

邵阳职业技术学院

毕 业 设 计

产品设计	工艺设计	方案设计
		√

设计题目： 电梯门机控制系统设计

学生姓名： 李江涛

学 号： 201810300205

系 部： 电梯工程学院

专 业： 电梯工程技术

班 级： 电梯 1181 班

指导老师： 黎花叶

二 0 二 一 年 六 月 一 日

目 录

一、绪论	1
(一) 设计目的及意义	1
(二) 设计解决的问题	1
(三) 设计研究的内容	1
二、设计的总体方案	2
(一) 总体设计结构	2
(二) 系统控制方式	2
(三) 操作界面的设计	4
三、系统硬件设计	5
(一) CPU 的设计	5
(二) 电子器件与 SPWM 调速	7
(三) 系统功率电路设计	8
(四) 接口设计	10
四、系统软件设计	11
(一) 软件设计流程	11
(二) 系统的初始化	13
(三) MSP430F149 温度保护的设计	14
(四) 存储程序设计	15
五、成果	17
参考文献	18
致 谢	19

电梯门机控制系统设计

[摘要]

本文采用带有电机控制 PWM 模块和正交编码器接口的单片机处理器 MSP430F149，配合功率模块 PS21265AP DIP-IPM，控制永磁同步电动机，对电梯门机控制系统功能进行了需求设计。通过位置、速度和电流的反馈，实现电梯门机门宽自学习，门机环境自适应功能，完成了控制系统的软硬件设计，通过测试开关门运行快速平稳，提高电梯门机系统的可靠性。

[关键词] 电梯门机 单片机 变频调速 异步电机

一、绪论

（一）设计目的及意义

近年来全控性功率器件如双极型晶体管(BJT)、绝缘栅双极型晶体管(IGBT)、场效应管(MOSFET)以及新兴的智能功率模块的出现和迅速发展,使得变频器中所使用的功率逆变器件的体积不断减小、功能不断完善。尤其是最近出现的智能功率模块(IPM),不但能提供一定的输出功率,而且内部集成驱动电路和保护电路等,具有控制、监测和保护等功能,制造工艺的发展使得 IPM 结构更加紧凑。

利用 SPWM 技术在较高的载波频率下工作,使得逆变器的输出波形非常逼近于正弦波。使用全数字的控制方式不但能够简化电路,还能够改善系统的可靠性和易用性,同时能够轻而易举地为系统添加监控、显示和保护等功能。在电梯门机控制系统中使用集成度高、体积较小、运行稳定的智能化专用控制设备是一种必然的发展趋势。

（二）设计解决的问题

1. SPWM 在电动机变频调速控制中的应用,以及这种技术在微处理器上的实现方法。如何在所选定 16 位单片机 MSP430F149 上稳定高效的实现三相 SPWM 控制波形的输出问题。

2. 电梯系统中的外部控制信号以何种方式与控制器进行通讯,控制器对外部输入的控制信号的响应方式。在不同的输入状态下控制器的输出状态,以及控制器如何在各个状态之间切换。

3. 系统的保护功能。门机控制系统必须能够长期、稳定的工作,但是部分情况下出现的异常情况会导致系统硬件的损坏。因此,从硬件上和软件上同时加入必要的保护手段来增强系统的保护功能也显得尤为重要的。

（三）设计研究的内容

本次毕业设计主要是利用单片机设计一个电梯门机控制系统。要求以单片机为控制核心,能根据电梯门机的控制原理和控制要求完成系统的设计。

主要内容包括:

1. 本设计的电梯门机变频控制系统是一款有针对性的设计方案,在设计中必须遵循电梯门机的控制原理和控制要求,因此在设计中对电梯门机的控制作了概要性地叙述。

2. 本设计分别从硬件和软件两个方面详细阐述了系统的设计理念和设计思路,包括硬件各个部分的构成和作用,软件各个功能模块在系统中的作用,以及在系统的设计等环节

中需要注意的和特殊处理的问题。

二、设计的总体方案

（一）总体设计结构

电梯门机控制器需要在稳定工作的前提下，通过分析输入开关控制量状态、向外输出变频的三相正弦交流电，进而控制电梯吊箱上的变频电机工作。

本设计中主要讨论电梯门机变频控制器系统的硬件和软件的设计，分析系统各个部分的工作电压和所实现的主要功能，将系统的硬件部分分为功率部分、控制核心、用户界面、连接埠和接口以及附加硬件五个部分。系统主要部分结构框图如图 2-1 所示。

