

变频空调器基本原理

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

教学内容

- 一、变频空调器原理
- 二、IPM智能功率模块
- 三、变频空调器电路结构

获取更多资料 蓝领星球

一、电机转速控制

1.电机转速控制方式的分类

传统定速空调器压缩机转速控制方式：是交流电源断续(ON/OFF)控制方式，这种控制方式压缩机的频繁启动会无谓地耗电，使效率降低，又会造成零部件的损坏。

变频空调器压缩机转速控制方式：是通过改变压缩机电机的供电频率达到速度控制的目的，这种方式从供电方式上来分有两种，即交流供电方式和直流供电方式。从控制速度方式上来分，变频空调器有以下控制方式：

①PWM (Pulse Width Modulation)方式：即脉冲宽度调制方式，简称脉宽调制方式，控制能量的大小用脉冲的宽度来表示。

②PAM(Pulse Amplitude Modulation)方式：即脉冲幅度调制方式，控制能量的大小用脉冲的幅度来表示。

③PWM+PAM控制方式：即将上述两种方式结合起来对压缩机的电机进行控制。

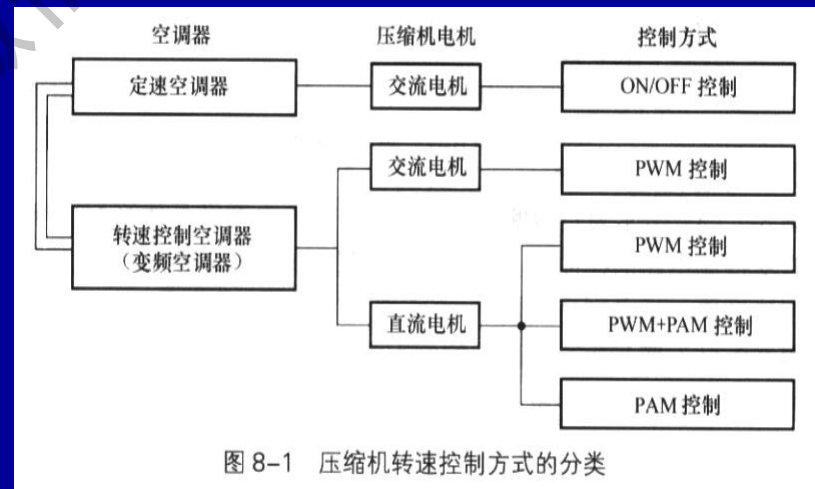


图 8-1 压缩机转速控制方式的分类

一、电机转速控制

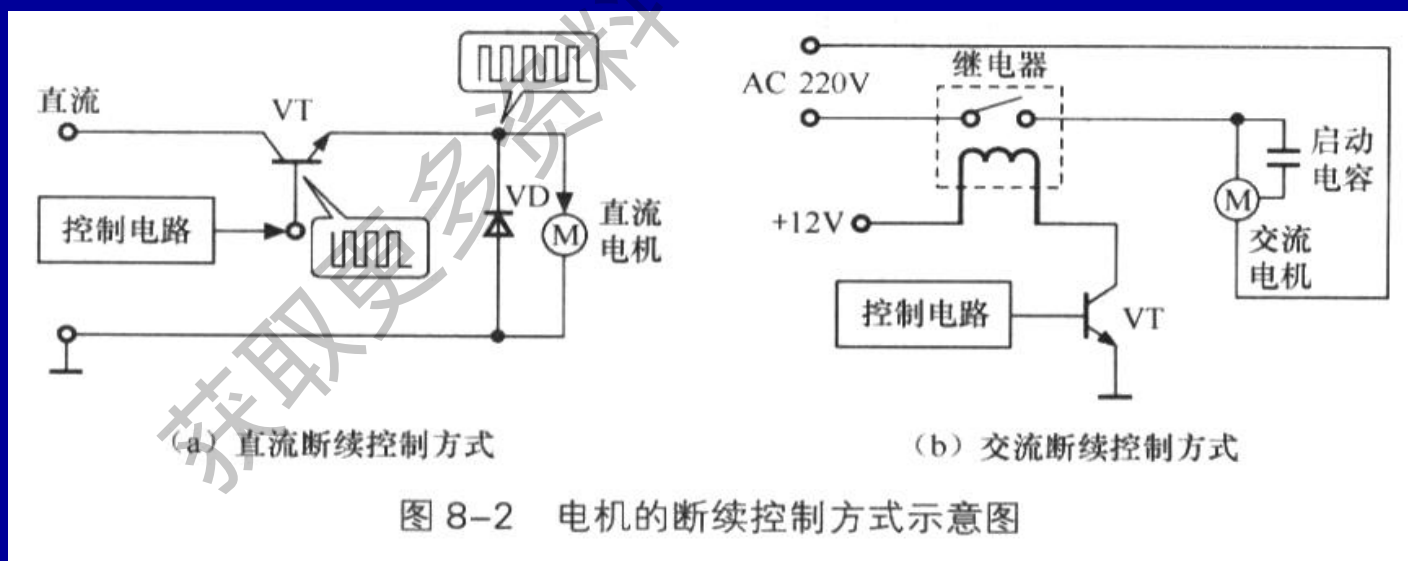
2.电机速度控制原理

(1).断续控制方式

图8-2为电机的断续控制方式示意图。

图8-2 (a)所示为直流断续控制方式，直流电源经晶体管VT为直流电机M供电。晶体管VT受控制电路的控制，晶体管VT导通时则为电机供电，截止时则停止供电；导通时间长，则速度快，反之则速度慢。

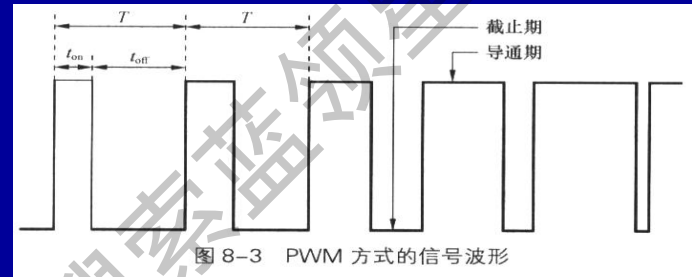
图8-2 (b)所示为交流断续控制方式。交流电经继电器为电机供电，电源接通时电机旋转，电源断开时则电机停机。



