



Speck™
开发套件
Datasheet
2023.06

目录

| | |
|----------------------|----|
| 1. 简介 | 1 |
| 2. 特点 | 2 |
| 3. 机械规格 | 5 |
| 4. Speck™ 规格说明 | 8 |
| 5. 开始使用 | 12 |
| 6. 读出层输出管脚监测 | 14 |
| 7. 板载功率测量 | 16 |
| 8. 附录 | 17 |
| 9. 文档更新记录 | 23 |



1. 简介

1.1. Speck™ 芯片

在传统 AI 遇到算力瓶颈、能耗瓶颈的今天，类脑计算通过对生物脑神经运行机制和认知行为的借鉴，有望为人工智能技术的进一步发展和应用落地，带来全新的探索思路。采用仿生的异步电路设计，摒除了基于时钟的传统同步电路设计带来的高功耗缺陷，作为类脑智能的关键部分，类脑芯片的这些独特技术优势极大程度地提升了硬件资源利用率和脉冲神经网络的运行效率。

Speck™ 是全球首款“感算一体”类脑智能动态视觉 SoC，集成了异步类脑动态视觉处理器（DYNAP™CNN）和动态视觉传感器（Dynamic Vision Sensor, DVS；又名 Event Camera（事件相机），或 Dynamic Event-based Sensor (DES)，Event-based Vision Sensor (EVS)等）。它实现了基于异步逻辑范式的大规模脉冲卷积神经网络（sCNN）芯片架构，最多可配置高达 32 万脉冲神经元，并且片内集成了当前最好技术水平的、基于事件的、分辨率达 128x128 的动态视觉传感器（DVS）为其提供实时高效的动态视觉输入。

Speck™ 以超低功耗和超低延迟为永远在线（always-on）的 IoT 设备和基于行为识别、手势识别、面部检测、人形跟踪和监视等的边缘计算和人机交互等应用任务铺平了道路。

1.2. Speck™ 开发套件

Speck™ 开发套件采用 SynSense Speck™ 芯片，将卷积动态视觉处理的灵活性带入了毫瓦级的能耗预算应用里。它提供了实时存在检测、实时手势识别和实时物体分类的能力。Speck™ 开发套件支持更换镜头（默认配置两只焦距分别为 1.7mm 和 3.6mm 镜头，底座接口为 M12；客户也可自行尝试其他合适的镜头），可以适配不同的应用场景。

我们的开源 Python 库 Sinabs 和 SynSense 设备工具链 Samna 使得开发多达九层的

脉冲卷积网络以处理内部动态视觉传感器的输出变得轻松。



图 1. Speck™ 开发套件

2. 特点

2.1. Speck™ 芯片

2.1.1 主要特征

- 1 个内置 DVS 层
- 9 个 DYNAP™CNN 层
- 1 个读出层
- SPI 主/从接口，便于配置
- 池化：{1:1, 1:2, 1:4}
- 多扇出操作，最大 2
- 超低功耗

2.1.2 DVS 层

- 128x128 像素阵列
- 噪点过滤
- DVS 事件点极性可调
- ROI 可选
- DVS 水平/竖直镜像
- 90°翻转步长
- 动态范围: 不小于 80 dB (20*-200k lux)

说明: *20lux - 50lux 使用时, 光学传感器阵列灵敏度有略微降低, 应用算法模型的延迟有少许增加, 有可能存在个别漏判和误判 (概率小于 5%, 参见附录 8.1 章)

2.1.3 DYNAP™-CNN computing layers

- 最大 9 个卷积处理层
- 最大输入维度: 128x128
- 最大特征图输出: 64x64
- 最大通道数: 1024
- 权重精度: 8 位
- 神经元膜电压状态精度: 16
- 最大卷积核尺寸: 16x16
- 卷积/池化步长: {1, 2, 4, 8} (X/Y 独立)
- 卷积/池化补零: [0:7] (X/Y 独立)
- 池化: {1:1, 1:2, 1:4}
- 多扇出操作, 最大 2
- 每层均支持 Leak 操作
- 支持卷积层输出降采样
- 支持卷积层通信拥塞处理机制
- 第 0 层和第 1 层卷积层支持并行数据处理

2.1.4 读出层 (Readout Layer)

- 最大 16 个分类输出 (15 个有效+1 个无效, other)
- 滑动均值步长可配{1, 16, 32}
- 4 种读出模式{无效类, 阈值类, 极值类, 特定类}
- 读出层可通过 4 位可编码输出与 1 位中断, 直接输出极值或阈值分类

2.2. 开发套件

- 搭载 Speck™ SoC 芯片, 可以根据使用需要搭配不同的镜头。
- 1 个 USB 3.0 Micro-B 端口。
- 通过板载高精度电源测量电路监测 Speck™ SoC 的五条电源轨: VDD_IO、VDD_RAM、VDD_LOGIC、VDD_PIXEL_DIGITAL 和 VDD_PIXEL_ANALOG。
- 通过 Samna 监测 Speck™ 读出层。

