

用单片机和 CPLD 实现步进电机的控制

卢勇威

(广西职业技术学院电子机械系, 广西 南宁 530226)

【摘要】本文介绍了一个使用单片机和 CPLD 联合控制步进电机的方案。首先阐明步进电机的工作原理及控制方法, 然后提出了系统的软硬件设计框架, 详细讨论了单片机和 CPLD 的逻辑接口问题和交换数据的协议, 以及用状态机来设计脉冲分配器的方法。

【关键词】步进电机; 单片机; CPLD; 状态机

【中图分类号】 TP273 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-2673(2006)06-0052-03

步进电机是一种将脉冲信号转换成角位移的伺服执行器件。其特点是结构简单、运行可靠、控制方便。尤其是步距值不受电压、温度的变化的影响、误差不会长期积累, 这给实际的应用带来了很大的方便。它广泛用于消费类产品(打印机、照相机)、工业控制(数控机床、工业机器人)、医疗器械等机电产品中。

通常的步进电机控制方法是采用 CPU(PC 机、单片机等)配合专用的步进电机驱动控制器来实现, 这存在成本较高、各个环节搭配不便(不同类的电机必须要相应的驱动控制器与之配对)等问题。

CPLD 器件具有速度快、功耗低、保密性好、程序设计灵活、抗干扰能力强、与外围电路接口方便等特点, 越来越多的应用于各种工控、测量、仪器仪表等方面。同时单片机非常适合应用于需要复杂的控制算法的场合。因此本设计采用的方法是: 用单片机采集现场信号后计算出步进电机运转所需的控制信息后, 再传给 CPLD, CPLD 把接收到的信息转换成步进电机实际的控制信号(运转方向、运转速度)输出给电机的驱动电路。这样的好处是单片机与 CPLD 各行其是, 单片机可以专注于处理输入信号与输出信息之间的转换等复杂的算法, 不必占用过多的 CPU 资源去直接控制电机, 也减小了由此引入干扰的可能性; CPLD 只需把单片机传送过来的信息转换成电机的控制信号。这样就发挥了单片机和 CPLD 两者的优点。

1 步进电机原理简介

通常电机的转子为永磁体, 当电流流过定子绕组时, 定子绕组产生一矢量磁场, 该磁场会带动转子旋转一角度, 使得转子的一对磁场方向与定子的磁场方向一致。当定子的矢量磁场旋转一个角度, 转子也随着该磁场转一个角度。每输入一个电脉冲, 电动机转动一个角度前进一步。它输出的角位移与输入的脉冲数成正比、转速与脉冲频率成正比。改变绕组通电的顺序, 电机就会反转。所以可用控制脉冲数量、频率及电动机各相绕组的通电顺序来控制步进电机的转动。

我们使用的单极四相步进电机为例, 其结构如图 1:

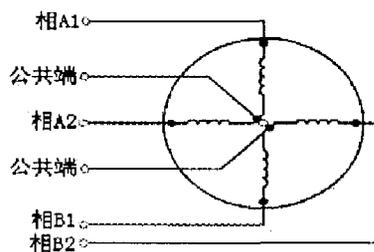


图 1 步进电机内部结构

四个绕组引出四相(相 A1 相 A2 相 B1 相 B2)和两个公共线(接到电源的正机)。把绕组的某一相接到电源的地线, 这样该绕组就会受到激励。我们采用四相八拍的控制方式, 即 1 相与 2 相交替导通, 这样可提高分辨率。每一步可转 0.9° 控制电机正转的励磁顺序如下表:

表 1 步进电机的正反转相序

相序	A1	B1	A2	B2
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1

若要求电机反转, 将励磁信号倒过来传送即可。

2 步进电机控制方案

控制系统的框图如下:

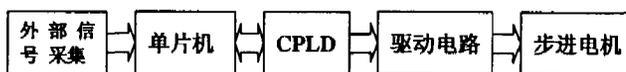


图 2 系统构成

本方案采用 AT89S51 作为主控制器件。它与 AT89C51 兼容, 同时还增加了 SPI 接口和看门狗模块, 这不但使程序调试

【作者简介】卢勇威(1971—), 男, 壮族, 广西南宁市人, 讲师, 高级技师, 研究生毕业, 广西职业技术学院电子机械工程系主任兼学院电工电子与自动化实训中心主任, 长期从事实验室建设工作, 主要研究方向为智能电子。

【基金项目】广西教育厅科研项目资助[2006]4号

变得方便而且也使程序运行更加稳定。在方案中该单片机主要实现现场信号的采集并计算出步进电机运转的方向和速度信息,然后传送给 CPLD。

CPLD 采用 EPM7128SLC84-15, EPM7128 是可编程的大规模逻辑器件,为 ALTERA 公司的 MAX7000 系列产品,具有高阻抗、电可擦等特点,可用单元为 2500 个,工作电压为+5V。CPLD 接收到单片机发送过来的信息后,转换成对应的控制信号输出给步进电机驱动器,驱动器则把控制信号处理后输入电机绕组,实现了电机的有效控制。

2.1 电机驱动器硬件结构

电机的驱动器采用如下电路:

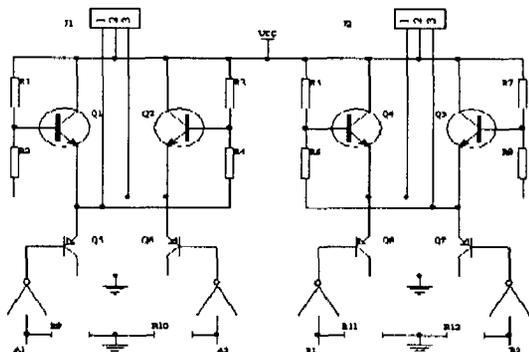


图3 驱动器电路图

其中 R1—R8 的电阻值为 320Ω, R9—R12 的电阻值为 2.2KΩ。Q1—Q4 为达林顿管 D401A, Q5—Q8 为 S8550。J1、J2 与步进电机的六条引线相连。

2.2 CPLD 硬件电路的设计

使用 CPLD 器件使电路的设计变得十分简洁。我们只需要把 CPLD 的 I/O 脚引出来, 接上相应的外围器件就可以了。CPLD 与专用数字芯片(如 74SC164 等)的一个重要区别是其 I/O 口的功能可任意在软件上设定, 这样在硬件设计中便可只用考虑电源线与地线的分布, 以减小高频电流噪声对数据传输的影响。

在设计 CPLD 电路时, 电源、时钟以及 I/O 与目标芯片都可通过插件进行连接。最后在管脚锁定的时候把 CPLD 的 I/O 分别与单片机和电机电路部分相连就可以了, 这样使电路的安装调试变得更加简便。

2.3 控制的实现

由于篇幅的限制, 在此只讨论单片机与 CPLD 逻辑接口部分以及 CPLD 中控制信号的产生部分。

首先说明单片机和 CPLD 逻辑接口的问题。AT89S51 与 EPM7128SLC84 的 I/O 电压都为 5V, 所以它们的 I/O 可以直接连接, 无需增加额外的电路。如果使用的是 I/O 电压为 3.3V 的可编程逻辑器件, 则需要考虑逻辑接口这个问题。

同时通过时序分析, 我们可以知道该系统中 EPM7128SLC84 的输入信号建立时间 $T_s=8ns$, 也就是说输入 CPLD 的信号必须持续 8ns 以上才能够被 CPLD 识别。单片机如采用 12MHz 的晶振, 则信号的改变时间为微秒级, 完全满足这个条件。

当单片机根据实际情况计算出控制信息(电机的速度和方向)后就要“联络”CPLD 以便及时的把信息传给它。单片机和

CPLD 交换数据可以选用并行传送或者串行传送的方式。考虑到单片机和 CPLD 的引脚都比较丰富, 而且并行传送的接口相对简单, 因此选用并行的方式交换数据。规定传送数据的协议如下图所示:

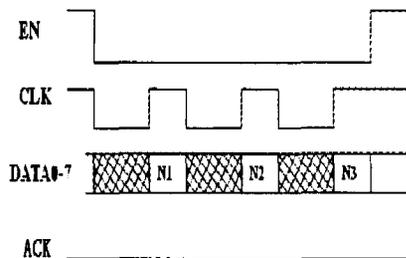


图4 单片机与CPLD的通信协议

由图可知, 单片机每次用 P0 口发送 3 个字节的数据(N1、N2 分别为速度和方向控制字, N3 为和校验字节), 当 CPLD 检测到 EN 从高到低的跳变表示传送数据开始。每个字节的有效数据出现在 CLK 的上升沿。ACK 为 CPLD 的应答信号, 当 CPLD 接收完数据后进行和校验, 如果不对则把 ACK 拉高。单片机若检测到 ACK 为高电平则重新开始送数的过程。

CPLD 接收到正确的数据后就把它转换成步进电机的物理运动, 直到接收到新的控制信息。我们用 VHDL 语言编程, 并选择 EPM7128SLC84-15 作为目标器件进行时序仿真和硬件测试。程序的框图如下:



图5 程序框图

EN: 系统使能信号。

CPLD_CLK: 系统时钟信号。

N1: 速度控制信号。

N2: 方向控制信号。

系统时钟 CPLD_CLK 在速度控制信号 N1 的控制下得到脉冲分配器(状态机)的输入时钟, 此时钟的频率决定控制逻辑输出的频率从而(在允许的范围内)控制电机的转速。EN 为高电平时系统使能开始正常运转。N1 为 01H 代表电机正转, 00H 代表电机反转。

程序的脉冲分配器部分采用状态机的方法编写。状态机是纯硬件数字系统中的顺序控制电路, 在状态机的运行方式上类似于控制灵活方便的 CPU, 而在运行速度和工作可靠性方面都优于 CPU。