一、电机转速控制

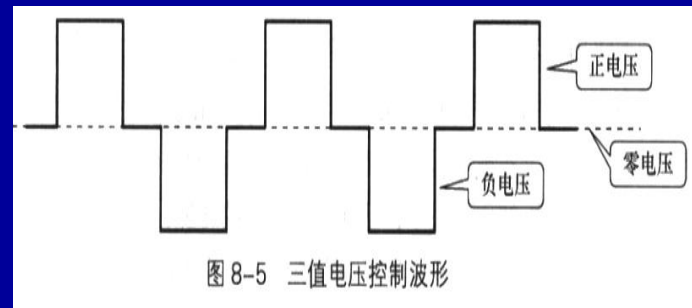
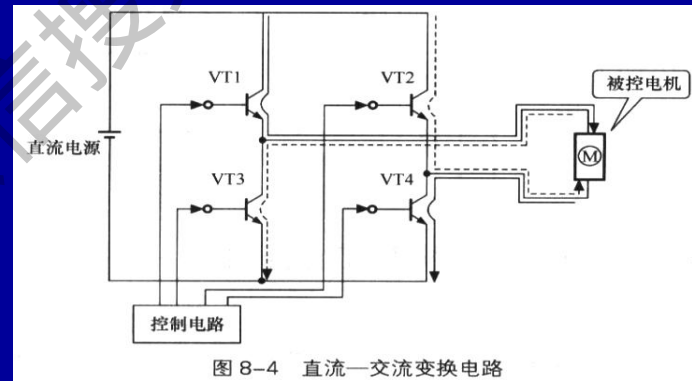
(2). PWM方式

图8-3所示是PWM方式的信号波形，每个脉冲的周期相等，但脉冲的宽度不等。这种信号脉冲的宽度越宽，平均电压则越高。



(3). PAM方式

PAM方式是通过控制脉冲信号的幅度实现对电机的控制的，图8-4所示电路采用直流电源供电，当VT1、VT4导通时，电机的供电电源从上向下流动；当VT2、VT3导通时，电机的供电从下向上流动。输入的是直流电，输出的是交流电。通过逻辑控制可以使输出实现三值控制，即正电压、零电压和负电压，如图8-5所示。



一、电机转速控制

(4). 模拟正弦波控制输出

图8-5所示的三值控制波形可以采用PWM信号变成正弦波的形状（如图8-6所示），利用这种正弦波对交流感应电机进行控制。

5. 变频控制电路

图8-7是变频控制电路简图，交流供电电压经整流电路先变成直流电压，再经过晶体管电路变成三相频率可变的交流电压去控制压缩机的三相感应电机。逻辑控制电路通常由微处理器组成。

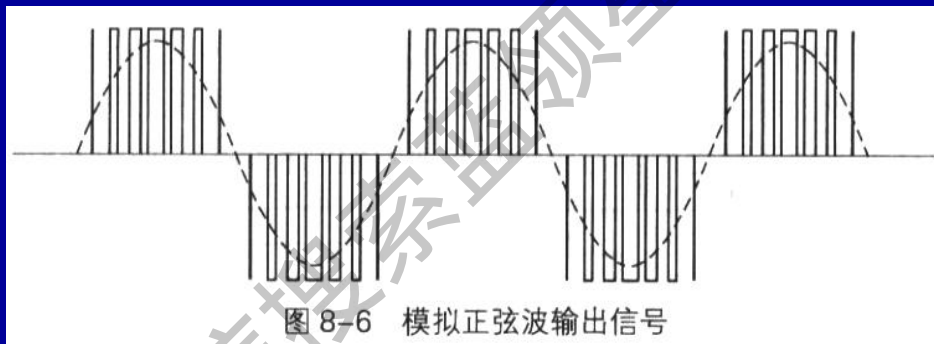


图 8-6 模拟正弦波输出信号

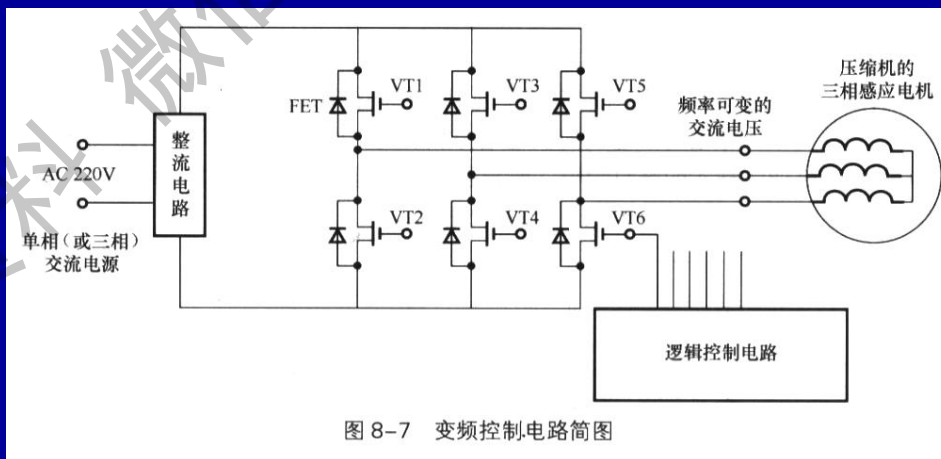


图 8-7 变频控制电路简图

二、变频空调器的基本结构和工作原理

变频空调器最根本的特点在于它的压缩机的转速不是恒定的，而是可以随运行环境的需要而改变，所以空调器的制冷量（或制热量）也会随之变化。为了实现压缩机转速的调节，变频空调器内部有一个变频控制电路，用来改变压缩机和风扇电机的供电频率，从而控制它们的转速，达到调节制冷量（或制热量）的目的。所以，装有变频器的空调器称为变频空调器，能改变输出电源频率的电路装置称为变频器。目前，变频空调器采用的变频方式有两种，即交流变频方式和直流变频方式。

1. 交流变频

交流变频的原理是把220V交流市电转换为直流电，为变频器提供工作电压，然后再将直流电“逆变”成脉动的交流电，并把它送到脉冲功率放大器中进行放大，再去驱动压缩机电机。

脉冲功率放大器是由多个大功率晶体管组成的，常被称为功率模块。同时，功率模块受微处理器送来的指令控制，输出频率可变的交流电压，使压缩机的转速随电压频率的变化而相应改变，这样就实现了微处理器对压缩机转速的控制和调节，如图8-8所示。

