

基于 VB 的直流电机调速研究与设计

高金龙
(白城发电公司)

摘要: 直流电机广泛应用于各个领域,包括工业生产、交通运输、家用电器、办公设备等。对直流电机进行深入研究可以提高其效能、降低能耗,进一步推动各个行业的发展。本文设计了一种直流电机控制系统,该系统以 AT89C51 单片机为控制核心,并利用 VB 作为控制界面实现直流电机调速的方法,精确地实现了普通直流电机正转、反转和转速调节功能。实验证明该系统具有结构简单、操作方便、测量精度高、稳定性好等特点。

关键词: 直流电机; 调速; 单片机

0 引言

直流电机具有转速调节范围广、转速调节过程平滑的特点,适用于需要精确调节转速的工业生产。根据自动控制原理,使用 PWM (脉宽调制) 控制方式来对直流电机进行调速。PWM 控制方式通过改变电源的占空比来改变电机的平均输出电压,从而实现转速的调节。PWM 控制方式可以提供精确的控制,通过改变 PWM 信号的占空比可以实现精确的转速调节^[1]。同时, PWM 控制方式的响应速度也很快,能够满足对电机转速要求时间上的迅速变化。根据上述考虑,本文设计一个直流电机控制系统,该系统包括 PWM 信号生成电路、PWM 信号驱动电路以及电机驱动电路。PWM 信号生成电路负责生成占空比可调的 PWM 信号,电机驱动电路通过调节 PWM 信号的占空比从而控制直流电机的转速。通过直流电机控制系统的设计,可使直流电机的控制更加精确和迅速地满足现代工业生产的需求^[2]。

1 直流电机控制系统的硬件设计

1.1 电机控制模块

模组的实物图如图 1 所示。模组的主要功能是驱动 4 位 LED 数码管以及控制两台直流电机的转速和方向。10PIN 排针与“51 板”连接,单片机发送控制信号来控制模组。模组中使用 L298 电机驱动芯片,通过控制该芯片实现对两台直流电机的控制。电源插座用于提供电机驱动电源,外接电源指示灯来指示电源是否已接通。此外,模组具有测速功能,通过测量红外接收管接收到的红外光的次数实现对电机的测速功能。模组通过控制电机和显示内容的方式,实现对电机和数码管的精确控制和显示功能。



图 1 L298 电机控制模组实物图

1.2 L298 芯片控制直流电机

L298 是直流电机的驱动芯片，AT89C51 单片机通过 I/O 端口对 L298 引脚进行控制，如图 2 所示。

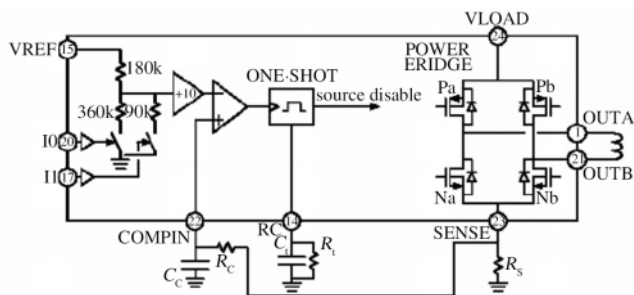


图 2 L298 一路通道控制电路原理图

L298 电机驱动芯片的通道 1 控制一台直流电机的正反转和转速调节。通道 1 的控制脚包括 PHASE1, I01 和 I11。通过改变 PHASE1 的逻辑电平，实现电机的正向或反向转动。当 PHASE1 为低电平时，电机停止转动；当 PHASE1 为高电平时，电机正向转动；当 PHASE1 为 PWM 信号时，控制电机的占空比来调节转速。I01 和 I11 的高低电平状态的改变，通过连接到控制器的 PWM 输出端口，来改变占空比，从而调节电机的转速。当 I01 为高电平且 I11 为低电平时，电机停止转动；当 I01 为低电平且 I11 为高电平时，电机以最大速度正向转动；当 I01 为 PWM 信号时，控制电机的占空比，从而调节转速。通过利用 PWM 的占空比来调节 I01 和 I11 的高低电平状态，实现对电机转速的精确控制^[3]，如图 3 所示。