状态机部分的 VHDL 代码如下:

```

PROCESS(C_ST, EN, N1, BCLK)
BEGIN
    IF RISING_EDGE(BCLK) THEN C_ST<=N_ST;
    IF EN='1' THEN
        CASE C_ST IS
            WHEN ST0=> IF N1="00000000" THEN
                N_ST<=ST1; ELSE N_ST<=ST7; END IF;
                CON_OUT<="1000";
            WHEN ST1=> IF N1="00000000" THEN
    
```

```

N_ST<=ST2; ELSE N_ST<=ST0; END IF;
                CON_OUT<="1100";
        WHEN ST2=> IF N1="00000000" THEN
N_ST<=ST3; ELSE N_ST<=ST1; END IF;
                CON_OUT<="0100";
        WHEN ST3=> IF N1="00000000" THEN
N_ST<=ST4; ELSE N_ST<=ST2; END IF;
                CON_OUT<="0110";
        WHEN ST4=> IF N1="00000000" THEN
N_ST<=ST5; ELSE N_ST<=ST3; END IF;
                CON_OUT<="0010";
        WHEN ST5=> IF N1="00000000" THEN
N_ST<=ST6; ELSE N_ST<=ST4; END IF;
                CON_OUT<="0011";
        WHEN ST6=> IF N1="00000000" THEN
N_ST<=ST7; ELSE N_ST<=ST5; END IF;
                CON_OUT<="0001";
        WHEN ST7=> IF N1="00000000" THEN
N_ST<=ST0; ELSE N_ST<=ST6; END IF;
                CON_OUT<="1001";
        WHEN OTHERS=> N_ST<=ST0;
CON_OUT<="0000";
        END CASE;
    END IF;

```

```

END IF;
END PROCESS;

```

2.4 结论

实践表明,这样的控制方法切实可行。在整个工作过程中,单片机运行稳定,电机能够根据情况完成正常的正转反转,加速减速。

3 结语

单片机是一种非常传统的智能控制器件,无论是智能家电还是消费类产品都有它的身影。CPLD 器件在各种场合的应用也越来越广泛。两者有各自的优缺点。单片机控制功能很强,能完成复杂的数学运算,但是稳定性稍差。CPLD 运行速度快,程序不会跑飞,适合产生各种复杂组合逻辑和时序逻辑,可以灵活的定义各个引脚的与外围电路连接的电气特性等。使用单片机和 CPLD 联合控制步进电机只是不同类型的器件协同完成同一任务在实际应用中的一个例子,实践证明这种方法是可取的。

参考文献

- [1] 方日杰.电机制造工艺学[M].机械工业出版社,1998.
- [2] 黄继业,潘松.EDA 技术实用教程[M].科学出版社,2005.
- [3] 许实崇.电机学[M].机械工业出版社,1996.
- [4] 沙占友.单片机外围电路设计[M].机械工业出版社,2003.

(上接第 35 页)

该类植物纤维发泡的方法及制品在生产过程和使用后处理对环境有可能造成一些不利影响,故该技术还有待改进和提高。在综合了目前国内外研究植物纤维发泡技术的单一性的基础上,采用机械和化学两种方法相互结合的二次发泡以促进并控制气泡的形成,在蔗渣纤维中加入一定量的水形成高浓度的纤维浆料,并在机械搅拌的同时,通入少量气体形成溶于浆料中的小气核,随后加入化学发泡剂、粘合剂和泡沫稳定剂,由于在第一次发泡过程中形成的微小气泡成为第二次发泡的泡核,促进了气泡的迅速生成,同时增加了气泡的细度。当发泡过程稳定、搅拌结束后,纤维在气泡的顶托力和次价键力的作用下,构成了“立体网”^[1]。二次发泡能更好地促进并控制气泡的形成,以提高材料的稳定性。将发泡好的浆料送入专用的金属模具中,在金属模具中进行加压加热,根据需要生产制作精度和壁厚与金属模相应的、不同形状的包装制品材料。

4 蔗渣纤维缓冲包装材料的发展前景

蔗渣在广西的来源非常丰富,年产量达上亿吨,除了用来造纸外,还有很多没有得到充分利用,目前以蔗渣为原料的快餐饭盒已经问世,可代替一次性泡沫塑料快餐盒,但作为家用

电器、电子仪器、玻璃器皿等产品的包装材料一直采用泡沫塑料,尤其以泡沫 PS 用量最大,这些材料是白色大污染源之一。随着家用电器市场的快速发展,由包装材料造成白色污染日趋严重,要真正消除白色污染,除禁止一次性泡沫塑料快餐盒外,还必须尽快淘汰泡沫塑料内包装材料,用可降解的绿色缓冲包装材料取以代之。开发以蔗渣为原料的绿色包装材料,对改进机电产品包装,节约能源,保护环境具有十分深远意义,对机电产品与国际接轨,进一步扩大机电产品具有重要意义,符合国际包装发展趋势。因此蔗渣绿色缓冲包装材料的使用不仅可以降低成本,保护环境缓解自然资源,而且对增加出口竞争力都具有重大贡献。

参考文献

- [1] 王友能.植物纤维发泡制品的性能和特点[J].中国包装工业,2003,103(1):24-25.
- [2] 陈国符,郑义明.植物纤维化学[M].北京:轻工业出版社,1984;127-198.
- [3] 谢拥群,陈彦,张壁光.植物纤维膨化材料的研究[J].木材工业,2004,18(2):30-32.