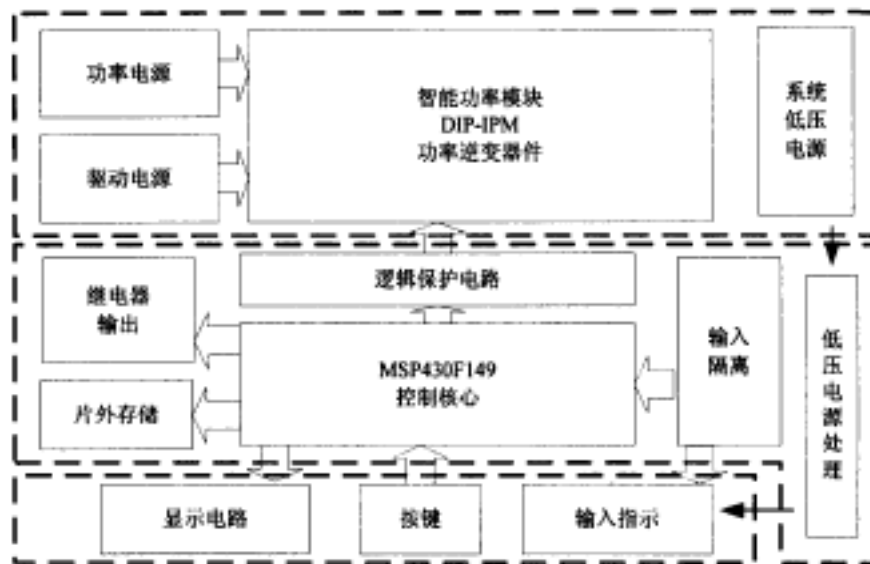


图 2-1 系统结构图

（二）系统控制方式

根据设计要求，所设计的控制器使用行程开关组作为位置检测开关，系统输入输出信号如图 2-2 所示。行程开关组由安装在电梯门的导轨上 4 个磁性霍尔传感器组成的，分别用来检测开门到位、关门到位以及电梯门执行动作过程中的两个速度的切换点，门机控制器接收行程开关反馈回的开关量，从而判断电梯门当前的所在位置状态，从而控制电动机的转速和方向。电梯系统的外部接线端设计了切换开关，用于在调试状态和系统状态之间切换。当处于调试状态时，控制器不会响应系统外部的开门关门控制信号，此时手动开门、手动关门控制信号有效，门机控制器根据手动开关的指令执行动作，按下手动开门按键，控制器驱动电机执行开门动作，按下手动关门按钮，控制器驱动电机执行关门动作；当处

于系统状态时，门机控制器正常响应由中央控制器传送来的控制指令，手动按钮不起作用。

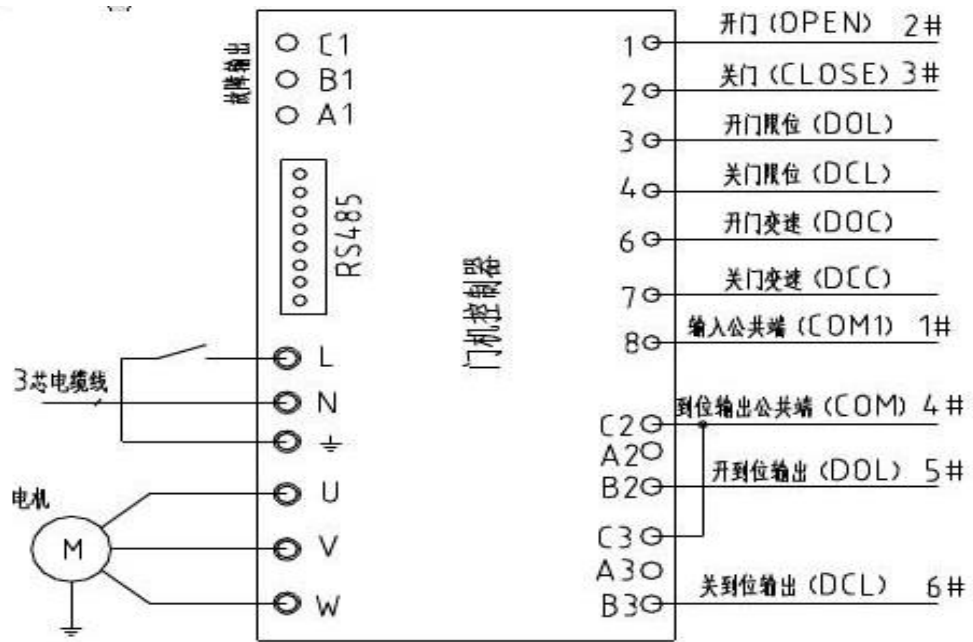


图 2-2 系统输入输出信号图

（二）系统的开、关门过程

系统中有 XK 1 -XK4 共 4 个行程开关，在电梯门的导轨上，控制器根据开关反馈回来电梯门的位置信号，控制输出频率，调整电动机的运行频率，进而控制电梯门的运动速度，电梯门在开门和关门过程中的频率曲线与开关的位置状态如图 2-3 所示。

