

基于单片机的步进电机控制系统设计方案

第 1 章 绪论

1.1 引言

随着材料科学、工艺技术、计算机技术的发展与进步，电路系统向着集成度极高的方向发展。CPU的生产制造技术，也朝着综合性、技术性、实用性发展。如 CPU的运算位数从 4 位、8 位 ……到 32 位机的发展，运算速度从 8 MHz 32 MHz……到 1.6 GHz 可以说是日新月异的发展着。其中单片机在控制系统中的应用是越来越普遍了。单片机控制系统是以单片机（CPU）为核心部件，扩展一些外部接口和设备，组成单片机工业控制机，主要用于工业过程控制。要进行单片机系统设计首先必须具有一定的硬件基础知识；其次，需要具有一定的软件设计能力，能够根据系统的要求，灵活地设计出所需要的程序；第三，具有综合运用知识的能力。最后，还必须掌握生产过程的工艺性能及被测参数的测量方法，以及被控对象的动、静态特性，有时甚至要求给出被控对象的数学模型。由此可以认识到，单片机在工业领域运用中，对工业发展、提高工业生产力等有重大意义。因此，掌握好单片机的应用，对以后的生产生活有很强的指导意义。科技的进步需要技术不断的提升。一块大而复杂的模拟电路花费了巨大的精力，繁多的元器件增加了成本。而现在，只需要一块几厘米见方的单片机，写入简单的程序，就可以使以前的电路简单很多。由此可见掌握了单片机技术后，不管今后开发或是工作上，一定会带来意想不到的惊喜。

1.2 国外设计现状

1.2.1 国外发展回顾及产生背景

如果将 8 位单片机的推出作为起点，那么单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段：

（1）第一阶段（1976-1978）：单片机的探索阶段。以 Intel 公司的 MCS - 48 为代表。MCS - 48 的推出是在工控领域的探索，参与这一探索的公司还有 Motorola 、 Zilog 等，都取得了满意的效果。这就是 SCM 的诞生年代，“单片机”

一词即由此而来。

(2) 第二阶段(1978-1982)单片机的完善阶段。**Intel** 公司在 **MCS - 48** 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 **MCS - 51**。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构。

①完善的外部总线。**MCS-51**设置了经典的 8 位单片机的总线结构, 包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有很多机通信功能的串行通信接口。

②CPU外围功能单元的集中管理模式。

③体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

④指令系统趋于丰富和完善, 并且增加了许多突出控制功能的指令。

(3) 第三阶段(1982-1990): 8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段, 也是单片机向微控制器发展的阶段。**Intel** 公司推出的 **MCS - 96** 系列单片机, 将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中, 体现了单片机的微控制器特征。随着 **MCS - 51** 系列的广应用, 许多电气厂商竞相使用 **80C51**为核, 将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道A/D转换部件、可靠性技术等应用到单片机中, 增强了外围电路路功能, 强化了智能控制的特征。

(4) 第四阶段(1990—): 微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用, 出现了高速、大寻址围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机, 以及小型廉价的专用型单片机。

1.2.2 国外单片机发展研究现状

单片机的应用在后 **PC**时代得到了前所未有的发展, 但对处理器的综合性能要求也越来越高。综观单片机的发展, 以应用需求为目标, 市场越来越细化, 充分突出以“单片”解决问题, 而不像多年前以 **MCS51/96**等处理器为中心, 外扩各种接口构成各种应用系统。单片机系统作为嵌入式系统的一部分, 主要集中在中、低端应用领域(嵌入式高端应用主要由 **DSP ARM MIPS**等高性能处理器构成), 在这些应用中, 目前也出现了一些新的需求, 主要体现在以下几个方面:

(1) 以电池供电的应用越来越多, 而且由于产品体积的限制, 很多是用钮扣电池供电, 要求系统功耗尽可能低, 如手持式仪表、水表、玩具等。

(2) 随着应用的复杂, 对处理器的功能和性能要求不断提高。既要外设丰富、功

能灵活，又要有一定的运算能力，能做一些实时算法，而不仅仅做一些简单的控制。

(3) 产品更新速度快，开发时间短，希望开发工具简单、廉价、功能完善。特别是仿真工具要有延续性，能适应多种 MCU 以免重复投资，增加开发费用。

(4) 产品性能稳定，可靠性高，既能加密保护，又能方便升级。

单片机出现至今，单片机技术已走过了近 20 年的发展路程。纵观 20 年来单片机发展历程可以看出，单片机技术的发展以微处理器(MPU)技术及超大规模集成电路技术的发展为先导，以广泛的应用领域拉动，表现出较微处理器更具个性的发展趋势。单片机长寿命 这里所说的长寿命，一方面指用单片机开发的产品可以稳定可靠地工作十年、二十年，另一方面是指与微处理器相比的长寿命。

