

## 变周期 PWM 电液比例阀控制电路的设计与实现

王 朋, 李文魁

(海军工程大学 电气工程学院, 湖北 武汉 430033)

**摘要:** 分析了脉冲宽度调制(PWM)控制电液比例阀的基本原理, 采用 C8051F340 单片机设计控制电路, 通过可编程计数器阵列(PCA)模块编程实现了变周期 PWM 信号的产生, 通过达林顿晶体管阵列芯片实现功率放大。实验表明, 该电路具有配置灵活、响应快、精度高等优点, 满足电液比例阀控制要求。

**关键词:** 电液比例阀; 单片机; 变周期; 脉冲宽度调制; 功率放大

中图分类号: TP368.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)20-0030-03

## Design and realization of the variable period PWM control circuit of the electro-hydraulic proportional valve

Wang Peng, Li Wenkui

(College of Electrical Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

**Abstract:** This paper analyses the basic principle of PWM control the electro-hydraulic proportional valve. The PWM control circuit is designed based on C8051F340 single chip microcomputer. Variable period PWM signal is generated by programmed PCA module and power is amplified by darlington transistor arrays chip. The experiment shows that the circuit can be configured flexibly and fast responsible and high precision which satisfies the demand of electro-hydraulic proportional valve control.

**Key words:** electro-hydraulic proportional valve; single chip microcomputer; variable period; PWM; power amplify

电液比例阀具有可靠、节能、廉价、抗污染能力强等优点, 是理想的电液控制元件。电液比例控制的核心是控制电液比例阀的电流。模拟式控制方法控制功率输出极到比例阀线圈的电流是连续电流, 电子功率器件功耗大, 需加装散热装置; 同时, 由于液压系统受温度、负载等参数变化的影响较大, 在对控制性能要求较高的场合往往不能满足要求。脉冲宽度调制(PWM)控制功率输出极为开关型结构, 功耗小; 且 PWM 信号包含同频率的脉动量, 无需另加颤振信号, 抗干扰、抗污染能力强, 滞后时间短, 重复精度高。由于采用数控形式, 与计算机或微处理器连接方便, 因此, 可实现程序控制<sup>[1]</sup>。

## 1 电液比例阀 PWM 控制原理

电液比例阀 PWM 控制中, PWM 信号加到比例阀线圈上时, 由于脉冲频率远大于阀芯的响应频率, 所以阀芯的运动只响应 PWM 信号的电流平均值。PWM 原理电路如图 1 所示, PWM 信号控制开关管的导通与截止。占空比定义为:

$$D = T_H / (T_H + T_L) \quad (1)$$

式中:  $T = T_H + T_L$ , 为 PWM 的周期;  $T_H$  为 PWM 信号高电平

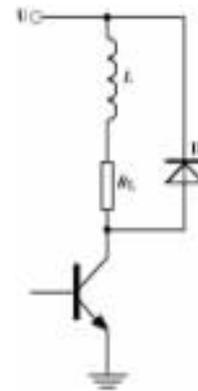


图 1 PWM 控制电路的基本形式

时间;  $T_L$  为 PWM 信号低电平时间<sup>[2]</sup>。

在时间常数  $L/R_L$  一定时, 稳定电流平均值  $I$  及电流波动值  $dI$  取决于占空比  $D$  和周期  $T$ , 其关系为:

$$I(t) = U/R_L + (I - dI - U/R_L) \cdot e^{-(t/\tau)} \quad (0 < t \leq DT) \quad (2)$$

$$I(t) = (I + dI) \cdot e^{-(t-DT/\tau)} \quad (DT < t \leq T) \quad (3)$$

联立式(2)、式(3)可得:

$$dI = I \cdot (1 - B) / (1 + B) \quad (4)$$

$$I = U \cdot (1 - A) \cdot (1 + B) / [2R_L \cdot (1 - AB)] \quad (5)$$

《微型机与应用》2012年 第31卷 第20期



PCA 计数器/定时器由一个可编程的时基信号驱动,时基信号有系统时钟、系统时钟/4、系统时钟/12、外部振荡器时钟/8、定时器 0 溢出或外部时钟输入(ECI)等 6 种时钟源。

定时器 0 在自动重载的 8 bit 计数器/定时器工作方式(方式 2)下,TL0 保持计数值,而 TH0 保持重载值。当 TL0 计数值溢出(从 0xFF 到 0x00)时,定时器溢出标志 TFO 被置位,TH0 重载值被重新装入 TL0。如开中断,TFO 置位时将产生中断,TH0 重载值保持不变。在允许定时器计时之前应正确初始化 TL0。该工作方式下,可通过编程设定不同 TH0 值使定时器 0 产生不同的溢出时间间隔,即产生可编程的溢出频率,以提供可编程 PCA 时钟源。

