

4.2 寻址方式

指令的一个重要组成部分是操作数，指令给出参与运算的数据的方式称为寻址方式。AVR 单片机指令操作数的寻址方式有以下多种：单寄存器直接寻址、双寄存器直接寻址、I/O 直接寻址、数据直接寻址、带位移的数据间接寻址、数据间接寻址、带预减量的数据间接寻址、带后增量的数据间接寻址、常量寻址、程序直接寻址、程序间接寻址、程序相关寻址。

一、单寄存器直接寻址

由指令指出一个寄存器的内容作为操作数，这种寻址方式称为单寄存器直接寻址。寄存器寻址所选的工作寄存器为寄存器文件中的 0-31 区域。指令字的低 5 位（D0~D4 位）指出所用的寄存器 Rd。图 4.1 为单寄存器直接寻址示意图。

二、双寄存器直接寻址

双寄存器直接寻址方式同单寄存器直接寻址方式，指令字中指出两个寄存器 Rd 和 Rr。指令字的 D0~D4 位指出 Rd 寄存器，D5~D9 位指出 Rr 寄存器。结果存在 Rd 寄存器中。图 4.2 为双寄存器直接寻址示意图。

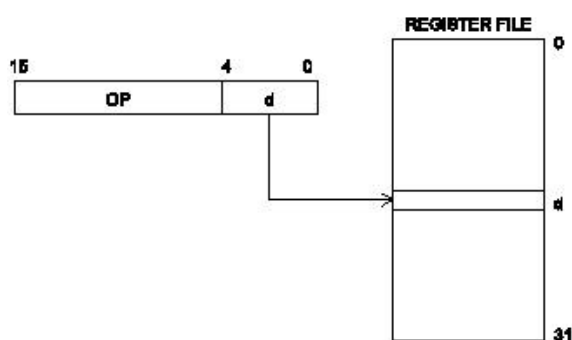


图 4.1 单寄存器直接寻址示意图

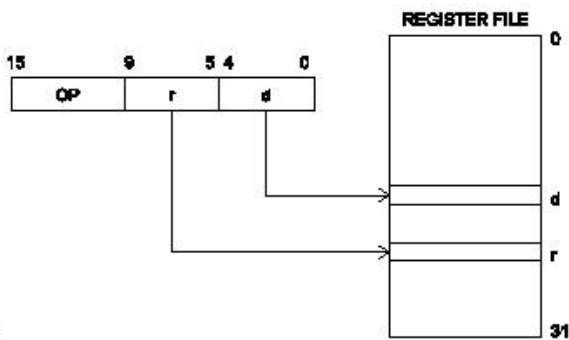


图 4.2 双寄存器直接寻址示意图

三、I/O 直接寻址

在 AVR 单片机的寄存器区中映射有 I/O 寄存器。指令可以直接对 I/O 空间进行操作。操作数包含在指令字中的 D0~D5 位中，同时指令字中还包含了目的或源寄存器地址 n。图 4.3 为 I/O 直接寻址示意图。

四、数据直接寻址

数据直接寻址方式便于直接从 SRAM 存储器中存取数据。数据直接寻址为双字指令，一个 16 位的数据地址放在低字指令中，高字指令中的 Rd/Rr 指定了目的寄存器或源寄存器。存储器存取的范围限制在 SRAM 当前 64 字节页。图 4.4 为数据直接寻址示意图。

五、带位移的数据间接寻址

带位移的数据间接寻址方式是利用变址寄存器（Y 或 Z）及指令字中的位移量共同决定被存取 SRAM 存储器的地址。操作数的地址由 Y 或 Z 寄存器的内容加上指令字 D0~D5 位给出的位移量 a 给出。指令字中的 n 为目的或源寄存器地址。图 4.5 为带位移的数据间接寻址示意图。

