

## 第十九章 MMC/SD/SDIO 控制器

### 19.1 特点

- 兼容 SD 存储卡规格（1.0 版本）或 MMC 规格（2.11 版本）
- 兼容 SDIO 卡规格（1.0 版本）
- 用于数据接收发送的 16 字（64 字节）FIFO
- 40 位的命令寄存器
- 136 位的响应寄存器
- 8 位的预定标器逻辑（频率=系统时钟/（P+1））
- 通常模式或 DMA 传输模式（字节、半字及字传输）
- DMA burst4 访问支持（仅字传输）
- 1 位/4 位（宽总线）模式及模块/流模式开关支持

### 19.2 模块图

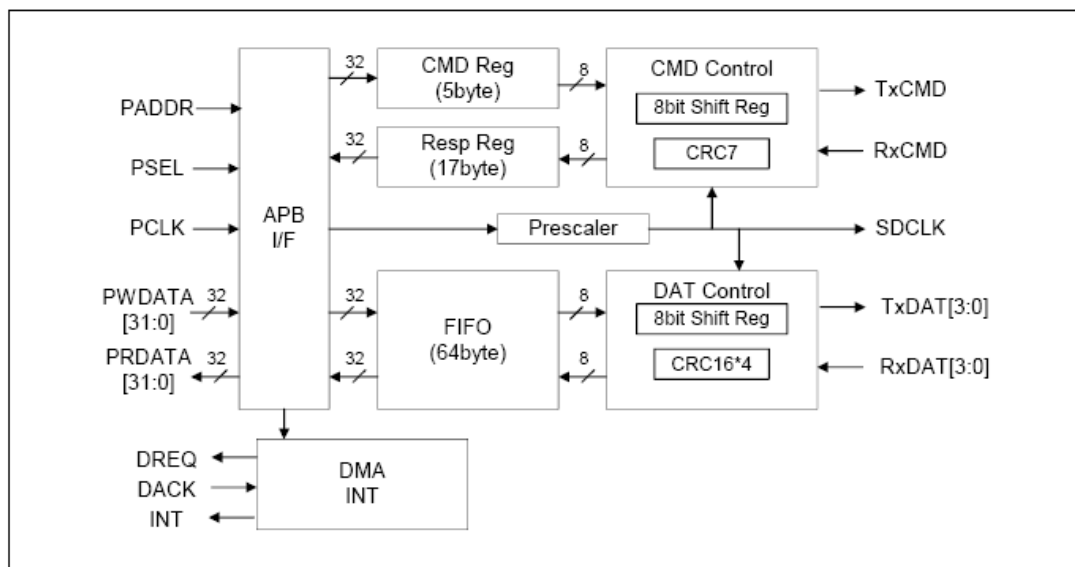


Figure 19-1. SD Interface block diagram

### 19.3 SD 操作

串行时钟线同步在五根数据线上的信息移位和采样。传输频率通过设定 SDIPRE 寄存器的相应位的设定来控制。你可以修改频率来调节波特率数据寄存器值。

#### 19.3.1 编程过程（普通）

对 SDI 模块编程，按以下基本步骤：

- （1）设置 SDICON 寄存器来配置适当的时钟及中断使能
- （2）设置 SDIPRE 寄存器配置适当的值。
- （3）等待 74 个 SDCLK 时钟以初始化卡。

### 19.3.2 CMD 路径编程

- (1) 写命令参数 32 位到 SDICmdArg
- (2) 决定命令类型并通过设置 SDICmdCon 开始命令传输
- (3) 当 SDICmdSta 的特殊标志被置位, 确认 SDICMD 路径操作的结束。
- (4) 如果命令类型是不相应, 标志是 CmdSent。
- (5) 如果命令类型是相应, 标志是 RspFin。
- (6) 通过对相应位写 1, 清除 SDICmdStaD 的标志。

### 19.3.3 数据路径编程

- (1) 写数据超时期到 SDIDTimer
- (2) 写模块大小 (模块长度) 到 SDIBSize (通常是 0x80 字)
- (3) 确定模块模式, 宽总线, DMA 等且通过 SDIDatCon 来开始数据传输
- (4) 发送数据->写数据到数据寄存器 (SDIDAT), 当发送 FIFO 有效 (TFDET 置位), 或一半 (TFHalf 置位), 或空 (TFEmpty 置位)。
- (5) 接收数据->从数据寄存器 (SDIDAT) 读数据, 当接收 FIFO 有效 (RFDET 置位), 或满 (RFFull 置位)。或一半 (RFHalf 置位), 或准备最后数据 (RFLast 置位)。
- (6) 当 SDIDatSta 寄存器的 DatFin 标志置位, 确认 SDIDAT 路径操作结束。
- (7) 通过对相应位写 1, 清除 SDIDatSta 的标志。

## 19.4 SDIO 操作

有 SDIO 操作的两个功能: SDIO 中断接收和读等待请求生成。当寄存器 SDICON 的 RcvOInt 位和 RwaitEn 位分别被激活, 这两个功能可以操作。两个功能的步骤与条件如下:

### 19.4.1 SDIO 中断

在 SD1 位模式中, 通过 RxDAT[1]引脚的所有范围, 中断被接收。

在 SD4 位模式中, RxDAT[1]引脚由数据接收和中断接收共享。

当中断侦测范围 (中断期间) 是:

- (1) 单模块: A 与 B 之间的时间
  - A: 在一个数据包完成后的两个时钟
  - B: 完成发送下一个 withdata 命令结束位
- (2) 多模块, PrdType=0: A 与 B 之间的时间, C 复位
  - A: 在完成一个数据包后两个时钟
  - B: A 后的两个时钟
  - C: 在退出命令结束位相应后两个时钟
- (3) 多模块, PrdType=1: A 与 B 之间的时间, A 复位
  - A: 在完成一个数据包后两个时钟
  - B: A 后两个时钟
  - 在最后一个时钟, 中断期间开始于 A, 但是不在 B 结束 (CMD53)

### 19.4.2 读等待请求

不管 1 位还是 4 位模式, 在以下条件下, 读等待请求信号发送到 TxDAT[2]引脚

- 在读多操作中, 在数据模块结束后两个时钟, 请求信号发送开始
- 当用户设置 SDIDatSta 寄存器的 RwaitReq 位, 发送结束

## 19.5 SDI 特殊寄存器

- (1) SDI 控制寄存器 (SDICON)
- (2) SDI 波特率预定标器寄存器 (SDIPRE)
- (3) SDI 命令参数寄存器 (SDICmdArg)
- (4) SDI 命令控制寄存器 (SDICmdCon)
- (5) SDI 响应寄存器 0 (SDIRSP0)
- (6) SDI 响应寄存器 1 (SDIRSP1)
- (7) SDI 响应寄存器 2 (SDIRSP2)
- (8) SDI 响应寄存器 3 (SDIRSP3)
- (9) SDI 数据/忙定时器寄存器
- (10) SDI 模块大小寄存器
- (11) SDI 数据控制寄存器
- (12) SDI 数据保留计数器寄存器
- (13) SDI数据状态寄存器
- (14) SDI FIFO状态寄存器
- (15) SDI中断屏蔽寄存器
- (16) SDI数据寄存器

### 19.5.1 SDI 控制寄存器

#### SDI Control Register (SDICON)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDICON	0x5A000000	R/W	SDI控制寄存器	0x0

SDICON	位	描述	初始值
保留	[31:9]		
SDMMC Reset (SDreset)	[8]	复位整个sdmmc时钟。该位自动清零。 0: 正常模式 1: SDMMC复位	0
保留	[7:6]		0
Clock Type (STPY)	[5]	确定哪个时钟类型用作SDCLK 0: SD类型 1: MMC类型	0
Byte Order Type(ByteOrder)	[4]	当你使用字边界读(写)数据从(到)主FIFO, 决定字节顺序类型。 0: A型 1: B型	0
Receive SDIO Interrupt from card (RcvIOInt)	[3]	觉得是否SD主设备从卡接收SDIO中断 0: 忽略 1: 接收SDIO中断	0
Read Wait Enable(RWaitEn)	[2]	决定读等待请求信号生成, 当SD主设备在多模块读模式下等待下一个时钟。该位需要延时到下一个时钟由卡发出。 0: 无效(不生成) 1: 读等待使能(使用SDIO)	0
保留	[1]		
Clock Out Enable (ENCLK)	[0]	确定是否SDCLK输出使能 0: 无效(预定标器关闭) 1: 时钟使能	0

\* Byte Order Type

- Type A: (Access byWord) D[7:0] -> D[15:8] -> D[23:16] -> D[31:24]

(Access by Halfword) D[7:0] → D[15:8]  
- Type B: (Access by Word) D[31:24] → D[23:16] → D[15:8] → D[7:0]  
(Access by Halfword) D[15:8] → D[7:0]

### 19.5.2 SDI 波特率预定标器寄存器

#### SDI Baud Rate Prescaler Register (SDIPRE)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIPRE	0x5A000004	R/W	SDI波特率预定标器寄存器	0x01

SDIPRE	位	描述	初始值
Prescaler Value	[7:0]	按以上等式确定SDI时钟率 (SDCLK)	0x01

### 19.5.3 SDI 命令参数寄存器

#### SDI Command Argument Register (SDICmdArg)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDICmdArg	0x5A00000C	R/W	SDI命令控制寄存器	0x0

SDICmdCon	位	描述	初始值
保留	[31:13]		
Abort Command (AbortCmd)	[12]	决定是否命令类型用于退出(for SDIO). 0 = 正常命令, 1 = 退出命令(CMD12, CMD52)	0
Command with Data (WithData)	[11]	决定是否命令类型有数据(for SDIO). 0 = 无数据, 1 = 有数据	0
LongRsp	[10]	决定是否主设备接收一个 136 位长的响应 0 = 短响应, 1 = 长响应	0
WaitRsp	[9]	决定是否主设备等待响应 0 = 不响应, 1 = 等待响应	0
Command Start(CMST)	[8]	决定命令操作是否开始。该位自动清零。 0 = 命令准备好, 1 = 命令开始	0
CmdIndex	[7:0]	有开始两位的命令索引(8bit)	0x00

### 19.5.4 SDI 命令状态寄存器

#### SDI Command Status Register (SDICmdSta)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDICmdSta	0x5A000010	R/W	SDI命令状态寄存器	0x0

SDICmdSta	位	描述	初始值
保留	[31:13]		
Response CRC Fail (RspCrc)	[12]	当收到命令响应, CRC校验失败。通过对该位置 1, 该标志被清除。 0: 不检测 1: CRC失败	0
Command Sent (CmdSent)	[11]	命令发送 (不包括响应)。通过对该位置 1, 该标志被清除。 0: 不检测 1: 命令结束	0
Command Time Out (CmdTout)	[10]	命令响应超时 (64clk)。通过对该位置 1, 该标志被清除。 0: 不检测 1: 超时	0
Response Receive End (RspFin)	[9]	收到命令响应。通过对该位置 1, 该标志被清除。 0: 不检测 1: 响应结束	0
CMD line progress On (CmdOn)	[8]	命令传输在过程中。 0: 不检测 1: 命令在过程中	0
RspIndex	[7:0]	有开始两位 (8 位) 的响应索引 6 位	0x00

### 19.5.5 SDI 响应寄存器 0

#### SDI Response Register 0(SDIRSP0)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIRSP0	0x5A000014	R	SDI响应寄存器 0	0x0

SDIRSP0	位	描述	初始值
Resonse0	[31:0]	Card status[31:0](short), card status[127:96](long)	0x00000000

### 19.5.6 SDI 响应寄存器 1

#### SDI Response Register1 (SDIRSP1)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIRSP1	0x5A000018	R	SDI响应寄存器 1	0x0

SDIRSP1	位	描述	初始值
RCRC7	[31:24]	CRC7 (有结束位, 短), card status[95:88](long)	0x00
Resonse1	[23:0]	不使用 (短), card status[87:64](long)	0x000000

### 19.5.7 SDI 响应寄存器 2

#### SDI Response Register 2 (SDIRSP2)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIRSP2	0x5A00001C	R	SDI响应寄存器 2	0x0

SDIRSP2	位	描述	初始值
Resonse2	[31:0]	unused(short), card status[63:32](long)	0x00000000

### 19.5.8 SDI 响应寄存器 3

#### SDI Response Register 3 (SDIRSP3)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIRSP3	0x5A00001C	R	SDI响应寄存器 3	0x0

SDIRSP3	位	描述	初始值
Resonse3	[31:0]	unused(short), card status[31:0](long)	0x00000000

### 19.5.9 SDI 数据/忙定时器寄存器

#### SDI Data / Busy Timer Register (SDIDTimer)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIDTimer	0x5A000024	R/W	SDI数据/忙定时器寄存器	0x0

SDIDTimer	位	描述	初始值
保留	[31:23]		
DataTimer	[22:0]	Data / Busy timeout period	0x10000

### 19.5.10 SDI 模块大小寄存器

#### SDI Block Size Register (SDIBSize)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIBSize	0x5A000028	R/W	SDI模块大小寄存器	0x0

SDIBSize	位	描述	初始值
保留	[31:12]		
BlkSize	[11:0]	Block Size value(0~4095 byte), 流模式下不考虑	0x10000

在多模块情况下, BlkSize 必须分配字大小(4 字节)。(BlkSize[1:0]=00)

### 19.5.11 SDI 数据控制寄存器

#### SDI Data Control Register (SDIDatCon)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIDatCon	0x5A00002C	R/W	SDI数据控制寄存器	0x0

SDIBSize	位	描述	初始值
保留	[31:25]		
Burst4 enable (Burst4)	[24]	在DMA模式下使能Burst4。仅当数据大小是字时该位被置位。0: 无效 1: Burst4 使能	0
Data Size (DataSize)	[23:22]	指出用FIFO传输的大小, 哪个类型, 半字或字。 00 = 字节传输, 01 = 半字传输 10 = 字传输, 11 = 保留	0
SDIO Interrupt Period Type (PrdType)	[21]	决定SDIO的中断周期是 2 个周期还是外部更多周期, 当数据块最后被发送 (对SDIO)。 0=正好两个周期 1=更多周期 (像单周期)	0
Transmit After Response (TARSP)	[20]	决定数据传输在响应收到后开始或不开始。 0= 在DatMode设置后直接 1= 在响应收到后 (假定设置DatMode设为 2b11)	0
Receive After Command (RACMD)	[19]	决定数据传输在命令发出后开始或不开始 0= 在DatMode设置后直接 1= 在命令发出后 (假定设置DatMode设为 2b10)	0
Busy After Command (BACMD)	[18]	决定忙接收在命令发出后开始或不开始 0= 在DatMode设置后直接 1= 在命令发出后 (假定设置DatMode设为 2b01)	0
Block mode (BlkMode)	[17]	数据传输模式 0=流数据传输 1=模块数据传输	0
Wide bus enable (WideBus)	[16]	决定使能宽总线模式 0: 标准总线模式 (仅使用SDIDAT[0]) 1: 宽总线模式 (使用SDIDAT[3])	0
DMA Enable (EnDMA)	[15]	使能DMA (当DMA操作完成时, 该位应该无效) 0: 无效 (查询) 1: DMA使能	0
Data Transfer Start (DTST)	[14]	决定数据传输是否开始, 该位自动清除。 0: 数据准备好, 1: 数据开始	0
Data Transfer Mode (DatMode)	[13:12]	决定数据传输的方向 00 = 无操作, 01 = 仅忙检测模式 10 = 数据接收模式, 11 = 数据发送模式	00
BlkNum	[11:0]	模块数(0~4095), 当流模式时不考虑	0x000

如果你想对TARSP, RACMD, BACMD位(SDIDatCon[20:18])中的一个位置 1, 你需要在写SDICmdCon寄存器之前写SDIDatCon寄存器。(对SDIO总是需要)



