

嵌入式实验箱要求

一、总体概述

1、本人工智能实验箱是一款以机械臂为典型应用的面向人工智能、物联网、嵌入式等专业的泛用型平台,可以满足人工智能、物联网工程专业的核心课程教学、实验和实训需求。

2、AI 主控采用 8 核 64 位处理器,内置 NPU,算力可达 6TOPS,支持 TensorFlow、PaddleLite、Pytorch 等多种框架。

3、平台采用 AI 主控+IoT 模组+底板+机械臂的方式构成,IOT 模组可以拆卸独立使用、6 种通讯方式、传感器可以互换、增加。板载 RFID 13.56M,可更换为 125K、900M、2.4G 任意频段。

4、IoT 模组涵盖当前物联网行业流行的六种通讯方式(NB-IoT、LoRaWan、Wi-Fi、Zigbee、Bluetooth、星闪 SLE),接口资源丰富,同时支持市面上大部分工业级传感器,二次开发得心应手,引领学生掌握主流物联网技术,获得工程应用开发能力。

5、百度开放平台+人工智能+机械臂的综合项目,提供人工智能、AIOT 应用实验体系;并配有详细的实验指导书,提供人工智能+物联网的在线课程资源;支持课设、毕设实践需求。

二、硬件配置

1、国产嵌入式 AI 运算单元

(1) CPU: 4*Cortex-A76+4*Cortex-A55 架构 8 核 64 位处理器,主频 2.4G;

(2) GPU: ARM Mali-G610、OpenGL ES1.1/2.0/3.2、OpenCL 2.2 和 Vulkan 1.2;

(3) NPU: 6TOPS 算力,支持 INT4/INT8/INT16;

(4) 内存 LPDDR4 8GB;

(5) 存储 EMMC 64GB;

(6) 配备 10 英寸,分辨率 1024*640 的显示终端,多点电容触摸显示终端;

(7) 通讯资源:板载 Wi-Fi6.0、蓝牙 5.0 模块;

(8) 接口资源:1 路 HDMI 接口,支持 8K @60Hz 显示输出;1 路 MIPI D-PHY TX 输出;1 路 USB3.0 接口;2 路 USB2.0 接口;1 路 Type-C 接口;1 路 MIPI CSI 接口;1 路 MIPI D-PHY RX 接口;1 路千兆以太网口;3.5mm 耳机孔音频输入/输出;1 路麦克风输入;26pin 扩展排针;1 路调试串口(3pin);3 路按键(MaskROM 键、RECOVERY、开关机键);1 路 TF 卡接口;2 路 LED 指示灯;SD 卡接口;

2、嵌入式 AI 控制单元:

(1) 板载 ARM® Cortex™-M4 内核处理器,主频≥168MHz,片内 Flash 1MB,SRAM 196KB,带有独立复位按键,可用于工业机械臂、无线传感网控制等。

(2) 可选配 6 层沉金工艺 RISC-V 架构 64bit 处理器,Ubuntu 系统,主频 1GHz,内存 1G,存储 16G,包含 1 路 HDMI 接口、1 路 MIPI 显示接口(支持 4 通道 MIPI 显示屏,I2C 触摸屏)、1 路树莓派 MIPI 显示屏接口(接口定义与树莓派相同,可直接外接树莓派 MIPI 显示触摸屏)、1 路 USB-HOST 接口、1 路 SD/TF 卡接口、1 路 3.5mm 耳机接口、1 路麦克风子板接口、2 路 LED 指示灯(三色指示灯和电源指示灯)、1 路调试串口,1 路 TypeC 电源输入接口、1 路 TypeC 调试 USB 口、2 路 RS232 串口、1 路千兆以太网口、板载 2.4G Wi-Fi/BT 模组、支持 3 路(复位、OK、FEL)按键、40pin 扩展排针。

3、AIoT 无线传感单元:

(1) AIoT 无线传感单元包含 4 个 AIoT 模组, AIoT 模组采用 “MCU 主板 + LCD 显示 + 通讯模块 + 传感器” 一体化的组成方式, 主板可自动识别无线传感模块并开始工作, 默认配备 Zigbee 模块 2 个、Wi-Fi 模块 2 个、LCD 显示屏 4 块、传感器 4 个 (温湿度传感器、声响光敏传感器、雨雪传感器、LED 蜂鸣器传感器) 用于无线传感网控制实验。