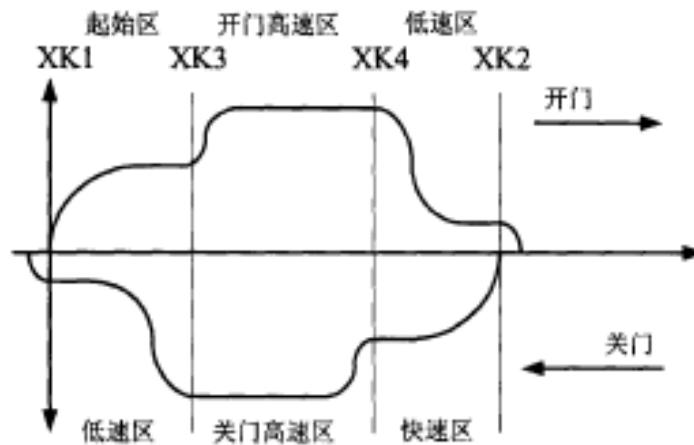


图 2-3 电梯开关门速度曲线

在开门和关门过程中的 XK1-XK4 的电平变化时序如图 2-4 和 2-5 所示。

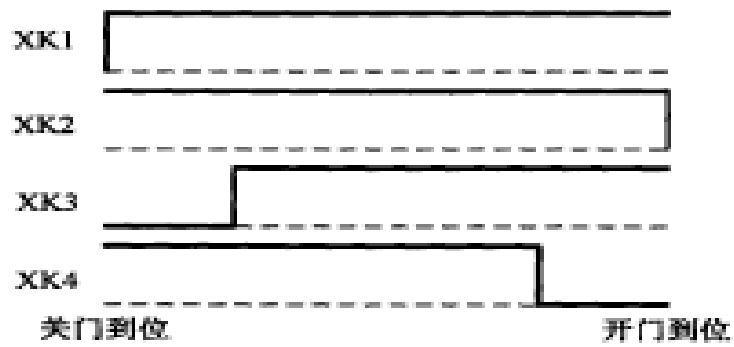


图 2-4 开门时序图

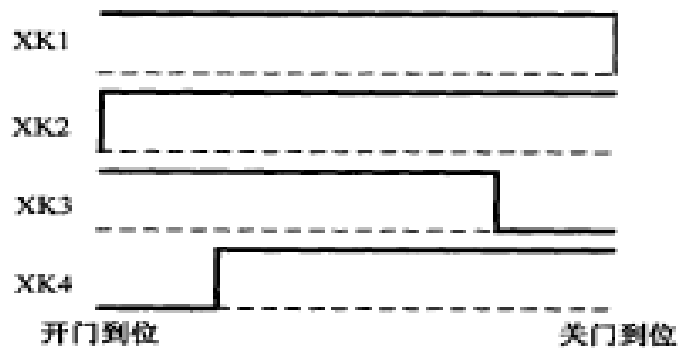


图 2-5 关门时序图

对不同的电梯吊箱的设计，部分电梯吊箱需要在关门过程结束后，由电机继续输出一个很低频率的低转动力矩来保持电机门的关门紧闭状态，在设计中，可以选择的输出频率为 0.5Hz。

（三）操作界面的设计

尽管针对电梯门机所设计的门机变频控制器具有很强专用性，相比于通用变频器内部固化了很多的特性参数，但是仍然需要用户在此基础上针对不同的环境调整某些参数，如开门、关门执行过程中各个频率段的参数、针对不同的电梯门，选择合适的输出力矩、继电器组的输出状态等，因此控制器上必须设计用户界面。

在本设计中的操作界面上，设计了 8 个按键，在系统软件中定义了按键的操作顺序和调整的参数，供用户输入控制指令、调整参数等。显示界面上，先后设计了 LCD (1602, 带背光) 和 LED (4 位 8 段) 数码管两种显示方案，但是由于电梯门机控制器工作环境和操作环境的限制，从显示的清晰的和现场的光照情况方面考虑，选用了 4 位 8 段红色 LED 数码管作为状态显示方案，通过简化的代码和数字向用户反馈系统信息，并且这种显示方法在电梯吊箱这样的工作环境中能很好的工作，获得很理想的显示亮度和显示效果。

三、系统硬件设计

(一) CPU 的设计

系统的硬件部分的控制核心使用了 TI 公司的 16 位高性能 MSP430F149 单片机，用来检测系统的输入状态，控制系统各个部分的输出。

1. CPU 的介绍

本设计的 CPU 采用 MSP430F149 单片机，它具有丰富的片内资源，包括时钟模块、捕获/比较模块、Flash 模块、看门狗定时器模块、定时器模块、以及通用 I/O 口模块 I, 6J, MSP430F149 单片机内部结构图如 3-1 所示。

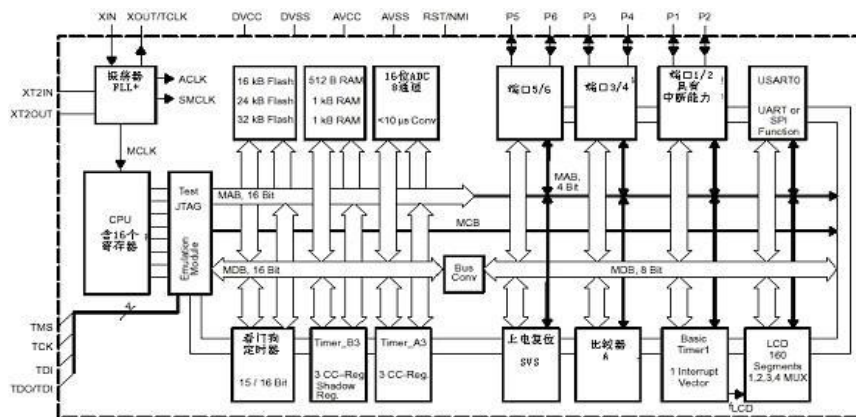


图 3-1 MSP430F149 功能框图

(1) 时钟模块

①高速晶体振荡器，高速晶体振荡器连接到 MSP430F149 的高频振荡器，最高可以产生 8MHz 的 XT2CLK，该时钟可以通过各时钟的分频器作 1, 2, 4, 8 分频后作为 MCLK, SMCLK 时钟信号。

②低速晶体振荡器，低频晶体振荡器连接到 MSP430F149 的低频振荡器，一般使用 32768Hz 晶体振荡器产生 LFXT1 CLK 低频信号，该时钟也可以通过各时钟的分频器作 1} 2} 4, 8 分频后作为 MCLK} SMCLK, ACLK 时钟信号。

③DCO 实际上是一个数字可编程的 RC 振荡器，能够在其它两个时钟源失效的情况下自动被选用作系统时钟源。同 XT2CLK 相同，DCOCLK 可以经过个时钟分频器作 1, 2, 4, 8 分频后作为 MCLK, SMCLK 的时钟信号。

(2) ADC 12 数模转换模块

MSP430F149 中自带的 12 位模数转换模块具有采样和保持功能，采样速度达到 200ksps，并且在 4 种工作模式下，可以选择包括内置的温度传感器在内的 4 个内部采集

通道和 8 个外部采集通道。

(3) 看门狗(WDT)定时器

MSP430F149 中包含了 16 位、8 种可选定时时间的看门狗定时器模块，看门狗定时器在程序发生故障时能够控制系统的重新启动。

通过设置看门口控制寄存器 WDTCTL 的值，可以选择看门狗的工作状态：通过设置 SSEL，IS I 和 ISO 控制位可以组合出 8 种定时器，通过设置 TMSEL 控制位可以设置看门狗模块的工作模式：看门狗模式、定时器模式和关闭模式。