3. 机械规格

3.1. Speck™ 开发套件

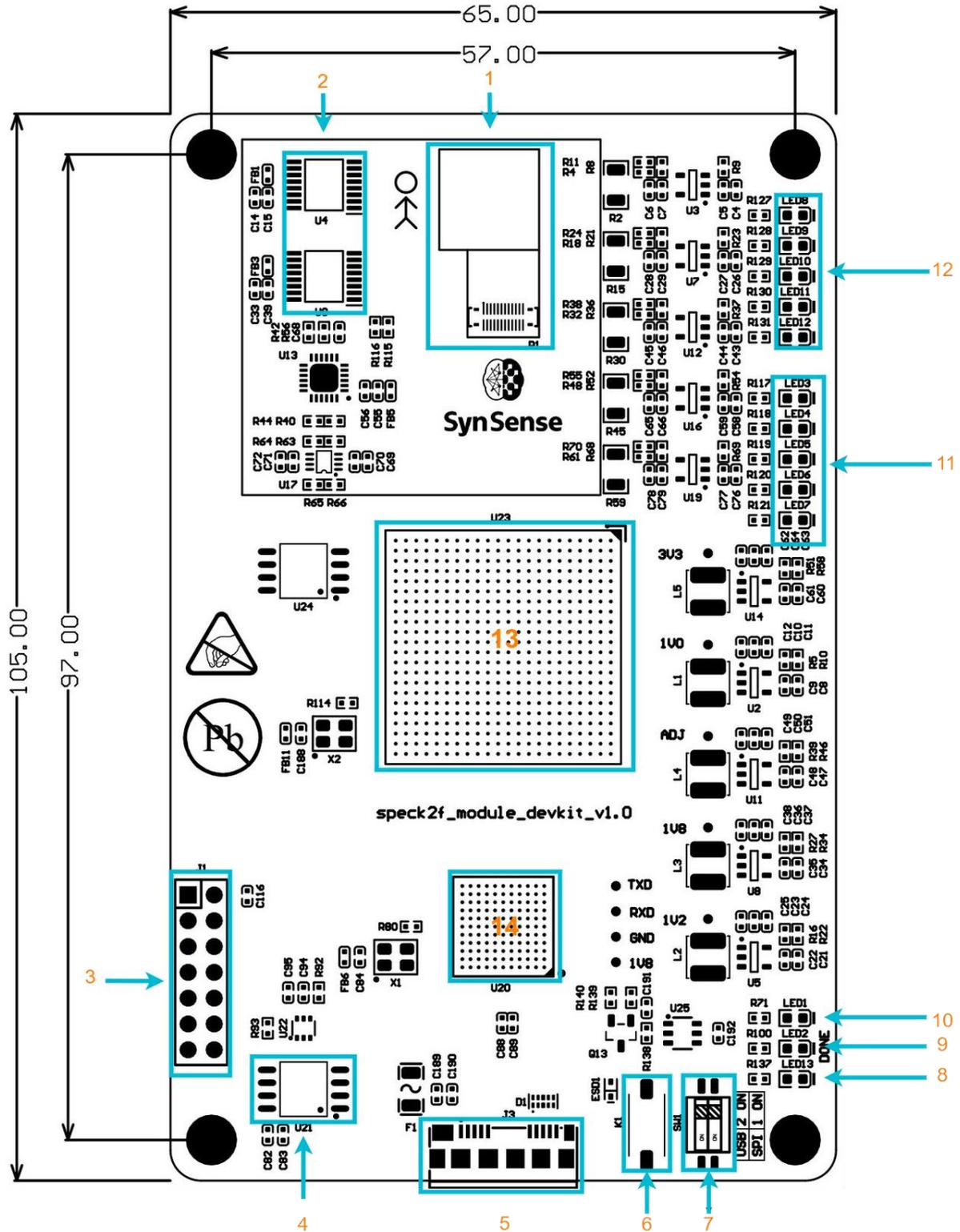


图 2. Speck™ 开发套件正面规格 (mm)

1. Speck™ 芯片
2. 高精度电源监测器
3. FPGA JTAG (RSV)
4. 闪存
5. USB 3.0 Micro-B 端口
6. 系统复位按钮
7. USB 3.0 控制器 CFG 开关(RSV)
8. 系统电源指示灯
9. FPGA 配置完成状态指示灯
10. USB 3.0 控制器状态指示灯
11. 调试状态指示灯
12. SoC 电源状态指示灯
13. FPGA
14. USB 3.0 控制器

