AI编译器-系列之前端优化

布局转换

ZOMI

Talk Overview of Frontend Optimizer

I. AI 编译器前端优化

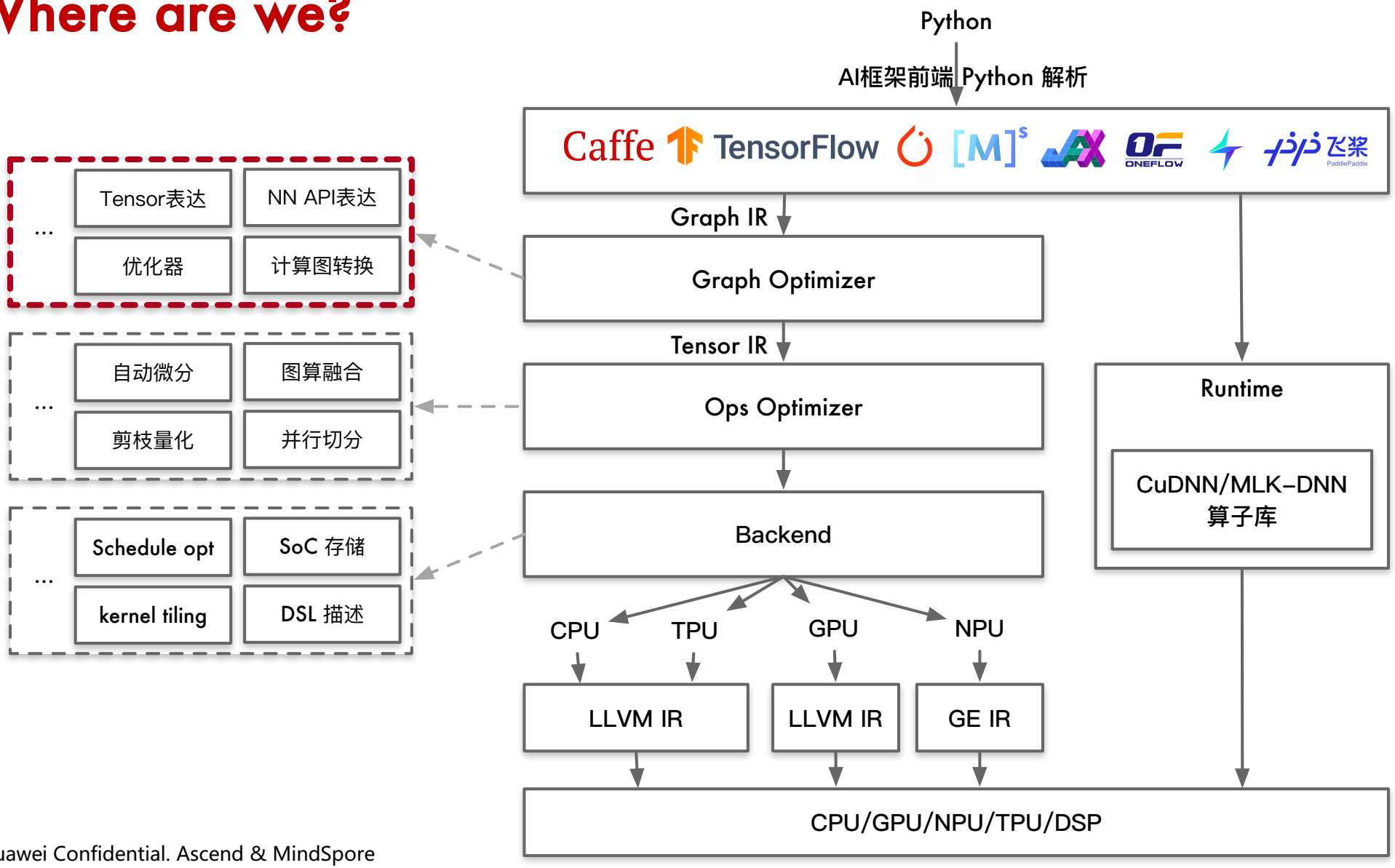
- 图层 - Graph IR
- 算子融合 - OP Fusion
- 布局转换 - Layout Transform
- 内存分配 - Memory Allocation
- 常量折叠 – Constant Fold
- 公共子表达式消除 - CSE
- 死代码消除 - DCE
- 代数简化 - ARM