(4) 通用 10 端口 [171]

(5) 16 位定时器 Timer - B

(6) Flash 存储器模块

Flash 存储器模块是 Flash 型器件的通用模块，主要用于存储程序代码、数据表格以及用户信息等，用户可以通过 JTAG 或者是芯片内的软件来实现对 Flash 的写入和擦除操作。MSP430F149 中的 Flash 以段作为基本的操作单位，FLASH 存储区可以划分为主存储区和信息存储区。

(7) MSP430 的 JTAG 接口 [18][19]。

根据 TI 公司的要求，与 CPU 相连的标准 JTAG 接口具有 14 个针脚，其针脚定义如图 3-2 所示。

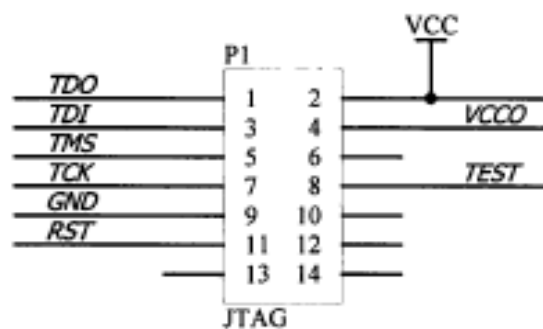


图 3-2 MSP430 的 JTAG 接口定义

MSP430F149 单片机的引脚数目多达 64 个，通过独立的引脚能够实现 JTAG 功能的外接，而类似 MSP430F123 这样的引脚数目 (MSP430F123 仅有 28 个引脚) 较少的单片机，则需要通过引脚的复用技术来解决这种问题，因此通过 JTAG 调试这一类 MSP430 单片机时，需要注意复用的引脚在调试状态下的功能等问题。

针对 MSP430 系列单片机市场上有多种 JTAG 产品，有很多的相关资料和电路可以借鉴。

这里，我们根据一种常见的 TI 公司的 FET430P14x JTAG 仿真器的电路图，自制出 JTAG 工具来完成调试工作。在系统调试过程中，该 JTAG 工作稳定，配合 IAR SYSTEM 公司“ IAR Embedded Workbench Evaluation for MSP430”集成开发环境，能够实现程序代码下载、程序运行控制等调试所需要的基本功能。这种便捷的、简化的开发环境，为整个系统的开发带来了极大的便利。

（二）电子器件与 SPWM 调速

1. 双极型晶体管(BJT)

双极型晶体管是一种由电子和空穴两种载流子参与导电的电流控制型器件，在控制 BJT 导通或者截至时，需要通过控制端向 BTJ 内灌入电流或者拉出电流。BJT 从一种状态向另一种工作状态转换时，受到其内部载流子浓度的影响，需要一个过渡过程，这就制约了 BJT 的反应速度。

2. 场效应管(MOSFET)

场效应管是一种单极型的电压控制型器件，有着工作速度快、无二次击穿、易于驱动等相对于 BJT 的显著优点。MOSFET 目前在高性能开关电源、逆变器等需要较高的开关速度的场合得到广泛的应用。

3. 绝缘栅双极型晶体管(IGBT)

IGBT 是一种混合型的电力电子器件，它融合了场效应管和双极型晶体管的特点:控制方面，IGBT 具备场效应管的输入阻抗高、速度快的场控特性:输出驱动方面，IGBT 具备 BJT 的低输出饱和压降、耐压高和承受电流大的特性。这些良好的控制特性和驱动特性使得 IGBT 较 BJT 的驱动更简单、保护更容易，开关频率更高等优点，因而在应用领域中占据了很大的市场份额。

4. 智能功率模块(IPM)

IPM 是一种新型的电力电子器件。尽管前面介绍的 IGBT 具有 BJT 和 MOSFET 的优点，但是必须有驱动电路和保护电路等的配合才能够正常、稳定的运行，但是这些电路增加了系统空间和系统复杂性，降低了系统的可靠性。

5. SPWM 变频调速工作原理

在本设计中使用了应用广泛的正弦脉宽调制(Sine Pulse Wide Modulation, SPWM)技术，所谓的正弦脉宽调制是指将一个正弦波划分成 N 个等幅但是不等宽的方波脉冲，每一个方波的宽度都与其对应时刻的正弦波的值成正比，这些等幅脉冲序列通过由恒定直流

供电的逆变器，驱动相应的开关器件。

(三) 系统功率电路设计

功率部分包含了整个门机变频控制中所有的高电压部分的器件：包括电源的转换和控制、功率的逆变输出以及附加在这部分基础之上的防浪涌保护、功率驱动等电路，所实现的功能也很明确：电源供电和逆变输出。

从上述的角度分类，功率部分划分为 IPM 功率驱动、IPM 驱动电源、IPM 隔离与驱动电路、IPM 功率电源和系统低电压电源五个部分。

1. IPM 功率电源

IPM 功率电源将供电的 220V/50Hz 的交流电通过整流滤波等处理后为 IPM 提供直流电。IPM 功率电源部分包含了保险丝的过流熔断保护、防电磁干扰的无源滤波电路以及基本的整流滤波等电路。

对于电梯门机变频控制器来说，在工作过程中一方面要防止电梯间中的电磁干扰对系统造成的影响，另一方面变频器与开关电源类似，使用较高的频率控制开关管的导通和关断，在此过程中的电压和电流的突变都会造成较大的电磁干扰。因此为了保证电梯门机变频控制器自身的稳定运行以及电梯系统中其他电气设备的正常运行，必须在设计和使用中注意防范 EMI (电磁干扰) 的问题。