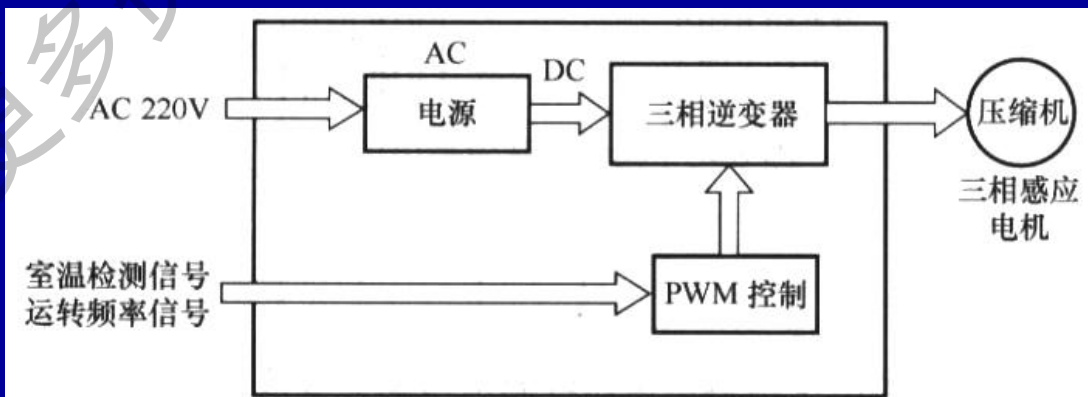


图 8-8 交流变频电路方框图

二、变频空调器的基本结构和工作原理

采用交流变频方式的空调器压缩机必须使用三相感应电机才能通过改变压缩机供电的频率来控制它的转速。变频压缩机的电机必须与控制驱动电路相对应，典型的变频电路如图8-9所示。

在变频过程中，为了使空调器的制冷或制热能力与负荷相适应，控制系统将根据检测到的室温和设定温度的差值，通过微处理器运算，产生控制运转频率变化的信号。这个频率可变的运转控制信号通过逆变器产生脉冲状的模拟三相交流电压，并将该电压加到压缩机的三相感应电机上，使压缩机的转速发生变化，从而控制压缩机的排量，调节空调器的制冷量或制热量。

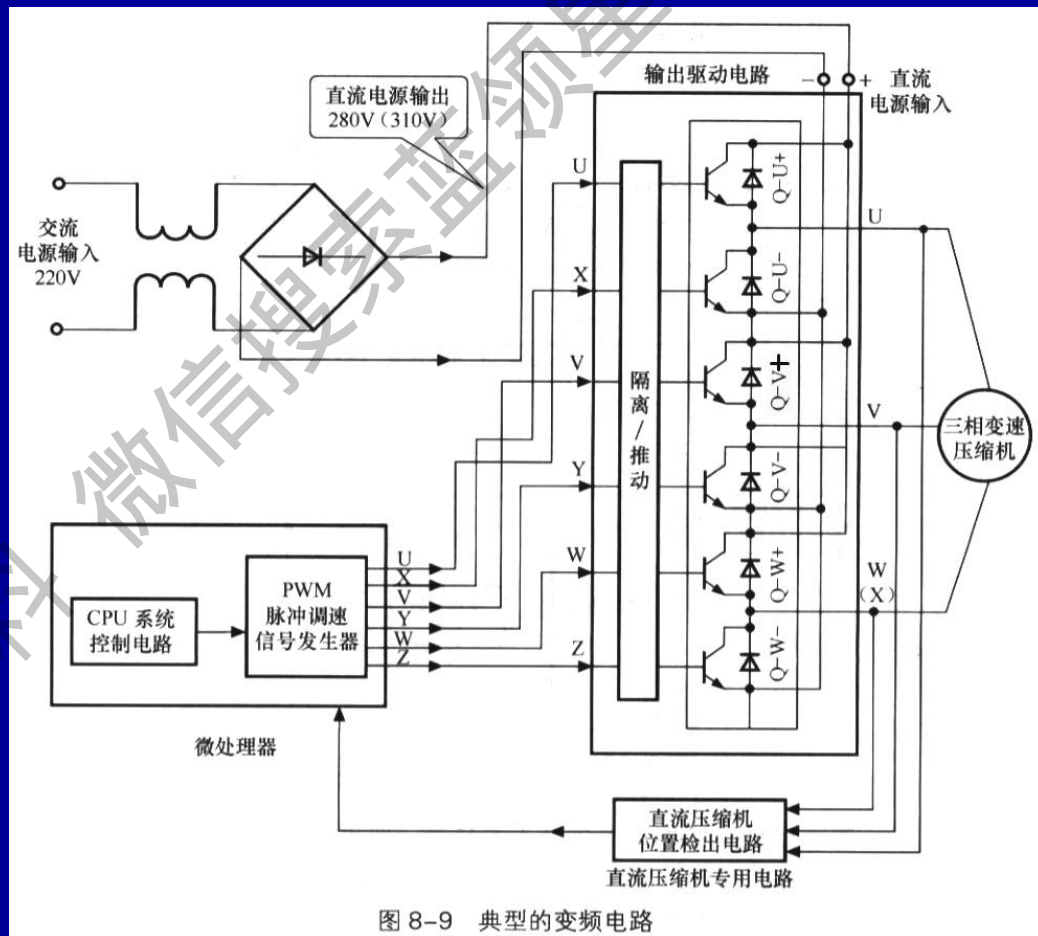


图 8-9 典型的变频电路

二、变频空调器的基本结构和工作原理

2. 直流变频

直流变频空调器同样是把交流市电转换为直流电，并送至功率模块，功率模块同样受微处理器指令的控制，所不同的是功率模块输出的是电压可变的直流电，以驱动压缩机运行，控制压缩机的排量。