Talk Overview

Layout Transformation – 布局转换

- 数据内存排布
- 张量数据布局
- NCHW与NHWC
- 华为昇腾数据排布
- 编译布局转换优化

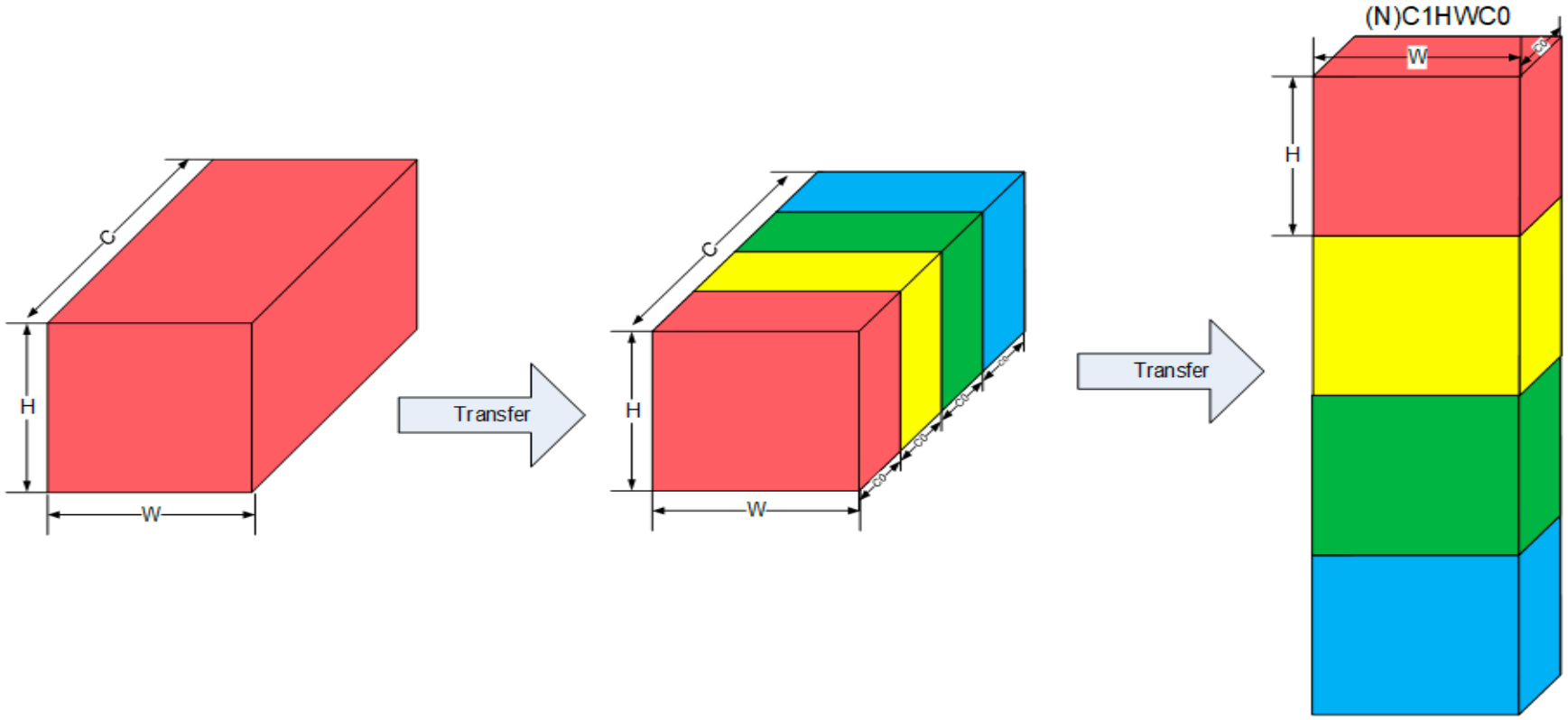
Where are we?



