

第四节 霍尔式传感器实用电路

一、霍尔转速计电路

霍尔转速表由装有永久磁铁的转盘、霍尔集成传感器、选通门、时基信号、计数装置、电源等组成，在计数装置内有计数器、寄存器、译码器、驱动器及显示器。

霍尔转速表的整机电路如图 3-19 所示。转盘的输入轴和被测旋转轴相连，被测物体旋转时，转盘随之转动。当转盘上的永久小磁铁经过霍尔集成传感器时，霍尔集成传感器就输出一个脉冲信号。转盘不停地转动，霍尔集成传感器便输出表示转速的连续脉冲信号。该信号经非门 F_1 倒相，输送至与非门 F_3 的输入端 1。 F_3 的 2 输出端接来自时基电路 555 送来的

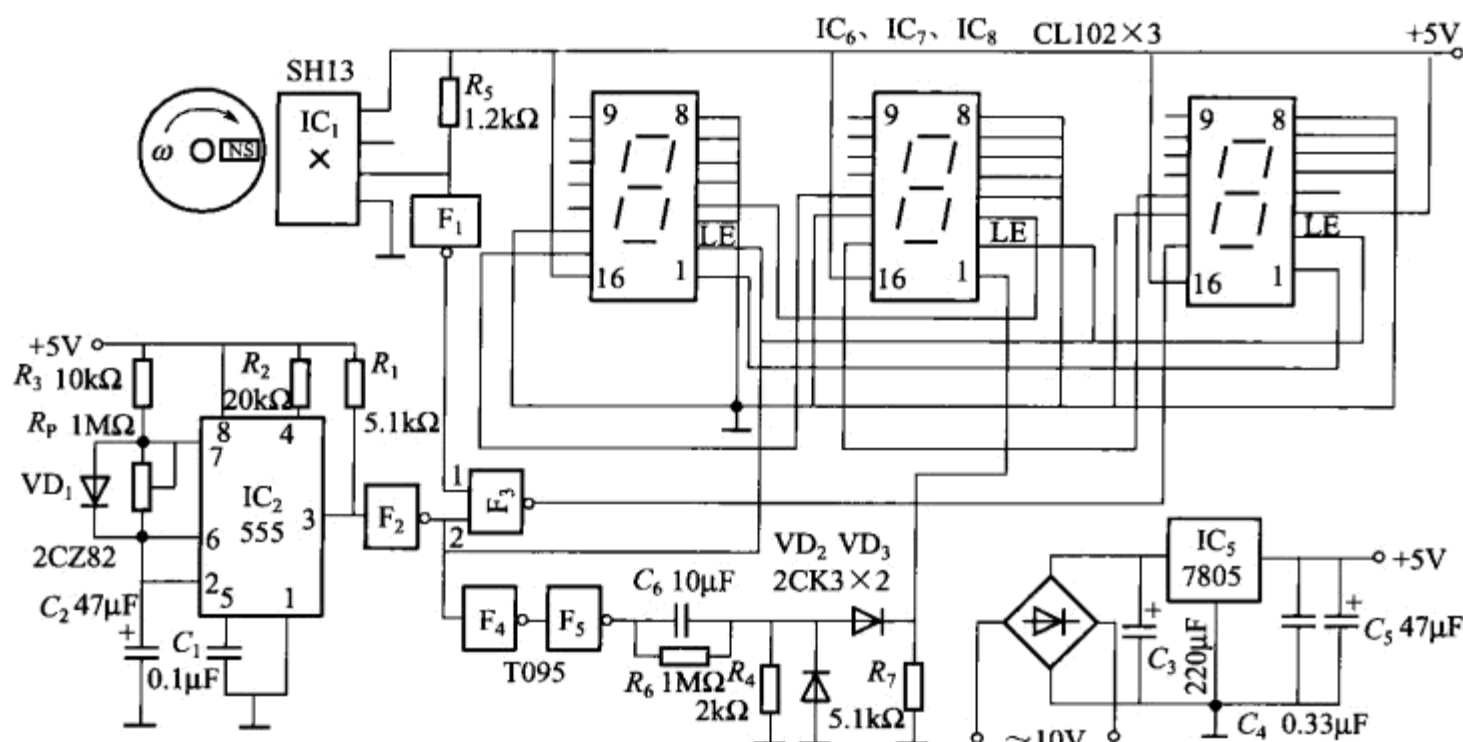


图 3-19 霍尔转速表的整机电路

方波脉冲信号，这个时基信号用来控制选通门 F_3 的开与闭，以此来控制转速信号能否通过 F_3 。

开机后，转速信号立即被加在 F_3 的 1 输入端，如果此时时基信号为低电平，则选通门呈关闭状态，转速信号无法通过选通门。当第一个时基信号到来时，选通门才开启，并同时使计数装置中的 LE 端呈寄存状态。时基信号的前沿也同时触发反相器 F_4 和 F_5 及由 R_4 、 R_6 、 R_7 、 C_6 、 VD_2 、 VD_3 组成的微分复位电路，复位脉冲由 VD_3 输出，使计数装置内的计数器清零。时基信号在完成上述功能后，时基信号在一个单位时间内（例如 1min）保持高电平，在这个时间内选通门 F_3 一直开启，转速信号则通过选通门送至计数装置计数，实现了在单位时间内的计数。当单位时间结束时，时基信号呈低电平，使选通门 F_3 关闭且自动置计数装置的 LE 端为送数状态。此时计数器的计数内容送至寄存器并同时显示寄存器的内容。当第二个时基信号到来时，又把计数器的内容清零，并重复上述过程。但此时的寄存器及显示器的内容不变，只有当第二次采样结束后才会更新而显示新的测试结果。

