عندما تعمل وحدة السيطرة الإلكترونية تقوم بعزل دائرة السيطرة على الإشعال بواسطة المفتاح Q4 (الترانزستور) وتسيطر على عملية الإشعال.



الشكل (3- 11) دائرة السيطرة على الإشعال

4. وحدة السيطرة على تقديم توقيت الإشعال(Advance Timing Control):

الوظيفة الرئيسة لوحدة السيطرة على تقديم الإشعال هي مراقبة سرعة المحرك وموقع الخانق وحساب أفضل توقيت للإشعال، ويتم حساب سرعة المحرك بواسطة حساب المدة الزمنية بين نبضتين قادمتين من دائرة تحويل الإشارة. وعند استلام إشارة متحسس موقع الخانق يتم حساب أفضل وقت لنبضة الإشعال وأفضل طول لنبضة الإشعال التي تكون ضرورية لتشبع ملف الإشعال الابتدائي (Primary Coil Charge up) ويليها الانهيار الذي يولد شرارة الإشعال.الشكل (3-12) هو متحسس موقع الخانق والذي يرمز به إلى مقاومة متغيرة(Potentiometer) التي ترسل إشارة تناظرية ويحتاج إلى تحويلها إلى إشارة رقمية باستعمال محول الإشارة التناظرية إلى رقمية (Analog to digital converter ADC) .

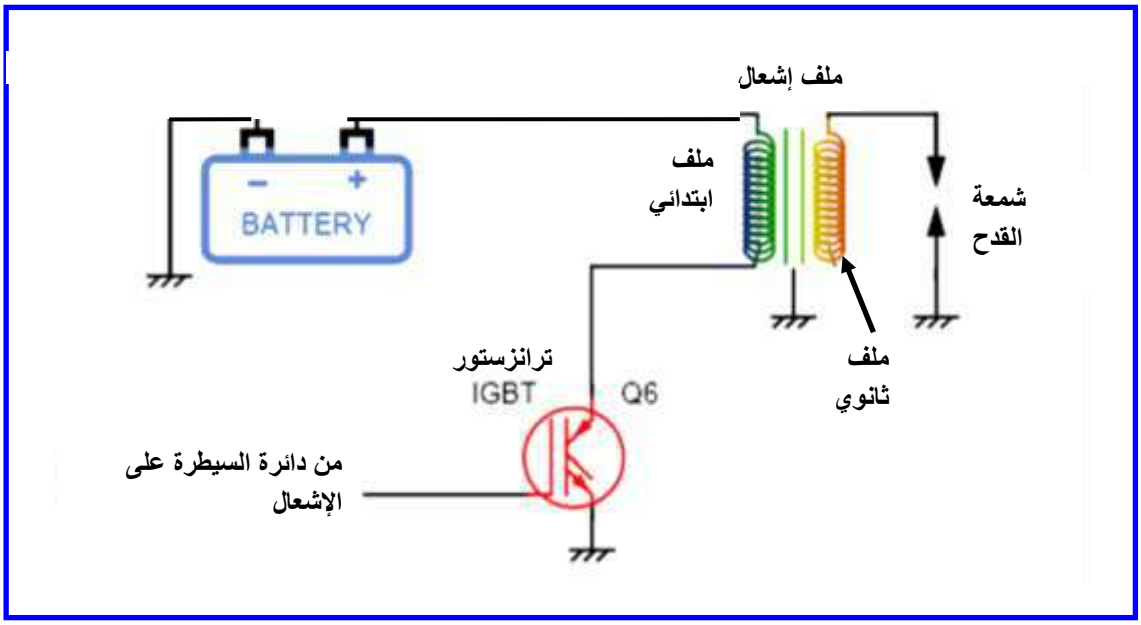


الشكل (3-12) متحسس موقع الخانق

5. دائرة الإشعال(Ignition Circuit):

تتكون دائرة الإشعال من ملف الإشعال والمفتاح الكهربائي Q6 (الترانزستور) والذي يتم التحكم به من قبل وحدة السيطرة الإلكترونية، وإن ملف الإشعال عبارة عن محولة رافعة للفولتية.

قبل بدء عملية الإشعال يكون المفتاح Q6 مغلقاً والذي يسبب تشبع الملف الابتدائي لملف الإشعال وعند قطع المفتاح يحدث تلاشي سريع لتيار الملف الابتدائي ينتج عنها نبضة فولتية ذات جهد عالٍ خلال الملف الابتدائي وهذه النبضة تنقل بالحث إلى الملف الثانوي الرافع للفولتية حيث تصل الفولتية فيه إلى عدة ألاف من الفولتيات الشكل (3- 13) يوضح دائرة الإشعال .



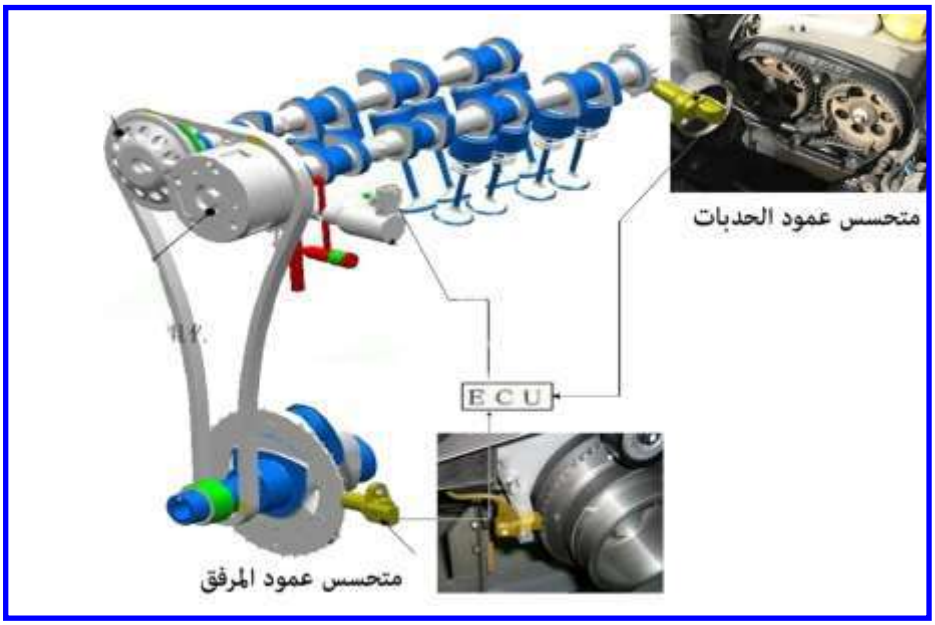
الشكل (3- 13) دائرة الإشعال

إن الإشعال الإلكتروني يكون على نوعين (أ) إشعال إلكتروني بالتفريغ الحثي inductive discharge ignition (IDI) كما تم شرحه. (ب) إشعال الكتروني بالتفريغ السعوي capacitor discharge ignition (CDI) وفي هذا النوع تخزن الطاقة في متسعة وتفرغ منها أثناء الإشعال لتوليد الشرارة وهذه الطريقة تعطي أكثر مرونة في توقيت الإشعال وأداء للمحرك.

2.2.3.2 متحسس عمود المرفق Crankshaft Sensor

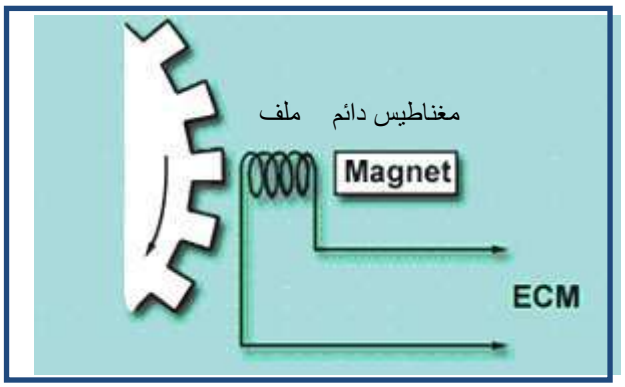
يتحسس متحسس عمود المرفق زاوية عمود المرفق وسرعته وموقع المكبس وينقلها إلى وحدة السيطرة الإلكترونية التي تستفيد من هذه المعلومات في إيجاد أفضل ظروف تشغيلية لتسلسل الحقن و لتوقيت الإشعال. يقع متحسس عمود المرفق من الجهة الخارجية لجدار عمود المرفق الذي هو جزء من جسم المحرك.

متحسس عمود المرفق المغناطيسي يعرف بالملف اللاقط (PICK-UP COIL) مكون من مغناطيس دائم وملف لا يحتاج إلى تجهيز بمصدر فولتية ويخرج منه سلكين فقط، يعمل كمحول صغير يولد موجة كهربائية جيبيه الشكل تنقل إلى وحدة التحكم الالكترونية ويقابله قرص مسنن مثبت على عمود المرفق ويدور معه يحوي على مسننات منتظمة التباعد. والشكل(3-14) يوضح موقع متحسس عمود المرفق.



الشكل(3-14) متحسس عمود المرفق

عند دوران عمود المرفق تتولد إشارة مع تقابل المتحسس وأسنان القرص. وتتولد نبضة لكل سن، ويمكن حساب سرعة المحرك الدورانية في الدقيقة (RPM) من تردد هذه الإشارة والشكل (3-15) يوضح مكونات متحسس عمود المرفق.

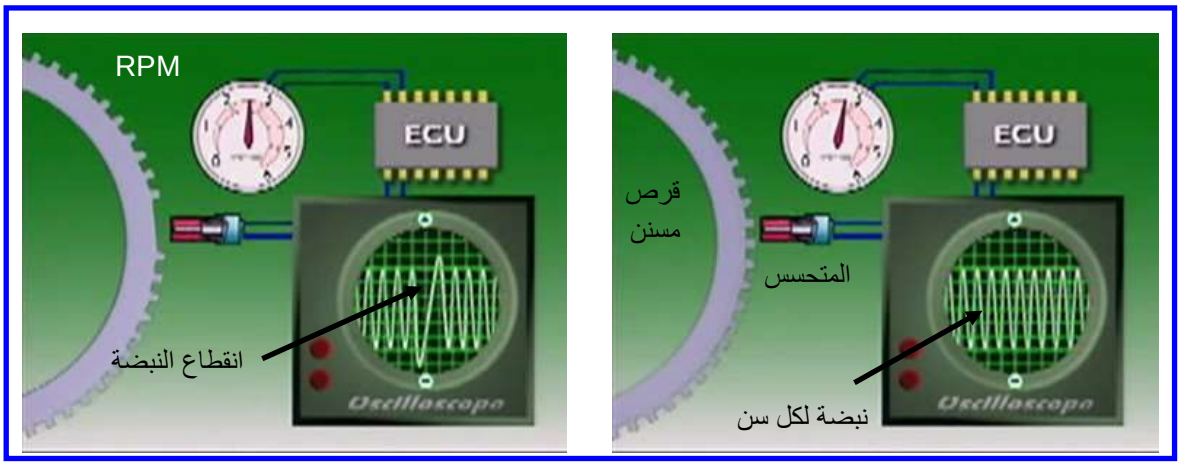


الشكل (3-15) مكونات متحسس عمود المرفق

قد يستعمل اثنان من المتحسسات تقابلان القرص المسنن، المتحسس الأول: يحدد منه سرعة المحرك وأما المتحسس الثاني: يقابل بروز على القرص المسنن و تتولد منه نبضة لكل دورة والتي تحدد موقع الاسطوانة الأولى، وتستطيع بعد ذلك وحدة السيطرة الالكترونية من حساب تسلسل الحقن وتوقيت الإشعال، والشكل (3-16) يوضح منظومة إشعال مباشر بمتحسسين لعمود المرفق.

الشكل(3-16) منظومة إشعال مباشر

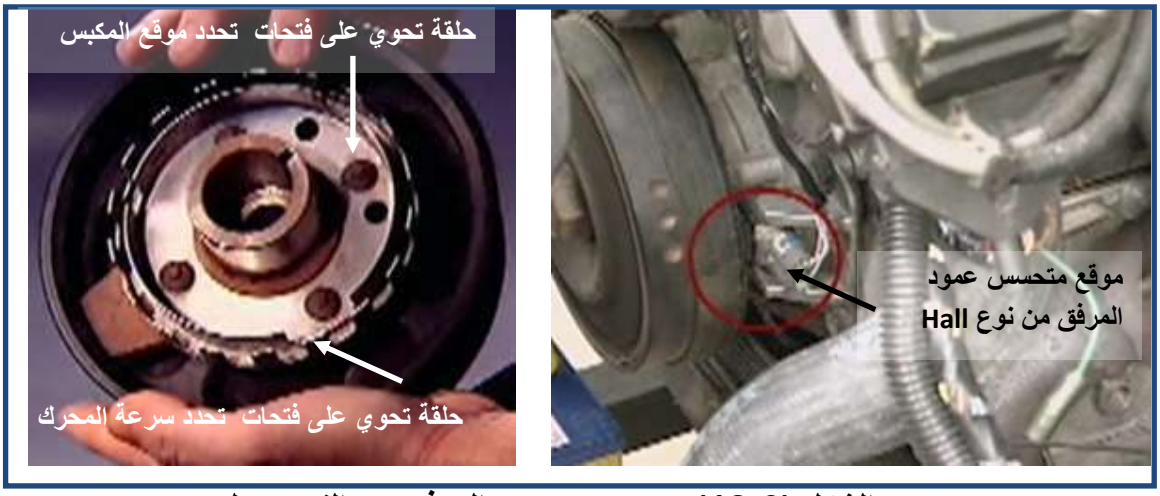
في بعض السيارات يوجد متحسس واحد يقابل القرص المسنن و يبلغ عدد أسنانه 60 مسنن مقطوع منها اثنان من هذه المسننات ومع كل دورة تختفي الموجة نتيجة مرور المتحسس على موقع قطع السنين ويستفاد من هذا القطع في تحديد موقع الاسطوانة رقم واحد والشكل (3-17) يوضح الإشارة المتولدة من متحسس عمود المرفق .



الشكل (3-17) الإشارة المتولدة من متحسس عمود المرفق

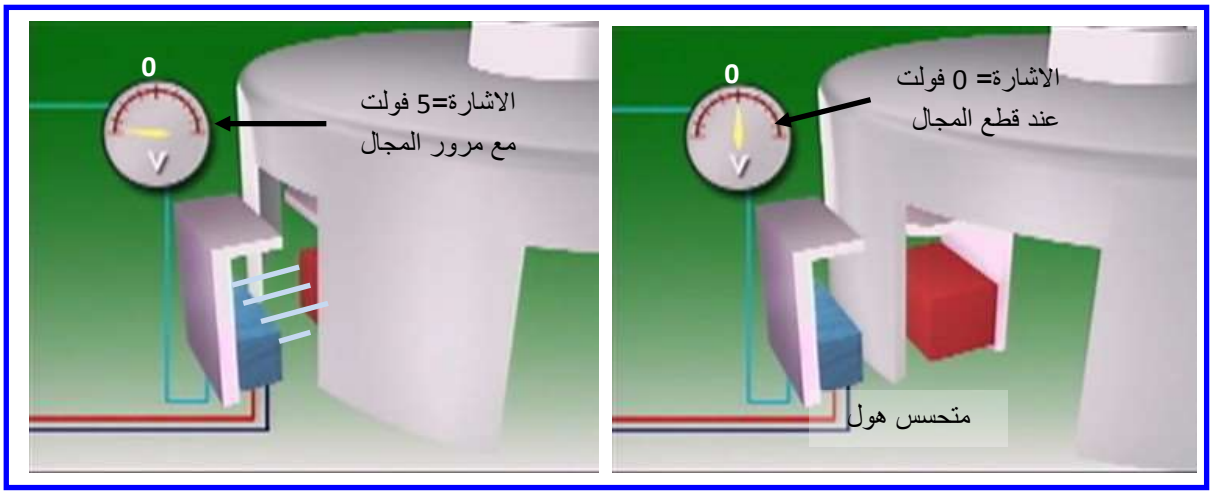
هنالك نوع آخر من متحسسات عمود المرفق يعرف بالمتحسس المغناطيسي ذي المقاومة Magnetic-Resistive Sensor (MRS) يشبه المتحسس المغناطيسي ولكن يولد إشارة كهربائية رقمية مربعة الشكل.

أما متحسس عمود المرفق من نوع التاثيري هول (Hall Effect) وهو عبارة عن مغناطيس دائم وشبه موصل (ترانزستور) يستعمل كمفتاح الكتروني، يستعمل زوج من متحسس هول يتوسطهما مغناطيس دائم حيزين ، يثبت المتحسس على جسم المحرك يمر من خلال الحيزين حلقتان مثبتتان على عمود المرفق ويدوران معه وتحوي هاتان الحلقتان فتحات منتظمة التباعد إحدى هذه الحلقات تعطي سرعة المحرك والحلقة الأخرى تعطي موقع المكبس و الشكل (3-18) يوضح متحسس عمود المرفق من النوع هول.



الشكل (3-18) متحسس عمود المرفق من النوع هول

عندما تكون فتحات الحلقات أمام المتحسس يمر المجال المغناطيسي وتتولد إشارة عالية وعندما تمر القطعة المعدنية من الحلقة تسبب عزل المجال المغناطيسي وتكون الإشارة ضعيفة. الشكل (3-19) يوضح الإشارة المتولدة من متحسس عمود المرفق من النوع هول .

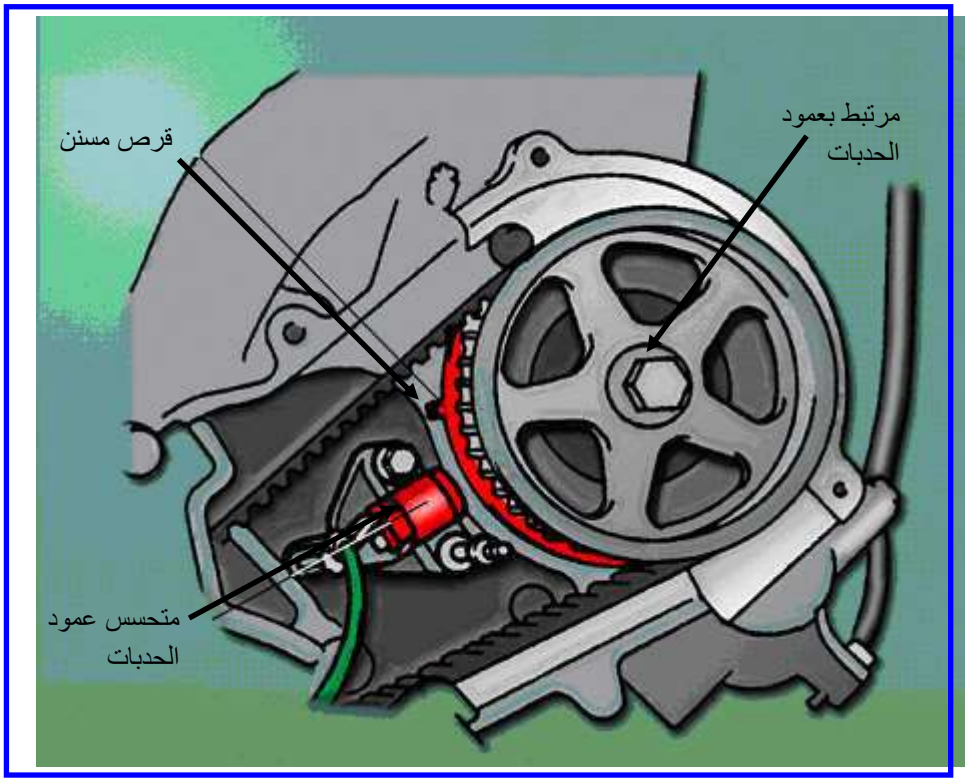


الشكل (3-19) الاشارة المتولدة من متحسس هول

يجهز هذا المتحسس بمصدر للفولتية وتكون الإشارة الخارجة رقمية مربعة الشكل أي أما(5 فولت) أو(صفر) وترسل إلى وحدة السيطرة الالكترونية. يتميز هذا المتحسس عن المتحسس المغناطيسي بكون الإشارة الخارجة منه منتظمة الشكل مع تغير سرعة المحرك (أي لا يغير شكل الإشارة مع السرعة).

3.2.3. متحسس عمود الحدبات Camshaft Sensor

متحسس عمود الحدبات يقع على إحدى نهايات عمود الحدبات و يشبه في المواصفات متحسس عمود المرفق فهو يتكون من مغناطيس دائم وقرص وتتولد منه إشارة كهربائية متناسبة مع القرص ترسل إلى وحدة السيطرة الإلكترونية ويستخدمها في تصحيح زوايا القدح للشرارة وتسلسل، الإشارة للبخاخات ويسمى أيضاً بمتحسس مطابقة الاسطوانة SensorCylinder Identification (CID) والشكل(3-20) يوضح موقع متحسس عمود الحدبات.

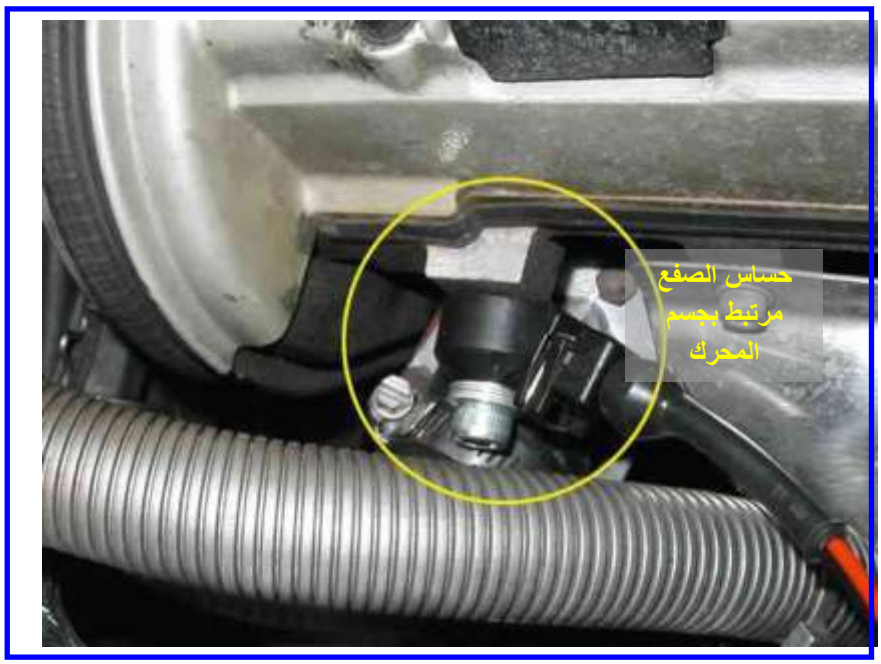


الشكل (3-20) موقع متحسس عمود الحدبات.

4.2.3. - متحسس الصفع Detonation Knocking Sensor

وهو عبارة عن متحسس ارتجاجات صوتية (Piezoelectric) يربط مباشرة مع جسم المحرك ويتحسس تتابع الانفجارات في اسطوانات المحرك ويرسل إشارة إلى وحدة السيطرة الالكترونية يستخدمها في تصحيح زوايا الشرارة المتقدمة والمتأخرة وتحديد صلاحية عمل اسطوانات المحرك.

إذا حدثت قرقعة في إحدى الاسطوانات يقوم متحسس الصفع بإخبار وحدة السيطرة الالكترونية بأن نسبة الوقود إلى الهواء المجهزة قليلة وتؤدي إلى تلف المحرك إذا استمرت، وحدة السيطرة الالكترونية تستعمل هذه المعلومات لإعادة تنغيم المحرك لكي لا يصفع المتحسس والشكل (3-21) يوضح موقع متحسس الصفع.



الشكل (3-21) موقع متحسس الصفع

الإشارة المرسلة من هذا المتحسس إلى وحدة التحكم تكون في صورة نبضة كهربائية متغير (حسب حالة ووضع الاهتزاز على جدران أسطوانات المحرك) وبالتالي تقوم وحدة التحكم بالعمل اللازم نحو تأخير زمن إرسال الشرارة إلى الأسطوانات والتحكم في أداء ملف الإشعال الإلكتروني وذلك لضبط تنغيم أداء المحرك.

يختلف متحسس الصفع عن باقي المتحسسات في خصائصه إذ أنه مكون من مادة شبه موصلة تكون بلورة كرستال ويطلق على هذه المادة المولدة للإشارة -نتيجة الضغوط المختلفة أو الاهتزاز- Piezo electric element ، عند تعرضها إلى طرق (ضغط) تتغير أبعادها الهندسية وتنتج إشارة كهربائية

وعند ربطها بالمحرك فإنها ترسل ذبذبة تنقل صورة لاهتزازات المحرك، وعند حدوث إشعال خاطئ تحدث قرقعة في الاسطوانة ويتحسسها متحسس الصفع حيث يتشوه شكل الاشارة المرسلة الى وحدة التحكم الإلكترونية.

هناك نوعين من أنواع متحسسات الصفع:

الأول: متحسس صفع كتلي(Mass Type) :

ينتج نبضة كهربائية متغيرة الشكل بتغير شدة الضغط ويعمل في مدى واسع من الترددات، والإشارة الخارجة منه تكون بتردد لا يتجاوز (7 كيلو هرتز) ويتناسب مع السيارة .

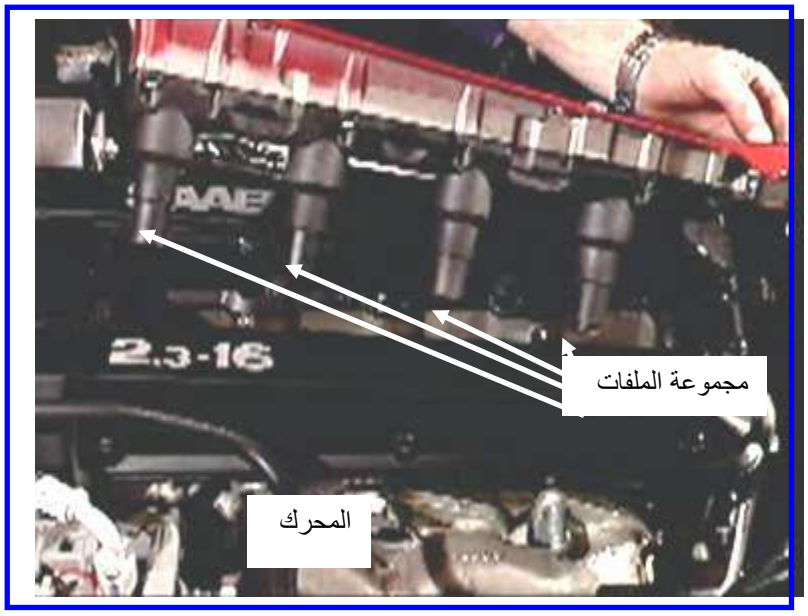
الثاني: متحسس صفع ترددي(Resonance Type):

ينتج إشارة متغيرة التردد بتغير تردد الضغط المؤثر إي يولد إشارة فقط عند تعرضه إلى الاهتزاز.

5.2.3. مجموعة الملف Coil Packs

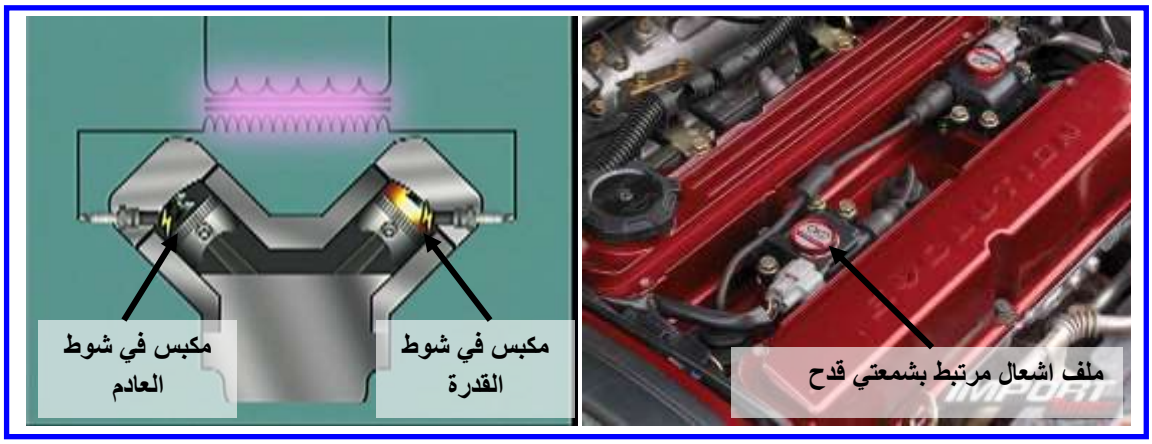
مجموعة من المحولات الرافعة للفولتية تزودها وحدة التحكم الالكترونية بالتيار الكهربائي بوساطة دائرة الإشعال وتتصل مباشرة بشمعات القدح، تتكون من ملفين الأول ابتدائي والآخر ثانوي تكون مقاومة الملف الابتدائي(4 اوم) وحثه (10 ملي هنري) ويحتاج الى نبضة كهربائية بين(300 إلى 400 فولت) لكي تحتث الإشارة في الملف الثانوي ليصل إلى (40 kv).

تستعمل بعض أنظمة الإشعال ملف إشعال واحد لكل اسطوانة وهذا يرفع استعمال أسلاك الضغط العالي ويقلل احتمالية تسرب التيار وضعف الشرارة والشكل (3-22) يوضح مجموعة الملفات.