华为昇腾
数据排布

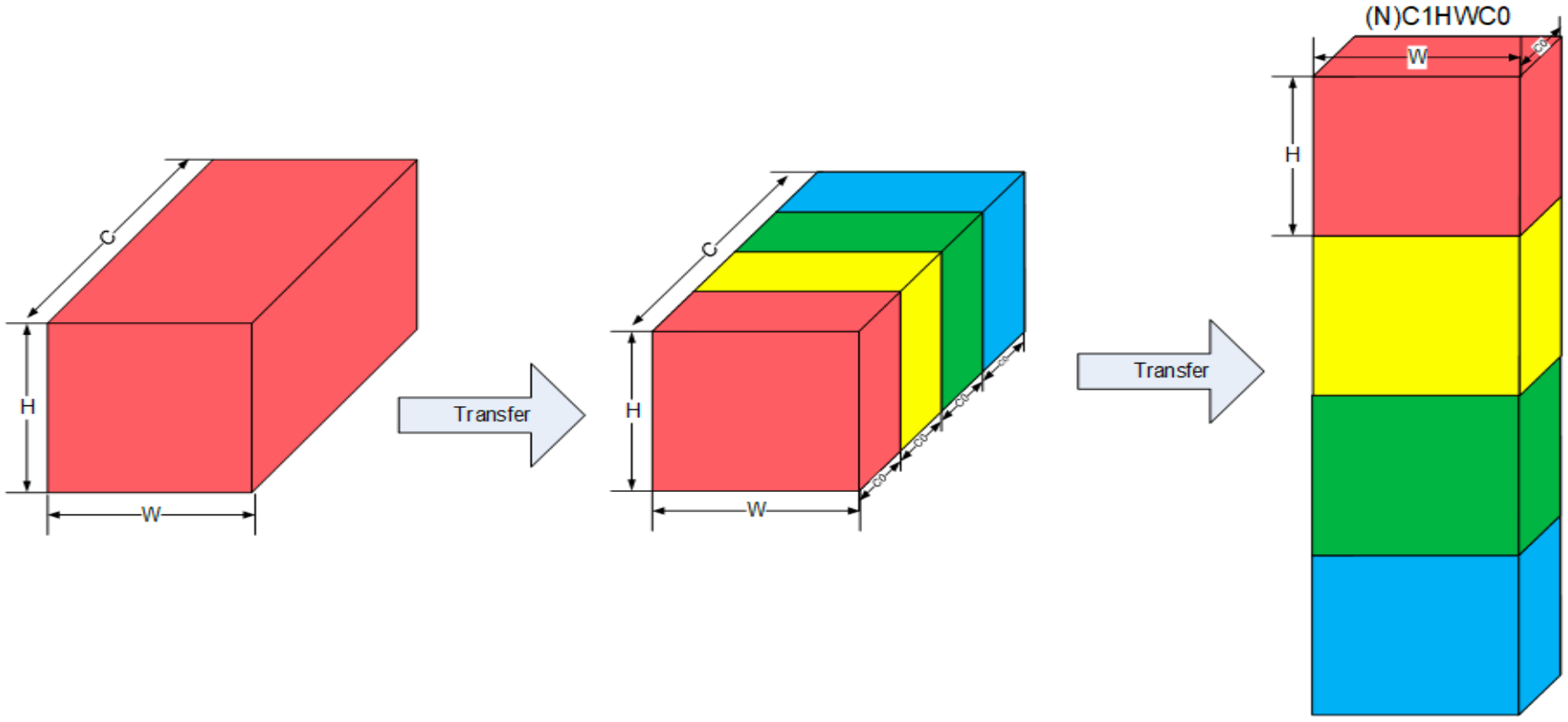
NC1HWC0 (5HD)

- 昇腾AI处理器中，为了提高通用矩阵乘法（GEMM）运算数据块的访问效率，所有张量数据统一采用NC1HWC0的五维数据格式：



NC1HWC0 (5HD)

- C0与达芬奇微架构强相关，等于AI Core中矩阵计算单元的大小，对于FP16类型为16，对于INT8类型则为32，这部分数据需要连续存储。其中C1=C/C0，如果结果不整除，向上取整。



NHWC -> NC1HWC0

1. 将NHWC数据在C维度进行分割，变成C1份NHWC0。
2. 将C1份NHWC0在内存中连续排列，由此变成NC1HWC0。

```
1
2    Tensor.reshape( [N, H, W, C1, C0]).transpose( [0, 3, 1, 2, 4] )
3
```

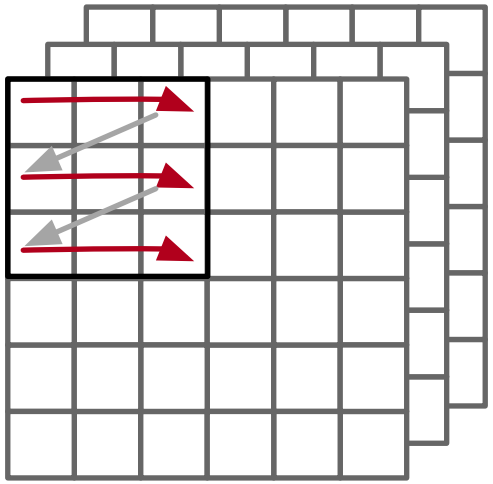
NCHW -> NC1HWC0

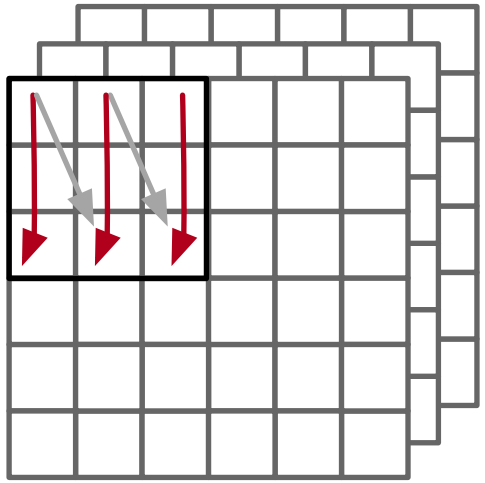
```
1
2    Tensor.reshape( [N, C1, C0, H, W]).transpose( [0, 1, 3, 4, 2] )
3
```