整机电源由 7805 三端稳压器供给。时基信号由 555 集成电路及外围元件组成一个多谐振荡器，由 3 脚输出一系列方波脉冲信号。

计数装置采用三个 LED 数码管与 CMOS 电路为一体的功能模块，模块由计数器、寄存器、译码器、驱动器、显示器 5 部分组成。

二、霍尔式汽车点火电路

桑塔纳、奥迪 100、红旗 CA7220 型轿车用霍尔式电子点火系统的组成如图 3-20 所示。

1. 霍尔式信号发生器的结构和工作原理

霍尔信号发生器是根据霍尔效应原理制成的，它装在分电器内。其基本结构如图 3-21 所示。它由触发叶轮和信号触发开关等组成。

触发叶轮像传统分电器凸轮一样，套在分电器轴上部。它可以随分电器轴一起转动，又能相对分电器轴做少量转动，以保证离心调节装置正常工作，触发叶轮的叶片数与汽缸数相等，其上部套装分火头，与触发叶轮一起转动。

触发开关由带导磁板的永久磁铁和霍尔集成块组成。触发叶轮的叶片在霍尔集成块和永

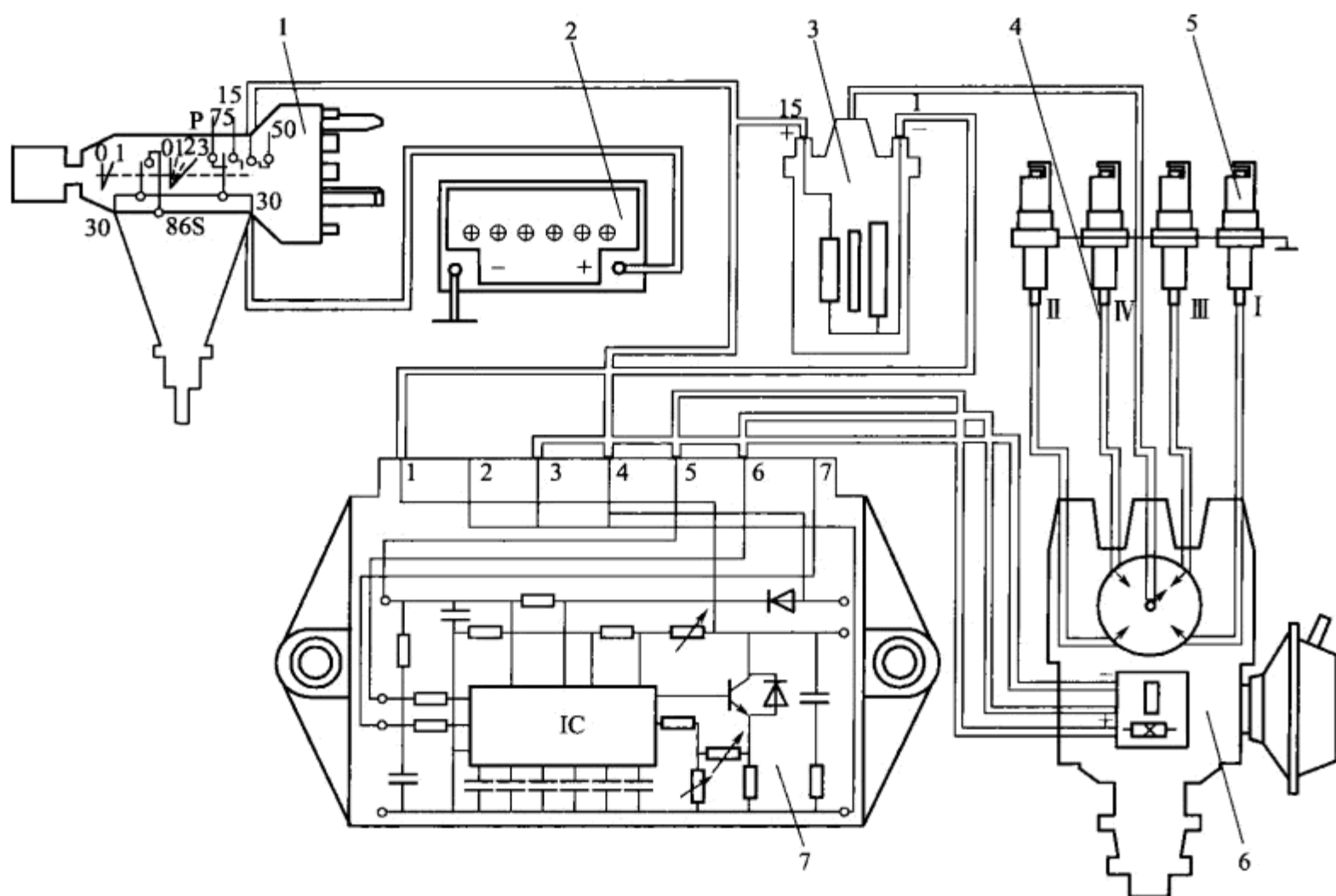


图 3-20 霍尔式电子点火系统的组成
1—点火开关；2—蓄电池；3—点火线圈；4—高压线；
5—火花塞；6—霍尔式分电器；7—点火控制器