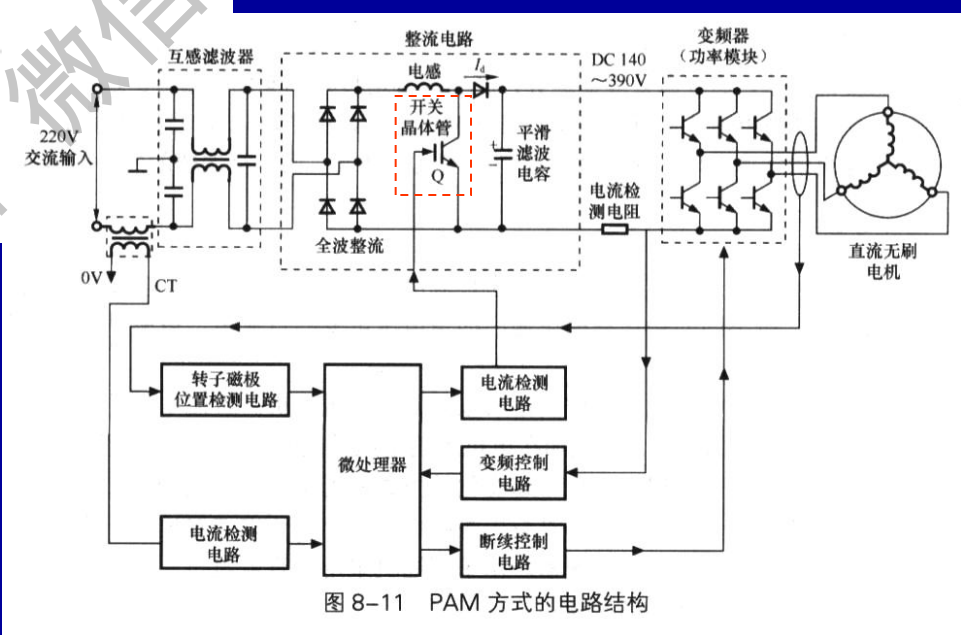
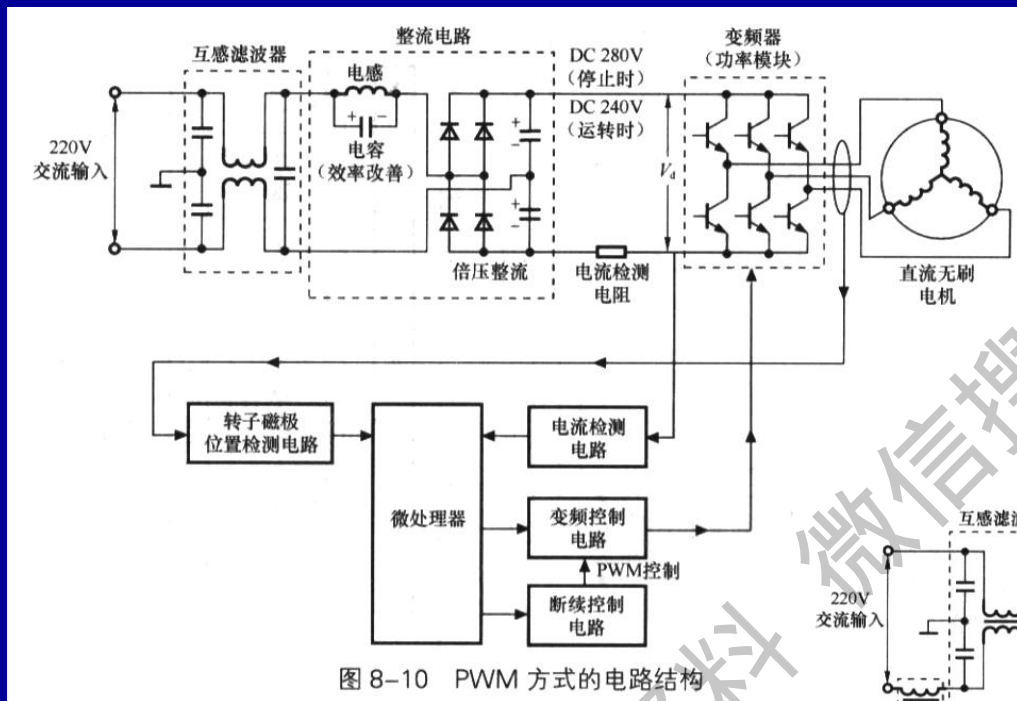
由于压缩机的转速受电压高低的控制，所以要采用直流电机。直流电机的定子上绕有电磁线圈，采用永久磁铁作为转子。当施加在电机上的电压升高时，转速加快；当电压降低时，转速下降。利用这种原理来实现压缩机转速变化的方式，通常称为直流变频。实际上，正因为这种空调器压缩机采用直流供电，并没有电源频率的变化，所以严格地讲不应该称为直流变频空调器，而应该称为直流变速空调器。由于压缩机采用了直流电机，空调器更节电，噪声更小，但这种压缩机的价格要高一些。

直流变频空调器的控制电路也有两种控制方式，即PWM方式和PAM方式，这两种方式的电路结构分别示于图8-10和图8-11。

在图8-10中，整流电路输出的直流电压基本上不变，变频器功率模块的输出电压幅度恒定，控制脉冲的宽度受微处理器控制。

在图8-11中，整流电路中增加了一个开关晶体管，通过对该开关晶体的控制可以改变整流电路输出的直流电压的幅度，直流输出电压可以在140-390V之间变化。这样变频器输出的脉冲电压不但宽度可变，而且幅度可调。

二、变频空调器的基本结构和工作原理



二、变频空调器的基本结构和工作原理

3.功率模块

在变频系列空调中，功率模块是一个主要的组成部件，常用于驱动变频空调器室外压缩机。变频压缩机运转的频率高低，完全由功率模块所输出的工作电压的高低来控制。功率模块输出的电压越高，压缩机运转频率及输出功率也越大；反之，功率模块输出的电压越低，压缩机运转频率及输出功率也就越低。另外，功率模块也用于变频器中的电源变换器。

通用变频器主电路的核心部件是电力电子器件，这些器件具有功率大、耐压高、容量大、有自关断能力等特点。在电力电子器件中，使用最多的是电力晶体管(CTR)和绝缘栅双极晶体管(IGBT)，其次为电力场效应管(MOSFET)和可关断晶闸管(GTO)。

(1). IGBT模块

变频器空调器中常用的开关器件为IGBT模块，其工作原理是通过栅极驱动电压来控制晶体管的开关。它具有驱动简单、保护容易、开关频率高、不用缓冲电路等特点。常用的IGBT模块有一单元结构、二单元结构和六单元结构，其等效电路如图6-83所示，六单元IGBT实物图如图6-84所示

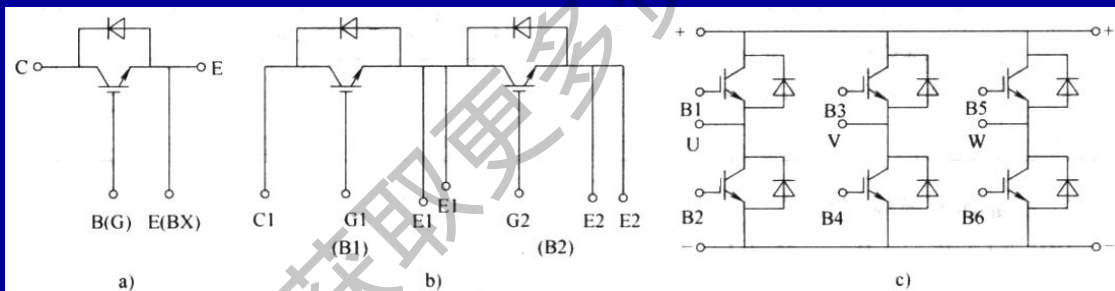


图 6-83 IGBT 模块的等效电路

a) 一单元 b) 二单元 c) 六单元

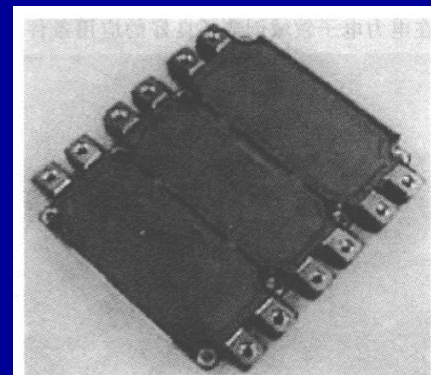


图 6-84 IGBT 模块

二、变频空调器的基本结构和工作原理

IGBT产品主要有模块型和芯片型两种类型：模块型有600V/10A ~ 600V/40A、1200V/8A ~ 1200V/300A的产品；芯片型中的T03PL已有1000V/60A，T03P有600V/20A、900V/50A、1500V/12A的产品。

