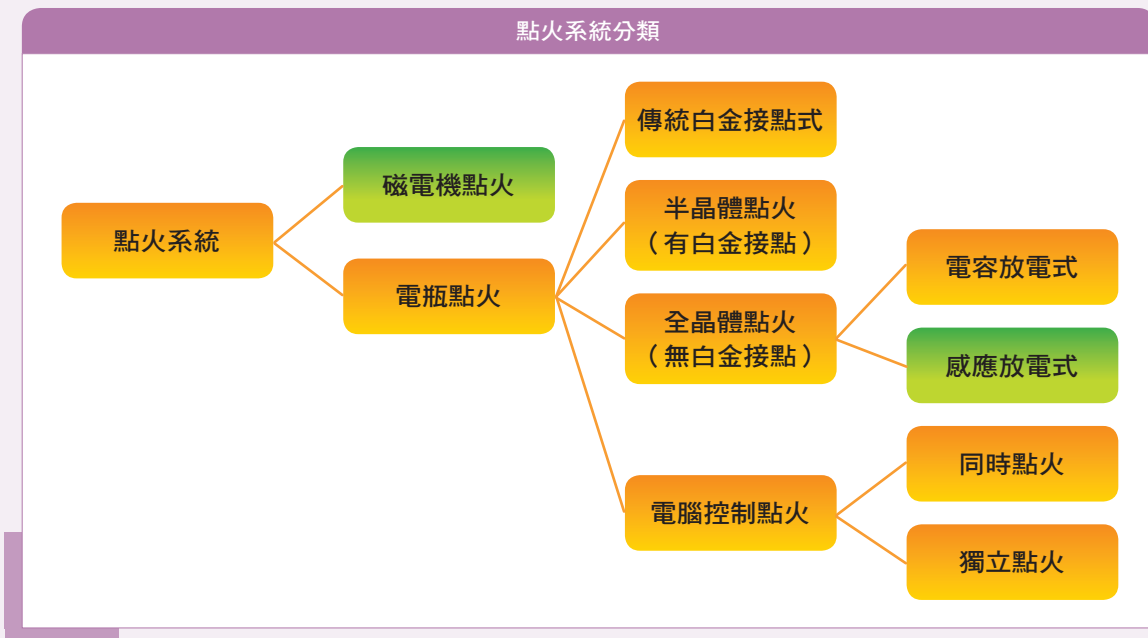




■ 曾逸敦

引擎點火系統

一般的引擎必須依賴高壓電火花點燃混合油氣使引擎運轉，因此除了柴油引擎之外，其他的引擎必須有一個點火系統輔助混合油氣點燃。



點火系統分類

點火系統是汽車引擎發動不可或缺的一個重要環節，汽油引擎要獲得動力，必須利用點火系統產生強烈的火花，引燃汽缸中被壓縮後的混合油氣，使汽缸內迅速燃燒膨脹，以產生很高的壓力推下活塞。可以這麼說，點火系統的功用是產生高壓電火花，以點燃汽缸內被壓縮的混合氣體。

點火系統可粗分為使用磁電機點火或電瓶點火，而電瓶點火又可以細分為傳統白金式、半晶體、全晶體，上述區分條件是點火方式的不同。為求點火時間精準，電瓶點火最後發展出使用電腦判斷。在歷史的縱軸上，點火系統的進程可分為機械時期、電子時期與電腦時期。