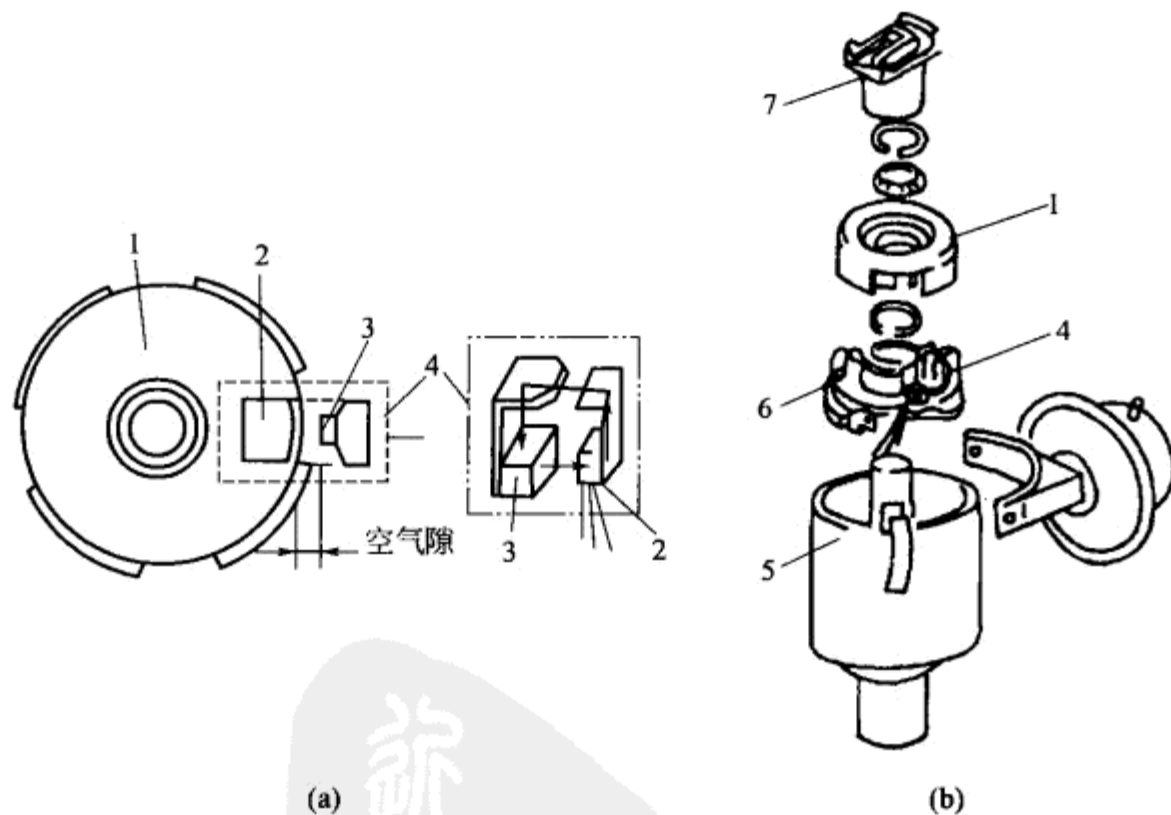


图 3-21 霍尔信号发生器
1—触发叶轮；2—带导磁板的永久磁铁；3—霍尔集成块；4—信号
触发开关；5—分电器壳体；6—触发开关托盘；7—分火头

久磁铁之间转动。

霍尔集成块包括霍尔元件和集成电路。霍尔信号发生器工作时，霍尔元件产生的霍尔电压信号，经过放大、整形、变换后，最后以方波输出。霍尔集成块的框图如图 3-22 所示。

霍尔信号发生器是一个有源器件，它需要提供电源才能工作，霍尔集成块的电源由点火控制器提供。霍尔集成电路输出极的集电极为开路输出形式，其集电极的负载电阻在点火控制器内设置。霍尔信号发生器有三根引出线且与点火控制器相连接，其中一根是电源输入线，一根是霍尔信号输出线，一根是搭铁线。

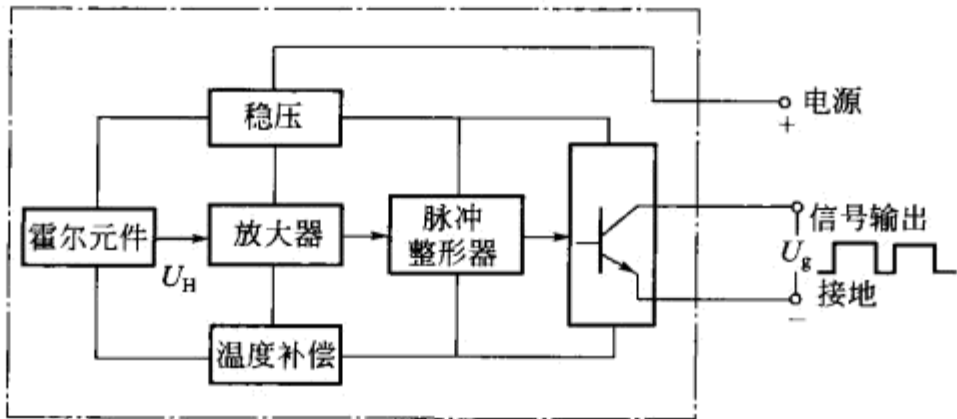


图 3-22 霍尔集成块电路框图

霍尔信号发生器工作原理是：触发叶轮转动时，当叶片进入永久磁铁与霍尔集成块之间的空气隙时，霍尔集成块中的磁场即被触发叶轮的叶片所旁路（或隔磁），见图 3-23(a)。这时霍尔元件不产生霍尔电压，集成电路输出级的三极管处于截止状态，信号发生器输出高电位。

