

基于 TLE7242G 数字式比例阀驱动设计

A New Digital Proportioning Valve Driving Circuit Based on TLE7242G

周东杰 肖昌炎 彭楚武 (湖南大学 电气与信息工程学院 湖南 长沙 410012)

摘要: 适应现代工程机械向数字化控制方向发展的需求,在分析传统比例阀驱动电路的基础上,提出一种基于新型控制芯片的比例阀驱动电路设计方案。该方案采用数字化设计。对整个系统采用闭环控制,并运用高频 PWM 驱动比例电磁铁,使线圈平均电流和颤振信号相互独立可调。整个系统具有结构简单,性能稳定,调试方便等优点。

关键词: 电液比例 比例阀驱动 TLE7242G 英飞凌 比例电磁铁

传统的比例阀驱动电路一般以模拟电路为主,采用运算放大器、PWM 发生模块和电流采样模块等完成驱动电路的设计,但由于模拟信号比较多,调试不方便,而且在制板的过程中,会存在电磁干扰和元器件散热等问题,所以驱动效果不是很理想,无法满足当前工程机械在线调试、网络集成和分布控制的要求,为此,本文在分析影响比例阀控制特性因素的基础上,采用新型的比例阀驱动芯片 TLE7242G 实现数字化的驱动控制。

1 电液比例控制原理与要求

液压控制系统中两个最重要的被控参数是压力与流量,而控制上述两个参数的最基本手段是对流阻进行控制。目前生产上实用的可控流阻结构形式主要是机—液控制式的间隙型流阻。它利用控制固体部件的运动或变形来实现对流阻的控制,而这种运动或变形大多采用电磁式设计,利用电磁力与弹簧力相互平衡原理来改变可控流阻的液阻。完成这一功能的电磁铁亦称作比例电磁铁。由于它结构尺寸一般比较大,所以运动惯性和磁滞也大,存在粘滞摩擦等影响比例阀性能响应的因素。为了减小磁滞和摩擦力对比例阀性能的影响,通常需要在控制信号中叠加颤振信号,比

如正弦波或三角波,其频率一般为 100Hz ~ 200Hz,振幅约为额定控制信号的 10% ~ 20%^[1]。

工程机械比例电磁铁一般采用直流电源供电,通过 PWM 控制线圈平均电流,电流大小与 PWM 占空比成正比。低频 PWM 控制时,比例电磁铁会产生内部纹波,即颤振信号,但由于其与对电流大小的调节是耦合在一起的,PWM 占空比或频率变化时,颤振信号的幅值和频率也相应变化。由于此耦合作用,在低频段很难找到合适的 PWM 频率兼顾调整平均电流和颤振信号。高频 PWM (5k ~ 40kHz) 能将平均电流调节和内部纹波调节分离,此时线圈电流不再寄生纹波。但由于颤振信号的作用,仍需要在比例电磁铁的驱动信号中加入纹波。

2 系统总体设计

整个系统工作在车载环境下,故采用英飞凌公司的 SAK 级 XC164 系列的单片机作为主控制芯片,并采用新型的高度集成化的驱动芯片 TLE7242G 来实现比例电磁铁的驱动控制。

2.1 新型比例电磁铁驱动芯片 TLE7242G

TLE7242G 是英飞凌公司生产一种专用芯片,具有很好的抗干扰能力,四驱动通道,工作于从机模式,

基金项目:湖南省科技计划项目(2007GK3080)

收稿时间:2008-07-10

芯片内部由各种集成的模块组成，其中包括：数据寄存器组模块，可以接收主机传送过来的控制参数；PWM 模块，可产生不同频率的 PWM；颤振信号发生器模块，可产生不同频率和幅值的颤振信号；A/D 模块，可采样外部比例电磁铁线圈电流；PI 调节模块，可通过主机设定 KP 和 KI 参数，对系统做 PI 调节。由于芯片内部集成了上述的模块，所以整个电路具有数字化的特点，与以往的模拟信号控制的电路大不相同。TLE7242G 工作原理如下图所示：

