

电机微机控制系统可靠性分析

李海明, 朱保安, 冯 飞

(91388 部队 96 分队, 湛江 524022)

摘要: 可靠性是电机微机控制系统的重要指标, 延长电机平均故障间隔时间(MTBF), 缩短平均修复时间(MTTR)是可靠性研究的目标。电机微机控制系统的故障分为硬件故障和软件故障, 分析故障的性质和产生原因, 有针对性地研究提高电机微机控制系统可靠性的途径及技术措施: 硬件上, 方法包括合理选择筛选元器件、选择合适的电源、采用保护电路以及制作可靠的印制电路板等; 软件上, 则采用了固化程序和保护 RAM 区重要数据等方法。各种技术措施合理搭配才能有效地提高电机微机控制系统的可靠性。

关键词: 电机微机控制系统; MTBF; MTTR; 故障分析; 可靠性

中图分类号: TP202+.1 文献标志码: B

0 前言

在电机微机控制系统的研制过程中, 系统的可靠性是一个很重要的问题。一个系统调试完成后, 往往可以在实验室正常运行, 但却不能在应用现场长期可靠地工作, 这一问题牵涉到许多有关系统抗干扰设计、故障自诊断、自恢复等有关可靠性的知识和技术。本文着重介绍与可靠性有关的一些概念和电机微机控制系统中常见故障的分析, 并指出提高系统可靠性的途径及技术措施。

1 电机微机控制系统的故障分析

1.1 与可靠性有关的几个概念

1.1.1 可靠度与平均故障间隔时间

可靠性仅是个定性的概念, 而可靠度则是从定量方面说明可靠性的程度, 它定义为在规定时间内, 按规定条件完成规定功能的成功率。成功率是一个统计量, 因此它是一个定量的指标。

目前, 常采用平均故障间隔时间 MTBF (Mean Time Between Failures) 作为衡量可靠度的指标。有了这一指标, 便可对系统定量地提出要求, 并可进行计算、评估和比较。为了提高系统的可靠度, 应从系统设计、装置选型、安装调试和日常维护等方面来延长平均故障间隔时间^[1]。

1.1.2 平均修复时间和可利用率^[2]

电机微机控制系统的可靠性再高, 故障还是会发生的。一旦发生故障, 如果系统要很长时间才能修复, 对用户极为不利。因此, 除了对系统的 MTBF 有一定要求外, 系统还应有易维修性, 即发生了故障以后, 应能迅速检测、诊断和维修好。易维修性可用系统的平均修复时间 MTTR (Mean Time To Repair) 作为衡量指标。把 MTBF 和 MTTR 综合起来可得到一个称为可利用率 A (Availability ratio) 的综合指标:

$$A = (MTBF * 100\%) / (MTBF + MTTR)$$

在提高电机微机控制系统的可利用率方面, 缩短平均修复时间具有重要意义。修复时间包括系统故障的诊断、修理和修复后的调整等所需要的时间。为了缩短修复时间, 可以在设计电机微机控制系统时采取如下措施:

1) 在电机微机控制系统设计中加入对输入信号作有效性检查的程序, 以便及时发现输入通道是否有故障。

2) 在系统软件中加入对硬件的自诊断程序, 以便系统能自动查找并确定故障部位。把系统硬件按功能划分为若干个插件模块, 用这些模块组合成系统。一旦发现某一模块有故

障, 使用备用模块替换, 使系统很快恢复正常运行。

1.2 电机微机控制系统的故障分析

根据故障的来源, 可把故障分为硬件故障和软件故障两大类。

1) 硬件故障

硬件故障是指元器件及其电路发生故障, 它又分为逻辑故障、参数故障、电源故障等^[3]。

逻辑故障是指电路中某个单元的输出或输入逻辑值与应有值相反的故障, 其中以“固定 1”或“固定 0”形式出现的逻辑故障最为普遍。这类逻辑错误主要是由于设计错误和加工过程中的工艺错误造成的。它包括各种错线、短路、断路、碰线以及元器件失效, 其中碰线是最常见也是最难排除的故障。