الشكل (3-22) مجموعة الملفات

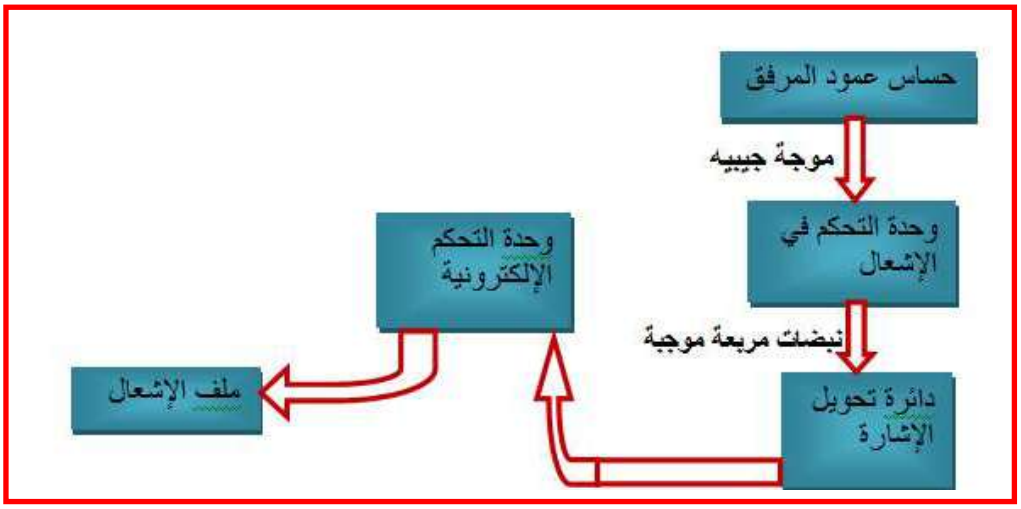
هنالك أنظمة أخرى تستعمل ملف إشعال واحد لاسطوانتين وتعرف هذه الطريقة بشرارة الإتلاف (The Waste Spark) ففي المحركات ذات الست اسطوانات تزود الشمعات 1-4 بملف إشعال واحد حيث يتصل احد أطراف ملف الإشعال بشمعة قدح اسطوانة رقم 1 وتتصل النهاية الأخرى بشمعة قدح اسطوانة رقم 4 و نفس الشيء بالنسبة 2-5 و3-6 في الاسطوانات مزدوجة الإشعال يصل فيها المكبس إلى نقطة النهاية العظمى Top Dead Center (TDC) في الوقت نفسه وتكون احدهما في شوط العادم والثاني في شوط القدرة ويحدث فيهما الشرارة في الوقت نفسه والشكل (3-23) يوضح منظومة إشعال تستعمل ملف لاسطوانتين.



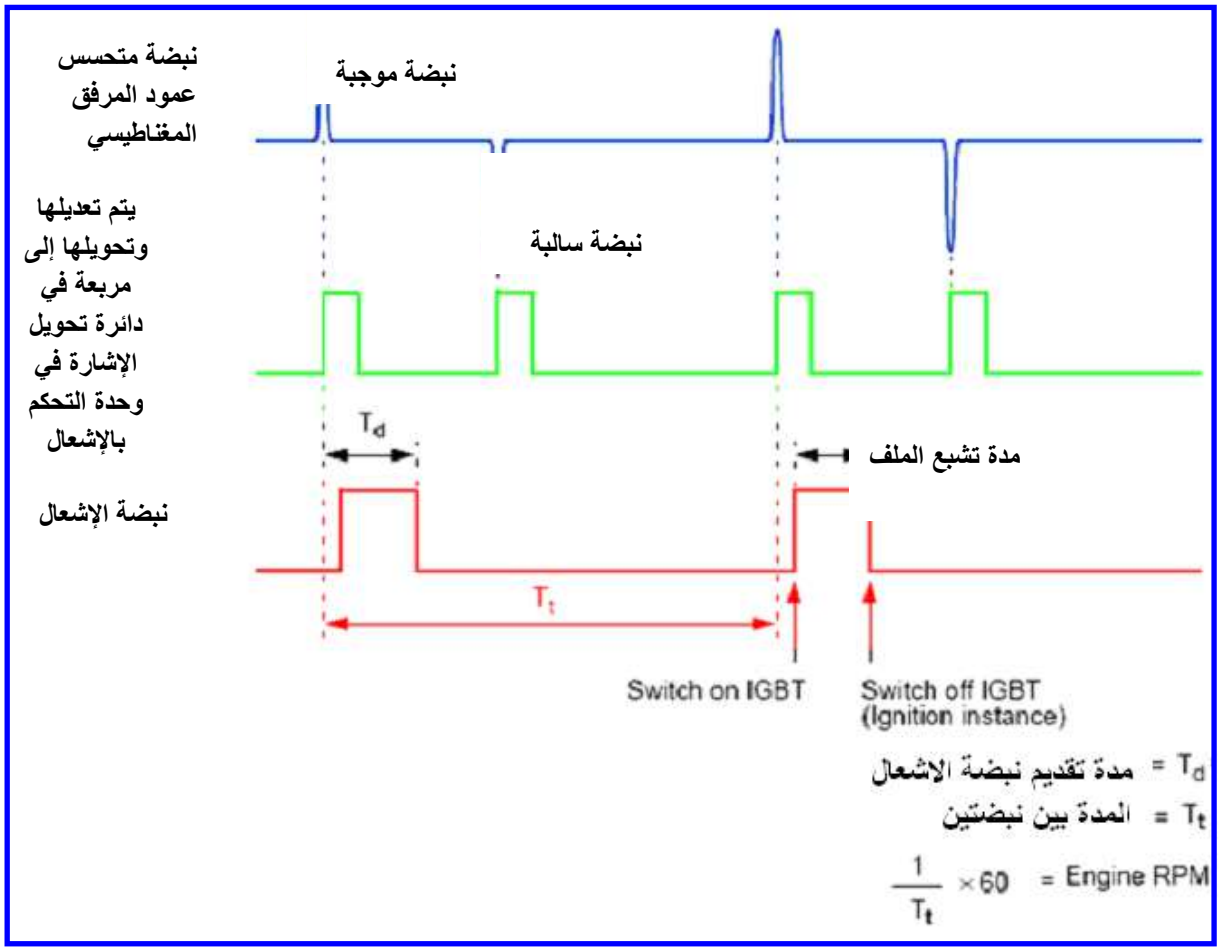
الشكل (3-23) منظومة إشعال يستعمل ملف لاسطوانتين.

6.2.3. آلية عمل منظومة الإشعال المباشر

يبدأ الإشعال المباشر من تولد النبضات من متحسس عمود المرفق وتكون نبضات موجية موجبة وسالبة تنقل إلى وحدة التحكم في الإشعال وفيها تتحول إلى نبضات مربعة موجبة بدائرة تحويل الإشارة وتنقل إلى وحدة السيطرة الالكترونية لحساب أفضل توقيت للإشعال وإرسالها إلى ملف الإشعال والشكل (3-24) يوضح مخطط لانتقال الإشارة والعمليات عليها.



الشكل (3-24) يوضح مخطط لانتقال الإشارة والعمليات عليها

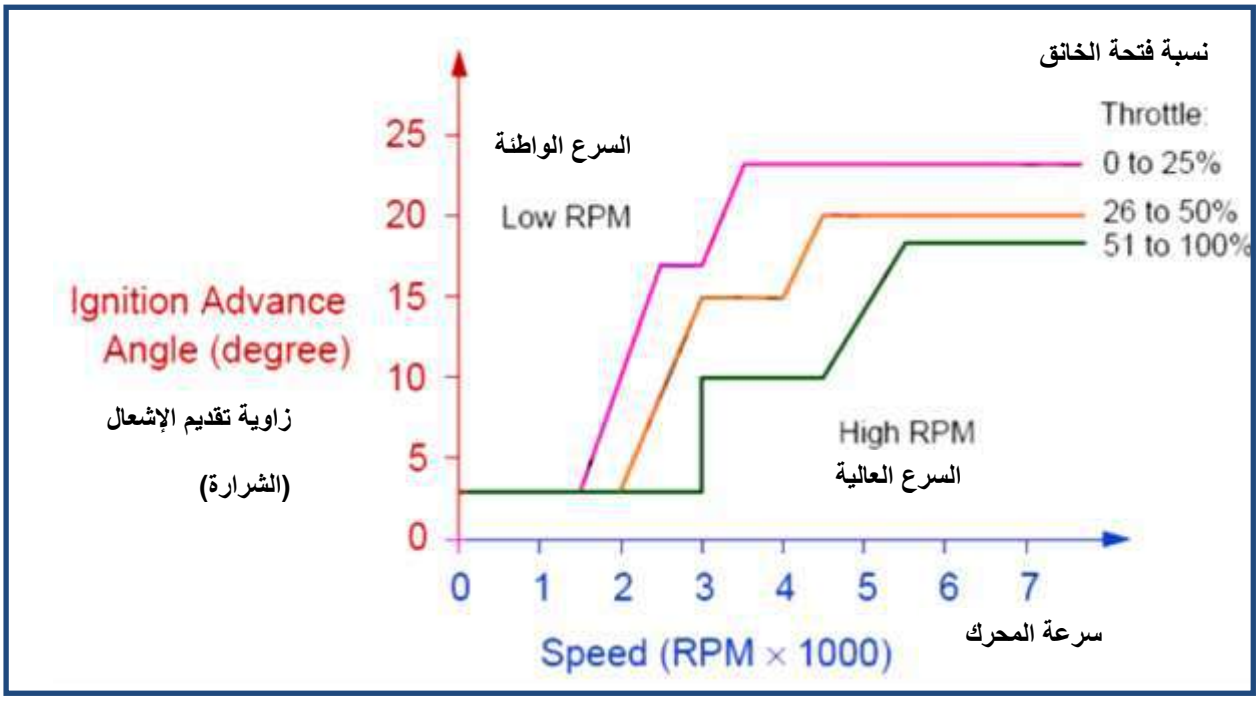


الشكل (3-25) آلية عمل منظومة الإشعال المباشر

العمل الرئيس لمنظومة الإشعال المباشر يقسم إلى ثلاث فترات :-

1. فترة بدء تشغيل المحرك: ويكون فيها توقيت الإشعال مباشرة من وحدة التحكم في الإشعال وتعتمد في التوقيت على نبضات متحسس عمود المرفق.
2. **فترة دوران المحرك بسرعة بطيئة:** تسيطر وحدة السيطرة الإلكترونية (ECU)على توقيت الإشعال وتعتمد على (1) متحسس موقع الخانق و(2) متحسس عمود المرفق و(3) متحسس عمود الحدبات.
3. **دوران المحرك بسرعة عالية:** تسيطر وحدة السيطرة الإلكترونية (ECU)على توقيت الإشعال وتشرك جميع المتحسسات المرتبطة في المحرك لاختيار أفضل توقيت للحقن والإشعال، وفي السرع العالية يتم تقديم الإشعال للوقود مباشرة عند وصول المكبس إلى نقطة النهاية العظمى وهذا يتم في الإشعال المباشر من خلال منظومة توقيت الإشعال الإلكتروني (Electronic Spark Timing System)الموجود في وحدة السيطرة الإلكترونية.

يحسب وقت الإشعال نسبةً إلى زاوية عمود المرفق وقبل وصول المكبس إلى نقطة النهاية العظمى لتوقيت الإشعال مثلا 5 درجات قبل الوصول إلى نقطة النهاية العظمى ويرمز له (5° BTDC) ويتم تقديم الإشعال بزيادة هذه الزاوية وحسب ظروف تشغيل المحرك والشكل (2-26) يوضح العلاقة بين زاوية تقديم الإشعال وحسب سرعات المحرك المختلفة وعلاقتها بفتحة الخانق.



الشكل (3-26) العلاقة بين تقديم الإشعال وسرعة المحرك.

2.3. منظومة إعادة تدوير العادم Exhaust Gas Recirculation (EGR)

تعمل منظومة تدوير العادم على إعادة كمية قليلة من غاز العادم إلى مجمع السحب في المحرك (Intake Manifold) ويخلط مع خليط الوقود والهواء ويعاد إلى غرفة الاحتراق مرة ثانية ولان هذه الكمية القليلة غير قابلة للاحتراق فإنها تقلل من كمية الخليط (وقود وهواء) الداخلة إلى المحرك و تفيد هذه العملية في :-

1- تقليل من اكاسيد النايتروجين(NOx) المضرة للبيئة والناتجة من احتراق الوقود داخل المحرك في درجات حرارة عالية.

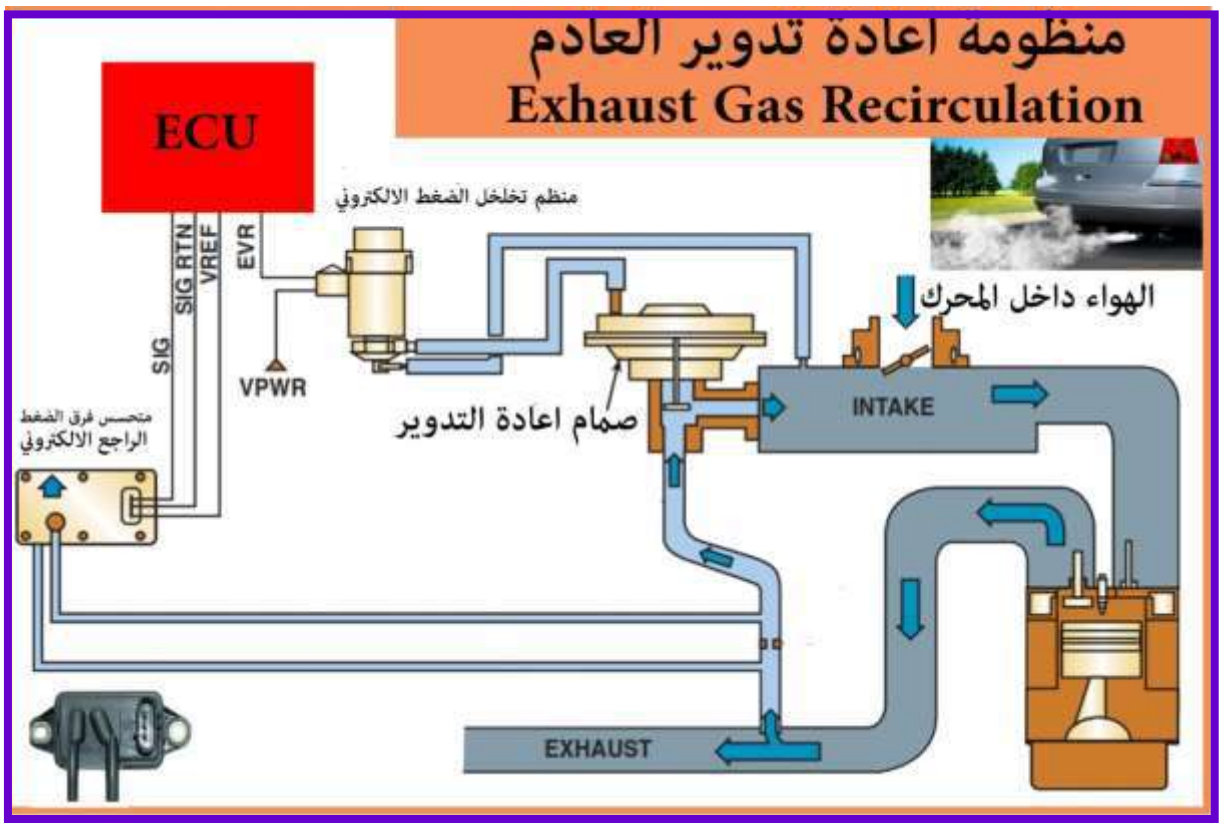
2- تقليل ظاهرة الصفع داخل المحرك (Engine Knock)

3- تقليل تأثير خليط الوقود والهواء المسبب إلى رفع حرارة المحرك.

مكونات منظومة إعادة تدوير العادم :

1. صمام إعادة التدوير (EGR Valve)
2. منظم تخلخل الضغط الإلكتروني (Electronic Vacuum Regulator)
3. متحسس فرق الضغط الراجع الإلكتروني (Differential Pressure Feedback Sensor)

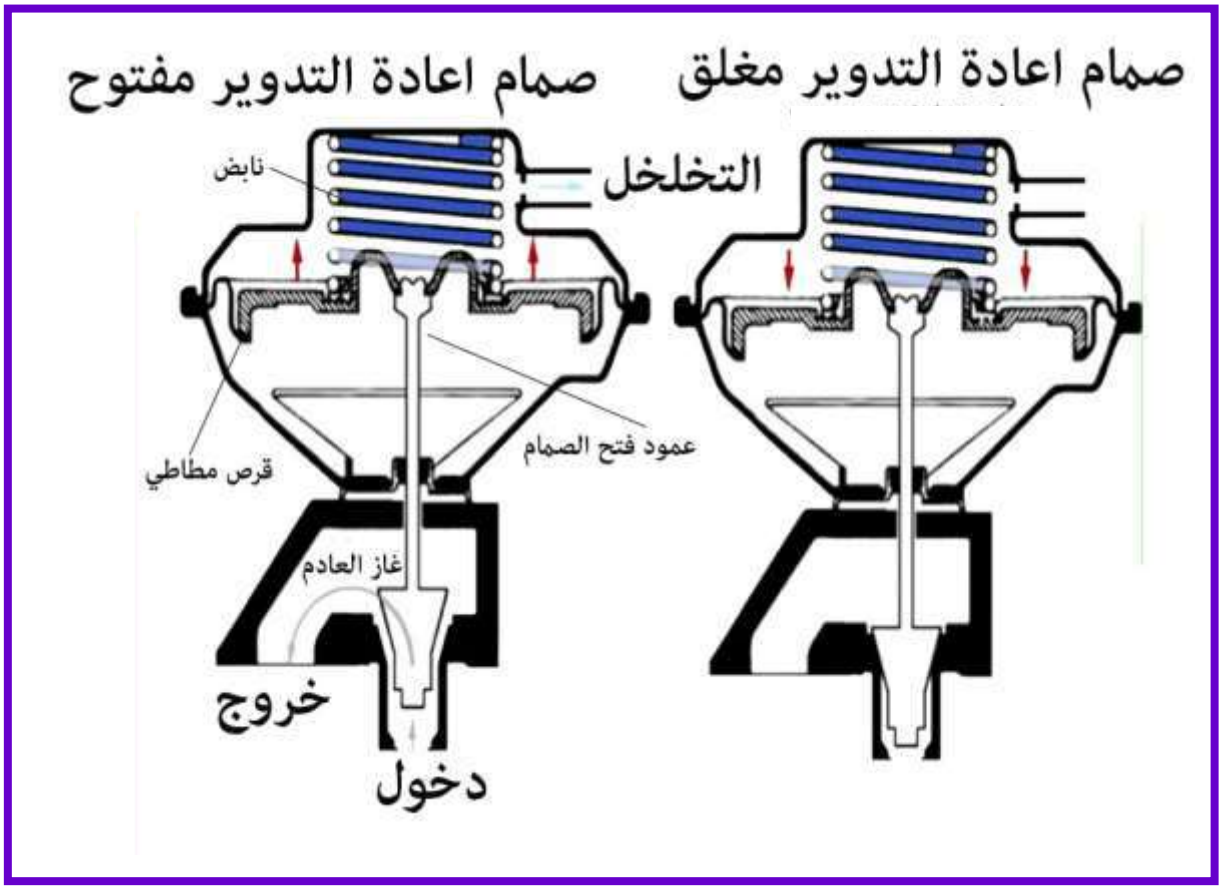
والشكل (3-27) يوضح مكونات منظومة إعادة تدوير العادم.



الشكل (3-27) مكونات منظومة إعادة تدوير العادم

1. صمام إعادة التدوير (EGR Valve):

يتحكم الصمام بكمية غاز العادم الراجع إلى المحرك، يفتح ويغلق بوساطة ضغط التخلخل ويتصل هذا الصمام بمنظم تخلخل الضغط بوساطة أنبوب توصيل، كما في الشكل (3-28). يتكون الصمام من قرص مطاطي مرن (Diaphragm) يعزل ضغط التخلخل عن فتحات الصمام ويحوي على نابض إرجاع وعمود غلق وفتح الصمام وفتحة لدخول العادم وآخر للخروج. عند حدوث تخلخل ينسحب القرص المرن ويسحب معه العمود فيفتح الصمام ويقوم النابض بإعادة غلق الصمام عند زوال تخلخل الضغط



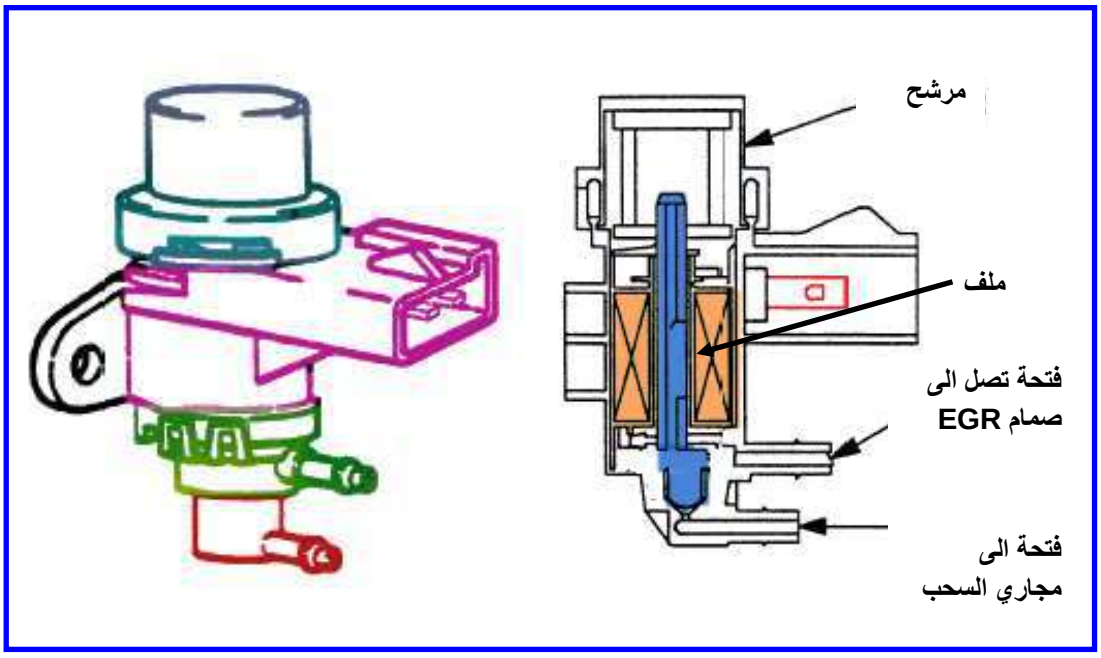
الشكل (3-28) عمل صمام إعادة تدوير العادم في حالة الفتح والغلق

والشكل (3-29) يوضح المظهر الخارجي لصمام إعادة تدوير العادم

الشكل (3-29) صمام إعادة تدوير العادم

2. منظم تخلخل الضغط الإلكتروني (Electronic Vacuum Regulator) :

ينظم توقيت فتح وغلق صمام إعادة تدوير العادم ويتكون من مفتاح إلكتروني (Solenoid) لتمرير تخلخل الضغط ويسطر عليه كهربائيا بواسطة وحدة السيطرة الإلكترونية والشكل (3-30) يوضح منظم تخلخل الضغط الإلكتروني.



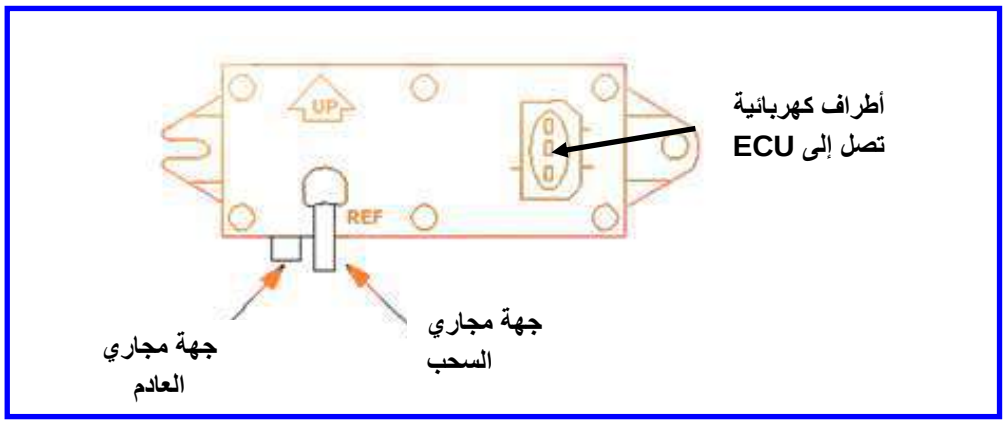
الشكل (3-30) منظم تخلخل الضغط الالكتروني .

والشكل (3-31) يوضح المظهر الخارجي لمنظم تخلخل الضغط الإلكتروني .

الشكل (3-31) منظم تخلخل الضغط الإلكتروني

3. متحسس فرق الضغط الراجع الالكتروني (Differential Pressure Feedback Sensor):

هو متحسس لفرق الضغط بين جانبي فتحة صغيرة(ORIFICE) خلال أنبوب ويرسل إشارة كهربائية تتناسب وقيمة الفولتية فيها مع الفرق في تغير الضغط. والشكل (3-32) يوضح أجزاء متحسس فرق الضغط الراجع الإلكتروني.



الشكل (3-32) متحسس فرق الضغط الراجع الالكتروني.

يدور المحرك في سرعة منتظمة ويتجه منظم الضغط إلى زيادة تخلخل الضغط على صمام إعادة التدوير ويفتح الصمام إلى إن يصل الفتح بنسبة 80% وتراقب وحدة السيطرة الإلكترونية الإشارة من حساس تخلخل الضغط وتقارنها مع قائمة تشغيل مخزونة في الذاكرة وعند زيادة الغاز العائد ترسل إشارة لغرض تغير منظم ضغط التخلخل والذي يقلل بدوره من صمام التدوير.

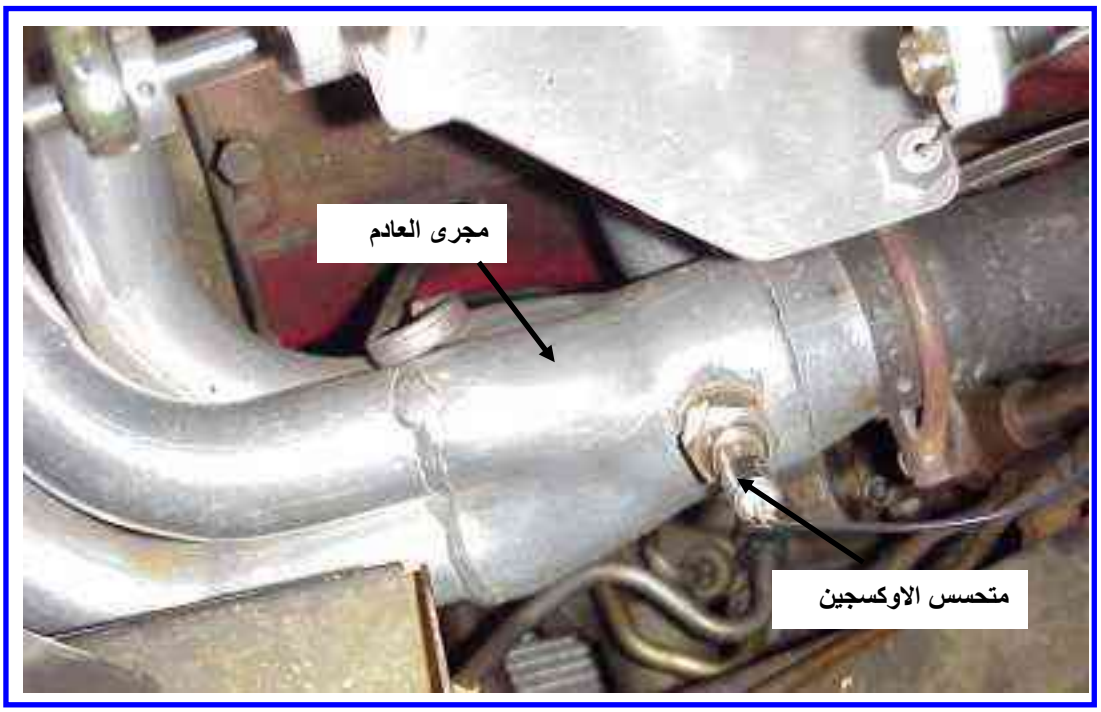
تحوي بعض من منظومات إعادة التدوير على وحدة تبريد غاز العادم الراجع إلى المحرك وهذا يزيد من تقليل اكاسيد النايتروجين.

تتوقف منظومة إعادة تدوير العادم بواسطة وحدة السيطرة الالكترونية في الحالات الآتية:-

1. عندما تكون درجة حرارة المحرك اقل من 57°C .
2. عند غلق صمام الخانق عند التباطؤ.
3. دوران المحرك بحمل خفيف فيكون الغاز الداخل للمحرك قليلاً جدا.
4. ارتفاع سرعة المحرك فوق 4000 دورة في الدقيقة.
5. عند بدء التشغيل.

