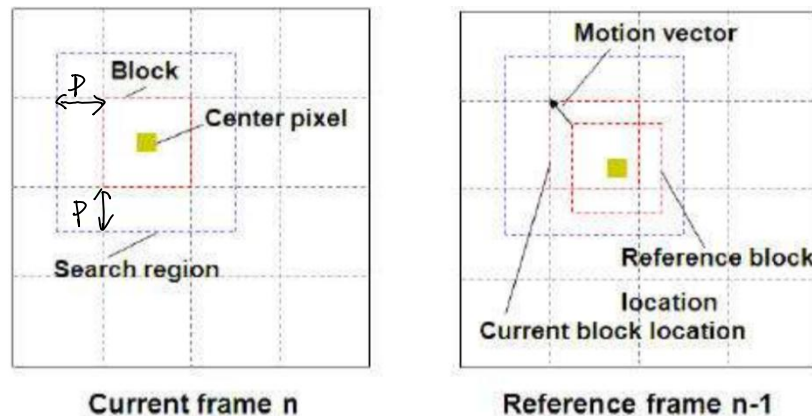


## 题目 1:

在运动估计 (motion estimation) 中, 通过分析相邻视频序列内容来预测像素块的运动矢量 (motion vector)。如下图所示, 现基于块匹配算法 (Block-Matching Algorithm, BMA) 进行运动矢量的估计, 每帧被分为  $N \times N$  像素的宏参考像素块 (Reference block), 并假定在同一个块中所有像素的运动矢量相同。



前一帧的搜寻范围定义为搜索区域 (Search region), 它表示在水平和垂直方向上, 搜索范围相对于参考块的位移都限定在  $\pm p$  个像素中, 因此搜索区域共包含有  $(N + 2p)^2$  个像素。使用平均绝对差 (Mean Absolute Difference, MAD) 作为块最佳匹配的搜索判据。在 MAD 算法中, 位移为  $(m, n)$  的位移块与参考块的 MAD 差值  $s(m, n)$  定义如下:

$$s(m, n) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |x(i, j) - y(i + m, j + n)| \quad \text{for } -p \leq m, n \leq p$$

其中  $x(i, j)$  表示当前帧参考块的像素值,  $y(i + m, j + n)$  表示前一帧搜索窗中候选块的像素值。上述公式需要  $3N^2$  次运算 (每次差的绝对值计算中需要进行 1 次减法、1 次求绝对值和 1 次累加操作)。

- (1) 请设计出基于块匹配的运动估计脉动阵列结构。
  - (2) 该阵列能否进一步提升性能? 给出性能最优的脉动结构设计。
- (提示: 展开因子与  $N$  大小相关)

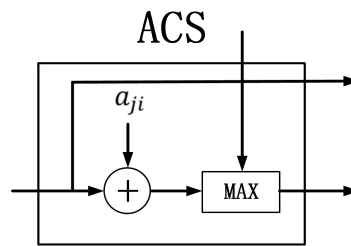
## 题目 2:

动态规划 (Dynamic Programming, DP) 可用于求解通信和控制、人工智能等问题。在信号处理中, DP 通常用于通信系统中的维特比解码器和语音识别系统中隐性马尔可夫模型。考虑由如下公式:

$$x_i(n + 1) = \max_j [x_j(n) + a_{ji}(n)], \quad i, j = 1, 2, \dots, N$$

给出的  $N$  态 DP 问题, 其中,  $x_i(n)$  为  $n$  次迭代的状态  $i$ , 变量  $\{a_{ji}\}$  为格点或路径系数。为了更新  $N$  个状态值,  $N$  态 DP 问题需要  $N^2$  次 “相加-比较-选择” (Add-Compare-Select, ACS)

运算。该基本运算的电路如下图所示。



- (1) 请设计出  $N=4$  时的 DP 环形脉动阵列结构。
- (2) 对 (1) 中的脉动结构进行面积优化，完成同样的功能，且让其面积最小。  
(提示：使用折叠 (folding)、流水线 (pipelining)，为了折叠可能需要重定时 (retiming))。

## 课程大作业要求：

完成以上两个题目的课程大作业报告：

- 1) 要求图文并茂、写出设计方案、设计步骤、以及关键电路图；
- 2) 采用 Verilog 语言进行电路实现，完成功能仿真，并分析实验结果的正确性和性能（不限于 ModelSim）。
- 3) Verilog 代码作为课程大作业的附件一并提交。

作业命名格式：人工智能芯片设计导论作业-学号-姓名

截止时间：2023 年 3 月 31 日

提交邮箱：zhiwanghuo@stu.xjtu.edu.cn