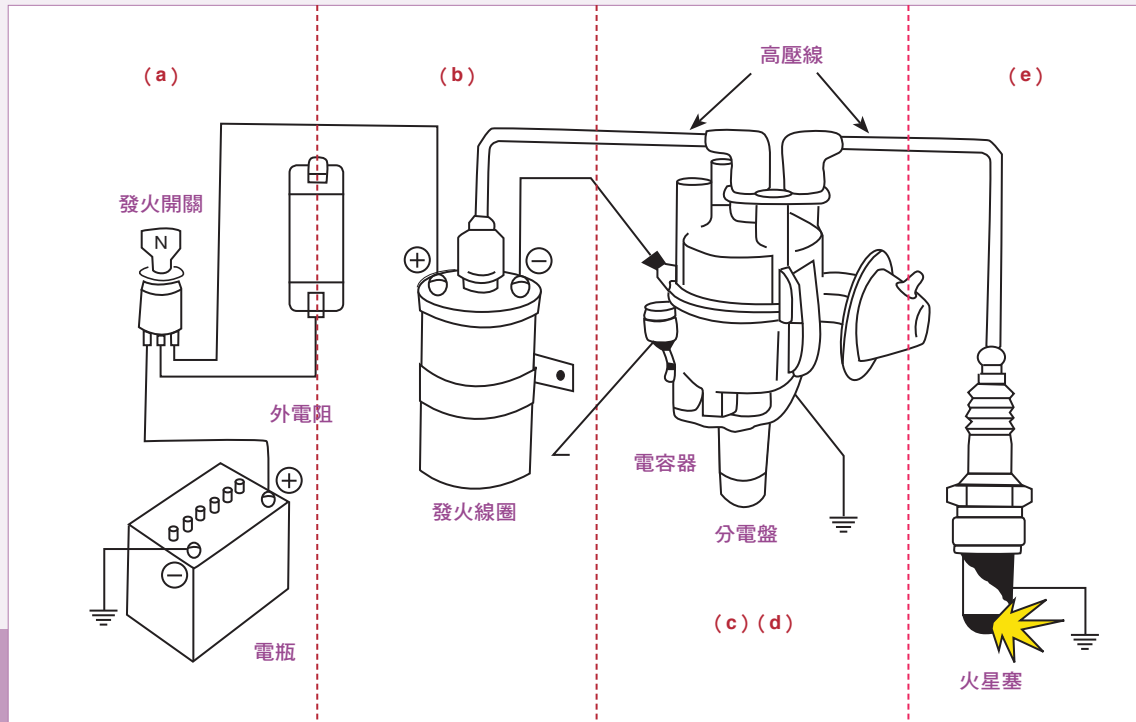
傳統白金式點火系統

點火系統最基本的組成是：電源—電瓶、點火開關；高壓電產生器—點火線圈；點火控制器—分電盤內的白金接點、其他斷電開關和分火頭，上述元件根據點火順序把電送至對應的火星塞；放電器—即火星塞，使高壓電跳過電擊間隙以產生火花。

點火線圈 又稱發火線圈，功用如同變壓器，可把電瓶中 12V 的電壓轉變為足以跳過火星塞間隙的 25,000V 的高電壓。變壓器的運作原理是應用法拉第電磁感應定律，使電壓升高或降低。變壓器通常包含兩組或以上的線圈，主要用途是升降交流電的電壓。

點火線圈外表有兩個低壓線頭（標有 +、- 接線符號）以及一個高壓線頭。點火線圈內部則有一低壓線圈，又稱初級線圈，以及一組高壓線圈，又稱次級線圈。低壓線圈的匝數較少，大約 200 ~ 300 圈，兩端分接於兩個低壓線頭上。高壓線圈匝數約為 20,000 ~ 30,000 圈，與低壓線圈相差約為 100 倍，其一端接於低壓線圈的一頭，另一端於高壓線頭上連結分火頭。當低壓線圈通電的瞬間產生的自感電壓大約是 12V，高壓線圈因為變壓器原理，會因為線圈數量差了 100 倍而產生 100 倍左右的感應電壓，大約是 1,200V 的電壓。

雖然藉由感應讓高壓線路產生了 1,200V 的電壓，但由於跳過火星塞間隙的高電壓需要 250,000V，因此仍不足以使其產生跳火。



電瓶點火系統：(a) 電源、(b) 高壓電產生器、(c) (d) 點火控制器、(e) 放電器。(圖片來源：eatontseng.pixnet.net/ 曾教授與古董保時捷)

