|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **机器码** | **汇编** | **说明** |
| 0 | 00100093 | addi x1, x0, 1 | 初始化常数 1 |
| 1 | 00200113 | addi x2, x0, 2 | 初始化常数 2 |
| 2 | 00300193 | addi x3, x0, 3 | 初始化常数 3 |
| 3 | 00400213 | addi x4, x0, 4 | 初始化常数 4 |
| 4 | 00500293 | addi x5, x0, 5 | 初始化常数 5 |
| 5 | 00000313 | addi x6, x0, 0 | 数据段基址 0 |
| 6 | 06400393 | addi x7, x0, 100 | 要写入内存的 100 |
| 7 | 00732023 | sw x7, 0(x6) | Store → Load 旁路准备 |
| 8 | 00208433 | add x8, x1, x2 | x8 = 1 + 2 = 3 |
| 9 | 003404B3 | add x9, x8, x3 | **RAW**：立即读取 x8 |
| 10 | 00032503 | lw x10, 0(x6) | 读取 100 → x10 |
| 11 | 004505B3 | add x11, x10, x4 | **Load‑Use**：用 x10 |
| 12 | 00940263 | beq x8, x9, +8 | 分支不跳（3 ≠ 6） |
| 13 | 00100613 | addi x12, x0, 1 | 错误路径指令 |
| 14 | 00840263 | beq x8, x8, +8 | 始终跳转（分支冒险） |
| 15 | 00100693 | addi x13, x0, 1 | 应被冲刷 |
| 16 | 00070713 | addi x14, x14, 0 | 伪 NOP |
| 17 | 00108093 | addi x1, x1, 1 | x1 再次写入（测试旁路） |
| 18 | 03200793 | addi x15, x0, 50 | 准备写入 50 |
| 19 | 00F32223 | sw x15, 4(x6) | 另一组 Store‑Load |
| 20 | 00432803 | lw x16, 4(x6) | 读取 50 → x16 |
| 21 | 005808B3 | add x17, x16, x5 | **Load‑Use** again |
| 22 | 01188933 | add x18, x17, x17 | **RAW**：立即用 x17 |
| 23 | FF288DE3 | beq x17, x18, -12 | 向后跳（不相等） |
| 24 | 00200993 | addi x19, x0, 2 | 错误路径指令 |
| 25 | FF188EE3 | beq x17, x17, -8 | 向后跳回（恒等） |
| 26 | 00300A13 | addi x20, x0, 3 | 冲刷目标 |
| 27 | 005A8A93 | addi x21, x21, 5 | 修改 x21 |
| 28 | 000B0B13 | addi x22, x22, 0 | NOP |
| 29 | 000B8B93 | addi x23, x23, 0 | NOP |

程序在执行到第 25 条指令后进入一个自循环（23 ↔ 25），因此寄存器值在第一次循环后即稳定；表中的数值即为该稳定状态。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **寄存器** | **预期值 (十进制)** | **产生路径** |
| x0 | 0 | 常数 0 |
| x1 | **2** | 1 → addi x1,1 再加 1 (addi x1,x1,1) |
| x2 | 2 | 初值 |
| x3 | 3 | 初值 |
| x4 | 4 | 初值 |
| x5 | 5 | 初值 |
| x6 | 0 | 数据段基址 |
| x7 | 100 | 常数写入后保持 |
| x8 | 3 | 1 + 2 |
| x9 | 6 | 3 + 3 |
| x10 | 100 | 从 D‑MEM 读回 |
| x11 | 104 | 100 + 4 |
| x12 | 1 | 位于未被冲刷的错误路径 |
| x13 | 0 | 指令 15 被冲刷，保持 0 |
| x14 | 0 | addi x14,+0 结果仍为 0 |
| x15 | 50 | 常数 50 |
| x16 | 50 | 从 D‑MEM 读回 |
| x17 | 55 | 50 + 5 |
| x18 | 110 | 55 + 55 |
| x19 | 2 | 循环体每次重写为 2 |
| x20 | 0 | 指令 26 被冲刷 |
| x21 | 0 | 指令 27 被冲刷 |
| x22 | 0 | NOP |
| x23 | 0 | NOP |
| x24‑x31 | 0 | 未被写入 |