

M68000 8/16/32 位 微 处 理 器 用 户 手 册

王国立 吴 宁 译

010011001001010010011010100100101



MOTOROLA

人民邮电出版社

ommunication
omputer
ontroller

M68000 8/16/32 位 微处理器用户手册

王国立 吴 宁 译

人民邮电出版社

内 容 提 要

本手册包括 MC68000、MC68HC000、MC68HC001、MC68008、MC68010 和 MC68EC000 的硬件说明和程序设计信息。全手册共分 11 章以及 2 个附录。11 章分别为综述、绪论、信号描述、8 位总线操作、16 位总线操作、例外处理、8 位指令执行处理时间、16 位指令执行时间、MC68010 指令执行时间、电气特性和热特性以及封装信息；2 个附录分别介绍了 MC68010 循环方式操作和 M6800 外围电路接口。

本手册内容详实，通俗易懂，适合电子、通信方面的科研、开发、生产、维护人员，以及大、中专院校师生学习参考。

Copyright 1997, Motorola, Inc.

人民邮电出版社在 Motorola 公司授权下出版

M68000 8/16/32 位微处理器用户手册

◆ 译者 王国立 吴 宁

责任编辑 刘华鲁

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街 14 号

北京鸿佳印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本：787×1092 1/16

印张：10.75

字数：258 千字

1998 年 2 月第 1 版

印数：1—2 500 册

1998 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN7-115-06597-7/TP·477

定价：17.00 元

目 录

第一章 综述	1
1.1 MC68000	2
1.2 MC68008	2
1.3 MC68010	2
1.4 MC68HC000	2
1.5 MC68HC001	2
1.6 MC68EC000	3
第二章 绪论	4
2.1 程序设计模式	4
2.1.1 用户程序方式	4
2.1.2 监督程序方式	5
2.1.3 状态寄存器	6
2.2 数据类型和寻址方式	6
2.3 寄存器的数据结构	8
2.3.1 数据寄存器	8
2.3.2 地址寄存器	8
2.4 存储器的数据结构	8
2.5 指令集概要	10
第三章 信号描述	17
3.1 地址总线(A23—A1)	19
3.2 数据总线(D15—D0;MC68008;D7—D0)	20
3.3 异步总线控制	20
3.4 总线裁决控制	21
3.5 中断控制($\overline{\text{IPL0}}$, $\overline{\text{IPL1}}$, $\overline{\text{IPL2}}$)	21
3.6 系统控制	22
3.7 M6800 外围电路控制	22
3.8 处理器功能码(FC0, FC1, FC2)	23
3.9 时钟(CLK)	23
3.10 电源提供(Vcc 和 GND)	24
3.11 信号概要	24

第四章 8 位总线操作	26
4.1 数据传送操作	26
4.1.1 读周期	26
4.1.2 写周期	28
4.1.3 读—改—写周期	29
4.2 其它总线操作	31
第五章 16 位总线操作	32
5.1 数据传送操作	32
5.1.1 读周期	32
5.1.2 写周期	35
5.1.3 读—改—写周期	37
5.1.4 CPU 空间周期	38
5.2 总线裁决	40
5.2.1 请求总线	42
5.2.2 接收总线许可	43
5.2.3 主控响应(仅用于三线总线裁决方式)	43
5.3 总线裁决控制	43
5.4 总线出错和暂停操作	48
5.4.1 总线出错操作	48
5.4.2 重试总线周期	49
5.4.3 暂停操作($\overline{\text{HALT}}$)	51
5.4.4 双总线出错	51
5.5 复位操作	51
5.6 $\overline{\text{DTACK}}$ 、 $\overline{\text{BERR}}$ 和 $\overline{\text{HALT}}$ 之间的关系	52
5.7 异步操作	54
5.8 同步操作	57
第六章 例外处理	60
6.1 优先权方式	60
6.1.1 监督方式	61
6.1.2 用户方式	61
6.1.3 优先权方式的变化	61
6.1.4 标准分类	62
6.2 例外处理	62
6.2.1 例外向量	62
6.2.2 例外情况的分类	63
6.2.3 多重例外情况	65
6.2.4 例外情况的堆栈帧格式	66