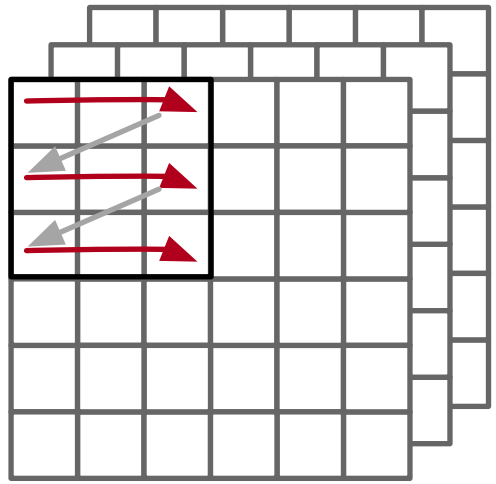
FRACTAL Z and FRACTAL NZ

在cube单元计算时，输出矩阵的数据格式为NW1H1H0W0，不同硬件会采用不同的格式：

- 小z大Z：块内按照行排序，块间按照行排序，如Feature Map数据存储
- 小n大Z：块内按照列排序，块间按照行排序，如Weight数据存储
- 小z大N：块内按照行排序，块间按照列排序，如Conv结果输出

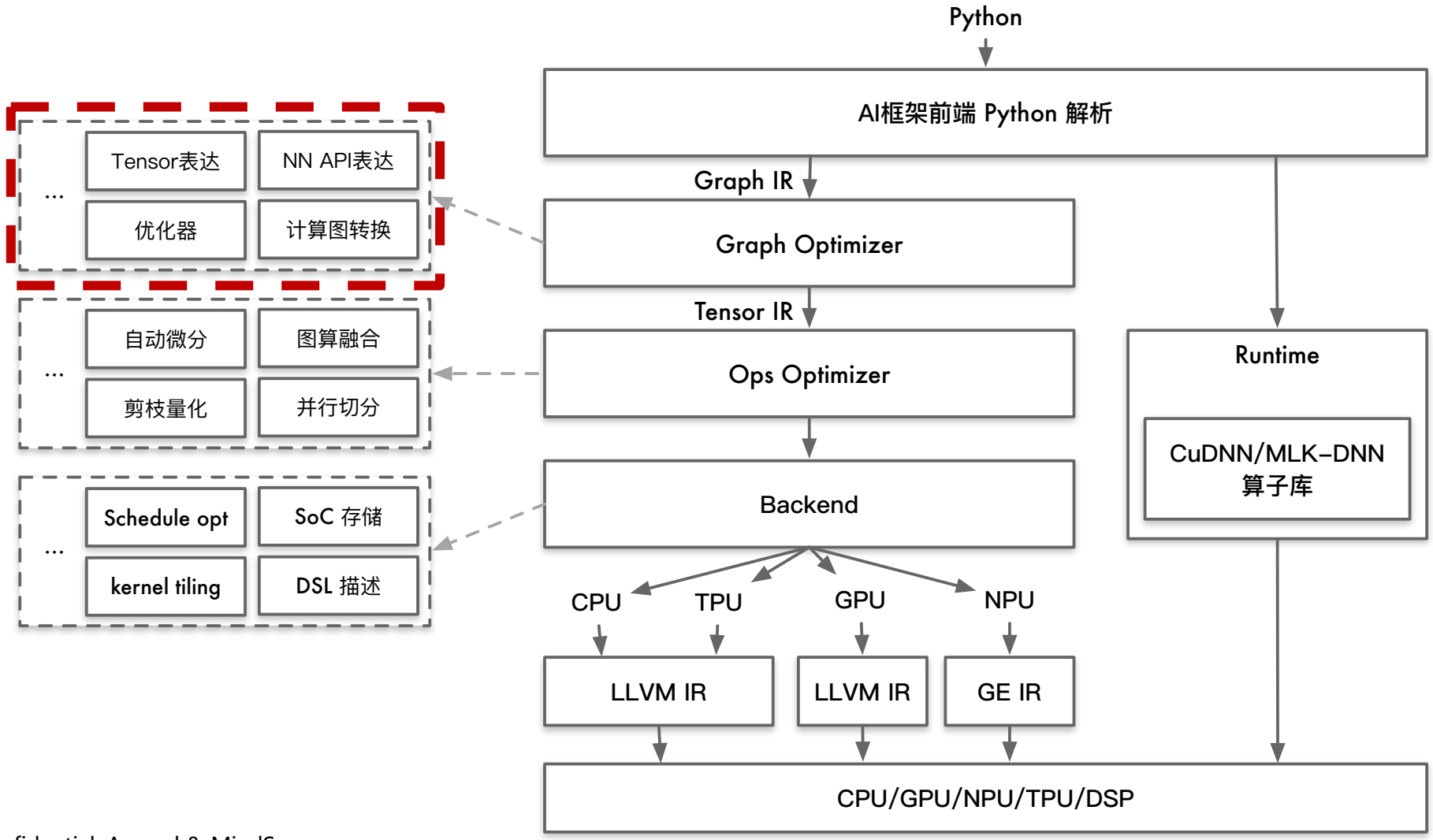






编译布局
转换优化

Where are we ?