参数故障是指元器件某些参数的变化超出了允许范围。这些参数包括元器件的特性参数和环境参数。任何元器件的特性参数并非只有正常和失效两个状态, 两者之间还有一个渐变过程。例如逻辑门的“阀值”电压、驱动能力、交流特性, 使用期间都有一个渐变过程。当渐变到将近失效, 就可能出现元器件间歇失效。此时系统的暂时性故障愈来愈多。

常见的电源故障包括: 电压值不符合设计要求或超过元器件工作电压正常值; 电源额定功率偏低, 导致长期过载运行; 电源极性错误; 电源之间碰线; 电源技术指标不合格。如果试制的样机存在电源故障, 则加电后很可能造成元器件损坏。

由于地线或电源线配置不当而引起器件之间的信号交联, 造成信号模糊, 也可看作环境参数不合乎元器件的要求而造成的故障。一般可在元器件旁加上退耦电容以消除器件之间不应有的交联。

2) 软件故障

软件故障是指编制的程序有错误。软件故障包括程序运行时对某些输入量不能被正确执行, 运行结果出错, 程序“走飞”(即进入死循环或走入意想不到的空间)等等。这些软件故障有可能在系统总体安排阶段形成, 也可能在程序设计或程序指令化阶段形成。从本质上说, 这是一种设计性故障。一般而言, 样机通过实验室联机仿真, 一个一个模块进行反复调试, 一定能找到程序出错的原因。可修改程序后再调试, 直至排除故障为止。

由此可见, 有的故障可以通过完善的设计加以预防和排除, 有的则不能。设计的系统必须具有容错能力, 要充分利用微机芯片所具有的快速运算能力、精确定时/计数手段、强大的逻辑组合判断功能以及灵活的软件设计方法, 在系统的硬件和软件两方面采取各种抗干扰措施, 以提高系统的可靠性。

2 提高电机微机控制系统可靠性的方法

电机微机控制系统是由硬件和软件两方面组成的。下面将从系统自身的硬件和软件两个方面, 考虑提高可靠性的措施。

2.1 提高硬件可靠性的方法

2.1.1 合理选择和筛选元器件

1) 选用可靠的元器件

所选的元器件首先要满足系统的使用条件, 如直流参数、供电电源电压、驱动能力、输入阻抗、输出阻抗、延迟时间、接口

电平、工作频率、环境温度等等。选元器件时必须查考详细的使用手册，特别是使用时不要超出元器件的极限条件。

在先进性和可靠性发生矛盾时，应首先考虑可靠性。例如1997年登上火星进行探测的“漫游者”火星车，它的中央处理器芯片不是90年代的先进产品，而是70年代Intel公司的80C85；理由是技术成熟可靠，且设计时特别考虑了使它具有很强的抗御宇宙射线轰击的能力，所以非常适合航天应用。

元器件通常分为民用级、工业级、军用级三档。在工业现场使用的控制系统一般应采用工业级的元器件；在野外或条件苛刻的环境中使用的控制系统，应采用军用级的元器件。这样才能保证系统的可靠性。此外，应选用信得过的厂商提供的元器件。应当注意，即使是统一厂家生产的产品，也有产地之分，应选用来自可靠产地的产品，不要因小失大^[4]。

2) 采用老化，筛选工艺

元器件使用前要经过老化、筛选，系统制赛后也要经过老化。渐变的老化方法是高温存放和通电老化。高温存放是在高温下存放24~168小时，通电老化是在额定功率或略高于额定功率的条件下老化一定时间，一般也是24~168小时。经过这样处理的元器件和系统，可获得较好的可靠性指标。

3) 尽可能选用集成度高的元器件

这样可以减少接插件和焊点带来的不可靠因素。此外，CMOS集成芯片与TTL集成芯片相比，具有功耗低、抗干扰能力强、使用电压范围广、输出电平幅度大、输入阻抗高、工作温度范围宽等优点，在可靠性方面是比较好的，在满足功能要求的前提下应优先选用。和TTL芯片相比，CMOS集成芯片的驱动能力较低，因此两种集成芯片混用时要注意驱动能力的匹配。

