

SD 存储卡规范

第一部分：物理层规范 V1.01 的简化版本

1. 概述.....	2
2. 系统特性.....	2
3. SD 存储卡的系统概念.....	3
3.1 总线拓扑结构.....	3
3.2 总线协议.....	5
3.3 SD 存储卡的引脚与寄存器.....	9
3.4 与多媒体卡兼容.....	10
4. SD 存储卡的功能介绍.....	12
5. 卡的寄存器.....	12
6. SD 存储卡的硬件接口.....	12
7. SPI 模式.....	12
8. SD 存储卡的机械规范.....	12
8.1 卡的外壳.....	13
8.2 机械外形参数.....	14
8.3 系统：卡和连接器.....	17
8.4 薄（1.44mm）SD 存储卡.....	17
9. 附录.....	19
10. 缩写和术语.....	19

1. 概述

SD 存储卡（Secure Digital Memory Card）是特别为符合新出现的音频和视频消费电子设备的安全性、容量、性能和环境等要求而设计的一种存储卡。SD 存储卡包含符合 SDMI 标准安全性的版权保护机制，速度更快而且存储容量更大。SD 存储卡的安全系统使用双方认证和“新的密码算法”技术，防止卡的内容被非法使用。它还提供了一种无安全性的访问方法访问用户自己的内容。SD 存储卡的物理外形、引脚分配和数据传输协议都向前兼容多媒体卡（MultiMediaCard），但也增加了一些内容。

SD 存储卡的通信基于一个高级的 9 引脚接口（时钟、命令、4 条数据线和 3 条电源线），可以在最高 25MHz 频率和低电压范围内工作。通信协议也是本规范的一部分。SD 存储卡的主机接口也支持常规的多媒体卡操作。也就是说向前兼容多媒体卡。实际上，SD 存储卡 and 多媒体卡的主要区别在初始化过程。

SD 存储卡规范共有几个文档，其文档结构图如图 1 所示。

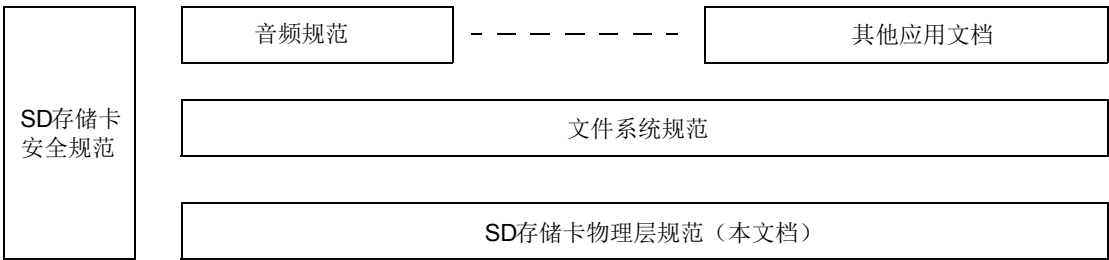


图 1 SD 存储卡文档结构

- SD 存储卡音频规范

这个规范以及其他规范介绍了某些应用（这里是音频应用）的规范以及实现要求。

- SD 存储卡文件系统规范

介绍了保存在 SD 存储卡中的数据文件格式结构规范（包括有保护和无保护方面）。

- SD 存储卡安全规范

介绍了版权保护机制以及支持的应用专用命令。

- SD 存储卡物理层规范（本规范）

介绍了 SD 存储卡使用的物理接口和命令协议。本规范的目的是定义 SD 存储卡的环境和操作。

本文档分几个部分，第三章概述了系统的概念。一般的 SD 存储卡特性在第四章介绍。由于这里定义了卡的所有属性，我们建议同时参考产品文档。卡的寄存器在第五章介绍。第六章定义了 SD 存储卡的硬件接口电气参数。第八章介绍了 SD 存储卡的物理和机械特性以及卡槽的最小标准。

2. 系统特性

- 用于便携式和固定应用。

- 电压范围：

- SD 存储卡：

基本通讯（CMD0、CMD15、CMD55、ACMD41）：2.0~3.6V。

其他命令和存储器访问：2.7~3.6V。

– SDLV 存储卡（低电压）工作电压范围：1.6~3.6V。

- 用于只读卡或读 / 写卡。
- 时钟频率 0~25MHz。
- 读 / 写速率高达 10MB/s（用 4 条并行数据线）。
- 在有 10 张卡时仍能达到最高数据速率。
- 纠正存储区的错误。
- 在读操作的过程中拔出卡不会破坏卡的内容。
- 向前兼容多媒体卡。
- 版权保护机制——符合 SDMI 标准的最高安全性。
- 卡有密码保护功能（可选）。
- 用机械开关实现的写保护特性。
- 内嵌的写保护特性（永久和暂时）。
- 检测卡（插入 / 拔出）。
- 应用的专用命令。
- 令人满意的擦除机制。
- 通信信道的协议属性：

SD 存储卡的通信信道
6 线的通信信道（时钟、命令和 4 条数据线）
防止错误的数据传输
单块或多块数据传输

- SD 存储卡的厚度可以是 2.1mm（普通）和 1.4mm（薄 SD 存储卡）。

3. SD 存储卡的系统概念

SD 存储卡为应用的设计人员提供了低成本的大容量存储设备（如可移动的卡），支持高安全等级的版权保护以及简单、易于实现的接口。

按提供的功能（由 SD 存储卡系统命令的子集给出）差异，SD 存储卡可以分成几种类型：

- 读 / 写（R/W）卡（Flash、OPT、MTP（可多次编程））。这些卡作为空的介质售卖，用于大容量数据存储、终端用户的视频、音频或数字影像记录。
- 只读存储卡（ROM）。这些卡有固定的数据内容。它们典型用于软件、音频、视频等媒体的销售。

按工作电压可以将 SD 存储卡分为两类：

- 支持 2.0V~3.6V 的初始化 / 识别过程的 SD 存储卡，这个工作电压范围在 CSD 寄存器定义。
- SDLV 存储卡——低电压 SD 存储卡，它可以在 1.6~3.6V 的电压范围工作。SDLV 存储卡与 SD 存储卡的标识不一样。

SD 存储卡系统包括 SD 存储卡（或几种卡）的总线及其主机 / 应用。主机和应用规范不在本文档的讨论范围内。下面部分将介绍卡的概述、总线拓扑结构和 SD 存储卡系统的通讯协议。版权保护（安全）系统将在 SD 存储卡安全规范文档中介绍。

3.1 总线拓扑结构

SD 存储卡系统定义了两种通信协议：SD 和 SPI。应用可以选择其中一种模式。模式选择对于主机来说是透明的。卡自动检测复位命令的模式，而且要求以后的通信都按相同的通信模式进行。因此，只使用一种通信模式的应用不需要明白另一种模式。

3.1.1 SD 总线

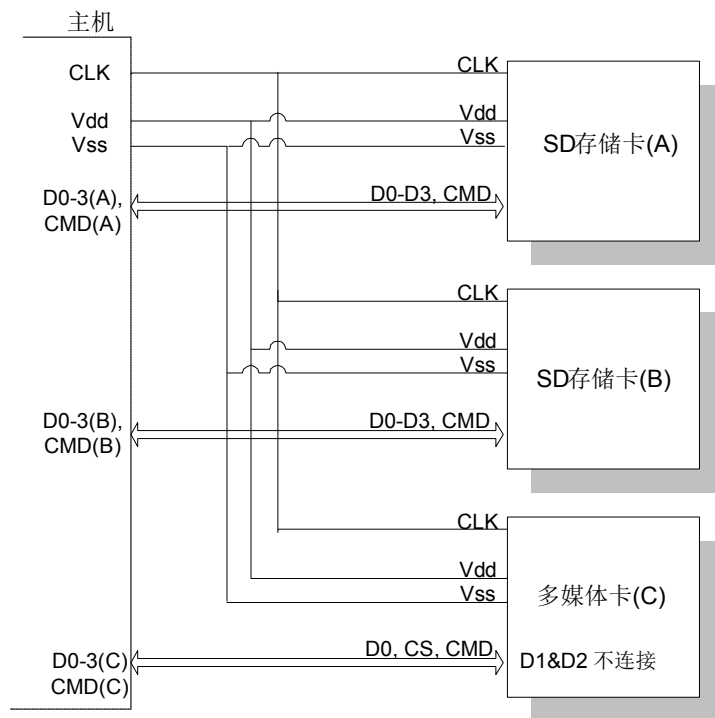


图 2 SD 存储卡系统的总线拓扑结构

SD 总线包含以下信号：

- CLK: 主机向卡发送的时钟信号；
- CMD: 双向的命令 / 响应信号；
- DAT0~DAT3: 4 个双向的数据信号；
- VDD、VSS1、VSS2: 电源和地信号。