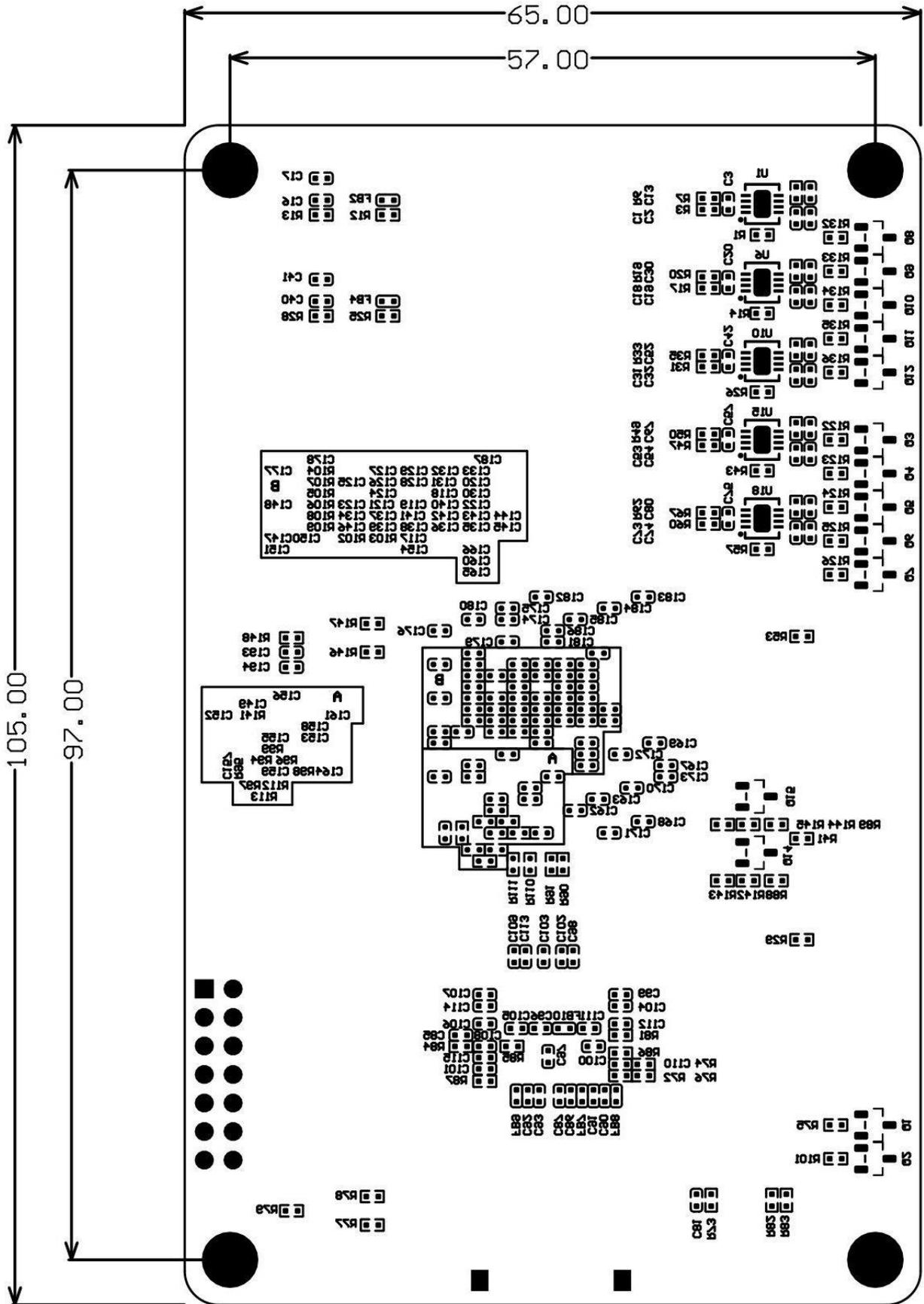


图 3. Speck™ 开发套件背面规格 (mm)

4. Speck™ 规格说明

4.1. 芯片架构示意图

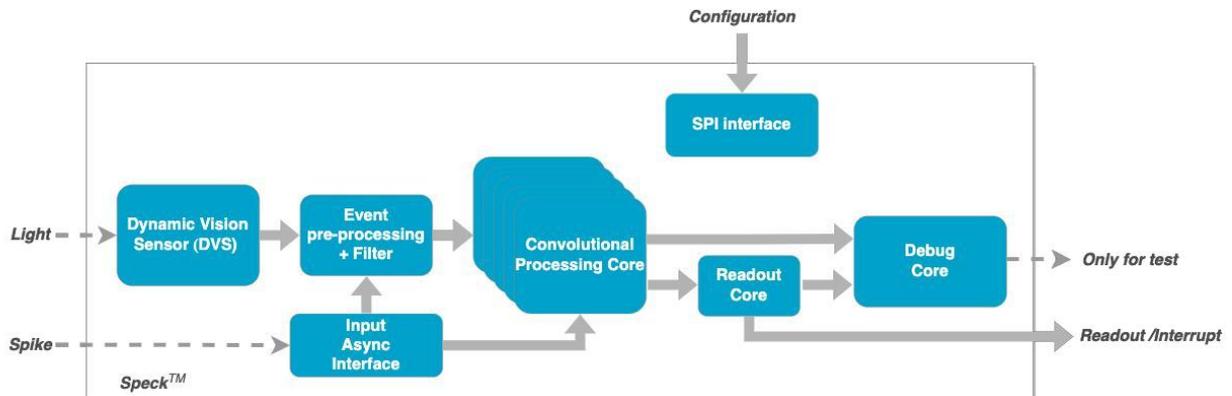


图 4. Speck™ 芯片内部功能框图

4.2. DYNAP™-CNN 卷积层

Speck™ 配备了 9 个可配置的脉冲卷积计算层。每层均可以部署 SCNN 神经网络，并且可以连接起来形成用户定义的任意大小的网络。层内存大小经过平衡设计，以提供资源的灵活平衡，请详见第 4.5 节。

