

实现视觉人工智能的图像处理

末沢 隆明，企业基础设施解决方案事业部，物联网及基础设施事业本部，瑞萨电子株式会社

概要

近年来，人们对于使用人工智能执行实时图像识别（视觉人工智能）的应用需求日益增长。用人工智能代替人类视觉进行识别的视觉人工智能需要具备优秀的图像处理能力。

瑞萨电子推出了中端产品 RZ/V2M 和入门级产品 RZ/V2L，作为视觉人工智能用的微处理器（MPU）。这两款产品还搭载了在人工智能推理和能效方面均获好评的人工智能加速器“DRP-AI”，为实现视觉人工智能提供出色的图像处理技术。RZ/V2M 搭载了针对性设计的硬件 ISP（Image Signal Processor），并配合由瑞萨选择的 CMOS 传感器的特性实施了调整。因此，客户无需另外调整，即可获得合适的画质。RZ/V2L 不仅将 DRP-AI 用于人工智能推理处理，还可以用于其它类型广泛的图像处理，发挥 DRP 的特长，充分利用其灵活性。本次将以简易的 ISP 功能——简单 ISP 为例进行说明。

注）DRP: Dynamically Reconfigurable Processor 的缩写，是瑞萨自主开发的硬件，可以动态切换运算器间的连接，同时执行应用程序。

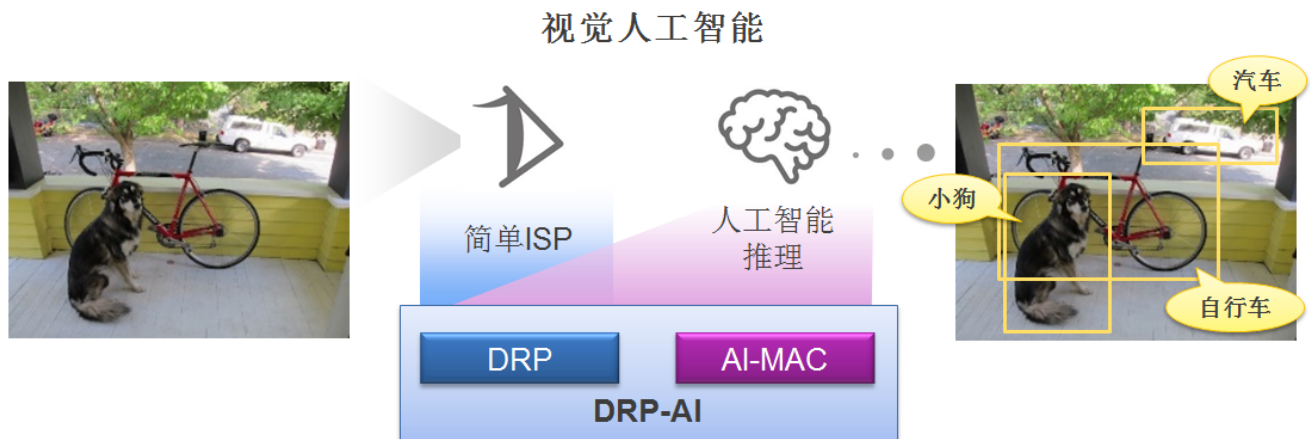


图 1: DRP-AI 实现的视觉人工智能

序言

本文将介绍简单 ISP 的优点以及瑞萨提供的软件与画质调整步骤。

图像预处理与人工智能推理：

使用简单 ISP 功能，可减少拍摄对象受到的环境影响，获得稳定的人工智能推理结果。下面的图像是 TinyYOLOv2 的人工智能推理执行结果。利用简单 ISP 的曝光控制（对相机的反馈控制），降低图像的整体亮度。亮度校正前（エラー! 参照元が見つかりません。）无法检测出室外的物体，而在亮度校正后（エラー! 参照元が見つかりません。）就能检测为物体（汽车）了。