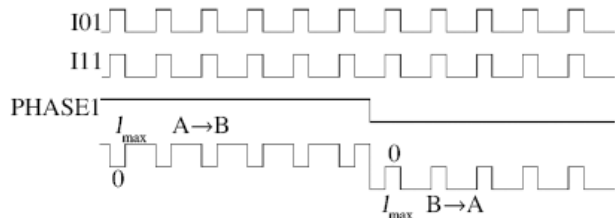


图 3 输出 PWM 控制直流电机

2 直流电机控制系统的软件设计

2.1 VB 控制界面的设计

执行以下操作：

- 1) 打开 Microsoft Visual Basic 6.0 开发环境。
- 2) 在“新建工程”对话框中，选择“标准 EXE”选项。
- 3) 点击“打开”按钮，进入 Visual Basic 的开发环境。
- 4) 在窗体设计器中，会自动出现一个名为 Form1 的空白窗体。

2.2 用户登录模块设计

系统主界面上按键，用于控制电机的正转、反转、加速和减速。当按下这些按键时，会生成相应的数据，并通过串口传输给下位机，从而对下位机进行控制。具体的界面设计和按键功能可能因系统的具体实现而有所不同。

2.3 直流电机转速调节原理

直流电机的运行特性受到励磁方式的影响，因此在讨论工作特性时需要考虑到所有的电磁过程和各种励磁方式的特点。下面列出直流电机的相关方程式：

电枢电流和电枢电压之间的关系：

$$V = E + I_a R_a \quad (1)$$

式中， V 为电枢电压； E 为电枢反电动势； I_a 为电枢电流； R_a 为电枢电阻。

电磁转矩和电枢电流之间的关系：

$$T_e = K_t I_a \quad (2)$$

式中， T_e 为电磁转矩； K_t 为电磁转矩常数。

电枢反电动势和转速之间的关系：

$$E = K_e \omega \quad (3)$$

式中， E 为电枢反电动势； K_e 为反电动势常数； ω 为转速。

电枢电流和负载转矩之间的关系：

$$I_a = (V - E) / R_a \quad (T_L / T_n) \quad (4)$$

式中， T_L 为负载转矩； T_n 为电机额定转矩。

转速和负载扭矩之间的关系：

$$\omega = \omega_n (K_t / T_n) T_L \quad (5)$$

式中， ω 为转速； ω_n 为电机额定转速。

计算公式提供了直流电机工作特性的基本描述，直流电机的运行特性随着励磁方式的不同而有很大差别^[4]。在实际应用中，可能需要根据具体情况进行适当的修改和调整。所以讨论工作特性时，既要应用综合电磁过程的所有方程式，又要注意到各种励磁方式的特点。直流电机的计算为：

$$U = E_a + R_a I_a \quad (6)$$

$$U_f = R_f I_f \quad (7)$$

$$E_a = C_e \Phi_n \quad (8)$$

$$T_{em} = C_T \Phi I_a \quad (9)$$

式中， E_a 为感应电动势； C_e 为电动势常数； T_{em} 为电磁转矩； C_T 为转矩常数； I_a 、 I_f 分别为电枢电流与励磁电流； R_a 、 R_f 分别为电枢电路的电阻与励磁回路的电阻。

由式 (6) ~ 式 (9) 推导出直流电机的转速表达式：

$$n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{R_a}{C_e \Phi} I_a \quad (10)$$

改变加在电枢回路的端电压 U 实现调速。通过改变直流电机两端的电压，改变电机的转速。增加电机的端电压提高电机的转速，减小电机的端电压则降低电机的转速。

在实际应用中，通过调节电源电压或使用变压器等电压变换装置来改变电机的端电压。通过控制电机端电压的大小，实现直流电机的转速调节。这种方法通常比较简单易行，并且调速范围比较大，但是调速响应速度相对较慢。实现调速的三种方法为改变励磁电流、电枢回路端电压和串入电枢回路中的电阻^[2]。本文是通过改变电枢回路端电压来调节直流电机转速。