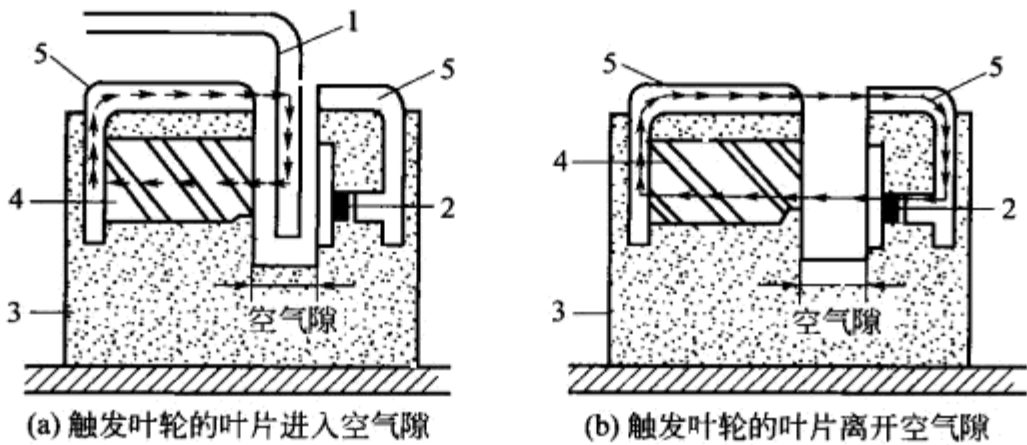


图 3-23 霍尔信号发生器工作原理

1—触发叶轮的叶片；2—霍尔集成块；3—霍尔
传感器；4—永久磁铁；5—导磁板

当触发叶轮的叶片离开空气隙时，永久磁铁的磁通便通过霍尔集成块经导磁板构成回路，见图 3-23(b)。这时霍尔元件产生霍尔电压，集成电路输出级的三极管处于导通状态，信号发生器输出低电位。

2. 点火控制器

(1) 点火控制器的基本功能 桑塔纳、奥迪轿车上使用点火控制器除具有一般点火控制器的开关作用（相当于传统点火系统中的触点，用来接通和切断点火线圈初级电路）外，还具有许多附加功能，如闭合角控制、限流控制、停车断电保护和过压保护等功能。

点火功能：点火控制器的点火功能是根据霍尔信号发生器的方波信号，接通或切断点火线圈的初级电路，实现点火。

点火线圈的限流控制（恒流控制）：为了使发动机在任何工况下都能实现稳定的高能点火，桑塔纳、奥迪轿车点火系统采用了专用高能点火线圈，其初级电路的电阻值 R_1 只有 $0.65\text{m}\Omega$ 左右。如电源电压 U_B 为 14V ，点火控制器末级大功率三极管的压降 U_{CE} 为 1.5V （忽略采样电阻的压降），则其初级电路的稳定电流为 19.23A 左右。

初级绕组通过这样大的稳定电流，如不加以适当控制，特别是在低转速时长时间通过大电流，不但浪费电能，更重要的是可能使点火线圈以及点火控制器因为过热而烧坏，为此在点火控制器内设置有点火线圈限流控制保护电路，其目的是将初级电流限制在某一数值并保持不变。

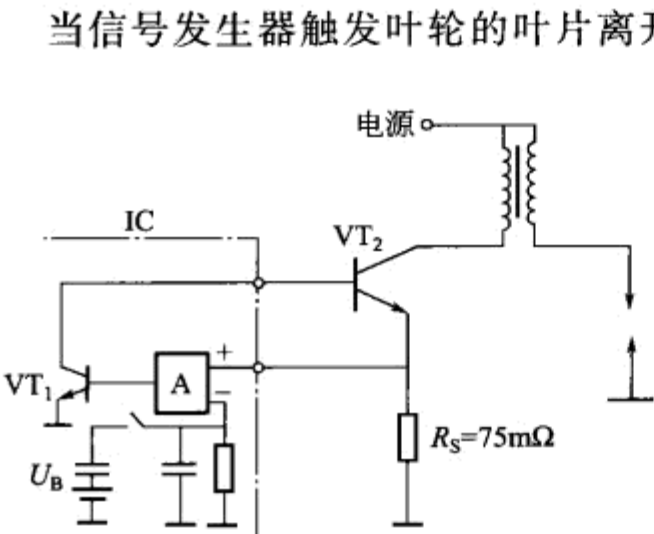


图 3-24 点火线圈限流控制电路原理

当信号发生器触发叶轮的叶片离开空气隙时，信号发生器输出的信号电压由高电平转变为低电平，点火控制器接收到低电平信号后，立即输出低电平使大功率三极管 VT₂ 截止，切断点火线圈初级电流，次级绕组中便感应产生高压电，供各缸火花塞跳火点燃可燃混合气。