随着半导体技术的飞速发展，MPU更新换代的速度越来越快，以 386、486、586 为代表的 MPU 很短的时间就被淘汰出局，而传统的单片机如 68HC05 8051 等年龄已有 15 岁，产量仍是上升的。这一方面是由于其对相应应用领域的适应性，另一方面是由于以该类 CPU为核心，集成以更多 I/O 功能 模块的新单片机系列层出不穷。可以预见，一些成功上市的相对年轻的 CPU核心，也会随 着 I/O 功能模块的不断丰富，有着相当长的生存周期。新的 CPU类型的加盟,使单片机队伍 不断壮大,给用户带来了更多的选择余地。 8 位、16 位、32 位单片机共同发展 这是当前单片机技术发展的另一动向。

长期以来，单片机技术的发展是以 8 位机为主的。随着移动通讯、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭，32 位单片机应用得到了长足发展。以 Motorola 68K 为 CPU的 32 位单片机 97 年的销售量达 8 千万枚。过去认为由于 8 位单片机功能越来越强，32 位机越来越便宜，使 16 位单片机生存空间有限，而 16 位单片机的发展无论从品种和产量方面，近年来都有较大幅度的增长。单片机速度越来越快 MPU发展中表现出来的速度越来越快是以时钟频率越来越高为标志的。而单片机则有所不同，为提高单片机抗干扰能力，降低噪声，降低时钟频率而不牺牲运算速度是单片机技术发展之追求。一些 8051 单片机兼容厂商改善了单片机的部时序，在不提高时钟频率的条件下，使运算速度提高了很多，Motorola 单片机则使用了锁相环技术或部倍频技术使部总线速度大大高于时钟产生器的频率。68HC08单片机使用 4.9M 外部振荡器而部时钟

达 32M 而 M68K 系列 32 位单片机使用 32K 的外部振荡器频率部时钟可达 16MHz 以上。低电压与低功耗 自 80 年代中期以来, NMOS 工艺单片机逐渐被 CMOS 工艺代替, 功耗得以大幅度下降, 随着超大规模集成电路技术由 3 μ m 工艺发展到 1.5、1.2、0.8、0.5、0.35 μ m 工艺, 全静态设计使时钟频率从直流到数十兆任选, 都使功耗不断下降。

8051 类单片机最早由 Intel 公司推出的 8051/31 类单片机也是世界上用量最大的几种单片机之一。由于 Intel 公司在嵌入式应用方面将重点放在 186、386、奔腾等与 PC 类兼容的档芯片的开发上, 8051 类单片机主要由 Philips、三星、华邦等公司接产。这些公司都在保持与 8051 单片机兼容的基础上改善了 8051 许多特性(如时序特性)。提高了速度、降低了时钟频率, 放宽了电源电压的动态围, 降低了产品价格。

1.2.2.1 单片机步进电机控制系统的研究成果

由于单片机具有显著的优点, 它已成为科技领域的有力工具, 人类生活的得力助手。它的应用遍及各个领域, 主要表现在以下几个方面:

(1) 在智能仪表中的应用

单片机广泛地用于各种仪器仪表, 使仪器仪表智能化, 并可以提高测量的自动化程度和精度, 简化仪器仪表的硬件结构, 提高其性能价格比。

(2) 在机电一体化中的应用

机电一体化是械工业发展的方向。机电一体化产品是指集成机械技术、微电子技术、计算机技术于一体, 具有智能化特征的机电产品, 例如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器, 能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点, 可大大提高机器的自动化、智能化程度。

(3) 在实时控制中的应用

单片机广泛地用于各种实时控制系统中。例如, 在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统中, 都可以用单片机作为控制器。单片机的实时数据处理能力和控制功能, 可使系统保持在最佳工作状态, 提高系统的工作效率和产品质量。