2. IPM 功率驱动

IPM 功率驱动部分主要由 PS21265AP DIP-IPM 功率模块、模块外接的采样电阻 (康铜合金丝)、压敏电阻和水泥电阻等构成，电路图如图 3-3 所示。

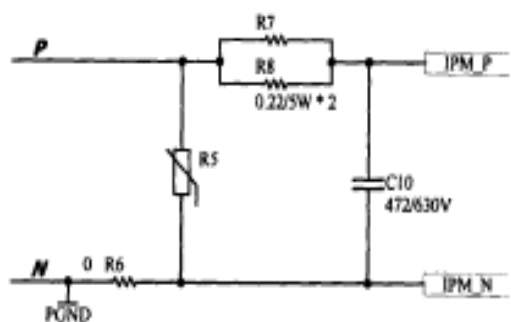


图 3-3 IPM 功率驱动电路图

其中，瓷解质电容 C10 用于吸收 IPM 在开关瞬间所产生的高频脉冲干扰。电阻 R_s 为 470V 压敏电阻 14D471 K，能够吸收大量的短时间的雷电等浪涌电压，保证压敏电阻两端的电压不超过其额定电压，进而保护 IPM 的工作电压，在电路中，压敏电阻的另一个重要

功能是配合电阻 R7 和风吸收电动机在断电瞬间产生的高压感生电流，其工作原理如图 3-4 所示。

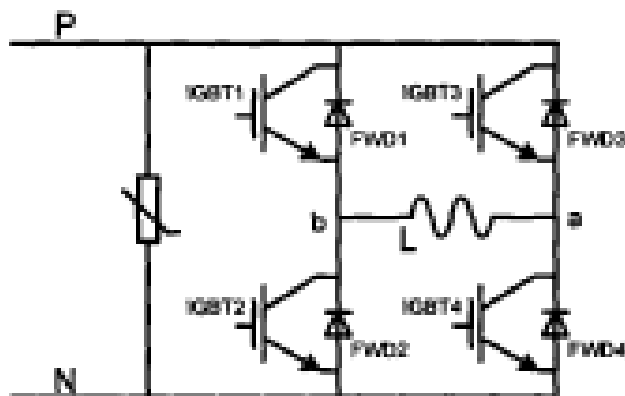


图 3-4 压敏电阻工作原理图

按照图中的电路所示，仅取 U 相桥臂和 V 相桥臂，电路中用电感 L 表示电动机的线圈，U 相桥臂由 IGBT1, IGBT2 以及反向续流二极管 FWD1, FWD2 组成，V 相桥臂由 IGBT3, IGBT4 以及反向续流二极管 FWD3, FWD4 组成。定性分析该电路，在正常工作时，电流按照 P→a→b→N 的流向，当由于断电等其他原因 IGBT 1 和 IGBT2 同时关闭时，电路中不存在闭合回路，但是由于电动机线圈(电感)的续流作用，将产生一个很大的感生电动势，a 为负极，b 为正极，通过续流二极管 FWD1, FWD4 的作用，感生电动势将直接加在 P, N 两端，即在这种情况下，IPM 将承受可能超过其极限工作电压的感生电压，将会造成 IPM 的损坏。

电路中添加压敏电阻后，由于压敏电阻的工作特性，当感生电压超过压敏电阻的额定电压后，压敏电阻进入低阻态，电路中存在闭合回路，通过 R7，吸收大量的感应电压，限制了 P, N 两端的电压，从而保护了 IPM 电源 P, N 两端的电路。这部分电路是在屡次烧毁 IPM 的情况下所设计添加的，在后续的测试中，有效的保护了 IPM。

DIP-IPM 中内置了过流保护电路，能够在 IPM 过流时，能够关断 IPM 的下桥臂，并输出错误信号(F0)，直到过流状态消失为止。在使用过流保护电路时，需要根据系统正常工作时的电流选取合适阻值的采样电阻，为了避免由于引线电感干扰所引起的短路保护误动作，应在电路中加入时间常数为 1.5-2us 的 RC 延时电路，组成三菱公司推荐的 SC 保护外部电路。

3. IPM 驱动电源

IPM 驱动电源是指为 IPM 驱动提供电源的+15V 电源以及驱动芯片所使用的+5V 部分，

这部分的工作电流极小，因此通过小型变压器隔离降压后，整流滤波获得+18V 的直流电，通过 LM7815 获得 IPM 驱动用的+15V 电源，然后通过 LM7805 获得供 74HC04 和隔离光耦使用的+5V 电源，IPM 驱动电源电路原理如图 3-5 所示。

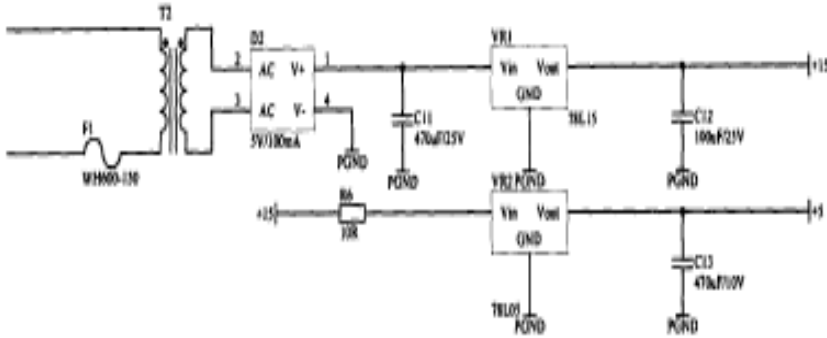


图 3-5 IPM 驱动电源电路原理图

4.10 IPM 驱动与隔离电路

SPWM 控制信号通过高速光耦输入到 IPM 的控制端，IPM 的错误输出信号也通过高速光耦输出到单片机的 I/O 口上，IPM 驱动与隔离电路原理如图 3-6 所示。