4.3. 拥塞管理

在 Speck™ 中，每个卷积层都配备了一个拥塞管理模块，位于其数据路径输入处。

如果开启，拥塞管理模块一旦发现当前卷积层仍然在计算上一次的输入时，就会丢弃新的数据，以缓解计算压力。具体而言，如果一系列脉冲被发送到该层，其中一些将被接受（通过一些缓冲区），并且卷积计算开始。例如，如果内核非常大且新的脉冲到达时该层输入忙碌，那么将丢弃这个新脉冲。一旦该层再次可用，即将到来的脉冲将被处理。

然后，该块能够通过将输入脉冲频率限制为层可以处理的最大频率，使其适应卷积。当禁用时，该块将让所有脉冲通过。该功能由 `input_congestion_balancer_enable` 控制。

4.4. 脉冲事件降采样

在 Speck™ 中，每个卷积层都配备有一个降采样模块，位于其数据路径输出处。降采样模块可以使用户减少卷积层输出处的脉冲速率。当禁用时，该块将允许所有脉冲通过。降采样模块可以通过 `output_decimator_enable` 来控制。

4.5. 内存资源

Speck™ 内置了 9 个 DYNAP™ CNN 处理器核 (core)，每个核被用作一个卷积神经网络 (CNN) 层。这些核/层的存储容量是不同的，并限制了特定核实现更大规模层，详见下表：

| Core. | Kernel memory (WORD) | Leak memory (WORD) | Neuron memory (WORD) |
|-------|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0 | 16 Ki | 1 Ki | 64 Ki |
| 1 | 16 Ki | 1 Ki | 64 Ki |
| 2 | 16 Ki | 1 Ki | 64 Ki |
| 3 | 32 Ki | 1 Ki | 32 Ki |
| 4 | 32 Ki | 1 Ki | 32 Ki |
| 5 | 64 Ki | 1 Ki | 16 Ki |
| 6 | 64 Ki | 1 Ki | 16 Ki |
| 7 | 16 Ki | 1 Ki | 16 Ki |
| 8 | 16 Ki | 1 Ki | 16 Ki |

| SRAM | Filter memory (WORD) |
|------------|----------------------|
| DVS Filter | 16 Ki |

| | Memory Type | Word Length |
|---|-------------|-------------|
| 1 | Kernel | 8 bits |
| 2 | Neuron | 16 bits |
| 3 | Leak | 16 bits |
| 4 | Filter | 16 bits |

设一个脉冲卷积神经网络的输入特征数量为 c , 输出特征数量为 f , 卷积核的大小为 k_x 和 k_y 。理论上其内核 K_M 所需要的内存大小为:

$$K_M = cf k_x k_y$$

但是因为芯片内存架构的原因, 其实际所占用内存为:

$$K_{MT} = c \cdot 2^{\lceil \log_2(k_x k_y) \rceil} + \lceil \log_2(f) \rceil$$

芯片的神经元所需内存取决于脉冲卷积神经网络的输入特征尺寸 c_x 和 c_y , 以及步长 (stride) s_x , s_y 和填充 (padding) p_x , p_y :

$$f_x = \frac{c_x - k_x + 2p_x}{s_x} + 1$$

$$f_y = \frac{c_y - k_y + 2p_y}{s_y} + 1$$

$$N_M = f f_x f_y$$

同样因为芯片内存架构的原因, 其实际神经元所占用内存为:

$$N_{MT} = f \cdot 2^{\lceil \log_2(f_y) \rceil} + \lceil \log_2(f_x) \rceil$$

4.6. 读出

后处理块的主要用途是计算最多 15 个神经元的时间窗口移动平均值,并将这 15 个神经元的最大平均值与指定的阈值进行比较。Speck™ 有 5 个引脚专门用于直接读取最大活动类别,这些引脚 (INTERRUPT 和 READOUT1 到 4) 可以输出在一个时间窗口内脉冲数量最多的分类的结果 (带或不带活动阈值)。

4.6.1 中断 (INTERRUPT)

中断引脚输出 0,直到最大活动类别超过阈值时才会被短暂的拉高为 1 (<3us)。或者,可以通过将 `override_threshold_max` 设置为 True 来覆盖阈值比较。在这种情况下,INTERRUPT 在每个 SLOW_CLK 的下降沿都将被短暂的拉高为 1。

在 SLOW_CLK 下降沿时,只有当 `override_threshold_max` 为 True 或最大活动类别再次超过所选阈值时,INTERRUPT 引脚才会被拉高。

4.6.2 读出引脚 (READOUT[1:4])

Speck™ 有 4 个读出引脚 READOUTx。READOUTx 引脚反映了 Data Output Modes 中描述的最大活动类别的索引。这些引脚在两种情况下被激活:

- 某个类别在上一个读出时钟周期内脉冲超过了设定的阈值 (当满足此条件时,INTERRUPT 也会上升)。
- `override_threshold_max` 被设置为 True (覆盖阈值)。

这 4 个读出引脚反映了最近卷积网络的结果的二进制值,可最大“体现”出 16 种分类结果。因此,在只需要 4 个类别的应用中,Speck™ 可以被配置为在到达读出层时将四个输出类别编码为类别 1、2、4 和 8。在这种情况下,4 个输出引脚 READOUTx 将直接反映所需的每个类别之一,不需要解码器来解释芯片输出。