SD 存储卡总线有一个主机（应用）、多个从机（卡）和同步的星形拓扑结构（参考图 2）。所有卡共用时钟、电源和地信号。命令（CMD）和数据（DAT0~DAT3）是卡的专用信号，为所有卡提供连续的点对点连接。

在初始化进程中，命令被分别发送到各张卡，允许应用程序检测到卡并向物理卡槽分配逻辑地址。各张卡的数据通常独立地发送（接收）。但是，为了简化卡的成批处理，在初始化进程后，所有命令可能同时发送到所有卡。命令包中提供地址信息。

SD 总线允许动态配置数据线的数量。在上电后，SD 存储卡默认只使用 DAT0 进行数据传输。初始化后，主机可以修改总线宽度（有效的数据线数量）。这个特性允许简单地交替选择 HW 成本和系统性能。注意：SD 主机在不使用 DAT1~DAT3 时可以使自己的 DAT1~DAT3 线处于三态（输入模式）当。

3.1.2 SPI 总线

SD 存储卡兼容的 SPI 通信模式使 SD 存储卡可以通过 SPI 信道与市场许多微控制器通信。这个接口在上电后的第一个复位命令期间选择，而且在上电期间不能修改。

SPI 标准只定义了物理链路而不是完整的数据传输协议。SD 存储卡的 SPI 功能使用相同的 SD 模式命令集。从应用的观点看来，SPI 模式的优点是能使用现成的主机，因此将设计工作量降至最低。但缺点是性能有损失，例如不能像 SD 模式一样选择总线宽度。

SD 存储卡的 SPI 接口与市场提供的 SPI 主机兼容。和其他 SPI 设备一样，SD 存储卡的 SPI 信道由以下 4 个信号组成：

- CS: 主机向卡发送的片选信号；
- CLK: 主机向卡发送的时钟信号；
- DataIn: 主机向卡发送的数据信号；
- DataOut: 卡向主机发送的数据信号。

另一个 SPI 共有的特性是字节传输，这种特性也能在 SD 卡实现。所有数据令牌都是字节（8 位）的倍数，而且字节通常与 CS 信号对齐。

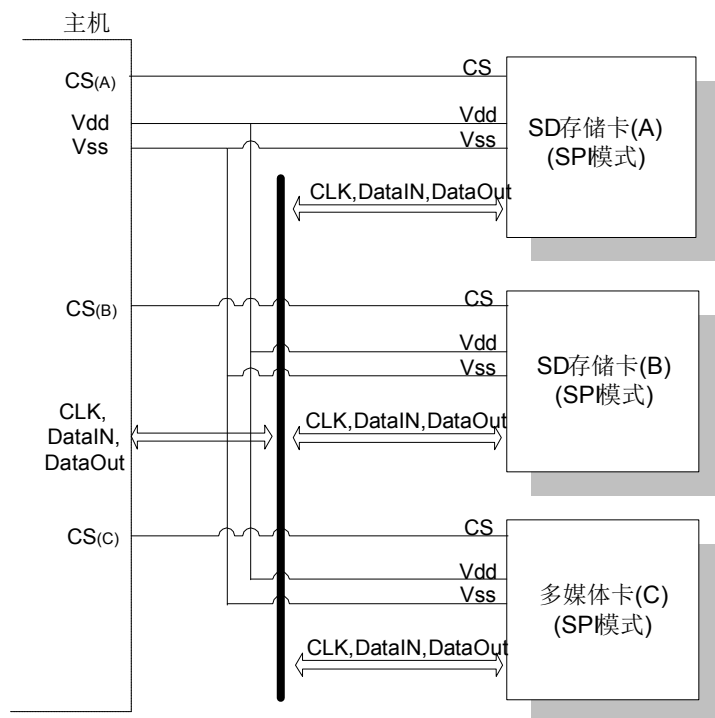


图3 SD 存储卡系统（SPI 模式）的总线拓扑结构

卡的识别和寻址由硬件片选（CS）信号代替。因此没有广播命令。对于每个命令来说，卡（从机）由低电平有效的 CS 信号选中（见图3）。

CS 信号在 SPI 处理（命令、响应和数据）期间必须连续有效。唯一的例外情况是卡的编程，在这个过程中主机可以使 CS 信号为高电平，但不影响卡的编程。

SPI 接口使用 SD 总线 9 个 SD 信号中的 7 个（不使用 DAT1 和 DAT2，DAT3 是 CS 信号）。

3.2 总线协议

3.2.1 SD 总线

SD 总线上的通信基于以起始位开始、以停止位结束的命令和数据位流。

- 命令：命令是启动一项操作的令牌。命令可以从主机发送到一张卡（寻址命令）或发送到连接的所有卡（广播命令）。命令在 CMD 线上串行传输。
- 响应：响应是从被寻址的卡或（同时）从所有连接的卡发送到主机，作为对接收到的命令的回答的令牌。响应在 CMD 线上串行传输。
- 数据：数据可以从卡发送到主机或者相反。数据通过数据线传输。

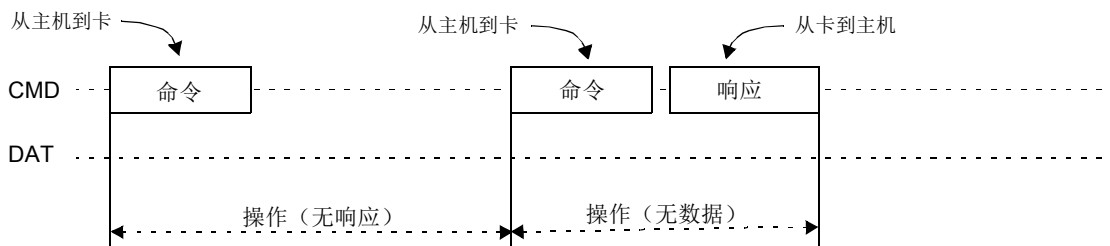


图 4 “无响应”和“无数据”操作

卡的寻址由会话地址实现，并在初始化阶段分配给卡。命令、响应和数据块的结构在第四章介绍。SD 总线的基本处理是命令 / 响应处理（请参考第四章）。这类型的总线处理直接在命令或响应结构中传输它们的信息。另外，某些操作还有数据令牌。

SD 存储卡的数据传输通过块的形式进行。数据块后面通常有 CRC 位。它定义了单块和多块操作。注意：在快速写操作中使用多块操作模式最理想。当 CMD 线出现停止命令时，多块传输结束。主机可以配置数据传输是使用一条还是多条数据线。