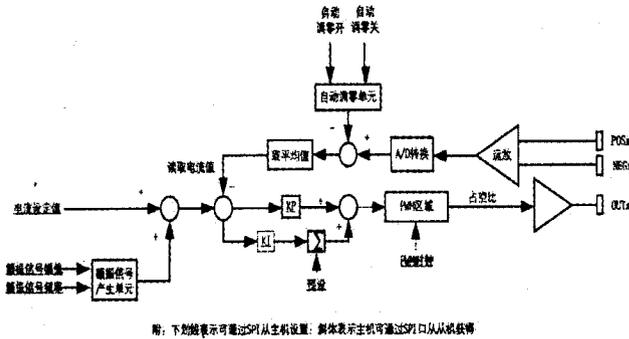


图 1 TLE7242G 工作原理

如图 1 所示，芯片内部为闭环控制系统。整个系统前向通路为：首先通过 TLE7242G 的内部数据寄存器组模块预设电流值、颤振信号的频率和幅值，然后对加载颤振信号的电流预设值进行 PI 调节，最后这些参数控制 PWM 模块经 TLE7242G 的 OUTx 输出一定占空比的 PWM；反馈通路为：通过 TLE7242G 的 POSx, NEGx 引脚采样外部比例电磁铁电流，通过内部信号放大处理和 A/D 转换完成系统的负反馈。

2.2 系统硬件电路设计

整个系统硬件电路如图 2 所示。

如上图所示，主控制芯片选用英飞凌公司的 XC164 系列的 16 位单片机，其具有很好的抗干扰能力，能较好的工作在车载的环境下^[2]。本系统作为一个子系统，其与上位主系统通信采用 CAN 总线模式，同时为了方便调试，运用 Labview 制作上位 PC 机界面，并使用 XC164 的片上 ASC 模块与 Labview 通信，采用 RS232 协议。XC164 与 TLE7242G 之间采用 SPI 模式通信，将上位 PC 机发送的数据通过 XC164 单片机传给 TLE7242G 来设置比例电磁铁的工作状态。而图 2 中的 SOLOO 即外部比例电磁铁接口。

由于采用的是新型高度集成化的专用芯片，所以

整个硬件电路的难点设计在驱动电路上，即 TLE7242G 右边的电路。其中主要包括以下几个部分：

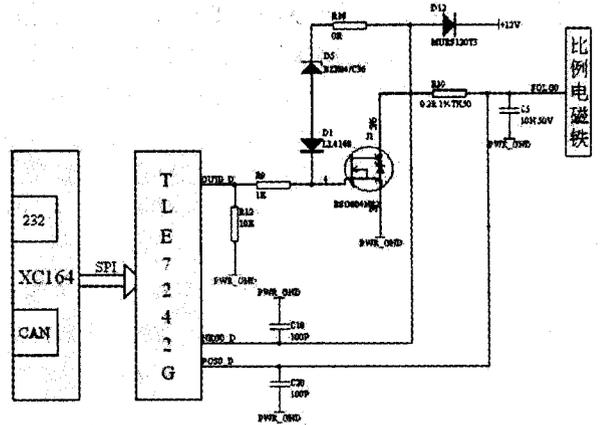


图 2 系统电路

(1) 功率 MOSFET 模块

如图 2 所示，BSO604NS2 为功率 MOSFET，采用共源极电路。其门极与 TLE7242G 的 OUT0_D 口输出相连，OUT0_D 引脚通过在电流输出源和输入源模式之间的切换来控制 MOSFET 开通和关断。同时，电压 PWM 从 OUT0_D 口输出，当 V_{gs} 大于 MOSFET 的启动电压 V_T 时，在 MOSFET 的漏极和源极之间产生电流 I_D ，驱动比例电磁阀。

采用瞬态响应分析法研究整个 MOSFET 放大电路时，可以看到在 MOSFET 的门极和源极之间产生寄生电容 C_{gs} ，此电容与图 2 中 R9 一起组成 RC 振荡电路，上升时间的存在会在门极电位上产生相位延迟 $t=0.35/fH$ ，其中 $fH=1/2 RC$ 。根据 TLE7242G 的芯片外设要求，此延迟规定不能超过 OUT0_D 输出 PWM 波周期的 1/32。BSO604NS2 的 C_{iss} 、 C_{oss} 和 C_{rss} 的典型值分别为 656PF、154PF 和 49PF，其中，输入等效电容 $C_{iss}=C_{gs}+C_{gd}$ ，输出等效电容 $C_{oss}=C_{gd}+C_{ds}$ ，反馈等效电容 $C_{rss}=C_{gd}$ ，得出 $C_{gs}=600PF$ ， $R9<3645$ 欧姆，故本项目中取 $R9=1K$ ，满足 TLE7242G 的要求。

(2) 采样电阻模块

如图 2 所示，R39 为电流采样电阻，TLE7242G 通过 NEG0_D 和 POS0_D 口采样外接比例电磁铁电流，根据比例电磁铁的工作参数，采样电阻选取 0.2 欧姆，过温误差满标不超过 1%的精密电阻，从而得到芯片采样测量的电流值为 0A—1.2A。

