

一种先进的步进电机控制方法

山东科技大学 赵永瑞

摘要: 本文介绍了以 MC68332 的 TPU 为基础组成的步进电机控制电路, 给出了主要的程序, 详细分析了这个电路的主要性能, 明确提出了该电路的优点和应用范围。

关键词: 步进电机 控制

An Advanced Control Method Used for Stepping Motor

Zhao Yongrui

Abstract: This paper introduces the circuit used for stepping motor control based on the TPU of MC68332. The main program is given. It analyzes the main properties of the circuit in detail, put forwards clearly the advantages of the circuit and the applying scope of it.

Keywords: stepping motor control

步进电机是一种将电脉冲信号转换为直线或角位移的执行机构。对其施加 1 个电脉冲信号后, 其转轴就转过一定的角度, 称为 1 步。对应的角度称为步距角, 4 相绕组的步进电机其步距角一般为 $0.9^\circ/1.8$ 或 $0.75^\circ/1.5$ 。输入到步进电机的脉冲数增加, 直线或角位移也随之增加; 脉冲频率高, 步进电机的旋转速度就高, 反之则慢; 改变加在绕组上的脉冲序列的相序, 电机便逆转。由于步进电机具有步距值不受诸如电压和温度变化的影响, 误差不长期积累以及控制性能好等优点, 所以在仪器仪表、机器人、数控机床、纺织、轻工、石油、邮电、冶金和化工等行业得到了越来越广泛的应用。通过改变脉冲信号的频率 f 就可以控制步进电机的旋转速度, 改变加在电机绕组上的脉冲序列的相序即可以改变转动的方向。一般情况下, 步进电机的控制电路如图 1 所示。

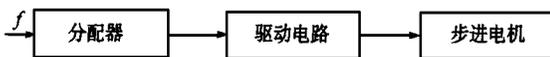


图 1 步进电机控制电路原理图

在这个电路中, 脉冲信号的频率 f 受主控制器的控制; 分配器将脉冲信号转换为加在绕组上的脉冲序列, 可以由硬件或软件实现; 驱动电路把脉冲序列信号进行功率放大, 以提供足够的功率。

时间处理单元 (TPU) 是 MC68322 高性能微控制器中一个最有特色的功能模块, 它可以通过

编程处理与时间有关的各种操作 (又称为事件)。MC68332 是一种先进的 32 位微控制器, 它由 32 位的中央处理单元 CPU 32、系统集成模块 SM、串行队列模块 QSM、静态存储器 RAM (2KB) 和时间处理单元 TPU 组成。这些模块通过内部模块总线 (MB) 连接起来, 具有很高的性能价格比^[1]。实际上, TPU 模块本身也是一个 16 位的微控制器, 含有许多功能电路, 可完成多种功能。TPU 可以半独立于 CPU 32 以外执行与时间有关的操作而不需要 CPU 32 干预。当然, 这个 16 位的微控制器对用户来说只是半透明的, 不能直接任意编程控制, 必须通过 CPU 32 对其间接控制或利用仿真才能改变固有的功能。由于 TPU 在处理与时间有关的操作方面具有卓越的性能, 因此将其用于步进电机控制不仅可以大大降低主 CPU 的负担, 并且许多功能可以通过编程实现, 使用非常方便^[2]。

1 硬件电路的设计

硬件电路如图 2 所示。

在这个电路中, TPU 模块通过内部模块总线 (MB) 与 MC68332 的其它模块相连, 实现模块之间的双向通信, 传送数据或控制信号。驱动电路实现信号的隔离、功率放大和步进电机的过电流等保护功能。步进电机为 110BYG404 4 相电动机,

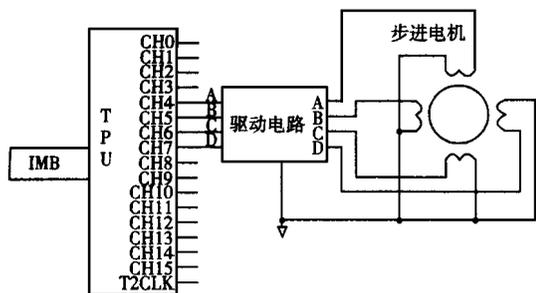


图 2 电路原理图

步距角为 0.75° 。步进电机的旋转速度、转动方向和加减速控制均由 TPU 通过编程控制。步进电机的励磁方式,如单四拍整步运行、双四拍整步运行和四相八拍半步运行等都可以由软件进行控制。

