

基于 STM32 的嵌入式机器视觉检测平台开发与应用

任志成

深圳市远峰汽车电子软件有限公司东莞分公司 广东东莞

【摘要】 本文主要探讨基于 STM32 平台开发的嵌入式机器视觉检测系统的设计与应用。该系统通过结合高效的图像处理算法和 STM32 嵌入式处理平台，能够实现对工业生产中的零部件进行快速、准确的在线检测。系统的核心优势在于其低功耗、高性能的特点，适合在资源有限的嵌入式环境中进行应用。通过实践证明，基于该平台的机器视觉检测系统能够提高生产效率和产品质量，减少人工干预，为智能制造提供可靠的技术支持。本文还分析了该系统的硬件和软件架构、图像处理算法的选择及其优化方法，并展示了在实际生产中的应用效果。

【关键词】 STM32；嵌入式系统；机器视觉；图像处理；工业检测

【收稿日期】 2025 年 5 月 14 日

【出刊日期】 2025 年 6 月 20 日

【DOI】 10.12208/j.ijme.20250064

Development and application of an embedded machine vision inspection platform based on STM32

Zhicheng Ren

Dongguan Branch of Shenzhen Yuanfeng Automotive Electronics Software Co., Ltd. Dongguan, Guangdong

【Abstract】 This paper mainly explores the design and application of an embedded machine vision inspection system developed based on the STM32 platform. By integrating efficient image processing algorithms with the STM32 embedded processing platform, the system can realize fast and accurate online inspection of components in industrial production. The core advantages of the system lie in its low power consumption and high performance, making it suitable for application in embedded environments with limited resources. Practical verification shows that the machine vision inspection system based on this platform can improve production efficiency and product quality, reduce manual intervention, and provide reliable technical support for intelligent manufacturing. This paper also analyzes the hardware and software architecture of the system, the selection of image processing algorithms and their optimization methods, and demonstrates the application effects in actual production.

【Keywords】 STM32; Embedded system; Machine vision; Image processing; Industrial inspection

引言

机器视觉作为工业自动化的重要组成部分，广泛应用于产品质量控制与生产监控中。尤其在高精度和高效率要求的现代生产线中，嵌入式机器视觉系统的需求逐渐增加。STM32 平台凭借其高性能、低功耗等特点，成为嵌入式系统开发中的理想选择。本文旨在开发一款基于 STM32 的嵌入式机器视觉检测平台，提供一种高效、低成本的解决方案，以解决传统检测方式中存在的精度不足、速度慢以及人工成本高等问题。本文将详细介绍该系统的硬件架构、图像处理算法的优化以及实际应用中的效果，力求为智能制造提供有价值的技术支持。

1 STM32 嵌入式平台的系统架构设计

STM32 嵌入式平台作为一种高效、低功耗的处理平台，广泛应用于各种工业自动化和智能制造系统中。在设计基于 STM32 的机器视觉检测系统时，首先需要考虑到系统的硬件架构设计，确保系统具备处理复杂图像数据和实时响应的能力。STM32 平台采用了 ARM Cortex-M 系列核心处理器，提供了较强的计算能力，同时具备丰富的接口，适用于连接各种外部设备，如摄像头、显示器、传感器等。STM32 的硬件架构设计强调模块化和可扩展性，使得系统能够根据需求进行灵活配置，支持不同的功能模块，包括图像采集、信号处理、数据传输以及系统控制等。

在具体实施时,硬件架构设计还需要考虑到数据采集模块的选择。机器视觉检测系统中的图像采集是系统的关键部分,通常采用高分辨率的工业相机来进行图像采集。为确保系统能够实时处理大规模图像数据,STM32 平台需要与高速数据接口(如 USB、SPI 等)配合,保证数据的快速传输。图像数据处理模块通常包含图像采集、预处理、特征提取及分析等部分,这些都需要 STM32 嵌入式平台具备较强的实时计算能力^[1]。基于此,硬件架构设计的优化不仅要确保系统的高效性,还要在有限的资源下最大化性能输出,做到精确、快速的工业检测。