(3) 安保模块

由于比例电磁铁具有电感性质,当 OUT0_D 输出的 PWM 的值小于 MOSFET 的开启电压 V_T 时, MOSFET 会马上进入截止状态,此时会产生一个很大的 di/dt ,即很大的瞬时电压,如不加以处理,则很有可能会烧毁 MOSFET 或其他元件,故如图 2 所示在 BSO604NS2 的漏极端接快速续流二极管 MURS120T3,减小瞬间关断电压过大造成的损害。

由于功率 MOSFET 的抗干扰能力不是很好,而且比例电磁铁具有电感特性,为了稳定 MOSFET 的工作电压,在 MOSFET 的栅级和漏级之间接稳压二极管 BZX86 和快速二极管 LL4148,可以使驱动电路输出更加稳定,而且可以有效的防止 MOSFET 发生雪崩击穿。

2.3 系统软件实现

运用 Labview 作 PC 端上位机界面,使用 RS232 总线与单片机 XC164 通信来控制 TLE7242G 芯片,其软件流程图如下所示:

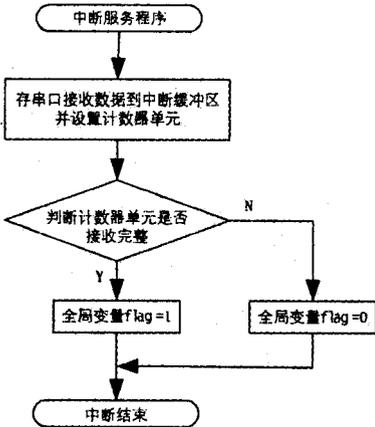
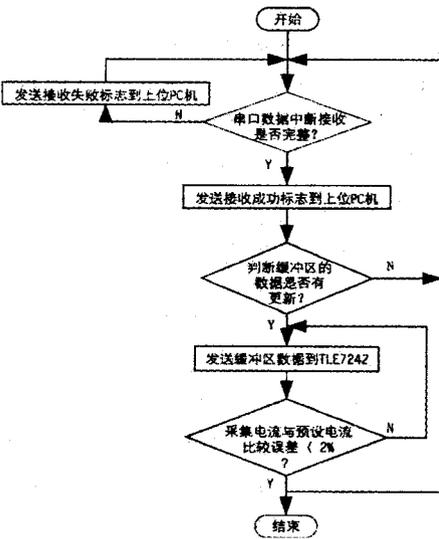


图 3 主程序流程图和中断程序流程图¹

3 实验调试和仿真

通过示波器采集图 2 系统电路中的 SOLOO 端口电压波形,并将采集结果导入 Matlab 中得到如下所示 PWM 波形:

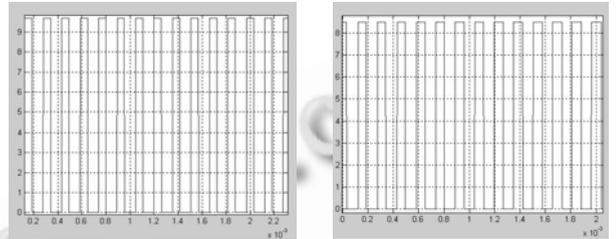


图 4 电压 PWM 波形

其中左图为不带颤振信号的占空比恒定的电压 PWM 波形,右图为加载颤振信号的占空比周期变化的电压 PWM 波形。根据比例电磁铁内部构造,如果不考虑分布电容,本系统可简单的看为一阶系统,又由于此系统为 LTI 系统,因此用 Matlab 求其单位冲激响应即得到输出电流波形,如下图所示:

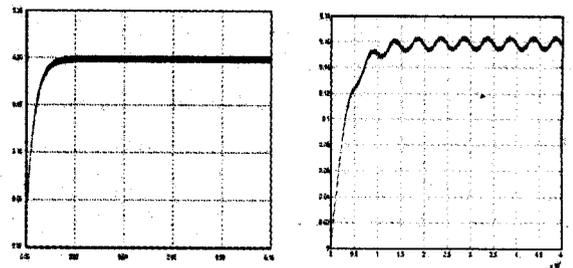


图 5 电流 PWM 波形

图 5 左边为不带颤振信号的电流波形,右边为加载颤振信号的电流波形,与预期结果基本吻合。

参考文献

- 1 李辉,赵娟,刘廷明.新型电液比例控制器的研究设计.电子技术应用,2007,8:98-100.
- 2 吴志红,朱元,王光宇,英飞凌.16 位单片机 XC164CS 的原理与基础应用.上海:同济大学出版社,2006.