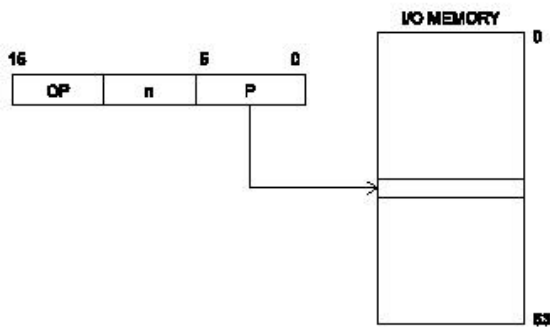


图 4.3 I/O 直接寻址示意图

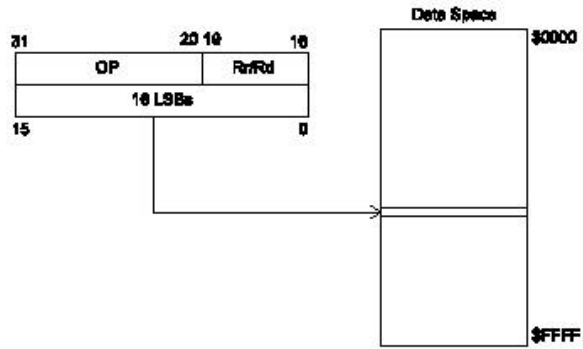


图 4.4 数据直接寻址示意图

六、数据间接寻址

由指令指出某一个寄存器的内容作为操作数的地址，该寻址方式称为寄存器间接寻址。AVR 单片机中用变址寄存器 X、Y 或 Z 作为规定的寄存器，并对 SRAM 存储器存取操作，称为数据间接寻址。操作数的地址在变址寄存器（X、Y 或 Z）中。图 4.6 为数据间接寻址示意图。

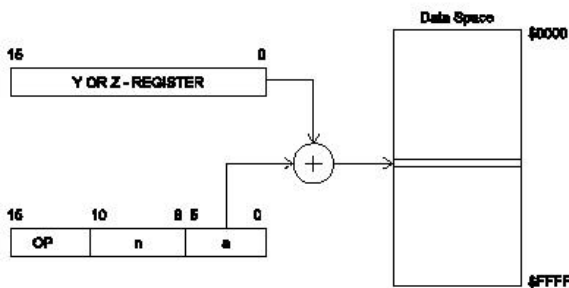


图 4.5 带位移的数据间接寻址示意图

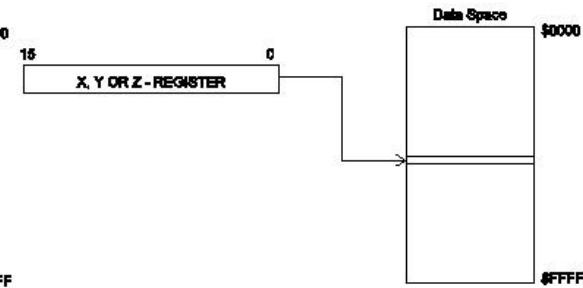


图 4.6 数据间接寻址示意图

七、带预减量数据间接寻址

同数据间接寻址，但寄存器 X、Y 或 Z 的内容在操作之前先被减 1，相减后的内容为操作数的地址。这种寻址方式特别适用于访问矩阵、查表等应用。图 4.7 为带预减量的数据间接寻址示意图。

八、带后增量的数据间接寻址

同数据间接寻址方式，但寄存器 X、Y 或 Z 的内容在操作后被加 1，而操作数地址的内容为寄存器增量之前的内容。这种寻址方式特别适用于访问矩阵、查表等应用。图 4.8 为带后增量的数据间接寻址示意图。

九、常量寻址

常量寻址主要从程序存储器取常量。程序存储器中放常量字节的地址由寄存器 Z 的内容确定。Z 寄存器的高 15 位用于选择字地址（0~4K），而 Z 寄存器的最低位（D0）用于写字地址的高低字节。若最低位被清除（LSB=0），则选择低字节；若最低位被置位（LSB=1），则选择高字节，例如 LPM 指令。图 4.9 为常量寻址示意图。

十、程序直接寻址

程序直接寻址方式中操作数包含在指令字中，即操作数以指令字的形式存放于程序存储器中。程序在双指令字中操作数指定的立即地址处执行，如 JMP、CALL 指令。图 4.10 为程序直接寻址示意图。

