

变参量超声电机驱动电路的设计与分析

杨明¹, 刘嵘超², 朱宝实¹, 阙沛文¹

(1. 上海交通大学仪器工程系, 上海 200030; 2. 上海浦东新区蔡路镇炬通实业总公司, 上海 201201)

摘要: 超声电机驱动电源一般是通过调空占比实现超声电机的控制。文中介绍一种由单片机控制可以同时实现调频、调空占比和调相位差的驱动与控制线路。实验结果表明: 该驱动源频率变化范围达 20kHz~100kHz; 相位差 $0^\circ \sim 90^\circ$ 可调; 占空比 0.1~0.5 可调。

关键词: 超声电机; 驱动源; 变参量
中图分类号: TB559 **文献标识码:** A

Design and analysis on the parameter modulation driving source of the ultrasonic motor

YANG Ming¹, LIU Sheng-chao², ZHU Bao-shi¹, QUE Pei-wen¹

(1. Department of Instrumentation Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China;
2. Jutong Industry and Commercial Company, Cailu Town, Pudong New District, Shanghai 201201, China)

Abstract: Usually pulse width modulation is used to control ultrasonic motor. In this paper, a new driving circuit is presented, in which pulse width modulation and frequency modulation and phase modulation can be realized. Experiment results show that frequency can be adjusted from 20kHz to 100kHz, pulse width modulation is 0.1 to 0.5, and phase shift is 0 to $\pi/2$.

Key words: ultrasonic motor; driving circuit; parameters modulation

1 引言

超声电机是近 10 几年来出现的一种结构紧凑、效率高、具有广泛应用前景的新型致动器^[1]。由于超声电机工作的非线性, 超声电机的测控技术是超声电机能够推广应用的关键技术之一。超声电机测控技术的硬件基础是超声电机的驱动源。不同结构与不同的方法实现的驱动源在一定程度上决定了超声电机的性能。本文介绍一种由单片机控制可以同时实现调频、调空占比和调相位差的驱动与控制线路。实验结果表明: 该驱动源频率变化范围达 20kHz~100kHz; 相位差 $0^\circ \sim 90^\circ$ 可调; 占空比 0.1~0.5 可调。

2 驱动和控制线路的设计与分析

超声电机工作时, 输入到超声电机两组压电陶瓷上的电压信号必须是处于超声频段, 并具有一定等电压幅值, 相位差为 $\pi/2$ 的正弦信号^[2]。根据超声电机工作需要而研制成功的调频、调空占比和调

相位差的驱动与控制线路如图 1 所示。图 1 中单片机用以控制信号发生器、键盘、显示和通信接口。光电编码器和频率/脉宽测量构成系统的反馈电路, 以实现系统的闭环控制。存储器用来存储程序和中间运算数据。下面主要介绍信号发生电路和功率驱动电路的工作原理。

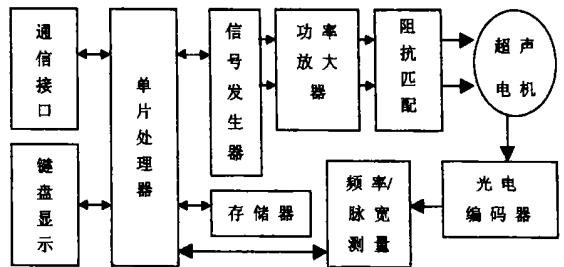


图 1 超声电机驱动电源原理框图

2.1 信号发生器电路^[3]

信号发生器由 3 片 8254 可编程计数器及环形振荡器和一些外围元件构成。为了说明方便, 把这部分电路简化如图 2 所示。图中 C1~C8 是 8254 可编程计数器, 其中 C 是时钟输入端, G 是门控输入端, O 是输出端, M0、M3 分别是计数器的工作方式 0 和方式 3。C3、C4、C5 构成一路可调空占比的分频器,

收稿日期: 2000-07-07; 修回日期: 2000-08-29

作者简介: 杨明(1964), 男, 陕西咸阳市人, 副教授, 研究方向为超声应用和检测技术。

C6、C7、C8 构成另外一路。以前一路为例, C3、C4 相互串联, 工作在计数器方式 3, 即方波发生器方式, 组成 32 位计数器。C3 的输入端连接在 10MHz 振荡器的输出端上, 通过调节计数初值 A、B, 可以从 C4 的输出端得到频率为 20kHz~ 100kHz 的方波。计数器 C5 工作在单稳方式, 当门控端出现上升沿时, 单稳进入非稳态, 输出低电平, 并从 C 端读入计数脉冲进行计数。计数完毕后, 单稳恢复稳态, 输出高电平, 且自动重新装入计数值, 等待下一次计数。只要单稳非稳态的时间小于门控端上升沿出现的周期, 那么最终输出的频率就完全由门控端的上升沿出现周期决定, 即由 $A \times B$ 决定。而控制非稳态的持续时间, 就等于调节了占空比。为了得到较大的调节范围, 输入单稳的脉冲事先由 C9 作了分频处理。假定计数器 C5(C8)、C9 的初值为 C、D, 该电路的输出可以这样计算:

$$\text{输出频率: } f = 10000/A \times B \text{ kHz} \quad (1)$$

$$\text{占空比: } D_c = C \times D/A \times B \times 100\% \quad (2)$$

计数器 C1、C2 构成另一单稳电路, 用于两路信

号相位差的调节。当要求信号发生器产生信号输出时, 处理器给出一个高电平到 RUN/STOP 引脚。此时 C3、C4 的门控端被打开, 计数器开始工作, 在 A 相(C5 输出端) 输出一个方波。同时, C1、C2 构成的单稳进入非稳态, C2 输出低电平, 同 RUN/STOP 信号相“与”后仍是低电平, 从而封锁计数器 C6、C7。直到 C2 计数完成退出非稳态时, C6、C7 才被打开, 从 B 相输出方波。所以, B 相将落后 A 相一定时间, 即产生了相位差。假定 E、F 为 C1 和 C2 的初值, 具体的相位差可以这样计算:

$$\text{相位差 } \Delta P = \left[\frac{E \times F}{A \times B} \times 2\pi \right] \bmod 2\pi \quad (3)$$

其中 mod 为取模运算。

2.2 功率放大电路^[1]

功率放大器的好坏直接影响电机的性能, 故这部分的设计十分重要, 其电路原理框图如图 3 所示。实际电路上有两路同样的功率放大器, 这里只画出一路。信号发生器发出的方波信号经光电耦合输入。由于信号频率可高达 100kHz, 故选用高速光电