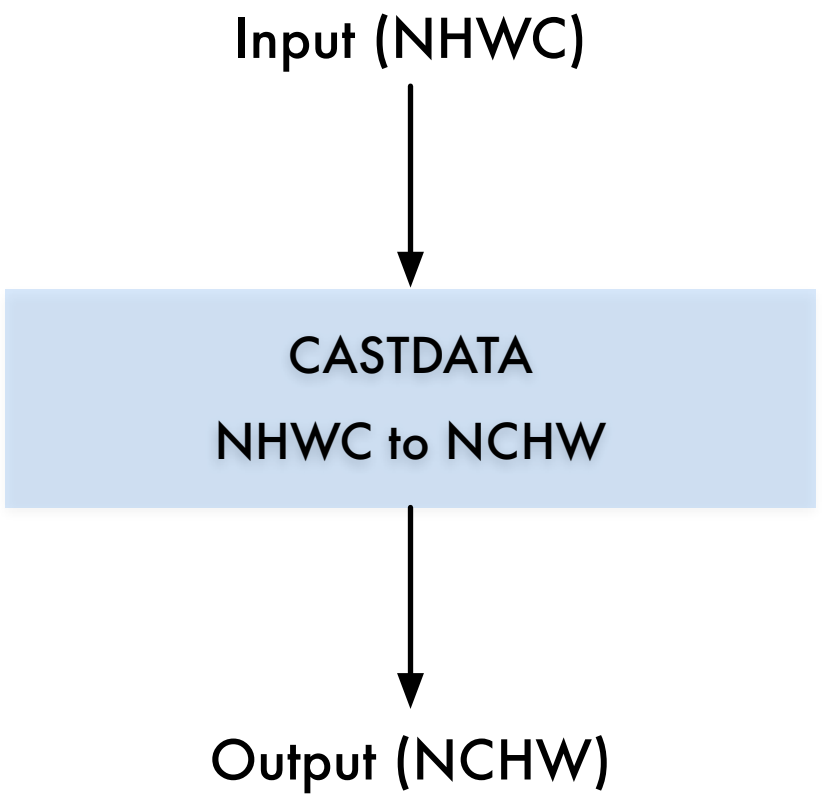


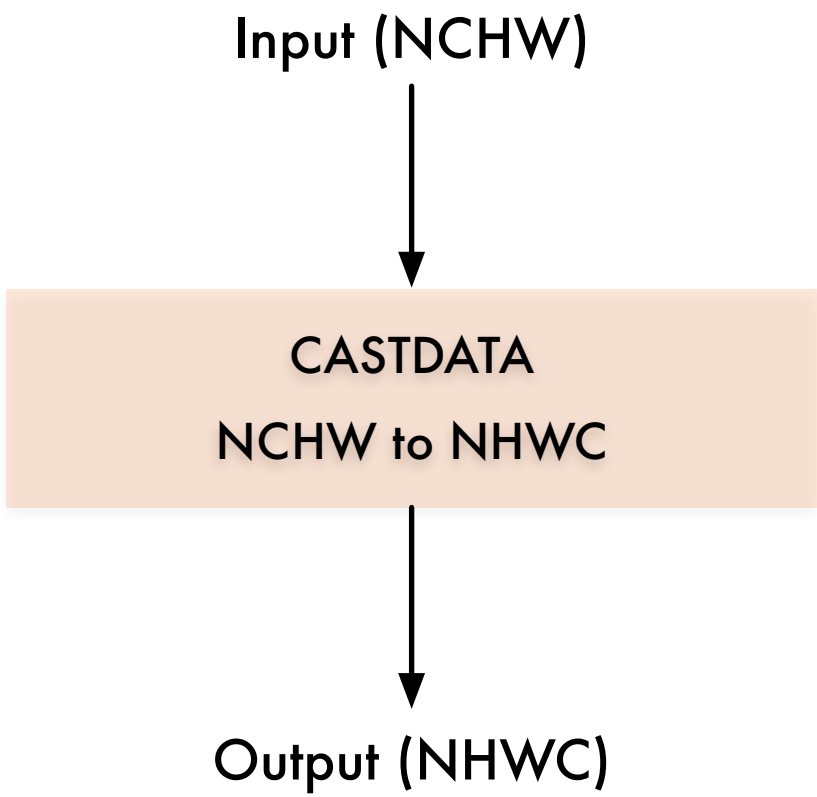
AI编译器布局优化

- **目的**：将内部数据布局转化为后端设备友好的形式
- **方式**：试图找到在计算图中存储张量的最佳数据布局，然后将布局转换节点插入到图中
- **注意**：张量数据布局对最终性能有很大的影响，而且转换操作也有很大的开销