點火控制器 顧名思義是控制點火時間、順序的原件，而點火控制器包含了3個元件，分別是：白金接點、電容器、分電盤。

白金接點一決定能否產生點火，而點火作用的過程可以分為兩個部分，一是凸輪未把白金接點頂開時，另一是凸輪把白金接點頂開時。

當凸輪未把白金接點頂開時，白金接點接合，電流進入線圈中，線圈會產生一與電流流向相反的感應電動勢來阻止電流增加（冷次定律），因為電流需要延遲一段時間才能達到最大值，所以一開始的感應電壓值很小。自點火開關打開且白金接點閉合，電瓶的電流會由點火線圈流至白金接點接地，這時低壓線圈產生充磁作用，自感應電壓約為電瓶電壓 12V。因為低壓線圈產生自感電壓，高壓線圈依線圈比例大約產生 1,200V 電壓，但仍不足以讓火星塞點火。

當凸輪把白金接點頂開時，在白金接點斷開的瞬間電流迅速消失，線圈產生一與電流流向同向的感應電動勢，這時電流變化率大，產生的感應電動勢也大。白金接點張開瞬間產生崩磁，這時崩磁產生感應電壓約 250V。由於低壓線圈產生 250V，高壓線圈依線圈比例產生約 25,000V 的高電壓，這時電壓就足以跳過火星塞的間隙產生火花點火。

低壓線圈因為白金接點頂開而瞬間斷電時，根據冷次定律會產生一瞬間感應電壓（約 200 ~ 400V，後頭一律用 250V 計算）。而如同前面所提及的，點火線圈的高壓、低壓線圈匝數比約為 100 : 1，因此高壓線圈的感應電壓約為低壓線圈感應電壓的 100 倍。

電容器一通常與白金接點並聯，與發火線圈串聯，其構造是兩鋁箔片中間夾以一絕緣紙而成。在通電的過程中，電容器可產生靜電儲電，功用是防止當自感應電壓

產生時在白金間隙上跳火而燒毀白金，有保護白金的作用。

分電盤—在點火分配器中，分電盤的功用非常多。首先，分電盤會作為點火作用中接通或切斷低壓電路的開關。分電盤轉動時，連帶著凸輪也會使得白金接點頂開或閉合，進而影響其通電。其二，分電盤會把高壓電依點火順序分送至各缸火星塞，使得汽缸內的火星塞依序點火，讓引擎展開運作。