点火线圈限流控制的电路原理如图 3-24 所示。图中 R_s 为采样电阻，接在大功率三极管的发射极，与点火线圈的初级绕组串联。控制初级电流稳定在 7.5A 左右。

闭合角控制（导通角控制）：闭合角的概念来源于传统点火系统，是指断电器触点闭合期间分电器凸轮转过的角度，即初级电流接通期间分电器轴转过的角度。在电子点火系统中，闭合角是指点火控制器末级大功率三极管导通期间分电器轴转过的角度，所以也称导通角。

在使用高能点火线圈的点火系统中，尽管有了限流控制，也必须对闭合角加以控制。桑塔纳、奥迪轿车点火系统闭合角控制的方法是限流时间反馈法。它以限流时间为基准，反馈到闭合角控制电路，通过其内部控制电路，驱动大功率三极管在低速时延迟导通，在高速时提前导通，从而达到在转速变化时，使导通时间基本上不随发动机转速变化而变化。

利用限流时间反馈法控制闭合角，在电源电压变化时，还有较好的适应性。如果电源电压升高时，闭合角会自动减小；反之，闭合角会自动增大。当电源电压升高到一定程度，点火控制器会自动切断初级电路，起到保护点火线圈和点火控制器的作用。

停车断电保护：汽车停驶时，如果点火开关未关断，霍尔信号发生器可能（随机地）输出高电平且保持不变，其结果将使点火线圈初级电路长期处于接通状态，使点火线圈及点火控制器等加速损坏。为此，点火控制器内设置了停车断电保护电路，它能在汽车停驶时，自动缓慢地切断点火线圈初级电路。

桑塔纳与奥迪轿车点火控制器的控制参数如表 3-2 所示。

表 3-2 桑塔纳与奥迪轿车点火控制器的控制参数

检测条件	电源电压 $U=14V$ ，一次绕组电阻值 $R=0.65\Omega$				
分电器转速/(r/min)	300	750	1000	1200	1600
峰值电流/A	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56
平均电流/A	1.4	1.9	2.45	2.65	3.4
导通角/(°)	20	32	43	49	63
限流时间/ms	4.5	0.95	0.66	0.68	0.2
相对导通率/%	22	36	48	54	70