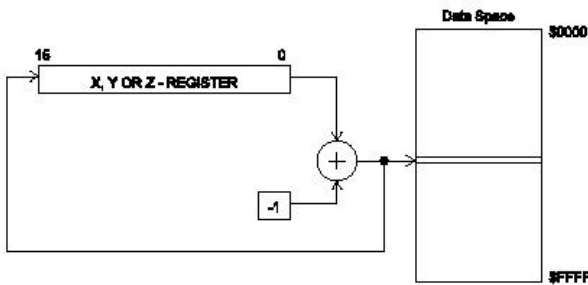


图 4.7 带预减量的数据间接寻址示意图

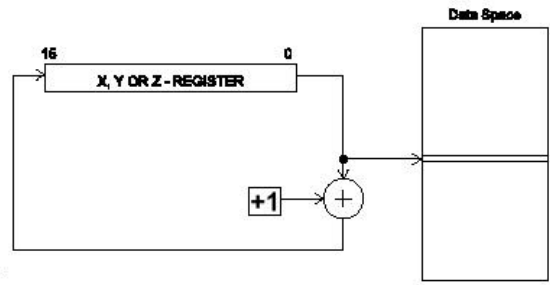


图 4.8 带后增量的数据间接寻址示意图

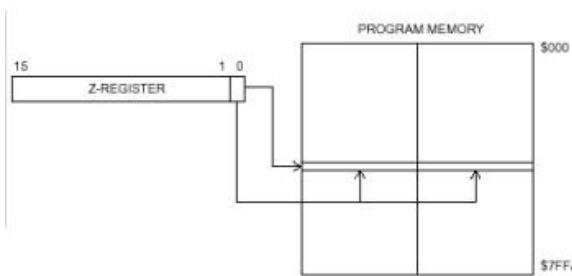


图 4.9 常量寻址示意图

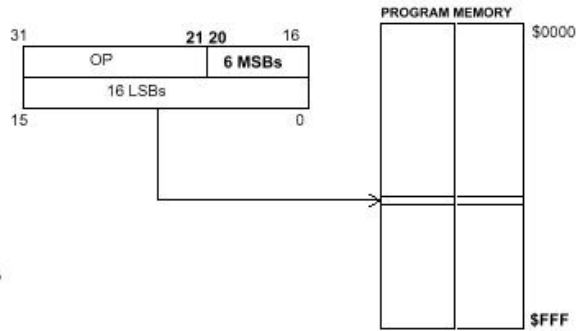


图 4.10 程序直接寻址示意图

十一、程序间接寻址

程序间接寻址方式中，使用 Z 寄存器存放要执行程序的地址。程序在 Z 寄存器的内容指定的地址处继续执行，即用寄存器 Z 的内容代替 PC 的值，如 IJMP、ICALL 指令。图 4.11 为程序间接寻址示意图。

十二、程序相类寻址

程序间接寻址方式中，在指定字中包含了相关地址 K。执行程序时，首先将 PC 值与相关地址 K 相加，得出程序需要继续执行的下一条指令的地址。然后程序在地址 PC+K 处继续执行。其范围从 -2K 到 (2K-1) 之中，如 RJMP、RCALL 指令。图 4.12 为程序相关寻址示意图。

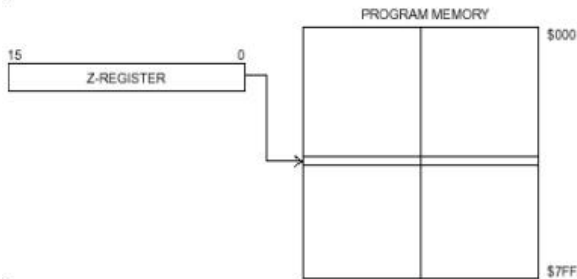


图 4.11 程序间接寻址示意图

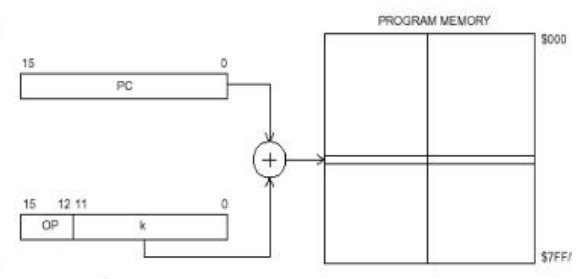


图 4.12 程序相关寻址示意图