

基于单片机用软件实现直流电机 PWM 调速系统

The Realization of DC - motor Speed Control by Software Using PWM Theory Based on the SCM

李维军 韩小刚 李 晋

(辽宁石油化工大学机械工程学院机电工程系, 抚顺 113001)

摘 要: 介绍了基于单片机用 PWM 实现直流电机调整的基本方法, 直流电机调速的相关知识, 及 PWM 调整的基本原理和实现方法。重点介绍了基于 MCS - 51 单片机的用软件产生 PWM 信号的途径, 并介绍了一种独特的通过采用计数法加软件延时法实现 PWM 信号占空比调节的方法。对于直流电机速度控制系统的实现提供了一种有效的途径。

关键词: 单片机系统 PWM 直流电机调速

Abstract: This paper introduces a kind of method of DC - motor speed modification based on PWM theory by the SCM. Showing some relative knowledge upon the DC - motor timing, the basic theory and the way to implement. And it emphasizes on the way for carrying out PWM signals based on MCS - 51. This paper still provides a method for modifying the speed of DC - motor by way of taking count of data and time delay by software. It offers a sort of efficient method for the DC motor speed - controlling system.

Key words: SCM PWM DC - motor speed modification

0 引言

随着社会的发展, 各种智能化的产品日益走入寻常百姓家。为了实现产品的便携性、低成本以及对电源的限制, 小型直流电机应用相当广泛。对直流电机的速度调节, 我们可以采用多种办法, 本文在给出直流电机调整和 PWM 实现方法的基础上, 提供一种用单片机软件实现 PWM 调速的方法。

1 直流电机调速原理

根据励磁方式不同, 直流电机分为自励和他励两种类型。不同励磁方式的直流电机机械特性曲线有所不同。对于直流电机来说, 人为机械特性方程式为:

$$n = \frac{U_N}{K_e \phi_N} - \frac{R_{ad} + R_a}{K_e K_t \phi_N^2} T = n_0 - \Delta n \quad (1)$$

式中, U_N 、 ϕ_N ——额定电枢电压、额定磁通量;

K_e 、 K_t ——与电机有关的常数;

R_{ad} 、 R_a ——电枢外加电阻、电枢内电阻;

n_0 、 Δn ——理想空载转速、转速降。

分析(1)式可得, 当分别改变 U_N 、 ϕ_N 和 R_{ad} 时, 可以得到不同的转速 n , 从而实现对速度的调节。由于 $\phi = F(I_f)$, 当改变励磁电流 I_f 时, 可以改变磁通量 ϕ 的大小, 从而达到变磁通调速的目的。但由于励磁线圈发热和电动机磁饱和的限制, 电动机的励磁电流 I_f 和磁通量 ϕ 只能在低于其额定值的范围内调节, 故只能弱磁调速。而对于调节电枢外加电阻 R_{ad} 时, 会使机械特性变软, 导致电机带负载能力减弱。

对于他励直流电机来说, 当改变电枢电压 U_N 时, 分析人为机械特性方程式, 得到人为特性曲线

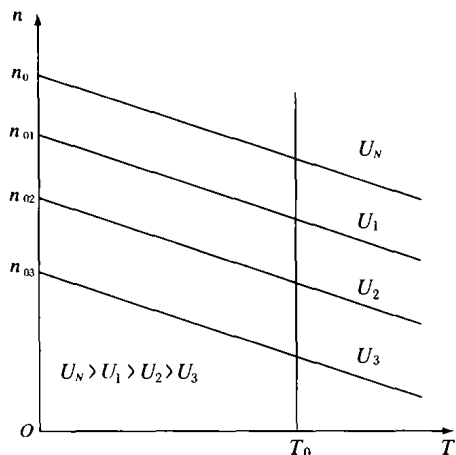


图1 直流电机机械特性曲线

如图1所示。理想空载转速 n_0 随电枢电压升降而发生相应的升降变化。不同电枢电压的机械特性曲线相互平行,说明硬度不随电枢电压的变化而改变,电机带负载能力恒定。当我们平滑调节他励直流电机电枢两端电压时,可实现电机的无级调速。

基于以上特性,改变电枢电压,实现对直流电机速度调节的方法被广泛采用。改变电枢电压可通过多种途径实现,如晶闸管供电速度控制系统、大功率晶体管速度控制系统、直流发电机供电速度控制系统及晶体管直流脉宽调速系统等。