(2) 点火控制器的结构组成 目前，点火控制器普遍采用混合集成电路制成，并用导热树脂封装在铸铝散热板上以利散热。不同公司的设计思路不同，所设计的控制器电路也不相

同，桑塔纳与奥迪轿车点火控制器的外形结构如图 3-25 所示，点火控制器与点火系统的电路连接关系如图 3-26 所示。

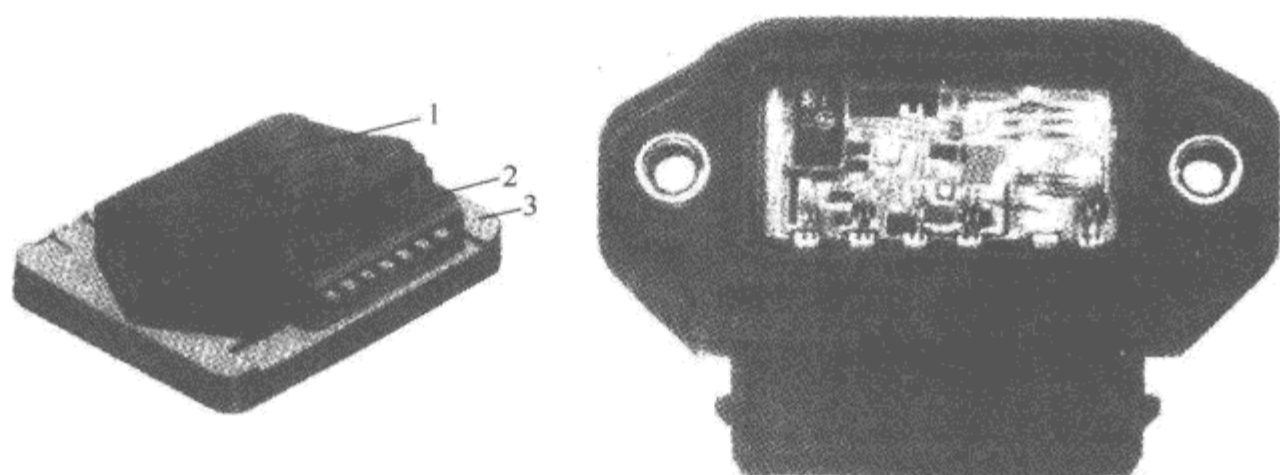


图 3-25 桑塔纳与奥迪轿车点火控制器的外形结构
1—控制器壳体；2—线束插座；3—散热板

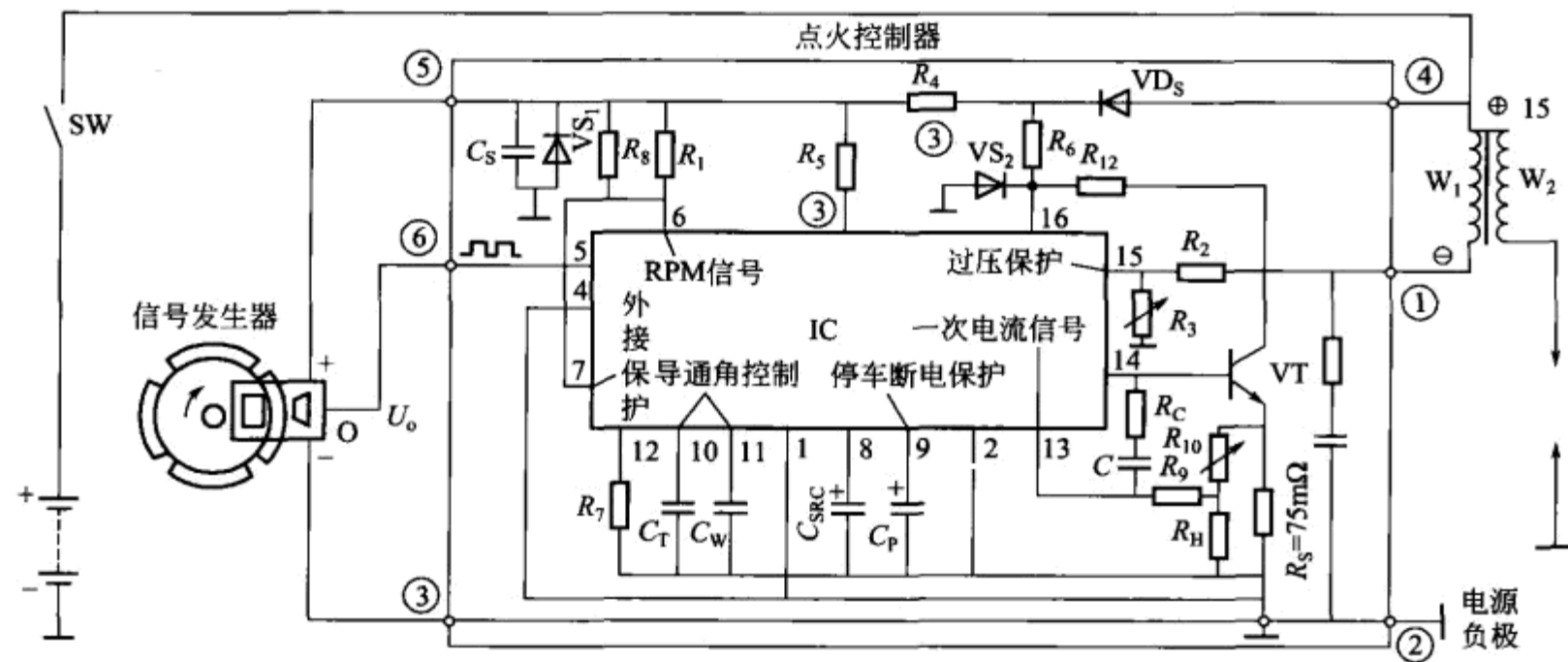


图 3-26 桑塔纳、奥迪轿车霍尔式点火系统控制线路

点火控制器内部电路为混合集成电路，由专用点火集成电路（IC）和辅助电路组成。常用专用集成电路有 L482、BD497、L497、89S01 型等 16 管脚（端子）准双列直插式和 L497D 型平板式集成电路，控制参数如表 3-3 所示。

表 3-3 霍尔式点火系统专用 IC 技术参数

序号	项 目	参 数		
		L482	BD497	L497
1	工作电压/V	3.5~28	3.5~28	3.5~20
2	最高反向电压/V	-14	-16	-16
3	达林顿管保护电压/V	25	26	24
4	90℃时的耗散功率/W	0.75	—	0.6~1.2
5	工作温度/℃	-40~150	-55~150	-55~150
6	存储温度/℃	-65~150	-55~150	-55~150

虽然各种专用集成电路与辅助电子电路的结构组成各有不同，但其功能基本相同。桑塔纳与奥迪轿车霍尔式点火系统用 L497、BD497 型专用集成电路的管脚排列与功能组成框图如图 3-27 所示，各管脚（端子）的功能如下所述。