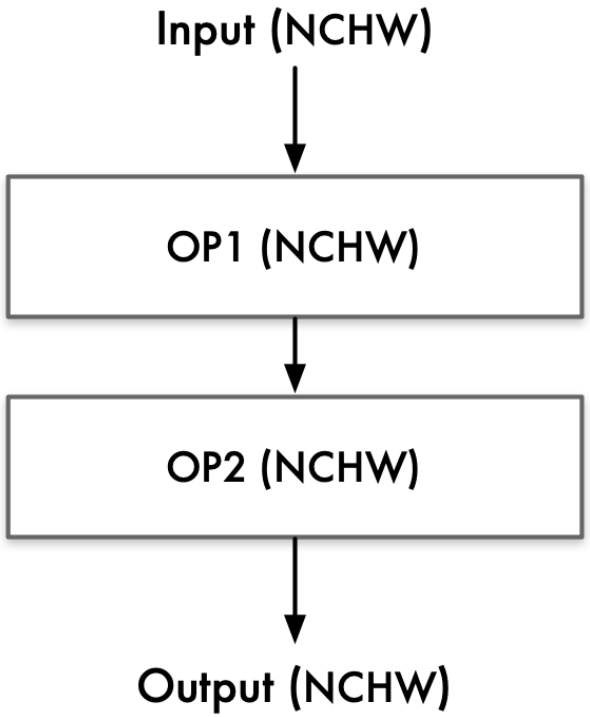
- NCHW 格式操作在 GPU 上通常运行得更快，所以在 GPU 上转换为 NCHW 格式是非常有效。一些 AI 编译器依赖于特定于硬件的库来实现更高的性能，而这些库可能需要特定的布局。此外，一些 AI 加速器更倾向于复杂的布局。边缘设备通常配备异构计算单元，不同的单元可能需要不同的数据布局以更好地利用数据，因此布局转换需要仔细考虑。AI 编译器需要提供一种跨各种硬件执行布局转换的方法。