IGBT的驱动多采用集成模块驱动，目前较多使用日本富士公司开发的EXB系列驱动模块。EXB系列驱动模块主要分标准型和高速型两种，EXB850/851型为标准型，EXB840/841型为高速型。它们都是16脚封装块，其内部结构如图6-85所示，各脚功能如表6-8所示，图6-86所示为典型应用电路。

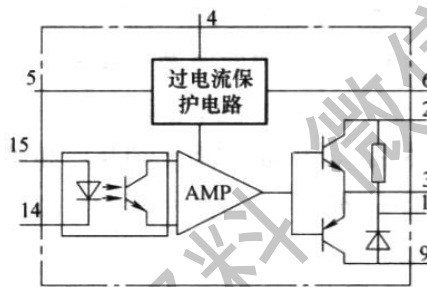


图 6-85 EXB 驱动模块内部功能图

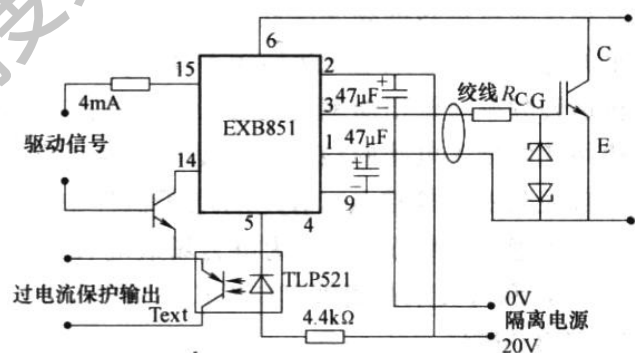


图 6-86 EXB851 应用电路

表 6-8 EXB 系列管脚功能表

管脚	功能说明	管脚	功能说明
1	V_e 的地；与 IGBT 的发射极相连	9	电源地端
2	工作电源端，一般为 20V	10、11	可不接
3	驱动输出，经栅极电阻与 IGBT 相连	12、13	可不接
4	外接电容器，防止过电流保护电路误动作	14	驱动信号输入端（-）
5	过电流保护输出端	15	驱动信号输入端（+）
6	监视集电极电平，作为过电流信号之一	16	可不接
7、8	可不接		

二、变频空调器的基本结构和工作原理

(2). 智能功率模块(IPM)

IPM (Intelligent Power Module, 智能功率模块) 是一种先进的功率开关器件, 它是**以功率器件IGBT为主**, 同时将驱动电路和欠电压保护、过电流保护、短路保护、过温保护等多种保护集成在同一模块内。这种高度集成不但大大缩短产品的研发周期, 还能减少其体积, 降低噪声干扰, 改善驱动和保护性能, 同时系统的可靠性也得到了较大的改善。这些优点为其在电力电子领域创造了良好的应用条件, 利用**IPM的控制功能**, 与微处理器相结合, 可方便地构成智能功率控制系统。

一般**IPM模块有4种封装形式**: 内置一单元IGBT的单管封装, 内置两单元IGBT的双管封装, 内置六单元IGBT的六管封装, 内置六单元IGBT组成的三相全桥和一只泻放管的七管封装。

模块内部主要包括欠电压保护电路、驱动IGBT的电路、过电流保护电路、短路保护电路、温度传感器及过热保护电路、门电路和IGBT。模块内每个单元的电路完全相同, 图6-88所示为其中一个单元的内部框图。

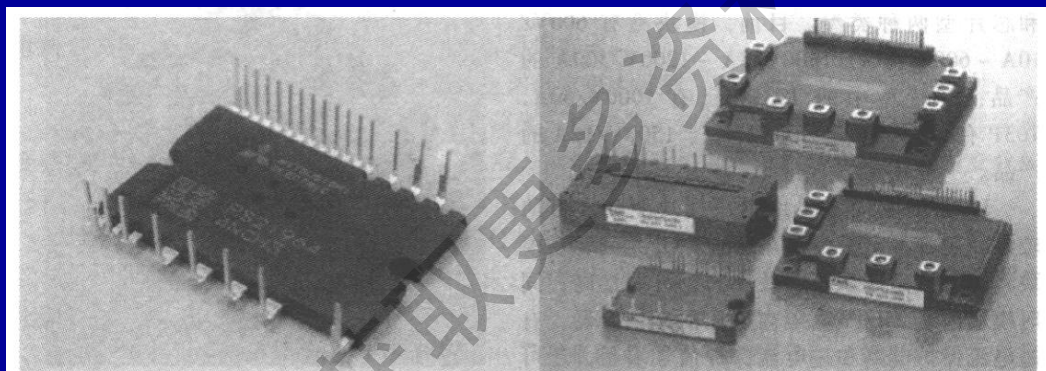


图 6-87 IPM 实物图

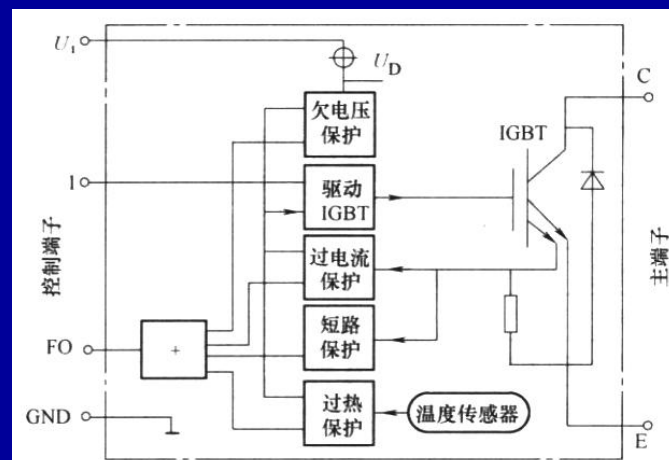


图 6-88 IPM 内部原理框图

二、变频空调器的基本结构和工作原理

在家用空调器中，对变频系统的调制频率要求不高，所以一般都使用低频运行且成本不高的IPM产品。东芝公司开发的MIG系列产品就是这类产品，它们均为六单元功率模块。对于功率在1.5kW以下的压缩机，可采用的型号为MIG20J106L的IPM。

MIG20J106L内部有IGBT驱动控制、故障检测和多种保护电路。内置电流传感器用于监测IGBT主电路，内部故障保护电路用于检测过流、短路、过热和电源欠电压等故障。其内部等效电路如图6-89所示，各管脚含义如表6-9所示。