2.4 软件设计

系统单片机资源分配如表 1 所示。

表 1 单片机资源分配表

P0	显示模块接口	外部中断 0 (P3.2)	键盘中断
P1	键盘模块接口		
P2.0/P2.1	PMW 电机驱动接口	内部定时器 0	系统时钟

根据 AT89C51 的控制原理，通过将占空比传送给 PWM 处理来控制 L298 驱动器，从而实现对直流电机的调速。具体的步骤如下：

- 1) 通过使用 AT89C51 的 I/O 端口，将占空比信息传输给 PWM 处理电路。
- 2) PWM 处理电路根据输入的占空比信息生成相应的 PWM 信号。
- 3) PWM 信号通过 L298 驱动器的 I01 和 I11 引脚输出，并传递给直流电机。

通过控制 PWM 信号的占空比，控制直流电机两端的电压大小，从而实现对电机转速的控制。根据占空比的大小，PWM 信号中的高电平时间和低电平时间的比例将决定电机所受到的平均电压大小。增大占空比可以增大电机的平均电压，从而提高转速；减小占空比可以减小电机的平均电压，从而降低转速。

系统主程序流程图如图 4 所示。

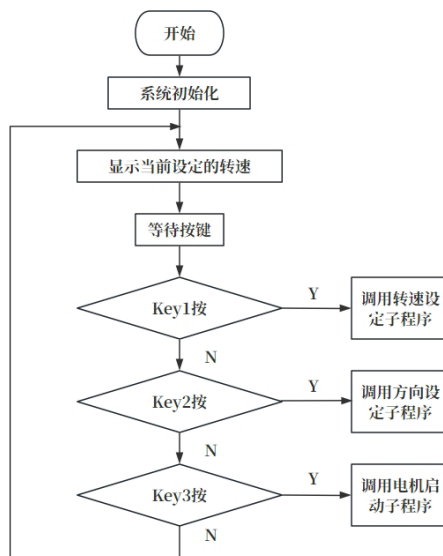


图 4 主程序流程图

调速控制方法步骤：

1) 使用软件延时的方式对脉冲宽度进行控制。生成 PWM 信号，通过控制脉冲宽度来控制电机的转速。

2) 在转速设定子程序中，通过数码管闪烁显示当前设定的转速值。用户清楚地看到当前的转速设定值。

3) 使用按键（Key1 和 Key2）来增加或减小转速设定值。按下 Key1 键，转速设定值增加；当转速设定值达到最大值时，再按下 Key1 键，转速设定值将恢复到最小值。同理，按下 Key2 键，转速设定值减小；当转速设定值下降到最小值时，再按下 Key2 键，转速设定值将达到最大值。

4) 当按下 Key3 键时，返回到主程序通过软件延时方式对脉冲宽度进行控制，并结合数码管和按键操作，实现对直流电机转速的设定和调整。该子程序流程图如图 5 所示。