(2) MCU 主控采用 ARM® Cortex™-M3 内核 GD32F103RCT6 处理器, 主频 $\geq 108\text{MHz}$, 支持 3S 锂电池 (11V-13V 宽电压) 供电, 板载 128Mbit NORFlash 存储、5V 直流电机驱动接口、电流采样电路、电源电压采集电路、五向摇杆按键、RTC 电路、RGB 三色灯、LED、光电耦合接口、继电器公共端接口、继电器常开/常闭接口、TTL 串口、RS232 串口、RS485 接口、PWM 接口、ADC 接口、USB 接口、I2C 接口、GPIO、ST-Link 下载调试接口、电源电压输出接口、5V 电源输出接口、3.3V 电源输出接口、SD 卡接口等硬件资源。

(3) LCD 显示屏尺寸 1.3 寸, 分辨率 240*240, TFT 全视角 IPS 屏, 显示颜色 RGB 65K 彩色, 显示接口支持 4 线 SPI, 工作温度 -20° 到 70° 。

(4) AIoT 模组支持 6 种通讯方式, 包括 NB-IoT、LoRaWan、Zigbee、Bluetooth、Wi-Fi、星闪 SLE 等。

(5) AIoT 模组支持 25 种传感器, 包括三轴加速度计传感器、大气压力传感器、磁场强度传感器、紫外线传感器、薄膜压力传感器、红外测距传感器、单轴倾角传感器、广谱气体传感器、热释红外传感器、接近开关红外反射模块、红外对射传感器、雨雪传感器、震动传感器、火焰传感器、循迹传感器、直流电机桥模块、光耦继电器模块、LED 蜂鸣器模块、超声波测距传感器、温湿度传感器、光照强度传感器、颜色传感器、独立按键模块、双数码管模块、LCD1602 模块、LCD12232 模块、热电偶传感器、陀螺仪传感器等。

4、RFID 射频单元

默认板载 1 个 125K 模块, 4P (RS232、TTL) 供电、通信接口, 5V DC (2.1mm) 电源供电接口, Mini USB 通讯接口, 模块可独立使用; 标配 ≥ 5 张标签卡; 通过串口与外部通信; 该模块可更换为 13.56MHz、900MHz、2.4GHz 任意频段。

5、机械臂搬运单元

(1) 六自由度机械臂, 本体搭载 ≥ 6 个带反馈三端口串行总线舵机, 底座舵机堵转扭力 $\geq 25\text{KG}$, 转动速度 $\geq 0.16\text{sec}/60^{\circ}$ /7.4V, 其余舵机堵住扭力 $\geq 15\text{KG}$, 转动速度 $\geq 0.22\text{sec}/60^{\circ}$ /7.4V, 每个舵机均有堵转保护、过温保护、状态回读等功能, 可以实时反馈温度、电压、位置等数据。

(2) 8 个默认配置仓库位用于码垛搬运实验, 8 个标配立方块, 27cm^3 方块体积, 6 面均带有不重复可识别图案, 具体为数字、字母、汉字、动物、车标、水果。

6、摄像头识别单元

固定在机械臂上的 USB2.0 接口的免驱摄像头, 用于人脸识别、图案识别等实验。摄像头像素 ≥ 200 万, 分辨率 $\geq 640*480$, 视场角 $\geq 120^{\circ}$, 帧速 $\geq 30\text{fps}$, 工作电流 300mA, 睡眠电流 $\leq 10\text{mA}$, 工作温度 -20° 到 70° 。

7、语音控制单元

支持中英文本地语音指令 ≥ 150 条, 支持基于 RTOS 轻量级系统的二次开发, 主处理器运行频率 $\geq 240\text{MHz}$, 支持 DPS 指令集及 FPU 浮点运算单元, 最大支持 1024 点复数 FFT/IFFT 运算或 2048 点实数 FFT/IFFT 运算, 内置 $\geq 242\text{KB}$ 高速 SRAM 和 $\geq 2\text{MB}$ FLASH, 支持低压检测和看门狗, 支持外设包括外部中断、DAC、PWM 等。语音控制单元接口兼容 AIoT 无线传感模组传感器接口, 可替换为 AIoT 无线传感

模组支持的所有传感器。

8、执行机构单元

(1) 2个板载可编程 180 度小型数码舵机，工作扭矩 $\geq 1.6\text{KG}/\text{CM}$ ，反应速度 $\leq 0.13\text{S}/60^\circ$ ，工作温度范围 -30°C 到 60°C ，支持 JR、FUTABA 通用插头。