2 PWM 基本原理及其实现方法

2.1 PWM 基本原理

PWM 是通过控制固定电压的直流电源开关频率,从而改变负载两端的电压,进而达到控制要求的一种电压调整方法。PWM 可以应用在许多方面,如电机调速、温度控制、压力控制等。

在 PWM 驱动控制的调整系统中,按一个固定的频率来接通和断开电源,并根据需要改变一个周期内“接通”和“断开”时间的长短。通过改变直流电机电枢上电压的“占空比”来改变平均电压的大小,从而控制电动机的转速。因此,PWM 又被称为“开关驱动装置”。

如图2所示,在脉冲作用下,当电机通电时,速度增加;电机断电时,速度逐渐减少。只要按一定规律,改变通、断电的时间,即可让电机转速得到控制。

设电机始终接通电源时,电机转速最大为 V_{\max} ,设占空比为 $D = t_1/T$,则电机的平均速度为

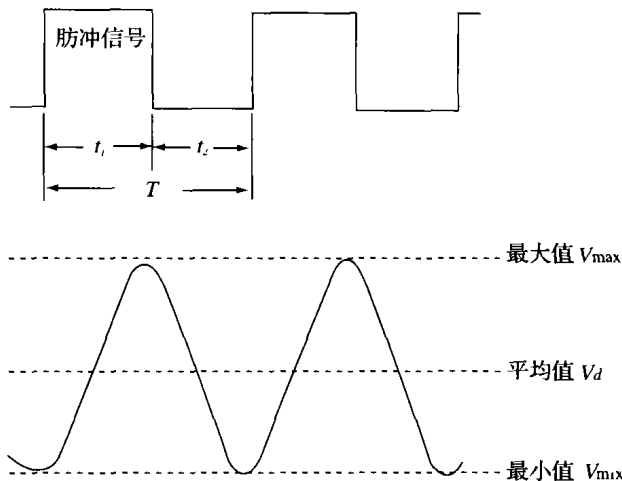


图2 电枢电压“占空比”与平均电压关系图

$$V_d = V_{\max} \cdot D \quad (2)$$

式中, V_d ——电机的平均速度;

V_{\max} ——电机全通电时的速度(最大);

$D = t_1/T$ ——占空比。

由公式(2)可见,当我们改变占空比 $D = t_1/T$ 时,就可以得到不同的电机平均速度 V_d ,从而达到调速的目的。严格地讲,平均速度 V_d 与占空比 D 并不是严格的线性关系,在一般的应用中,可以将其近似地看成线性关系。

2.2 实现方法

PWM 信号的产生通常有两种方法:一种是软件的方法;另一种是硬件的方法。硬件方法的实现已有很多文章介绍,这里不做赘述。本文主要介绍利用单片机对 PWM 信号的软件实现方法。

MCS-51 系列典型产品 8051 具有两个定时器 T_0 和 T_1 。通过控制定时器初值 T_0 和 T_1 ,从而可以实现从 8051 的任意输出口输出不同占空比的脉冲波形。由于 PWM 信号软件实现的核心是单片机内部的定时器,而不同单片机的定时器具有不同的特点,即使是同一台单片机由于选用的晶振不同,选择的定时器工作方式不同,其定时器的定时初值与定时时间的关系也不同。因此,首先必须明确定时器的定时初值与定时时间的关系。如果单片机的时钟频率为 f ,定时器/计数器为 N 位,则定时器初值与定时时间的关系为:

$$t_1 = (2^n - T_w) \times \frac{N}{f \times 10^6} \quad (3)$$

式中, T_w ——定时器定时初值;

N ——一个机器周期的时钟数。

N 随着机型的不同而不同。在应用中,应根据具体的机型给出相应的值。这样,我们可以通过设定不同的定时初值 T_w ,从而改变占空比 D ,进而达到控制电机转速的目的。

2.3 控制程序设计

控制程序的设计有两种方法:软件延时法和计数法。软件延时法的基本思想是:首先求出占空比 D ,再根据周期 T 分别给电机通电 M 个单位时间 t_0 ,所以 $M = t_1/t_0$ 。然后,再断电 \bar{M} 个单位时间,所以 $\bar{M} = t_2/t_0$ 。改变 M 和 \bar{M} 的值,从而也就改变了占空比 D 。计数法的基本思想是:当单位延时个数 M 求出之后,将其作为给定值存放在某存储单元中。在通电过程中,对通电单位时间 t_0 的次数进行计数,并与存储器的内容进行比较。若不相等,则继续输出控制脉冲,直到计数值与给定值相等,使电机断电。