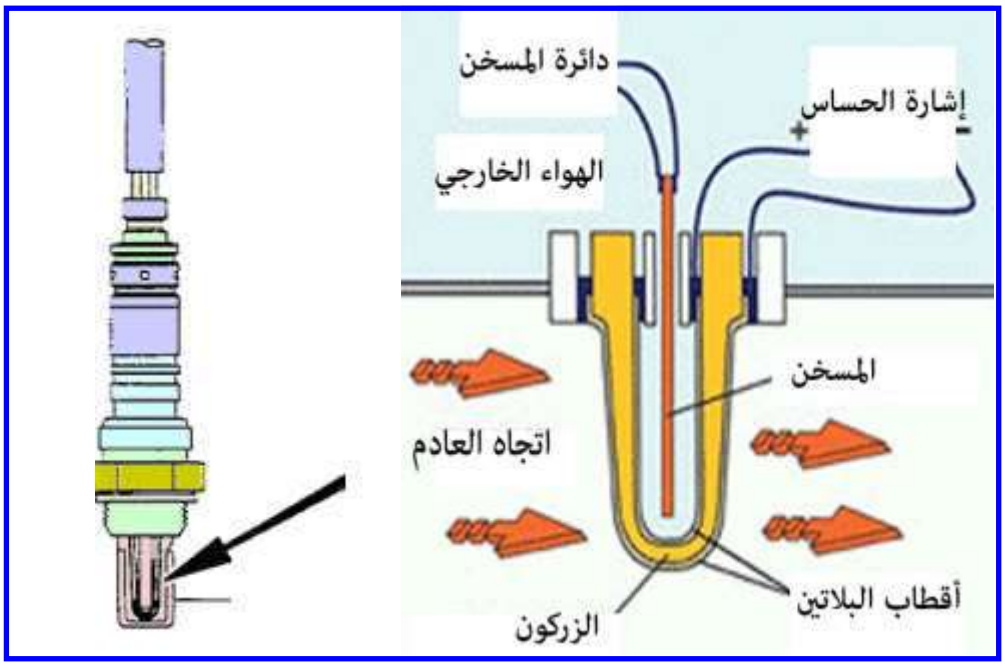
2.2.3. متحسس الأوكسجين Oxygen Sensor

يقيس متحسس الأوكسجين نسبة غاز الأوكسجين O2 المنبعث مع غازات العادم ويرسل إشارة كهربائية إلى وحدة السيطرة الالكترونية بذلك. يقع المتحسس في مجرى العادم ويصنع المتحسس داخل برغي مسنن ليتم تثبيته ميكانيكياً بالشد والشكل (3-33) يوضح موقع متحسس الأوكسجين.



الشكل (3-33) موقع الربط متحسس الأوكسجين

وهو يتكون من مادة خزفية (Ceramic) تعرف بالزركون (Zirconium Ceramic) محاطة من الجهتين بطبقة من البلاتين (Platinum) تعمل كأقطاب كهربائية ويوجد وسط المتحسس مسخن كهربائي (Heater) يعمل على فولتية البطارية(12فولت) ويغلف بغطاء مثقب يسمح بدخول هواء العادم، ومن الجهة الخارجية يتصل احد أقطاب المتحسس بغطاء المتحسس الملامس للهواء الخارجي ولا يجوز دهان السطح الخارجي من المتحسس لأنه يتحسس كمية الأوكسجين في العادم نسبة إلى الهواء الخارجي والشكل (3-34) يوضح مكونات متحسس الأوكسجين.



الشكل (3-34) مكونات متحسس الأوكسجين .

أنواع متحسس الأوكسجين من حيث أسلاك كهربائية : كما في شكل (3-35)

1- متحسس الأوكسجين يحتوي سلك واحد

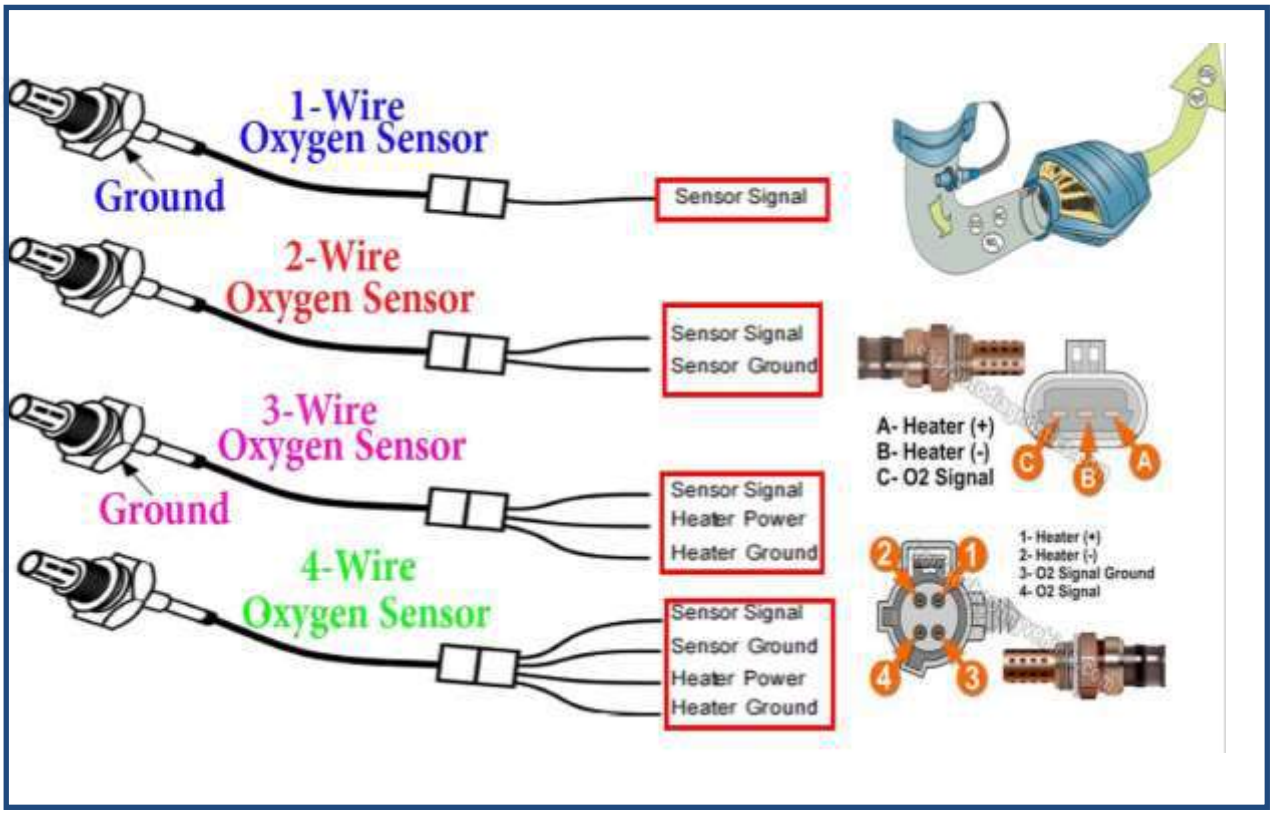
2- متحسس الأوكسجين يحتوي سلكين

3- متحسس الأوكسجين يحتوي ثلاثة أسلاك

4- متحسس الأوكسجين يحتوي أربعة أسلاك

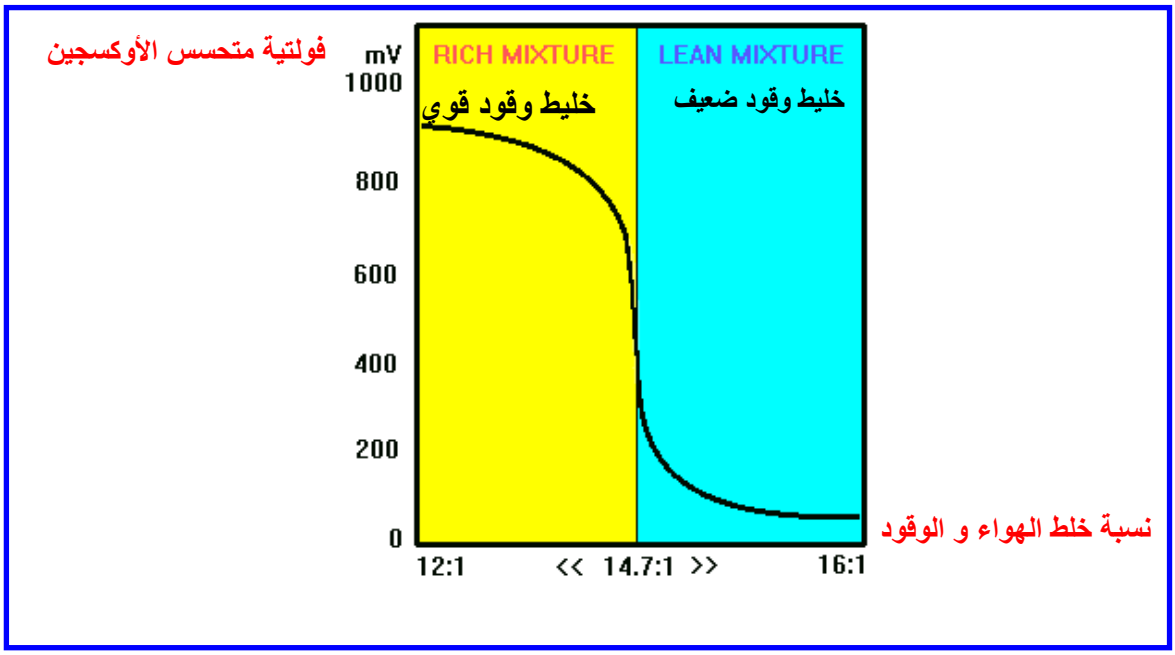
سوف يتم التطرق على نوع واحد الأكثر شيوعا هو متحسس الذي يحتوي أربعة أسلاك.

يخرج من المتحسس أربعة أسلاك كهربائية تذهب إلى وحدة السيطرة الإلكترونية اثنان للمسخن يتصلان بدائرة للسيطرة على حرارة المسخن واثنان ترسل بهما الإشارة من المتحسس .



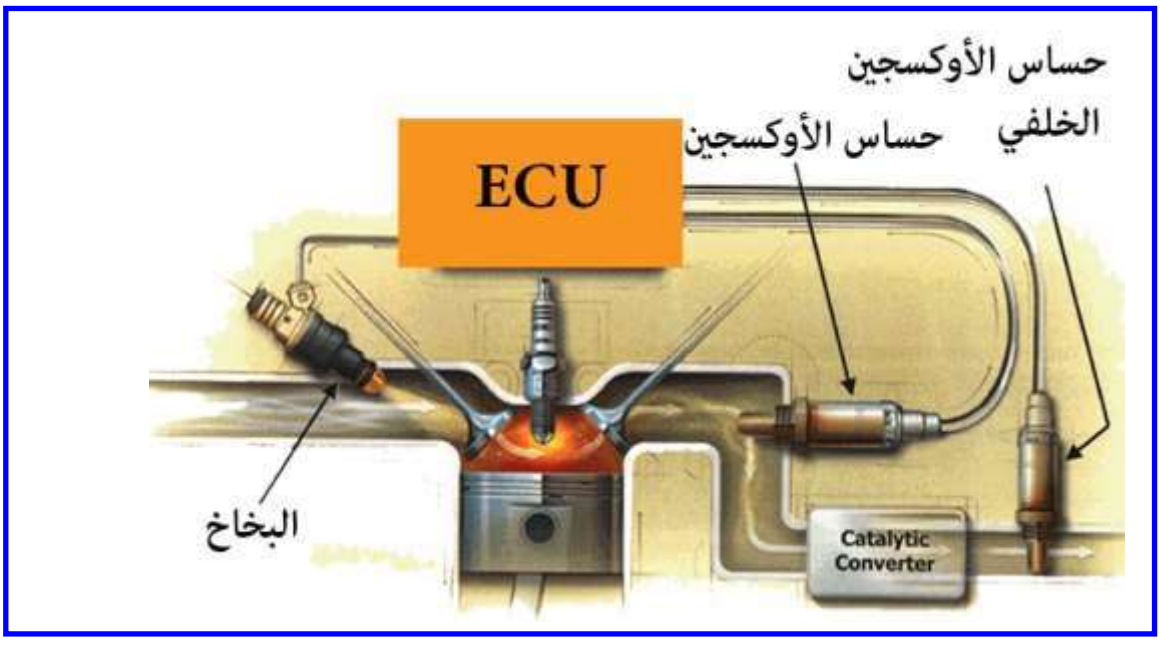
الشكل (3-35 أنواع متحسس الأوكسجين من حيث أسلاك كهربائية

يعمل متحسس الأوكسجين كمولد للفولتية عندما يسخن ويرسلها إلى وحدة السيطرة الالكترونية ان الفرق في مستوى الأوكسجين بين هواء الخارج و غاز العادم يتحسسها الزركون وينتج فولتية تتناسب عكسيا مع نسبة الأوكسجين في العادم حيث تصل الى (0.9 فولت) في حالة نسبة أوكسجين قليلة في العادم وهذا ما يعرف بخليط وقود قوي (Rich Fuel Mixture) و تقل الفولتية المتولدة لتصل إلى (0.1 فولت) في حالة نسبة أوكسجين مرتفعة هذا ما يعرف بخليط وقود ضعيف Lean Fuel Mixture وتكون نسبة أوكسجين معتدلة عند (0.45 فولت). تستعمل وحدة السيطرة الالكترونية هذه الإشارة في تحديد نسبة الخلط للوقود وذلك بتغير مدة حقن الوقود والشكل (3-36) يوضح العلاقة بين فولتية متحسس الأوكسجين ونسبة خلط الهواء والوقود.



الشكل (3-36) العلاقة بين فولتية متحسس الأوكسجين ونسبة خلط الهواء والوقود.

في بعض أنواع السيارات يستعمل متحسس أوكسجين ثاني ويثبت خلف محول العامل المساعد Catalytic Converter ، وتقارن وحدة السيطرة الإلكترونية الإشارة من المتحسسين لمعرفة إذا ما كان ومحول العامل المساعد لا يعمل بصورة جيدة والشكل (3-37) يوضح نظام المتحسسين للأوكسجين.



الشكل (3-37) نظام السيطرة على متحسس الاوكسجين

الاسئلة والتطبيقات

س1 اذكر مميزات الإشعال الإلكتروني؟

س2 عدد أنواع الإشعال الإلكتروني؟

س3 اشرح آلية عمل اللاقط المغناطيسي؟

س4 ما فائدة الأجزاء آلاتية في الإشعال الالكتروني باستعمال الموزع :-

أ- وحدة السيطرة على الإشعال.

ب- وحدة اللاقط المغناطيسي.

ت- ملف الإشعال.

ث- الموزع.

ج- شمعات القدح.

س5 عدد مكونات الإشعال المباشر؟

س6 ما فائدة الأجزاء الآتية:

1. دائرة تنظيم الفولتية.
2. دائرة تحويل الإشارة.
3. دائرة السيطرة على الإشعال.
4. وحدة السيطرة على تقديم الإشعال.
5. دائرة الإشعال.

س7 ما وظيفة متحسس المرفق؟

س8 اشرح كيف يستعمل متحسسان في عمود المرفق؟

س9 أين يقع متحسس عمود الحدبات؟

س10 عرف متحسس الصفع؟

س 11 كيف تعمل منظومة إعادة تدوير العادم؟

س 12 عرف متحسس الأوكسجين؟

س13 قارن بين متحسس عمود المرفق ومتحسس عمود الحدبات.

الفصل الرابع

منظومة التوجيه

Steering System

الأهداف

الهدف العام :

في هذا الفصل سوف يتعرف الطالب على منظومة التوجيه في السيارة ، وأنواعها ، ومكوناتها ، وآلية عملها ، فضلاً عن الأجهزة المساعدة لمنظومة التوجيه ، وأجهزة السيطرة والمتحسسات الموجودة في منظومة التوجيه.

الأهداف الخاصة:

تعريف الطالب بالمواضيع الآتية:

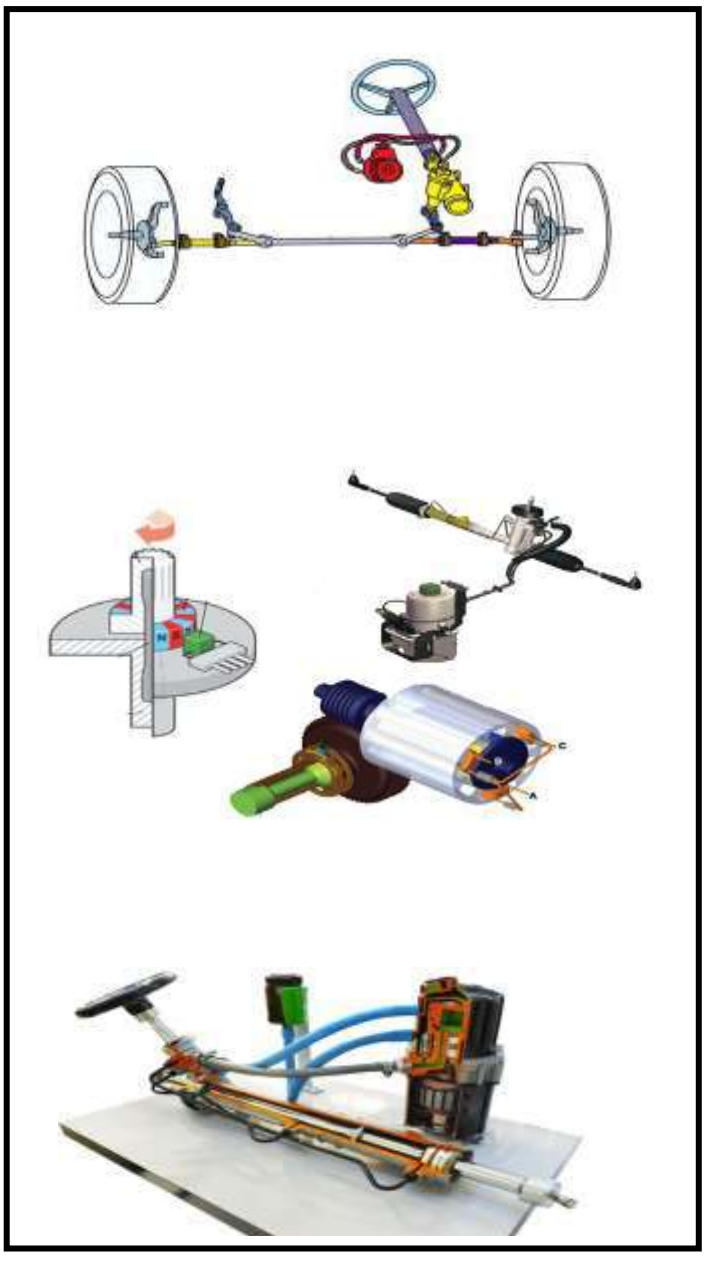
1- منظومة التوجيه.
2- الشروط الواجب توفرها في منظومة التوجيه .
3- أنواع علب التوجيه
4- وصلات (أذرع) جهاز القيادة.
5- أنواع اذرع التوجيه.
6- الوصلات المفصلية.
7- الأجهزة المساعدة للتوجيه.
8- أنواع مساعدات التوجيه
9- وحدة السيطرة الالكترونية على جهاز التوجيه الهيدروليكي ذو الجريدة المسننة وترس البنيون الهيدروليكي

محتويات

الفصل 4

تعلم المواضيع

- منظومة التوجيه
- أنواع علب التوجيه
- وصلات (أذرع) جهاز القيادة.
- الأجهزة المساعدة للتوجيه
- أنواع مساعد التوجيه
- وحدة السيطرة الالكترونية على جهاز التوجيه الهيدروليكي



4.2 منظومة التوجيه Steering System

مع تطور تصاميم محركات السيارات لتي أدت إلى زيادة في سرعة المركبة ، تطلب تطور ملحوظ في منظومة قيادة السيارات وتوجيهها .

إن التصميم الجيد لمنظومة قيادة في سيارة ما يؤدي إلى قيادة مريحة وأمينة للسيارة ، فضلاً عن أنها تؤدي إلى إطالة أعمار الإطارات المطاطية ومنعها من التآكل المفرط.

منظومة التوجيه هي مجموعة الأجزاء التي تساعد في توجيه السيارة. عندما نوجه عجلة القيادة فإن العجلتين الأماميتين تتخذان تلقائياً الأوضاع اللازمة لإجراء السير في المنحنيات . ومن الواضح أن المجموعة مصممة بطريقة توجيه السيارة إلى اليمين عندما تدور عجلة التوجيه إلى اليمين، وإلى اليسار عندما تدور عجلة التوجيه إلى اليسار.

وظائف منظومة التوجيه :

1- تحويل الحركة الدائرية لعجلة القيادة إلى حركة خطية تصل إلى العجلات فتحركها حركة زاوية.
2- امتصاص صدمات الطريق.
3- تغيير اتجاه العجلات من أقصى اليمين إلى أقصى اليسار بأقل عدد لفات من عجلة القيادة.

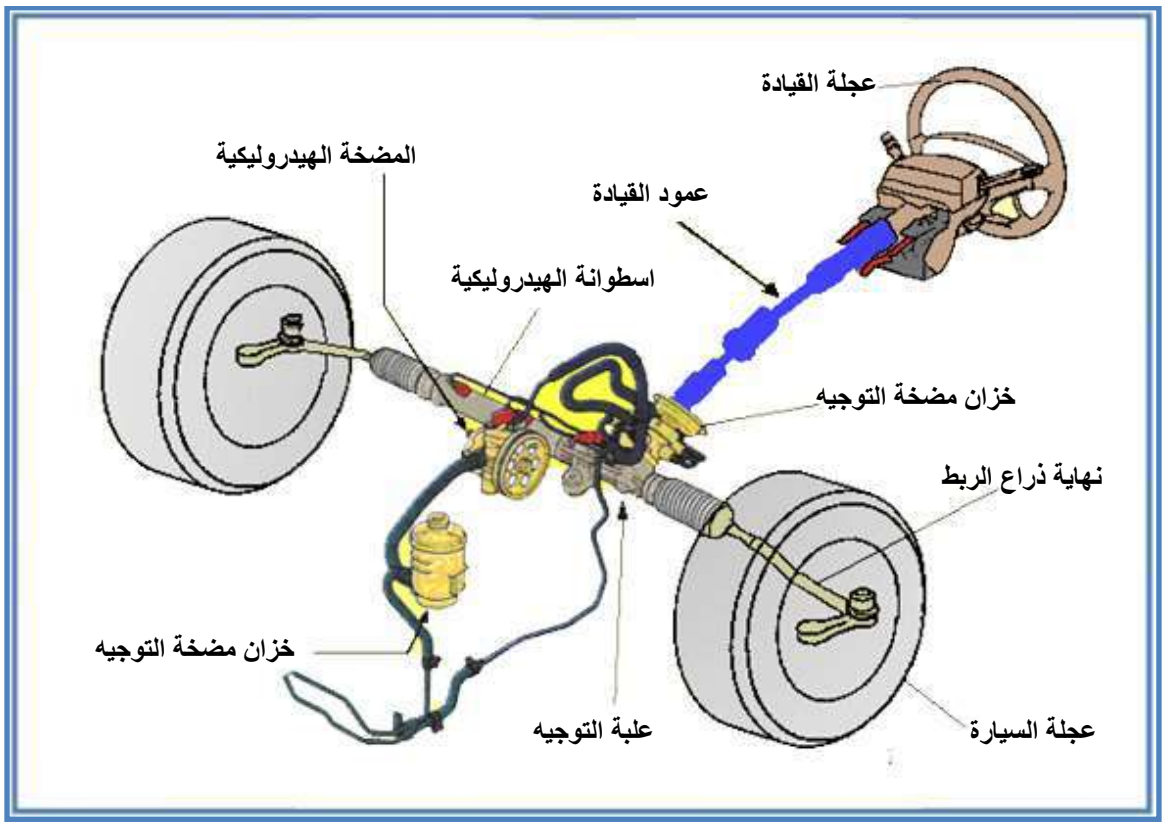
1-4.2 الشروط الواجب توفرها في منظومة التوجيه:

1- توجيه المركبة للاتجاه المطلوب بأقل جهد ممكن من السائق.
2- توجيه المركبة للمسار المطلوب بأكبر دقة ممكنة.
3- توجيه المركبة بأسرع استجابة ممكنة.

2-4.2 أجزاء منظومة التوجيه Steering System parts

تتكون منظومة التوجيه من الأجزاء الآتية كما مبين في الشكل (4-1) :

1- عجلة القيادة.
2- عمود عجلة القيادة.
3- علبة التوجيه.
4- مساعد قوة التوجيه (والممثلة في الشكل (4-1) بالمنظومة الهيدروليكية المكونة من المضخة الهيدروليكية والخزان وصمام التحكم والاسطوانة الهيدروليكية)
5- أذرع ووصلات الربط والمفاصل الكروية.
6- عجلات السيارة.



لشكل (4-1) أجزاء منظومة التوجيه ا

3-4.2 أنواع علب التوجيه Steering System box Kinds

هناك عدة أنواع من أنظمة تروس التوجيه ولكن هناك نوعان هما الأكثر استعمالاً:

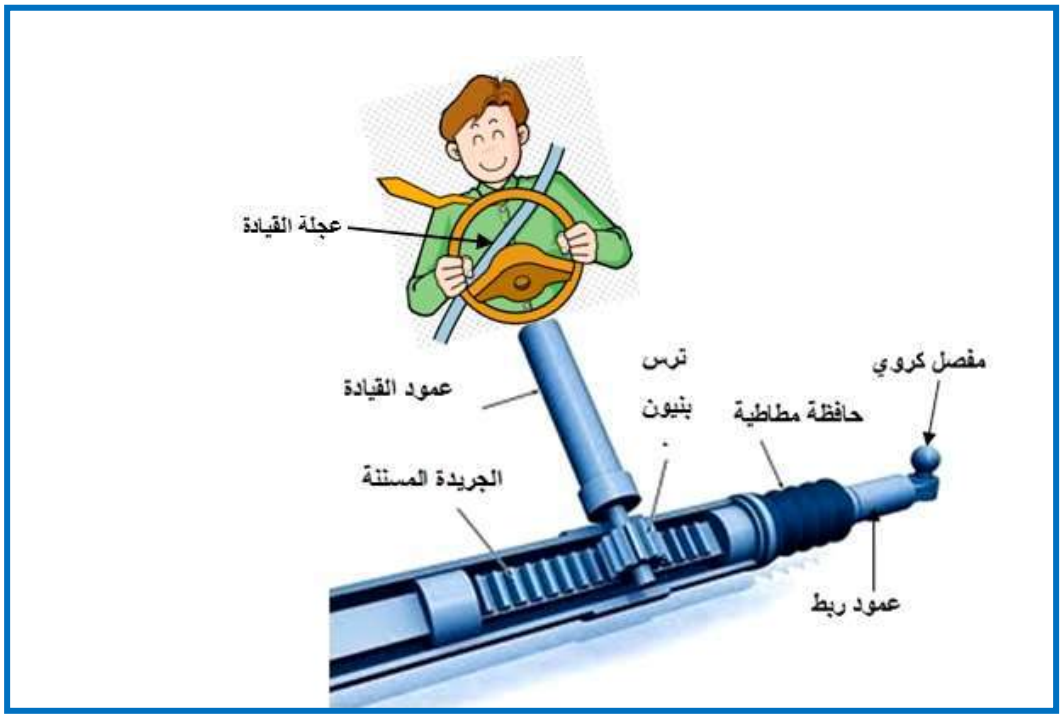
1- جهاز التوجيه ذو الجريدة المسننة وترس البنيون.

2- جهاز حلزوني ذو الكرات الدورانية والصامولة.

1-3-4.2 النوع الأول: جهاز التوجيه ذو الجريدة المسننة وترس البنيون

(Rack And Pinion Steering System):

وهو يتكون من ترس بنيون يعشق مع الجريدة المسننة كما مبين في الشكل (4-2) ويستخدم في السيارات الرياضية السريعة التي تحتاج إلى دقة في التوجيه وانخفاض في مركز الثقل لزيادة ثبات السيارة وكذلك في سيارات الركوب الصغيرة والمتوسطة.



الشكل (4-2) جهاز توجيه ذو الجريدة المسننة وترس البنيون

مميزات جهاز التوجيه ذو الجريدة المسننة وترس البنيون:

1- دقة اكبر في التوجيه

2- استجابة سريعة.

3- صغر المساحة المطلوبة للتركيب (يساعد ذلك في تصميم سيارة اصغر حجماً إتباعا للتوجه الحديث في صناعة السيارات وكذلك يساعد على خفض مركز ثقل السيارة وذلك يرفع من ثبات السيارة على الطريق).

4- خفة الوزن.

5- قلة الأعطال وسهولة الصيانة.

طريقة العمل جهاز التوجيه ذو الجريدة المسننة وترس البنيون:

عند تحريك عجلة القيادة تنتقل الحركة عبر ذراع (عمود) عجلة القيادة إلى عمود ترس البنيون فتنتقل الحركة الدائرية إلى ترس البنيون الذي يحولها مع الجريدة المسننة إلى حركة خطية تنتقل إلى اذرع المركبة عن طريق الوصلات المفصلية وتحرك العجلة حركة زاوية مع إعطائها نسبة تخفيض ناتجة عن كون قطر ترس البنيون اصغر من قطر ترس الجريدة المسننة ونسبة التخفيض هذه هي التي تعطي نسبة التخفيض النهائية.

2-3-4.2 النوع الثاني: جهاز الحلزوني ذو الكرات الدورانية والصامولة

(Recirculating Ball Worm and NUT Steering Gear Box):

يتألف هذا النوع من عمود حلزوني متصل بعمود القيادة ، والجزء الأسفل له يشكل على شكل مجاري حلزوني (نصف دائرية) أو (شبه دائرية) .ويرتكز عمود الحلزوني داخل غلاف صندوق الصامولة المسننة . ويركب على العمود الحلزوني في صامولة الكرات وهي عبارة عن صامولة مستطيلة مشكل من إحدى جوانبها أسنان ترس جريدة (مستقيم) ويشكل في التجويف الداخلي للصامولة مجاري حلزونية تشبه مجاري العمود الحلزوني وهذه المجاري يتدحرج عليها كرات دورانية وبذلك تكون الكرات متدحرجة بين الحلزوني العلوي للصامولة والحلزوني السفلي للعمود الحلزوني .وتعشق أسنان الصامولة مع أسنان ترس (المسنن القطاع) وهذا الترس يركب على عمود ذراع بتمان وهذا العمود يكون موضوع في علبة التوجيه في (وضع رأسي) . وتستخدم جهاز الحلزوني ذو الكرات الدورانية والصامولة هذا النوع الشاحنات وسيارات النقل وسيارات الخدمة الشاقة وسيارات الدفع الرباعي الكبيرة والسيارات الكبيرة.