(4) 在分布式多机系统中的应用

在比较复杂的系统中，常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成，各自完成特定的任务，它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机，安装在系统的某些节点上，对现场信息进行实时的测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力，使它可以置于恶劣环境的前端工作。

(5) 在人类生活中的应用

自从单片机诞生以后，它就步入了人类生活，如洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后，提高了智能化程度，增加了功能，倍受人们喜爱。单片机将使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

综合所述，单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。另一方面，单片机应用的重要意义还在于，它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能，现在已能用单片机通过软件方法来实现了。这种软件代替硬件的控制技术也称为微控制技术，是传统控制技术的一次革命。

1.2.2.2 单片机在国的发展

我国开始使用单片机是在1982年，短短五年时间里发展极为迅速。1986年在召开了全国首届单片机开发与应用交流会，有的地区还成立了单片微型计算机应用协会，那是全国形成的第一次高潮。截止今日，单片机应用技术飞速发展，我们上因特网输入一个“单片机”的搜索，将会看到上万个介绍单片机的，这还不包括国外的。与它相应的专业杂志现在也有很多，比如由单片机界的权威何立编的《单片机与嵌入式系统应用》杂志现以风靡电子界，在2003年7月，91student.com在、、等大城市所做的一次专业人才需求报告中，单片机人才的需求量位居第一。单片机，亦称单片为微电脑或单片微型计算机。它是把中央处理器（CPU）、随机存取存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、输入/输出端口（I/O）等主要计算机功能部件都集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。计算机的产生加快了人类改造世界的步伐，但是毕竟它体积大。所以微计算机（单片机）在这种情况下诞生了。

纵观我们现在生活的各个领域，从导弹的导航装置，到飞机上各种仪表的控制，从计算机的网络通讯与数据传输，到工业自动化过程的实时控制和数据处理，以及我们生活中广泛使用的各种智能 IC 卡、电子宠物等，这些都离不开单片机。以前没有单片机时，这些东西也能做，但是只能使用复杂的模拟电路，然而这样做出来的产品不仅体积大，而且成本高，并且由于长期使用，元器件不断老化，控制的精度自然也会达不到标准。在单片机产生后，我们就将控制这些东西变为智能化了，我们只需要在单片机外围接一点简单的接口电路，核心部分只是由人为的写入程序来完成。这样产品的体积变小了，成本也降低了，长期使用也不会担心精度达不到了。所以，它的魔力不仅是在现在，在将来将会有更多的人来接受它、使用它。

据统计，我国的单片机年容量已达 1——3 亿片，且每年以大约 16% 的速度增长，但相对于世界市场我国的占有率还不到 1%。特别是沿海地区的玩具厂等生产产品多数用到单片机，并不断地辐射向地。所以，学习单片机在我国是有着广阔前景的。

1.2.3 单片机的未来发展方向

目前，单片机正朝着高性能和多品种方向发展趋势将是进一步向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路装化等几个方面发展。下面是单片机的主要发展方向。

CMOS 化 近年，由于 CHMOS 技术的进步，大促进了单片机的 CMOS 化。CMOS 芯片除了低功耗特性之外，还具有功耗的可控性，使单片机可以工作在功耗精细管理状态。这也是今后以 80C51 取代 8051 为标准 MCU 芯片的原因。因为单片机芯片多数是采用 CMOS（金属栅氧化物）半导体工艺生产。CMOS 电路的特点是低功耗、高密度、低速度、低价格。采用双极型半导体工艺的 TTL 电路速度快，但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高，又出现了 HMOS 高密度、高速度 MOS 和 CHMOS 工艺。CHMOS 和 HMOS 工艺的结合。目前生产的 CHMOS 电路已达到 LSTTL 的速度，传输延迟时间小于 2ns，它的综合优势已在于 TTL 电路。因而，在单片机领域 CMOS 在逐渐取代 TTL 电路。

低功耗化 单片机功耗使用电压在 3~6V 之间，完全适应电池工作。低功耗化的效应不仅是功耗低，而且带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力以及产品的便携化。

低电压化 几乎所有的单片机都有 **WAIT STOP**等省电运行方式。允许使用的电压围越来越宽，一般在 **3~6V** 围工作。低电压供电的单片机电源下限已可达 **1~2V**。目前 **0.8V** 供电的单片机已经问世。