2 软件设计

程序框图如图 3 所示。

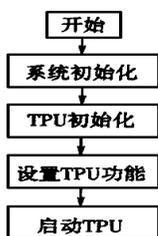


图 3 程序框图

主要程序如下。

```

        ORG $0000
        DL    $02FFFE
        DL    $000400
        ORG $0400
InitCPU: CLR.L  D0
        MOVE.L D0, VBR
InitSM:  MOVE.W # $60CF, ($FFFA00).L
        MOVE.W # $CF1A, ($FFFA04).L
        MOVE.W # $FF40, ($FFFA20).L
        LEA   # $FFFA44, A0
        MOVE.W # $0ABB, (A0)+
        MOVE.W # $0000, (A0)+
        MOVE.W # $0004, (A0)+
        MOVE.W # $6970, (A0)+
InitRAM: MOVE.W # $8000, ($FFFB00).L
        MOVE.W # $FFF0, ($FFFB04).L
InitTPU: MOVE.W # $CF1A, ($FFFA04).L
        MOVE.W # $004E, ($FFFE00).L
        MOVE.W # $0450, ($FFFE08).L
SetTPU:  MOVE.W D0, ($FFFE0A).L
        MOVE.W # $DDDD, ($FFFE10).L
SetCH4:  LEA   # $FFFF40, A0
    
```

```

        MOVE.W # $0081, (A0)+
        MOVE.W # $9999, (A0)+
        MOVE.W # $0000, (A0)+
        MOVE.W # $DES_POS, (A0)+
        MOVE.W # $0001, (A0)+
        MOVE.W # $0E07, (A0)+
SetCH5:  LEA   # $FFFF50, A0
        MOVE.W # $0081, (A0)+
        MOVE.W # $CCCC, (A0)+
        MOVE.W # $004D, (A0)+
        MOVE.W # $0D9F, (A0)+
SetCH6:  LEA   # $FFFF60, A0
        MOVE.W # $0082, (A0)+
        MOVE.W # $6666, (A0)+
SetCH7:  LEA   # $FFFF70, A0
        MOVE.W # $0082, (A0)+
        MOVE.W # $3333, (A0)+
StartTPU: MOVE.W # $AA00, ($FFFE1A)
        MOVE.W # $FF00, ($FFFE1E)
        MOVE.W # $0300, ($FFFE1A)
        END
    
```

3 性能分析

3.1 最高运行频率

TPU 模块共有 16 个通道,这些通道具有独立的硬件电路,可分时接受执行单元(EU)的服务,所以 TPU 能够输出的脉冲序列的最高频率除与系统时钟有关外,还与服务通道的数目和通道功能有关。在本项应用中,通道 4、5、6、7 用于步进电机控制,若其它通道空闲,在系统时钟为 25.17 MHz 时,计数器 1 的最高分辨率为 160 ns。此时,TPU 服务于通道的最小时间是 246 个系统时钟^[3],相当于 9.84 μs,对应的频率为 102 kHz,如果步进电机改变转动方向,则对应的频率降低为 90 kHz。由于 MC68332 的时钟频率可以动态改变,所以,实际应用时,可以通过编程改变系统时钟,计数器 1 的分辨率和需要服务的通道数来控制最高运行频率,以适应不同性能的步进电机。在本项目中,步进电机 110BYG404 的最高运行频率为 7 kHz,所以 TPU 完全可以满足要求。

3.2 可控制的步进电机数

由于每个 4 相的步进电机需要 4 个 TPU 通道控制,所以,每个 TPU 模块可以控制 4 台 4 相的步进电机。在这种情况下,对每个步进电机来说,TPU 能够提供的信号最高频率为 22.5 kHz。在本项目中,需要控制 2 台步进电机,需要 8 个通

道。

除可以控制 4 相步进电机外,TPU 还可以控制 2 相步进电机。如果使 2 相步进电机工作于整步方式,则 TPU 可以控制 8 台步进电机;如果工作于半步方式,每个步进电机需要 4 个通道控制,则 TPU 只能控制 4 台 2 相的步进电机。