6.2.5 例外处理顺序	67
6.3 特定例外情况的处理	68
6.3.1 复位	68
6.3.2 中断	68
6.3.3 未经初始化的中断	69
6.3.4 伪中断	69
6.3.5 指令陷阱	69
6.3.6 非法指令和不完整指令	69
6.3.7 违反优先权	70
6.3.8 跟踪	70
6.3.9 总线出错	70
6.3.9.1 总线出错	71
6.3.9.2 总线出错(MC68010)	71
6.3.10 地址出错	73
6.4 从例外情况返回(MC68010)	73
第七章 8 位指令的执行时间	75
7.1 操作数有效地址的计算时间	75
7.2 传送指令的执行时间	76
7.3 标准指令的执行时间	77
7.4 立即数指令的执行时间	79
7.5 单一操作数指令的执行时间	80
7.6 转移/循环指令的执行时间	80
7.7 位控制指令的执行时间	81
7.8 条件指令的执行时间	82
7.9 JMP、JSR、LEA、PEA 和 MOVEM	
指令的执行时间	82
7.10 多精度指令的执行时间	83
7.11 其它指令的执行时间	84
7.12 例外处理指令的执行时间	85
第八章 16 位指令的执行时间	86
8.1 操作数有效地址的计算时间	86
8.2 传送指令的执行时间	87
8.3 标准指令的执行时间	88
8.4 立即数指令的执行时间	89
8.5 单一操作数指令的执行时间	90
8.6 转移/循环指令的执行时间	91
8.7 位控制指令的执行时间	92
8.8 条件指令的执行时间	92

8.9	JMP、JSR、LEA、PEA 和 MOVEM	
	指令的执行时间	93
8.10	多精度指令的执行时间	93
8.11	其它指令的执行时间	94
8.12	例外处理指令的执行时间	95
第九章	MC68010 指令执行时间	97
9.1	操作数有效地址的计算时间	97
9.2	传送指令的执行时间	98
9.3	标准指令的执行时间	100
9.4	立即数指令的执行时间	102
9.5	单一操作数指令的执行时间	103
9.6	转移/循环指令的执行时间	104
9.7	位控制指令的执行时间	105
9.8	条件指令的执行时间	106
9.9	JMP、JSR、LEA、PEA 和 MOVEM	
	指令的执行时间	106
9.10	多精度指令的执行时间	107
9.11	其它指令的执行时间	108
9.12	例外处理指令的执行时间	110
第十章	电气特性和热特性	111
10.1	最大额定值	111
10.2	热特性	111
10.3	功率需考虑的问题	112
10.4	CMOS 需考虑的问题	114
10.5	交流电气特性定义	114
10.6	MC68000/68008/68010 直流电气特性	115
10.7	直流电气特性	116
10.8	交流电气特性——时钟时序	117
10.9	MC68008 的交流电气特性——时钟时序	118
10.10	交流电气特性——读和写周期	118
10.11	交流电气特性——MC68000 对 M6800 外围电路	125
10.12	交流电气特性——总线裁决	127
10.13	MC68EC000 直流电气特性	131
10.14	MC68EC000 交流电气特性——读和写周期	132
10.15	MC68EC000 交流电气特性——总线裁决	137
第十一章	定货信息和封装尺寸	139
11.1	引脚分配	139

11.2 封装尺寸.....	143
附录 A MC68010 的循环方式操作	154
附录 B M6800 外围电路接口	157
B.1 数据传送操作	158
B.2 中断接口操作	160

第一章

综 述

本手册包括 MC68000、MC68HC000、MC68HC001、MC68008、MC68010 和 MC68EC000 的硬件说明和程序设计信息。为了方便阅读,通常用 MC68000 MPU 表示这些处理器。关于 MC68000 指令集的详细信息,请参阅《M68000PM/AD,M68000 程序员参考手册》。