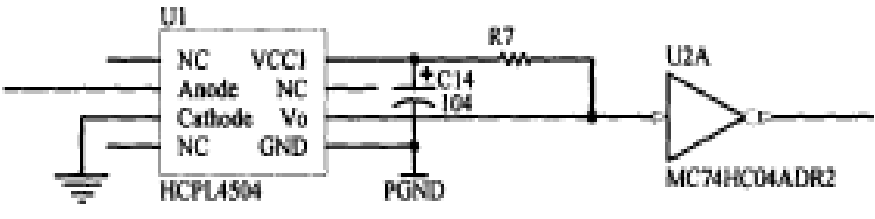


图 3-6 IPM 驱动与隔离电路原理图

(四) 接口设计

系统的硬件结构上，根据功能和供电的不同，主要划分成为了功率板、控制核心与对外接口板、用户界面板三个部分。各个板功能不同，在相互连接时，需要通过设计的系统连接埠交换电源和控制信号，系统中的板间连接主要有两个部分。

功率板与控制核心板之间通过长排针相连接。功率板向上为控制核心板提供+5V 和 +24V/200mA 的电源，控制核心板向下为功率板提供 SPWM 控制信号并接受经过隔离后的故障输出信号，在各个信号之间加入了 GND 用来防止信号之间的干扰。

由于用户界面板安装在系统的顶盖，必要的时候需要打开顶盖，这里在用户界面板和控制核心板之间使用了软排线连接。控制核心板向上提供+3.3V 电源、LED 显示控制信号，

并从用户界面板获取 8 个按键的状态信号，所使用的软排线接口定义如图 3-7 所示。

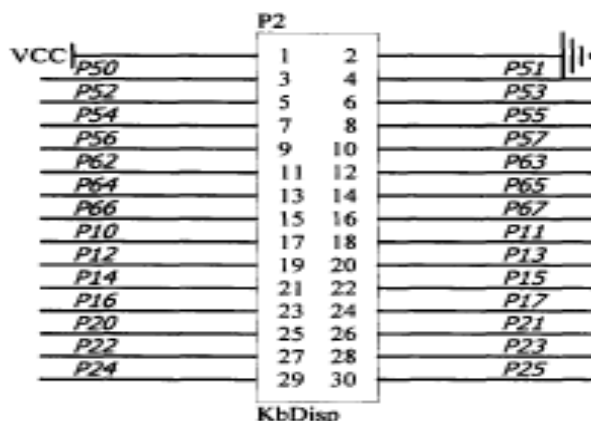


图 3-7 用户界面板连接线定义

在外部接口部分，控制器的系统电源输入和电动机的输出直接从功率板上引出至外部接线端子，开关量输入、继电器输出均从控制核心板连接到外部接线端子上。

四、系统软件设计

（一）软件设计流程

门机变频控制系统的软件中的主要部分使用了有限状态机 (FSM) 的工作方式。有限状态机是一种在软件开发领域常见的进行对象建模的方式，用来描述对象所经历的状态序列，以及如何响应外界的事件，一个有限状态机必须包括输入、输出和状态三个部分。

系统在工作模式下，完成系统的初始化工作之后，进入到状态工作模式下，系统软件根据系统所处的状态和外界的输入决定系统的输出。可见，在门机变频控制器输出的 SPWM 控制波形、用户界面的显示内容、继电器的输出状态不仅仅取决于系统当前的状态，也取决于系统的输入，因此，工作模式下的软件主体属于 Mealy 型状态机，即系统输出是系统状态向量和输入的函数。

在 MSP430F149 单片机中没有专门的处理状态机的模块，因此在软件系统中，通过标志位的方法区分系统的状态，利用内部变量或者是外部输入量的变化来改变标志位，进而切换系统的状态，这种切换最基本的编程方式就是 CASE 语句或者是其他的条件语句，通过这些条件语句来促使系统在工作模式下的不同的状态中转换，系统的基本流程图 4-1 所示。

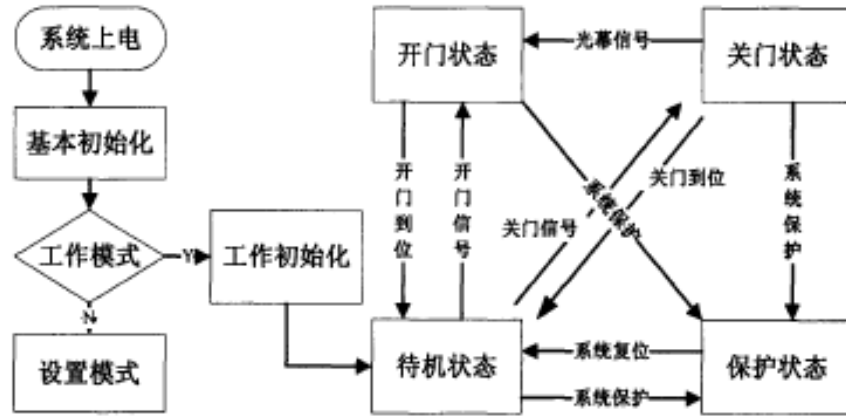


图 4-1 系统基本工作流程图

在工作模式下，系统可能处于四种状态下：开门过程、关门过程、待机停运和系统保护。系统中满足有限状态机所需要的几个基本的内容。

(1) 状态：系统能且只能处于开门过程执行、关门过程执行、待机停运和系统保护四个状态。

(2) 时钟：状态机要求能够在下一个时钟中改变系统状态，因此状态机中的时钟不能以单片机的时钟周期为时钟，可以近似认为时钟是单片机完成判断并执行所需要的时间周期。基于 MSP430 单片机的电梯门机控制器的研制。