MIG20J106L内部的IGBT分为上下桥臂，分别有不同的保护功能。上桥臂一般包括短路保护，过电流保护和欠电压保护；下桥臂除以上三种保护外还含有过热保护。若有任一故障出现时，IPM内部电路会自动封锁驱动信号，并向外送出一个故障信号，以便外部的控制器及时处理现场。

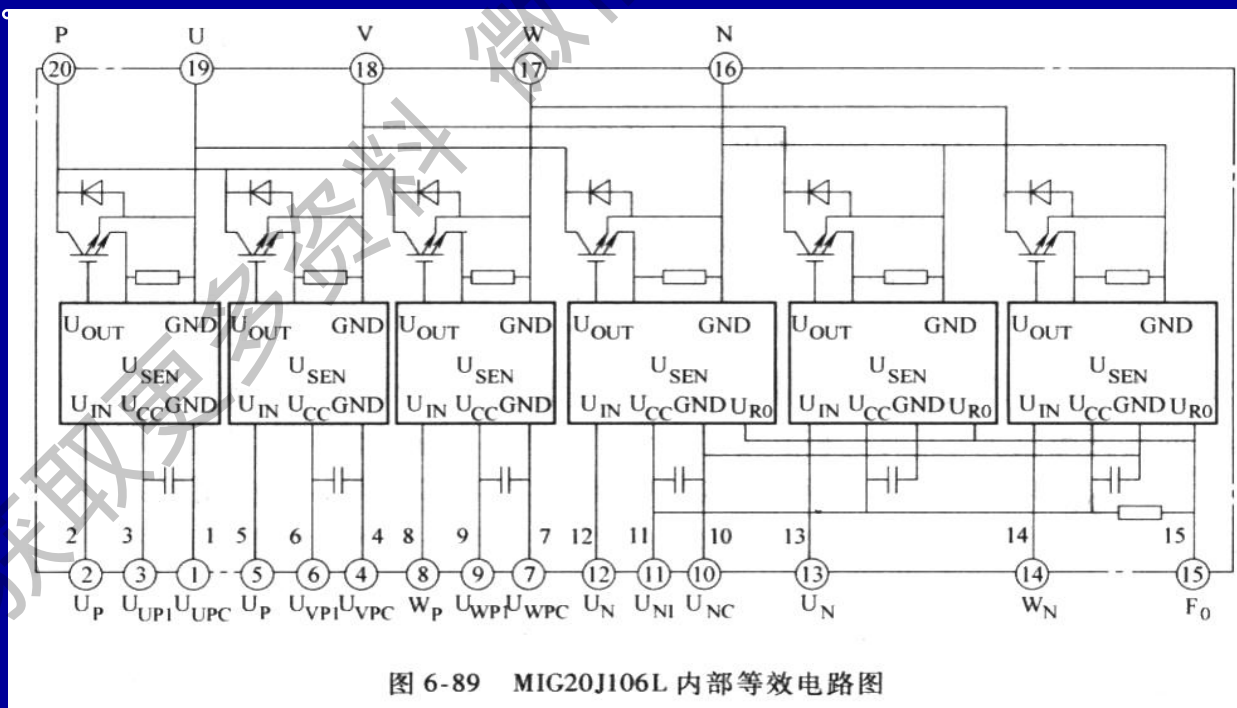


图 6-89 MIG20J106L 内部等效电路图

表 6-9 MIG20J106L 的管脚说明

管脚	符号	名称	说明
3	U_{UPI}	控制电源 (U_D)	4 路隔离电源分别供给: U_{UPI} 、 U_{VPI} 、 U_{WPI} 和 U_{NI} 电源电压值: $U_D = +15(1 \pm 10\%)V$
6	U_{VPI}		
9	U_{WPI}		
11	U_{NI}		
1	U_{UPC}	地 (GND)	
4	U_{VPC}		
7	U_{WPC}		
10	U_{NC}		
2	V_P	控制信号	6 路 PWM 控制信号通过光耦隔离后,分别供给 这些控制端子。其中, U_P-U_N 、 U_P-U_N 、 W_P-W_N 分别 对应于同一桥臂的上下单元
5	U_P		
8	W_P		
12	U_N		
13	V_N		
14	W_N		
15	F_o	故障信号	IPM 发生故障时,输出低电平故障信号
20	P	直流电源“+”	交流 220V 经整流滤波后,加在此端子上
16	N	直流电源“-”	
19	U	三相逆变输出	与负载相连,给负载供应变频后的三相交流电
18	V		
17	W		

二、变频空调器的基本结构和工作原理

(3). IPM功率模块的检测

功率模块输入的直流电压(P、N之间)一般为260 - 310V左右，而输出的交流电压为一般不应高于220V。如果功率模块的输入端无310V直流电压，则表明该机的整流滤波电路有问题，而与功率模块无关；如果有310V直流电压输入，而U、V、W三相间无低于220V均等的交流电压输出或U、V、W三相输出的电压不均等，则可初步判断功率模块有故障。

在未连机的情况下，也可用测量U、V、W三相与P、N二相之间的阻值来判断功率模块的好坏，测量方法如下：

1)用指针万用表的R×1kΩ档红表笔、黑表笔接模块的N端、P端，此时电阻应为∞，将2表笔交换测量，此时电阻应为1kΩ。红表笔对P端，用黑表笔分别对U、V、W端，其正向阻值应相同。如其中任何一相阻值与其它两相阻值不同，则可判定该功率模块损坏。用黑表笔对N端，红表笔分别对U、V、W三端，其每项阻值也应相等，但这两次的电阻值相差很大，说明模块是好的。否则，判断功率模块损坏，应予更换。

2)用电子万用表时的方法与指针万用表正好相反，用电子万用表红色表笔对N端，黑色表笔对U、V、W，其阻值应相同。黑色表笔对P端，红色表笔对U、V、W，其阻值应相同。