这 6 种微处理器是非常类似的,它们都具有以下性能:

- 16/32 位数据寄存器和地址寄存器
- 16M 字节直接寻址空间
- 程序计数器
- 6 个高效指令类型
- 可对 5 种主要的数据类型进行操作
- 存储器映射的输入/输出(I/O)
- 14 种寻址方式

以下各处理器还具有其他性能:

- MC68010
 - 支持虚拟存储器/虚拟机
 - 高性能的循环指令
- MC68HC001/MC68EC000
 - 静态可选择 8 位或 16 位数据总线
- MC68HC000/MC68EC000/MC68HC001
 - 低功耗

除了 MC68008 之外,其余 5 种处理器基本相同。MC68008 的不同之处在于它的数据总线是 8 位的,地址空间也较小。MC68010 具有一些附加指令,以及一些在操作上不同于其它设备所用的相应的指令。

1.1 MC68000

MC68000 是 M68000 16/32 位微处理器系列中最先实现的一种,具有 16 位数据总线和 24 位地址总线。完整的体系可提供 32 位地址总线 and 数据总线。在代码上,MC68000 与 MC68008 的 8 位数据总线完全兼容,并向上兼容 MC68010 的虚拟扩展存储器和 MC68020 的 32 位结构。任何使用 MC68000 指令集的用户方式程序不经修改便可在 MC68008、MC68010、MC68020、MC68030 和 MC68040 上运行。因为这些处理器的用户编程模式是一致的,而指令集只是整个体系的真子集。

1.2 MC68008

MC68008 属于 M68000 高级微处理器系列,可以通过 8 位数据总线实现 32 位微处理器结构的高效性能。MC68008 在性能上优于所有 8 位微处理器和一些 16 位微处理器。

MC68008 是一个 48 脚双列直插式封装组件(塑料或陶瓷),或是一个 52 脚的塑料铅芯片结构。52 脚芯片中增加的 4 个信号是:A20、A21、 $\overline{BGACK}$ 和 $\overline{IPL2}$ 。48 脚芯片支持 20 位地址线,可提供 1M 字节的地址空间,包含一个简单的双线裁决电路;52 脚芯片支持 22 位地址线,可提供多达 4M 字节的地址空间,包含一个完整的三线 MC68000 总线裁决控制。这两种芯片均可工作于菊花链式网络、优先编码网络,或者兼具这两种技术的网络。

与 16 位总线结构相比,8 位数据总线由于更为有效地利用了元件、字节宽度存储器和外围电路,因而降低了系统成本。另外,非复用的地址和数据总线也免除了外部多路分路设备,从而使系统更为简化。

MC68008 具有大范围不可分段的线性地址空间,可开发较大的模块程序并有效执行。大范围的线性地址空间使得程序段的大小取决于应用程序本身,设计者不受段大小的制约。

1.3 MC68010

MC68010 采用 VLSI 技术,是具有 32 位寄存器结构、丰富的基础指令集、多样化寻址方式的完善的 16 位微处理器。向量基寄存器(VBR)允许对向量表进行动态再分配。

1.4 MC68HC000

MC68HC000 的主要优势在于降低功耗,消耗功率比 HMOS MC68000 少一个数量级。

MC68HC000 也属于 M68000 16/32 位微处理器系列,具有 MC68000 的 16 位数据总线,其代码向上兼容 MC68010 的虚拟扩展存储器和 MC68020 的 32 位结构。

1.5 MC68HC001

MC68HC001 扩展了 MC68HC000 HCMOS 16/32 位微处理器的功能,具有静态可选择 8 位或 16 位数据总线操作的能力。目标码与 MC68HC000 兼容,写入代码可不经修改移植于其