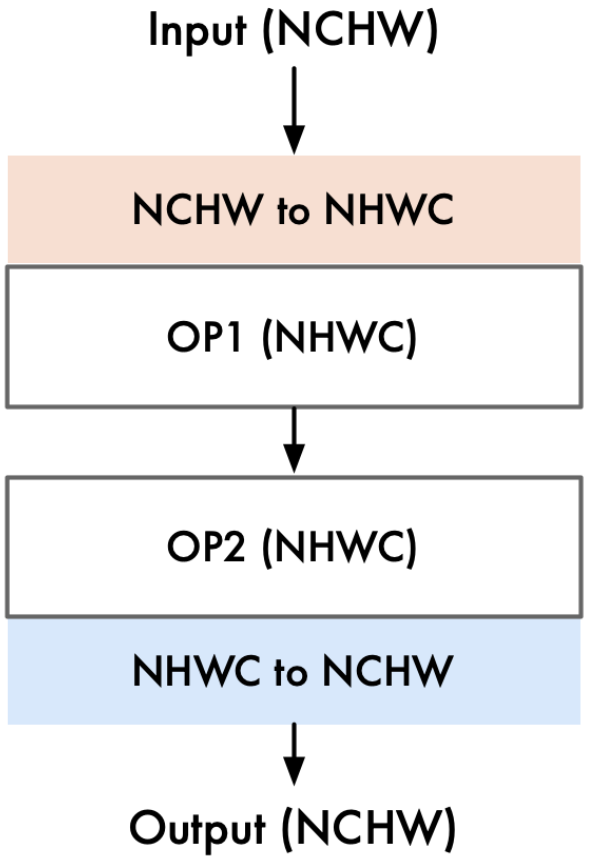
数据转换节点

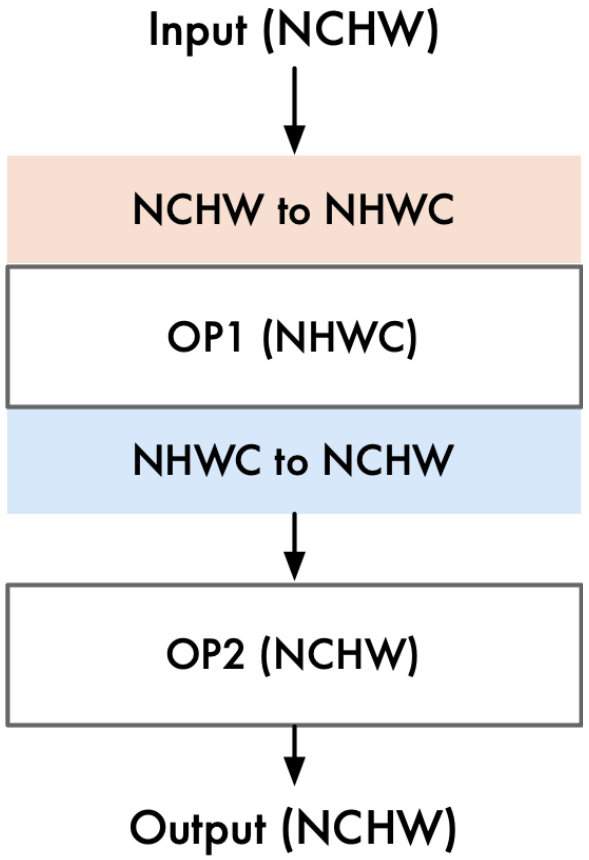




常见数据转换节点

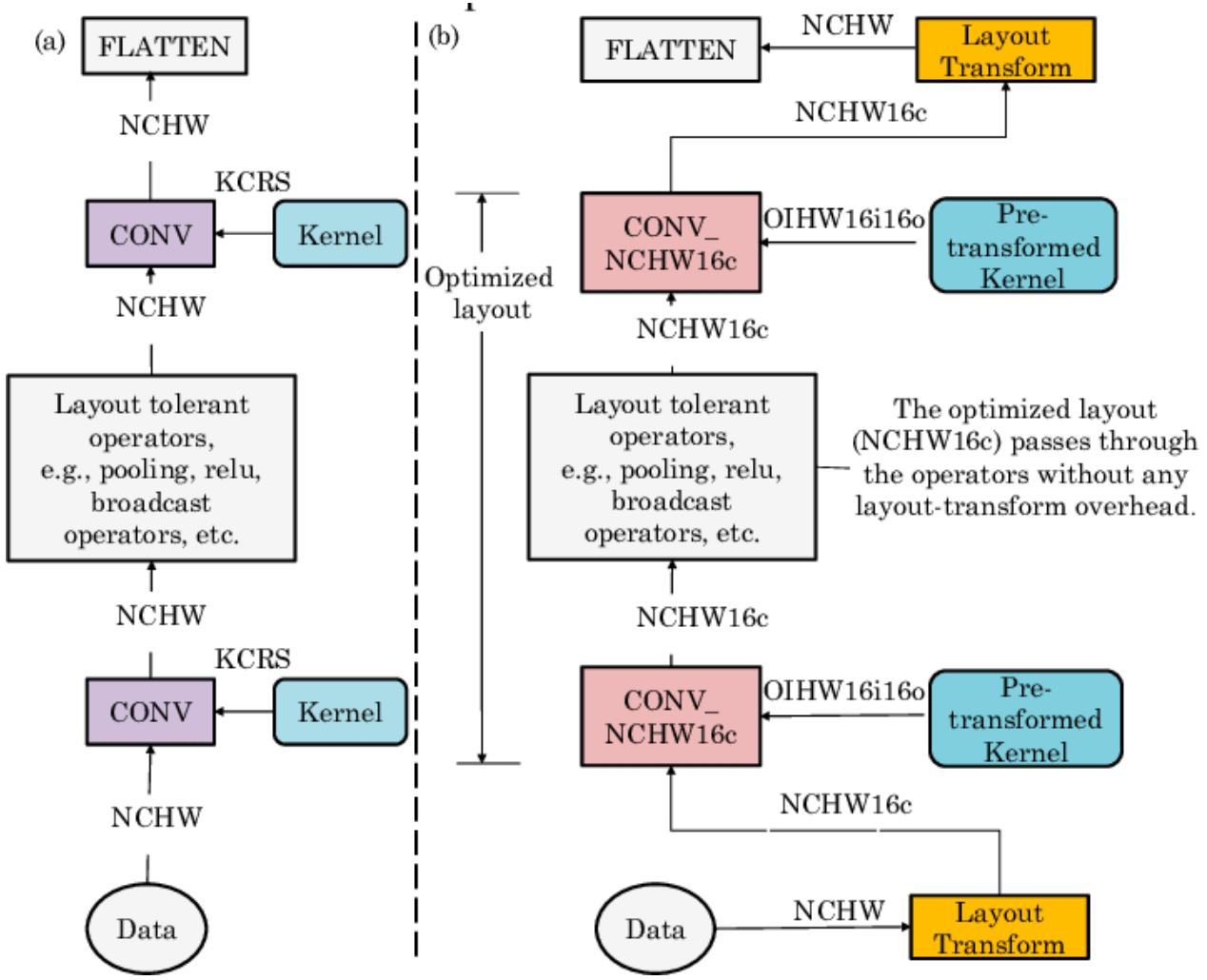






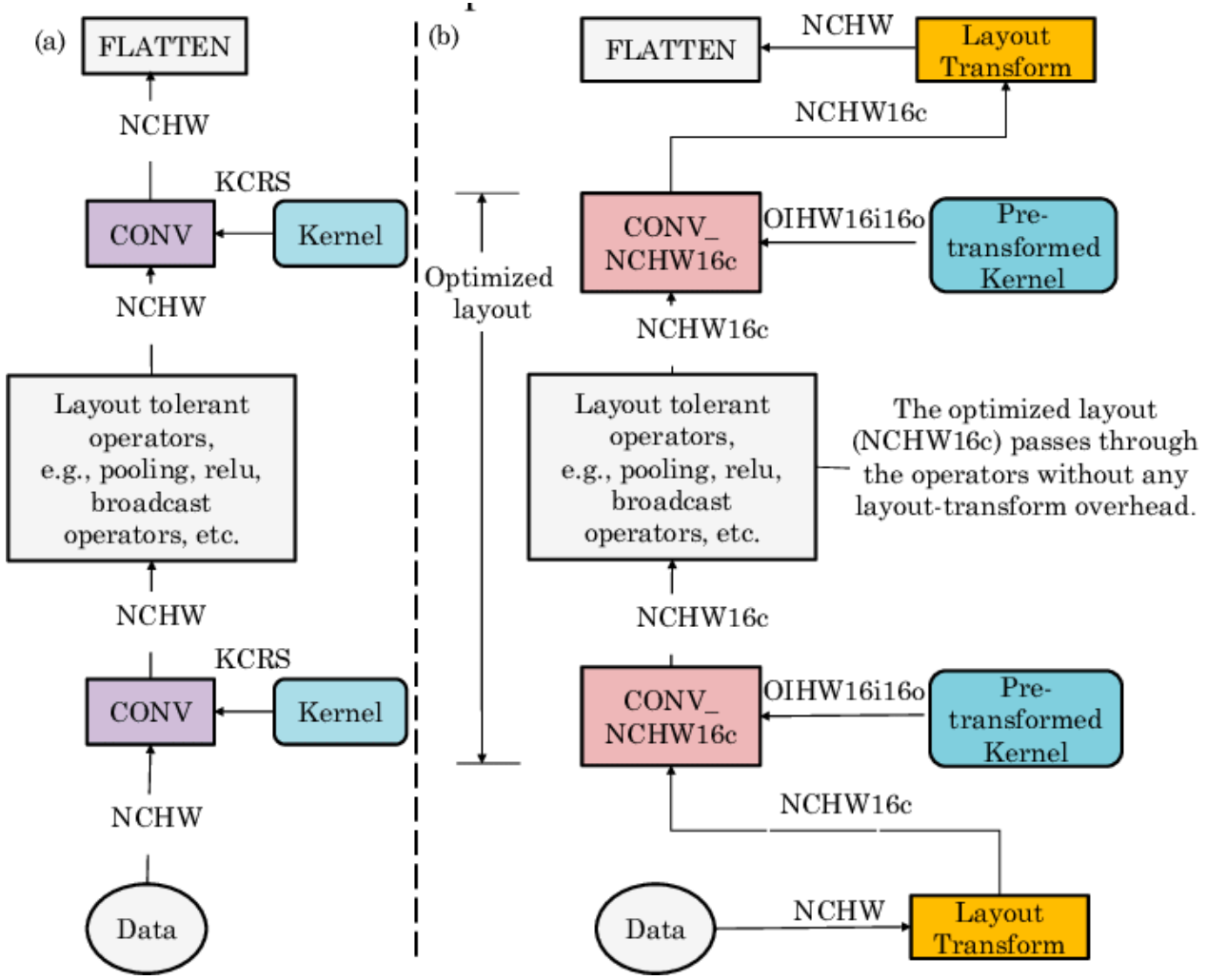
训练场景

- 不改变原计算图
- 插入转换算子
- 取消转换算子



推理场景

- 不改变原计算图
- 插入转换算子
- 取消转换算子
- **权重布局转换**
- **算子替换**



Reference

1. CANN V100R020C20 TBE自定义算子开发指南 https://support.huawei.com/enterprise/zh/doc/EDOC1100180762/f96da97d
2. CANN V100R020C20 TBE自定义算子开发指南 (推理) https://support.huawei.com/enterprise/zh/doc/EDOC1100180762/8e6a99eb
3. 深度学习NCHW和NHWC数据格式 https://blog.csdn.net/Dontla/article/details/123141775
4. [DLComplier] The Deep Learning Compiler: A Comprehensive Survey – 3 https://zhuanlan.zhihu.com/p/543187086
5. Pytorch NCHW/NHWC 理解 https://zhuanlan.zhihu.com/p/556222920
6. https://docs.nvidia.com/deeplearning/cudnn/developer-guide/index.html
7. 深度学习框架zf_谈谈深度学习框架的数据排布 https://blog.csdn.net/weixin_26854555/article/details/112360638
8. 华为Ascend昇腾CANN详细教程（一） https://blog.csdn.net/m0_37605642/article/details/125691134
9. Tensor中数据摆放顺序NC4HW4是什么意思，只知道NCHW格式，能解释以下NC4HW4格式吗？ https://www.zhihu.com/question/337513515/answer/768632471
10. 谈谈深度学习框架的数据排布 https://zhuanlan.zhihu.com/p/149464086
11. 数据排布格式 https://support.huaweicloud.com/TIKopdevgd_beta/tik1.5_10_0005.html
12. 数据布局与内存对齐 https://books.innohub.top/rustinfo/info/alignment
13. https://hughiehao.github.io/2021/10/28/%E5%BC%A0%E9%87%8F%E6%95%B0%E6%8D%AE%E5%AD%98%E5%82%A8%E6%96%B9%E5%BC%8F.html