

嵌入式系统与 RISC-V：特点、组成和典型案例剖析

1 引言

在过去的几年中，嵌入式系统已逐渐成为现代生活中的重要组成部分，广泛应用于智能家居、自动驾驶汽车、无人机等各个领域。本文将以某一典型的嵌入式系统为例，深入剖析其系统软硬件架构，并对 RISC-V 指令集架构进行探讨。

2 嵌入式系统概述

嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，并且软硬件可裁剪，适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统^[1]。它们与主机处理器、硬件、软件以及传感器和执行器一同工作，以控制、监视或帮助操作设备。

2.1 嵌入式系统的特点

相比于通用型计算机系统，嵌入式计算机系统一般有如下特点^[1-3]：

- 1) 高度集成：嵌入式系统通常将处理器、存储器、输入输出接口和其他必要的组件集成在一起，形成一个小型、紧凑的系统；
- 2) 效率高：嵌入式系统的硬件和软件都必须高效率地设计，量体裁衣、去除冗余，力争在同样的硅片面积上实现更高的性能；
- 3) 实时性：嵌入式系统通常需要处理实时任务，例如，在一般工厂自动化生产设备中，大部分都是通过嵌入式系统完成监测和控制；
- 4) 低能耗：嵌入式系统广泛应用与小型可移动设备中，为了保证设备的应用时间和使用效率，因此，嵌入式系统应尽量降低能耗，提高设备的续航能力；
- 5) 可移植性：根据不同的应用场景和需求，嵌入式系统可以定制不同的硬件和软件组件；
- 6) 可靠性：嵌入式系统应用广泛，很多设备应用于无人值守的场合，因此，需要较高的可靠性。

2.2 嵌入式系统的组成

嵌入式系统主要由硬件和软件两部分组成。硬件层主要有中央的微处理器、存储器、设备接口、图形控制器以及外部设备等，软件层主要有驱动层、操作系统层、中间件层和应用层等。驱动层为操作系统和应用提供硬件驱动或底层核心支持；操作系统层负责全部软硬件资源的分配、调度工作控制、协调等；中间件层是用于帮助和支持应用软件开发的软件，通常包括数据库、网络协议、图形支持及相应开发工具等；应用层嵌是针对特定应用领域，用来实现用户预期目标的软件功能设计^[3]。

3 典型的嵌入式系统例子——智能家居控制系统

随着 5G 通信技术的广泛应用，市场上智能家居的种类开始日益增多。智能家居控制的核心是嵌入式系统的设计，下面将通过具体的控制系统的实例来增进对于嵌入式系统的了解。

3.1 智能家居硬件系统

智能家居硬件系统主要由网络服务器模块、无线通信模块、视频监控模块、家电模拟模块等组成，下面将分别介绍这几个模块^[4]：

1) 网络服务器模块：搭载三星 Exynos4412 四核处理器，利用 32 位的 RISC 处理器进行系统运载；

2) 无线通信模块：以 Wi-Fi 为基础，打造智能家居体系、无线通信模块，进行内部设备无线连接；

3) 视频监控模块：摄像头通过 USB 口与嵌入式网络服务器模块相连接，将视频数据传输给服务器；

4) 家电模拟模块：在家电模拟板块上，利用传感器，能够完成对家居环境信息采集，并将采集的数据信息传输至客户端。

3.2 智能家居软件系统

服务器程序设计关乎智能家居系统的整体运营，是数据交互的核心，能够完成客户端与家电模拟编织之间的数据分析处理。服务器采用 Linux 系统，开启服务端，进入客户端连接服务器，从而能够获知用户的基本信息^[4]。

4 RISC-V 概述

RISC-V 指令集由加州大学伯克利分校在 2010 年提出，从 2015 起由 RISC-V 基金会负责维护指令集架构标准，RISC-V 指令集是一种完全开源的指令集，使用 RISC-V 指令集设计处理器不需要任何授权与费用，并支持自定义指令扩展^[5]。

由于 RISC-V 处理器开发的便利性和低成本，吸引了众多处理器厂家开发面向产品定制的 RISC-V 指令集处理器以及配套的 SoC，以满足产品对处理器的性能、功耗与面积等要求。其指令编码简单的特性也吸引了众多高校与科研机构使用 RISC-V 指令集设计处理器以测试处理器微架构^[6,7]。

参考文献：

[1]梁娜娜. 浅谈嵌入式系统[J]. 中国科技信息, 2010(23):84-86.

[2]张志慧. 嵌入式系统的特点与发展趋势分析[J]. 电子技术, 2023, 52(07):286-287.

[3]马志刚. 嵌入式系统的现状及发展趋势[J]. 中国设备工程, 2020(21):145-147.

[4]尹虎, 于娟, 戚明珠. 嵌入式系统在智能家居环境中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2022(15):29-32.

- [5] 赵博涵. 基于 RISC-V 指令集的处理器的核与 SoC 设计 [D]. 杭州电子科技大学, 2023. DOI:10.27075/d.cnki.ghzdc.2023.001435.
- [6] Menon A, Murugan S, Rebeiro C, et al. Shakti-t: A risc-v processor with light weight security extensions[C]. Proceedings of the Hardware and Architectural Support for Security and Privacy. ACM, 2017: 1-8.
- [7] Zimmer B, Lee Y, Puggelli A, et al. A RISC-V vector processor with simultaneous-switching switched-capacitor DC-DC converters in 28 nm FDSOI[J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2016, 51(4): 930-942.