

嵌入式边缘计算软硬件开发 职业技能等级标准

标准代码：510073

（2021年2.0版）

龙芯中科技术股份有限公司 制定

2021年12月 发布

目 录

前言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 适用院校专业.....	4
5 面向职业岗位（群）	6
6 职业技能要求.....	6
参考文献.....	12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准起草单位：龙芯中科技术股份有限公司、深圳职业技术学院、百科荣创（北京）科技发展有限公司、上海睿赛德电子科技有限公司、北京化工大学、北京联合大学、北京物资学院、华北科技学院、湖北水利水电职业技术学院、中智讯（武汉）科技有限公司。

本标准起草人：杜安利、叶骐宁、杨黎、何宾、鲍泓、卢斯、丁官元、宋燕星、黎冠、石浪、陈峰。

声明：本标准的知识产权归属于龙芯中科技术股份有限公司，未经龙芯中科技术股份有限公司同意，不得印刷、销售。

1 范围

本标准规定了嵌入式边缘计算软硬件开发职业技能等级对应的工作领域、工作任务及职业技能要求。

本标准适合于在嵌入式边缘计算软硬件开发职业技能培训、考核与评价，相关用人单位的人员聘用，培训与考核可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 20192140-T-469 信息技术 嵌入式系统术语

GB8567-88 和 GB8567-2006 软件开发国家标准

GB/T 36951-2018 信息安全技术 物联网感知终端应用安全技术要求

GB/T 20192140-T-469 物联网边缘计算第 1 部分：通用要求

3 术语和定义

国家、行业标准界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 GS264

龙芯中科技术有限公司设计的一种双发射 64 位 IP 核，应用于龙芯 2K1000 处理器、龙芯 2K500 处理器。

3.2 嵌入式系统 (Embedded System)

置入应用对象内部，起信息处理或控制作用的专用计算系统。

3.3 边缘计算 (Edge Computing)

边缘计算是将数据处理、存储放在网络边缘侧的计算架构。

3.4 边缘节点 (Fringe Node)

在网络边缘侧具有数据处理、存储能力的设备,如边缘智能终端、边缘网关、边缘控制器、边缘服务器等。

3.5 微处理器 (Microprocessor)

由一片或少数几片大规模集成电路组成的中央处理器,执行控制部件和算术逻辑部件的功能,能完成取指令、执行指令,以及与外界存储器和逻辑部件交换信息等操作,是微型计算机的运算控制部分。

3.6 内核 (Core)

内核指 Linux 内核,是一个用 C 语言写成,符合 POSIX 标准的类 Unix 操作系统。内核包含了 软件工程进程管理 (process management)、版本升级、定时器 (timer)、中断管理 (interrupt management)、内存管理 (memory management)、模块管理 (module management)、虚拟文件系统接口 (VFS layer)、文件系统 (file system)、设备驱动程序 (device driver)、进程间通信 (inter-process communication)、网络管理 (network management)、系统启动 (system init) 等操作系统功能的实现。

3.7 API (Application Programming Interface) 应用程序编程接口

应用编程接口,是一组定义、程序及协议的集合,通过 API 接口实现计算机软件之间的相互通信,它的主要功能是提供通用功能集,内部功能的实现细节对用户是透明的。

3.8 PMON

是在通电引导阶段运行硬件初始化,以及为操作系统和程序提供运行时服务的固件,是一个兼有 BIOS 和 boot loader 部分功能的开放源码软件,多用于嵌入式系统。

3.9 RTOS (Real-Time Operating System) 实时操作系统

面向实时运行对象，并为其服务的操作系统。

3.10 SPI (Serial Peripheral Interface) 串行外设接口

串行外设接口,一种同步串行外设接口,它可以使 MCU 与各种外围设备以串行方式进行通信以交换信息。

3.11 GPIO (General-purpose input/output) 通用输入/输出口

通用出入输出接口的简称。

3.12 I2C 总线 (Inter-Integrated Circuit) 两线式串行总线

由 Philips 公司开发的一种简单、双向二线制同步串行总线。

3.13 PWM 总线 (Pulse width modulation) 脉冲宽度调制

一种模拟控制方式,根据相应载荷的变化来调制晶体管基极或 MOS 管栅极的偏置,来实现晶体管或 MOS 管导通时间的改变,从而实现开关稳压电源输出的改变。

3.14 GCC (GNU Compiler Collection) GNU 编译器套件

由 GNU 开发的编程语言译器,用于对符合 GNU 规则的软件源码进行编译。

4 适用院校专业

4.1 参照原版专业目录

中等职业学校:机电技术应用、汽车电子技术应用、工业自动化仪表及应用、电子电器应用与维修、工业机器人技术应用、计算机应用、微电子技术及器件制造、物联网技术应用、电子与信息技术、计算机网络技术、电子技术应用、电气技术应用、通信技术、电子材料与元器件制造等专业。

高等职业学校:机电一体化技术、电气自动化技术、工业过程自动化技术、智能控制技术、工业网络技术、工业自动化仪表、工业机器人技术、汽车智能技术、物联网工程技术、移动互联应用技术、光电技术应用、光电显示技术、物联

网应用技术、计算机应用技术、计算机网络技术、人工智能技术服务、移动通信技术、电子制造技术与设备、嵌入式技术与应用、集成电路技术应用、微电子技术、电子信息工程技术、应用电子技术、智能产品开发、电子产品质量检测、电子电路设计与工艺、智能终端技术与应用、通信技术、信息安全与管理等专业。

应用型本科学校：智能制造工程、人工智能、机械电子工程、机器人工程、车辆工程、物联网工程、软件工程、计算机科学与技术、电子与计算机工程、智能科学与技术、网络工程、电子信息工程、电子科学与技术、通信工程、集成电路设计与集成系统、电子信息科学与技术、电气工程及其自动化、自动化、测控技术与仪器等专业。

4.2 参照新版职业教育专业目录

中等职业学校：机电技术应用、汽车电子技术应用、工业自动化仪表及应用、电子电器应用与维修、工业机器人技术应用、计算机应用、微电子技术及器件制造、物联网技术应用、电子信息技术、计算机网络技术、电子技术应用、电气设备运行与控制、现代通信技术应用、电子材料与元器件制造等专业。

高等职业学校：机电一体化技术、电气自动化技术、工业过程自动化技术、智能控制技术、工业互联网技术、工业自动化仪表技术、工业机器人技术、汽车智能技术、智能互联网络技术、移动互联应用技术、智能光电技术应用、光电显示技术、物联网应用技术、计算机应用技术、计算机网络技术、人工智能技术应用、现代移动通信技术、电子产品制造技术、嵌入式技术应用、集成电路技术、微电子技术、电子信息工程技术、应用电子技术、智能产品开发与应用、电子产品检测技术、现代通信技术、信息安全技术应用等专业。

职业本科学校：智能控制技术、自动化技术与应用、电子信息工程技术、物联网工程技术、计算机应用工程、网络工程技术、软件工程技术、人工智能工程

技术、嵌入式技术、工业互联网技术、现代通信工程、集成电路工程技术等专业。

应用型本科学校：智能制造工程、人工智能、机械电子工程、机器人工程、车辆工程、物联网工程、软件工程、计算机科学与技术、电子与计算机工程、智能科学与技术、网络工程、电子信息工程、电子科学与技术、通信工程、集成电路设计与集成系统、电子信息科学与技术、电气工程及其自动化、自动化、测控技术与仪器等专业。

5 面向职业岗位（群）

【嵌入式边缘计算软硬件开发】（初级）：主要面向助理研发、测试等职业岗位，主要完成环境搭建、功能验证、安装调试、应用集成等工作。

【嵌入式边缘计算软硬件开发】（中级）：主要面向应用开发、集成调试、市场销售等职业岗位，主要完成编码开发实现、RTOS 应用开发实现、电路搭建分析、应用开发和部署等工作。

【嵌入式边缘计算软硬件开发】（高级）：主要面向系统开发、产品研发、自动化测试、技术支持等职业岗位，主要完成系统裁剪、最小系统设计、嵌入式及边缘计算产品销售、检验检测、场景应用设计等工作。

6 职业技能要求

6.1 职业技能等级划分

嵌入式边缘计算软硬件开发职业技能等级分为三个等级：初级、中级和高级，三个级别依次递进，高级别涵盖低级别职业技能要求。

【嵌入式边缘计算软硬件开发】（初级）：主要针对关键行业边缘计算和嵌入式相关科研机构及企事业单位，面向辅助研发、部品验证、品质检验、产品测试、技术服务等岗位，从事检验检测、安装调试、样机测试等基础技术工作。

【嵌入式边缘计算软硬件开发】（中级）：主要针对关键行业边缘计算和嵌入式相关科研机构及企事业单位，面向研发助理、部品开发、品质管理、产品测试、技术支持等岗位，从事编码实现、功能验证、系统调试、嵌入式产品销售等工作。