### 19.5.12 SDI 数据保留计数器寄存器

#### SDI Data Remain Counter Register (SDIDatCnt)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIDatCnt	0x5A000030	R	SDI数据保留计数器寄存器	0x0

SDIDatCnt	位	描述	初始值
保留	[31:24]		
BlkNumCnt	[23:12]	保留模块数	0x000
BlkCnt	[11:0]	1 个模块的保留数据字节	0x000

### 19.5.13 SDI 数据状态寄存器

#### SDI Data Status Register (SDIDatSta)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIDatSta	0x5A000034	R	SDI数据状态寄存器	0x0

SDIDatSta	位	描述	初始值
保留	[31:12]		
No Busy (NoBusy)	[11]	仅在忙检测模式下cmd包发送后, 在 16 个周期期间忙不激活。通过对该位置 1 清除标志。 0: 不侦测 1: 无忙信号	0
Read Wait Request Occur (RWaitReq)	[10]	读等待请求信号发送到sd卡。请求信号停止且通过对该位置 1 清除标志。 0: 不出现 1: 读等待请求出现	0
SDIO Interrupt Detect (IOIntDet)	[9]	SDIO中断侦测。通过对该位置 1 清除标志。 0: 不侦测 1: SDIO中断侦测	0
保留	[8]		
CRC Status Fail (CrcSta)	[7]	当数据块发送后 (CRC校验失败) CRC状态错误。通过对该位置 1 清除标志。 0: 不侦测 1: CRC状态失败	0
Data Receive CRC Fail (DatCrc)	[6]	数据模块接收到错误 (CRC校验失败)。通过对该位置 1 清除标志。 0: 不侦测 1: 接收CRC失败	0
Data Time Out (DatTout)	[5]	数据/忙接收超时。通过对该位置 1 清除标志。 0: 不侦测 1: 超时	0
Data Transfer Finish (DatFin)	[4]	数据传输结束 (数据计数器为 0)。通过对该位置 1 清除标志。 0: 不侦测 1: 数据完成侦测	0
Busy Finish (BusyFin)	[3]	仅忙检查完成。通过对该位置 1 清除标志。 0: 不检测 1: 侦测忙完成	0
保留	[2]		0
Tx Data progress On (TxDatOn)	[1]	数据发送在过程中 0: 不激活 1: 数据发送在过程中	0
Rx Data Progress On (RxDatOn)	[0]	数据接收在过程中 0: 不激活 1: 数据接收在过程中	0



### 19.5.14 SDI FIFO 状态寄存器

#### SDI FIFO Status Register (SDIFSTA)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIFSTA	0x5A000038	R	SDI FIFO状态寄存器	0x0

SDIFSTA	位	描述	初始值
保留	[31:16]		
FIFO Reset(FRST)	[16]	FIFO值复位。该位会自动清楚 0: 正常模式 1: FIFO复位	0
FIFO Fail error (FFfail)	[15:14]	当FIFO出现溢出或低估数据保存是, FIFO失败错误。该位通过置位清除。 00: 不侦测 01: FIFO失败 10 在最后传输中FIFO失败 (仅FIFO复位需要) 11: 保留	00
FIFO available Detect for Tx (TFDET)	[13]	该位指出FIFO数据对发送有效, 当DatMode是数据发送模式。如果DMA模式有效, SD主设备请求DMA操作。 0: 不侦测 (FIFO满) 1: 侦测 (1<FIFO<63)	0
FIFO available Detect for Rx (RFDET)	[12]	该位指出FIFO数据对接收有效, 当DatMode是数据接收模式, 如果DMA模式有效, SD主设备请求DMA操作。 0: 不侦测 (FIFO空) 1: 侦测 (1<FIFO<64)	0
Tx FIFO Half Full (TFHalf)	[11]	只要发送FIFO小于 33 字节, 该位置 1。 0: 33<Tx FIFO<64 1: 1<Tx FIFO<32	0
Tx FIFO Empty (TFEmpty)	[10]	只要发送FIFO为空, 该位置 1。 0: 1<FIFO<64 1: 空 (0 字节)	0
Rx FIFO Last Data Ready (RFLast)	[9]	当接收FIFO出现操作所有模块的最后数据, 该位置 1。通过置 1 清除该标志 0: 还没收到 1: 接收FIFO得到最后数据	0
Rx FIFO Full (RFFull)	[8]	只要接收FIFO满, 该位置 1。 0: 1<Rx FIFO<63 1: 满 (64 字节)	0
Rx FIFO Half Full (RFHalf)	[7]	只要接收FIFO大于 31 个字节, 该位置 1。 0: 1<FIFO<31 1: 32<FIFO<64	0
FIFO Count (FFCNT)	[6:0]	FIFO中的数据个数	0000000