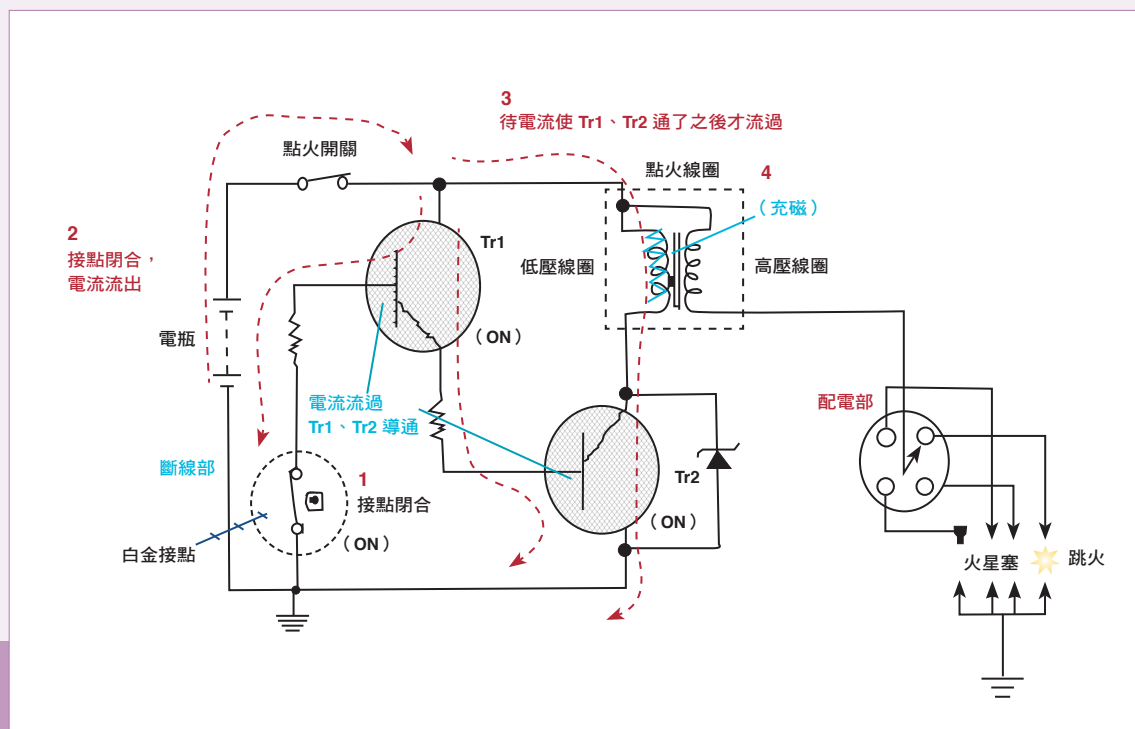
半晶體點火系統

普通接點式點火系統的白金接點所流過的電流很大，就算有電容的保護，效果仍有限，白金接點常常因此燒壞。而隨著白金接點燒壞之後，點火的高壓電火花便會變得相當微弱，進而影響引擎性能。點火

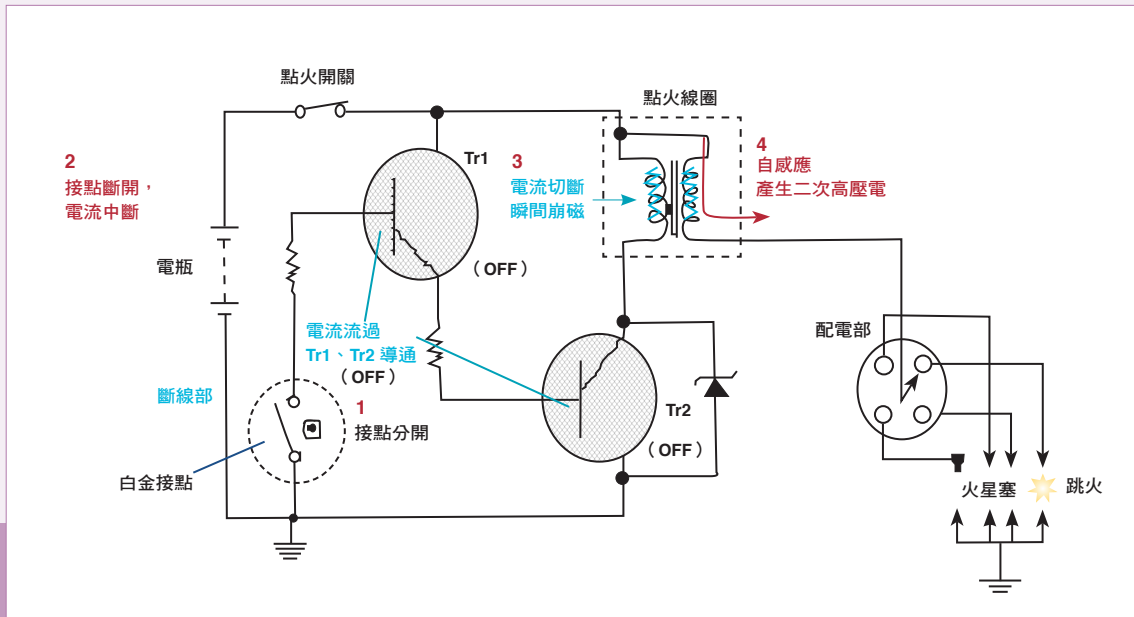
系統開始進展到電子點火後，電子點火結構與傳統式白金接點最大的不同，來自於控制點火線圈通斷路的控制線路設計在低壓線圈之前。