【嵌入式边缘计算软硬件开发】（高级）：主要针对关键行业边缘计算和嵌入式相关科研机构及企事业单位，面向研发工程师、现场技术支持、Linux 工程师、项目经理、技术经理、市场销售等岗位，从事内核开发、系统定制、系统版本维护、项目管理、研发支持等工作。

6.2 职业技能等级要求描述

表 1 嵌入式边缘计算软硬件开发职业技能等级要求（初级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1.系统硬件电路分析	1.1 分析处理器外部接口	1.1.1 能阅读系统硬件设计方案说明书。 1.1.2 能识读系统硬件组成与结构框架。 1.1.3 能按照芯片手册查找对应接口，掌握芯片接口使用方法。
	1.2 嵌入式系统硬件设计	1.2.1 能识别不同类型电阻、电容、二极管、三极管、稳压芯片等常见电子元器件。 1.2.2 能识读嵌入式系统硬件设计框图，设计硬件框图。 1.2.3 能识读嵌入式系统硬件装配图，装配最小系统。
	1.3 嵌入式系统硬件测试	1.3.1 能根据仪器仪表使用手册，使用嵌入式系统硬件测试常用的直流稳压电源、数字万用表、示波器、函数信号发生器等设备。 1.3.2 能使用工具，测试嵌入式系统硬件电路的电流大小、电阻大小、电压大小。

		1.3.3 能使用工具，测试嵌入式系统硬件电路的电容值、二极管单向导电性。
2.系统硬件电路搭建与检测	2.1 搭建处理器基础硬件系统	2.1.1 能区分基础硬件系统外设模块的接口和连接原理。 2.1.2 能基于处理器最小系统说明完成外设硬件的连接和配置。 2.1.3 能运用测试仪器验证硬件系统稳定性。
	2.2 配置调试环境	2.2.1 能搭建串口调试环境。 2.2.2 能完成嵌入式边缘计算系统中边缘设备与上位机的连接。 2.2.3 能按照调试手册，依据硬件条件运行调试语句。
	2.3 检测硬件配置	2.3.1 能按照主板用户手册完成硬件连接检查。 2.3.2 能根据外设模组手册，检查外设与主板连接链路。 2.3.3 能编写自动化、模块化配置检测用例。
3.国产嵌入式处理器应用测试	3.1 测试接口连通	3.1.1 能根据嵌入式程序设计要求，进行设计文档和流图的对比。 3.1.2 能根据嵌入式程序设计要求，进行模块化测试。 3.1.3 能依据调试要求完成处理器板级软硬件连接配置。
	3.2 外设 API 调用	3.2.1 能根据对应外设的开发手册在集成开发环境中完成 API 调用。 3.2.2 能基于给出外设搭建最小应用系统。 3.2.3 能基于 API 调用用例改写 API 调用模式。
	3.3 编写批量测试接口脚本	3.3.1 能编写、运行接口测试脚本。 3.3.2 能依据使用要求编写对应接口用例。 3.3.3 能根据测试场景要求改写测试用例。
4.国产处理器嵌入式系统集成	4.1 硬件系统安装调试	4.1.1 能阅读集成装配手册，整理装配流程。 4.1.2 能按照手册和流程要求，安装嵌入式硬件系统。 4.1.3 能根据需求，增加或减少系统组件同时保证正常运行。
	4.2 软件系统参数设置	4.2.1 能设置串口波特率，保证串口信号传输稳定性。 4.2.2 能配置网络 IP，实现网络双向通信。 4.2.3 能配置外设接口的端口，使外设组件与处理器接口对应。
	4.3 系统试运行与终验	4.3.1 能按照开发手册预设流程完成系统正常启动。 4.3.2 能打断启动流程进入调试界面。 4.3.3 能根据现场情况撰写和修改运行试验报告。