### 19.5.15 SDI 中断屏蔽寄存器

#### SDI Interrupt Mask Register (SDIIntMsk)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIIntMsk	0x5A00003C	R/W	SDI中断屏蔽寄存器	0x0

SDIFSTA	位	描述	初始值
保留	[31:19]		
NoBusy Interrupt Enable (NoBusyInt)	[18]	如果忙信号不激活, 决定SDI产生中断。 0 =无效, 1 = 中断使能	0
RspCrc Interrupt Enable (RspCrcInt)	[17]	如果响应CRC校验失败, 决定SDI产生中断 0 =无效, 1 = 中断使能	0
CmdSent Interrupt Enable (CmdSentInt)	[16]	如果命令发出, 决定SDI产生中断 0 =无效, 1 = 中断使能	0
CmdTout Interrupt Enable (CmdToutInt)	[15]	如果命令响应超时, 决定SDI产生中断 0 =无效, 1 = 中断使能	0
RspEnd Interrupt Enable (RspEndInt)	[14]	如果收到命令响应, 决定SDI产生中断 0 =无效, 1 = 中断使能	0
RWaitReq Interrupt Enable (RWaitReqInt)	[13]	如果出现读等待请求, 决定SDI产生中断 0 =无效, 1 = 中断使能	0
IOIntDet Interrupt Enable (IOIntDetInt)	[12]	如果sd主设备从卡收到SDIO中断, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
FFfail Interrupt Enable (FFfailInt)	[11]	如果出现FIFO失败错误, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
CrcSta Interrupt Enable (CrcStaInt)	[10]	如果出现CRC状态错误, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
DatCrc Interrupt Enable (DatCrcInt)	[9]	如果数据接收CRC失败, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
DatTout Interrupt Enable (DatToutInt)	[8]	如果数据接收超时出现, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
DatFin Interrupt Enable (DatFinInt)	[7]	如果数据计数器为 0, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
BusyFin Interrupt Enable (BusyFinInt)	[6]	如果仅忙检测完成, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
保留	[5]		0
TFHalf Interrupt Enable (TFHalfInt)	[4]	如果发送FIFO半填满, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
TFFEmpty Interrupt Enable (TFFEmptyInt)	[3]	如果发送FIFO空, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
RFLast Interrupt Enable (RFLastInt)	[2]	如果接收FIFO有最后数据, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
RFFull Interrupt Enable (RFFullInt)	[1]	如果接收FIFO填满, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0
RFHalf Interrupt Enable (RFHalfInt)	[0]	如果接收FIFO半满, 决定SDI产生中断。0 =无效, 1 = 中断使能	0

### 19.5.16 SDI 数据寄存器

#### SDI Data Register (SDIDAT)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
SDIDAT	0x5A000040, 44, 48, 4C(Li/W, Li/HW, Li/B, Bi/W) 0x5A000041(Bi/HW), 0x5A000043(Bi/B)	R/W	SDI数据寄存器	0x0

SDIDAT	位	描述	初始值
Data Register	[31:19]	该区域包括通过SDI通道发送或接收的数据	0x00000000

\* (Li/W, Li/HW, Li/B): 小端模式下通过字、半字、字节访问。

\* (Bi/W): 大端模式下通过字单元访问。

\* (Bi/HW): 大端模式下通过半字单元访问。

\* (Bi/B): 大端模式下通过字节单元访问。