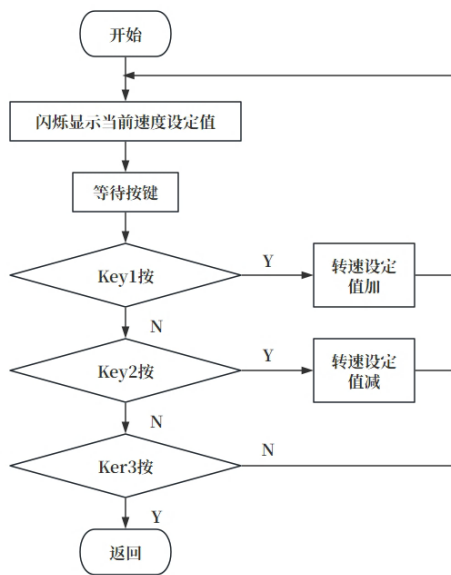


图 5 速度控制流程图

键盘中断处理子程序采用中断方式。Key1 与 Key2 键分别设定电机转动方向为“正转”或“反转”。按 Key3 键返回主程序。其程序流程图如图 6 所示。

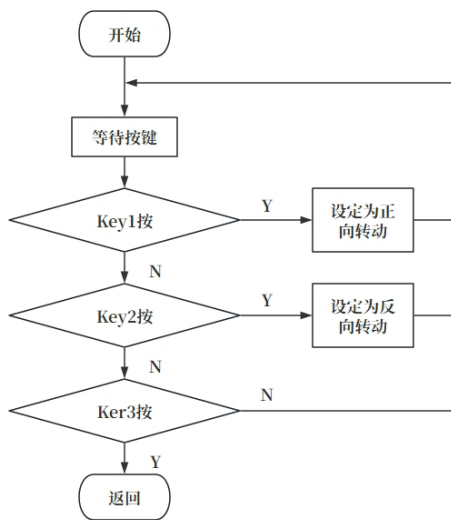


图 6 方向控制子程序流程图

单片机为 12M 晶振，定时中断处理程序采用定时方式，定时器置初值 3CB0H 定时 50ms，系统时钟精度 0.05s。

3 直流电机控制系统的整体调试

通过使用稳定且可靠的电源以及添加适当的电源调节电路来实现电机和控制系统的供电稳定，电压波动或噪声可能导致系统性能不稳定或损坏关键元件。在调试过程中，特别是在改变转速或负载的情况下，注意避免电机超载。确保电机的额定电流和功率不会超出其额定范围，以免引起电机过热、损坏或其他危险情况。

Keil uVision2 是一个集成的开发环境（IDE），用于嵌入式软件开发和调试。专为 8 位和 16 位微处理器以及其他嵌入式系统设计，并提供一个直观的界面，可以进行源代码编写、编译、调试和仿真。它支持多种编程语言，如汇编、C 和 PL/M，支持嵌入式系统的硬件仿真和调试。

在编写完整的程序后，使用 Keil uVision2 进行编译和链接操作。在菜单栏中选择相应的选项，如 Build 或 Rebuild，以生成目标文件和可执行文件。使用 Keil uVision2 的调试功能来将程序下载到

AT89C51 单片机中，并在 isis professional 仿真软件中运行来进行调试。选择仿真器来与目标设备配对，连接仿真器和单片机的相应引脚。在仿真模式下，使用 Keil uVision2 提供的调试工具进行调试，如单步执行、断点设置、变量监视和寄存器查看等。通过在 isis professional 仿真软件中显示的结果，检查程序的运行情况并进行调试。根据需要，对程序的逻辑或算法进行修改，直到符合设计要求为止。

根据设计的实际情况，直流电机最大转速设置为 60d/s，最小转速设置为 30d/s。对直流电机初始转速进行设置，还可以对直流电机方向进行设定。

4 结束语

本文以单片微机 AT89C51 为例，采用 PWM 实现电机调速过程。通过调整占空比可以灵活地控制电机的速度，实现更高的效能。PWM 技术也会产生一定的谐波含量和电磁干扰，因此在实际应用中需要注意滤波和电磁兼容设计，以避免对其他设备和系统造

成干扰。同时基于 VB 的控制界面可提供直观、方便的调速控制功能，使用户灵活地设置参数和监控电机的状态，程序中有充足的时间进行闭环控制的测控和计算，系统运行更为合理可靠。

参考文献

- [1] 谢维. 采用单片机的直流无刷电机调速系统设计与实现 [J]. 煤矿机械, 2021, 42 (11): 8-11.
- [2] 李娟, 马利祥. 直流电机调速控制和测速系统设计 [J]. 自动化仪表, 2021, 42 (6): 39-42, 47.
- [3] 陈文康. 基于单片机的直流电机调速系统设计探讨 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2018 (10).
- [4] 陈庭伟, 林艺帆, 刘巧. 基于 51 单片机和无线传输的直流电机调速测速系统设计 [J]. 软件工程, 2018, 21 (5): 53-54, 62.

(收稿日期: 2024-02-28)