(3) 状态转移的描述：系统在何种条件下，会从一种状态改变到另一种状态。

(4) 输出的描述：系统在各个状态下的 SPWM 控制波形、显示内容等都属于该状态下的输出。

在描述系统工作过程中，引入了有限状态机的设计方法，在软件上按照系统的工作状态划分功能模块，各个模块之间在明确的条件下相互转换，执行的输出功能、对系统当前状态的判断和对外界输入的判断都在当前所执行的功能模块内部进行，能够有效地方式系统的功能紊乱，很大程度的增强了系统程序的可读性。

例如，系统一般处于待机状态下，通过检测系统自身的状态和外界输入的开关量状态，决定系统的下一个状态。当系统不满足保护条件并且外部输入了开门执行信号时，系统地下一个状态则是开门状态，相应地在开门状态下门机控制系统将要通过输出 SPWM 控制信号等执行电梯的开门动作和其他的控制、显示输出。在开门状态下，当系统发生保护时，则进入系统保护状态；系统正常完成开门动作后，则返回到系统待机状态。

(二) 系统的初始化

系统的启动时，首先需要对系统中的各个功能模块进行初始化设置，然后才能进入到工作状态下，因此程序的初始化是代码中是最先需要解决的问题。由于系统存在工作和用户设置两种模式，在启动时需要根据拨码开关的状态选择模式，并且两种模式下MSP430F149所使用的模块也不完全相同，因此，系统的初始化分为两个阶段：基本初始化和模式初始化；共有三个初始化部分：基本初始化、工作模式初始化和用户模式初始化，系统根据拨码开关的状态，在基本初始化完成之后选择进入不同的模式。如图4-2所示系统的初始化流程，下面结合初始化的流程图和程序介绍每个部分程序的作用。

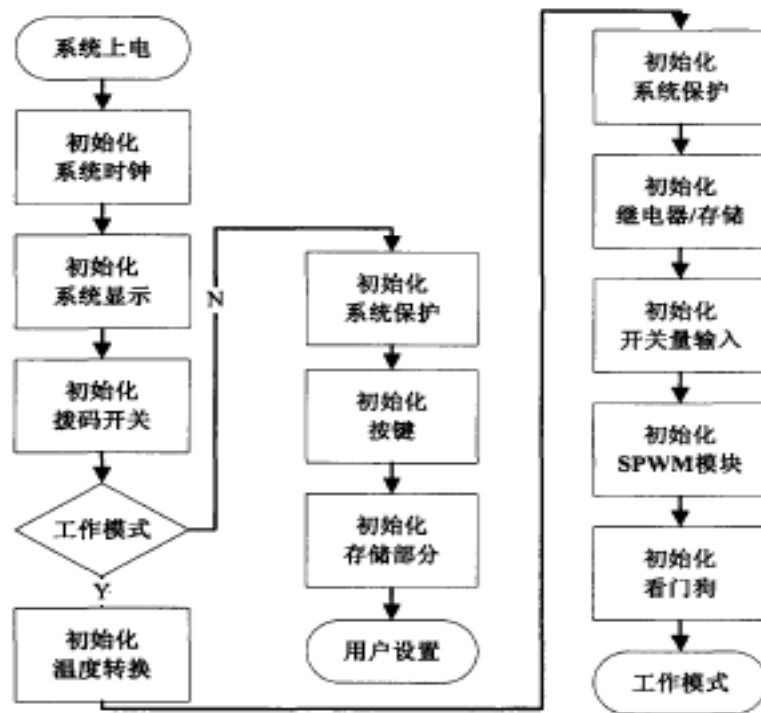


图 4-2 系统初始化流程图

```

//*****
//MSP430F149 初始化程序
//*****
//第一步：关闭系统看门狗定时器，以便初始化系统时钟
WDTCLT=WDTPW+WDTHOLD;
//第二步：初始化显示模块端口
HC595_Init()
  
```



```

//第三步:初始化系统时钟
OSC_Init()

//第四步: 初始化拔码开关末位, 判断系统模式
ModeSW_Init();

//第五步: 进入相应的初始化程序
If (SysMode==NORMAL) { //继续工作模式下的初始化
ADC12CTL0=ADC12ON+REFON+REF2_5V+SHTO_6:
//打开 ADC12, 2.5V 内部参考电压
ADC12CTL1=SHS_0+SHP+CONSEQ_0 //内部采样时钟, 单通道单次转换
P2DIR &=~(BIT6+BIT7);
P2IE|=(BIT6+BIT7);
P2IES|=(BIT6+BIT7); //保护, 初始化系统外部中断端口
P3DIR=0xff;
P3DIR|=~BIT3; //初始化 93C46 和继电器控制端口
P1DIR=0x00; //初始化开关量输入端口
SPWM_Init();
WDTCTL=WDTPW+WDTITISO+WDTSEL+WDTCNTCL;
//启用看门狗模式, ACLK, 约 250ms
} else {
P2DIR=0xff;
P2IE=0xff;
P2IES=0xff; //初始化用户界面按键和外部中断
P6DIR &=(BIT2+BIT3); //初始化用户界面按键
P3DIR|=(BIT0+BIT1+BIT2); //初始化 93C46 写端口, 读默认
FCTL2=FWKEY+FSSEL0+FN0; //初始化 Flash 模块, 安全键值和时钟
}