4.7. 其他

更详细的 Speck™ 芯片输出的读取原理与办法,以及片内 CNN 等资源配置调用办法,请询[技术支持](#)或访问 SynSense 时识科技在 GITLAB 上的[公开资料](#)。

5. 开始使用

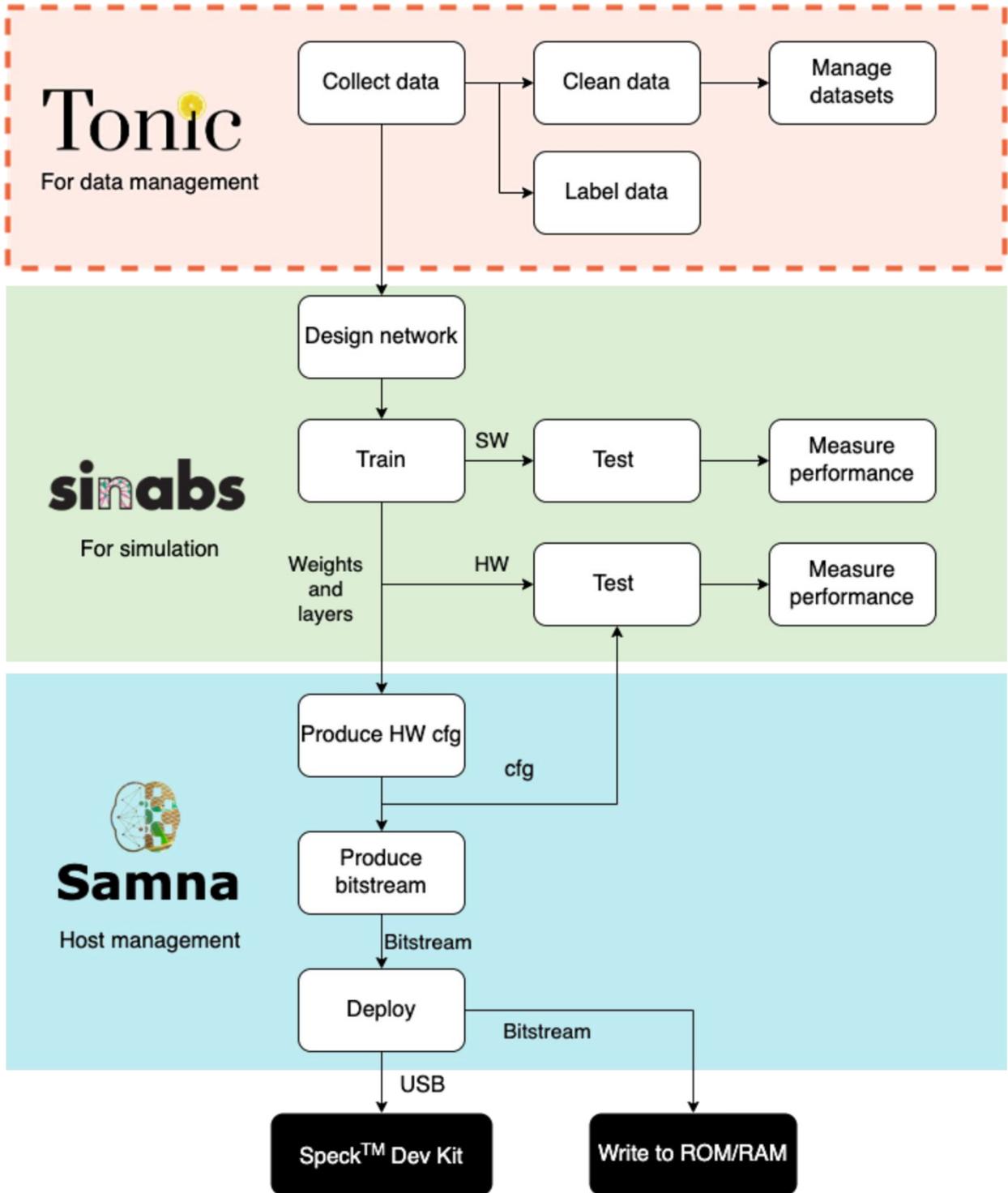
SynSense 提供了 [Tonic](#)、[Sinabs](#) 和 [Samna](#) 来帮助开发 Speck™ 开发套件。

Tonic 提供了公开可用的事件驱动（event-driven）的视觉和音频数据集以及事件（event）转换功能。该包与 PyTorch Vision / Audio 完全兼容，为您提供所需的灵活性。它既适用于直接使用事件或时间面的事件驱动世界，也适用于将事件以某种方式转换为密集表示的传统框架。

Sinabs 是一个 Python 库，用于开发和实现脉冲卷积神经网络（SCNN）。该库实现了多个与 CNN 层等效的脉冲神经网络卷积层。此外，它还提供了支持导入在 torch 中实现的 CNN 模型的功能，方便地测试它们的脉冲等效实现的效果。Samna 是与 SynSense 工具链和运行时环境交互的开发人员接口。它是用 C++ 编写的，提供了用于处理事件驱动数据流和脉冲神经网络的 Python API 和数据可视化工具。