<p>亮度校正前： 亮度高，无法识别室外物体</p>  <p>DRP-AI Time: 48msec Class :dog 51% Class :bicycle 48%</p> <p>图 2：亮度校正前图像的人工智能推理</p>	<p>人工智能推理结果</p> <p>小狗：51% 自行车：48%</p>
<p>亮度校正后： 经过亮度校正，成功检测出室外物体（汽车）</p>  <p>DRP-AI Time: 48msec Class :car 66% Class :dog 69% Class :bicycle 63%</p> <p>图 3：亮度校正后图像的人工智能推理</p>	<p>人工智能推理结果</p> <p>汽车：66% 小狗：69% 自行车：63%</p>

成本优化：无需添加外置 ISP，即可完成视觉人工智能所需的图像处理

简单 ISP 配备了 ISP 必须具有的基本功能，即使采用未搭载 ISP 的低价 CMOS 传感器，连接时也无需添加 ISP 专用 HW，有效降低系统成本。此外，还可支持输入图像格式 Bayer RGB RAW (RAW8/RAW10/RAW12)，连接一般在市面上流通的众多 CMOS 传感器。

简单 ISP 的功能：

- 输入图像格式 Bayer RGB RAW(RGGB) RAW8/RAW10/RAW12
- 输入分辨率 最大值 5MP (2592*1944)
- 输出图像格式 YUYV/UYVY/RGB888/ARGB8888
- 输入信号电平校正 黑电平、数字增益
- 去马赛克 采用 ACPI 法去马赛克
- 颜色校正 3x3 颜色矩阵颜色校正
- 2D 降噪 利用中值滤波器消除平面噪声
- 3D 降噪 消除帧间噪声
- 边缘增强 利用拉普拉斯滤波器强化边缘
- 伽玛校正 通过指定 LUT 进行伽玛校正
- 曝光控制 自动/手动
- 白平衡 自动*/手动
- 性能 30fps @HD(1280x720)

* 正在开发

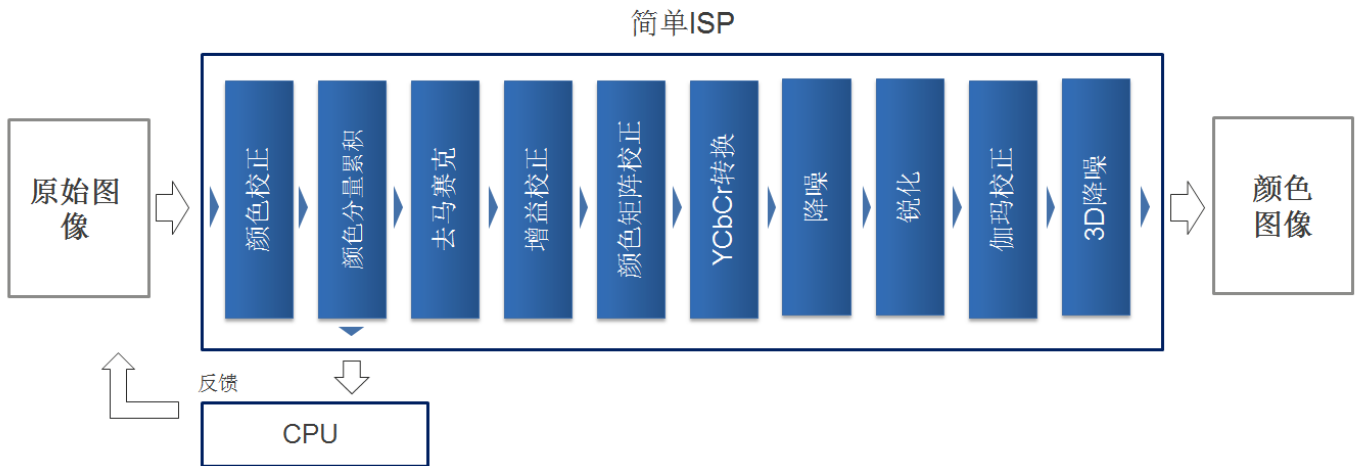


图 4：简单 ISP 功能块

易用性：与 V4L2 接口兼容，轻松利用 OSS 和设计资产

RZ/V 系列提供 Linux BSP 作为软件开发环境。Linux 系统的 V4L2（Video for Linux version2）支持简单 ISP。因此，用户可以使用 V4L2 接口，轻松利用各种 OSS（Open Source Software）和现有的用户应用程序。

V4L2 API:

V4L2 接口可用来设定和控制简单 ISP。将“VIDIOC_S_EXT_CTRL”定义为扩展 API，并设定简单 ISP 的参数，这样便可以根据用途调整画质。

系统调用	总结
open	打开 V4L2 设备文件。
close	关闭 V4L2 设备文件。
ioctl	为已打开的设备文件发出 V4L2 API。
select	检查是否能够执行 DQBUF。
mmap	映射用户空间中的缓冲器。
munmap	取消映射用户空间中的缓冲器。
ioctl(VIDIOC_S_FMT)	指定数据格式。
ioctl(VIDIOC_REQBUFS)	请求缓冲器区域。
ioctl(VIDIOC_QUERYBUF)	查询缓冲器的状态。
ioctl(VIDIOC_QBUF)	寄存缓冲器。
ioctl(VIDIOC_DQBUF)	释放缓冲器。
ioctl(VIDIOC_STREAMON)	开始流媒体。
ioctl(VIDIOC_STREAMOFF)	停止流媒体。
ioctl(VIDIOC_S_EXT_CTRL)	设置扩展控制的值

表 1: V4L2 APIs

简单 ISP 设置参数:

表 2 显示简单 ISP 设置参数列表。

白色色阶（No.2）和颜色矩阵的设置（No.4）将典型的设定值定义为预设值。此外，还可以使用所有参数的设置（No.0）进行更细致的调整。关于所有参数的设置（No.0）的详细内容，请参照瑞萨官网上登载的 [Simple ISP User's Manual](#)。

编号	规范	值的范围	函数参数	
			控制ID	
0	所有参数的设置	-	V4L2_CID_RZ_ISP_ALL	0
1	黑色色阶的调整值	0至+127 默认值: 0	V4L2_CID_RZ_ISP_BL	1
2	白色色阶的调整值	0: 日光 1: 中性光 2: 内部照明灯 3: 车灯 默认值: 1	V4L2_CID_RZ_ISP_WB	2
3	伽玛值的设置	1至9999 默认值: 100 (平均值 1.00)	V4L2_CID_RZ_ISP_GAMMA	3
4	颜色矩阵的设置	0: 原始值 1: 标准校正 2: 鲜艳色校正 3: 棕褐色校正 默认值: 1	V4L2_CID_RZ_ISP_CMX	4
5	2D降噪	0至100 默认值: 100	V4L2_CID_RZ_ISP_2DNR	5
6	3D降噪	0: 关 1: 开 默认值: 1	V4L2_CID_RZ_ISP_3DNR	6
7	反锐化掩模	0: 关 1: 弱 2: 正常 3: 强 默认值: 0	V4L2_CID_RZ_ISP_EMP	7
8	自动曝光开/关	0: 关 1: 开 默认值: 0	V4L2_CID_RZ_ISP_AE	8
9	曝光级	-40至40(dB) 默认值: 0dB	V4L2_CID_RZ_ISP_EXP OSE_LV	9
10	目标亮度 (8位产品系列)	1至254 默认值: 128	V4L2_CID_RZ_ISP_T_BL	10
11	亮度阈值	1至64 默认值: 10	V4L2_CID_RZ_ISP_THR ESHOLD	11

表 2: 各功能的设置参数定义

灵活性: 提供包括简单 ISP 控制软件在内的所有 SW 的源代码

所有软件的源代码均已公开。客户可根据用途调整相机控制,并在更改 CMOS 传感器时进行必要的软件变更。此外,还将可调整简单 ISP 参数的环境作为样本应用软件一并提供。客户可以利用该环境,结合 CMOS 传感器的特性进行绘制。