低噪声与高可靠性 为提高单片机的抗电磁干扰能力，使产品能适应恶劣的工作环境，满足电磁兼容性方面更高标准的要求，各单片厂家在单片机部电路中都采用了新的技术措施。

大容量化 以往单片机的 **ROM** 为 **1KB~4KB** **RAM** 为 **64~128B**。但在需要复杂控制的场合，该存储容量是不够的，必须进行外接扩充。为了适应这种领域的要求，须运用新的工艺，使片存储器大量化。目前，单片机 **ROM** 最大可达 **64KB** **RAM** 最大为 **2KB**

高性能化 主要是指进一步改进 **CPU** 的性能，加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集 (**RISC**) 结构和流水线技术，可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高者已达 **100MIPS** (**Million Instruction Per Seconds** ，即兆指令每秒)，并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 **10** 倍以上。由于这类单片机有极高的指令速度，就可以用软件模拟其 **I/O** 功能，由此引入了虚拟外设的新概念。

小容量、低价格化 与上述相反，以 **4** 位、**8** 位机为中心的小容量、低价格化也是发展动向之一。这类单片机的用途是把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化，可广泛用于家电产品。

外围电路装化 这也是单片机发展的主要方向。随着集成度的不断提高，有可能把众多的各种外围功能器件集成在片。除了一般必须具有的 **CPU ROM RAM** 定时器/计数器等以外，片集成的部件还有模/数转换器、**DMA** 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

串行扩展技术 在很长一段时间里，通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 **OTP** (**One Time Programble**) 及各种类型片程序存储器的发展，加之处围接口不断进入片，推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 **I C**、**SPI** 等串行总线的引入，可以使单片机的引脚设计得更少，单片机系统结构更加简化及规化。

随着半导体集成工艺的不断发展，单片机的集成度将更高、体积将更小、功能将列强。在单片机家族中，80C51 系列是其中的佼佼者，加之 Intel 公司将其 MCS 51 系列中的 80C51 核使用权以专利互换或出售形式转让给全世界许多著名 IC 制造厂商，如 Philips、NEC、Atmel、AMD 华邦等，这些公司都在保持与 80C51 单片机兼容的基础上改善了 80C51 的许多特性。这样，80C51 就变成有众多制造厂商支持的、发展出上百品种的大家族，现统称为 80C51 系列。80C51 单片机已成为单片机发展的主流。专家认为，虽然世界上的 MCU 品种繁多，功能各异，开发装置也互不兼容，但是客观发展表明，80C51 可能最终形成事实上的标准 MCU 芯片

1.3 本篇毕业论文研究的热点问题

在当前单片机应用的基础上，对于单片机各个方面应用情况下步进电机种类与控制方式的选择。硬软组态相结合；各部分通信程序的算法及调试；大功率负荷用编程算法实现稳定运行；网络的设置等这都是当前单片机研究的热点问题。由此可见掌握步进电机控制系统的编程和调试都对生产生活有着十分重要的实际意义。

1.4 设计的目标、重点与特色

1.4.1 课题设计的目的和意义

目的：巩固、加深和扩大单片机应用的知识面，提高综合及灵活运用所学知识解决工业控制的能力。同时培养针对课题的需要，选择和查阅有关手册、图表及文献资料的自学能力，提高组成系统、编程、调试的动手能力。通过课题设计方案的分析、选择、比较，熟悉单片机用系统开发、研制的过程。并与他人团队协作，增加关于软硬件设计的方法、内容及步骤的了解和认识。

理论意义：掌握单片机指令和器件的操作与应用，以及单片机步进电机的基本原理和编程，可以让自己在学习和生活中应用自己所学知识，提高工业生产力，促进工业发展。

实践意义：通过理论和实践相结合，使个人能力得到全面发展。同时也让学生加深了对专业知识及相关领域更深入的了解，也培养和加强了动手解决问题能力和理论探讨、推导和分析问题的能力。