```

(三) MSP430F149 温度保护的设计

该子程序的主要控制部分如下:

```
ADC12MCTL0=SREF_1+INCH_10; //Vref+, 内部温度传感器 ADC12CTL0|=ENC;
```

```
//允许转换开始
```

```
ADC12CTL0|=ADC12SC;           //开始单次采样完成/转换  
While(ADC12CTL0&ADC12SC) {};  //等待转换完成  
ADC12CTL0&=~ENC;             //禁止转换开始  
ADCResult=ADC12MEM0          //读取转换结果
```

通常对 ADCResult 中结果的转化和处理比较繁琐，由于在系统中不需要很高的精度，因此可以通过查表比较的方法，将一些温度点的转换结果按照顺序保存在单片机的 ROM 中，将 ADCResult 与表格中的数值逐个比较，最终获得一个近似的温度结果，供系统的保护检测模块调用。

（四）存储程序设计

系统中使用 MSP430F149 内部的 Flash 存储区和外部的 93C46 两部分，93C46 使用 SPI 方式读写，是很常见的存储芯片，不做介绍。内部的 Flash 则是 MSP430F149 的一个特点。Flash 模块在上电后就处于读模式，因此在工作模式下不需要修改 Flash 的控制位，就能够直接读取 Flash 中的内容：

```
Flash_ptrA= (char*) 0x1080     //设置 Flash 的 A 段指针  
For (itemp=0; itemp<128; itemp++) {  
    Userdata[itemp]=*Flash_PtrA++;  
}                               //读取 A 段指针
```

用户设置模式下，可能需要向 Flash 中写入数据，这时还应该对相应的控制寄存器 CTL1 和 FCTL3 作设置后才能够正常完成操作：

```
Flash_ptrB= (char*) 0x1000;    //设置 Flash 的 B 段指针  
FCTL1=FWKEY+ERASE;            //设置段擦除控制位  
FCTL3=FWKEY;                  //清除 Flash 存储锁定位  
*Flash_ptrB=0                 //初始化 Flash 的 B 段首数据  
FCTL1=FWKEY+WRT;              //设置写寄存器以写入数据  
For(itemp=0; itemp<128; itemp++) {  
    *Flash_ptrB+=Userdata[itemp];  
}                               //向 B 段中写入数据  
FCTL1=FWKEY;                  //清除写寄存器
```

FCTL3=FWKEY+LOCK; //恢复锁定状态

统中可以根据需要保存的数据量决定使用的 Flash 容量，A, B 两个段最多能够存储 256 字节的数据。

五、成果

本设计结合电梯门机变频控制器项目，主要阐述了控制器的原理、硬件和软件的设计等。选用了具有较大的片内存储空间的高性能 16 位微处理器 MSP430F149 作为控制核心，用高速数字电路对 SMWM 控制信号做逻辑保护，高速光藕隔离，使用新一代的智能功率器件 PS21265AP DIP-IPM 作为功率逆变器件，配合 74HC595 作静态显示，片内的 Flash 信息存储器与片外的非易失性存储器 93C46 作为数据存储等，在电源的设计上考虑了干扰和保护问题；软件主体部分使用了状态机方式工作。此外，系统从软件设计和硬件设计两部分考虑到了 EMI 问题，介绍了 PCB 的设计经验以及系统的调试方法和经验。

在完成本设计和项目的过程中，阅读了大量的相关的国内文献资料；研究并使用了 BJT, IGBT 和 IPM 等功率器件，通过比较选择了功能更强更容易使用的 IPM 作为系统功率器件；深入研究了 SPWM 的工作原理和 MSP430 的定时器工作方式，选择了对称规则采样法；在深入理解 MSP430F149 单片机结构体系的条件下，使用 IAR 开发环境进行单片机的开发和调试；在系统的软件设计、硬件设计，并借鉴了现有的类似产品的资料；实验室调试和现场调试两个环节中，及时发现问题、解决问题，并总结了系统的优缺点。

参考文献

- [1] 贾正春, 马志源, 电力电子学[M]. 北京:中国电力出版社, 2018:25-57.
- [2] 张俊谟. 单片机中级教程原理与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2019. 10(4):25-47.
- [3] 苗晓燕, 王小椿, 智能功率模块在VVVF变频器设计中的选用. 微特电机, 2019:15-26.
- [4] 日本三菱公司. 三菱TKP131-06电梯门机使用手册. 2019:56-89.
- [5] 周向红. MCS-51系列单片机应用于实践教程[M]. 北京航空航天大学出版社, 2018:18-35.
- [6] 艾杨东进. 变频器V/f曲线的合理设定. 电气传动, 2019(6):20-42.
- [7] 马全利. 单片机原理及接口技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2020. 1. 22-34.
- [8] 吴国经等. 单片机应用技术[M]. 北京:中国电力出版社, 2019. 1. 55-57.
- [9] 胡大可, MSP430超低功耗16位单片机原理与应用. 北京. 北京航空航天大学出版社, 2018:23-35.
- [10] 徐维样, 刘旭敏. 单片微型机原理及应用[M]. 大连理工大学出版社, 2019:32-37.

致 谢

在毕业设计期间，一直得到指导老师黎老师的悉心指导，对我在毕业设计写作过程中出现的问题不厌其烦的进行解答。整个学习和设计过程中，我深切的体会到了黎老师严谨的治学精神、渊博的知识、敏锐的思维、对工作的热情态度和朴素高尚的人格修养，相信这些将使我终生受益。

在此设计完成之际，谨向我敬爱的老师表示最诚挚的敬意。也由衷地感谢电梯 1181 班各位同学为我提供的无私帮助，而且他们孜孜不倦的学习精神永远是我学习的榜样。同时，也向电梯工程学院所有帮助支持过我的老师、同学和朋友致以衷心的感谢。