3 应用举例

以 89C51 单片机为核心的油辊电机控制系统控制简图如图 3 所示。单片机按预定算法计算出定时初值,由软件转换成 PWM 信号,并由 P 3.0 输出,经放大器及固态继电器输出给电机,从而控制电机得电与失电。

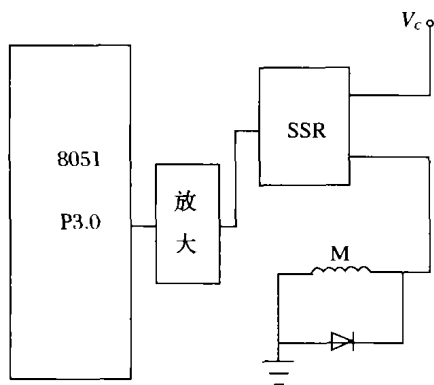


图3 油辊电机控制系统控制简图

软件采用计数法加软件延时法进行设计。如图 4 所示,单片机上电后,系统进入准备状态。当按动启动按钮后,判断 P 3.0 是否高电平。然后,根据 P 3.0 分别进入计数值与预定值比较环节,当计数值与预定值相等时,清计数寄存器,并置 P 3.0 为相反状态,进入延时程序。根据不同的加

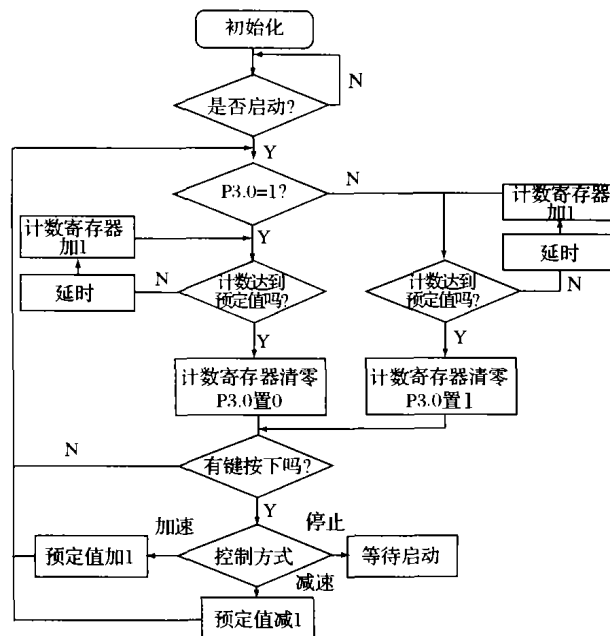


图4 流程图

减速按钮,调整 P 3.0 输出高低电平时的预定值,从而可以控制 P 3.0 输出高低电平时的延时时间,进而控制电压的大小。控制程序成功的应用于纺织机油辊电机的加减速控制。

4 结束语

通过单片机来实现电机调整有多种途径。相对于其他用硬件或者硬软结合的方法实现对电机进行调整,采用 PWM 用纯软件的方法来实现调速过程,具有更大的灵活性和更低的成本,能够充分发挥单片机的效能,对于简易速度控制系统的实现提供了一种有效的途径。对于软件,采用计数法加软件延时法进行设计的思路,为采用纯软件对电机速度的平滑调节提供了一种不错的解决方案,经过在“油辊电机控制系统”中的实际应用证明,能够取得满意的效果。

参考文献

- 1 潘新民. 微型计算机控制技术. 北京: 电子工业出版社, 2003
- 2 Boudreaux R R, Nelms R M, Hung John Y. Simulation and Modeling of a DC - DC converter controlled by an 8 - bit microcontroller. IEEE - APEC. 2, 1997
- 3 张力, 赵永健. 现代电力电子技术. 北京: 科学出版社, 1992
- 4 林蔚天. 微机控制 PWM 直流调速. 上海电机技术高等专科学校学报, 2001, 12(4)
- 5 李玮, 赵江, 刘建业. 一种实用的单片机控制的数字式调速系统. 吉林化工学院学报, 2002, 6(2)