1.4.2 课题来源和主要设计目标

目前，我国正处于工业飞速发展阶段，而单片机在海洋开发、宇宙探索、工农业生产、军事、社会服务、娱乐等各个领域等有着广泛的应用，并且正朝着智能化和多样化等方向发展。同时，单片机涉及到的技术也不断扩展，如多传感器信息融合、路径规划、硬软组态相结合、网络的设置等，产生了一系列研究课题。在当前单片机应用基础上，对于单片机在硬软组态相结合；网络的设置等不同情况下，正确选择步进电机种类和控制方式对实际生产生活都有着现实意义。

1.4.3 设计的重点与特色

单片机步进电机驱动控制系统设计主要包括以下几个方面的容：①控制系统总体方案设计，包括系统的要求、控制方案的选择，以及工艺参数的测量围等；②选择各参数检测元件及变送器；③建立数学模型及确定控制算法；④选择单片机，并决定是自行设计还是购买成套设备；⑤系统硬件设计：包括接口电路，逻辑电路及操作面板；⑥系统软件设计：包括管理、监控程序以及应用程序的设计，应用系统设计包含有硬件设计与软件设计两部分；⑦系统的调试与试验。

1.5 论文的组织结构

本论文主要从四个部分阐述了单片机控制系统的过程。各章节的容说明如下：

第一章：引言。介绍了单片机现状及其发展趋势，以及步进电机控制系统设计的热点，确定本文的重难点，以及设计的目的、意义和目标；并由此确定了论文的设计方向和开展的主要工作。

第二章：详细的介绍了单片机关键技术，并从中总结得出了步进电机控制系统设计及其各项要求。

第三章：对步进电机硬件进行分析和设计。

第四章：介绍了步进电机系统的设计和实现，并分析了其达到的效果和性能，并

第 2 章 步进电机控制系统硬件

2.1 步进电机控制系统的优点

(1) 步进电动机的角位移与输入脉冲数严格成正比。因此，当它转一圈后，没有累计误差，具有良好的跟随性。

(2) 步进电动机与驱动电路组成的开环数控系统，既简单、廉价，又非常可靠，同时，它也可以与角度反馈环节组成高性能的闭环数控系统。

(3) 步进电动机的动态响应快，易于启停、正反转及变速。

(4) 可在相当宽的围平稳调整，低速下仍能获得较大转距，因此一般可以不用减速器而直接驱动负载。

(5) 步进电机只能通过脉冲电源供电才能运行，不能直接使用交流电源和直流电源。

(6) 电机存在振荡和失步现象，必须对控制系统和机械负载采取相应措施。

2.2 步进电机结构和基本原理

步进电机是将电脉冲信号转变为角位移或线位移的开环控制元件。在非超载的情况下，电机的转速、停止的位置只取决于脉冲信号的频率和脉冲数，而不受负载变化的影响，即给电机加一个脉冲信号，电机则转过一个步距角。这一线性关系的存在，加上步进电机只有周期性的误差而无累积误差等特点。使得在速度、位置等控制领域用步进电机来控制变的非常的简单。