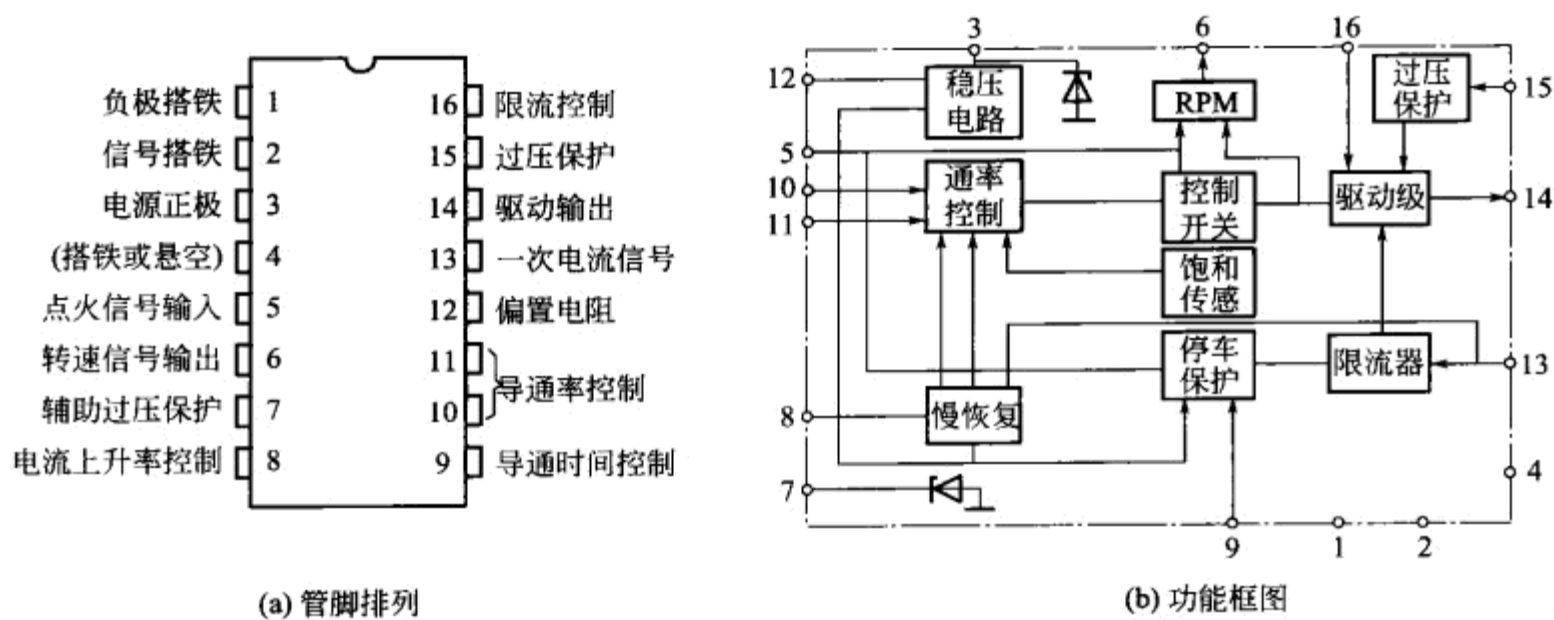


图 3-27 L497 与 BD497 型专用集成电路的结构组成

- 端子 1：搭铁端子。与电源负极连接。
- 端子 2：信号搭铁端子。与霍尔式点火信号发生器“—”端子连接。
- 端子 3：专用 IC 的电源端子。因为 IC 芯片内部接有 7.5V 稳压管，所以端子 3 的电压为 7.5V。其作用是向 IC 提供电源并保护霍尔式传感器。
- 端子 4：搭铁或悬空端子。此端子最好搭铁，以避免干扰。
- 端子 5：霍尔式传感器信号输入端子。与传感器“O”端子连接。
- 端子 6：转速信号输出端子。当点火线圈流过电流时，端子 6 输出信号为低电平，向发动机转速表输入转速信号。
- 端子 7：辅助过压保护端子。在端子 7 内部接有一个 21V 稳压管，当端子 7 上的电压达到 21V 时便可起到过压保护作用。端子 7 外接电阻 $R_8(820\Omega)$ 为稳压管的限流电阻。
- 端子 8：电流上升率控制端子。控制点火线圈电流由零上升到额定值的上升斜率，端子 8 外接电容器 C_{SRC} 的电容为 $1\mu F$ 。在输入的霍尔信号电压由高电平向低电平转换之前，如线圈电流小于额定值的 94%，便增大电流的上升斜率。
- 端子 9：导通时间控制端子。当输入的霍尔信号电压致使达林顿三极管导通时间超过设定值时，控制点火线圈一次电流逐渐减小至零，端子 9 外接电容器 C_P 的电容为 $1\mu F$ 。
- 端子 10：导通角控制定时端子。导通角是指控制点火线圈一次电流的大功率三极管或达林顿三极管导通期间发动机曲轴转过的角度。由电容器 C_T 充电和放电进行控制，该电容器相当于一个定时器，端子 10 外接电容器 C_T 的电容为 $0.1\mu F$ 。
- 端子 11：导通角控制信号端子。端子 11 外接电容器 $C_W(0.1\mu F)$ ，该电容器上的电压 U_W 与定时电容 C_T 上的电压 U_T 比较后决定导通时间长短。
- 端子 12：偏置电阻端子。端子 12 外接电阻 $R_7(62k\Omega)$ ，该电阻电阻值的大小直接影响导通角控制电容器的充电电流值、点火线圈电流上升率和停车断电保护控制电流值的大小。
- 端子 13：一次电流传感信号端子。检测点火线圈一次电流的大小。
- 端子 14：专用 IC 驱动输出端子。外接达林顿三极管基极，为达林顿三极管驱动输入控制端子。
- 端子 15：过压保护控制端子。该端子向 IC 输入达林顿三极管过压保护采样信号，端子

外接电阻 R_2 ($5\text{k}\Omega$)、 R_3 (350Ω)，调节 R_2 或 R_3 的电阻值即可调节达林顿三极管的保护电压。

端子 16：限流控制端子。该端子为专用 IC 内部驱动级的限流控制端子。外接 24V 稳压管，为限流电路提供稳定的工作电压，外接电阻 R_6 (56Ω) 起限流作用。