接點閉合時的作用 當點火開關接合（ON）且白金接點閉合（ON）時，電流從第一電晶體的射極、基極再經白金接點流回地面。由於電流流經，第一電晶體會導通（ON），這時大部分的電流經第一電晶體的集極到第二電晶體的基極，也會使第二電晶體導通（ON）。等到電流使第二電晶體導通以後，電瓶電流便可經過點火線圈中的低壓線使之充磁。

接點分開時的作用 當白金接點分開時，第一電晶體的射極、基極電流因此中斷，則第一電晶體不導通（OFF）。當第一電晶體不導通（OFF）時，連帶的第二電晶體也跟著不導通（OFF），使得點火線圈中



接點閉合時



接點分開時

低壓線圈的電流中斷、瞬間崩磁，進而高壓線圈感應產生高壓電。

全晶體點火系統

如同半晶體點火系統，全晶體點火系統控制通斷的線路也是在低壓線圈之前。而不同於傳統白金接點式和半晶體式點火系統，在全晶體式點火系統的感應電壓步驟中，不需要用到「崩磁」，因為全晶體在低壓線圈之前的電路中安裝了升壓電路，可使高壓線圈感應足夠的電壓，不需經過崩磁就可跳火。全晶體與半晶體的差異點是，在半晶體點火系統中，還有機械控制的白金接點，因機械損耗不可避免，為使保養次數降低，全晶體點火系統使用感應裝置取代白金接點。

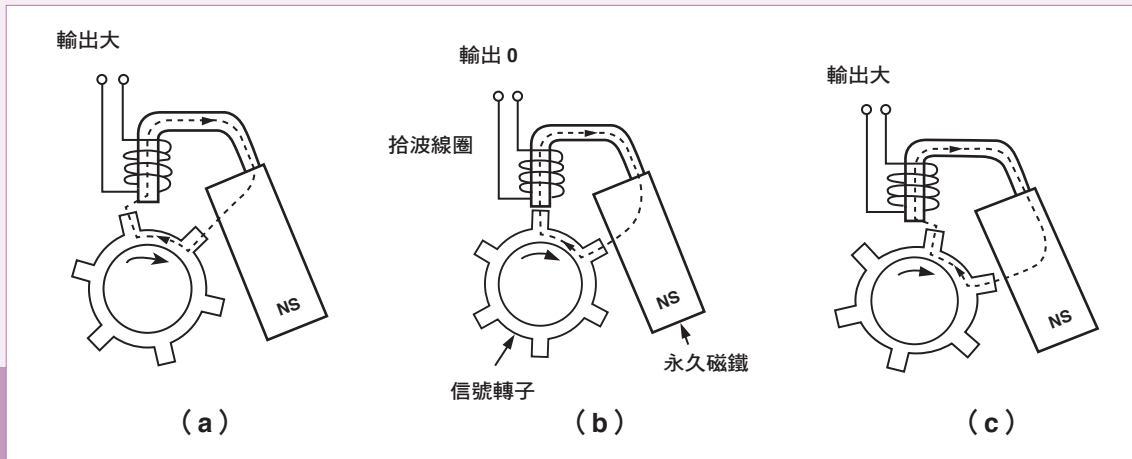
電容放電式點火系統 為了縮短點火線圈（高壓線圈）的二次電壓產生時間，讓點火系統更適合用在高轉速的引擎上（例如小型引擎、賽車引擎和轉子引擎），採用了電容器充電儲存所需的電量，並在需要的時候使電容放電至一次線圈，而使二次