提供软件构成：

- 瑞萨提供的软件包由外围功能的设备驱动程序、使用中间件（V4L2、Wayland 等 OSS）和简单 ISP 捕获图像的样本应用程序构成。瑞萨以源代码方式提供所有软件，因此，客户在选择及评估 CMOS 传感器时，可自由更改摄像头驱动器，以及对相机更改或添加反馈控制（后述）等。关于 RZ/V2L 硬件的详细内容，请参照 [RZ/V2L 硬件用户手册](#)。

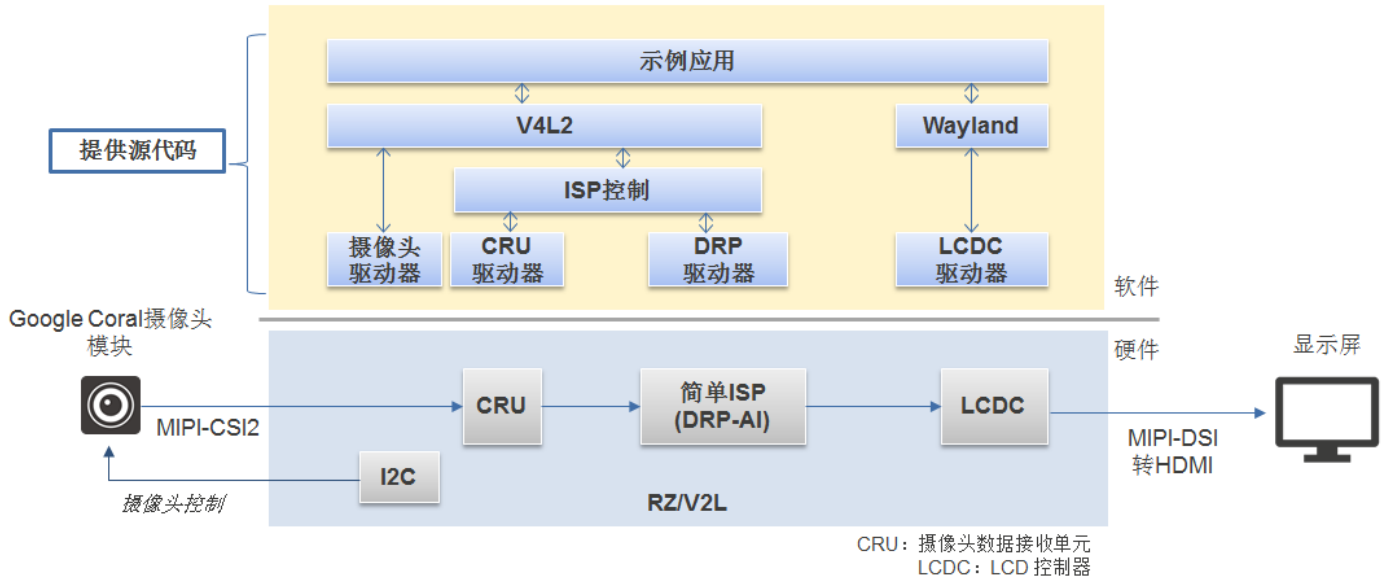


图 5：系统结构图

对相机的反馈控制，是根据由简单 ISP 提取的输入图像亮度累加值，通过增益和快门速度调整相机亮度的控制。该处理添加在 ISP 控制内。增益和快门速度的设置范围、分辨率因相机而异。