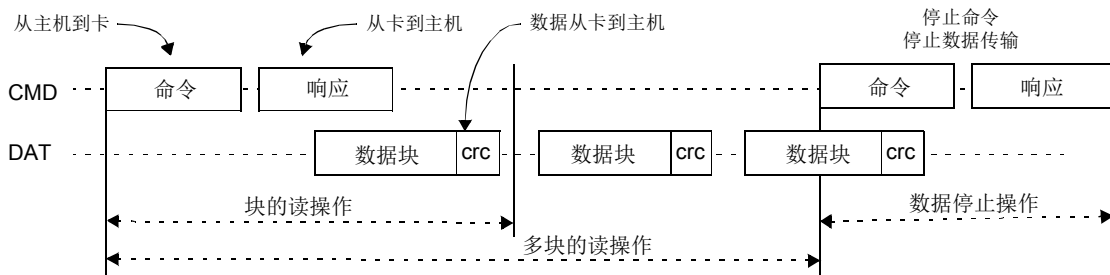


图 5 （多）块读操作

不管块的写操作使用了多少条数据线传输数据，它只使用 DAT0 数据线上的写操作忙信号。

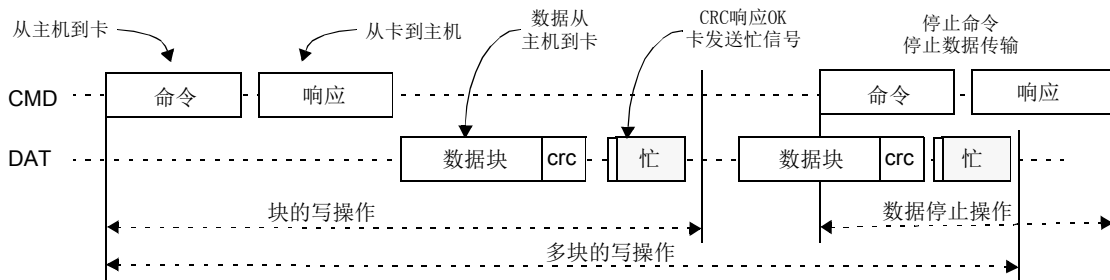


图 6 （多）块写操作

命令令牌的编码策略如下：

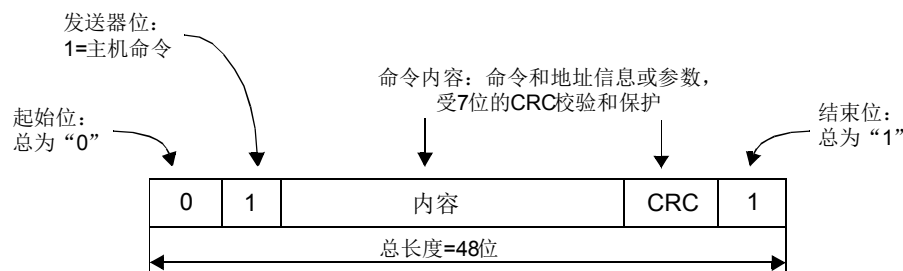


图 7 命令令牌的格式

每个命令令牌都以起始位（0）开始，以结束位（1）结束。令牌的总长度是 48 位。每个令牌都有 CRC 位，这样可以检测传输错误并重复操作。

响应令牌根据其内容共有 4 种编码策略。令牌长度是 48 位或 136 位。命令和响应的详细定义请参考 4.7 节。块的 CRC 保护算法是一个 16 位的 CCITT 多项式。所有使用的 CRC 类型在 4.5 节介绍。

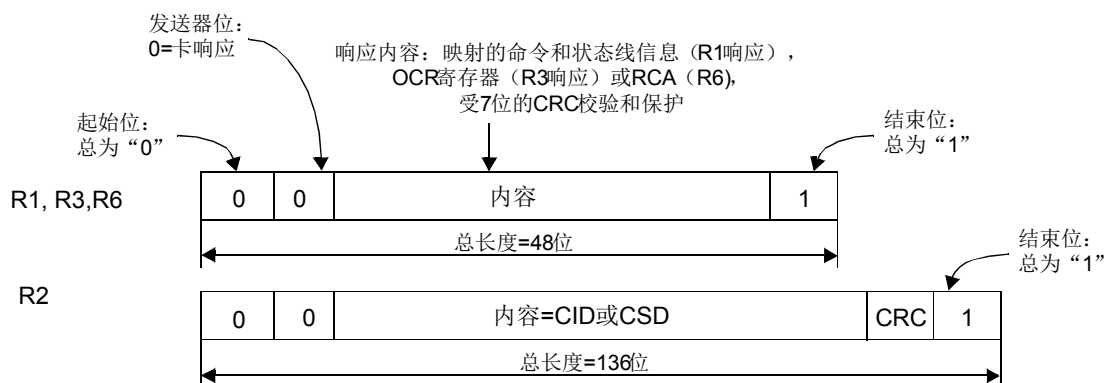


图 8 响应的令牌格式

在 CMD 线上首先传输的是 MSB，最后是 LSB。

当使用宽总线选项时，数据一次传输 4 位（参考第 9 章）。起始和结束位以及 CRC 位在每条 DAT 线各发送一次。每条数据线分别计算并检查 CRC 位。CRC 状态响应和忙指示信号由卡通过 DAT0 发送到主机（DAT1~DAT3 在此期间无关）。

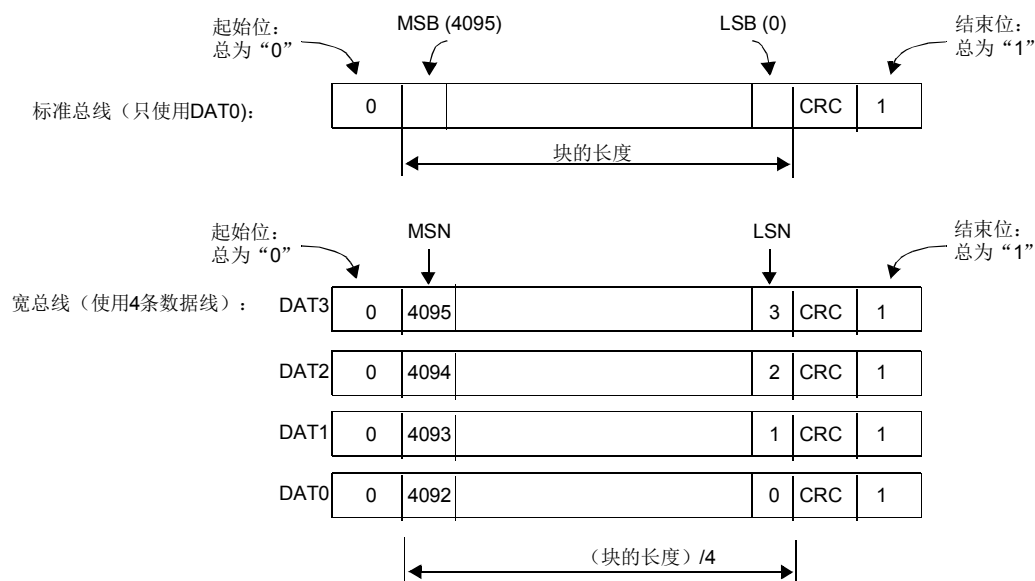


图 9 数据包的格式

3.2.2 SPI 总线

SD 信道基于以起始位开始、以停止位结束的命令和数据位流，而 SPI 信道是面向字节的。每个命令或数据块都由 8 位的字节组成，而且字节与 CS 信号对齐（即长度是 8 个时钟周期的倍数）。

与 SD 协议相似，SPI 报文由命令、响应和数据块令牌组成。主机和卡之间的所有通信都由主机控制。主机通过将 CS 信号置低电平启动总线处理。

SPI 模式中的响应行为在以下三个方面与 SD 模式不同：

- 被选中的卡总会响应命令。
- 使用两种新的响应结构（8 位和 16 位）。
- 当卡遇到数据检索错误时会用错误响应（替代要求的数据块）响应而不是用 SD 模式中的超时响应。