现在比较常用的步进电机包括反应式步进电机（VR）、永磁式步进电机（PM）、混合式步进电机（HB）和单相式步进电机等。

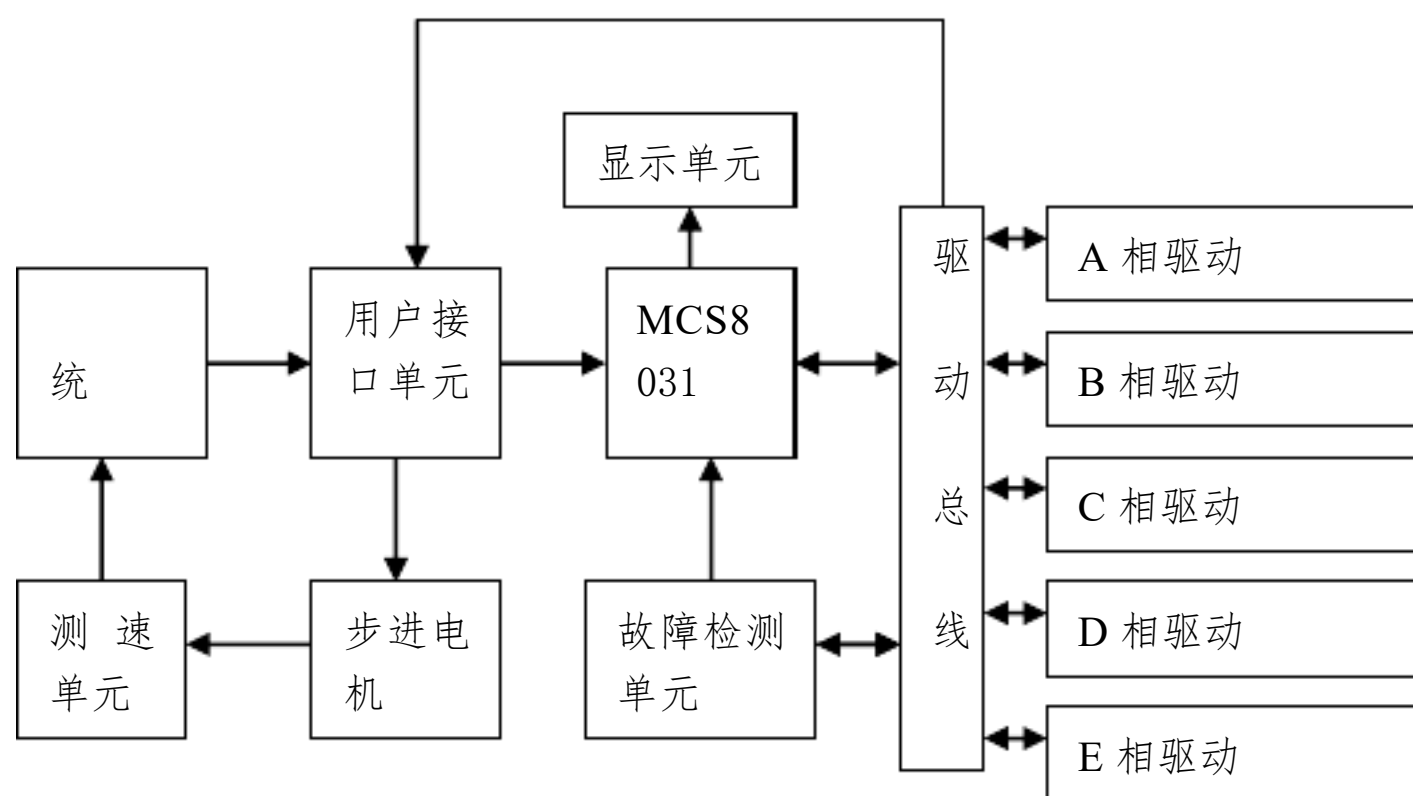


图 1 MCS 8031 步进电机驱动系统结构图

如图 1 所示，数控系统发出的控制信号（方向、节拍、使能、脉冲等）通过用户接口单元到达 8031 处理器芯片，该芯片经软件编程实现脉冲的接收、环分和显示，环分后的电脉冲通过总线到达功率驱动电路，再次放后经驱动总线到用户接口和步进电机，使步进电机按数控系统的要求运行。同时，故障检测单元不停地检测故障（过流、过压、过温等）信号，发现故障时将信号送入 CPU(8031)，通过编程 CPU 即时发出故障处理信号并显示其类型，以保护步进电机和驱动系统不致受到进一步损害。步进电机的运行状态通过测速装置测出并反馈到数控系统，与其给定状态进行对比后，决定发出怎样的控制信息，以实现步进电机运行状态的精确控制。

2.3 单片机步进电机驱动控制系统部分的设计

步进电机有两种工作方式：整步方式和半步方式。以步进角 1.8 度四相混合式步进电机为例，在整步方式下，步进电机每接收一个脉冲，旋转 1.8 度，旋转一周，则需要 200 个脉冲，在半步方式下，步进电机每接收一个脉冲，旋转 0.9 度，旋转一周，则需要 400 个脉冲。控制步进电机旋转必须按一定时序对步进电机引线输入脉冲，以 上述四相六线制步进电机为例，其半步工作方式和整步工作方式的控制时序如表 1 和表 2 所列。

时序	A+	B—	A—	B+
1	0	0	0	1
2	0	0	1	1
3	0	0	1	0
4	0	1	1	0
5	0	1	0	0
6	1	1	0	0
7	1	0	0	0
8	1	0	0	1

表 1

时序	A+	B—	A—	B+
1	1	0	0	1
2	0	0	1	1
3	0	1	1	0
4	1	1	0	0

表 2

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/757110024001006066>