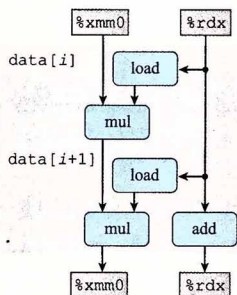


a) 重新排列、简化和抽象图5-18的表示，给出连续迭代之间的数据相关



b) 每次迭代必须顺序地执行两个乘法

图 5-19 将 combine5 的操作抽象成数据流图

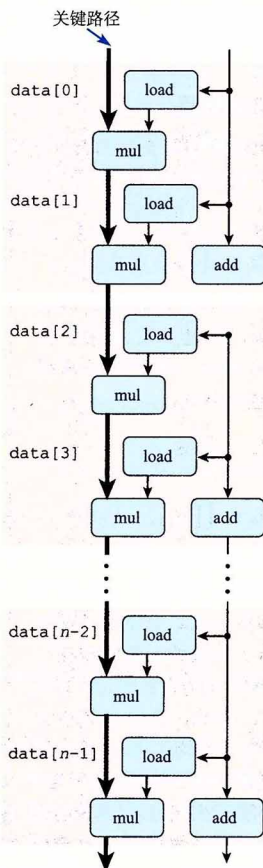


图 5-20 combine5 对一个长度为 n 的向量进行操作的数据流表示。虽然循环展开了 2 次，但是关键路径上还是有 n 个 mul 操作

旁注 让编译器展开循环

编译器可以很容易地执行循环展开。只要优化级别设置得足够高，许多编译器都能例行公事地做到这一点。用优化等级 3 或更高等级调用 GCC，它就会执行循环展开。

5.9 提高并行性

在此，程序的性能是受运算单元的延迟限制的。不过，正如我们表明的，执行加法和乘法的功能单元是完全流水线化的，这意味着它们可以每个时钟周期开始一个新操作，并且有些操作可以被多个功能单元执行。硬件具有以更高速率执行乘法和加法的潜力，但是代码不能利用这种能力，即使是使用循环展开也不能，这是因为我们将累积值放在一个单独的变量 `acc` 中。在前面的计算完成之前，都不能计算 `acc` 的新值。虽然计算 `acc` 新值的功能单元能