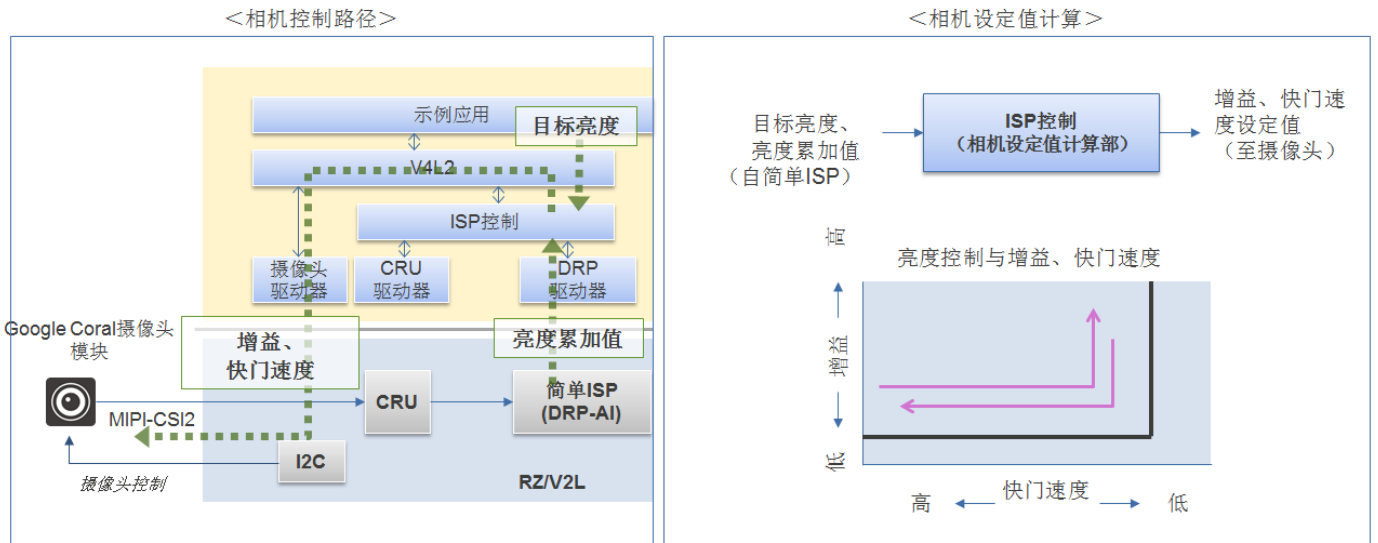


图 6：相机控制

可调整画质的环境：

在简单 ISP 的各种画质调整参数中，我们将以白平衡、伽马校正的设置为例，对调整步骤进行说明。以下说明的例子使用了 ISP 软件包 V1.00 随附的样本应用软件。

按照以下步骤更改简单 ISP 的画质调整参数，可边观察显示器上显示的画面边调整。

1. 执行样本应用程序 “sample_app_cam”
2. 编辑简单 ISP 设置参数文件（文本）并更改设定值
参考：默认设置的文本和样本设置（颜色反转）的文本随附于 ISP 支持软件包
3. 将步骤 2 中编辑的文件从终端软件发送到评估板上