表 2 嵌入式边缘计算软硬件开发职业技能等级要求（中级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1.系统硬件电路分析、搭建	1.1 分析处理器外设接口电路	1.1.1 能阅读芯片手册和硬件框图。 1.1.2 能分析给出外设的资源接口。 1.1.3 能依据资源接口分析结果撰写开发计划方案。
	1.2 搭建处理器基础应用硬件系统	1.2.1 能根据接口使用要求，编写接口调用应用。 1.2.2 能根据接口使用要求，完成处理器最小系统和外设的硬件搭建。 1.2.3 能依据系统搭建情况撰写开发文档。
	1.3 设计处理器基础应用场景系统	1.3.1 能按照场景要求，分析进程和接口程序需求。 1.3.2 能根据场景分析文档，选择传感器和外设模组实现方法。 1.3.3 能连接对应接口的外设模组和处理器模块，设计连接检测脚本。
2.国产嵌入式处理器应用开发	2.1 集成开发环境使用	2.1.1 能使用集成开发工具，配置处理器开发环境。 2.1.2 能使用集成开发工具，操作开发工具的库函数。 2.1.3 能在集成开发工具中生成二进制文件烧写到开发板。
	2.2 应用接口认知	2.2.1 能通过芯片手册识读分辨处理器接口。 2.2.2 能通过集成开发工具调用处理器接口。 2.2.3 能按照应用需求设计接口访问流程图和应用框图。
	2.3 寄存器调用开发	2.3.1 能阅读寄存器信息，将功能需求对应寄存器操作功能。 2.3.2 能在开发文档的指导下，在集成开发环境下通过裸 C 或者 RTOS 操作寄存器。 2.3.3 能在集成开发环境中调用寄存器组，完成开发板信号转换和处理。
	2.4 API 函数库调用开发	2.4.1 能在集成开发环境中使用设备函数库（drv）修改、开发设备用例。 2.4.2 能在集成开发环境中使用驱动函数库（driver）修改、开发驱动用例。 2.4.3 能在集成开发环境中使用数学函数库修改、开发程序用例。
3.RTOS 应用开发	3.1 利用 RTOS 特性开发	3.1.1 能阅读各类 RTOS 用户手册，总结 RTOS 特性。 3.1.2 能判断嵌入式实时操作系统与裸机适用场景。 3.1.3 能依据各类 RTOS 的使用手册和场景接口撰

		<p>写开发计划。</p> <p>3.1.4 能按照使用场景和功能要求选择对应 RTOS 开发组件。</p>
	3.2 RT-Thread 基础任务开发	<p>3.2.1 能区分 RT-Thread 版本，掌握许可证、设计思想、功能特点</p> <p>3.2.2 能在 RT-Thread 仿真学习环境运行系统进程用例。</p> <p>3.2.3 能依据开发手册，改写 RT-Thread 接口用例。</p> <p>3.2.4 能依据外设组件用例，添加 RT-Thread 外设驱动功能组件。</p>
4. RTOS 应用部署	4.1 实时系统用例接口迁移	<p>4.1.1 能利用已有 RTOS 例程完成对应接口用例的部署。</p> <p>4.1.2 能基于 RTOS 开发手册编写给定接口的开发用例。</p> <p>4.1.3 能在已有接口用例基础上根据开发要求调整代码用例。</p>
	4.2 搭建高并发实时模型	<p>4.2.1 能根据场景特点，总结场景并发要求和实时性要求。</p> <p>4.2.2 能搭建低速并发实时性接口用例，如 I2C、PWM、UART 等接口。</p> <p>4.2.3 能部署高速接口如网络接口的高实时性用例。</p>
	4.3 实时操作系统部署	<p>4.3.1 能在开发板部署 RTOS 板级支持包的 BSP 执行文件。</p> <p>4.3.2 能编译 RTOS 源码生成板级支持包 BSP 执行文件。</p> <p>3.5.1 能修改板级支持包 BSP 的输出满足外设接口调用要求。</p>

表 3 嵌入式边缘计算机软硬件开发职业技能等级要求（高级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. Bootloader 程序开发	1.1 维护 PMON 版本	<p>1.1.1 能根据 PMON 开发手册，依据具体应用需求完成 PMON 版本维护。</p> <p>1.1.2 能阅读 PMON 输出字符，判断初始化运行状态。</p> <p>1.1.3 能在开发板上更新 PMON 版本。</p>
	1.2 定制 PMON 功能	<p>1.2.1 能阅读 PMON 开发手册。</p> <p>1.2.2 能依据具体需求完成对 PMON 程序的裁剪。</p> <p>1.2.3 能基于 PMON 源码编译用于开发板初始化的二进制文件。</p>
	1.3 PMON 程序调试	<p>1.3.1 能阅读板卡的器件硬件手册，总结 PMON 初始化流程，画出启动流程图。</p>