此外，在满足响应速度的前提下，不要盲目选用高速芯片，不然的话，可能因系统配置的各个元器件的响应速度不同而出现电压毛刺，产生干扰或寄生振荡。

2.1.2 选择合适的电源

设计电源时，尽量使用开关稳压电源。它不易受电网的电压和频率波动的影响，也能隔离从电源线进入的传导性干扰。微机主要芯片的电源应与其它一般器件的电路供电电源分开。选择向微机主要芯片供电的开关电源时，其额定功率应留有充分的余度，以保证系统的核心部分能可靠地工作。如果电机微机控制系统工作现场的电网电压可能出现较大幅度的波动，还可以在开关电源输出的直流电源上在加一级大功率稳压电路，这样具有两级稳压电源的系统，即使外界电网电压波动较大，系统也能正常工作。

2.1.3 采用各种保护电路

在硬件设计中，对系统中的主要元器件和较为集中的重要内存数据，应设置故障自动检测和保护电路，如设置主电路过电压、过电流的检测和自动保护，以免主要元器件超出极限工作范围而受损。为了防止为集中内存数据因电源电压过低而出现读写错误，或因断电而丢失，可以在硬件方面设置“内存掉电保护”电路。

2.1.4 设计和制作可靠的印制电路板

印制电路板是微机控制系统中元器件、信号线、电源线的高密度集合体，它除了为他们提供可靠的机械支撑和电气连接外，对系统的抗干扰能力影响也很大^[5]。因此印制电路板的设计，不是单纯的器件和线路的布局安排，通常在设计时还必须采取下述的抗干扰措施。

1) 合理布线

设计密度很高的印制电路板时，应该尽量降低电源线和地线的阻抗。对公共阻抗、串模干扰和波反射等引起的波形畸变和振荡现象，要采取必要措施。电源线、地线和其他印制导线都有电阻和电感，而低电源的电流在元器件工作时往往

变化很剧烈，于是产生波动很厉害的电压降。特别是功率很大的元件，当其电流变化时，有关的电源线和地线上的电压降波动非常厉害。地线压降波动是形成公共阻抗干扰的重要原因，所以要尽量缩短公共引线，减小其电阻和电感值。要尽量加粗电源线和地线线条，一般应使它至少能够通过三倍于印制导线实际流过的电流量而不会过热。印制板上还要留出一定的空间，以便在元器件附近的电源线和地线之间安装高频特性好的去耦电容器。去耦电容器放置的原则是尽量使芯片电源和地之间的高频旁路距离缩短。

2) 合理布置印制电路板上的器件

首先应根据器件布置的需要来决定电路板的大小和形状。尺寸过大将加长印制导线，增加引线阻抗，降低对外界电磁场的抗干扰能力，同时还提高了制造成本；尺寸过小则不利于散热，且板上邻近的导线或元件间易互相发生电磁干扰。

安排印制板上的器件时，原则上应将相互有关的器件靠近一点，以获得较好的抗电磁噪声效果。必要时，可为易发生噪声的器件单独设计一个印制电路板，并加上电磁屏蔽。

另外，还要注意印制电路板在机箱内的安放方式。印制板最好垂直安装，以利于空气自然对流散热。在印制板上及机箱内布置元器件时，还应注意元件的发热情况。微机中ROM、RAM、时钟发生器等发热较多的功率电子器件应当按发热情况加装散热片，并将它们尽量安置在机箱上部区域。必要时还应在机箱内加装冷却风扇。在印制板上布置逻辑电路时，原则上应在出线端子附近放置高速电路，稍远处放置低速电路和存储器等。这样的布置有利于处理公共阻抗耦合、电磁辐射和串扰等问题。印制板上最快速的逻辑元件若不超过TTL的速度时，器件之间一般不会发生严重的有害影响。至于光电隔离元件、隔离变压器和滤波器等通常都应放在最靠近出线端子的地方。

