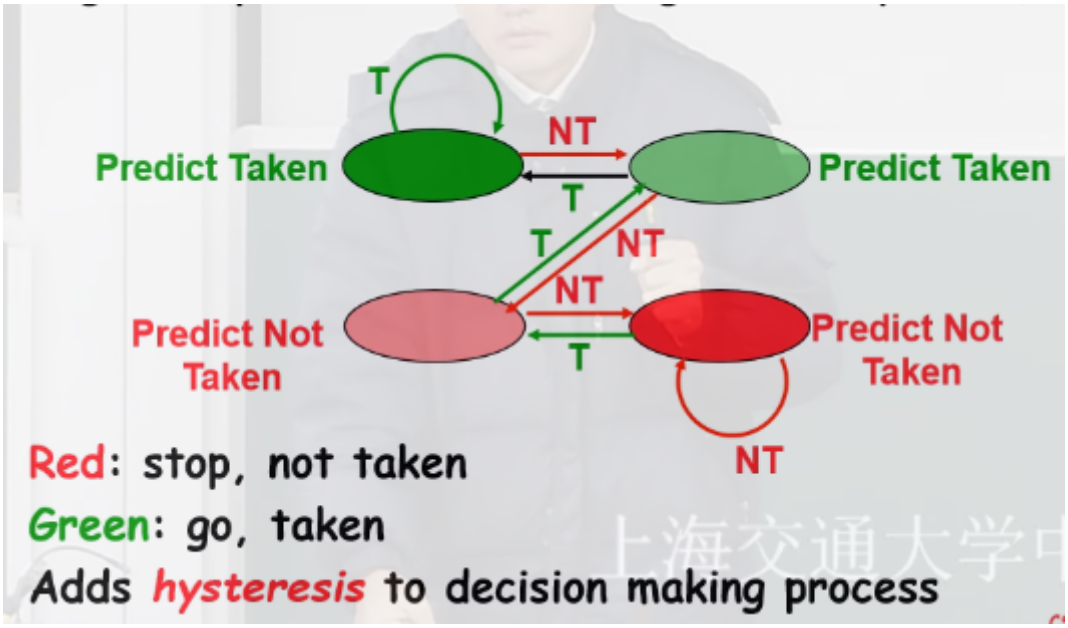
1 Tomasulo 算法复习

优点：

- 避免寄存器成为瓶颈（可以 forwarding）
- 避免 WAR 和 WAW hazards
- 实现了硬件层面的循环展开（后几次循环的指令可以在第一条指令 commit 前先 issue）
- 不局限于 basic blocks（结合分支预测）
- 减少 cache misses 带来的影响（如果 cache miss 了，可以先算不依赖这条指令的指令）

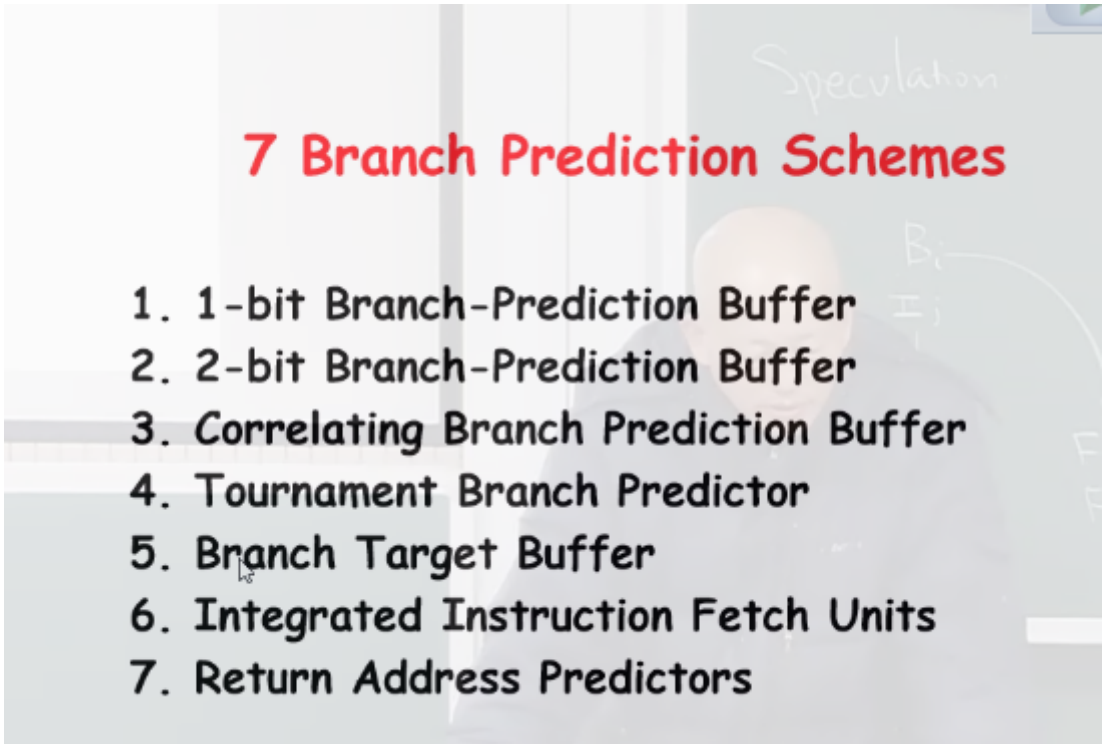
结合 ROB renaming 的 Tomasulo 算法可以实现分支预测错误下的精确中断。

2 二位饱和计数器

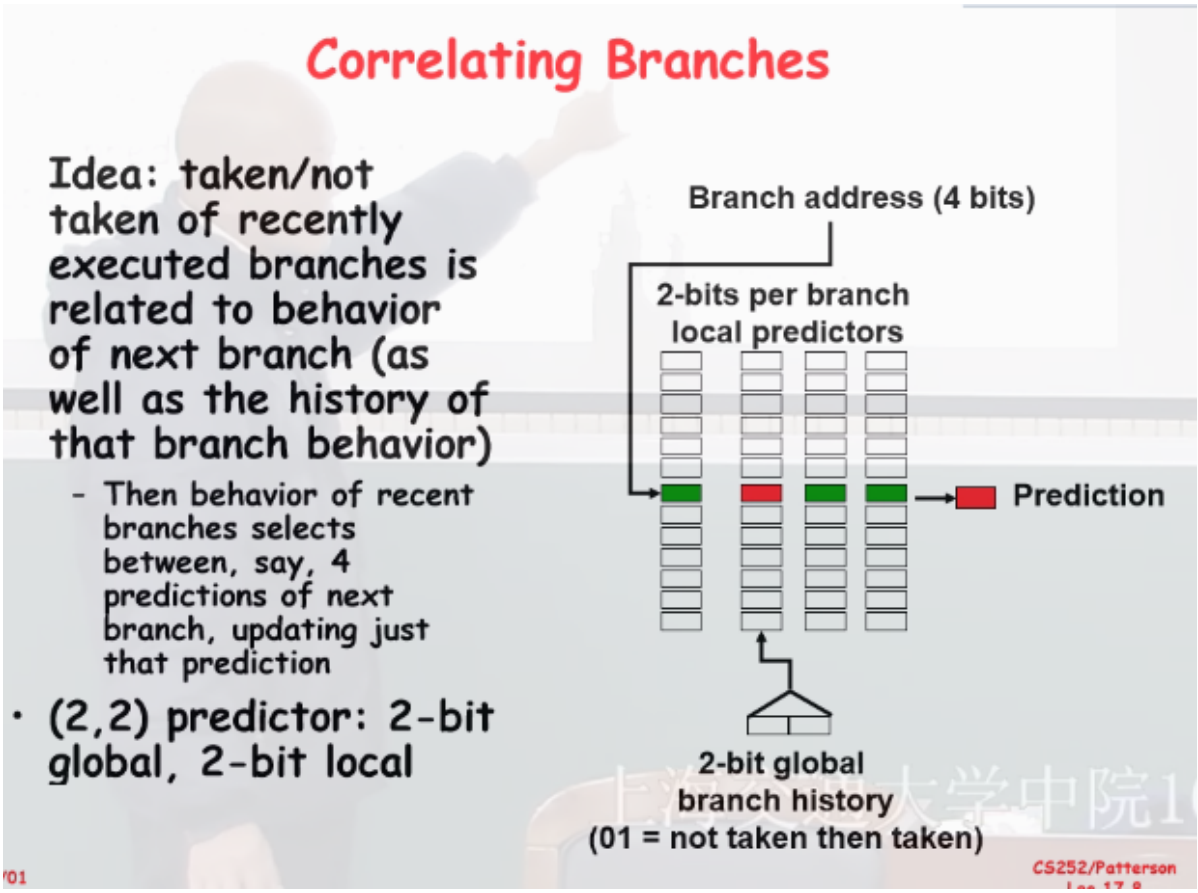


实现比较简单，反馈为跳转则值 $+1$（已经为 11 则不动），不跳反之。hysteresis：滞后。

3. 7 类分支预测

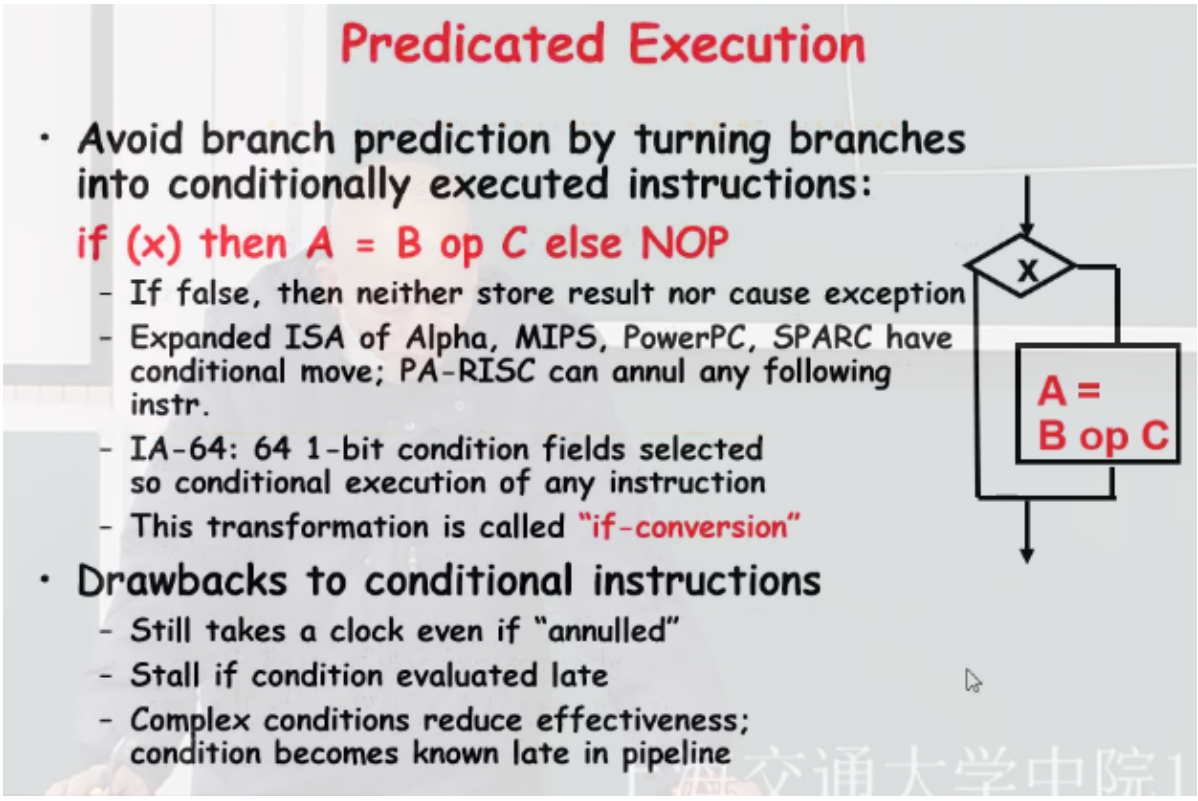


4. 分支预测中的局部性



假设有一组指令，一个分支指令跳，一个分支指令不跳，循环很多次，如果只有全局的分支预测器会严重影响性能。上图是一种结合了全局和局部的分支预测器。

5. Predicated execution



两边都跑，到最后 x 的值知道了以后用 MUX 来选。

6. 锦标赛预测器

开两个（二位饱和）预测器，一个全局，一个局部。然后用一个 selector 来选。

Hopes to select right predictor for right branch ---- David Patterson