得益于 Samna 的帮助，在 Sinabs 中开发的 SNN 模型可以轻松部署到带有光学模块的 Speck™ dev kit 上。

用户也可以将外部 DVS 相机事件发送到 Speck™ 开发套件上，更多信息可以在“[使用图形从 DVS 发送事件到 dev kit](#)”中找到。有关更多示例，请参考 Samna 的[官方文档](#)。



6. 读出层输出管脚监测

Speck™ 中的读出层也是后处理层，正确配置后，芯片执行算法后的输出结果可以通过 4 个读出引脚读取。通过开发套件提供的读出层引脚监控功能，可以在接近实际应用场景的情况下验证您的模型。

可以通过 **Samna** 启用读出引脚监控功能。要启用读出层，需要首先将 `samna.speck2f.configuration.ReadoutConfig.enable` 设置为 **True**。要将模型的最后一层转发到读出层，需要将其目标设置为 12。

`samna.speck2f.configuration.ReadoutConfig.readout_configuration_sel` 需要根据您的模型进行设置。有 4 种不同的寻址模式可供选择：

| 值 | 寻址模式 |
|---|-----------|
| 0 | 2x*2y*4f |
| 1 | 2x*4y*2f |
| 2 | 4x*4y*1f |
| 3 | 1x*1y*16f |

根据您的模型设置 `samna.speck2f.configuration.ReadoutConfig.threshold` 的值，以设置读出层的阈值。输出神经元的移动平均值将与阈值进行比较，如果接收到的脉冲数大于阈值，则产生输出。

Speck™ 读出层还提供低通滤波器。可以选择两个时间窗口：16（16 * `slow_clk` 周期）和 32（32 * `slow_clk` 周期），可通过 `samna.speck2f.configuration.ReadoutConfig.low_pass_filter32_not16` 进行选择。默认值为 **False**，即 16 * `slow_clk` 周期。低通滤波器默认情况下是启用的，如果您不想使用它，请将 `samna.speck2f.configuration.Readout-Config.low_pass_filter_disable` 设置为 **True**。

然后，我们将

`samna.speck2f.configuration.ReadoutConfig.readout_pin_monitor_enable` 设置为 `True`，

以监视 4 个读出引脚。如果有有效结果，则芯片会生成一个中断，并将

`samna.speck2f.event.ReadoutPinValue` 事件发送到上位机。

`samna.speck2f.event.ReadoutPinValue` 包含 2 个成员：一个指示特征的 `index`，以及一个以微秒为单位表示此事件发生时间的戳。

注：*.Speck2f.* 是为该开发套件开发的软件，并将通过 [Samna](#) 的更新得到支持。

7. 板载功率测量

Speck™ 开发套件通过 Samna 提供了板载电源监测能力，可以监测 Speck™ 的五条电源轨：VDD_IO、VDD_RAM、VDD_LOGIC、VDD_PIXEL_DIGITAL、VDD_PIXEL_ANALOG，它们分别由通道 0、1、2、3、4 表示。

```
import samna
import time
d = samna.device.get_unopened_devices()
dk = samna.device.open_device(d[0])

power = dk.get_power_monitor()
buf = samna.BasicSinkNode_uniform_modules_events_measurement()
graph = samna.graph.EventFilterGraph()
graph.sequential([power.get_source_node(), buf])
graph.start()

print("Manual power monitor test:")
power.single_shot_power_measurement()
time.sleep(1)
ps = buf.get_events()
[print(p) for p in ps]
time.sleep(2)

print("Auto power monitor test:")
# set freq to 1 Hz. The maximum power monitor rate is 100 Hz
power.start_auto_power_measurement(1.0)
time.sleep(5)
power.stop_auto_power_measurement()
ps = buf.get_events()
[print(p) for p in ps]
```

注：板载功耗监测模块精度在 $\pm 50\mu\text{W}$ ，采样率最高 100Hz

8. 附录

8.1. 非理想场景及影响因素声明

Speck™ 片内集成了动态视觉传感器（DVS）和专用的类脑视觉处理器内核（DYNAP™CNN），整个芯片系统的输入就是光，即照明条件将直接极大的影响、干扰甚至破坏设备的工作状态，这里主要是照度和频闪两个外部因素；其次，跟其他很多传感器，尤其 RGB 传感器一样的，镜头上的污物，及场景中的烟、雾甚或被直接遮盖，也将影响或破坏系统应用方案的正常执行；再者，极端（高或低）温度也会影响甚至破坏硅基芯片的正常工作。

8.1.1 光照

所有的传感器都会同时产生信号和噪声；对于依赖光线的传感器，如动态视觉传感器（DVS）在低光照下，信号（有效事件）极大减少，此时背景噪声占比更大；也许肉眼依稀可见目标动作轮廓，但对算法模型提出极大挑战；实际上，当前所有主流 DVS 厂商在实验室测得芯片内动态视觉传感器（DVS）的动态范围非常宽，理论上支持在很低照度下的成像；但此时，因有效“事件”过于稀疏，不足以有效支撑应用需求；

SynSense 时识科技的 Speck™ 芯片内集成的动态视觉传感器，实验室测得的数据显示应可支持到~10 lux 光照下的 DVS 成像，但实测典型应用模型中发现：