أجزاء جهاز الحلزوني ذو الكرات الدورانية والصامولة :

1- عجلة القيادة

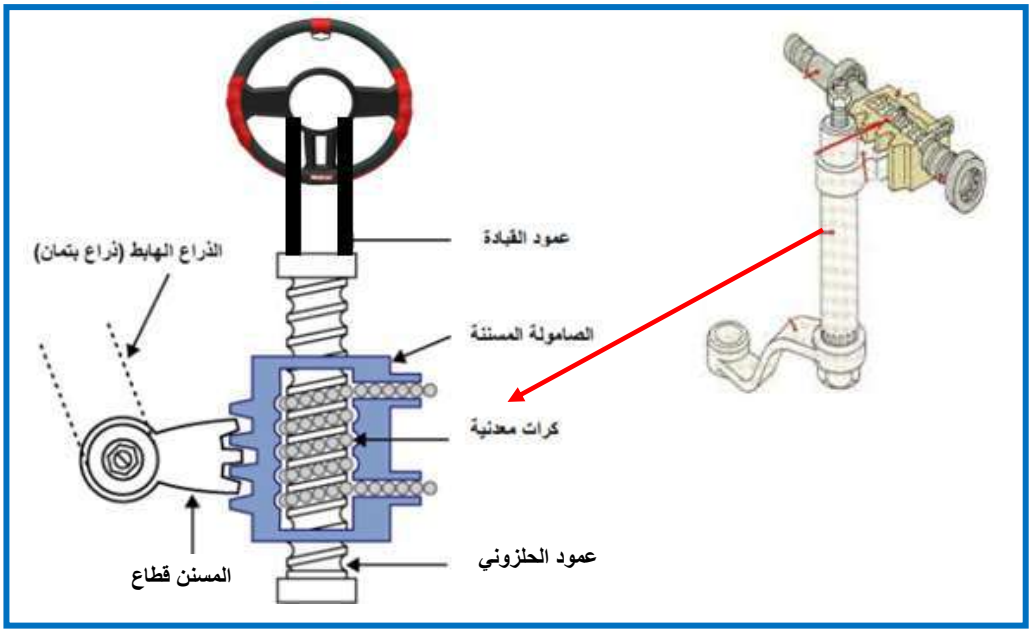
2- عمود القيادة

3-عمود الحلزوني

4- المسنن قطاع

5- الصامولة المسننة

6 - ذراع بتمان



الشكل (3-4) جهاز التوجيه الحلزوني ذو الكرات الدورانية والصامولة

مميزات جهاز الحلزوني ذو الكرات الدورانية والصامولة :

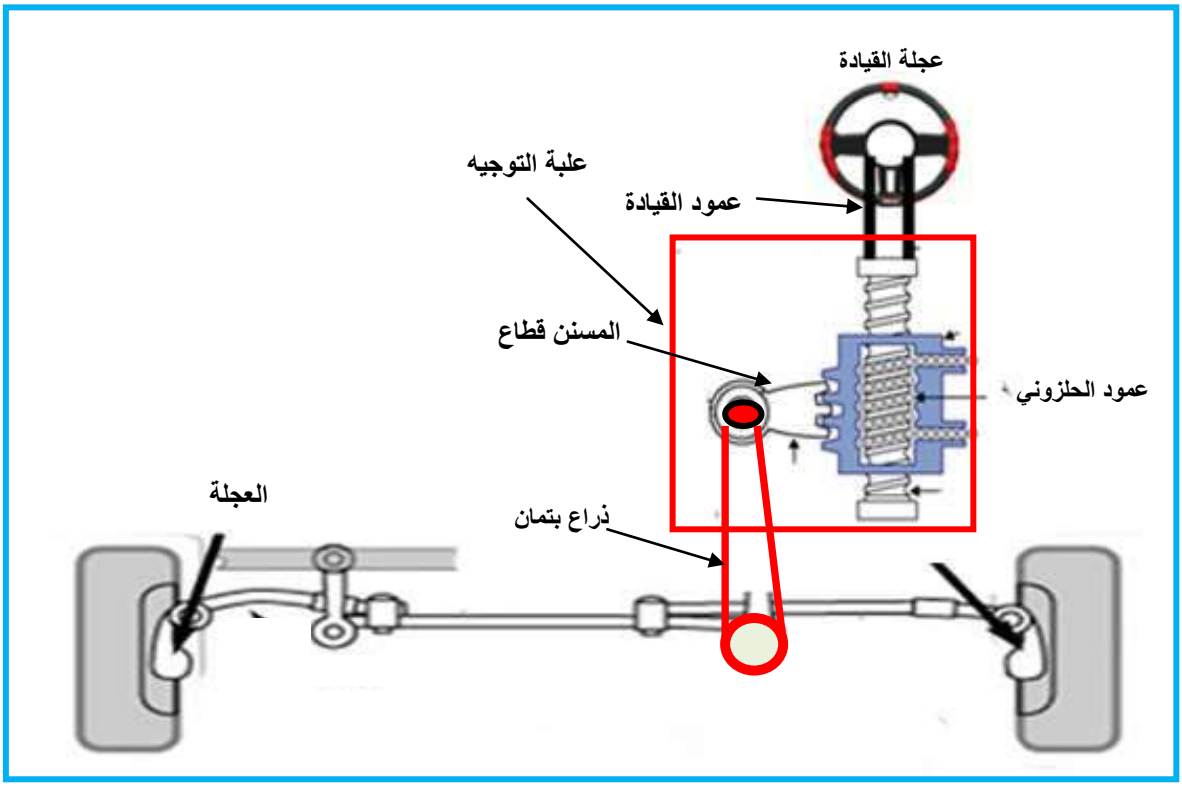
1- تعطي قوة تحمل كبيرة للأحمال العالية.

2- تعطي قوة توجيه كبيرة.

3- تعطي مرونة في التوجيه (وهذا مناسب للسيارات المرتفعة عن الطريق مثل الشاحنات وسيارات الدفع الرباعي التي قد تنقلب مع التوجيه القوي السريع لذلك فان هذا النظام يعطي مرونة لمنع حدوث ذلك).

طريقة العمل جهاز الحلزوني ذو الكرات الدورانية والصامولة :

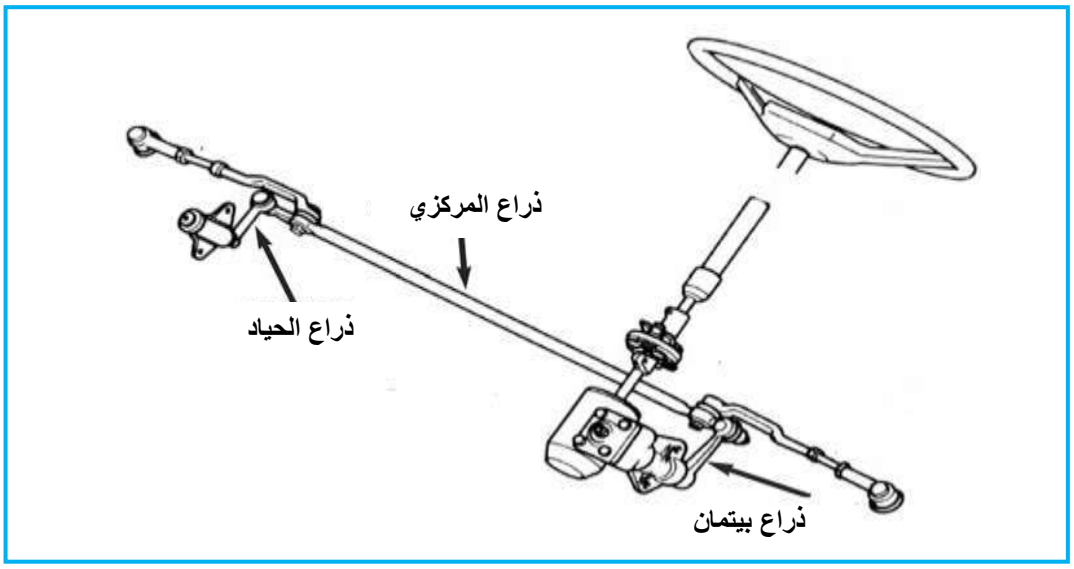
عند تحريك عجلة القيادة تنتقل الحركة إلى عمود الحلزوني عبر عمود عجلة القيادة فعند دوران العمود الحلزوني تنتقل الحركة إلى الصامولة المتحركة عبر الكرات الدورانية الموجودة بداخلها فتنشأ من ذلك نسبة التخفيض الأولى التي تزيد من القوة الخارجة من جهاز التوجيه إلى العجلات والتخفيض الثاني يكون عند انتقال الحركة من ترس الصامولة إلى الترس المسنن قطاع في ذراع بتمان نتيجة لكون قطر ترس الصامولة اكبر من قطر الترس المسنن قطاع ، وبعد خروج الحركة من العامود تكون الحركة دائرية فتنتقل إلى الذراع الهابط أو ذراع بتمان كما مبين في شكل (4-4) الذي يحولها إلى حركة خطية في أذرع التوجيه والتي تتحول في العجلات إلى حركة زاوية.



الشكل (4-4) عمل جهاز الحلزوني ذو الكرات الدورانية والصامولة

4-4.2 وصلات (أذرع) جهاز القيادة Links(arms) of the driving device

هي طريقة اتصال اذرع التوصيل جهاز القيادة التي بواسطتها تنتقل الحركة من عجلة القيادة إلى العجلات الأمامية . كما مبينة في الشكل (4-5). وتختلف هذه المجموعة تركيبها باختلاف طريقة التعليق الأمامي فيما كان محوراً مشترك أو ذو تعلق مستقل كما مبينة في الشكل (4-5).



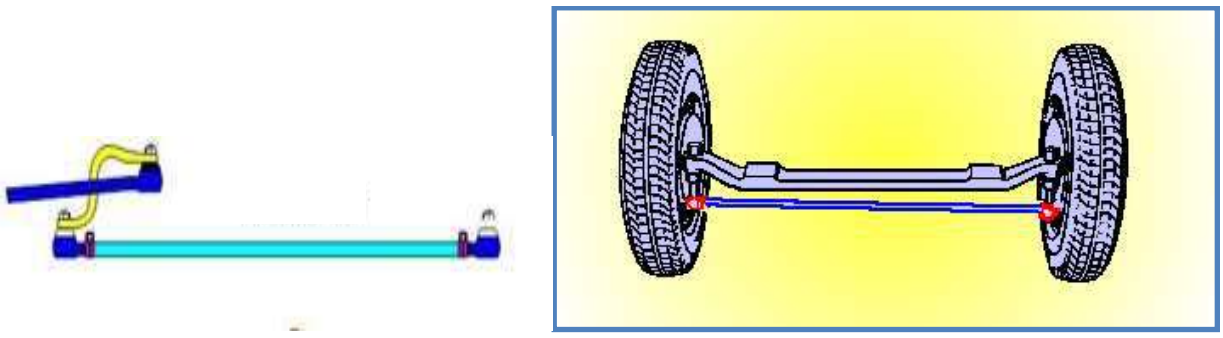
الشكل (4-5) أنواع أذرع التوجيه

5-4.2 أنواع اذرع التوجيه: Steering Arms kind

يستخدم أحد الأنواع الثلاثة الآتية لأذرع التوجيه تبعاً لطريقة تصميم المحور الأمامي

أ- ذراع واحد غير مجزأ (One arm not apart) :

ويستخدم في المحاور الجاسئة وهو يعد من أبسط أنواع مجموعات التوجيه إذ تقوم فيه ثلاثة مفاصل فقط بعملية التوجيه كما مبين في الشكل (4-6) .



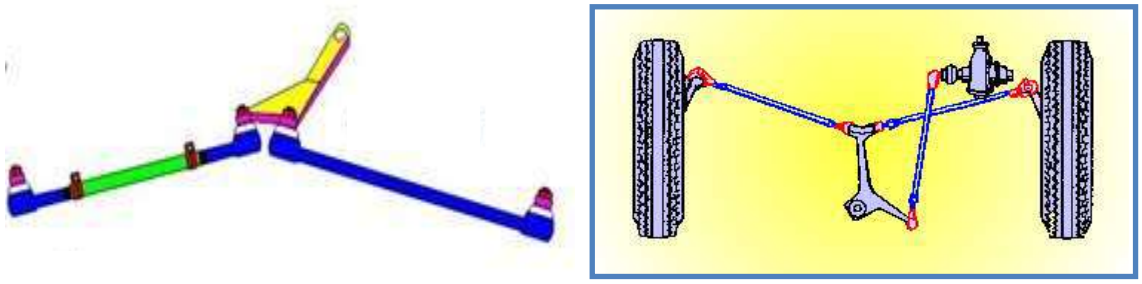
الشكل (4-6) ذراع التوجيه ذو توجيه واحد غير مجزأ

ب- ذراع التوجيه ذو الجزئين (Steering Arm has two parts) :

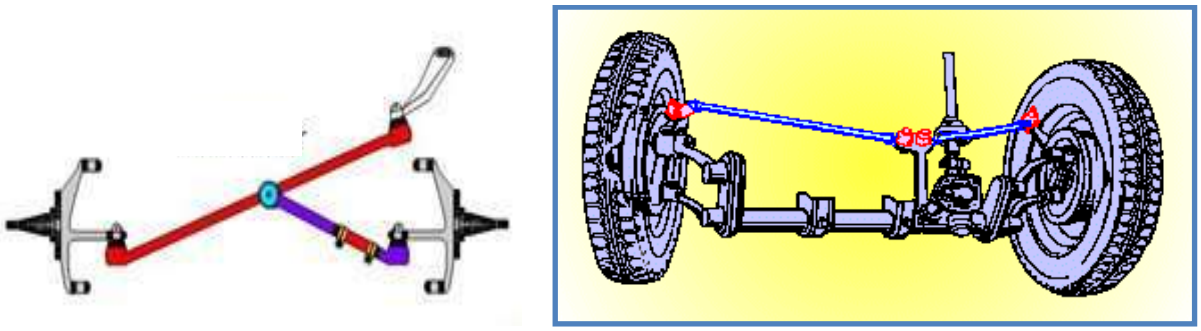
ويستخدم في نظام التعليق المستقل للعجلات ويسمح هذا النظام لكل عجلة بالتحرك صعوداً وهبوطاً بصورة مستقلة عن بقية العجلات الأخرى. وعلى الرغم من ذلك يجب ضمان دقة توجيه العجلات وهناك نوعان من هذا الطراز هما:

أ) ذراع التوجيه ذو الجزئين (مجزأ في الوسط) كما مبين في الشكل (4-7).

ب) ذراع التوجيه ذو الجزئين (غير متساوِيين) كما مبين في الشكل (4-8).



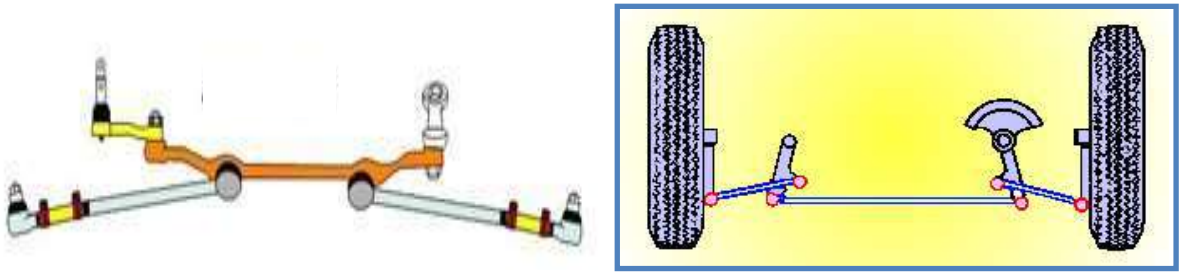
الشكل (4-7) ذراع التوجيه ذو الجزئين (مجزأ في الوسط)



الشكل (4-8) ذراع التوجيه ذو الجزئن (غير متساويين)

ج- ذراع ذو توجيه ثلاثي الأجزاء (Steering Arm has three parts) :

يستخدم هذا الذراع المبين في شكل (4-9) في نظام التعليق المستقل للعجلات ويعتبر هذا التصميم أكثرها تكلفة ولكنه يضمن الحصول أعلى درجة في دقة توجيه العجلات ، وذلك لأنه يزيد من قدرة التحكم في تحريك عجلات السيارة لزوايا تدوير أكبر أضافه لذلك سوف يحسن من كفاءة التعليق لكل عجلة.



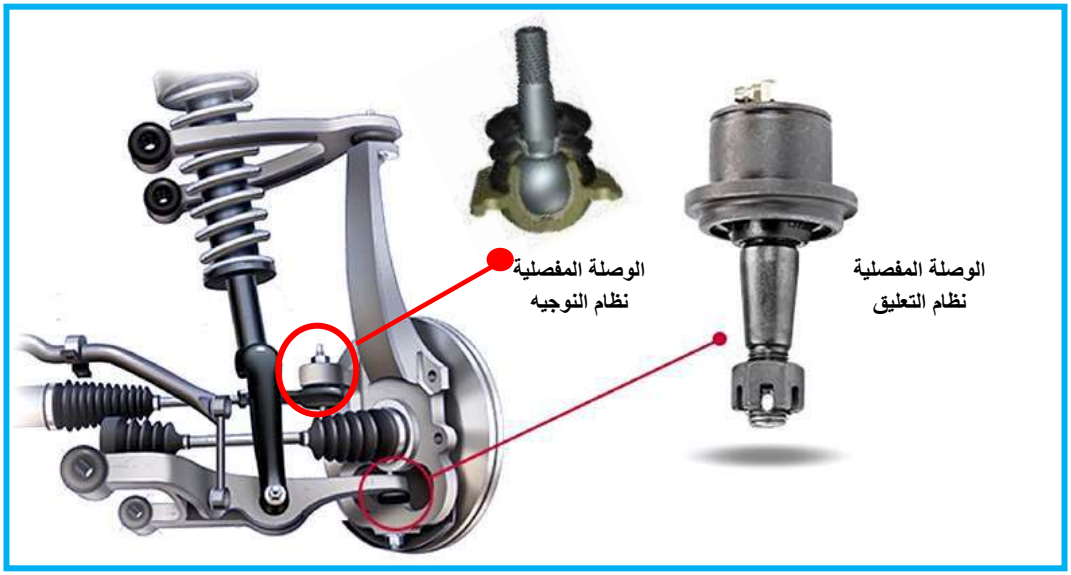
الشكل (4-9) ذراع التوجيه ذو ثلاثي الاجزاء

6-4.2 الوصلات المفصلية: Ball Joint

الوصلة المفصلية هي وسيلة ربط منظومة التوجيه مع عجلة السيارة عن طريق منظومة التعليق كما في الشكل (4-10)وتتكون من جزئين في اغلب الحالات قد يكون أحدهما بشكل شبه كروي ممتد منه عمود ربط والأخر يكون بشكل تجويف حاضن للجزء الأول وممتد منه ذراع ربط أيضا وتكون للجزئن أمكانية الحركة بشكل مفصلي ومحكم ويجب أن تسمح هذه الوصلات بالحركة في عدة اتجاهات وتقوم بوصل الأجزاء الآتية:

1- الوصل بين جزئين متحركين بالنسبة لبعضهم البعض وهما العجلتان.
2- الوصل بين جزء ثابت وجزء متحرك وهما: العجلة وذراع التوجيه الهابطة (ذراع بتمان).

وفيما يلي شرح لبعض التصاميم للوصلات المفصلية:



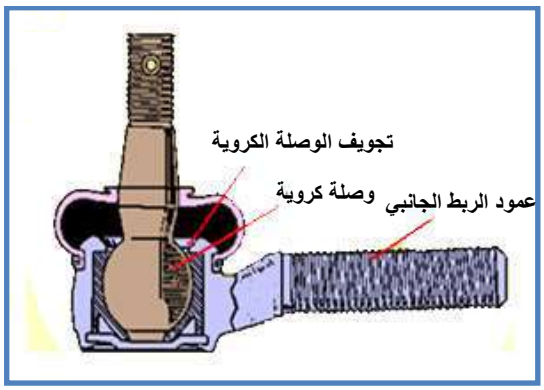
الشكل (4-10) الوصلات المفصلية

التصميم الأول: الوصلة المفصلية المعدنية الكروية:

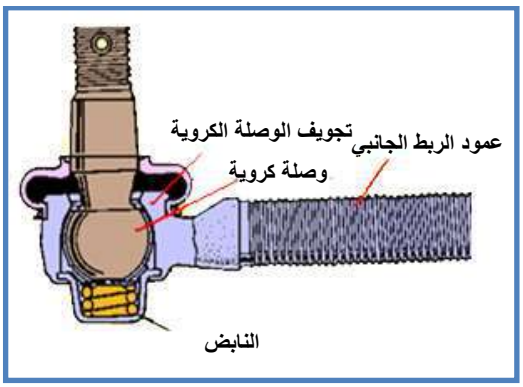
هناك نوعان للوصلة المفصلية المعدنية الكروية نوع **(وصلة مفصلية كروية غير قابلة تعويض الحمل المسبق والتآكل)** أي عندما يحدث تأكل في الوصلة الكروية سوف يؤدي ذلك إلى فراغ حولها مما يؤدي إلى حركتها بشكل حر وتتميز بأنها اقصر عمراً من باقي الأنواع وأرخصها ثمناً

لا يحتاج إلى تزييت لأن مادة قاعدة الكرة المستعملة لابد أن تكون بطيئة التآكل وتحتوي على غطاء للوقاية من التلوث كما مبين في الشكل أ(4-11)

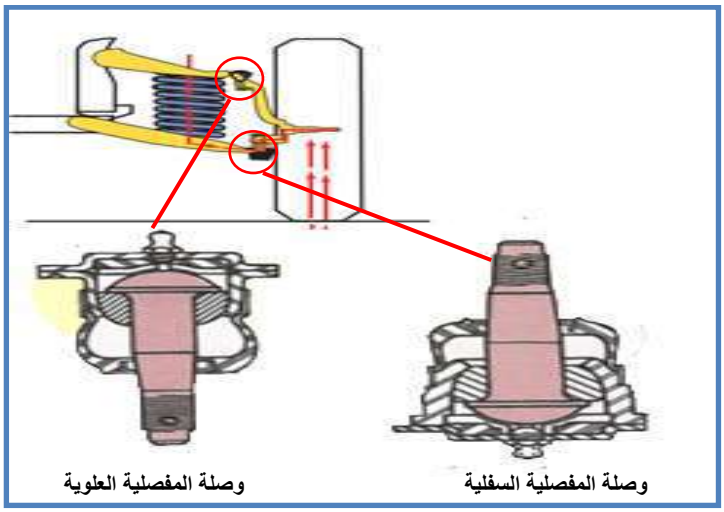
أما النوع الآخر وهو **(الوصلة مفصلية كروية قابلة تعويض الحمل المسبق والتآكل)** بواسطة نابض يعمل على ذلك ، أي عندما تتآكل الوصلة الكروية ويحدث فراغ داخل المجمع سوف يعمل النابض على الضغط على الوصلة ليعمل على منعها من الحركة بشكل حر وتعويض التآكل ، إضافة إلى ذلك فأنها تتميز بكونها تتحمل حملاً أعلى من باقي الأنواع وأطول عمراً من النوع السابق وأغلى ثمنا كما مبين في الشكل ب (4-11) ً، والوصلة المفصلية لها أمكانية الربط إما بشكل سفلي للعجلة أو بشكل علوي كما مبين في الشكل (4-12) وكما يستعمل شحم طويل العمر لتقليل الاحتكاك بين الجزئين.



الشكل أ(4-11) وصلة مفصلية كروية غير قابلة تعويض الحمل المسبق والتآكل



الشكل ب (4-11) وصلة مفصلية كروية قابلة تعويض الحمل المسبق والتآكل



الشكل (4-12) الوصلة المفصلية الكروية العلوية والسفلية يمكن إعادة تشحيمها

التصميم الثاني:الوصلة المفصلية المطاطية :

تتميز الوصلة المفصلية بأنها مكونة من جزئين متراكبين أحدهما: مصنوع من المطاط ومتداخلة مع أسطوانة مجوفة معدنية كما مبينة في الشكل (4-13) ويختلف عن النوع السابق بأنه يتم الربط بين الجزئين عن طريق مسمار برغي بينما يتم الربط بين الجزئين في النوع السابق عن طريق التراكب ، ولهذا النوع إمكانية الحركة كما في النوع الأول.

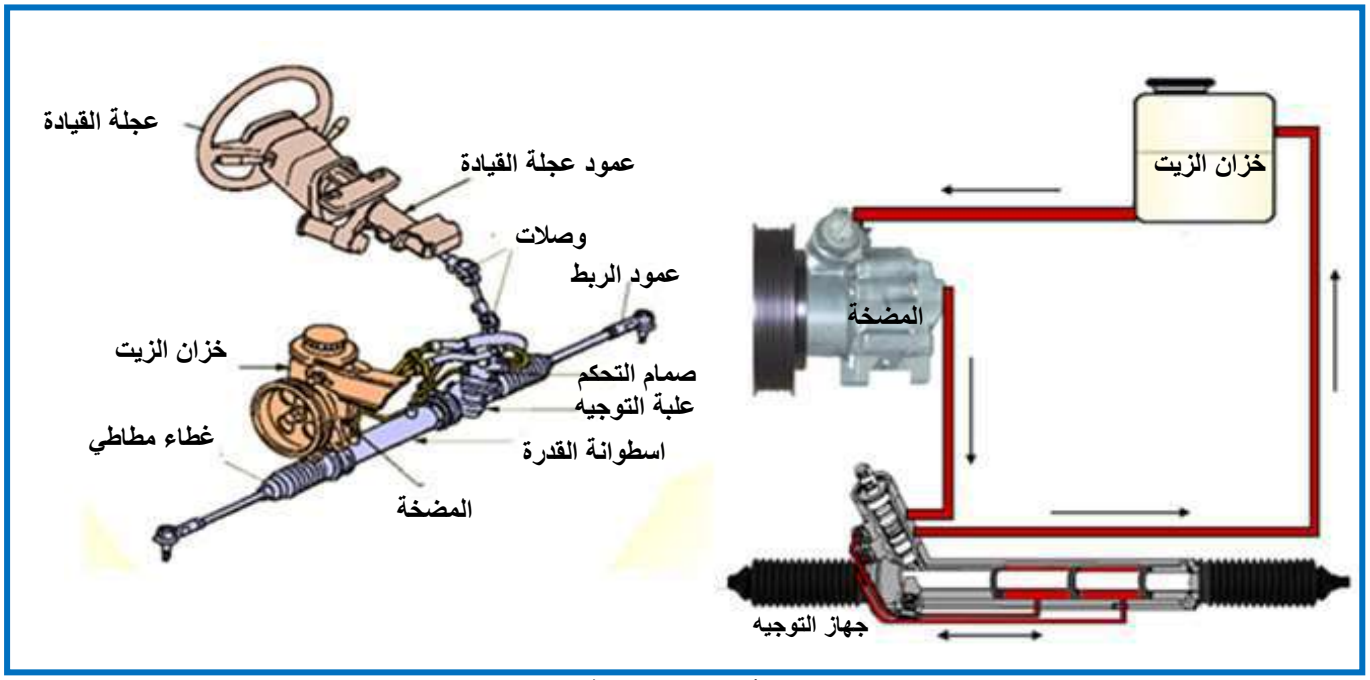
الشكل(4-13) وصلة مفصلية مطاطية مصنوعة من المطاط

7-4.2 الأجهزة المساعدة للتوجيه : Assist Power Steering

لتحسين سهولة القيادة فان معظم السيارات الحديثة لها إطارات عريضة ذات ضغط منخفض والتي تزيد من مساحة تلامس الإطار مع الطريق ونتيجة لذلك فان الجهد المطلوب للتوجيه يصبح كبيراً.

ويمكن تقليل جهد التوجيه بوساطة زيادة نسبة التروس لتروس التوجيه. ولكن هذا يتسبب في حركة دائرية كبيرة لعجلة القيادة عندما استدارة المركبة مما يجعل الاستدارة حادة مستحيلاً.

أذن يلزم جهاز مساعد في عملية التوجيه للمحافظة على زاوية التوجيه وفي نفس الوقت يكون جهد التوجيه قليلاً عن طريق إضافة عزم إضافي متحكم فيه لتدوير العجلات بواسطة استخدام طاقة إضافية لطاقة الإنسان لتدوير العجلات كأن تكون طاقة هيدروليكية كما مبين في الشكل (4-14) أو وسائل أخرى سوف يتم شرحها لاحقاً وتركب الأجهزة المساعدة للتوجيه في المركبات الكبيرة أو في السيارات الصغيرة.



الشكل (4-14) أجزاء منظومة مساعد التوجيه

وتقوم أجهزة التوجيه المساعدة بإعطاء القوة اللازمة للتوجيه بينما يقوم السائق بالتحكم بهذه القوة وهذا يعطي السائق راحة اكبر وسهولة في القيادة خاصة عندما تكون السيارة متوقفة ويلزم تدوير العجلات بزاوية كبيرة لإخراج السيارة من مكانها فالسيارة التي يوجد بها جهاز توجيه عادي تتطلب من السائق جهداً كبيراً لتدوير العجلات إما السيارة المزودة بجهاز توجيه (مساعد التوجيه) فان الجهاز هو الذي يعطي القوة اللازمة للتوجيه بينما يقوم السائق بتوجيه هذه القوة والتحكم بها كما مبين في الشكل (4-14).