線圈產生高壓電，二次線圈放出的電流再觸發火星塞點火。

重要元件—升壓電路：升壓電路的作用原理與點火線圈的原理差不多。舉例而言，從電池出來的電壓約 12 V，經過升壓電路之後約可提升至 250 V 儲存在電容中，再根據矽控整流器元件（點火器）的訊號進行充放電。

矽控整流器元件（點火器）：是一種三端點的閘流體元件，用以控制通過負載的電流。閘極的電壓必須比陰極高，才會形成 P-N 順向導通，這時若陽極的電壓大於陰極，就會如同二極體一般導通。而控制矽控整流器導通與否的訊號則由磁波發電機提供。

磁波發電機：包含一固定的永久磁鐵及感應拾波線圈，與一轉動磁阻器或稱正時鐵芯，以正時鐵芯代替凸輪，以感應接收線圈代替白金。其原理是利用改變信號轉子凸起部與支架及磁鐵間的空隙，使流通的磁力線數目跟著變化，因為磁力線的變化，使拾波線圈感應的電壓隨著變化。



磁波發電機。(a)：當凸起部即將接近線圈中心支架時，這時的磁阻最大，磁波線圈感應電壓最高。(b)：當凸起部與支架中心正好對齊時，這時磁阻最小，磁波線圈沒有感應電壓。(c)：同(a)的原理，但是產生的電壓是反相的負偏壓。

運作流程—引擎未運轉時：點火開關接通呈現 ON 的狀態，這時引擎未運轉且分電盤不轉動，因此磁波線圈也不轉動，矽控整流器因為磁波線圈未有脈衝訊號而不導通，直流電會直接充入主要電容器內。

引擎運轉時（磁波線圈正脈衝信號）：引擎運轉發動，正時鐵芯即將接近線圈中心，磁波線圈觸發器首先感應產生正脈衝信號，促使矽控整流器導通，則主要電容器內的電壓放電至初極線圈，因而使次極線圈感應產生高電壓，火星塞跳火。

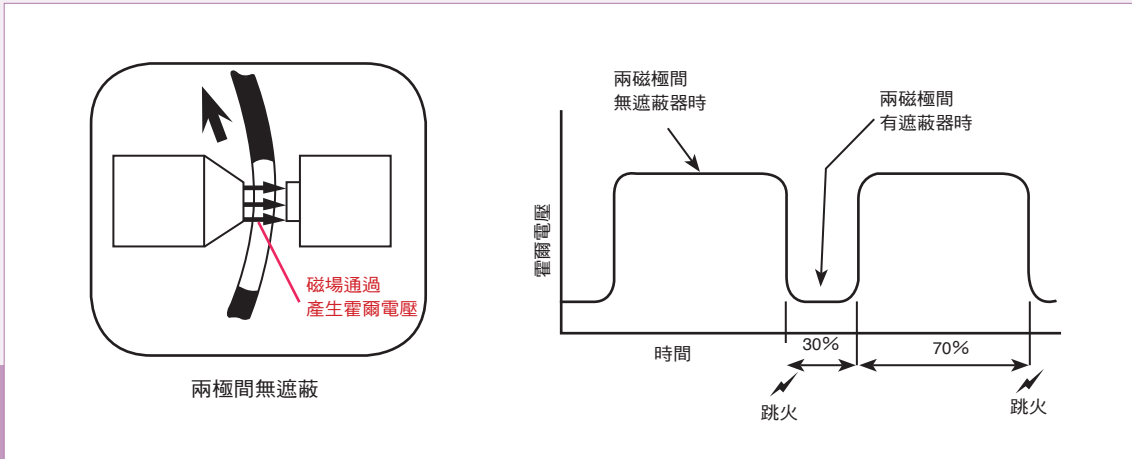
引擎運轉時（磁波線圈負脈衝信號）：這時正時鐵芯即將離開線圈中心，磁波線圈觸發器感應產生負脈衝信號，矽控整流器則不導通，電容器呈現充電狀態，準備進行下一次放電。