- 10~20 lux 场景中，目前的应用算法模型性能明显下降；
- 20~50 lux 场景中，应用算法模型的延迟有少许增加，有可能漏判和误判（<5%）；
- >50 lux 场景中，应用算法模型稳定工作，输出高可靠性结果（>95%）；

国家照度标准值（节选）

| 居住建筑照明标准值 | | |
|------------|-----------|-----------|
| 房间或场所 | 参考平面及其高度 | 照度标准值(Lx) |
| 起居室（一般活动） | 0.75m 水平面 | 100 |
| 起居室（书写，阅读） | 0.75m 水平面 | 300 |
| 卧室（一般活动） | 0.75m 水平面 | 75 |
| 卧室（书写，阅读） | 0.75m 水平面 | 150 |
| 餐厅 | 0.75m 餐桌面 | 150 |
| 厨房（一般活动） | 0.75m 水平面 | 100 |
| 厨房（操作台） | 台面 | 150 |
| 卫生间 | 0.75m 水平面 | 100 |
| 注：宜用混合照明。 | | |

| 商业建筑照明标准值 | | |
|-----------|-----------|-----------|
| 房间或场所 | 参考平面及其高度 | 照度标准值(Lx) |
| 一般商店营业厅 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 高级商店营业厅 | 0.75m 水平面 | 500 |
| 一般超市营业厅 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 高级超市营业厅 | 0.75m 水平面 | 500 |
| 收款台 | 台面 | 500 |

| 图书馆建筑照明标准值 | | |
|-------------------|-----------|-----------|
| 房间或场所 | 参考平面及其高度 | 照度标准值(Lx) |
| 一般阅览室 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 国家、省市及其他重要图书馆的阅览室 | 0.75m 水平面 | 500 |
| 老年龄阅览室 | 0.75m 餐桌面 | 500 |
| 珍善本与图书阅览室 | 0.75m 水平面 | 500 |
| 陈列室、目录厅(室)出纳厅 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 书库 | 0.25m 水平面 | 50 |
| 工作间 | 0.75m 水平面 | 300 |

| 办公建筑照明标准值 | | |
|-------------|-----------|-----------|
| 房间或场所 | 参考平面及其高度 | 照度标准值(Lx) |
| 普通办公室 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 高档办公室 | 0.75m 水平面 | 500 |
| 会议室 | 0.75m 餐桌面 | 300 |
| 接待室、前台 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 营业厅 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 设计室 | 实际工作面 | 500 |
| 文件整理、复印、发行室 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 资料档案室 | 0.75m 水平面 | 200 |

| 学校建筑照明标准值 | | |
|-----------|-----------|-----------|
| 房间或场所 | 参考平面及其高度 | 照度标准值(Lx) |
| 教室 | 课桌面 | 300 |
| 实验室 | 实验桌面 | 300 |
| 美术教室 | 桌面 | 500 |
| 多媒体教室 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 教室黑板 | 黑板面 | 500 |

| 医院建筑照明标准值 | | |
|-----------|-----------|-----------|
| 房间或场所 | 参考平面及其高度 | 照度标准值(Lx) |
| 治疗室 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 化验室 | 0.75m 水平面 | 500 |
| 手术室 | 0.75m 水平面 | 750 |
| 诊室 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 候诊室、挂号厅 | 0.75m 水平面 | 200 |
| 病房 | 地面 | 100 |
| 护士站 | 0.75m 水平面 | 300 |
| 药房 | 0.75m 水平面 | 500 |
| 重症监护房 | 0.75m 水平面 | 300 |

| 公用场所照明标准值 | | |
|-------------|----------|-----------|
| 房间或场所 | 参考平面及其高度 | 照度标准值(Lx) |
| 门厅（普通） | 地面 | 100 |
| 门厅（高档） | 地面 | 200 |
| 走廊，流动区域（普通） | 地面 | 50 |
| 走廊，流动区域（高档） | 地面 | 100 |
| 楼梯、平台（普通） | 地面 | 30 |
| 楼梯、平台（高档） | 地面 | 75 |
| 自动扶梯 | 地面 | 150 |
| 厕所、浴室（普通） | 地面 | 75 |
| 厕所、浴室（高档） | 地面 | 150 |
| 电梯前厅（普通） | 地面 | 75 |
| 电梯前厅（高档） | 地面 | 150 |
| 休息室 | 地面 | 100 |
| 储藏室、仓库 | 地面 | 100 |
| 车库（普通） | 地面 | 75 |
| 车库（高档） | 地面 | 200 |

注：居住、公共建筑的动力站、变电站的照明标准值按表选取。

8.1.2 频闪

- 同所有基于光线的传感器，Speck™ 芯片内集成的动态视觉传感器（DVS）也会对光的低频“开/关”敏感。从 DVS 成像原理上分析，对于低频频闪，有效“事件”容易被淹没在频闪噪声中；
- Speck™ 芯片可以在符合 GB/T31831《LED 室内照明技术应用要求》国标的工频闪烁条件下正常工作；对于超过国标的工频闪烁，Speck™ 芯片内集成了抗频闪过滤器，可开启片内工频过滤器进行优化。但碍于超过国标的工频闪烁场景种类繁多，内置抗频闪过滤器暂无法完全消弭/有效抑制非国标段所有的频闪；
- 应用中的环境光，只要主要光源无非国标的闪烁频段或频闪波动深度较浅，则不