它 MC68000 系列的微处理器。

1.6 MC68EC000

MC68EC000 是高性能、低成本的嵌入式控制器。具有内部的 32 位总线结构,静态可选择 8 位或 16 位数据总线,能快速高效地处理用高级语言编制的复杂应用程序。

MC68EC000 的目标码与 MC68000 兼容,写入代码可不经修改移植于 MC68000 系列其它微处理器。

MC68EC000 在 8 位微处理器的成本之上提高了 M68000 微处理器系列的性能,它受益于功能强大的 M68000 指令集和对应于小存储空间的高代码密度。

第二章

绪 论

本章简要介绍 M68000 微处理器(MPU)。关于程序设计模式、数据类型、寻址方式、数据结构和指令集的内容,详见《M68000PM/AD, M68000 程序员手册》。从程序员的角度看,这些微处理器的不同之处仅在于:MC68000 可直接存取 16M 字节(24 位地址线),而 MC68008 可直接存取 1M 字节(48 脚芯片支持 20 位地址线,52 脚芯片支持 22 位地址线)。MC68010 具有 24 位地址线,支持附加指令和寄存器,具有虚拟机/虚拟存储器功能,除此之外,与其它微处理器大致相同。若无特别声明,以下说明均适用于所有 M68000 MPU。

2.1 程序设计模式

所有微处理器均按用户程序方式或监督程序方式来执行指令。用户程序方式为大多数应用程序提供执行环境;监督程序方式允许一些附加指令和优先权,用于操作系统和其它系统软件。

2.1.1 用户程序方式

所有 M68000 MPU 都具有用户程序方式(见图 2.1)。包括 16 个 32 位通用寄存器(D0—D7, A0—A7), 1 个 32 位程序计数器和 1 个 8 位状态码寄存器。前 8 个寄存器(D0—D7)是数据寄存器,用于字节(8 位)、字(16 位)、长字(32 位)操作的数据寄存器。接下去的 7 个寄存器(A0—A6)和用户堆栈指针(USP)用于软件堆栈指针和基地址寄存器。另外,地址寄存器可进行字或长字的操作。所有 16 位寄存器均可用作变址寄存器。

2.1.2 监督程序方式

监督程序方式包括用于监督方式的附加寄存器。M68000 MPU 具有相同的监督方式寄存器资源,见图 2.2,包括状态寄存器(高字节)和监督堆栈指针(SSP/A7')。

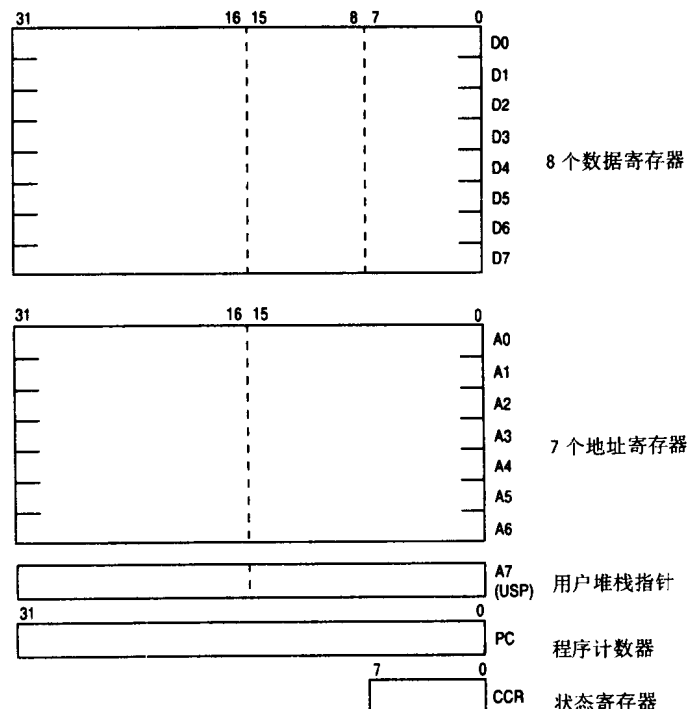


图 2.1 用户程序方式(MC68000/MC68HC000/MC68008/MC68010)

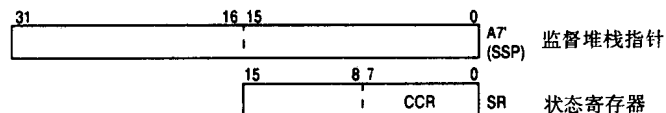


图 2.2 监督程序方式附加寄存器

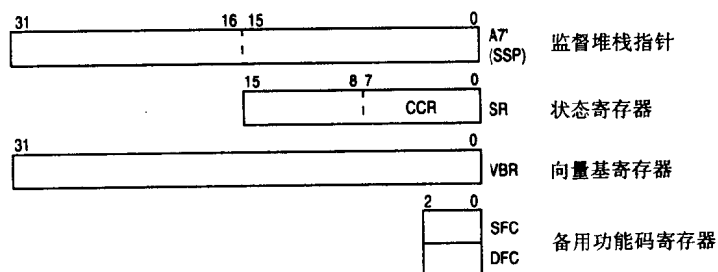


图 2.3 监督程序方式附加寄存器(MC68010)

MC68010 的监督程序方式附加寄存器见图 2.3。除了监督堆栈指针和状态寄存器之外,还包括向量基寄存器(VBR)和备用功能码寄存器(AFC)。MC68010 支持多个向量表,VBR 用于例外向量表在存储器中的定位。SFC 和 DFC 寄存器允许监控者利用用户数据空间或仿真

CPU 的空间周期。

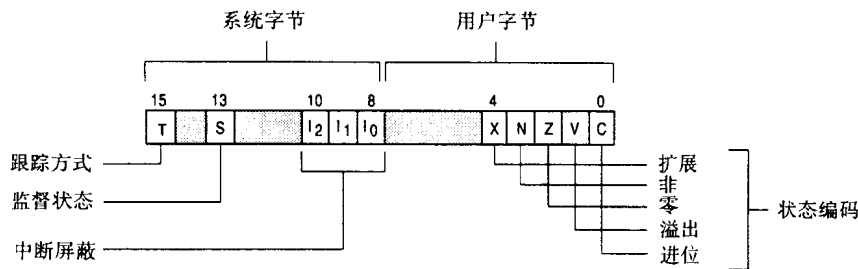


图 2.4 状态寄存器

2.1.3 状态寄存器

状态寄存器(SR)包括中断屏蔽(8级)以及下列各状态编码:溢出(V)、零(Z)、非(N)、进位(C)和扩展(X)。还有用于标明处理器是否处于跟踪(T)方式和/或监督(S)状态的状态位(见图 2.4)。第 5、6、7、11、12 和 14 位未定义,用于功能扩展。

2.2 数据类型和寻址方式

支持以下 5 种基本数据类型

1. 二进制数
2. 二一十进制(BCD)数(4 位)
3. 字节(8 位)
4. 字(16 位)
5. 长字(32 位)

另外,指令集还可提供对其它数据类型进行操作,如存储器地址,状态字数据等等。

表 2.1 列出 14 种灵活的寻址方式,包括 6 种基本类型:

1. 寄存器直接寻址
2. 寄存器间接寻址
3. 绝对寻址
4. 立即寻址
5. 程序计数器相对寻址
6. 隐含寻址

寄存器间接寻址方式具有后加,先减,存放偏移量和变址的功能。程序计数器相对寻址方式也支持利用偏移量和变址寻址。关于寻址方式的详细信息,请参阅《M68000PM/AD, M68000 程序员参考手册》。