(2) 8个板载可编程 6mm 红色 LED 指示灯。

(3) 2个板载可编程 12mmx12mm 大尺寸独立按键。

(4) 1个板载可编程有源蜂鸣器。

9、底板其他单元

(1) 板载有独立 4 欧 3W 单喇叭双震膜 3.5mm 耳机孔 USB 供电扬声器。

(2) 底板硬件支持过流保护和实时电源电压监测功能。

(3) 底板各单元间主控通过工业 Modbus 协议实现通信。

(4) 底板对外提供 ≥ 3 路 USB2.0 接口。

(5) 底板可通过配置识别到当前板载 RFID 设备模块并自动进行工作。

三、系统软件

满足学生线上学习需求。有丰富的实验体系，实验教学视频，配套详细的实验指导书，教师 PPT 等；

1、操作系统

Ubuntu 22.04 (Kernel 5.10);

OpenHarmony4.0;

2、AI 环境参数

Python 版本: 3.10; TensorFlow 版本: 2.13.0; Paddlelite 版本: 2.9.1; Pytorch 版本: 1.13; torchvision 版本: 0.14.0; torchaudio: 0.13.0; OpenCV 版本: 4.5.4; TensorFlow-Lite 版本: 2.10.0; Dlib 版本: dlib-19.24; NCNN 版本: 1.0.20230517; OpenCL 版本: 3.1;

3、驱动程序

HDMI 液晶屏驱动; 电容触摸屏驱动; 以太网驱动; GPIO 驱动; 串口驱动; 音频驱动; USB Device 驱动; USB host 驱动; USB OTG 驱动; Wi-Fi 模块驱动; 蓝牙模块驱动; NPU 驱动; 3D、2D 硬件加速驱动; TF 卡驱动;

四、实验项目

1、人工智能实验项目

(1) AI 基础实验: 人工智能简介、环境搭建、C/C++基础知识、Python 基础知识; TensorFlow 基础实验; PaddleLite 基础实验; PyTorch 基础实验; USB 摄像头实验; 音频实验;

(2) OpenCV 应用实验: 图像存取与显示 (C++)、Camera 的基本使用 (C++)、色彩空间与图像表示 (Python)、图像的平滑处理 (C++)、图像的特征 (C++)、图像的基本处理 (C++、Python);

(3) AI 常用算法实验 (Python) ≥ 9 个: K 邻近、K 均值聚类算法、朴素贝叶斯、决策树、随机森林、逻辑回归、支持向量机、梯度下降法、神经网络;

(4) AI 案例实验: 人脸检测 (C++)、人脸识别 (Python)、车牌识别 (C++)、物体识别 (C++)、街景识别 (C++)，基于 sklearn 的手写数字识别 (Python)，基于 CNN 的手写数字识别 (Python)，文字识别 (python);

(5) 基于百度的实验: 语音合成 (python)、语音识别 (python)、文字识别 (python)、人脸识别 (python)、人脸实时识别 (python)、基于 EasyDL 实现螺丝螺母的检测 (Python)、口罩佩戴检测 (Python)，疫情防护系统 (Python);

2、IOT 模组实验项目

(1) 裸机实验：LED 点灯实验、按键输入实验、外部中断实验、分级 Log 实验、中断回环实验、DMA 回环实验、中断缓冲回环实验、DMA 缓冲回环实验、系统时钟树实验、滴答定时器实验、内核定时器实验、实时时钟实验、低功耗定时唤醒实验、低功耗外部唤醒实验、窗口看门狗实验、独立看门狗实验、内部 FLASH 读写实验、内部 FLASH 读写锁实验、硬件校验实验、硬件实现屏幕驱动实验、DMA 实现屏幕驱动实验、软件实现屏幕驱动实验、硬件实现外部 FLASH 读写实验、软件实现外部 FLASH 读写实验、FAT32 文件系统实验、嵌入式 LittleFS 文件系统实验、嵌入式数据库实验、USB 模拟 U 盘实验、LED 呼吸灯实验、DMA 呼吸灯实验、燥波输出实验、三角波输出实验、正弦波输出实验、五向按键采集实验、基础定时器实验；

(2) FreeRTOS 系统实验：FreeRTOS 系统移植实验、任务创建实验、FreeRTOS 延时实验、任务切换实验、消息队列实验、信号量实验、事件标志组实验、内存管理实验；

(3) LiteOS 系统实验：LiteOS 工程创建实验、任务管理实验、中断管理实验、信号量实验、事件标志组实验、软件定时器实验、内存管理实验、消息队列实验；

(4) RTThread 系统实验：内核移植实验、线程管理实验、定时器实验、信号量实验、互斥锁实验、时间集实验、邮箱实验、消息队列实验、信号实验、内存池实验、中断管理实验、控制台实验；