会对 Speck™ 的应用模型造成很大的干扰或破坏，即 Speck™ 和应用算法模型本身，可以容忍应用场景中的次要光源（直射和目标成像的反射的光的闪烁频率和波动深度）有些许超过国标的频闪（低风险区域，参见 8.2 章）；

8.1.3 遮挡，烟、雾

- 遮挡会影响成像完整性，进而直接破坏算法应用模型的正确执行；
- 淡的烟、雾是应用算法模型可以容忍的，但浓烟或凝雾，如同镜头被遮挡；

8.1.4 极温

- Speck™ 片内集成的动态视觉传感器（DVS）上有大量模拟电路，对温度敏感，超出商规的应用场景温度，将直接导致 DVS 成像功能的部分丧失，严重者直接失效；
- Speck™ 的制备，同 RGB 芯片相似，考虑到制备情况，也不适应在超过支持范围以外的温度条件中使用；当前 Speck™ 芯片，可在 0~65° 环境中使用，强烈推荐在 15~65° 场景中使用以确保 DVS 成像更稳定。

8.2. 非国标频闪

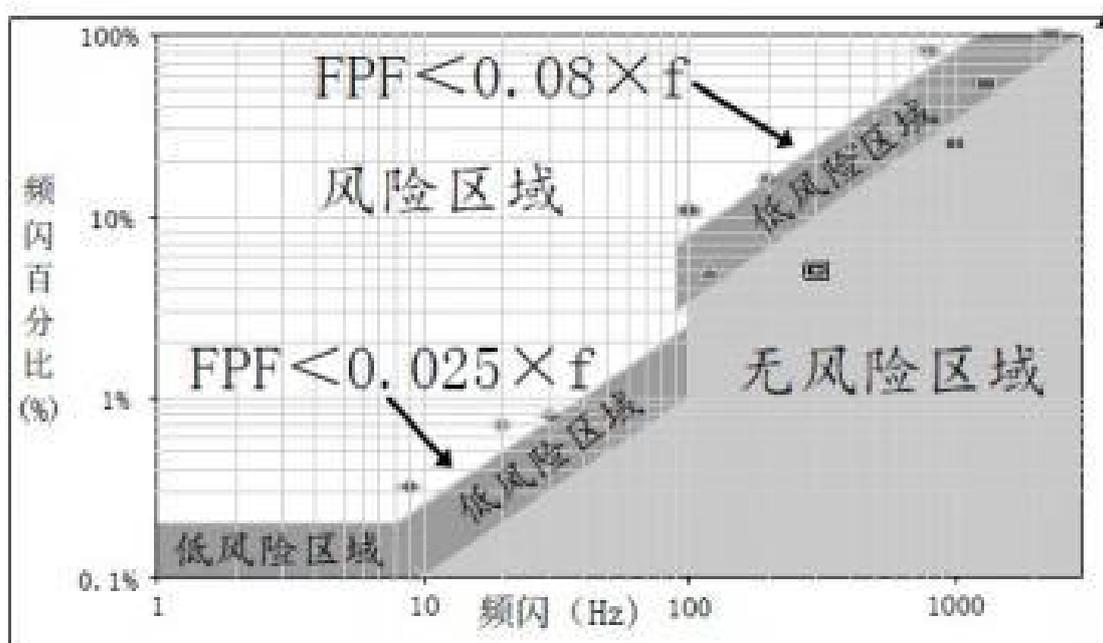


图 5. IEEE 对灯具频闪百分比的风险区域定义

依据 IEEE std 1789-2015 文件，灯具频闪低风险限值可参照下表：

| 低风险频闪百分比（波动深度）要求 | |
|------------------|---------------------------|
| 频闪（波动）频闪 f | 频闪百分比（波动深度）FPF 限制值% |
| <8Hz | $FPF \leq 0.2$ |
| 8 - 90Hz | $FPF \leq 0.025 \times f$ |
| 90 - 1250Hz | $FPF \leq 0.08 \times f$ |
| >1250Hz | 低风险豁免 |

依据国内 GB/T31831 文件《LED 室内照明技术应用要求》，对灯具频闪百分比无危害限值规定如下表：

| 无危害的频闪百分比（波动深度）要求 | |
|-------------------|--------------------------------|
| 频闪（波动）频闪 f | 频闪百分比（波动深度）FPF 限制值% |
| 10 - 90Hz | $FPF \leq 0.01 \times f$ |
| 90 - 3125Hz | $FPF \leq 0.08 \times f / 2.5$ |
| f >3125Hz | 高频豁免 |

9. 文档更新记录

| 序号 | 版本号 | 时间 | 修改人 | 修改内容 |
|----|------|---------|-----|------------|
| 1 | V0.1 | 2023.04 | SI | 初始版本 |
| 2 | V0.2 | 2023.06 | SI | 更新功耗测量示例代码 |

声明

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明



时识和其他时识商标均为南京时识科技有限公司的商标。
本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受时识科技商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，时识科技对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。





让智能更聪明