三、位置检测

传统的直流电动机为了保持气隙磁链与转子磁链的位置相对不变（相互成 90° 电角度），就采用电刷来改变转子绕组的电流。无刷直流电动机为了保持这种相对位置的不变，就必须根据转子的位置来改变绕组中的电流，故需要在定子的适当位置加装位置传感器。这种位置传感器通常为开关型霍尔传感器，如图 3-28(a) 所示。

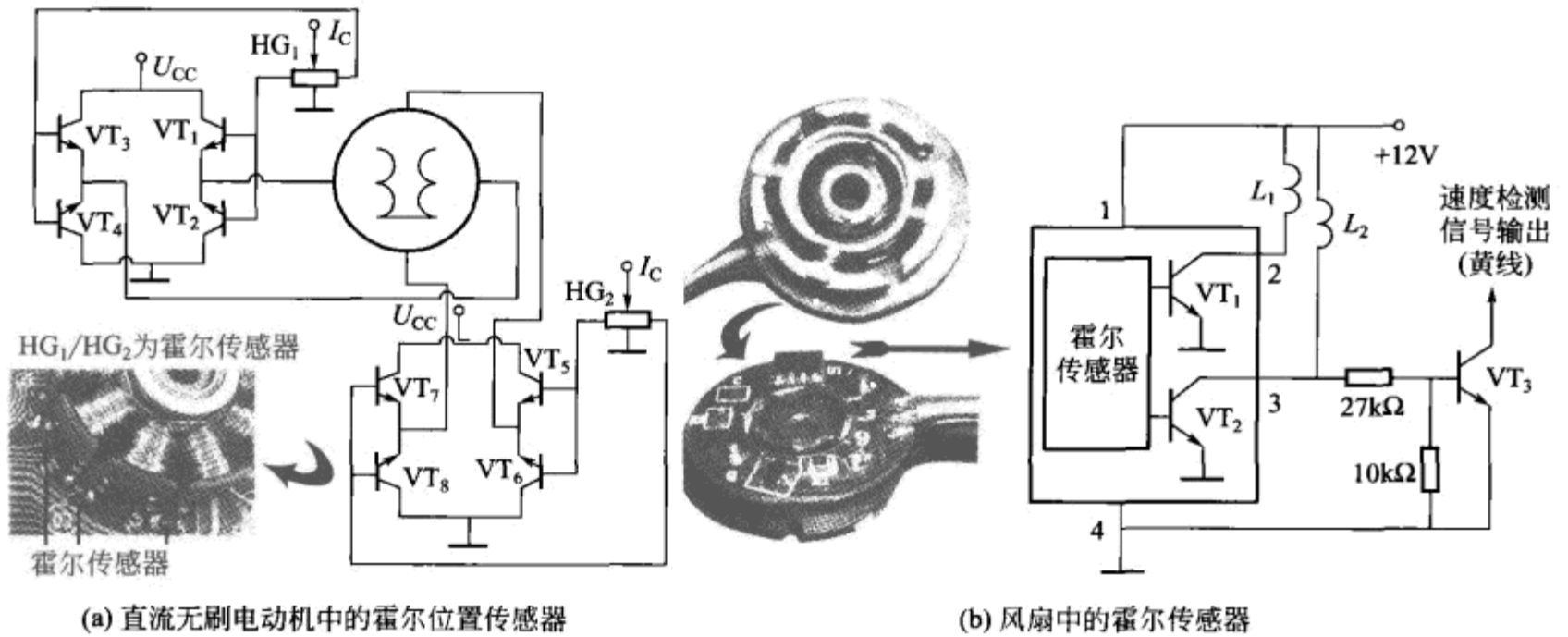


图 3-28 霍尔传感器的应用

直流无刷电动机使用永磁转子，在定子的适当位置放置所需数量的霍尔传感器，它们的输出和相应的定子绕组的供电电路相连。当转子经过霍尔传感器附近时，永磁转子的磁场令已通电的霍尔传感器输出一个电压信号使定子绕组供电控制三极管导通，给相应的定子绕组供电，产生和转子磁场极性相同的磁场，排斥转子继续转动。到下一个位置，前一个位置的霍尔传感器停止工作，下一个位置的霍尔传感器输出一个控制信号，使下一个绕组通电，产生排斥力使转子继续转动。如此循环，维持电动机的工作。

在这里，霍尔传感器起位置传感器的作用，检测转子磁极的位置，它的输出使定子绕组供电电路通、断，又起开关作用，当转子磁极离去时，令上一个霍尔传感器停止工作，下一个器件开始工作，使转子磁极总是面对排斥磁场。

计算机中的 CPU 散热风扇采用的也是无刷直流电动机，在这种电动机中，霍尔传感器不但起着位置传感器的作用，还起到速度检测传感器的作用。霍尔传感器在计算机 CPU 风扇中的应用电路如图 3-28(b) 所示。

计算机中的 CPU 散热风扇采用两相绕组线圈首尾相接缠绕在四个定子铁芯上，两组线圈相差 90° ，霍尔传感器（S76A16460、APX9140 等开关型霍尔传感器）固定在定子铁芯附近，用于探测转子磁环磁场的变化。当永磁转子旋转时，加到霍尔传感器的磁感应强度发生变化，霍尔传感器便控制输出信号驱动 VT_1 、 VT_2 按一定的规则导通或截止，使定子线圈产生的磁场与转子磁环的磁场相互作用，对转子产生同一个方向的推或拉的力矩，让其转动起来。