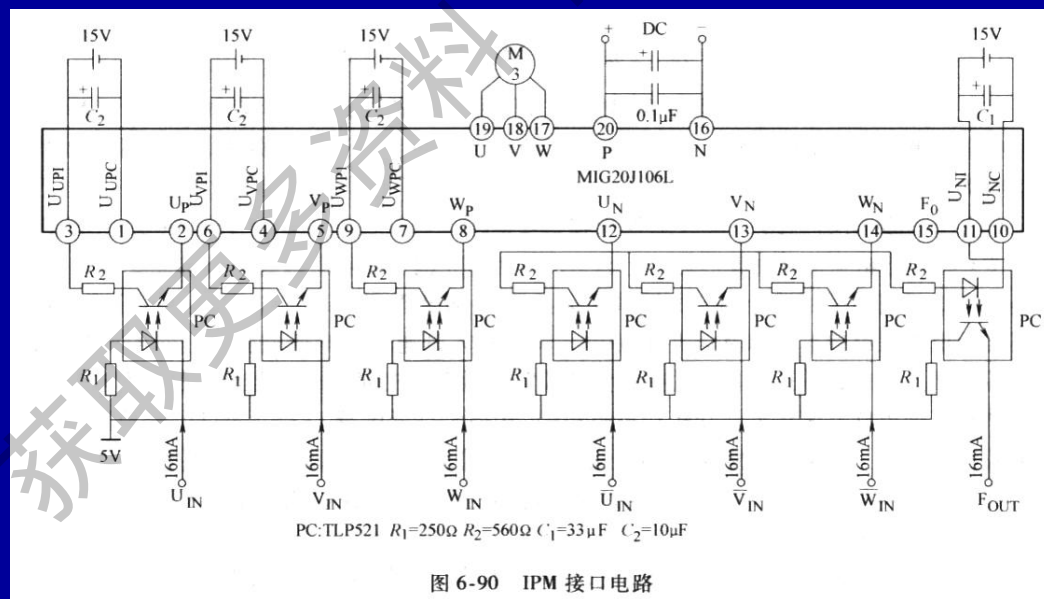
二、变频空调器的基本结构和工作原理

(4). IPM与微电脑处理器的接口控制电路

IPM接口电路如图6-90所示，由PWM脉冲输出端口、光电耦合器、压缩机变频电源驱动端子U、V、W三部分组成。

由微电脑处理器发出的控制信号经光电耦合器TLP521隔离后，输入IPM的信号控制端。IPM上桥臂3个单元的控制电源分别单独供电，下桥臂3个单元的控制电源则集中供电。故障信号FO输出经TLP521隔离后再输入控制电路。直流输入端并联了一个 $0.1\mu\text{F}$ 的电容，滤除噪声干扰。直流输入端电压直接从交流220V经整流滤波后引入。

目前，IPM智能功率模块已经采用了专用微电脑控制芯片控制。高速单片机已经能产生SPWM正弦波控制信号，使得控制逆变电路过程变得较为简单。



二、变频空调器的基本结构和工作原理

(5). 变频空调器室外机典型控制电路

变频空调器室外机典型控制电路如图6-91所示，这是一种典型的微电脑处理器加IPM控制电路。主要电路原理分析如下：

①晶振电路微电脑处理器30脚、31脚外接石英晶体振荡器，晶振频率为16MHz。

②上电复位电路R4、C4构成上电复位电路，29脚为微电脑处理器低电平复位脚，复位时为低电平，正常工作时为高电平。

③压缩机驱动电路微电脑处理器的P0口（9、10、11、12、13、14脚）的U1、V1、W1和为三相驱动脉冲波形输出，输出信号通过光耦合器隔离输入IPM模块。

IPM模块有一故障信号引出端，经光耦合器隔离后输入微电脑处理器(EMG)紧急停机输入端的。此引脚为低电平有效。当IPM发生故障时，EMG输入低电平，则微电脑处理器的三相脉冲输出端被禁止输出，并产生相应的中断。即使外部故障信号消失，三相输出脉冲仍被禁止，输出禁止只能由软件来解除。

IPM功率模块的20脚为直流电源“+”接口，符号为P；16脚为直流电源“-”接口，符号为N。交流电源经整流滤波后，加在这两个端子上。

④感温电路TH1、TH2、TH3是温度传感元件热敏电阻，用来采集室外温度、冷凝器温度和压缩机温度信号。

二、变频空调器的基本结构和工作原理

⑤风扇电动机、四通阀、电子膨胀阀驱动电路微电脑处理器的P30 - P33口(33 -36脚)用于控制电子膨胀阀,由反相驱动器2003驱动,低电平有效。P34 - P37口控制KA、KA1、KA2、KA3四个继电器,这4个继电器分别控制室外机电源、四通阀和双速风扇电动机。