3.3 运行方式的控制

4 相步进电机可以工作在单四拍整步运行、双四拍整步运行和四相八拍半步运行方式。常用的运行方式是双四拍整步运行和四相八拍半步运行方式。在用 TPU 控制步进电机的情况下,只要通过编程改变 PN - CONTROL (引脚控制) 参数寄存器(对应地址分别为: \$FFFF42、\$FFFF52、\$FFFF62 和 \$FFFF72) 和 CHANNEL - CONTROL (通道控制) 参数寄存器(对应地址分别为: \$FFFF40、\$FFFF50、\$FFFF60 和 \$FFFF70) 的数据,就可以改变运行方式。例如,双四拍整步运行方式对应的 4 个 PN - CONTROL 参数分别为 \$9999、\$CCCC、\$6666 和 \$3333, 4 个 CHANNEL - CONTROL 参数分别为 \$81、\$81、\$82 和 \$82; 而四相八拍半步运行方式对应的 4 个 PN - CONTROL 参数分别为 \$C1C1、\$7070、\$1C1C 和 \$0707, 4 个 CHANNEL - CONTROL 参数分别为 \$81、\$82、\$82 和 \$81, 应用十分方便。

3.4 加减速度和步进速度控制

步进电机在起动机时,如果运行的速度小于极限起动机频率,则可以直接按要求的速度运行,否则必须要有一个加速过程;而当步进电机停止时,则必须要有一个减速过程,否则可能会由于惯性而造成过冲。

由 TPU 控制步进电机时, STEP - CN TL 0

(步进速度控制 0) 和 STEP - CN TL 1 (步进速度控制 1) 2 个参数进行控制。这 2 个参数位于第一个从通道的参数寄存器中,在本例中,参数寄存器的地址分别为 \$FFFF54 和 \$FFFF56。

步进速度由主通道中的 STEP - RATE - CNT (步进速度控制) 参数控制,其地址是主通道中的最后一个地址。在本例中,STEP - RATE - CNT 的地址为 \$FFFF4A,其取值范围是 \$1~\$E,在此,取为 \$E。

4 结束语

由于 MC68332 明显的性能和价格优势,所以由其 TPU 模块控制步进电机有独特的优点。例如,加减速度、运行方式都可以编程控制,因此应用非常方便。

此外,MC68332 采用低功耗、静态设计和 HCMOS 工艺制造,所以功耗很小,符合绿色节能的设计要求。

TPU 模块可以同时控制许多个步进电机,因此在有多个步进电机的情况下,用这个电路控制有明显的性能优势和较高的性能价格比。而且,通过 (MB) 还可以利用 MC68332 的 SPI (同步串行接口) 和 SCI 方便地与其它微控制器通信。

参考文献

- 1 赵永瑞. MC68332 用于经济型数控系统的优势. 东南大学学报, 1998, 2A: 236~ 238
- 2 Motorola Time Processor Unit Reference Manual Motorola NC, 1996
- 3 Motorola Timing Performance of TPU I/O Hardware Motorola NC, 1995

收稿日期: 2000-01-31

(上接第 12 页)

- 16 Lotfi A. Zadeh From Computing with Numbers to Computing with Words: From Manipulation of Measurements to Manipulation of Perceptions. Proceedings of IPMM 99. Hawaii, U SA. 1999 July: 10~ 15
- 17 国家自然科学基金委员会. 2000 年度国家自然科学基金项目指南. 北京, 高等教育出版社, 1999 年 12 月
- 18 Wang Zhiliang. Artificial Psychology-an Attainable Scientific Research on the Human Brain. Proceedings of IPMM 99. Hawaii, U SA. 1999 July: 10~ 15
- 19 李衍达. 信息科学与生物之迷. 世界科技研究与发展, 1999, (4)
- 20 李启虎. 人类大脑信号处理机制研究. 世界科技研究与发展, 1999, (4)

- 21 国家自然科学基金委员会. 自动化科学与技术. 科学出版社, 1995
- 22 宋健. 智能控制—跨越世纪的目标. IFAC 第 14 届世界大会主题报告, 北京: 1999 年 7 月 5~ 9 日
- 23 周登勇, 戴汝为. 人工生命. 模式识别与人工智能, 1998, 11 (4): 412~ 418
- 24 钱学森, 于景元, 戴汝为. 一个科学新领域—开放复杂巨系统及其方法论. 自然杂志, 1990, 13(1): 3~ 10
- 25 李夏, 戴汝为. 系统科学与复杂性. 自动化学报, 1998, 24 (2): 200~ 207

收稿日期: 2000-05-30
修改稿日期: 2000-06-13