感應放電式點火系統 顧名思義是透過信號產生器感應產生信號後，一次線圈先通電，當信號切斷時，切斷一次線圈電流產生崩磁現象，致使二次線圈產生高壓電進而點火的系統。分電盤中的信號產生器可分為：磁波發電機式信號產生器、霍爾效應元件開關信號產生器、光檢波式元件信號產生器。

霍爾效應元件開關—顧名思義是利用一霍爾效應感知器（又稱磁極感知器）及一永久磁鐵，通常可安裝在分電盤中。霍爾效應元件開關可根據磁場的有無，供應霍爾效應電壓接通或切斷。其中，有一磁場切斷器（有閘門及窗口的圓盤，又稱為遮蔽器）是隨分電盤軸旋轉的，可遮斷永久磁鐵的磁場經過霍爾效應元件開關。當磁場切斷器中的閘門圓盤隨分電盤軸旋轉，而遮斷永久磁鐵的磁場經過霍爾效應感知器時，則無霍爾效應電壓，因此可提供一信號給電腦或 ECM（行車電腦）。

光檢波式元件信號產生器—利用一發光二極體及一感光的光電晶體產生電壓波信號，通常使用二組，可安裝在分電盤中。其原理是利用光線遮擋板使發光二極體照射至光敏電阻的光線，作規則性的切斷與導通。這時光敏電阻的電阻值也會作規律性的改變，進而從感測電路中得到頻率性的電壓訊號。因此這種感測器在引擎靜止時也有信號產生，且輸出信號波型振幅一定，不會因引擎轉速變化而改變。缺點是容易因油汙而干擾光線的投射與接收，且不耐高溫。

運作原理—電子控制單元會依據引擎進氣量及轉速決定點火提前角度，再依據



霍爾效應元件開關電壓圖

節氣門位置、水溫感測器、爆震感知器等信號決定點火時間。

當引擎不運轉時，信號產生器無電壓脈衝時，則電子控制單元無法驅動電晶體（OFF），一次線圈不產生充磁，以避免點火線圈燒毀。當引擎運轉時，信號產生器產生一電壓脈衝，以控制電晶體電路的流通。信號產生器產生訊號時，則電子控制單元驅動電晶體，導致低壓線圈有電流經過而產生電壓。當信號切斷時，切斷一次線圈電流產生崩磁現象，低壓線圈產生較高電壓時，則高壓線圈因變壓器原理而感應高電壓，再把高壓傳遞到分電盤使活星塞跳火。

無分電盤點火系統

無分電盤點火系統是由車上各個感知器信號告知電腦控制器或電子控制單元目前車輛或引擎運作的情形，再判斷點火的時刻。一般可分為雙輸出端點火系統和直接點火系統。

雙輸出端點火系統 引擎運轉時，信號產生器產生一電壓脈衝，且各種感知器提供引擎各種的狀況，再由電腦控制電晶體的通路或斷路，控制低壓線圈充磁或不充磁使高壓線圈產生跳火，並適時做點火

提前。一線圈可同時點燃兩個火星塞，在兩個活塞相對缸中實施，剛好輪到排氣行程的火星塞產生的火花不具點火功能，因此做無效火花點火，另一個在壓縮行程的火星塞則做有效火花的跳火，點燃混合氣產生動力。

直接點火系統 可依照不同感知器傳回的信號，控制點火時間的早晚。點火的組件與同時點火不同的是，一個點火線圈對應一個火星塞而構成迴路，仍是由電腦或電子控制單元控制電晶體電路，使點火線圈低壓線路導通或斷路。當引擎不運轉時，信號產生器不產生電壓脈衝，則一次線圈不產生充磁。若引擎運轉，信號產生器產生一個電壓脈衝，且各個感知器會提供引擎運作的狀況，再由電腦或電子控制單元提供電晶體電路的流通，控制低壓線圈充磁或崩磁使高壓線圈跳火。

曾逸敦

中山大學機械與機電工程學系