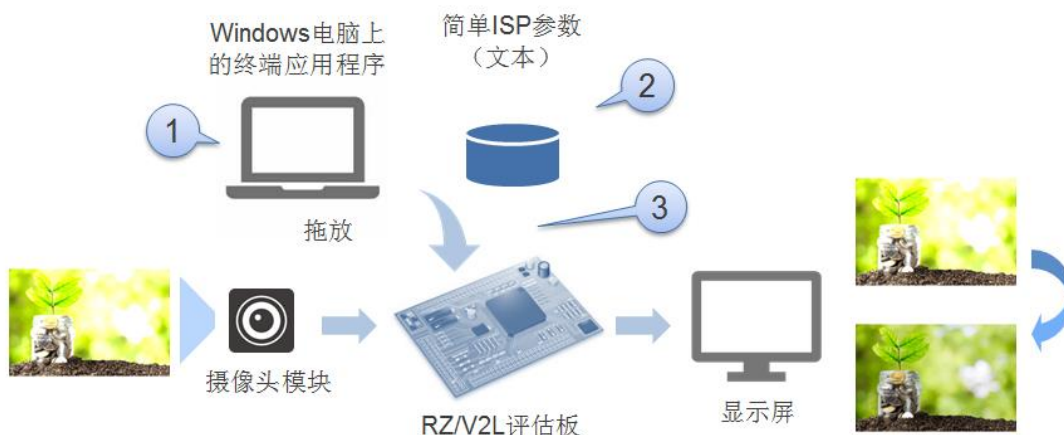


图 7：画质调整步骤

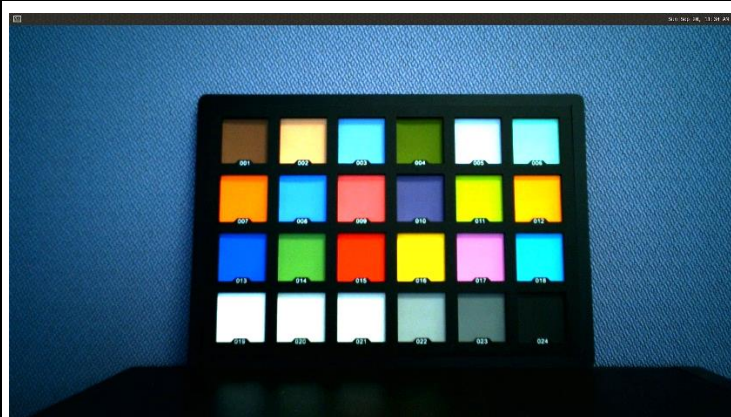
以下是简单 ISP 设置参数中，更改颜色矩阵颜色校正（表 2 No.4）和伽马校正（表 2 No.3）的设定示例。

表 3: 颜色矩阵颜色校正	
	颜色矩阵设置：不校正 （不校正输入增益）

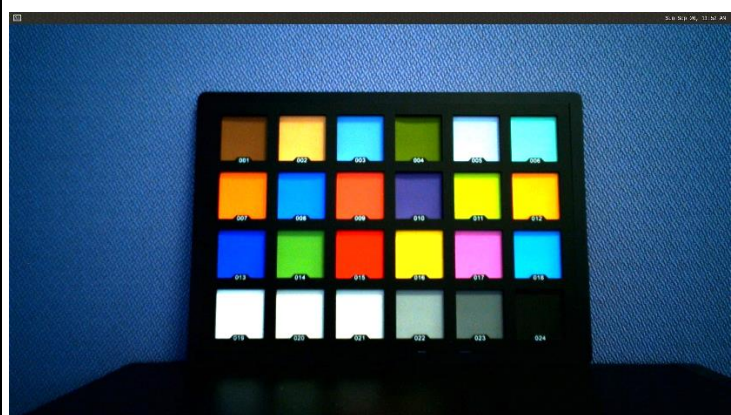
表 3: 颜色矩阵颜色校正



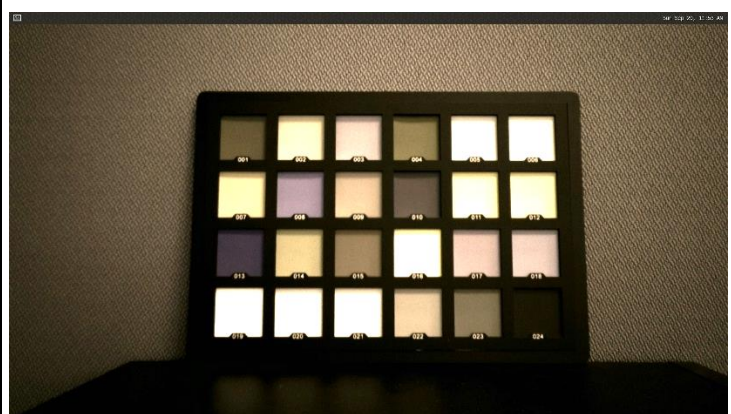
颜色矩阵设置
0: 原始值
(不校正)