⑥串行通信电路TXD、RXD为标准异步接口(44、45脚),采用串行通信,用于接收室内机发送来的指令信号,并将室外机的信号工作状态反馈至室内机。

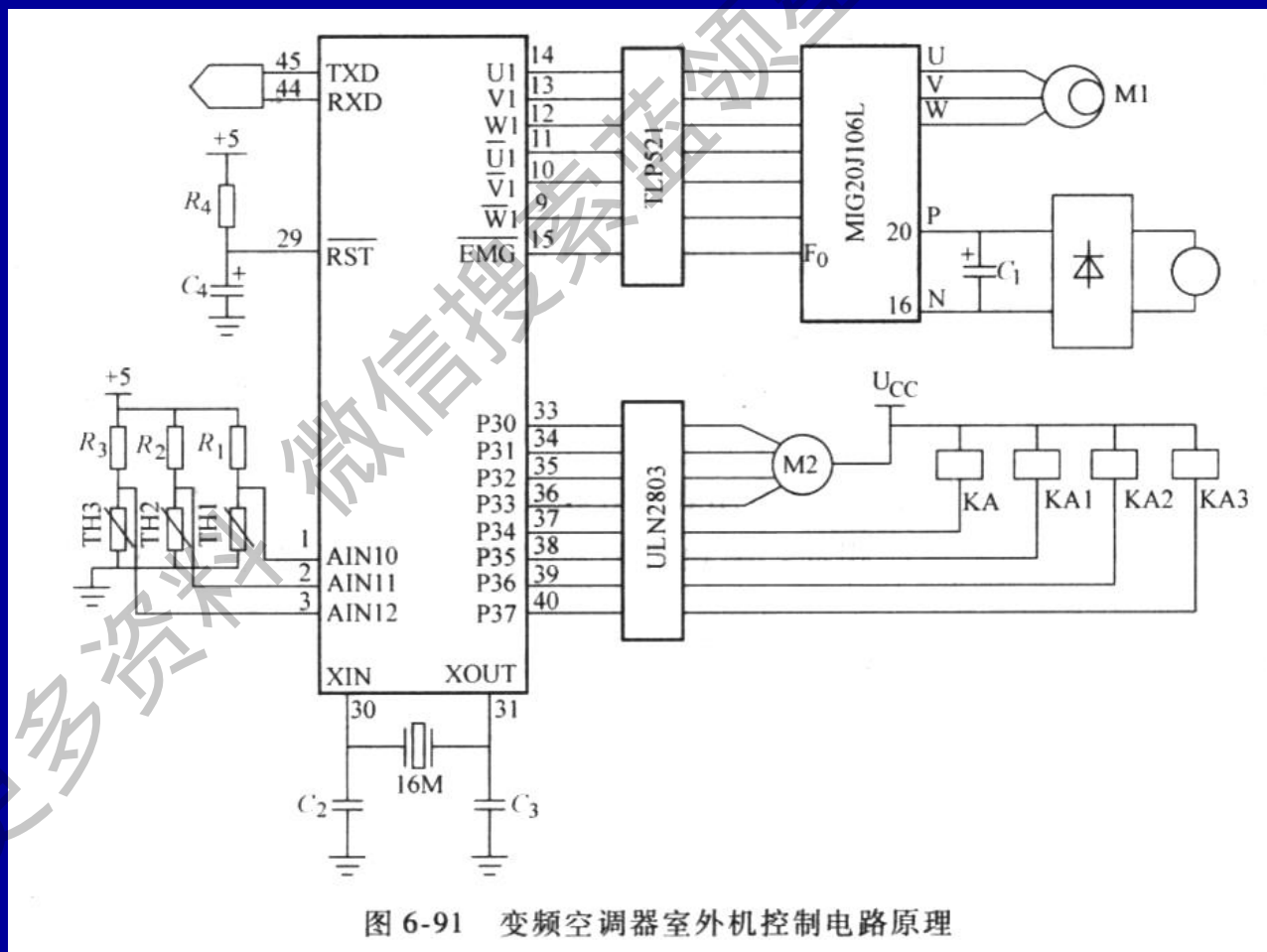


图 6-91 变频空调器室外机控制电路原理

二、变频空调器的基本结构和工作原理

4. 变频空调器的控制系统

变频空调器的控制系统采用新型微处理器，整个系统的电路结构如图8-12所示。从图中可以看出，变频空调器的室内机和室外机中都设有独立的微处理器控制电路，两个控制电路之间由电源线和信号线连接，完成供电和相互交换信息（室内机、室外机的通信），控制室内机和室外机的各部件协调工作。

室内机微处理器：变频空调器工作时，室内机微处理器接收各路传感元件送来的检测信号，包括遥控器指定运转状态的控制信号、室内温度信号、室内热交换器温度信号（管温信号）、室内机风扇电机转速的反馈信号等。微处理器接收到上述信号后便发出控制指令，其中包括室内机风扇电机转速控制信号、压缩机运转频率控制信号、显示部分的控制信号（主要用于故障诊断）和室外机传送信息用的串行数据信号等。

室外机内微处理器：同时，室外机内微处理器从监控元件得到感应信号，包括来自室内机的串行数据信号、电流传感信号、电子膨胀阀出口温度信号、吸气管温度信号、排气管温度信号、室外温度信号、室外热交换器温度信号等。室外机微处理器根据接收到的上述信号，经运算后发出控制指令，其中包括室外机风扇电机的转速控制信号、压缩机运转的控制信号、四通电磁阀的切换信号、电子膨胀阀制冷剂流量控制信号、各种安全保护监控信号、用于故障诊断的显示信号以及控制室内机除霜的串行信号等。

与传统空调器的控制系统相比较，可以看出变频空调器的传感器、检测信号项目更多，监控也更全面、更准确，因而变频空调器具有独特的运行方式和众多的优点。

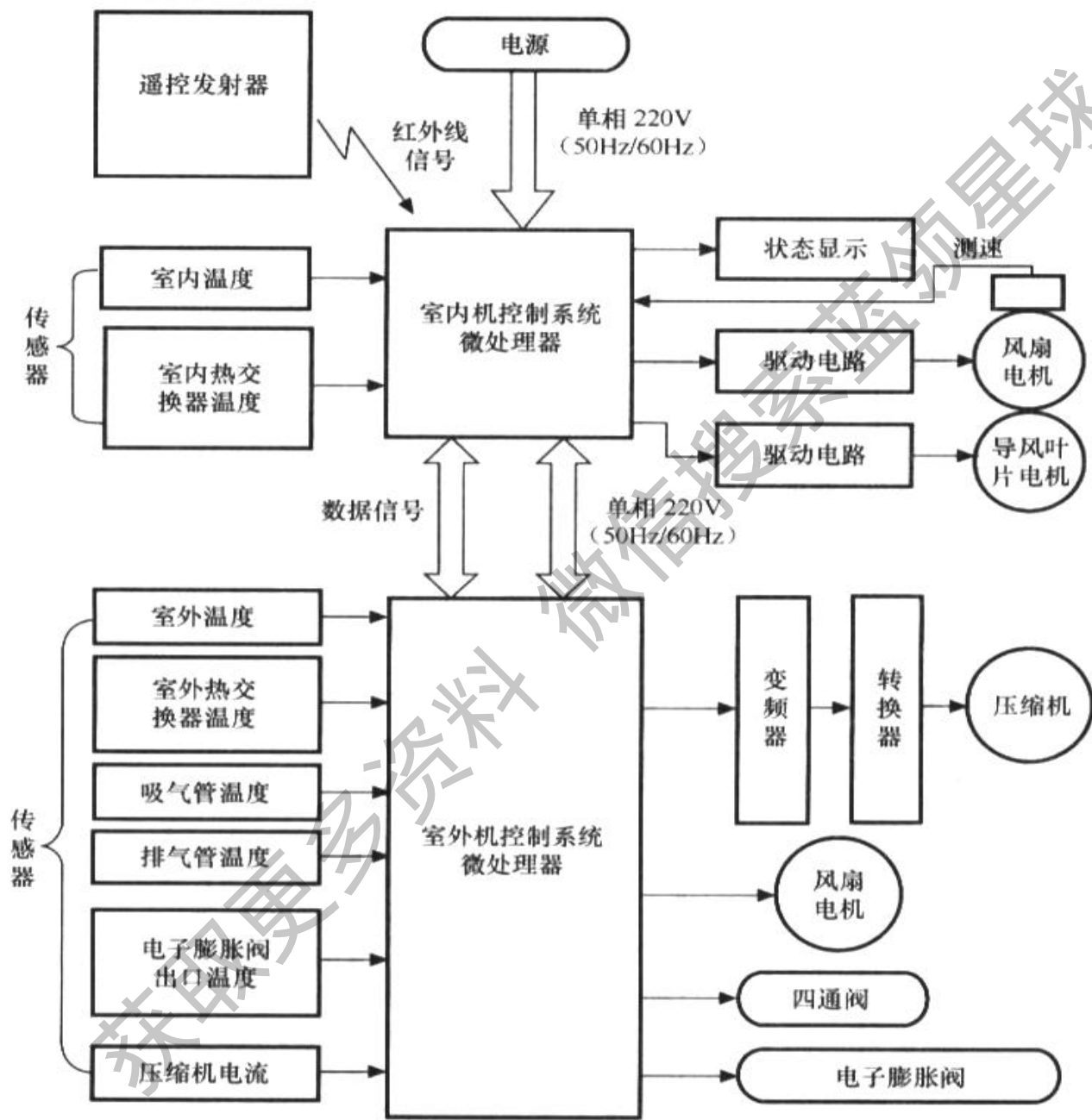


图 8-12 变频空调器的控制系统

作业

1.典型空调器有哪几种变频控制方式？

获取更多资料 微信搜索蓝领星球