3) 采用优质的印制板制造工艺

要制作出符合系统要求的高质量印制板，除了有好的电路设计外，最终还要有好的制造工艺来保证。虽然印制电路板的制作质量是由多方面决定的，如与板的材料、尺寸、厚度公差、最大翘曲和扭曲允许值等因素有关，但最关键的是印制板上的铜箔印制导线和金属化孔的制作质量。所以一定要将设计好的印制版电路图交给质量信得过的印制版加工厂。特别要注意基板质量、线距、打孔精度、镀金厚度、助焊剂质量、过孔连接质量等。

2.2 提高软件可靠性的方法

由于软件的设计理论现在正处于不断发展和完善之中，而设计者所采用的设计方法、控制算法、程序结构各异，应用环境与应用对象又差异甚大，所设计的软件本身也会发生错误和故障^[6]。为了减少软件的出错，设计一个满意而能稳定运行的软件，可以从以下几个方面提高软件的可靠性。

1) 采用固化程序

将编制调试好的并经实际运行证明是可靠的程序，固化在程序存储器(ROM、EPROM、E2PROM)内，这样在实时控制时就不会因掉电或干扰而破坏程序。有时程序在单片机仿真器上调试、运行时，经常因受干扰而出错，把程序固化在EPROM中以后，就能正常运行了。

2) 保护RAM区的重要数据

电机微机控制系统运行时，常常要用到很多标定系数、表格、上下限值以及程序计算中的某些中间结果数据，它们是系统维持正常运行的关键值。如果把这些数据写在RAM中，万一RAM的供电电源短时消失，其数据就会丢失。为了避免因电源短时消失而丢失数据，可以用E2PROM代替RAM，将此类数据全部存入E2PROM中。例如可采用E2PROM芯片2816，

基于彩色分割的指针式仪表识别方法

陈 卓¹, 陈普春², 夏巨武¹, 万 丽¹

(1. 西南石油大学 电子信息工程学院, 成都 610500; 2. 西南石油大学 理学院, 成都, 610500)

摘要:本文介绍了基于彩色分割的指针式仪表识别方法。通过使用 RGB 彩色分割和形态学图像处理技术,成功地提取了仪表盘的圆心、指针针尖及始末刻度坐标,据此计算出指针读数。实验表明,本方法适用于在自然光照条件下拍摄的光照不均匀、有投影的仪表图像。

关键词:彩色分割;形态学处理;仪表识别

中图分类号: TP391.41 文献标志码:B

0 引言

对于指针式仪表的自动识别研究近年来已经取得了相当多的研究成果。而对于指针读数的自动判读常用的算法有基于 Hough 变换的角度判读法、距离识别法两种方法^{[1][2]}。很多学者都研究了角度判读法并使用 Hough 变换进行了进一步的改进,如:使用中心投影算法进行仪表指针位置检测^[3]、使用概率 Hough 变换检测仪表指针^[4]、基于图像处理的模拟指针表的自动识别^[5]。

虽然这些研究对 Hough 变换做了改进,究其根本还是基于 Hough 变换的角度识别算法^[6]。并且在这些研究中大多数采用了实验室光照条件下的图片,光照均匀无阴影干扰。与此形成鲜明对照的是,本文所用图片均来自现场,光照不均匀,并且还有人头的阴影干扰。对于这种情况,本文提出了一种基于彩色分割的角度判读法。

1 仪表检测原理及方法

1.1 图像预处理

图像预处理主要包括对图像去噪和二值化操作。当图像输入到计算机时,由于各种因素的影响,图像上携带了各种各样的噪声,而本图主要包含的是椒盐噪声,因此,我们对图像采用中值滤波进行去噪处理^[7]。二值化操作采用固定阈值进行处理。

1.2 RGB 向量空间分割

如果希望基于彩色分割一副图像,并且想在单独的平面上执行处理,会很自然地首先想到 HSI 空间。因为在色调图像中描述彩色是很方便的。虽然在 HSI 空间的工作更直观,但分割是这样一个领域,即通常用 RGB 彩色向量得到的结果更好。