除了响应命令外，在写操作过程中发送到卡的每个数据块会用特殊的数据响应令牌响应。

读数据

SPI 模式支持单块和多块的读命令。但是为了遵守 SPI 工业标准，它值使用 2 个（单向）信号（请参考第 10 章）。在接收有效的读命令前，卡将用响应令牌加上在前面用 SET_BLOCKLEN (CMD16) 命令定义了长度的数据令牌响应。多块读操作像 SD 协议一样用 STOP_TRANSMISSION 命令终止。

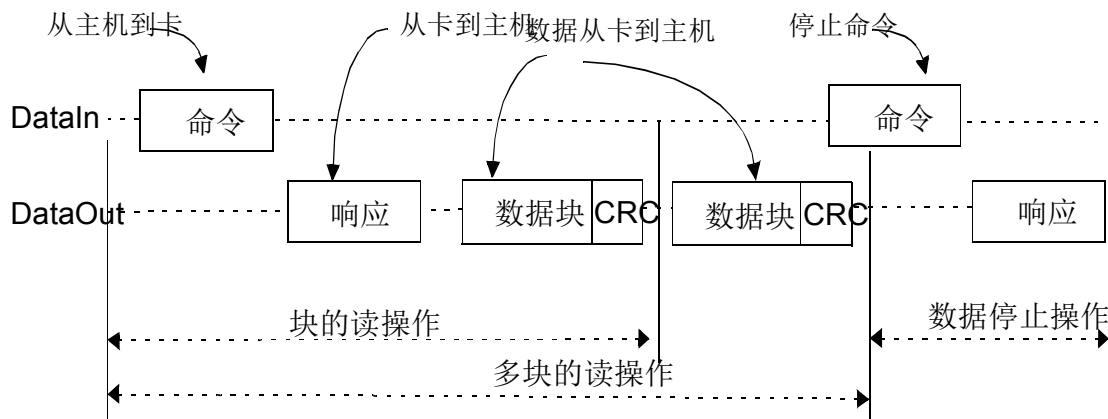


图 10 读操作

有效的数据块后面都有由标准 CCITT 多项式 $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ 生成的 16 位 CRC。

在发生数据检索错误的情况下，卡不会发送任何数据，而是向主机发送一个特殊的数据错误令牌。图 11 显示了用错误令牌而不是用数据块终止的数据读操作。

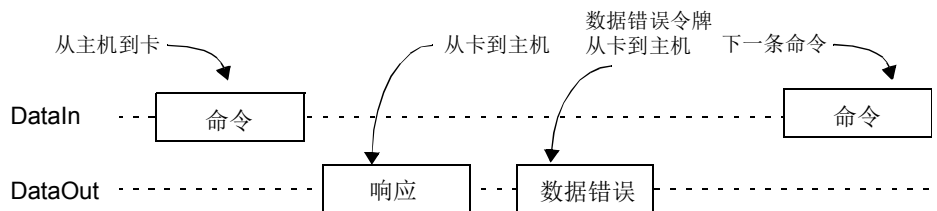


图 11 读操作——数据错误

写数据

SPI 模式支持单块和多块的写命令。在接收有效的写命令前，卡会用响应令牌响应，并等待主机发送数据块。CRC 后缀、块的长度和起始地址的限制都与读操作相同（见图 12）。

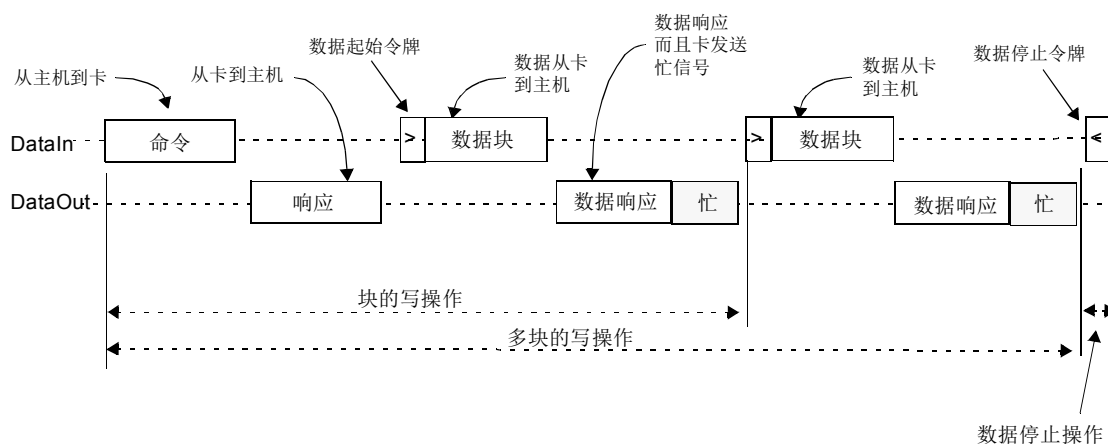


图 12 写操作

在接收到数据块后，卡会用数据响应令牌响应。如果数据块被无错接收，它将被烧写（/编程）到卡中。在卡烧写（/编程）期间，卡会向主机发送连续的忙令牌流（有效地保持 DataOut 线为低电平）。

3.3 SD 存储卡的引脚与寄存器

SD 存储卡的形状为 24mm x 32mm x 2.1mm。

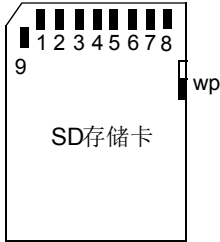


图 13 SD 存储卡的形状和接口（上视图）

图 13 显示了 SD 存储卡的一般形状和接口触点。详细的物理尺寸和机械描述请参考第九章。

下面的表定义了卡的触点：

表 1 SD 存储卡的焊盘分配

引脚	SD 模式			SPI 模式		
	名称 ¹	类型	描述	名称	类型	描述
1	CD/DAT3 ²	I/O/PP ³	卡的检测/数据线 [Bit 3]	CS	I	片选（低电平有效）
2	CMD	PP	命令 / 响应	DI	I	数据输入
3	VSS1	S	电源地	VSS	S	电源地
4	VDD	S	电源	VDD	S	电源
5	CLK	I	时钟	SCLK	I	时钟
6	VSS2	S	电源地	VSS2	S	电源地
7	DAT0	I/O/PP	数据线[Bit 0]	DO	O/PP	数据输出
8	DAT1	I/O/PP	数据线[Bit 1]	RSV		
9	DAT2	I/O/PP	数据线[Bit 2]	RSV		

注：

1. S：电源；I：输入；O：推挽输出；PP：推挽 I/O。
2. 扩展的 DAT 线（DAT1~DAT3）在上电后是输入。它们在执行 SET_BUS_WIDTH 命令后作为 DAT 线操作。当不使用 DAT1~DAT3 线时，主机应使自己的 DAT1~DAT3 线处于输入模式。这样定义是为了与多媒体卡保持兼容。
3. 上电后，这条线是带 50KΩ 的上拉输入线（可以用于检测卡或选择 SPI 模式）。用户可以在正常的数据传输中用 SET_CLR_CARD_DETECT（ACMD42）命令断开上拉电阻的连接。

每张卡都有一组消息寄存器（见第五章 SD 存储卡物理层规范的介绍）：

表 2 SD 存储卡寄存器

名称	宽度	描述
CID	128	卡的 ID；用于识别卡的 ID。强制。
RCA ¹	16	相对的卡地址；卡的本地系统地址，由卡动态指出而且在初始化过程中被主机认可。强制。
DSR	16	驱动器级寄存器；配置卡的输出驱动器。可选。

CSD	128	卡的专用数据；关于卡的操作情况信息。强制。
SCR	64	SD 配置寄存器；关于 SD 存储卡的专用特性信息。强制。
OCR	32	操作情况寄存器。强制。

注：
1. RCA 寄存器在 SPI 模式下不可用。

主机可以通过打开 / 关闭卡的电源对卡进行复位。每张卡都有自己的上电检测电路，使卡在上电后无需外部复位信号就能进入定义的状态。卡只能通过主机发送的 GO_IDLE (CMD0) 命令复位。

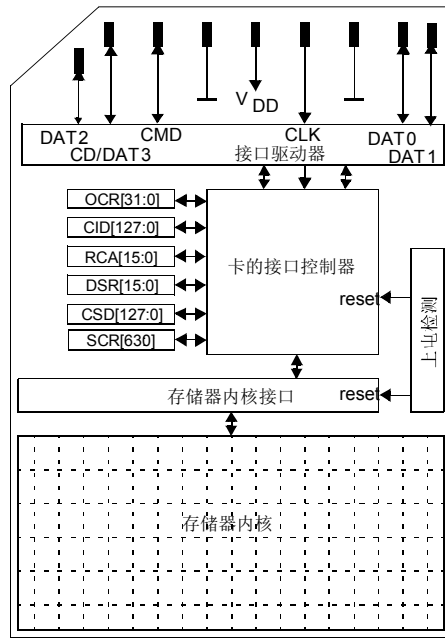


图 14 SD 存储卡的体系结构

3.4 与多媒体卡兼容

SD 存储卡协议是多媒体卡协议¹的父集。主要添加了宽总线选项和内容保护支持（细节请参考表 3）。设计能支持这两种类型卡的主机系统非常简单。它的目的是使应用设计者使用已有的多媒体卡，除非应用不能在快速的数据传输速率（宽总线）或内容保护的情况下运行。

表 3 SD 存储卡与多媒体卡特性集的差别

	SD 存储卡	多媒体卡	注释
总线宽度	1 位或 4 位	只有 1 位	
系统的总线组织（连接多张卡）	星形拓扑结构	总线拓扑结构	
初始化命令	CMD0 ACMD41 CMD2 CMD3	CMD0 CMD1 CMD2 CMD3	在多媒体卡中，所有卡同时用 OD 驱动器发送 CMD1 和 CMD2。在 SD 存储卡中，卡的复位和

¹ 在多媒体卡系统规范 V2.11 中定义，由 MMCA 技术协会发布。

			识别都独立进行，而且 RCA(CMD3)由卡指定。
操作命令	SEND_NUM_WR_BLOCK SET_WR_BLK_COUNT		SD 卡提供两个新的命令 改善 写 性能 (ACMD23、ACMD22)
最大的时钟速率	25MHz	20MHz	
版权保护	支持（在只读型卡中可选）	不支持	
写保护开关	支持	不支持	当在 SD 存储卡槽中插入多媒体卡时，通常能识别出这是一张无写保护的卡（窗口关闭）
引脚#1 的特性	有卡的内部上拉电阻	定义为“不连接”	在 SD 存储卡中引脚#1 可以用于检测卡
CSD 结构	与 MMC 不同（主要是扇区大小 / 组不同）		
CID 结构	与 MMC 不同		SD 卡的生产日期字段更大。产品 ID 字段更小。
SPI 读/写多块	支持	不支持	
流的读 / 写模式	不支持	支持（可选）	SD 存储卡支持单块和多块的读 / 写操作。
I/O 模式	不支持	支持（可选）	SD 存储卡不支持 I/O（中断）模式

在增加的内容中 SD 存储卡和多媒体卡的唯一差别是总线拓扑结构和初始化协议。多媒体卡连接在相同的总线上，通过开漏输出的同步传输来识别，SD 存储卡与主机有独立的点对点连接，而且一次连续识别所有卡（请参考表 4 SD 存储卡和多媒体卡命令集之间的比较。SD 存储卡协议命令的详细介绍请参考第 4 章）。

SD 协议定义的初始化过程用于识别当前已经连接到总线的多媒体卡或 SD 存储卡。在检测到卡后，主机执行初始化过程并在识别出已知类型的卡后结束。

一旦卡被初始化，应用可以通过查询各个配置寄存器确定卡的性能，并确定是否使用它。

SD 存储卡的物理尺寸比多媒体卡薄（前者是 2.1mm，后者是 1.4mm；请参考第 9 章），但它的定义方式使多媒体卡可以插入 SD 存储卡的插槽。注意：由于多媒体卡与 SD 卡焊盘布局的机械定义之间有微小的差别，这就要求 SD 主机在不使用 DAT1~DAT3 时可以使自己的 DAT1~DAT3 线处于输入模式（三态）。

SD 存储卡有三种不同的卡检测机制（即：用 WP 开关检测卡的机械插入、用 DAT3 的上拉电阻检测卡的电气插入和周期尝试初始化卡）。由于这些方式对于多媒体卡来说无关的（或操作不同），因此建议不要只是依赖卡的占先式检测方式。主机应实现查询机制或允许用户请求卡的识别。

表 4 命令比较表

类	CMD	SD 存储卡	多媒体卡	注释
第 0 类	CMD0	CMD0(强制)	CMD0	命令相同
	CMD1	保留	CMD1	在 SD 存储卡中 ACMD41 用于替代 CMD1
	CMD2	CMD2(强制)	CMD2	相似的命令, 除了用于发送卡响应的缓冲类型。(SD 存储卡: 推挽; 多媒体卡: 开漏)
	CMD3	CMD3(强制)	CMD3	在两种协议中, 这个命令都用于向卡分配逻辑地址。在多媒体卡中分配的是主机地址, 在 SD 存储卡中分配的是卡的责任。
	CMD4-10	CMD4-10(强制)	CMD4-10	命令相同
第 1 类	CMD11	保留	CMD11	SD 存储卡不支持流访问
第 0 类	CMD12-15	CMD12-15(强制)	CMD12-15	命令相同
第 2 类	CMD16-19	CMD16-19(强制)	CMD16-19	命令相同
第 3 类	CMD20	保留	CMD2	SD 存储卡不支持流访问
	CMD21-23	保留	保留	所有都保留
第 4 类	CMD24-27	CMD24-27(可写卡强制)	CMD24-27	命令相同
第 6 类	CMD28-31	CMD28-31(可选)	CMD28-31	命令相同
第 5 类	CMD32-33	CMD32-33(可写卡强制)	CMD32-33	命令相同
	CMD34-37	保留	CMD34-37	SD 存储卡不支持 TAG 和组擦除命令。
	CMD38	CMD38(可写卡强制)	CMD38	命令相同
第 9 类	CMD39-41	保留	CMD39-41	SD 存储卡不支持 I/O 模式
第 7 类	CMD42-54	CMD42-54(可选)	CMD42-54	命令相同
第 8 类	CMD55-56	CMD55-56(强制)	CMD55-56	命令相同
	CMD60	CMD60-63	CMD60-63	

	-63	(为厂商保留)	(为厂商保留)	
--	-----	---------	---------	--

4. SD 存储卡的功能介绍

本章在物理层规范的简化版被忽略。

5. 卡的寄存器

本章在物理层规范的简化版被忽略。

6. SD 存储卡的硬件接口

本章在物理层规范的简化版被忽略。

7. SPI 模式

本章在物理层规范的简化版被忽略。

8. SD 存储卡的机械规范

本章介绍了 SD 存储卡的机械和机电特性，此外还介绍了 SD 存储卡连接器的最小标准 (minimal recommendations)。所有技术草案都遵守 DIN ISO 标准。

卡外壳的作用是：

- 保护芯片；
- 简化终端用户的处理；
- 电气互连可靠；
- 写保护 / 卡检测性能可靠；
- 可以贴上文本信息和图像；
- 外观吸引。

连接器的功能包括：

- 连接和固定卡；
- 提供卡与系统板的电气互连；
- 写保护 / 卡检测指示；
- 可选：开 / 关电源；
- 防止反向插入卡。

8.1 卡的外壳

下面部分介绍卡外壳的应有特性。

8.1.1 外部信号的触点 (ESC)

表 5 SD 存储卡的外壳——外部信号触点

ESC 的数量	9
与前沿的距离	1.2 mm
ESC 间距	2.5mm
触点尺寸	1.7mm x 4.0mm
电阻	30 mΩ (最差情况：100 mΩ)

微型中断 (micro interrupts)	< 0.1 μ s
-------------------------	---------------

8.1.2 设计规格

表 6 SD 存储卡的外壳——尺寸

SD 存储卡的外壳尺寸	24mm x 32mm; (最小: 23.9mm x 31.9mm; 最大: 24.1mm x 32.1mm) 其他尺寸见图 15。根据 MIL STD 883, Meth 2016 测试。
厚度	“互连区”: 2.1mm \pm 0.15mm 或 1.4 \pm 0.15mm(薄 SD 卡)。 “衬底区”: 最大 2.25mm 或最大 1.55mm (薄 SD 卡) ——见图 17
标签或可打印区	只能在“衬底区”内。见图 17。
表面	平坦 (除了触点区)
边沿	边沿平滑, 见图 16 和图 17。
反向插入	由左角 (上视图) 防止, 见图 19。
ESC 触点的位置	沿着在短边沿的中间

8.1.3 可靠性和耐用性

表 7 可靠性和耐用性

温度	工作温度: -25°C / 85°C (Target spec) 存储温度: -40°C (168h) / 85°C (500h) 结点温度: 最高 95°C
湿度和腐蚀	工作: 25°C /相对湿度 95% 存储: 40°C /相对湿度 93% (/500h) 盐水喷射: 3% NaCl/35C; 24h acc. MIL STD Method 1009
耐用性	10,000 插入周期; 测试程序: tbd
抗弯性 (注 1)	10N
扭矩 (注 1)	0.15N.m 或 \pm 2.5 deg.
跌落试验	从 1.5m 自由降落
UV 射线曝光	根据 ISO 7816-1, UV:254nm,15Ws/cm ²
视觉检验形状 (注 1)	无扭曲; 无注模印痕; 形状完整; 轮廓内无洞, 表面平滑 ≤ -0.1 mm/cm ² ; 无裂缝; 无玷污物 (如脂肪、油污等)。
WP 开关的最小拨动力量	40gf (确保 WP 开关在插入连接器后不会滑动)。
WP 开关的周期	最小 1000 个周期 (拨动力量为 0.4N~5N)

注:

1. SDA 推荐的扭矩、抗弯性和扭曲等测试方式在独立的应用文档中介绍。

8.1.4 静电放电 (ESD) 的要求

ESD 测试应根据 IEC61000-4-2 进行。

要求的 ESD 参数包括:

(1) 人体模型: \pm 4KV 100pf / 1.5 K Ω ;

(2) 机械模型: \pm 0.25KV 200pf / 0 Ω 。

触点焊盘: \pm 4kV, 人体模型根据 IEC61000-4-2。

非触点焊盘的区域:

±8kV (耦合平面放电);

人体模型根据 IEC61000-4-2。

SDA 的推荐的非触点 / 空气放电测试方式在独立的应用文档中介绍。

8.1.5 品质保证

每张卡独立的 ID 号可以确保产品的可跟踪性。

8.2 机械外形参数

下面的三张技术草图定义了厚度为 $2.1 \pm 0.15\text{mm}$ 的 SD 存储卡外壳（薄 SD 存储卡的图请参考 8.4 节）。

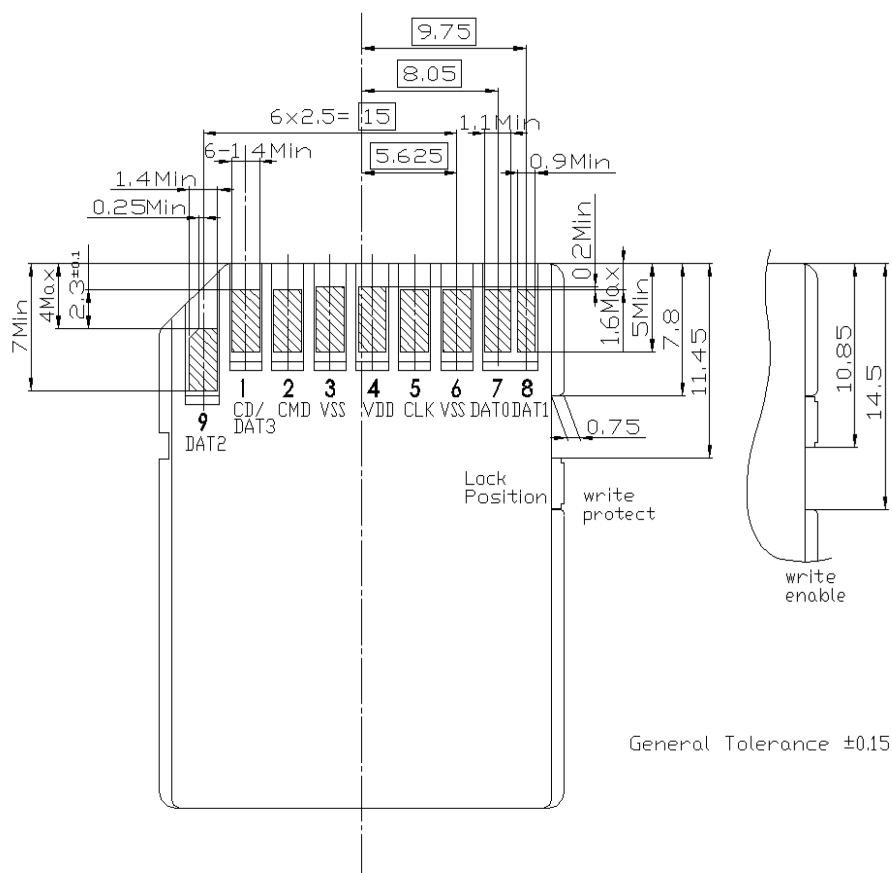


图 15 SD 存储卡——机械描述 (1)

注意，对于所有 SD 存储卡（包括薄 SD 存储卡）的机械描述：

1. 用包含在矩形中的数字表示与基准线之间的距离。这些值只是提供一些信息（给出的一般容差与它们无关）。

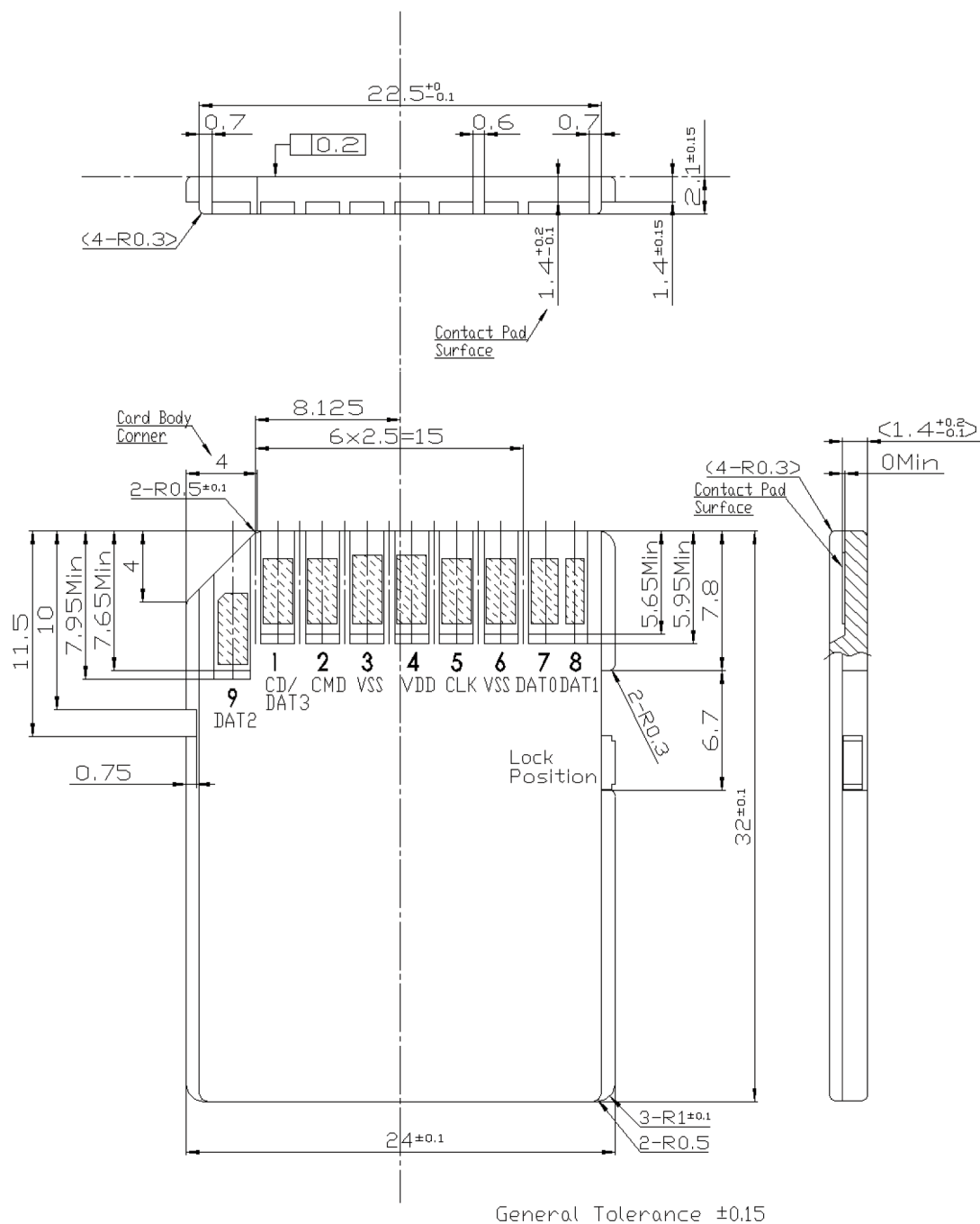
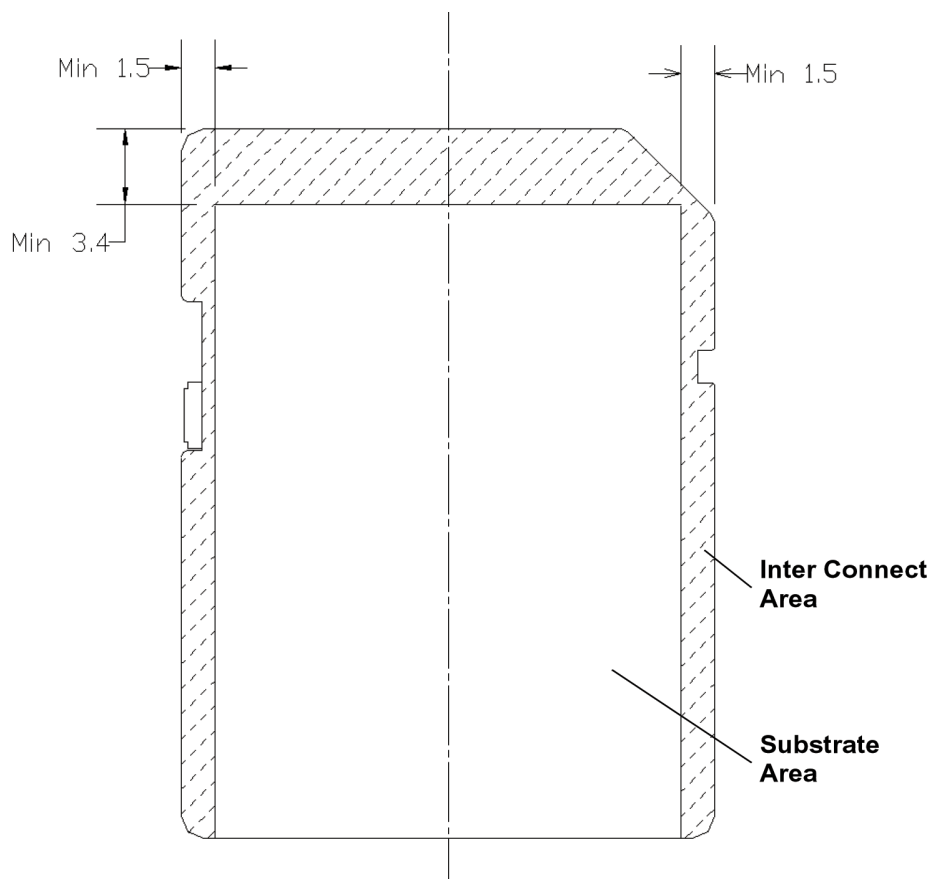


图 16 SD 存储卡——机械描述（2）

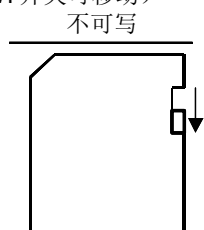


注：请参考表 6 对“衬底”和“互连”区的介绍

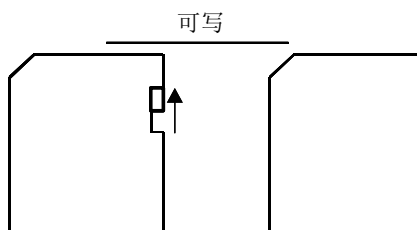
图 17 SD 存储卡——机械描述（3）

图 18 显示了在各种情况下和不同的卡类型中写保护开关的位置。

R/W卡（WP开关可移动）

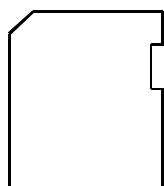


将WP开关推到下面



将WP开关推到上面 这是不支持WP开关的1.4mm卡。

ROM卡（WP区固定）



它的形状与没有WP开关的R/W卡相同。

图 18 各种情况下和不同的卡类型中的 WP 开关定义

8.3 系统：卡和连接器

连接器的介绍不在本文档的范围内。但是我们推荐连接器至少包含保证写保护和卡检测、热插拔和防止反向插入的功能。

8.3.1 卡的热插拔

要保证在热插拔过程中卡被可靠地初始化，主机必须采取某些措施。例如，用支持热插拔的卡连接器保证按正确的顺序连接卡的引脚。

卡的触点连接有三个步骤：

1. 地 V_{SS} （引脚 3）和电源电压 V_{dd} （引脚 4）。
2. CLK、CMD、DAT0、DAT1、DAT2 和 V_{SS} （引脚 6）。
3. CD / DAT3（引脚 1）。

当插入卡时，首先连接引脚 3 和 4，在拔出卡时最后断开引脚 3 和 4。

8.3.2 反向插入

SD 存储卡和连接器的斜角防止反向插入。

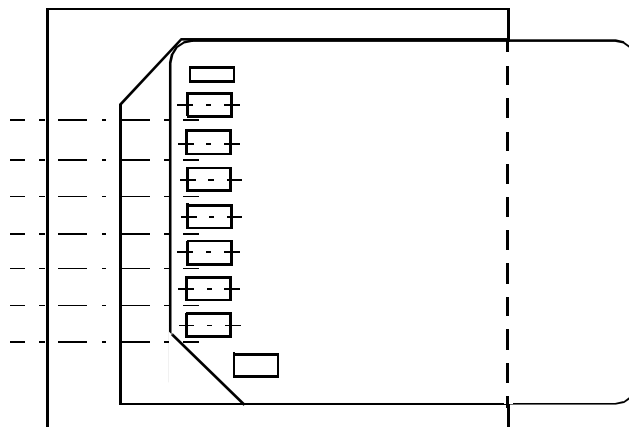


图 19 反向插入

8.3.3 卡的方向

为了在讨论卡的三个空间方向上统一术语，我们规定无触点焊盘的一面（带卡标签的一面）是卡的上面，有触点焊盘的是卡的下面。

8.4 薄（1.44mm）SD 存储卡

还有一种 SD 存储卡适用于极小型的应用。

“薄 SD 存储卡”除了比 SD 存储卡更薄外，其外形与 SD 存储卡相似（见 8.2 节的介绍）。“薄 SD 存储卡”的厚度是 $1.4\text{mm} \pm 0.15\text{mm}$ 。

图 20、图 21 和图 17 是薄 SD 存储卡的机械图。

注：尽管图中出现 WP 开关，但是它对于薄 SD 存储卡来说是可选的。

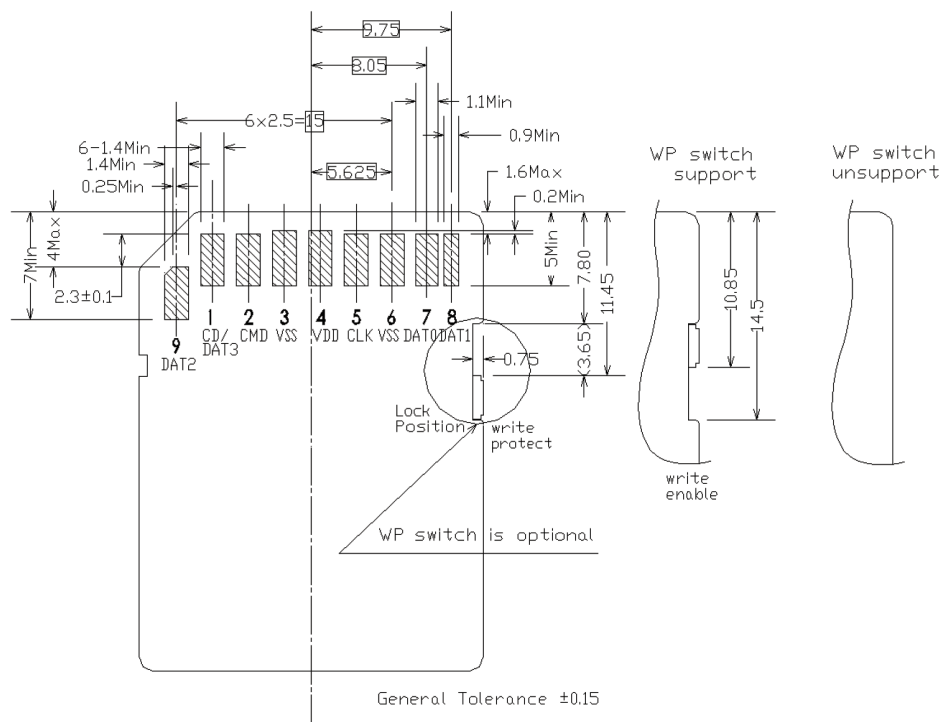


图 20 薄 SD 存储卡的机械图

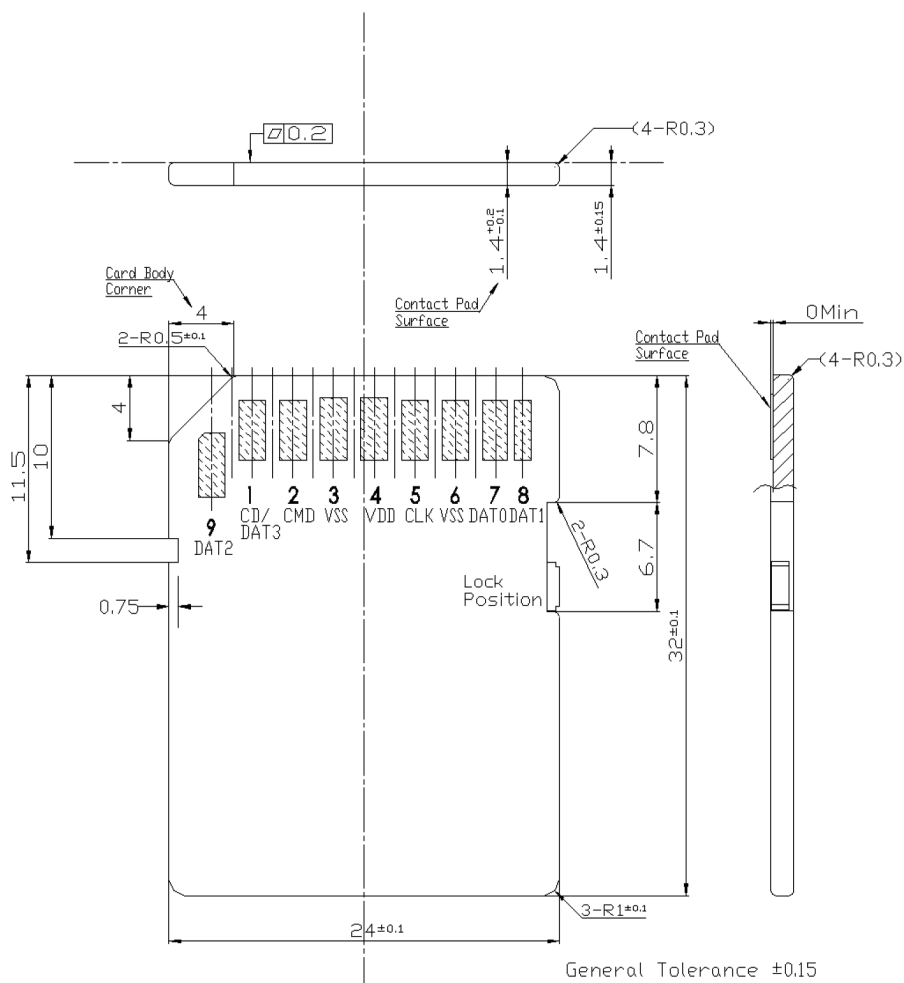


图 21 薄 SD 存储卡的机械图

9. 附录

本章在物理层规范的简化版被忽略。

10. 缩写和术语

block	块。许多字节，是基本的数据传输单位。
broadcast	广播。在 SD 总线上，发送给所有卡的命令。
CID	卡的 ID 号寄存器。
CLK	时钟信号。
CMD	命令线或 SD 总线的命令（如果被扩展为 CMDXX）。
CRC	循环冗余校验。
CSD	卡的专用数据寄存器。
DAT	数据线。
DSR	驱动器级寄存器。
ECC	错误修正代码。
Flash	一种可多次编程的非易失性存储器。
group	组。由许多扇区组成的擦除和写保护区。
LOW, HIGH	低电平，高电平。被分配为指定电平的两种接口状态。
NSAC	定义了最差情况下数据访问时间的时钟速率相关因素。
MSB, LSB	最高位或最低位。
MTP	可多次编程的存储器
OCR	操作情况寄存器
OTP	一次编程的存储器
payload	有效负载。净数据。
push-pull	推挽。逻辑接口的操作模式，一对互补的晶体管将接口电平推为高或低。
RCA	相关的卡地址寄存器
ROM	只读存储器。
Sector	扇区。许多块，是基本的擦除单位。
stuff bit	填充位。填充位以确保命令和响应帧的长度固定。
SPI	串行外设接口。
TAAC	定义了数据访问线的实际相关因素。
tag	标签。用于选择擦除组或扇区的标记。
TBD	待（以后）确定。
three-state driver	三态驱动器。驱动级有三种输出状态：高电平、低电平和 高阻（表示接口对接口电平没有任何影响）。
Token	令牌。表示一个命令的代码字。
V _{DD}	正电源。
V _{SS}	电源地。