颜色矩阵设置
1: 标准校正
(标准设置)



颜色矩阵设置
2: 鲜艳色校正
(鲜艳)

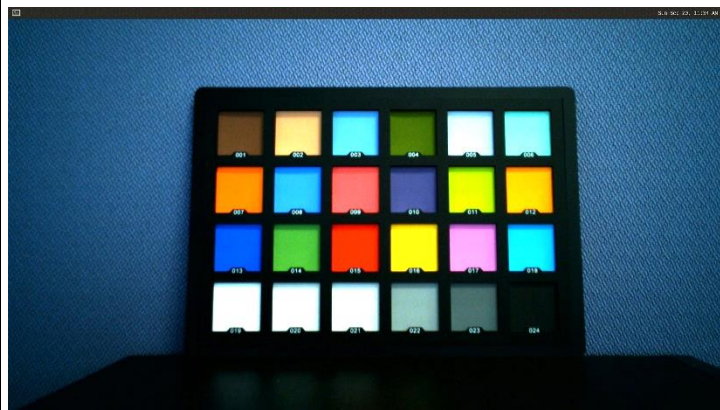
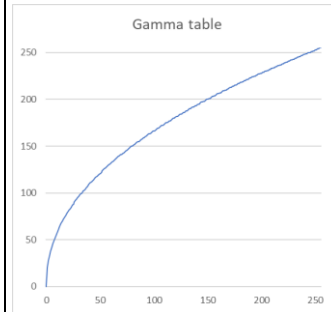


颜色矩阵设置
3: 棕褐色校正
(褐色)

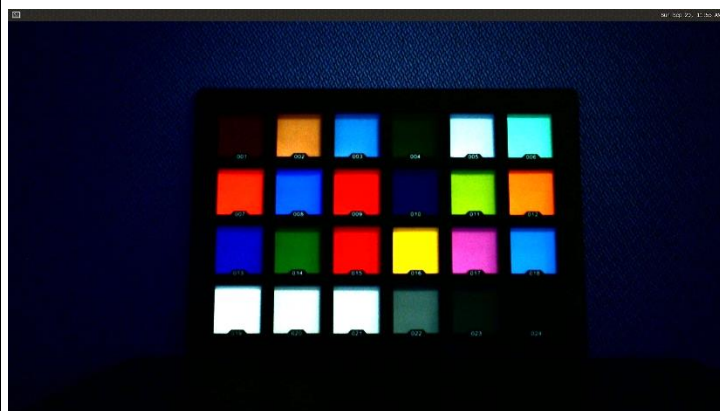
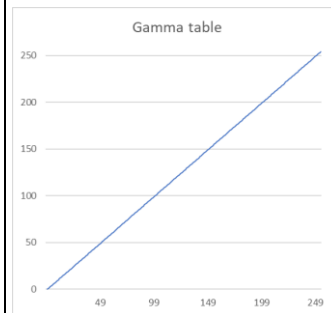
表 4: 伽玛校正



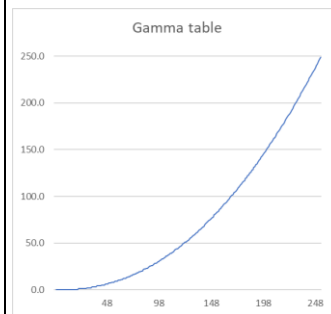
Gamma:1/2.2



Gamma:1



Gamma:2.2



易于入门：官网免费发布 BSP 和样本应用软件

为了让客户能够快速着手开发，瑞萨在提供相机模块时，同时还提供 RZ/V2L 评估板套件和免费的软件。文档与样本软件可以从 [RZ/V2L 的网站](#) 轻松下载。