表 2.1

数据寻址方式

寻址方式	有效地址的形成	语句格式
寄存器直接寻址		

寻址方式	有效地址的形成	语句格式
数据寄存器直接寻址 地址寄存器直接寻址	$EA = D_n$ $EA = A_n$	D_n A_n
绝对数据寻址 绝对短数据 绝对长数据	$EA = (\text{下一字})$ $EA = (\text{下两字})$	$(xxx).W$ $(xxx).L$
程序计数器相对寻址 有偏移量的相对寻址 有偏移量和变址的相对寻址	$EA = (PC) + d_{16}$ $EA = (PC) + d_8$	(d_{16}, PC) (d_8, PC, X_n)
寄存器间接寻址 寄存器间接寻址 后加寄存器间接寻址 先减寄存器间接寻址 具有偏移量的寄存器间接寻址 具有偏移量的变址寄存器间接寻址	$EA = (A_n)$ $EA = (A_n), A_n \leftarrow A_n + N$ $A_n \leftarrow A_n - N, EA = (A_n)$ $EA = (A_n) + d_{16}$ $EA = (A_n) + (X_n) + d_8$	(A_n) $(A_n) +$ $-(A_n)$ (d_{16}, A_n) (d_8, A_n, X_n)
立即数寻址 立即寻址 快速立即寻址	$DATA = \text{下一字(下几字)}$ 内部数据	$\# \langle data \rangle$
隐含寻址 ¹ 隐含寄存器	$EA = SR, USP, SSP, PC, VBR,$ SFC, DFC	$SR, USP, SSP, PC, VBR,$ SFC, DFC

注: 1. VBR、SPC 和 DFC 只用于 MC68010

EA = 有效地址

D_n = 数据寄存器

A_n = 地址寄存器

() = 取其地址内容

PC = 程序计数器

d_8 = 8 位偏移量

d_{16} = 16 位偏移量

N 为 1 表示字节, 2 表示字, 4 表示长字。如果 A_n 是堆栈指针且按字节操作, N 为 2 使堆栈指针具有字的长度

$\leftarrow$ = 替代

X_n = 用于变址寄存器的地址寄存器或数据寄存器

SR = 状态寄存器

USP = 用户堆栈指针

SSP = 监督堆栈指针

PC = 程序计数器

VBR = 向量基寄存器

2.3 寄存器的数据结构

8 个数据寄存器支持 1、8、16 或 32 位的数据操作数,7 个地址寄存器和一个堆栈指针支持 32 位地址操作数。

2.3.1 数据寄存器

每个数据寄存器是 32 位的。字节操作数占用低 8 位;字操作数占用低 16 位;长字操作数占用全部 32 位。最低比特位记作 0 比特位,最高比特位记作 31 比特位。

当数据寄存器用于存放目标操作数或源操作数时,只变动低比特位部分,剩余高比特位既不使用也不改动。

2.3.2 地址寄存器

地址寄存器(以及堆栈指针)是 32 位的,存放完整的 32 位地址。地址寄存器不支持字节操作数。当地址寄存器用于源操作数时,根据操作数大小占用地址寄存器的低字操作或全部长字操作;当地址寄存器用于目标操作数时,则无论操作数大小均占用寄存器的全部;如果操作数是 16 位字,则首先将其符号位扩展为 32 位,然后再进行操作。

2.4 存储器的数据结构

字节可单独寻址,如图 2.5 所示。一个字的高 8 位字节与该字具有相同地址,低 8 位字节则占用计数加一的奇数地址。指令和多字节数据均按字长由偶地址开始。若一个长字操作数由地址 n (n 为偶数)开始,则该长字的第二个字占用地址为 $n+2$ 。