除了核心处理器和数据采集模块,STM32 嵌入式平台还需要其他辅助模块来提升系统的稳定性和可靠性。电源管理模块、存储模块和通信模块等,都是保证系统正常运行的重要组成部分。电源管理模块要确保整个系统的稳定供电,避免因电压波动导致的系统故障;存储模块则负责存储图像数据和算法结果,通常会使用闪存或 SD 卡来扩展存储空间;而通信模块则是实现与外部设备和上位机进行数据交换的关键,常用的通信协议包括 Modbus、CAN、以太网等。通过合理设计这些模块的协调配合,STM32 平台能够形成一个高效、稳定的嵌入式机器视觉检测系统。

2 机器视觉检测系统中的图像处理算法选择与优化

机器视觉系统的核心在于图像处理算法的选择与优化,决定了系统的检测精度和速度。图像处理的目标是通过对采集到的图像进行分析,提取出目标物体的特征信息,从而实现对目标物体的检测和识别。在基于 STM32 的嵌入式机器视觉检测平台中,由于计算资源的限制,图像处理算法的优化显得尤为重要。选择合适的图像处理算法能够提高系统的处理效率,减少计算量,确保系统能够在实时性要求下稳定运行。

在图像处理算法的选择上,常用的算法包括边缘检测、特征提取、图像分割、模板匹配等。这些算法通常用于提取图像中的关键特征,如形状、颜色、纹理等信息,进而实现目标物体的检测和分类。边缘检测算法能够有效地提取出物体的轮廓信息,特征提取算法则可以帮助提取物体的独特特征,图像分割算法则用于从复杂的背景中分离出目标物体。每种算法都有其独特的优点和适用场景,系统设计时需要根据实际的应用需求来选择合适的算法。

除了算法的选择,算法的优化也是提高系统性

能的关键。在嵌入式系统中,由于计算资源有限,图像处理算法的优化主要体现在减少计算量、提高执行效率和降低功耗等方面。在处理大规模图像数据时,可以采用分层次处理的方式,即将图像分成多个区域,逐一进行处理,减少每次处理的数据量^[2]。还可以通过硬件加速技术,如使用 DMA(直接存储器访问)和协处理器等,进一步提高图像处理的速度。针对 STM32 平台,可以使用固定点运算代替浮点运算,减少运算复杂度,降低对硬件资源的需求,达到优化算法执行效率的目的。

图像处理算法的优化还涉及到算法的并行化和分布式处理。在传统的图像处理算法中,许多操作是顺序执行的,而在嵌入式平台上,采用并行化计算能够显著提升系统的处理速度。通过合理划分任务,将任务分配到不同的处理单元中并行执行,可以显著减少处理时间。STM32 嵌入式平台本身具有一定的并行处理能力,设计时可以充分利用这一优势,结合硬件和软件的优化策略,提高图像处理的效率和实时性。

3 基于 STM32 的视觉检测平台的实现与调试

在实现基于 STM32 的视觉检测平台时,首先需要完成硬件和软件的搭建。硬件搭建的第一步是选择适合的 STM32 型号,STM32 系列有多个型号,每个型号的处理能力、存储空间和外设接口不同,选择时需要根据系统的具体要求来决定。通常来说,STM32F4 系列和 STM32H7 系列具有较强的计算能力和丰富的外设接口,适合用于机器视觉检测系统中。硬件搭建完成后,需要将摄像头、传感器、显示器、存储器等外部设备与 STM32 平台进行连接,并确保数据能够顺利流通。

在软件方面,系统的核心是图像处理算法和嵌入式操作系统的配合。STM32 平台支持多种开发环境,其中基于 HAL 库和 FreeRTOS 的开发方式常用来实现实时图像处理。在开发过程中,图像处理算法的实现需要充分考虑 STM32 平台的性能限制,避免过于复杂的计算导致系统运行缓慢。为了确保实时性,通常会采用分时轮转的任务调度方式,将图像采集、处理和输出任务进行合理分配,确保每个环节都能得到及时响应。嵌入式操作系统还负责对系统资源进行管理,如内存、存储、外设接口等,以保证系统的稳定运行。

系统调试是确保基于 STM32 平台的视觉检测系统正常运行的关键步骤,直接影响系统的性能和

稳定性。在调试过程中,首先需要检查各个硬件模块之间的连接是否正常,确保处理器、传感器、图像采集设备等组件能够稳定通信,数据能够正确传输。如果硬件连接存在问题,将导致系统无法正常启动或运行不稳定。在图像采集和处理模块的调试中,开发者需要验证图像数据的准确性,确保采集到的图像没有损失,且图像处理算法能够正确解析图像中的关键信息^[3-6]。这一过程需要确保算法在嵌入式平台上的高效执行。在实际调试中,开发者常常会遇到性能瓶颈,如图像采集和处理速度不足,导致系统响应延迟或无法满足实时性要求。这时,可以通过优化算法、降低图像分辨率或增加硬件加速来解决。