		<p>1.3.2 能按照 PMON 接口规则，配置接口参数，使设备能正确启动。</p> <p>1.3.3 能运行内存训练程序，调试内存参数保证开发板内存正确校验。</p>
2. Linux 内核开发	2.1 Linux 内核移植	<p>2.1.1 能阅读 Linux 内核源码，区分功能组件，画出嵌入式 Linux 系统功能框图。</p> <p>2.1.2 能使用 GCC 编译器对 Linux 内核源码执行编译，使编译的二进制可以在硬件上运行。</p> <p>2.1.3 能修改 Linux 内核源码，改写配置项，添加驱动配置。</p>
	2.2 Linux 驱动开发	<p>2.2.1 能在硬件外设的通用协议下改写驱动。</p> <p>2.2.2 能根据外围设备提供的操作手册操作 Linux 下的设备树。</p> <p>2.2.3 能根据系统要求，移植扩展串口、网卡、低速接口等驱动程序。</p>
	2.3 Linux 内核树维护	<p>2.3.1 能理解 Linux 内核树结构，并对应到开发板接口框图。</p> <p>2.3.2 能使用 Linux 自带的内核树框架，对修改的驱动与内核代码内容进行维护。</p> <p>2.3.3 能修改内核树下 dtb 文件，对应开发板接口配置与结构。</p>
3. RTOS 开发	3.1 RTOS 内核移植	<p>3.1.1 能通过线程管理特性配置进程。</p> <p>3.1.2 能通过时钟管理特性进行系统调度。</p> <p>3.1.3 能通过线程通信特性实现多线程调度。</p> <p>3.1.4 能利用内存管理特性实现系统性能优化。</p>
	3.2 BSP 配置与使用	<p>3.2.1 能在芯片手册指导下，掌握龙芯处理器的 BSP 配置。</p> <p>3.2.2 能在 RTOS 环境下，完成驱动开发。</p> <p>3.2.3 能在 RTOS 环境下完成驱动参数修改。</p>
	3.3 RT-Thread 应用开发	<p>3.3.1 能使用搭载 RT-Thread 的设备进行应用编程。</p> <p>3.3.2 能调用 RT-Thread 常用组件和软件包。</p> <p>3.3.3 能编译 RT-Thread 驱动，符合系统外设规则。</p>
4.边缘计算系统硬件开发	4.1 边缘计算系统硬件设计	<p>4.1.1 能基于开发板引出接口，设计扩展板功能框图。</p> <p>4.1.2 能使用开发板的标准扩展接口，搭建协处理加速计算场景。</p> <p>4.1.3 能使用设计工具，设计扩展板硬件。</p> <p>4.1.4 能使用测试定位工具，排查扩展板硬件设计故障。</p>
	4.2 边缘计算系统硬件调试	<p>4.2.1 能使用工具，测试边缘计算场景系统稳定性。</p> <p>4.2.2 能使用工具，提高边缘计算场景系统的可靠性。</p> <p>4.2.3 能使用中断、打点等调试方法，调整硬件系统的连通特性。</p>

		4.2.4 能在 Linux 环境下，基于硬件特性实现系统软硬协同，使用软件调用、源码编译、参考例程迁移等方法，完成最小系统构建。
--	--	---

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部,《中等职业学校专业目录》增补专业(2019年)[Z].
- [2] 中华人民共和国教育部,《普通高等学校高等职业教育(专科)专业目录》(2015年)[Z].
- [3] 中华人民共和国教育部,《普通高等学校(本科)专业目录》(2012年)[Z].
- [4] 中华人民共和国教育部,中等职业学校专业教学标准(试行)[M].北京:高等教育出版社,2015-03.
- [5] 中华人民共和国教育部,高等职业学校专业教学标准(2019年)[Z].
- [6] 教育部高等学校教学指导委员会,普通高等学校本科专业类教学质量国家标准(上下)[M].北京:高等教育出版社,2018-04.
- [7] 人力资源社会保障部,国家职业技能标准编制技术规程(2018年版)[Z].
- [8] 劳动和社会保障部,国家质量监督检验检疫总局,国家统计局.中华人民共和国职业分类大典[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2015-07.
- [9] GB/T 5271.1-2000 信息技术词汇 第一部分:基本术语
- [10] GB/T 4754-2017 国民经济行业分类[S].
- [11] GB/T 1.1-2009 标准化工作导则[S].
- [12] 教育部关于印发《职业教育专业目录(2021年)》的通知(教职成〔2021〕2号).
- [13] 《教育部关于公布2019年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》

（教高函〔2020〕2号）。

[14] 《教育部关于公布2020年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》

（教高函〔2021〕1号）。