8-4.2 أنواع مساعد التوجيه Assist Power Steering Kinds

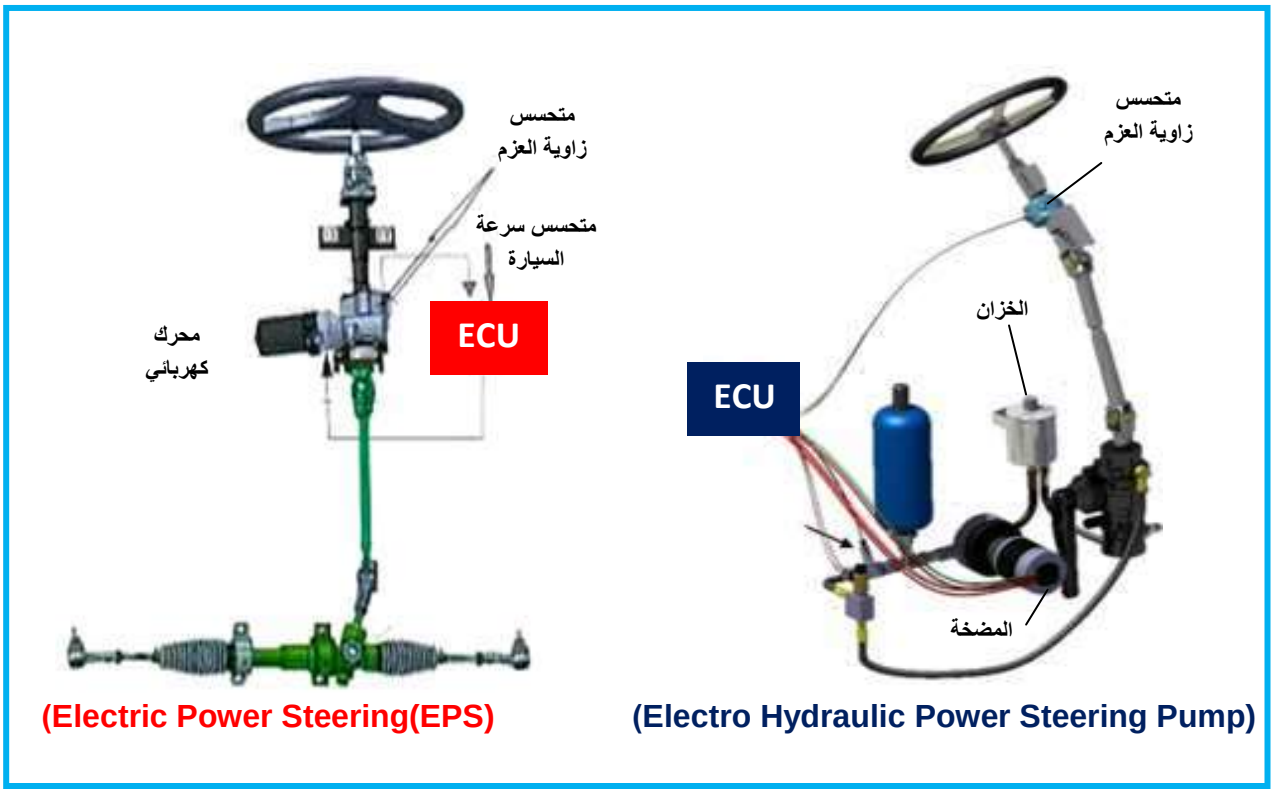
النوع الأول: مساعد التوجيه جهاز التوجيه الكهربائي.

النوع الثاني: مساعد التوجيه جهاز التوجيه الهيدروليكي.

هناك نوعان من اجهزة التوجيه الكهربائي المساعد كما مبين في الشكل (4-15)

1- (جهاز التوجيه الكهروهيدروليك): يستعمل هذا النظام كهربائي وهيدروليكي يتم التحكم به عن طريق وحدة تحكم الكتروني تأخذ أشارة من متحسس زاوية العزم التوجيه إرسالها إلى وجدة التحكم (ECU) يعمل على المساعدة في عملية التوجيه من خلال تشغيل المضخة الهيدروليكية في منظومة توجيه هيدروليكية والتي تعمل على دفع الهيدروليك إلى صمام التحكم وبالتالي إلى مكبس القدرة في علبة التوجيه ومن ثم إلى العجلات بواسطة اذرع التوصيل والذي سوف يتم توضيحها لاحقاً . كما مبين في الشكل (4-15).

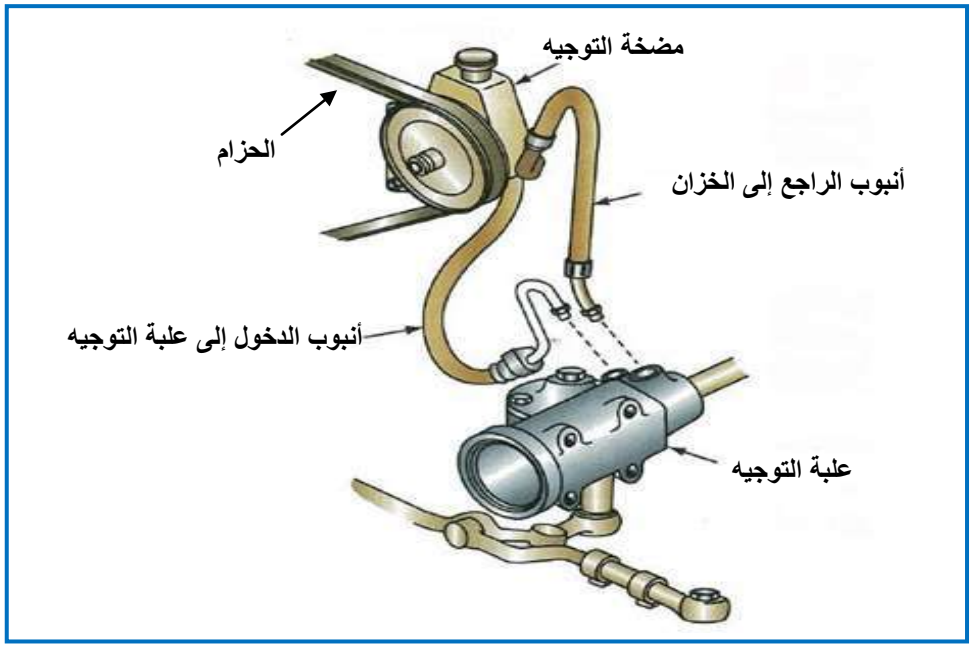
2- (جهاز التوجيه الكهربائي): وهو أنظمة التوجيه الكهربائية ولكن تستخدم التي تتكون بشكل أساس من محرك كهربائي مستمر يعمل على المساعدة في دوران عجلة القيادة، والذي يتم التحكم به عن طريق وحدة التحكم الالكتروني (ECU) في السيارة ويعتمد هذا النظام على متحسسات تراقب حركة استدارة منظومة التوجيه هو متحسس عزم الدوران وكذلك اخذ إشارة من متحسس سرعة السيارة . كما في الشكل (4-15)



الشكل (4-15) أنواع مساعد التوجيه جهاز التوجيه الكهربائي

النوع الثاني : مساعد التوجيه جهاز التوجيه الهيدروليكي Hydraulic Power Steering

وهذا النوع يستعمل زيتا بضغط عالي تضخه المضخة الهيدروليكية للمساعدة في عملية التوجيه ويتم أخذ حركة المضخة من طاقة المحرك نفسه لتحريك المضخة يأخذ الطاقة بواسطة حزام. تعمل المضخة على ضغط الزيت داخل النظام الهيدروليكي كما مبينة في الشكل (4-16).



الشكل (4-16) مساعد التوجيه جهاز التوجيه الهيدروليكي

أنواع أجهزة التوجيه الهيدروليكي لمساعد التوجيه :

1- جهاز التوجيه الهيدروليكي ذو العمود الحلزوني والصامولة.

2- جهاز التوجيه الهيدروليكي ذو الجريدة المسننة وترس البنيون.

جهاز التوجيه الهيدروليكي ذو العمود الحلزوني والصامولة في ثلاثة أوضاع هي :

أ) الوضع المحايد (مستقيم - أمام):

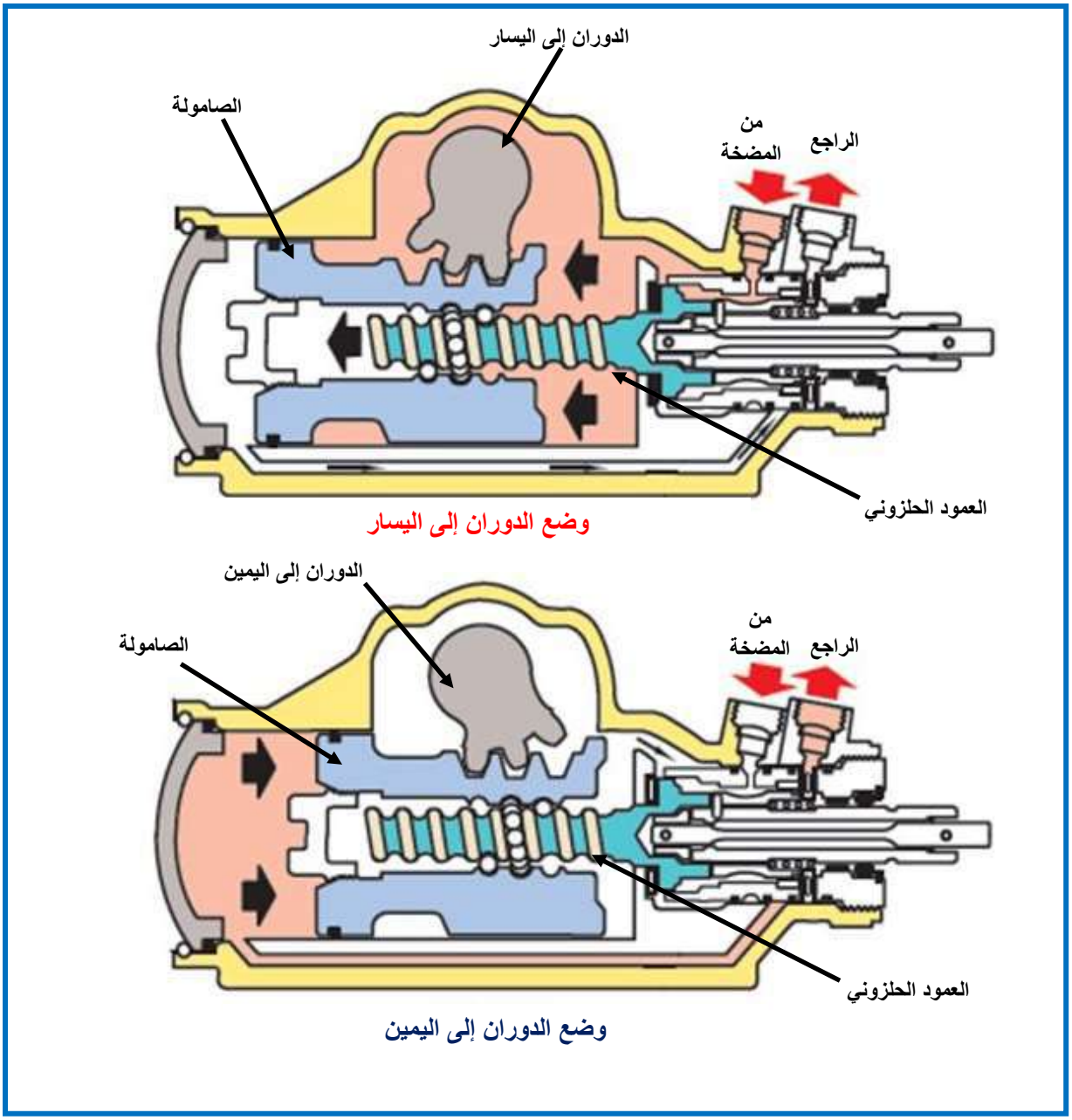
في حالة توقف عجلة القيادة عن الحركة فإن صمامات التوزيع تغلق كلا من خط الضغط العالي وخط الراجع ليتساوى الضغط على جانبي الصامولة.

ب) وضع الدوران إلى اليسار:

في حالة تحريك عجلة القيادة إلى يسار العمود الحلزوني يتحرك إلى اليسار محركاً صمامات التوزيع التي تفتح خط الضغط العالي القادم من المضخة أمام الصامولة لمساعدة العمود الحلزوني على تحريكها إلى الخلف بينما تفتح الصمامات خط الراجع للزيت الموجود خلف الصامولة ليعود إلى خزان الزيت. كما مبينة في الشكل (4-17).

ج) وضع الدوران إلى اليمين:

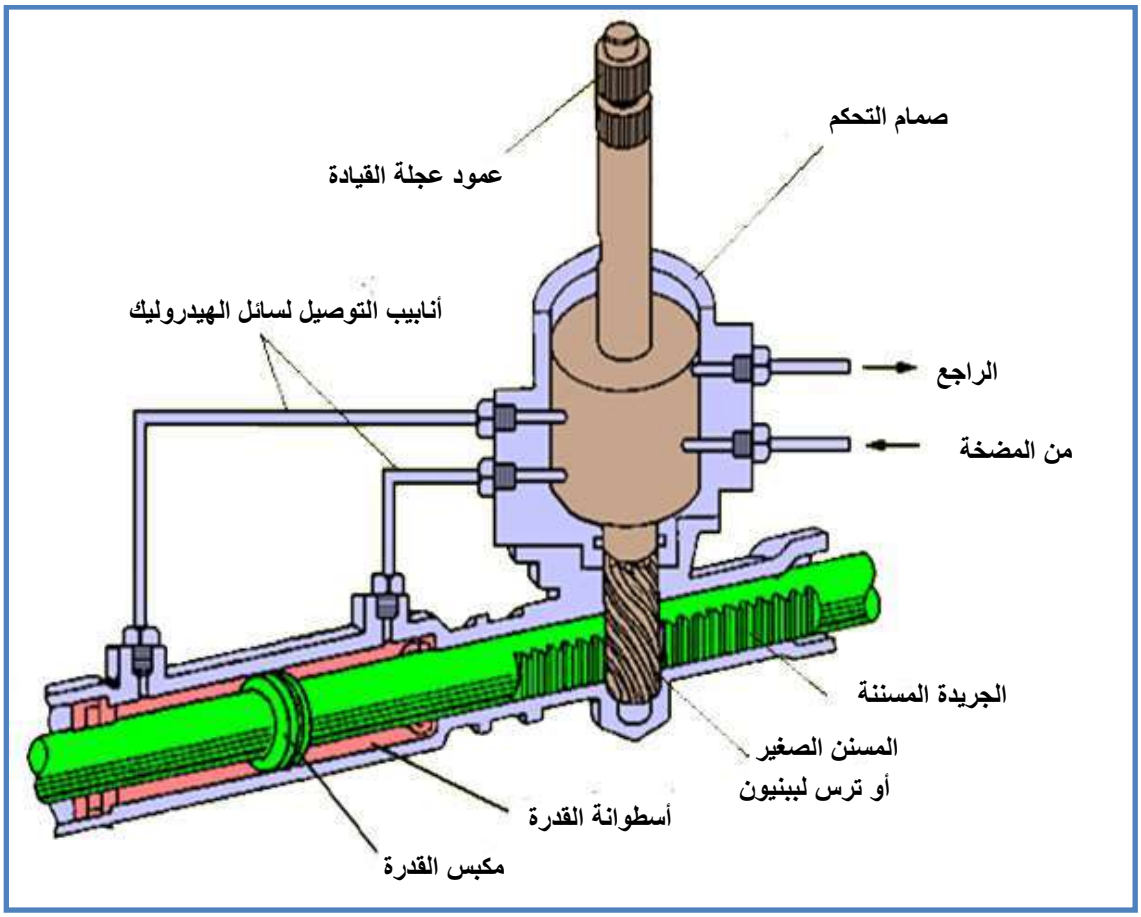
عند تحريك عجلة القيادة إلى اليمين تنتقل الحركة إلى عمود عجلة القيادة الذي يحرك مجموعة صمامات التوزيع التي تفتح خط الضغط العالي من المضخة خلف الصامولة فيضغط الزيت على الصامولة لمساعدة العمود الحلزوني على تحريكها بينما تفتح الصمامات الطريق للزيت الموجود أمام الصامولة ليذهب مع خط الراجع إلى خزان الزيت. كما مبينة في الشكل (4-17).



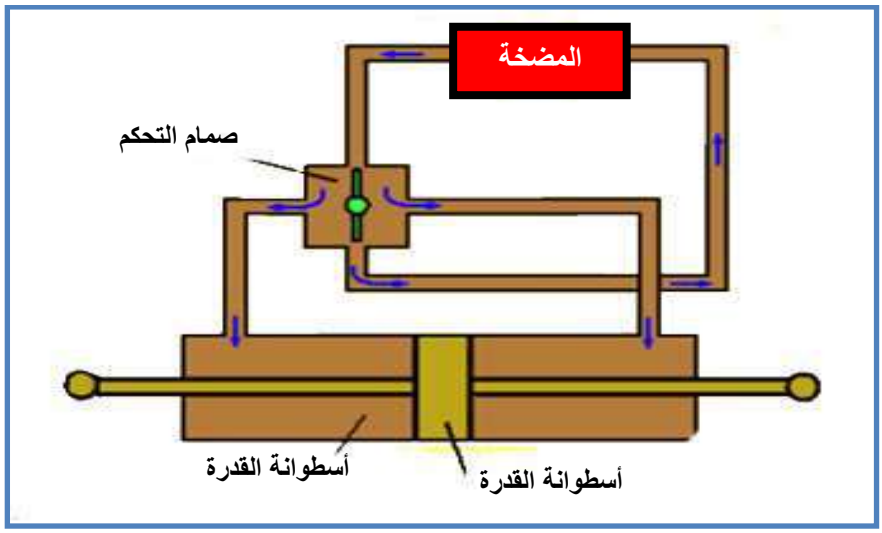
الشكل (4-17) جهاز التوجيه الهيدروليكي ذو العمود الحلزوني والصامولة أثناء الاستدارة

جهاز التوجيه الهيدروليكي ذو الجريدة المسننة وترس البنيون:

يوضح الشكلان أ- (4-18) و ب- (4-18) مكونات جهاز التوجيه الهيدروليكي وآلية عمله ويمكن توضيح آلية عمله على أساس حركة السيارة.



الشكل أ- (4-18) الجريدة المسننة وترس البنيون الهيدروليكي



الشكل ب- (4-18) الدائرة الهيدروليكية في مساعد التوجيه إثناء الوضع المحايد

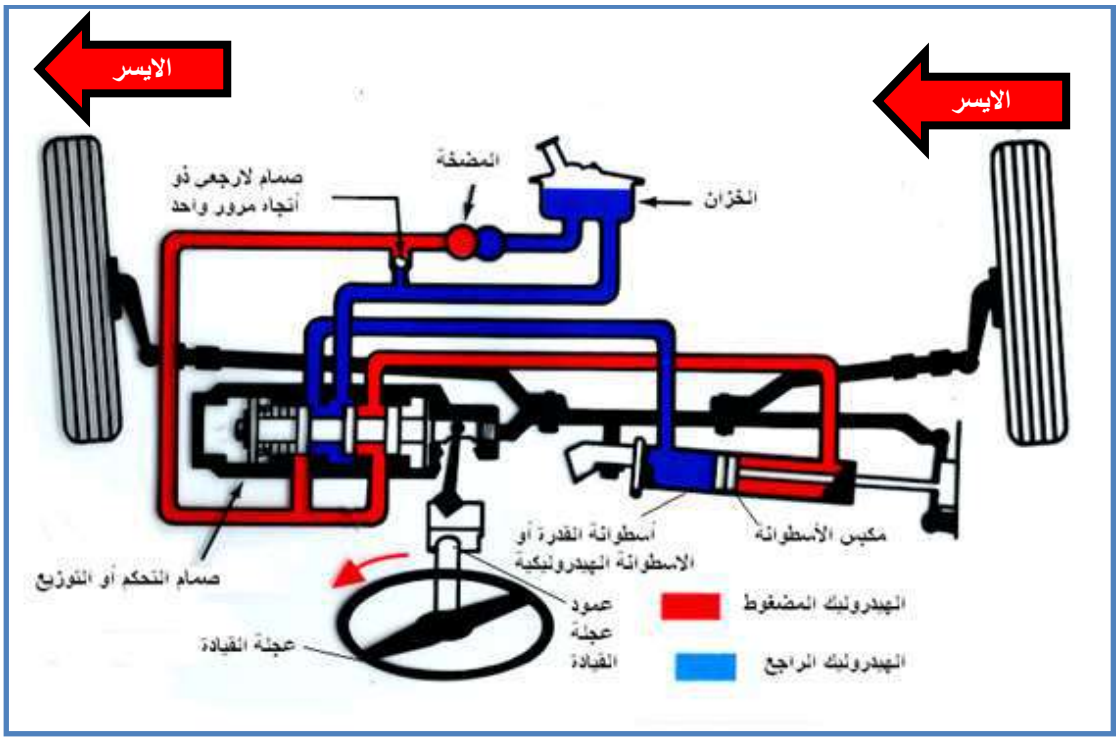
عمل جهاز التوجيه الهيدروليكي ذو الجريدة المسننة وترس البنيون في ثلاثة أوضاع هي :

أ) الوضع المحايد (مستقيم - أمام) :

في هذا الوضع يكون صمام التوجيه في وضع التمركز وعند ثبات عجلة القيادة تغلق الصمامات لمجاري الزيت القادم من المضخة فلذلك عند دخول الهيدروليك من فتحة الدخول للصمام ونتيجة لانغلاق فتحات الصمام مما يؤدي إلى عودة الهيدروليك إلي الخزان ومن ثم يعود الزيت إلى المضخة عن طريق الخط الراجع كما مبين في الشكل أ- (4-18) ونتيجة لتساوي الضغط على جانبي مكبس القدرة لعدم دخول الهيدروليك إلى اسطوانة القدرة مما يؤدي إلى ثبوت المكبس في مكانه وعدم حركة عجلة السيارة إلى اليمين أو اليسار كما مبين في الشكل ب- (4-18).

ب) وضع الدوران إلى اليسار :

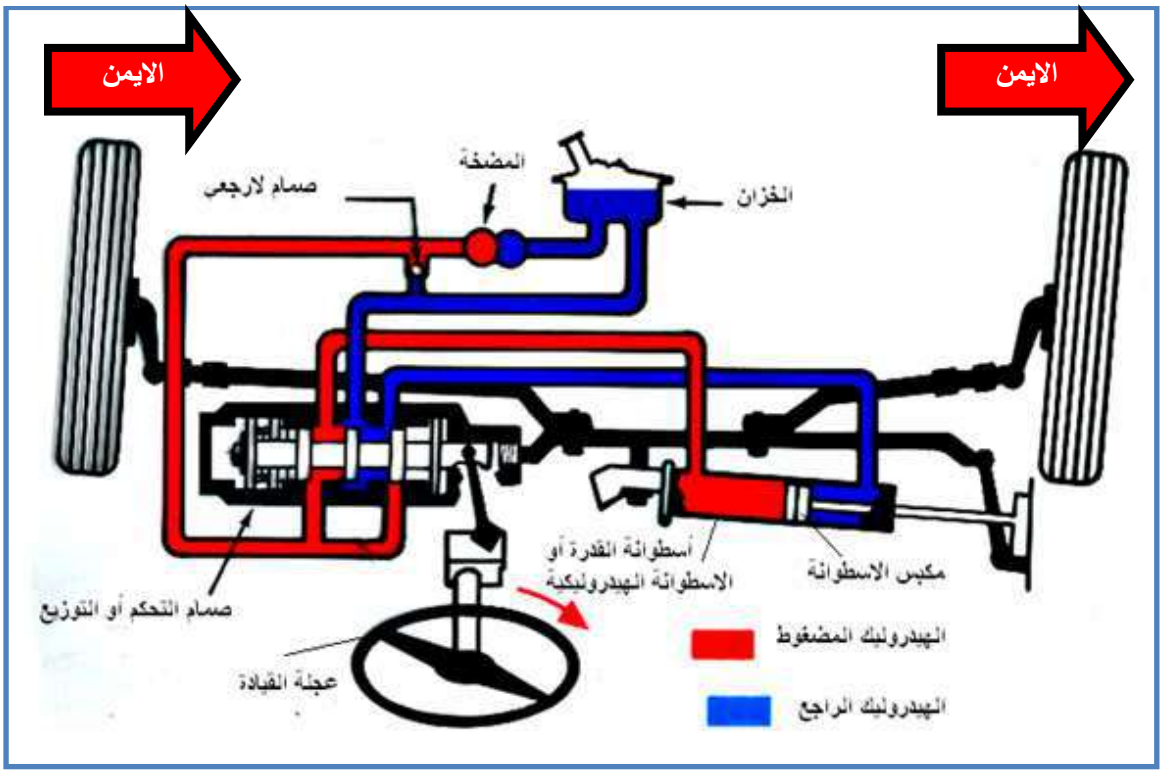
عند تحريك عجلة القيادة إلى اليسار تنتقل الحركة إلى عمود عجلة القيادة الذي يحرك صمام التحكم أو التوزيع فتفتح خط الراجع للزيت الموجود في الجهة اليسرى من أسطوانة القدرة كما مبين في الشكل (4-19) وتفتح خط الضغط العالي القادم من المضخة إلى الجهة اليمنى من أسطوانة القدرة لدفع مكبس الاسطوانة إلى اليسار محركاً معه الجريدة المسننة إلى اليسار بمساعدة ترس البنيون الذي يحركه العمود القائد الخارج من الاسطوانة كما مبين في الشكل (4-19) وبذلك تتم استدارة العجلات الامامية إلى اليسار.



الشكل (4-19) الدائرة الهيدروليكية في مساعد التوجيه إثناء الدوران لليسار

ج) وضع الدوران إلى اليمين :

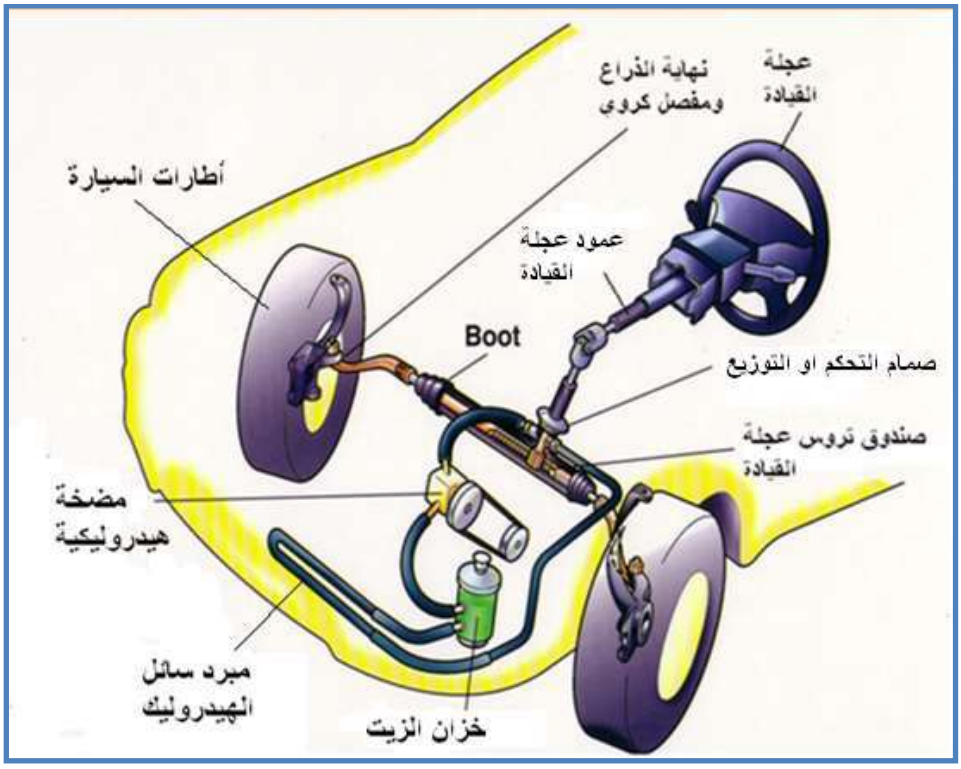
وفي حالة تحريك عجلة القيادة إلى اليمين يتحرك عمود عجلة القيادة ليحرك الصمامات لتفتح خط الراجع للزيت في الجهة اليمنى للاسطوانة وفتح خط الضغط العالي إلى الجهة اليسرى من الاسطوانة ليدفع الزيت القادم من المضخة المكبس إلى اليمين محركا معه الجريدة المسننة بمساعدة ترس البنيون وبذلك تتم استدارة العجلات الامامية إلى اليسار اليمين كما مبين في الشكل (4-20).



الشكل (4-20) الدائرة الهيدروليكية في مساعد التوجيه إثناء الدوران لليمين

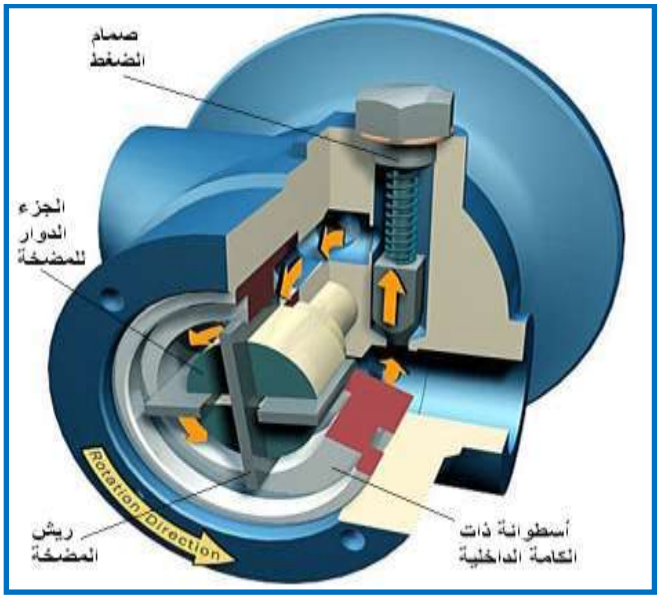
المضخة الهيدروليكية : (Hydraulic pump)

تثبت مضخة الهيدروليكي عادة في مقدمة المحرك حيث تأخذ حركتها من المحرك بوساطة حزام ناقل يربطها ببكرة عمود المرفق كما يبين الشكل (4-21)



الشكل (4-21) منظومة التوجيه في السيارة

وتعمل المضخة على إنتاج ضغط عالٍ يصل إلى (**2000 psi**). و يبين الشكل التوضيحي في (4-22) و(4-23) أساس تصميم وفكرة وعمل هذه المضخة .