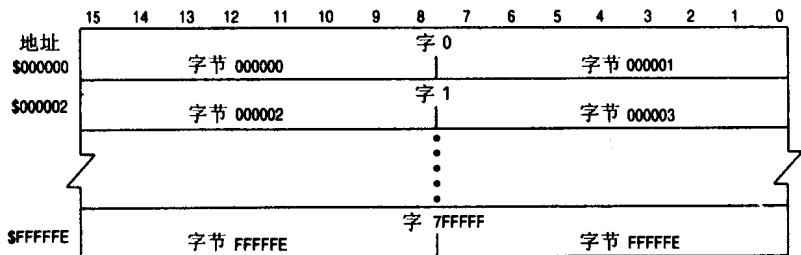


图 2.5 存储器中的字结构

M68000 MPU 支持的数据类型有二进制数据,8、16 和 32 位的整型数,32 位地址,BCD 码。每种数据类型的存储格式见图 2.6。编号标明从处理器中存取数据的顺序。MC68008 具有 8 位数据总线,其存储器中的数据格式与其它 M68000 MPU 是一致的。MC68008 的存储器数据结构如图 2.7 所示。

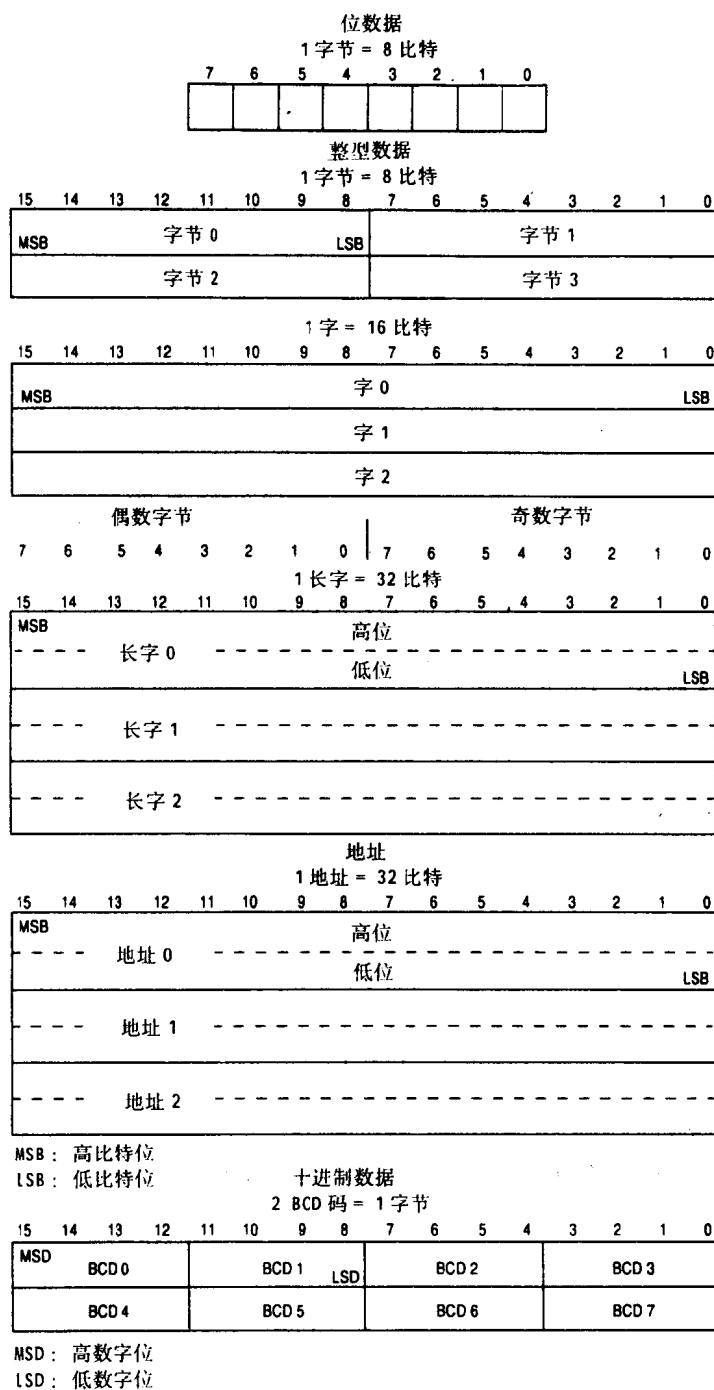


图 2.6 存储器中的数据结构