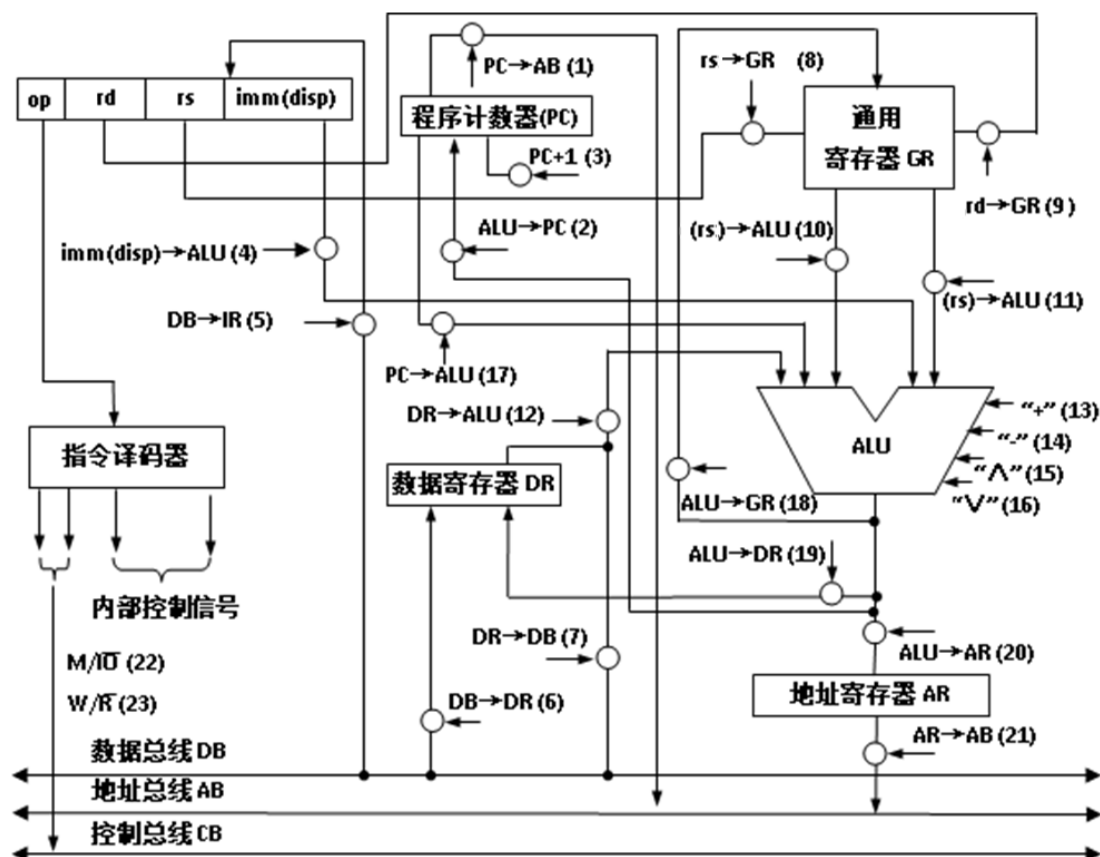


16 位计算机数据总线和地址总线都是 16 位，CPU 结构如下图所示，指令系统包括 4 条指令，`addi`, `lw`, `sw`, `add`，指令的格式固定，单字长（16 位），指令格式如下所示，其中 `op` 为操作码，`rd` 为目的寄存器，`rs` 为源寄存器，`imm` 为立即数。共 8 个通用寄存器，寄存器 `R0` 的值恒为 0。

`op | rd | rs | imm`

- `addi: (rd) <- (rs) + imm`
- `lw: (rd) <- [(rs) + imm]`
- `sw: [(rs) + imm] <- (rd)`
- `add: (rd) <- (rd) + (rs)`



1. 写出指令中各字段的位数，自己定义每个字段值的具体含义。
2. 存储器按字进行编址，字长为 16 位。假设主存地址 1 开始有一个 `short` 型数组，共 3 个元素，请写出该计算机所支持的一段机器指令程序，求整个数组的和，并写到地址 0 处，用 16 进制形式表示。（假设寄存器均可用）
3. 请写出 `addi`, `lw`, `sw`, `add` 这 4 条指令执行各需要几个机器周期，每个机器周期需要哪些微命令？
4. 采用硬布线的控制器实现方式，请给出控制器的设计，即写出 23 个控制信号的表达式（ $M/\overline{IO}=1$ 表示访问内存， $=0$ 表示访问 IO； $W/\overline{R}=1$ 表示写操作， $=0$ 表示读操作）。