- 各种使用手册
- 应用说明
- 软件（Linux 软件包、DRP-AI 支持软件包、ISP 支持软件包）

硬件	RZ/V2L MPU 评估板套件 <ul style="list-style-type: none"> - SMARC 模块板 - SMARC 载板 - MIPI-摄像头模块
软件	RZ/V Verified Linux 软件包 <ul style="list-style-type: none"> - Linux 内核 - 设备驱动程序
	RZ/V2L ISP 支持软件包 <ul style="list-style-type: none"> - 简单 ISP 示例应用程序 - 简单 ISP 用户手册
	RZ/V2L DRP-AI 支持软件包 <ul style="list-style-type: none"> - DRP-AI 示例应用程序 - 人工智能评估软件 - 人工智能实现指南
	适用于 RZ/G2L 和 RZ/G2LC 的 RZ MPU 图形库评估版本
	适用于 RZ/G2L 的 RZ MPU 视频编解码器库评估版本
工具	DRP-AI 转换器

表 5: RZ/V2L 开发环境

总结

瑞萨的 RZ/V2L 不仅利用 DRP-AI 执行人工智能推理，还通过 DRP-AI 提供适合用于视觉人工智能的图像。要点总结如下。

- 减少拍摄对象受到的环境影响，获得稳定的人工智能推理结果
- 无需外置 ISP，削减成本
- 支持 V4L2 API，有助于缩短 SW 时间
- 可选择 CMOS 传感器
- 利用免费的 BSP 和样本应用软件，可快速着手进行原型开发
- 利用 DRP 的灵活性，今后可进一步实现功能扩展

相关信息

- [人工智能加速器 \(DRP-AI\)](#) — 人工智能加速器 (DRP-AI) 白皮书
- [RZ/V2M](#) — 针对视觉人工智能的专用标准产品 (ASSP)，搭载瑞萨自主开发的人工智能专用加速器 “DRP-AI” 和支持 4K 信号的图像信号处理器 (ISP)，实现嵌入式设备的人与物体实时识别
- [RZ/V2L](#) — 通用微处理器，搭载了瑞萨自主开发的人工智能专用加速器 “DRP-AI”、1.2GHz 双核 Arm® Cortex®-A55 CPU、3D 图形和视频编解码引擎
- [RZ/G2L](#) — 通用微处理器，搭载了 1.2GHz 双核 Arm® Cortex®-A55 CPU、3D 图形和视频编解码引擎

重要通知和免责声明

瑞萨电子株式会社及其关联公司（以下简称“瑞萨”）的技术规范和可靠性数据（包括数据手册）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、Web工具、安全信息以及其他资源“按原样”提供，不保证无瑕疵。瑞萨不做任何明示或暗示保证，包括但不限于产品适用性、特定用途适用性或不侵犯第三方知识产权的保证。

这些资源的适用对象为使用瑞萨产品熟练进行设计的开发人员。以下事宜请自行负责：(1) 为您的应用选择合适的产品，(2) 设计、验证和测试您的应用，(3) 确保您的应用符合适用标准以及安全性等所有其他要求。这些资源如有更改，恕不另行通知。瑞萨仅授权您将资源用于开发采用瑞萨产品的应用。严禁复制这些资源或用于其他用途。我们未授予任何其他瑞萨知识产权或任何第三方知识产权的许可。

瑞萨对因使用这些资源而产生的任何索赔、损害、成本、损失或负债概不负责，且瑞萨及其代表的全部损失须由您赔偿。瑞萨的产品仅遵守瑞萨的销售通用条款和条件，或书面签订的其他适用条款。使用瑞萨的任何资源不会扩大或更改这些产品的任何适用保修或保修免责声明。

(Rev. 1.0 Mar 2020)

公司总部

135-0061, 日本东京江东区
豊洲 3-2-24, TOYOSU FORESIA
<https://www.renesas.com>

商标

瑞萨电子的名称和徽标是瑞萨电子公司的商标。所有商标和注册商标均为其各自合法所有者的财产。

联系信息

有关产品、技术的更多信息，文档的最新版本，或离您最近的销售办公室，请访问：
<https://www.renesas.com/contact-us>