定时器 0 可选时钟频率源包括:系统时钟、系统时钟/4、系统时钟/12、系统时钟/48、外部时钟/8。若定时器 0 时钟源频率为  $F$ ,则定时器 0 溢出频率  $f$  为:

$$f = \frac{F}{256 - TH0} \quad (0 \leq TH0 \leq 255) \quad (8)$$

选取 PCA 时基信号的时钟源为定时器 0 溢出,定时器 0 工作方式为自动重载的 8 bit 计数器/定时器。若选取定时器 0 时钟频率源为系统时钟  $f_{sys}$  的不同分频,即:

$$F = f_{sys}/N \quad (N=1,4,12,48) \quad (9)$$

则 PWM 波周期为:

$$T = 256N(256 - TH0)/f_{sys} \quad (10)$$

这样,通过编程选取定时器 0 时钟源频率不同分频  $N$  和 TH0 重载值来获得不同的 PWM 信号周期。单片机软件程序设计一个周期的流程如图 4 所示。

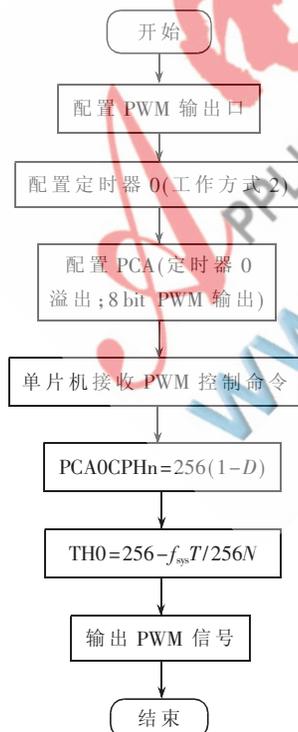


图 4 软件流程图

首先对单片机进行初始化配置。当单片机接收到

PWM 控制指令后,从控制指令中获取此周期内信号的指令占空比和频率值,利用相应的公式计算 PCA 寄存器值及定时器 0 溢出频率值,并根据计算的数值配置 PCA 及定时器 0,最终向硬件电路输出一个完整周期的 PWM 信号。同时,单片机继续接收控制指令并进入下一周期的计算,以此循环往复。

#### 4 实验验证

用 100  $\Omega$ /25 W 电阻及 0.3 H 电感模拟电液比例阀线圈负载来验证 PWM 控制电路。用示波器测量单片机输出 PWM 信号和加在负载上的 PWM 信号,如图 5、图 6 所示,其中波形 1 为单片机 I/O 口输出的 PWM 波,波形 2 为加到负载上的 PWM 波。

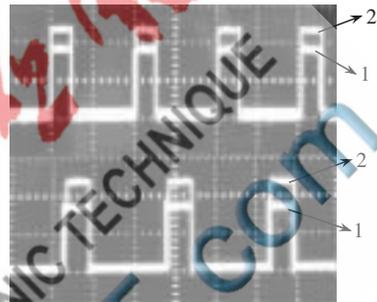


图 5 占空比误差对比

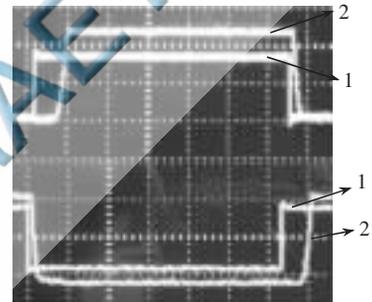


图 6 信号延迟对比

##### 4.1 占空比误差分析

图 5 中,占空比为 25%,频率为 3.9 kHz。计算可知,该电路输出 PWM 信号占空比误差为 5  $\mu$ s。

##### 4.2 时间延迟分析

图 6 中,占空比为 75%,频率为 3.9 kHz。计算可知,PWM 波形最大延迟时间为 2  $\mu$ s。

实验表明,基于 C8051F340 单片机的变周期 PWM 电液比例阀控制电路切实可行,且具有价格低廉、抗干扰能力强、控制精度高、延迟时间短等优点;采用 C8051F340 单片机的 PCA 实现变周期 PWM 输出,其软件编程简单,可灵活使用,具有较好的实际应用价值。

##### 参考文献

- [1] 李光彬,张吉林,张雪梅,等.C8051F320 单片机在电液比例流量阀中的应用[J].液压气动与密封,2007,27(1):34-36.
- [2] 李光彬,张雪梅,赵光,等.基于 PWM 控制技术的电液比

例阀的研究[J].煤矿机械,2006,27(11):114-116.

(收稿日期:2012-08-27)

- [3] 刘强.基于 PLC 的通用型电液比例阀数字控制器[J].仪表技术与传感器,2009(3):75-77.
- [4] 纵慧慧,郝继飞,刘会娟,等.基于 PWM 控制的电液比例阀控制系统的设计[J].工矿自动化,2009(12):111-113.
- [5] 童长飞. C8051F 系列单片机开发与 C 语言编程[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.

作者简介:

王朋,男,1986年生,硕士研究生,主要研究方向:组合导航与智能化检测技术。

李文魁,男,1973年生,博士,副教授,主要研究方向:组合导航与智能化检测技术。