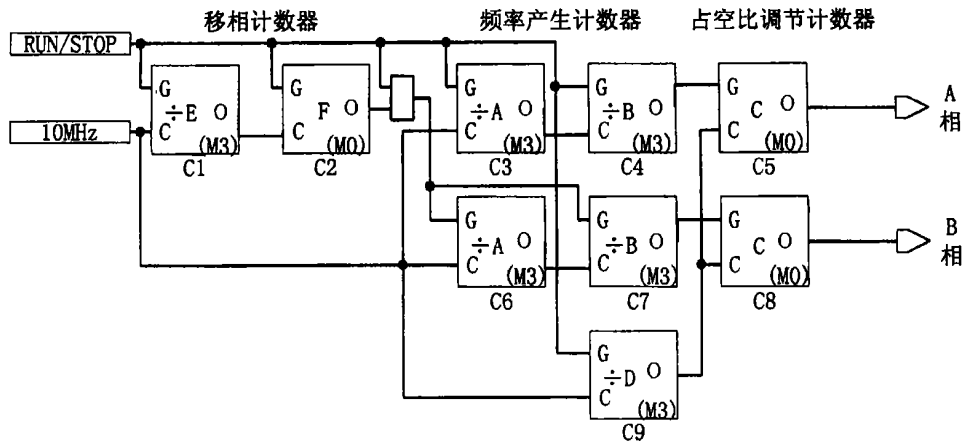


图 2 信号发生电路

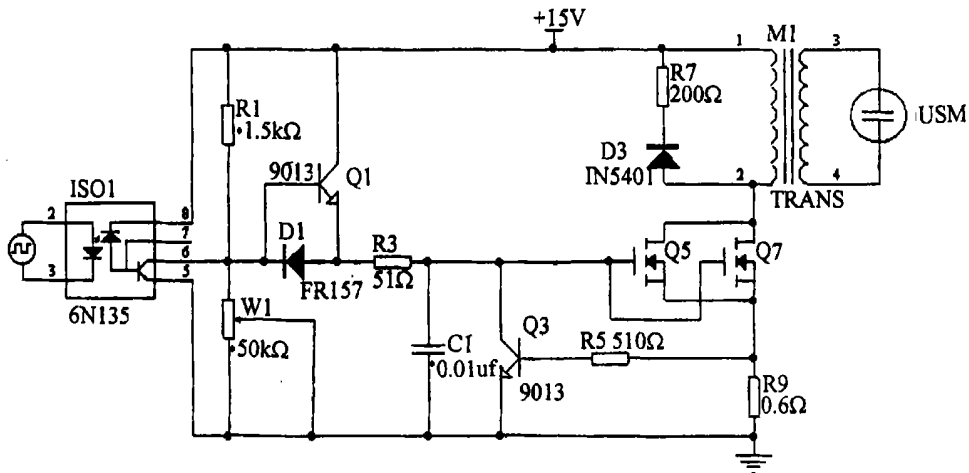


图 3 功率放大电路

耦合器 6N135, 它的带宽可达 1MHz。光电耦合输出信号经三极管构成的射极跟随器驱动功率管, 功率管采用 VMOS 管 IRF840。VMOS 管和变压器接成单端激励式, 信号输入到变压器中, 由变压器完成阻抗匹配和升压工作。超声波电机的电极作为容性负载直接接在变压器次级上, 由于变压器工作在较高频段, 它的电感量较小, 圈数较少, 所以变压器初级的直流电阻很小。这样, 当 VMOS 开关管导通时流过的电流将很大, 极可能烧毁功率管。因此, 电路中设置了由保护电阻和三极管构成的限流电路。保护电阻接于 VMOS 管源极和地之间, 限流电路中三极管集电极接 VMOS 管的栅极, 基极接 VMOS 管的源极, 射极接地。当 VMOS 管漏极和源极之间电流过大时, 保护电阻上的压降较大, 导致限流电路中三极管导通, 于是 VMOS 管栅极电压下降, 阻止了漏源之间的电流继续上升。变压器的保护电路由串联的二极管和电阻构成。

3 实验结果与讨论

实验结果表明图 1 所示的电路可以产生两相频率 20kHz~100kHz、占空比 0%~50%、相位差 $0^\circ \sim 90^\circ$ 可调的信号。利用此驱动电路可实现超声电机的驱动与控制。

实验中发现: 对不同的超声电机需要不同的匹配变压器, 否则会影响超声电机驱动电路的效率。另外, 在频率变化时, 也要同时调节占空比和相位的设置值, 但不影响输出频率。受时钟频率的限制, 该驱动电路在超声频段内的分辨率尚需要进一步提高。

参考文献:

- [1] 上羽贞行, 富川义郎著, 杨志刚, 郑学伦译. 超声波马达理论与应用[M]. 上海: 上海科技出版社, 1998. 279-285.
- [2] 钱卫忠, 杨明, 曾周末, 杨学友, 孙家. 环形行波超声马达驱动电路的研究和设计[J]. 压电与声光, 1997. 19(5): 328-331.
- [3] 朱保实. 超声波电机驱动与测控技术研究[D]. 上海交通大学硕士学位论文, 2000.

简 讯

中德工业产品的声学设计技术交流会在沪举行

由上汽-同济噪声与振动工程中心和北京朗德科技有限公司共同主持的中德工业产品声学设计交流会于 2001 年 7 月 13 日在同济大学举行。参加北京“第二届中德声学创新技术研讨会”的 5 位德国专家以及华东地区有关声学单位共 30 余人出席了会议。

本次技术交流内容丰富, 讲授与演示相结合, 突出一个新字, 其中包括噪声和声品质的基本概念, 车内噪声模拟及声质量和舒适度的理论, 互动式分析在故障诊断方面的应用, 噪声传输路径分析及传输路径合成, 汽车通过噪声的模拟, 发动机台架噪声测试分析, 非破坏性整车噪声模拟以及汽车工业用消声室设计新概念等。同时展示了德国等多通道噪声与振动测量及声质量分析设备的具体特性, 介绍了这些设备在汽车行业和家用电器行业的具体应用。

通过交流, 对发达国家在噪声与振动控制领域的新进展有了大体了解, 沟通了信息, 增进了友谊, 促进了我国工业产品的声学设计工作。

吕玉恒报道

浙江省第三届噪声与振动控制技术交流会在杭州举行

2001 年 7 月 18 日由浙江省环保产业协会和声学学会联合主办的省第三届噪声与振动控制技术交流会在杭州举行, 参加会议的有来自全省的 27 个单位, 55 名代表, 会期两天。浙江省环保局领导赴会并讲了话。大会交流论文 16 篇, 10 个厂家在会上介绍了他们的产品。大会特邀上海交通大学陈端石教授作了“舰船噪声振动分析与控制”专题报告, 特邀上海第九设计研究院吕玉恒高级工程师作了“国内噪声控制热门话题”的报告, 同时参观了杭州蓝保环境技术有限公司承担的两个噪声治理工程。

通过第三届学术交流会检阅了浙江省近 3 年来噪声控制技术的新成果。据介绍浙江省环境治理任务十分艰巨, 由于环境污染而关停并转的企业有 1091 家, 每年环保投入为 1.3 亿元, 有 8000 余个噪声污染源有待治理。通过整顿, 浙江省环保产业协会朝气蓬勃, 学术交流活动频繁, 年内还准备和山东、天津、上海、四川等省市进行技术交流, 以促进浙江省环保事业的发展。

吕玉恒报道