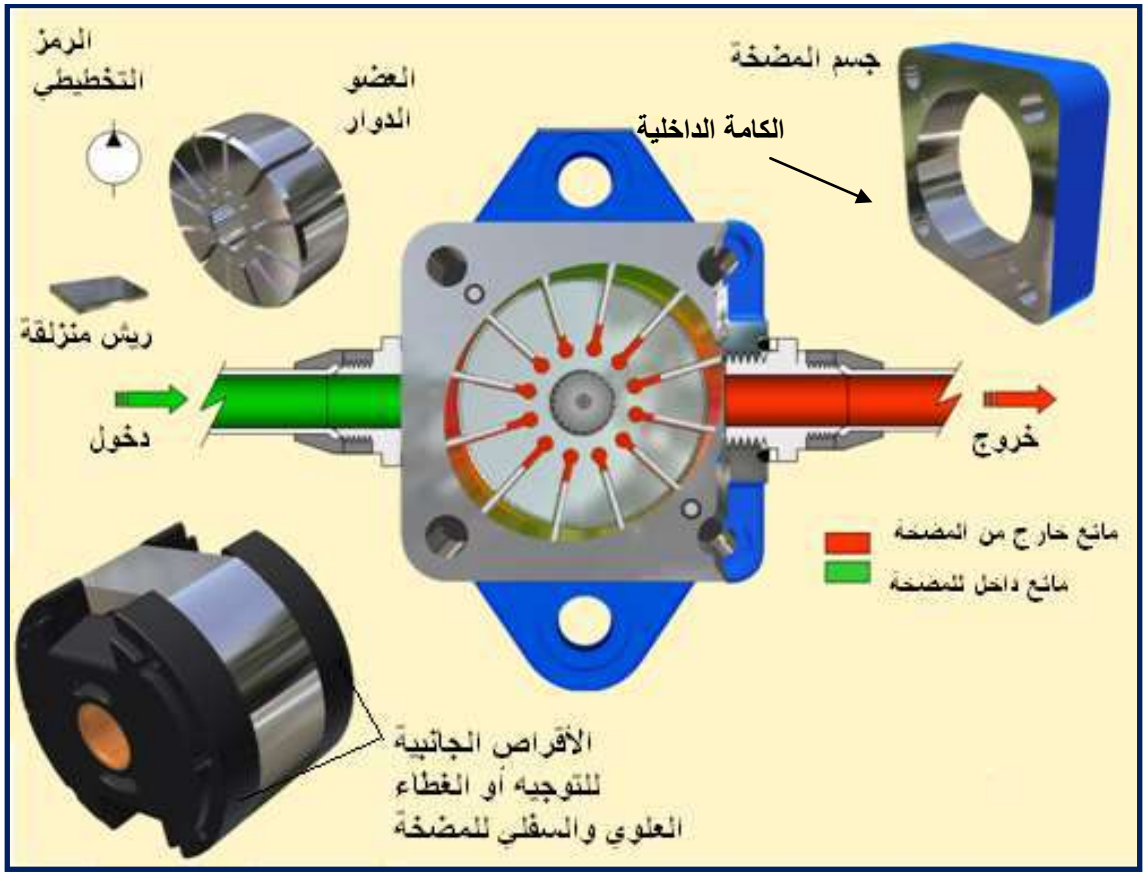


الشكل (4-22) مقطع لتصميم المضخة الريشية

الوصف العام المضخة الهيدروليكية:

تتكون المضخة الهيدروليكية نوع الريشية أساساً من جسم وكامة ، وعضو دوار ، به الريش . للكامة سطح داخلي تلامسه الريش ، ذو اختلاف مركزي (شكل بيضوي) . العضو الدوار هو جزء القيادة، يوجد بكل شق ريشتان (ريش مزدوجة) يمكن أن تضغط كل منها على الأخرى، كما ويمكنها الانزلاق داخل الشق.

وان عمل المضخة الهيدروليكية نوع الريشية هو عند إدارة العضو الدوار تندفع الريش إلى الخارج تحت تأثير كل من قوة الطرد المركزي ، وضغط الدورة المرتفع الذي يؤثر خلف الريش . بهذا تلامس الحافة الخارجية لكل ريشة السطح الداخلي للكامة . تتكون حجرة السحب والضخ من زوجين متتالين من الريش وسطح العضو الدوار وسطح الكامة الداخلي وأقراص التوجيه الجانبية . يتم السحب (اللون الأخضر) والضخ (باللون الأحمر) من خلال أقراص توجيه جانبية كما مبين في الشكل (4-23) .



الشكل (4-23) إلية عمل المضخة

وعند دوران العضو الدوار في اتجاه السهم الموضح بالشكل (4-22)، تتحرك الريش داخل الشقوق. عند الاقتراب من خط السحب (أعلى وأسفل) تكون أجزاء الريش الخارجة من الشقوق صغيرة للغاية. وباستمرار الدوران ، يزداد طول جزء الريش الخارج من الشقوق ويزيد الحجم المحصور بين كل زوجين متتالين من الريش ،

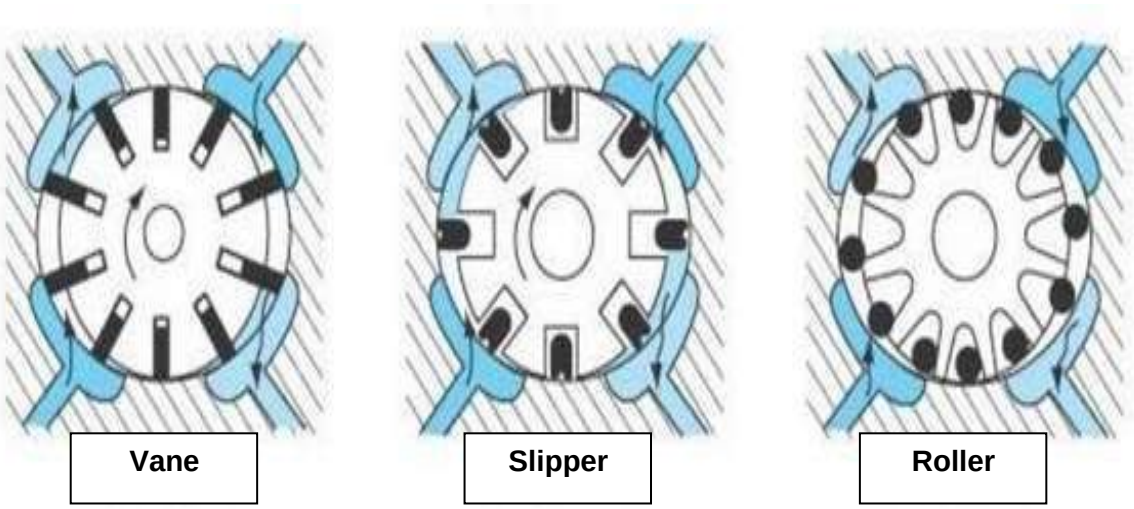
ويمتلئ بالسائل الذي يصل إلى المضخة من خط السحب . عندما يصل هذا الحجم إلى أقصى قيمة له (عند أكبر مسافة بين مركز العضو الدوار والعضو الداخلي للكامة) ينقطع الاتصال بينه وبين خط السحب وذلك

عن طريق تشكيل أقراص التوجيه الجانبية ، ويبدأ الاتصال بناحية الضغط. عند هذا الموضع تبدأ الكامة في دفع الريش داخل الشقوق ، فيقل الحجم مما يؤدي إلى طرد السائل إلى الخارج من فتحات الضغط.

ولما كانت الكامة مصممة بحيث تكون ذات اختلاف مركزي مزدوج ،فإن كل ريشة تنفذ دورتين كاملتين (دورتي سحب ودورتي طرد) أثناء اللفة الواحدة للعضو الدوار.

وفي نفس الوقت ، تتقابل غرفتا السحب وكذلك غرفتا الطرد ، مما ينتج عنه اتزان القوى الناشئة عن الضغط التي تؤثر على عمود الدوران (يسمى هذا بالإتزان الهيدروليكي) .
يؤثر الضغط المرتفع خلف الريش ويدفعها إلى الخارج وبذلك يتحقق أحكام أفضل للتسريب ، فضلاً عن الإحكام المزدوج الناشئ عند طرفي الريش.

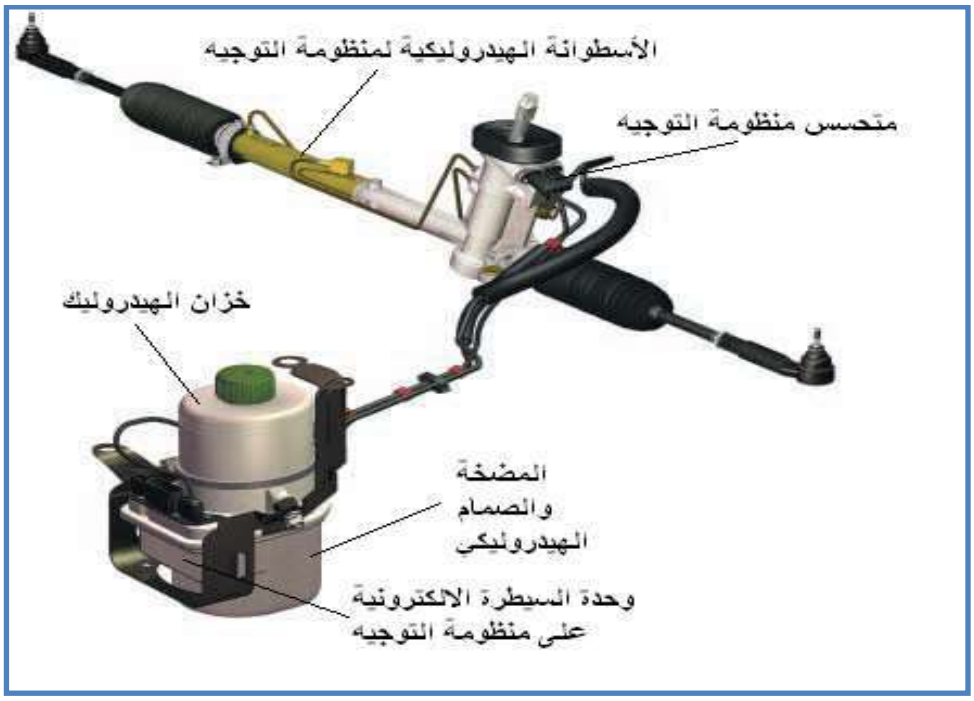
وهناك أنواع أخرى للمضخة الهيدروليكية المستخدمة لنظام التوجيه بالسيارات منها كما في الشكل (4-24)



الشكل (4- 24) أنواع مضخات الهيدروليكية المستخدمة لنظام التوجيه بالسيارات

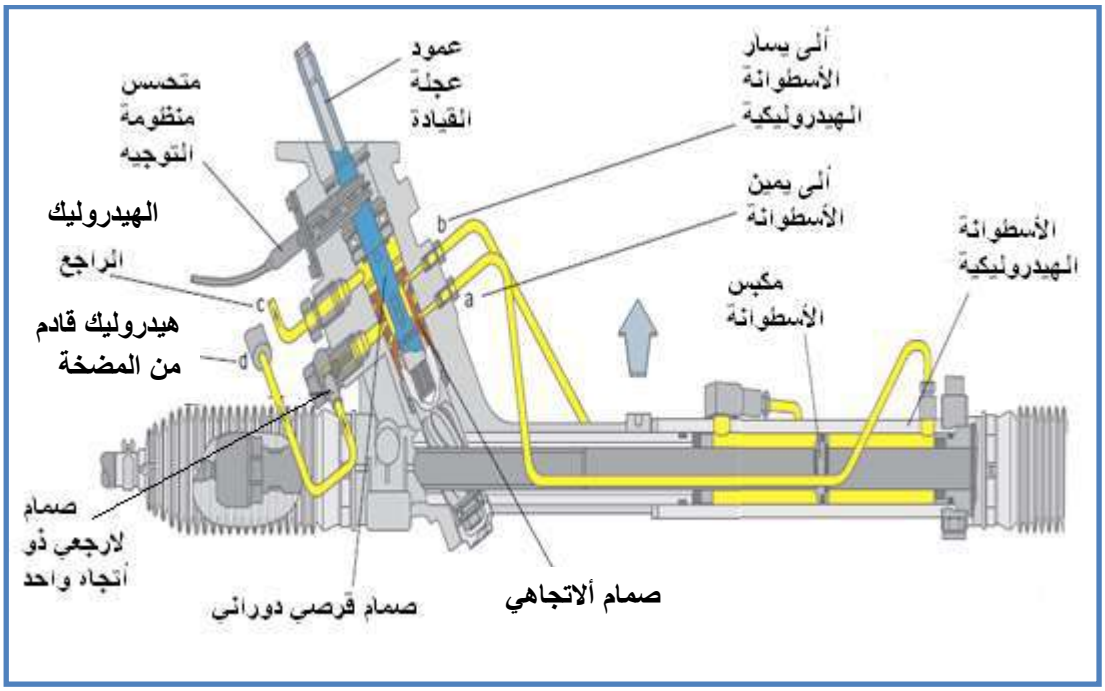
9-4-2 (جهاز التوجيه الكهروهيدروليك) (Electro Hydraulic Power Steering Pump)

تعتمد منظومة التوجيه الهيدروليكية في السيارات بشكل رئيس على الأسطوانة الهيدروليكية ، الصمام الأتجاهي ، المضخة الهيدروليكية ، أنابيب التوصيل ، خزان الهيدروليك ، (وحدة السيطرة الالكترونية التي قد تكون ضمن وحدة السيطرة الالكترونية في السيارة (ECU) أو قد تكون أسفل الخزان كما مبين موقعها في الشكل (4-25)) وبعد أن يتوفر الضغط في الهيدروليك نتيجة تشغيل المضخة.



الشكل (4-25) جهاز التوجيه الكهروهيدروليك

ونتيجة لتوجيه الهيدروليك من قبل الصمام ألاتجاهي اعتماداً على حركة عجلة المقود كما مبين في الشكل (4-26) فسوف تتحرك الاسطوانة الهيدروليكية اعتمادا على دفع الهيدروليك وبالتالي تندفع عجلة المركبة في الاتجاه المطلوب ، ولكن منظومة التوجيه في السيارات سوف تحتاج إلى عزم مختلف كون السيارة في حالة وقوف أو في حالة حركة لهذا سوف تحتاج إلى منظومة سيطرة مساعدة لتوفير العزم الإضافي للتوجيه وبالتالي توفير الراحة للراكب ، وتتكون وحدة السيطرة في التوجيه من دائرة الكترونية متكاملة حيث تتحكم هذه الدائرة بدفع الهيدروليك في الدائرة وفي الوقت الذي تحتاج فيه الدائرة الهيدروليكية إلى ضغط عالي سوف تتحكم وحدة السيطرة الإلكترونية بالمضخة والصمام لزيادة الضغط أو بالعكس .

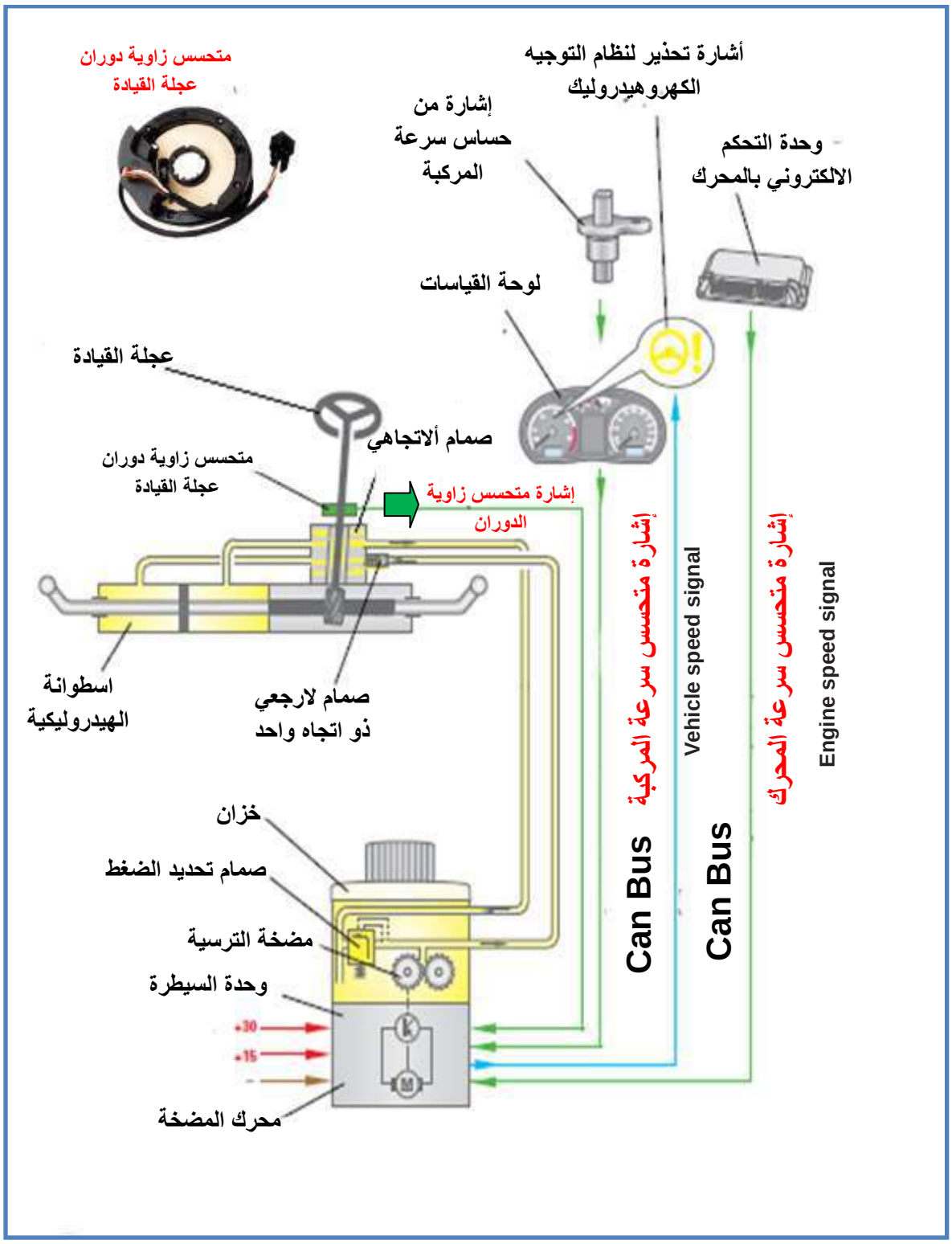


الشكل (4-26) الصمام ألاتجاهي والأسطوانة الهيدروليكية في منظومة التوجيه

تعتمد عملية التحكم في التوجيه السيارة على عدة إشارات كهربائية ومنها الإشارة القادمة من:

(**متحسس زاوية دوران عجلة القيادة** ، **أشارة متحسس سرعة المحرك القادمة من وحدة السيطرة في المحرك**، **أشارة متحسس سرعة المركبة القادمة من وحدة السيطرة في المحرك**) .

وبالتزامن مابين دوران عجلة القيادة وسرعة دوران ألمحرك وسرعة السيارة سوف يعطى الدفع الهيدروليكي المناسب للتحكم في زاوية عجلة السيارة كما مبين في الشكل (4-27).



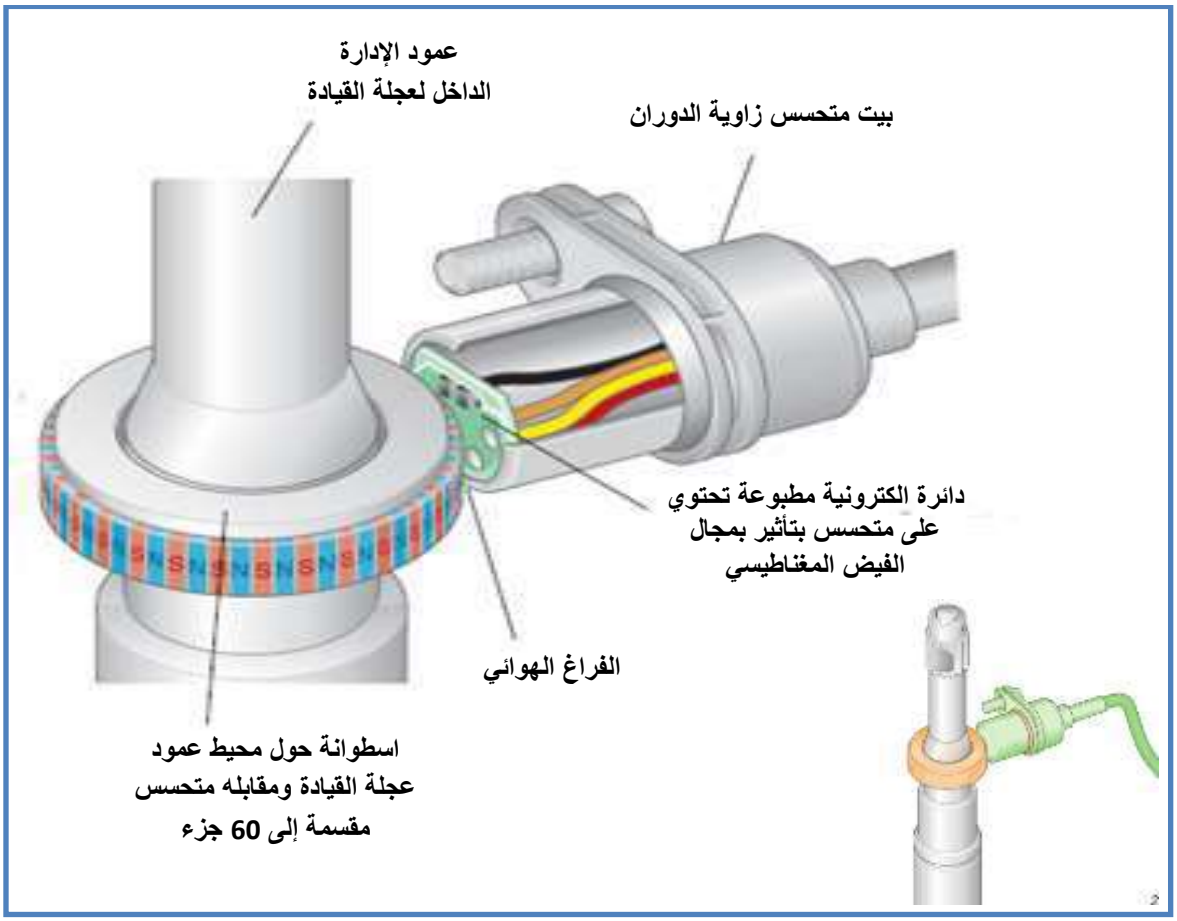
الشكل (4-27) منظومة التوجيه ودائرة السيطرة عليها

وبالنسبة للإشارة القادمة من متحسس دوران عجلة القيادة والذي سوف يعطي دلالة على سرعة وزاوية دوران العجلة أي كلما كانت زاوية الدوران اكبر، كانت سرعة المضخة أكبر أي معدل التدفق أكبر

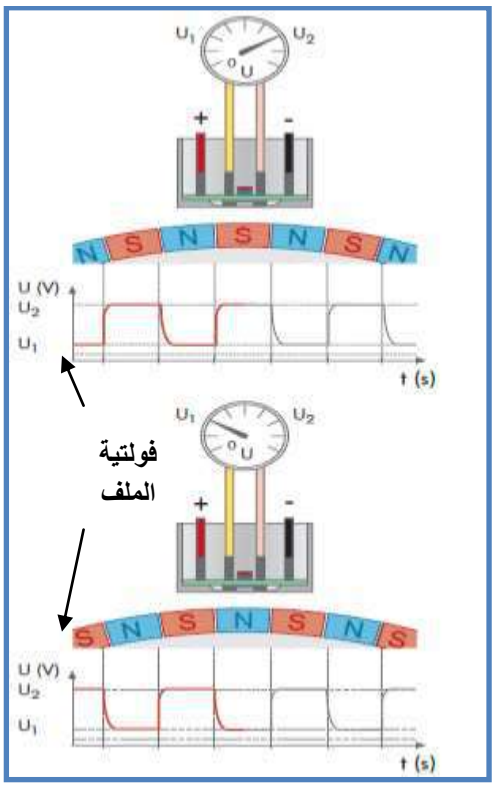
ويوجد أكثر من شكل لهذا المتحسس ولكن غالباً يكون على نوعان هما :

أ- متحسس زاوية دوران عجلة القيادة اعتمادا على الفيض المغناطيسي steering wheel angle sensor magnetic

يتكون هذا المتحسس من جزئين رئيسين كما مبين في الشكل (4-28) الجزء الأول يتكون من أسطوانة مقسمة إلى 60 جزء متفاوت القابلية للمغناطيسية ، أي جزء ممغنط بجانبه جزء غير ممغنط ثم بجانبه جزء ممغنط وهكذا ، وتثبت هذه الاسطوانة حول العمود الداخل لعجلة القيادة ومقابلاً للجزء الثاني من المتحسس حيث أن الجزء الثاني من المتحسس سوف لن يتصل مع الجزء الأول وإنما يوجد فراغ هوائي بينهما كما يوجد فيه ملف صغير جداً . حركة الاسطوانة تؤدي إلى تقاطع مجال الفيض المغناطيسي مع الملف مما يؤدي إلى توليد قوة دافعة كهربائية متغيرة الشدة في الملف اعتماداً على حركة العجلة كما مبين في الشكل (4-29) وسوف تكون هذه الإشارة على شكل فولتية متغيرة والتي سوف تدل على زاوية وحركة عجلة القيادة.



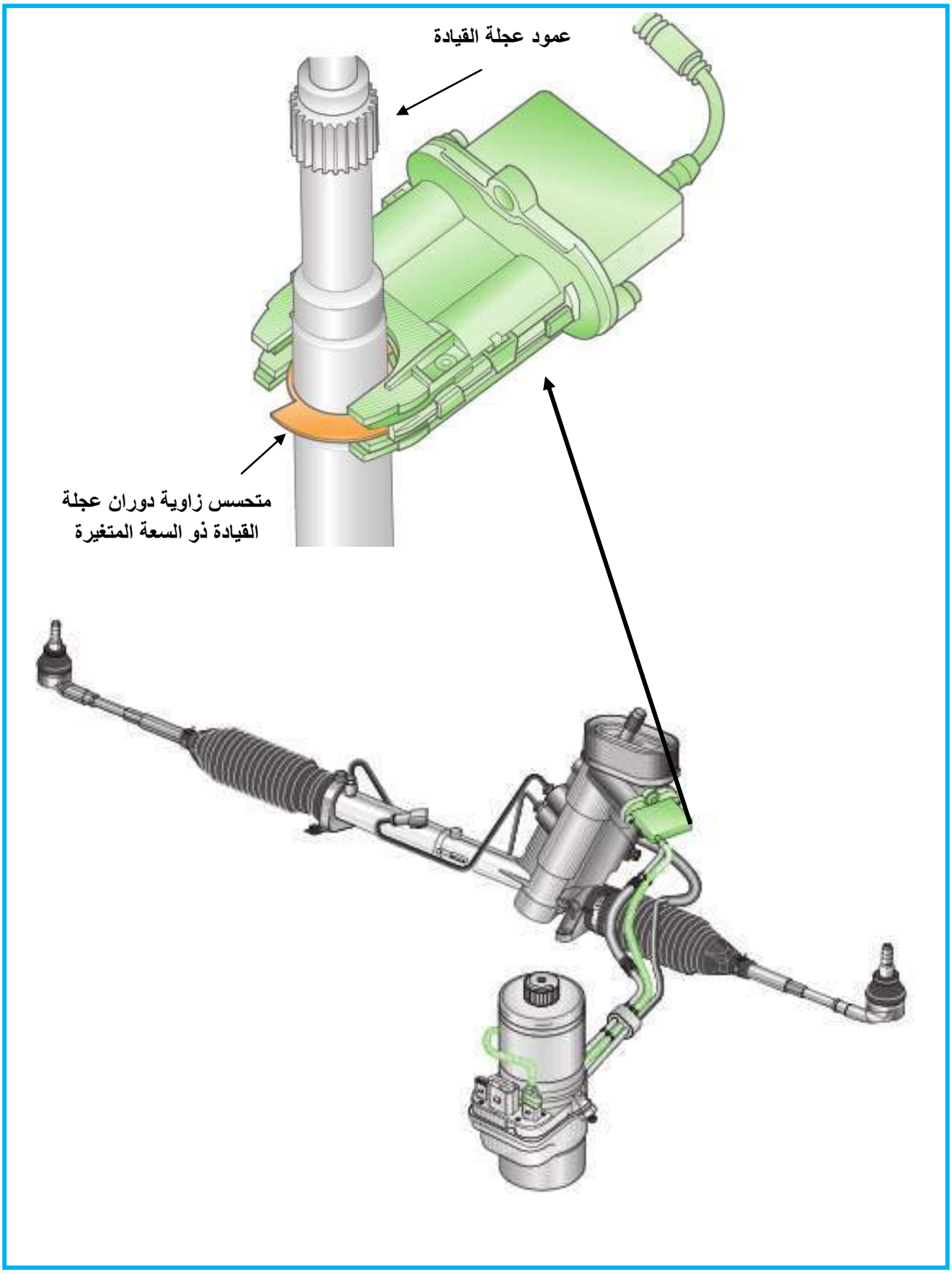
الشكل (4-28) متحسس زاوية دوران عجلة القيادة اعتمادا على المجال المغناطيسي المتغير



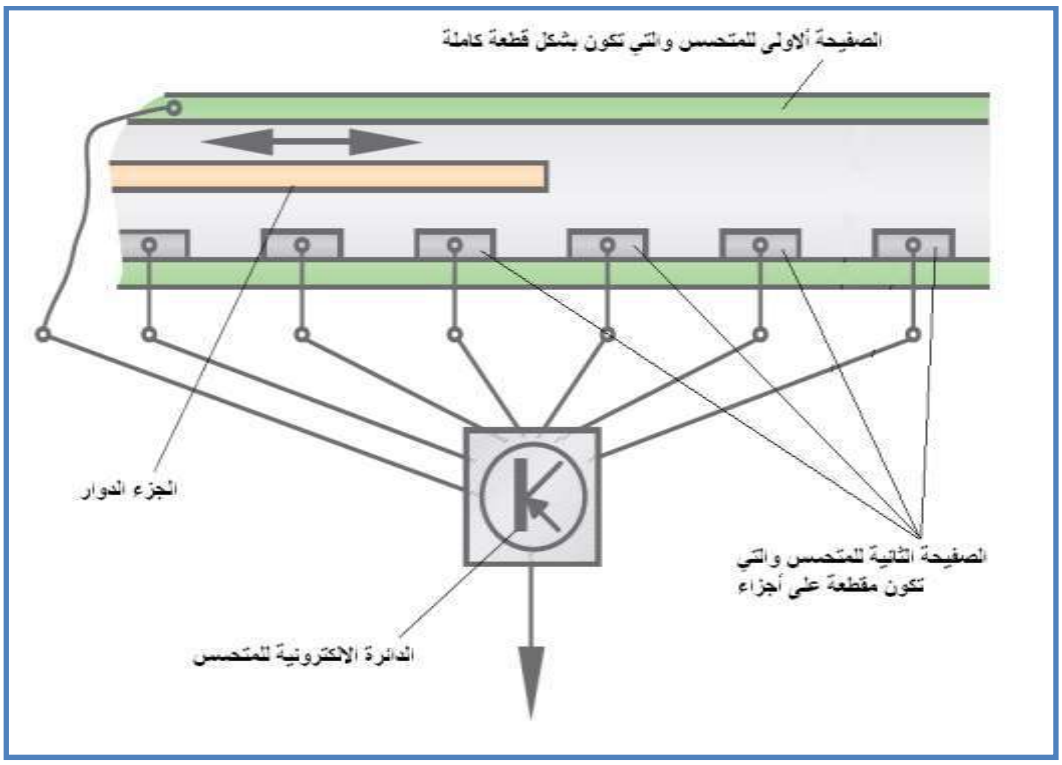
الشكل (4-29) آلية عمل متحسس الفيض المغناطيسي

ب- متحسس زاوية دوران عجلة القيادة ذو السعة المتغيرة steering wheel angle sensor Capacitance

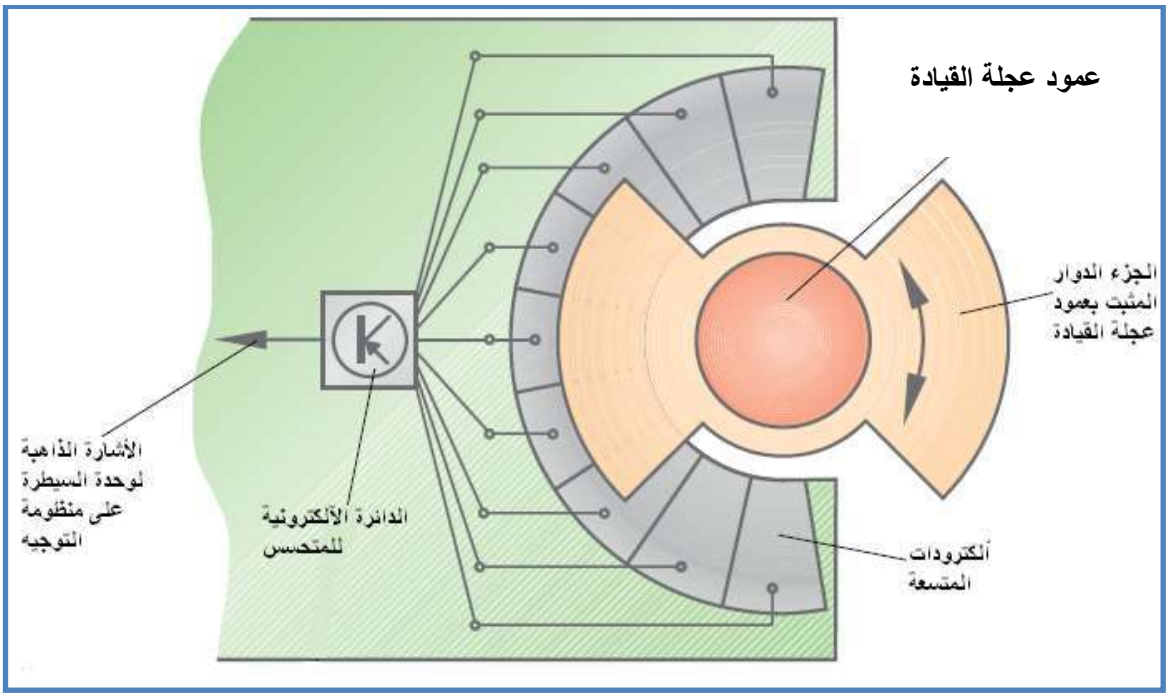
يعتمد هذا المتحسس المبين في شكل (4-30) على مبدأ عمل المتسعة ، تتكون المتسعة بشكل أساسي من صفيحتين بينهما هواء وهذا ما يتكون منه المتحسس حيث انه يتكون من جزئين: الجزء الثابت من المتحسس ويتكون من صفيحتين أحدهما قطعة كاملة والأخرى مقطعة على أجزاء تكون مقابلة للجزء الأول كما مبين في الشكل (4-31)، تلك الصفيحتان تكونان قرصين ملتفين حول عمود عجلة القيادة بدون الارتباط بعمود عجلة القيادة ، إما الجزء الثاني من المتحسس. فيتكون من جزء دوار مرتبط بعمود عجلة القيادة بشكل صفيحة تتحرك مع العمود بين صفيحتي الجزء الأول لتكون عازل بينهما ، فعند دوران عمود عجلة القيادة ودوران الجزء الدوار الذي سوف يكون سطحاً عازل بين أجزاء المتسعة المقسمة المبينة في الشكل (4-32) مما يؤدي إلى تكون إشارة متقطعة عن طريق تأثير الجزء الدوار على صفيحتي المتسعة عند كل زاوية من دوران الجزء الدوار.



شكل (4-30) متحسس زاوية دوران عجلة القيادة اعتمادا على السعة المتغيرة



شكل (4-31) الصفائح المتكون منها المتحسس السعوي



شكل (4-32) الجزء الدوار للمتحسس

الأسئلة والتطبيقات

1س: أملأ الفراغات الآتية :

1- تعمل آلية التوجيه على تحويل الحركة -------- ل---------- إلى حركة خطية تصل إلى العجلات فتحركها حركة زاوية.

2- من مميزات جهاز التوجيه ذي الجريدة المسننة وترس البنيون ، ---------- و --------.

3- وظيفة صمام التحكم أو صمام التوزيع في جهاز التوجيه الهيدروليكي هي ----------.

4- الوصلة المفصلية هي وسيلة لربط ---------- مع ---------- عن طريق منظومة التعليق.

5- الإشارة القادمة من متحسس دوران عجلة القيادة سوف تعطي دلالة على ------- و -------- دوران العجلة.

2س: صحح الخطأ إن وجد:

1- يعتمد متحسس زاوية دوران عجلة القيادة نوع الفيض المغناطيسي على مبدأ عمل المتسعة.

2- تعتمد الأسطوانة في حركتها في منظومة التوجيه الهيدروليكية على دفع الماء في حركتها.

3- تعتمد حركة الصمام ألاتجاهي في المنظومة الهيدروليكية على حركة اليد بصورة مباشرة.

4- الوصلة المفصلية الكروية المعدنية تعتمد دائماً في حركتها على التشحيم في حركتها.

5- منظومة التوجيه هي مجموعة الأجزاء التي تساعد في توجيه السيارة.

3س: شرح انواع متحسسات زاوية دوران عجلة القيادة في منظومة التوجيه الهيدروليكية

4س: علل ما يلي

1- استخدام الأجهزة المساعدة للتوجيه.

2- استخدام الشحم في المفاصل الكروية المعدنية.

3- استخدام متحسس زاوية دوران عجلة القيادة في منظومة التوجيه الهيدروليكية.

الفصل الخامس

أنظمة الميكاترونكس في السيارات الحديثة

Mechatronics Systems in New Automobiles

الاهداف

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل إلى التعرف على أنظمة الميكاترونكس الحديثة في السيارات والفائدة المتوخاة من استحداثها.

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

1- **يتعرف على مختلف الأنظمة الحديثة في السيارات.**
2- **يتعرف على أهمية كل نظام جديد في السيارات.**
3- **يتعرف على الأجزاء المختلفة لكل نظام.**
4- **يتمكن من صيانة الأنظمة الحديثة في السيارة.**

محتويات

الفصل 5

تعرف على المواضيع

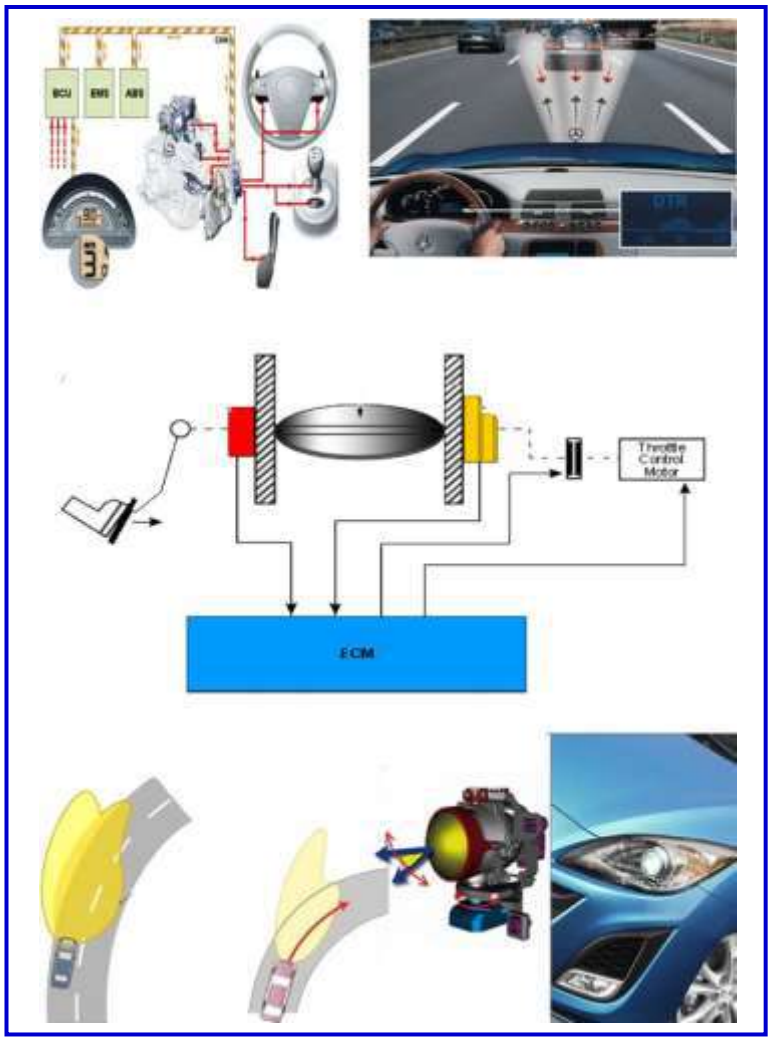
أنظمة الميكاترونكس فى السيارات الحديثة

أنظمة الميكاترونكس في السيارات الحديثة
منظومة الوسادة الهوائية

منظومة الإيقاف الذاتي

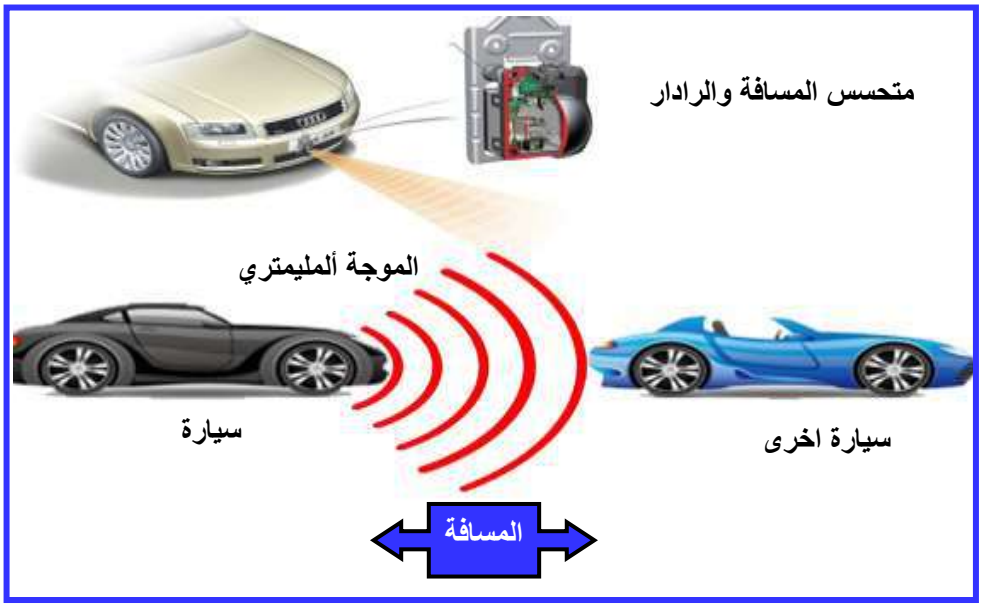
نظام التحكم الالكتروني في صمام الخانق
الرادار في السيارة

منظومة الوقوف الذاتي



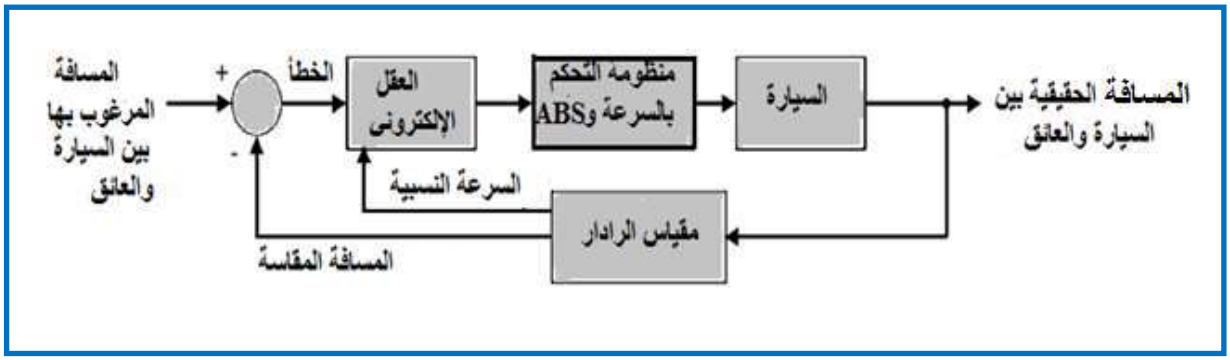
1.5.2 متحسس المسافة والرادار Distance Sensor and Radar

أن تقنية متحسس المسافة والرادار وجدت حديثاً في السيارات المستخدم لنظام رادار الموجة ألمليمتري (Millimeter Wave Radar)، تقوم هذه المنظومة بوضع مسافة بين سيارة وسيارة أخرى. يتحسس الرادار للمسافة المذكورة باستخدام رادار الموجة ألمليمتري كما في الشكل (5- 1).



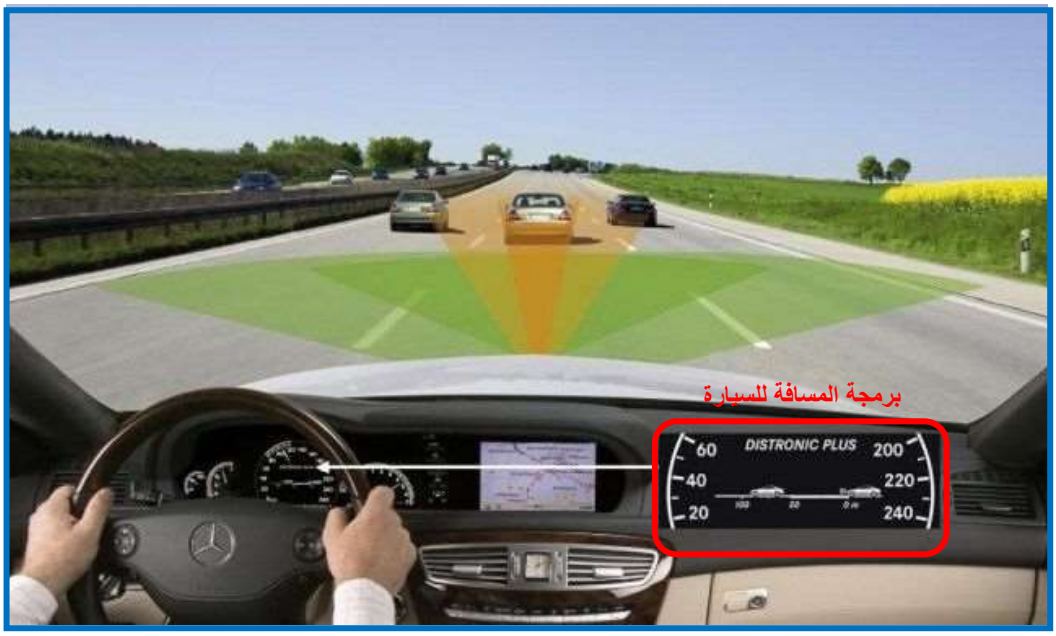
الشكل (5-1) تحسس المسافة باستخدام رادار الموجة المليمتري

إن هذه التقنية توفر للسيارة إمكانية التحكم بالمسافة بين السيارة والعائق (أو سيارة أخرى) من خلال متحسس الرادار مع نظام المتحكم الذكي في سرعة السير (Adaptive Cruise Control ACC) ومنظومة الإيقاف (ABS) حيث أن السائق بإمكانه أن يحدد السرعة والمسافة المطلوبة مع السيارات الموجودة أمامه وفق برمجة المسافة للسيارة . منظومة الإيقاف و مع نظام المتحكم بالسرعة معاً تتيحان هذه الإمكانية التي اشرنا إليها. لاحظ الشكل (5-2) الذي يبين المخطط الانسيابي لمنظومة تحديد المسافة بين السيارة والعائق.



الشكل (5-2) المخطط الانسيابي لمنظومة تحديد المسافة بين السيارة والعائق

ويبين الشكل (3-5) نظام المتحكم الذكي في سرعة السير (Adaptive Cruise Control **ACC**).



الشكل (3-5) نظام المتحكم الذكي في سرعة السير ACC من الداخل

تحدد السيارة مسافة أمان ثابتة بينها وبين العائق وحسب السرعة بينهما وليس تدخل السائق، فخلال العشر سنوات السابقة أجريت بحوث كثيرة لتطوير منظومات الميكاترونيكس هذه ومنها

تحديد المسار (path planning) بتطبيق استخدام منظومة تحديد المواقع العالمية (**GPS**).

يستخدم رادار السيارة الحديثة مع الكاميرات أيضا في إيقاف السيارة ذاتياً منعاً لدهس المارة من الناس وغيرهم، ففي حال اكتشاف النظام لشخص مار يقوم بتفعيل الموقف ذاتياً وتتوقف السيارة، وهذه العملية مهمة جداً أثناء السياقة وبالأخص إذا كان السائق غير منتبه.

وهناك أيضاً منظومة تفادي الاصطدام (collision avoidance) إذ تعد تقنية تفادي الاصطدام من أبرز مميزات النظام الذكي في تحسين مستوى السلامة المرورية على الطرق. ولذا فإن تجهيز المركبات والطرق بأنظمة متطورة ستساعد في منع بعض أنواع الحوادث المرورية الأكثر شيوعا، مثل: حوادث الصدم الأمامي، والجانبي، والخلفي كما سيتم شرحه فيما يلي.

1- تفادي الاصطدام الطولي (أمامي وخلفي):

تساعد هذه الأنظمة في تخفيض عدد الاصطدامات ومستوى حدتها ، ويشمل: استشعار الاصطدامات المتوقعة، مساعدة السائق في تفادي الصدم، والسيطرة الأوتوماتيكية مؤقتًا على المركبة.

2- تفادي الاصطدام الجانبي:

تؤمن إنذارات ومفاتيح إنذار الاصطدام بغرض تغيير المسار وترك الطريق. وتساعد في التقليل من عدد حوادث الصدم الجانبي التي تشترك فيه سيارتان أو أكثر. بالنسبة لتغيير المسارات فيمكن للسائق أن يراقب باستمرار المناطق العمياء للسيارة، وتقوم الأجهزة بإنذار السائق بصورة فعالة عن الاصطدام الوشيك. لاحظ الشكل (5-4).

الشكل (5-4) اشارات الإنذار في السيارة

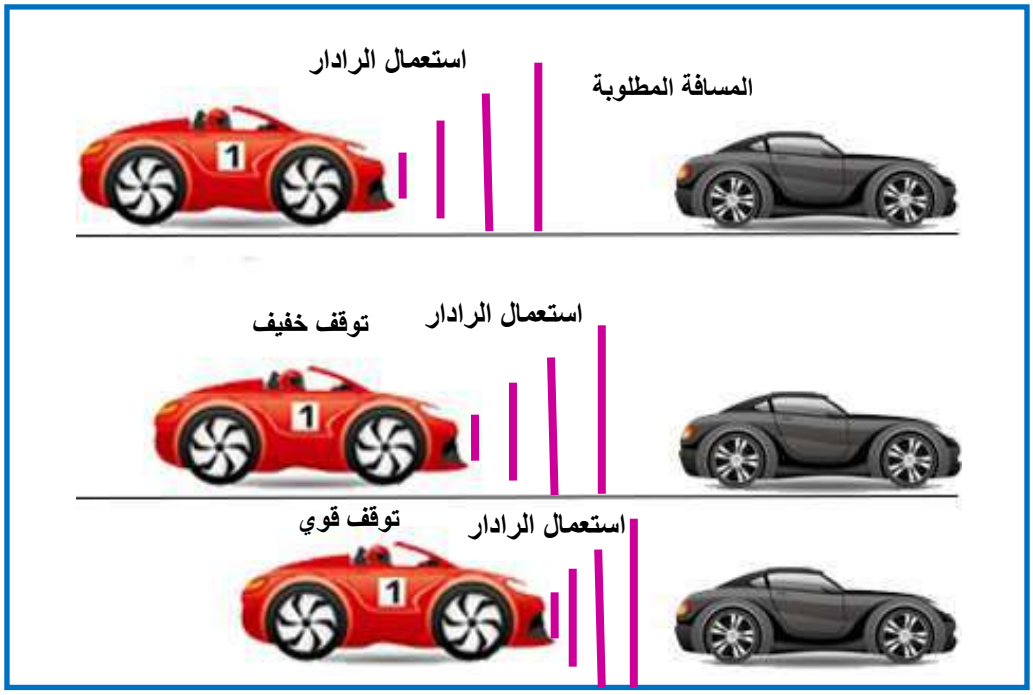
3- تفادي التصادم في التقاطعات:

تحذر أجهزة الإنذار السائقين من الاصطدامات الوشيكة عندما يكونون مقبلين على، أو عابرين لتقاطع به لوحات مرور (مثل لوحات الوقوف أو إشارات المرور)، وكذلك تنبه هذه الخدمة السائق عندما يكون حق المرور في التقاطع غير واضح أو مبهم.

مبدأ عمل الرادار في السيارات ومنظومة التوقف: كما في الشكل (5-5)

- تحسين السلامة العامة وذلك بتخفيف تأثير الاصطدام بسيارة متوقفة أو عائق ثابت من خلال استعمال الرادار.
- يقوم الرادار بالتعرف على الأجسام التي أمام السيارة.
- إذا لم يلاحظ السائق عائقاً أمام السيارة، يقوم الكمبيوتر بتحذير السائق وذلك ببدء تشغيل المكابح بشكل خفيف، مع إصدار صوت من جرس الإنذار.
- إذا لم ينتبه السائق على الرغم من ذلك، يقوم الكمبيوتر بتشغيل المكابح بشكل أقوى.

.



الشكل (5-5) العلاقة بين عمل الرادار في السيارات ومنظومة التوقف

2.5.2 الإيقاف الذاتي Self parking

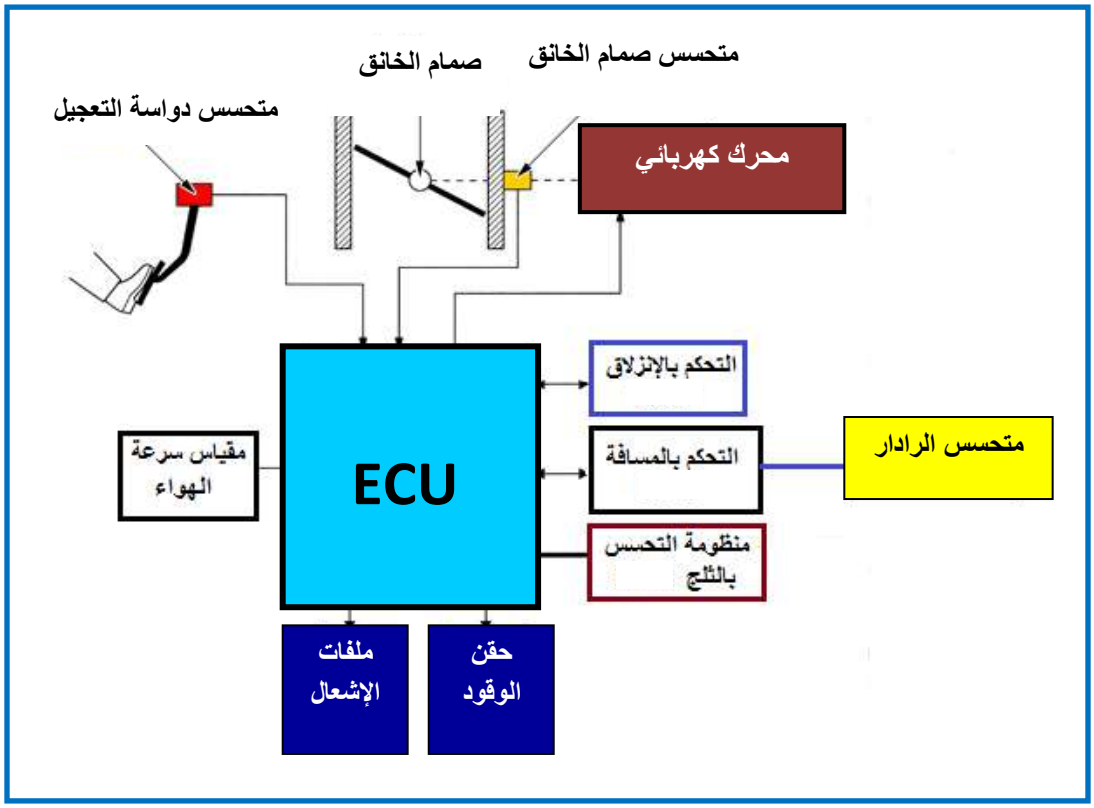
منظومات المستقبل الميكاترونيكية في السيارة ستكون منظومات الإيقاف الذاتي في ساحة وقوف السيارات وفي الأماكن المزدحمة، حيث سيتم التخلص بشكل نهائي من مشاكل ركن السيارات في الشوارع العامة والمناطق المزدحمة.

يتم تشغيل المنظومة فقط في حالة الرغبة في ركن السيارة في الأماكن المخصصة، وعند تشغيلها تعمل منظومة الإيقاف الذاتي أوتوماتيكياً بشكل كامل حيث لا حاجة الى تدخل السائق في ركن سيارته، ويكون مبدأ عملها كالآتي:

1. يتم تشغيل المنظومة في بادئ الأمر.
2. توجد متحسسات لتحديد الموقع (position sensors) على الجانب المطلوب الركن اليه في مقدمة ومؤخرة السيارة يتم تفعيلهما ذاتياً.
3. تعمل المتحسسات على إيجاد وتحديد المكان المناسب لإيقاف (أو ركن) السيارة، فترسل المعلومة إلى وحدة التحكم الإلكترونية (ECU) الخاصة بذلك.
4. تقوم وحدة التحكم الإلكترونية (ECU) بتوجيه السيارة إلى المكان المناسب وذلك من خلال التحكم بمشغلات خاصة تقوم بإدارة منظومة توجيه السيارة (steering). وتم تدريب منظومة التحكم الإلكترونية مسبقاً على عملية التوجيه هذه من اجل أن تعمل بشكل مناسب دون أخطاء، حيث تخزن آلية التدريب هذه في ذاكرة المنظومة الخاصة بذلك.

3.5.2 منظومة التحكم الالكتروني بصمام الخانق
Electronic Throttle Control system(ETCS)

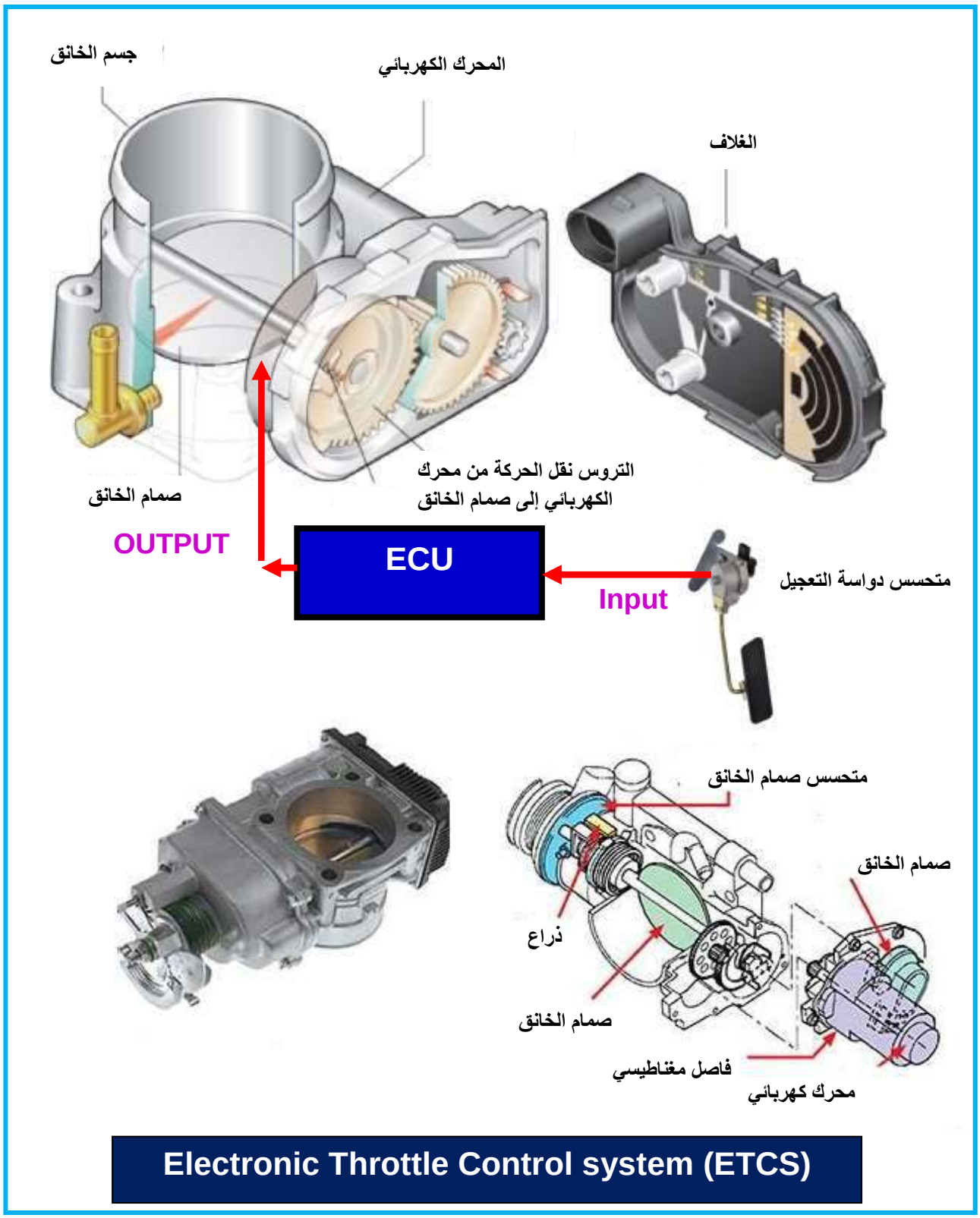
تم توفير هذه المنظومة المهمة في السيارات الحديثة لعدة أسباب منها تقليل الجهد الذي يسلطه السائق على دواسة التعجيل بالإضافة إلى التخلص من أسلاك الربط الميكانيكية التي تأخذ مساحة واسعة في السيارة والأهم من ذالك كله هو الاقتصاد في الوقود. يبين الشكل (5- 6) مخططاً بسيطاً لهذه المنظومة.



الشكل (5-6) مخطط نظام التحكم الالكتروني في صمام الخانق

عند قيام السائق بضغط دواسة التعجيل يقوم متحسس الدواسة التعجيل (Accelerator Pedal Position Sensor) (APPS) بقياس مقدار وسرعة الضغطة فيرسل إشارة بذلك إلى وحدة التحكم الإلكترونية (ECU)الخاصة بذلك فتقوم الأخيرة بإرسال أمر فتح صمام الخانق بمقدار يتناسب مع ما أرسله متحسس الدواسة التعجيل حيث يتم فتح الصمام عن طريق المشغل محرك الكهربائي (Servo Motor)، ومن خلال متحسس موقع صمام الخانق آخر خاص بذلك وهو متحسس Throttle Position Sensor (TPS) يتم الكشف عن مقدار زاوية فتح الصمام وترسل إلى (ECU) مخبراً إياها بأن المقدار المطلوب لزاوية الصمام تم/ أو لم يتم تحقيقه.

والآن يبين الشكل (5-7) نظام التحكم الالكتروني في صمام الخانق وحدة الخانق.



الشكل (5 - 7) نظام التحكم الالكتروني في صمام الخانق (وحدة الخانق)

4.5.2 التحكم في استقرار السيارة Vehicle Stability Control (VSC)

تعمل هذه المنظومة على:

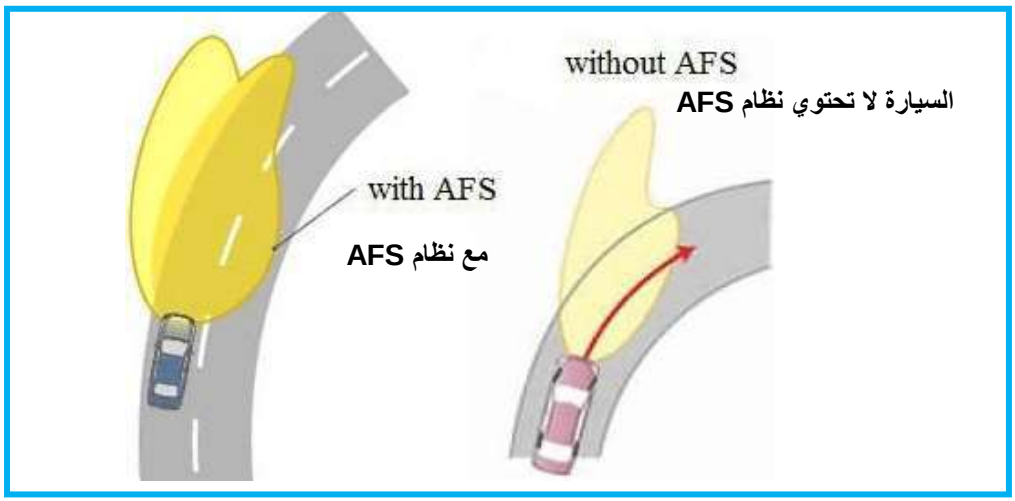
- تسهيل الانعطاف ومنع السائق من الانحراف عن المسار (التحكم بالاتجاه)
- منع السيارة من الانقلاب أثناء الانعطاف (منع الانقلاب)
- في بعض الحالات، يمكن الحصول على أقساط مخفضة من معدلات التأمين

يبين الشكل (5-8) مقارنة بين السيارة التي تحتوي على هذه المنظومة والسيارة التي لا تحتوي عليها في مسار منعطف.

الشكل (5-8) التحكم في استقرار السيارة

5.5.2 نظام الإضاءة الأمامية المتكيفة AFS system

يساعد على تقليل إجهاد وإعياء السائق أثناء الانعطاف في الظلام وذلك بتحريك منطقة الإضاءة وفقاً لاتجاه السيارة ويقوم كذلك بتحريك المصابيح الأمامية تلقائياً إلى اتجاه مسار مرآة السيارة. لاحظ الشكل (5-9).



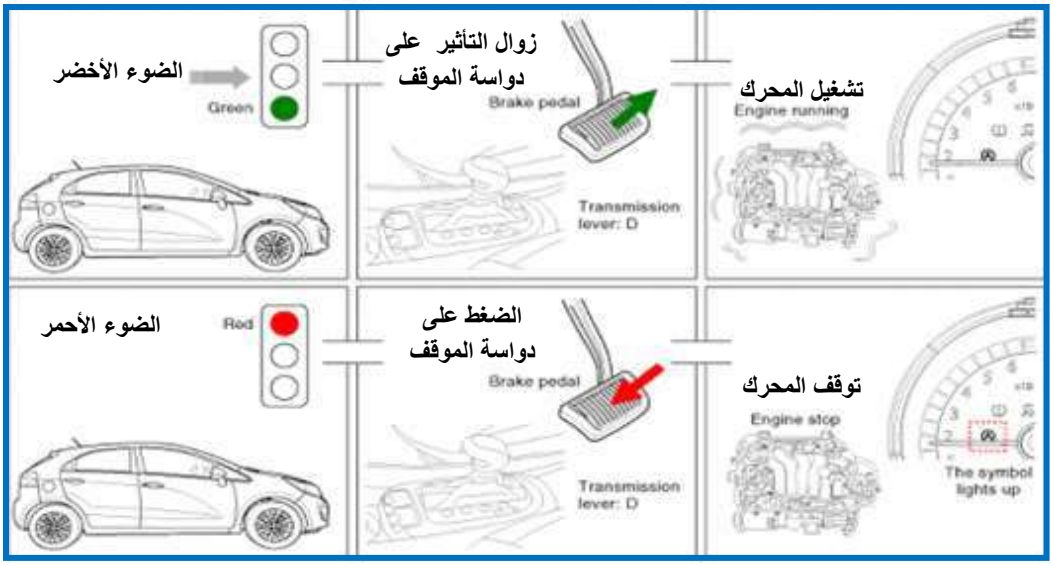
الشكل (5-9) نظام الإضاءة الأمامية المتكيفة

6.5.2 نظام تحسين ألإيقاف/ التشغيل Improvement Stopping/Starting ISS system

يقوم هذا النظام بالآتي:

- يحسن كفاءة استهلاك الوقود عن طريق تشغيل / إيقاف المحرك تلقائياً عند التوقف في إشارة المرور والحركة البطيئة في شوارع مكتظة.
- يقوم هذا النظام بإيقاف تشغيل المحرك تلقائياً عند اكتشاف عملية توقيف للسيارة عن طريق تحليل سرعة السيارة.
- يقوم هذا النظام بتشغيل المحرك تلقائياً عند اكتشاف تشغيل الكلج.
- يحسن كفاءة الوقود بمقدار 7% تقريباً.

يوضح الشكل (5-11) عمل هذه المنظومة.



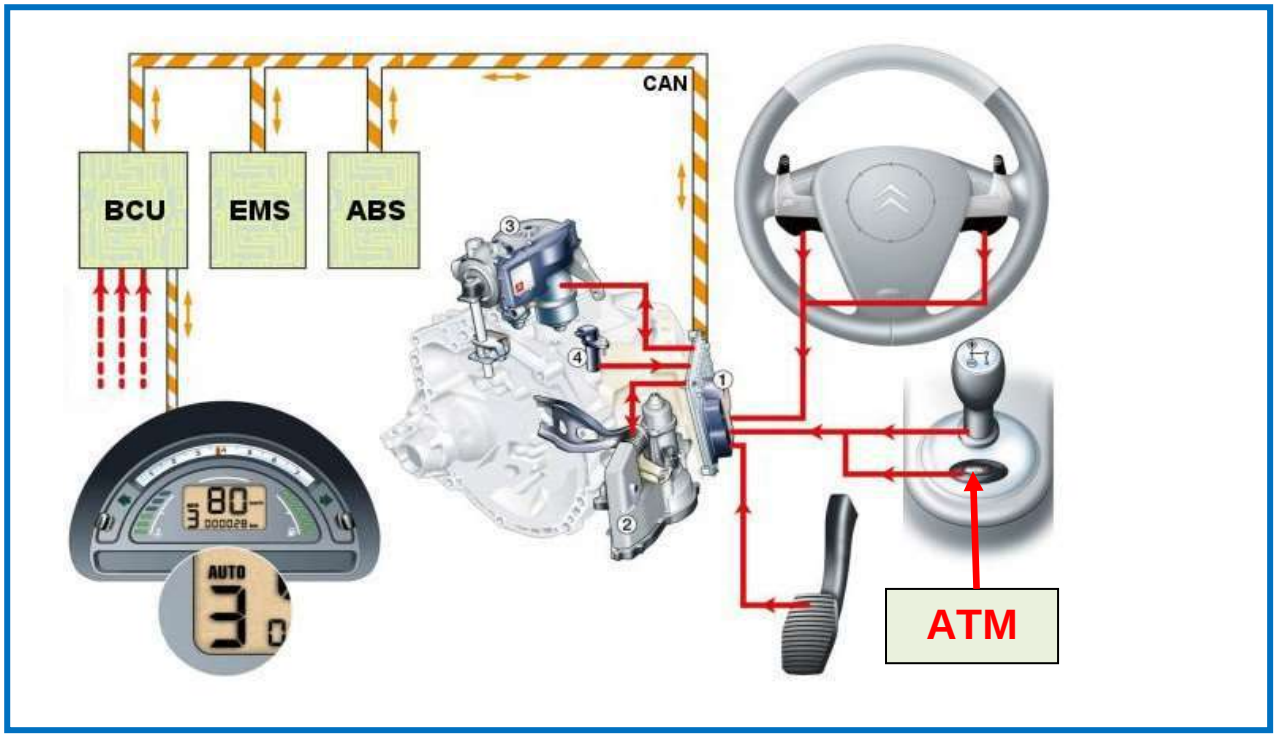
الشكل (5- 10) نظام تحسين الايقاف/التشغيل

7.5.2 نظام تغيير السرعات اليدوي بالمساعدة التلقائية ATM (AUTOMATIC MANUAL TRANSMISSION)

وهو عبارة عن توليفة هجينة من جهاز نقل الحركة التلقائي واليدوي، ومميزاته:-

1. أكثر كفاءة في استهلاك الوقود من السيارات المجهزة بجهاز نقل الحركة التلقائي (AT).
2. يمكن قيادتها برخصة قيادة تقتصر على السيارات المجهزة بجهاز نقل الحركة التلقائي.
3. لا حاجة لتشغيل ذراع تغيير التروس.
4. من حيث المبدأ، لا حاجة لاستبدال الكلتش أثناء العمر الافتراضي لتشغيل السيارة.
5. جهاز نقل الحركة اليدوي (MT) مع كلج وذراع تغيير التروس الآلي..
6. القيادة داخل المدينة: تقليل استهلاك الوقود بمقدار 3% مقارنة بالسيارات المجهزة بجهاز نقل الحركة اليدوي وبمقدار 16 % مقارنة بالسيارات المجهزة بجهاز نقل الحركة التلقائي
7. القيادة على الطريق السريع: تقليل استهلاك الوقود بمقدار 4% مقارنة بالسيارات المجهزة بجهاز نقل الحركة التلقائي.

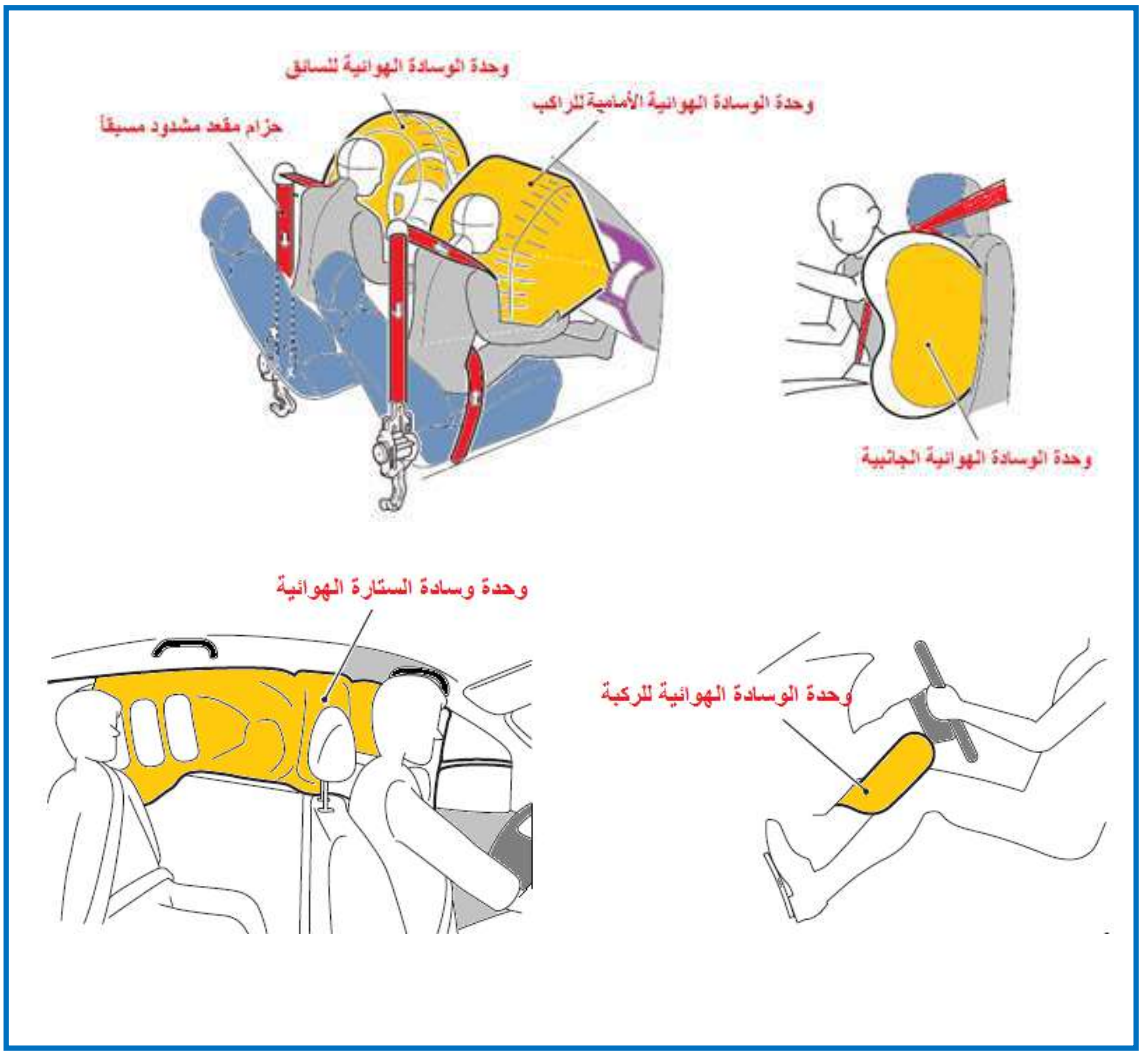
الشكل (5-11) يبن نظام تغيير السرعات اليدوي بالمساعدة التلقائية ATM



الشكل (5-11) نظام تغيير السرعات اليدوي بالمساعدة التلقائية ATM

2.8.2 الوسادة الهوائية AIRBAG system

عند حدوث الاصطدام، تتوقف السيارة بشكل سريع مما يجعل الركاب الغير مرتدين أحزمة الأمان (حتى المرتدين أحزمة في بعض الأحيان) في السيارة من الاستمرار بالتحرك إلى الأمام بنفس سرعة السيارة الأصلية وبذلك يصطدم بما موجود أمامه من مقود السيارة والزجاج وغيرها. لكل تلك الأمور تم تصميم ما يسمى بالوسادة الهوائية. والوسادة الهوائية عبارة عن كيس يملأ بالهواء أثناء الحاجة إلى ذلك لغرض حماية السائق والركاب من الأذى الناتج من حادث اصطدام معين وهناك عدة أكياس (وسائد) هوائية في أماكن مختلفة في السيارة كما مبين في الشكل (5-12).



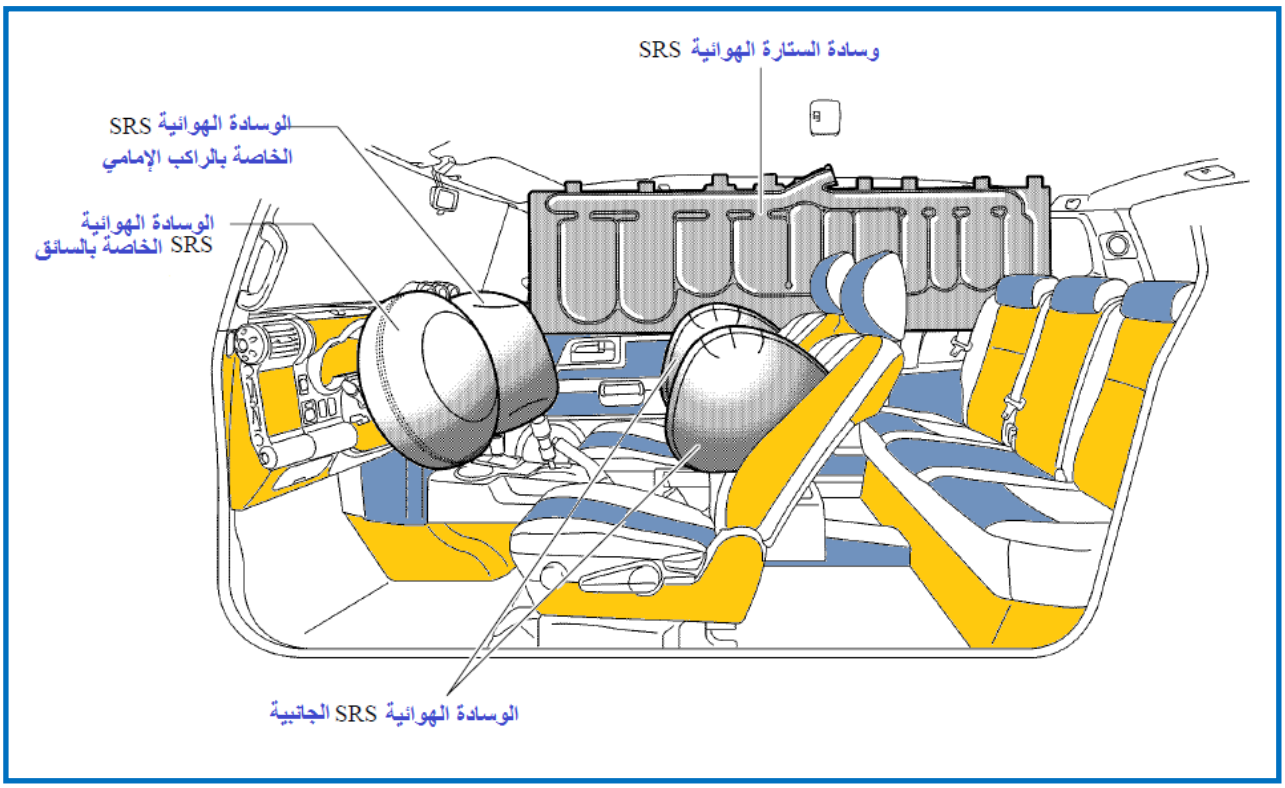
الشكل (5-12) الوسائد الهوائية في السيارة

إذاً فنظام الحماية المتكامل من الوسادات الهوائية (Supplemental Restraint System SRS airbag) في السيارة يحتوي على معدات قياسية (standard) وأخرى اختيارية (optional) كما مبين بالجدول (5-1).

المعدات	الفقرة	
Standard قياسي	الوسادة الهوائية SRS الخاصة بالسائق	التصادم الأمامي
	الوسادة الهوائية SRS الخاصة بالراكب الأمامي	
Optional اختياري	الوسادة الهوائية SRS الجانبية	التصادم الجانبي
	وسادة الستارة الهوائية SRS	

الجدول (5-1) نظام الحماية *المتكامل من الوسادات الهوائية في السيارة*

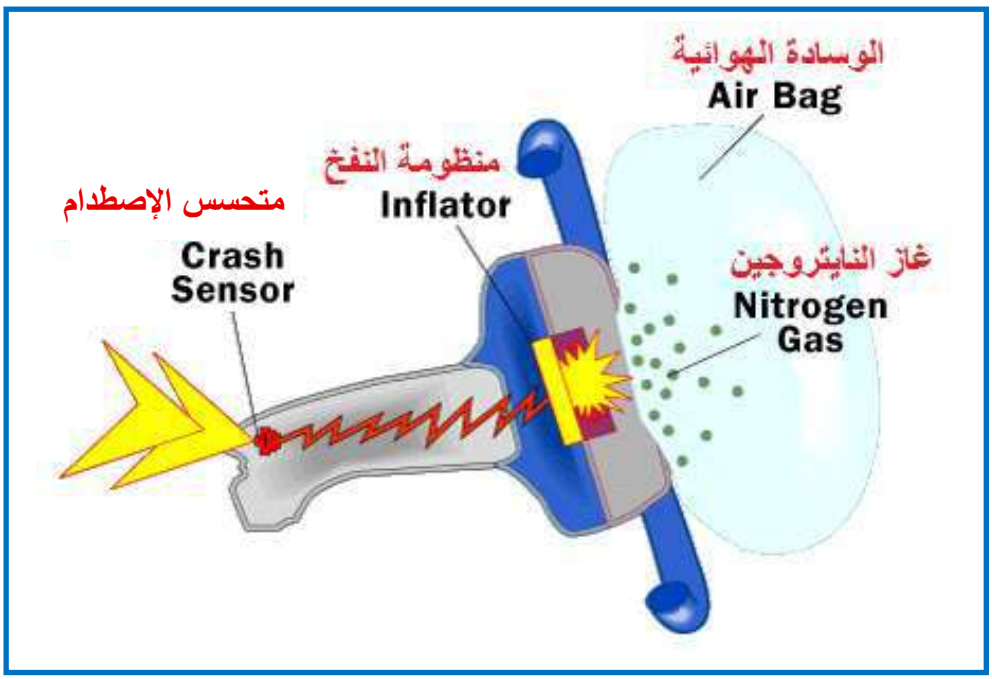
والشكل (5-13) يبين نظام الحماية المتكامل من الوسادات الهوائية في السيارة.



الشكل (5-13) نظام الحماية المتكامل للوسادات الهوائية في السيارة

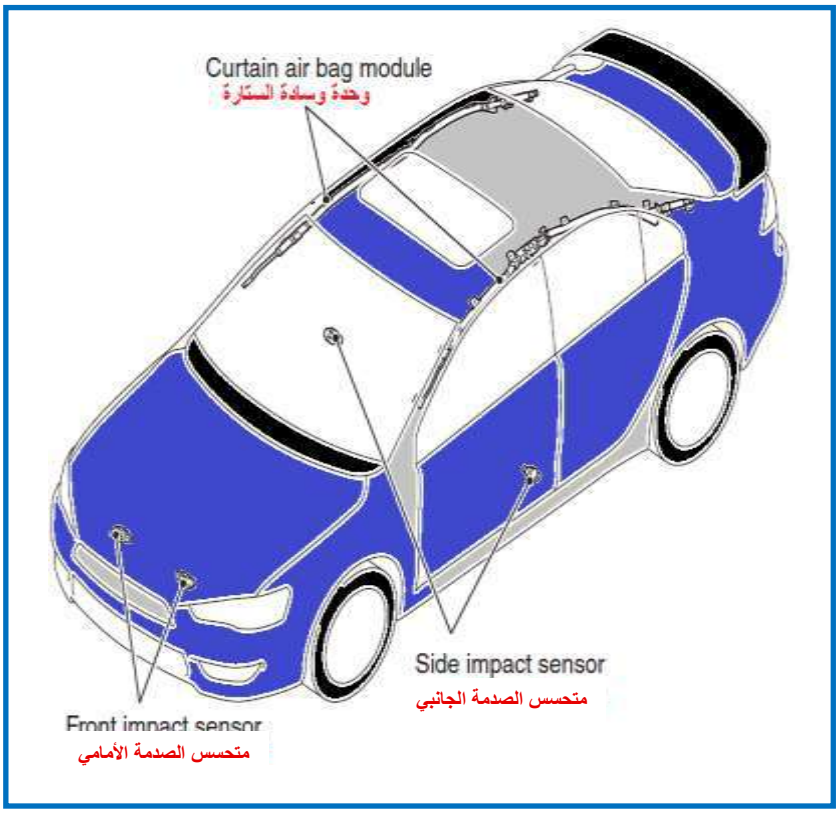
عمل نظام الوسادة الهوائية :

هنالك متحسسات خاصة تسمى متحسسات الاصطدام (crash sensors) توضع في مقدمة السيارة بشكل أساس وفي أماكن أخرى ممكن أن تتعرض لحوادث الاصطدام ولها تأثير سلبي خطير على حياة الركاب. يقوم هذا المتحسس بإرسال إشارة إلى منظومة النفخ كما مبين بالشكل (5-14) وبدوره يملأ الوسادة بالهواء وتتم العملية.



الشكل (5-14) آلية عمل الوسادة الهوائية

أما مواقع متحسسات الصدمة في السيارة فهي كما مبينة في الشكل (5-15).



الشكل (5-15) مواقع متحسسات الصدمة في السيارة

تصنع الوسادة الهوائية من مادة رقيقة من المطاط المقاوم للإجهادات الميكانيكية والحرارية ويتم تغطية الوسادة الهوائية بغبار من الطباشير أو غيره من اجل الحفاظ عليها مزيته أثناء خزنها.

الأسئلة والتطبيقات

س1-عدد أنظمة الميكاترونيكس في السيارات الحديثة.

س2- ارسم المخطط الانسيابي لمنظومة تحديد المسافة بين السيارة والعائق مبيناً أجزائه

س3- اشرح آلية عمل منظومة الرادار في السيارات الحديثة.

س4- عدد طرق تفادي الاصطدام واشرحها بالتفصيل.

س5- بين العلاقة بين متحسس الرادار ونظام الموقف للسيارة.

س6- ما الإيقاف الذاتي؟ وما مبدأ عمله.

س7 اشرح نظام التحكم الالكتروني في صمام الخانق.

س8- ما نظام تحسين الإيقاف/تشغيل؟ ارسم مخطط يوضح ذلك.

س9- ما الفائدة من منظومة التحكم في استقرار السيارة؟

س10- ما نظام الإضاءة الأمامية المتكيفة؟

س11- ما مميزات نظام تغيير السرعات اليدوي بالمساعدة التلقائية؟

س12- ما الوسادة الهوائية؟ وما أنواعها ؟ ارسم مقطع يوضح آلية عملها؟

س13- ما المعدات القياسية والاختيارية في نظام الحماية المتكامل من الوسادات الهوائية؟

س14- ما متحسس الاصطدام في نظام الوسادة الهوائية؟ وضح آلية عمله معززاً ذلك بالرسم.

س15- بماذا تمتاز نظام التحكم الالكتروني في صمام الخانق عن سابقتها الميكانيكية؟