(5) LVGL 图形库实验：基础对象实验、圆弧部件实验、进度条部件实验、按钮部件实验、矩阵按钮实验、画布部件实验、复选框部件实验、下拉列表部件创建实验、图片部件创建实验、标签部件创建实验、线条部件创建实验、滚轮部件创建实验、滑块部件创建实验、开关部件创建实验、表格部件创建实验、文本框部件创建实验、日历部件创建实验、图表部件创建实验、色轮部件创建实验、图片按钮部件创建实验、键盘部件创建实验、LED 部件创建实验、列表部件创建实验、仪表部件创建实验、消息框部件创建实验、富文本部件创建实验、微调器部件创建实验、加载器部件创建实验、选项卡部件创建实验、平铺视图部件创建实验、窗口部件创建实验、菜单部件创建实验；

(6) Wi-Fi 模块实验：AT 指令创建网络实验、TCP 网络通信实验、基于 freeRTOS 的状态机实验、百度智能云物接入平台实验、MQTT 协议移植实验、用户数据上发物接入平台实验、物接入平台下行数据解析实验、基于物接入平台的多种传感器数据采集实验、基于用户端的数据订阅实验；

(7) NB-IoT 模块实验：模块串口透传实验、模块信息查询实验、模块信号状态监测实验、实验一台百度智能云平台 IoTCore 使用实验、模块传输用户数据操作实验、用户数据云发布至百度智能云 IoTCore 实验、订阅百度智能云 IoTCore 数据实验；

(8) LoRaWan 模块实验：模块注册状态查询、模块信息查询实验、后台管理系统模块添加实验、后台管理系统用户数据上传实验；

(9) Zigbee 模块实验：模块程序下载操作、协议栈入门实验、协议栈的无线组网实验、基于 GD32 的串口透传实验；

(10) 蓝牙模块实验：蓝牙模块 AT 固件烧写实验、基于 GD32 的串口透传实验、蓝牙主设备与从设备连接实验、蓝牙传输传感器数据实验、手机 APP 与蓝牙模块通信实验；

(11) 传感器模块实验：三轴加速度计传感器实验、磁场强度传感器实验、薄膜

压力传感器实验、单轴倾角传感器实验、广谱气体传感器实验、热释红外传感器实验、光照强度传感器实验、红外对射传感器实验、雨雪传感器实验、震动传感器实验、火焰传感器实验、循迹传感器实验、温湿度传感器实验、声响开关-光敏传感器实验、LED 蜂鸣器模块实验、继电器模块实验、接近开关-红外反射模块实验、独立按键模块实验、陀螺仪模块实验、干簧门磁-霍尔开关模块实验、RS485 总线模块实验、SPICAN 模块实验、串口蓝牙模块实验、串口 Wi-Fi 模块实验、超声波测距传感器实验、双数码管模块实验、LCD1602 模块实验、直流电机模块实验、舵机模块实验、离线语音模块实验等；

3、AIoT 实验项目

百度语音控制、人脸识别、传感器数据的解析与控制、舵机控制、RFID 数据采集，提供人工智能软件教学资源，拥有图像识别、人工智能常用算法、语音识别案例，可与百度 AI 开放平台、百度智能云天工物联网平台对接，打造嵌入式人工智能、物联网一体化实验体系。

- (1) 提供基于 Linux 系统与 Windows 系统的开发环境搭建；
- (2) 提供 Python 基础与高级项目实验；
- (3) 提供人工智能开发实验，包含深度学习与神经网络-TensorFlow 及 AI 应用；
- (4) 提供基于 PaddlePaddle 的人工智能实验；
- (5) 提供基于 PyTorch2 的人工智能实验；
- (6) 提供机器视觉实验、机械臂实验；
- (7) 提供 Linux 应用开发实验；
- (8) 提供鸿蒙 HarmonyOS 部分 Wi-Fi 实验；
- (9) 提供综合实验案例，包含：AI 计算机视觉仓库货物分拣、AI 语音机械臂控制货物分拣、人脸识别项目、基于 YOLOV8 的目标检测项目、无线物联网与 RFID 传感项目、基于实例分割的分割界面案例、基于人体骨骼检测的界面案例、基于 NPU 的目标检测应用、基于 NPU 的目标追踪应用、基于 NPU 的车牌识别等案例。