它与 RAM 芯片 6116 完全兼容,在电路中可以很方便的完全替代。但在替代使用时,编程序时要注意数据写入 E2PROM 中必须保证有足够的擦写时间。

3 结束语

在电机微机控制系统的设计及使用过程当中,由于系统自身的原因或外部因素的影响,都有可能出现这样和那样的故障。基于此,就显现出了系统可靠性的重要性。只有充分重视并采取措施提高其可靠性,才能保证其正常工作。□

参考文献

- [1] 林传骥. 重新审视平均故障间隔时间[J]. 国外电子测量技术, 2001, (S1): 24-25.
- [2] 丁志刚. 直线步进电动机的原理控制和应用[M]. 机械工业出

该方法很直观。假如我们的目的是在 RGB 图像中分割特殊彩色区域的物体。给定一个感兴趣彩色的有代表性的彩色点样品集,可得到一个彩色“平均”估计,这种彩色是我们希望分割的彩色。令这个平均彩色用 RGB 向量 \mathbf{a} 来表示。分割的目标是对给定图像中的每个 RGB 像素进行分类,因为在确定的范围会有某种颜色或者没有这种颜色。为了执行这一比较,有一个相似性度量是必要的。最简单的度量之一就是欧式距离。令 \mathbf{z} 代表 RGB 空间中的任意一点,如果 \mathbf{z} 和向量 \mathbf{a} 它们之间的距离小于特定的阈值 D_0 ,则称 \mathbf{z} 与 \mathbf{a} 是相似的, \mathbf{z} 和 \mathbf{a} 间的欧式距离由下式给出^[8]:

$$\begin{aligned} D(\vec{z}, \vec{a}) &= \| \vec{z} - \vec{a} \| \\ &= [(\vec{z} - \vec{a})^T (\vec{z} - \vec{a})]^{\frac{1}{2}} \\ &= [(z_R - a_R)^2 + (z_G - a_G)^2 + (z_B - a_B)^2]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (1)$$

式中,下标 R,G,B 表示向量 \mathbf{a} 和 \mathbf{z} 的 RGB 分量。 $D(\vec{z}, \vec{a}) \leq D_0$ 的点的轨道是半径为 D_0 的实心球,包含在球内部和表面上的点符合特定的彩色准则;球外面的点则不符合准则。在图像中对这两类点集编码,比如说黑或白,产生一副二值分割图像。式(1)的一个有用的推广是如下形式的距离测度^[8]:

$$D(\vec{z}, \vec{a}) = [(\vec{z} - \vec{a})^T C^{-1} (\vec{z} - \vec{a})]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

式中, C 是希望分割的彩色的典型样本协方差矩阵。该距离称为 Mahalanobis 距离。

1.3 形态学处理

彩色分割后图像有许多孔洞,为了完全地分割出圆形区域和指针,需对图像进行填充孔洞操作,而要去除分割目标周围的不相干像素点需进行腐蚀操作。在对包含圆心的黄色区域进行分割时,由于仪表上合格证已经泛黄,光照也产生细微的黄色,这些不相干部分都一起被分割出来了。而在对黑色指针的分割中,仪表的黑色圆弧和外边缘也一起被分割了出来,因此,圆形区域、指针以及起始和终止刻度最后都需通过连通域提取操作才能被提取出来。

假如我们选择了一幅标记图像 f_n ,该图像的边缘部分的值为 $1-f$,其余部分的值为 0:

出版社,1994.

- [3] 王军. 电机常见故障分析与处理[J]. 设备管理与维修, 2009, (10): 21-23.
- [4] 李仁定. 电机的微机控制[M]. 机械工业出版社, 1999.
- [5] 俞国林. 电路板制作方法的比较分析[J]. 科技信息, 2006, (1): 166-167.
- [6] 周志刚, 赖荣泰. 面向电机的微机测控技术[J]. 计算机测量与控制, 2002, 10(8): 491-493.
- [7] 陈隆昌, 陈莜艳, 等. 控制电机[M]. 西安电子科技大学出版社, 1996.

作者简介:李海明(1971-),男,学士,工程师,研究方向:计算机与自动化测试;朱保安,男,学士,工程师,研究方向:压力计量;冯飞,男,硕士,工程师,研究方向:计量与自动化。

收稿日期:2010-06-06