4 基于 STM32 平台的视觉检测系统应用效果

基于 STM32 平台的视觉检测系统在工业生产中的应用效果表现在多个方面。系统能够提高生产线的自动化水平,减少人工干预,提高生产效率。在传统的人工检测过程中,人工的检查速度和准确性都受到限制,而基于 STM32 的视觉检测系统能够实现高速、高精度的自动检测,确保每个生产环节的质量控制^[7]。通过采用高分辨率的工业相机和高效的图像处理算法,系统能够实时监控生产过程中的每个零部件,并对有缺陷的产品进行筛选和剔除,从而提高整体产品的质量水平。

该系统能够显著减少人工成本,降低企业的运营开支。在许多制造企业中,人工质量检测通常需要大量的人工投入,并且由于人力的局限性,检测效率和准确性难以得到保障。传统的人工检测不仅消耗大量的时间和劳动力,还受到疲劳、操作失误等因素的影响,导致产品的缺陷率无法完全控制。而机器视觉检测系统则能够全天候、持续不断地进行工作,彻底消除了换班和休息的时间限制。该系统无需依赖人工干预,能够在同样的时间内完成更多的检测任务,同时确保检测过程的稳定性和高一致性^[8]。通过先进的图像处理算法,系统能够实时自动识别并精确判断零部件或产品的缺陷,避免了人为判断的主观性问题,提高了检测精度。长此以往,不仅能够有效减少人工成本,还能在提高产品质量的同时降低企业在质量控制上的运营开支。

在实际应用中,基于 STM32 平台的视觉检测系统还能够提高数据的准确性和可追溯性。通过图像采集和处理,系统可以将每个产品的检测数据进行记录并存储,形成完整的生产数据档案。这些数据不

仅可以用于产品质量的追溯,还可以为生产过程的优化提供数据支持。通过分析历史数据,企业可以发现生产中的潜在问题,并及时进行调整,以提高生产效率和降低缺陷率。总之,基于 STM32 平台的视觉检测系统在工业生产中的应用效果是显著的,能够有效提升生产自动化水平,降低成本,提高产品质量。

5 结语

基于 STM32 平台的机器视觉检测系统在工业生产中展现了显著的应用效果,不仅提升了生产自动化水平,降低了人工成本,还有效提高了产品质量和生产效率。通过优化硬件架构、选择合适的图像处理算法,并结合实际生产需求,该系统为企业提供了精准的质量检测和可靠的数据支持。未来,随着技术的不断进步和应用场景的拓展,基于 STM32 的视觉检测系统将进一步推动智能制造的发展,助力企业实现高效、低成本的生产目标。

参考文献

- [1] 刘一儒,王宇,孟丽因.基于 STM32 的光伏储能 DC-DC 变换器设计[J].信息技术与信息化,2025,(08):83-86.
- [2] 李甲祺,潘绍明,钟婷婷,等.基于嵌入式的声源定位系统设计[J].物联网技术,2025,15(16):31-36.
- [3] 卢中玲,高金,杨景超.基于 STM32 嵌入式结构的智能物流机器人控制系统设计[J].兰州文理学院学报(自然科学版),2025,39(04):70-76.
- [4] 白英凯,姜欣宇,郭子昱,等.基于 STM32 带温度补偿的智能障碍预警系统[J].中国新技术新产品,2025,(13):38-40+125.
- [5] 姚宁.STM32 嵌入式技术在天然气管道阴极保护监测系统中的应用[J].仪表技术,2025,(03):42-45.
- [6] 冯俊杰,杨孟尚,卞延鹏,等.基于 STM32 的隧道亮度自动检测嵌入式系统设计[J].电子制作,2025,33(11):12-16.
- [7] 王威,纪翠翠,谢贤,等.基于嵌入式实时操作系统的跳汰机床层松散度检测仪的设计[J].化工自动化及仪表,2025,52(02):179-190.
- [8] 张宇晖,郝慧慧,唐冰,等.基于 STM32 和云平台智能花盆系统的分析与设计[J].黑龙江科学,2024,15(06):69-71.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS