

SD NAND 存储功能描述（12）时钟控制和 CRC

时钟控制

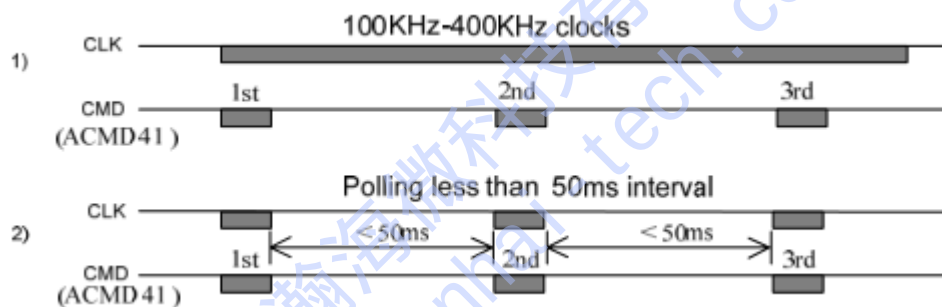
主机可以使用 SD Memory Card 总线时钟信号将卡切换到节能模式或控制总线上的数据流(以避免欠运行或过运行)。主机不允许降低时钟频率或关闭时钟。

例如,在具有 512 字节数据缓冲区的主机希望将数据传输到具有 1kbyte 写块的卡的情况下。因此,为了保持所有数据的连续传输,从卡的角度来看,到卡的时钟应该在第一个 512 字节之后停止。然后,主机将用另一个 512 字节填充其内部缓冲区。在主机中写块的后半部分准备好后,它将通过重新启动时钟电源继续向卡传输数据。这样,卡就不能识别数据传输中的任何中断。有一些限制是 HOST 应该考虑的:

总线频率可随时更改(受最大数据传输频率和规范文件定义的识别频率的限制)。

上述豁免是 ACMD41 (SD_APP_OP_COND)。发出 ACMD41 命令后,由主机执行以下 1)或 2)程序,直到卡准备就绪。

1)发出 100 KHz-400 KHz 频率范围内的连续时钟。如果主机想要停止时钟,则通过 ACMD41 命令以小于 50 ms 的间隔轮询忙位。



这是一个明显的要求,时钟应该运行的卡输出数据或响应令牌。在最后一次 SD 存储卡总线事务之后,要求主机在关闭时钟之前提供 8(eight)个时钟周期供卡完成操作。以下是各种总线事务的列表:没有回应的命令。

8 个时钟主机命令结束位之后。带有响应的命令。

8 个时钟在卡响应结束位之后。读数据事务。

8 个时钟在最后一个数据块的结束位之后。写数据事务。

8 人时钟在 CRC 状态令牌之后。允许主机关闭“忙”卡的时钟。

无论主机时钟如何,卡都将完成编程操作。但是,主机应该为卡提供一个时钟边缘来关闭它的忙音信号。如果没有时钟边缘,卡(除非先前通过取消选择命令 cmd7 断开连接)将永远迫使 DAT 线向下。

CRC (Cyclic Redundancy Code)

CRC 旨在保护 SD 存储卡命令、响应和数据传输,防止 SD 存储卡总线上的传输错误。为每个命令生成一个 CRC,并检查 CMD 行上的每个响应。对于数据块,每个传输的块生成一个 CRC。

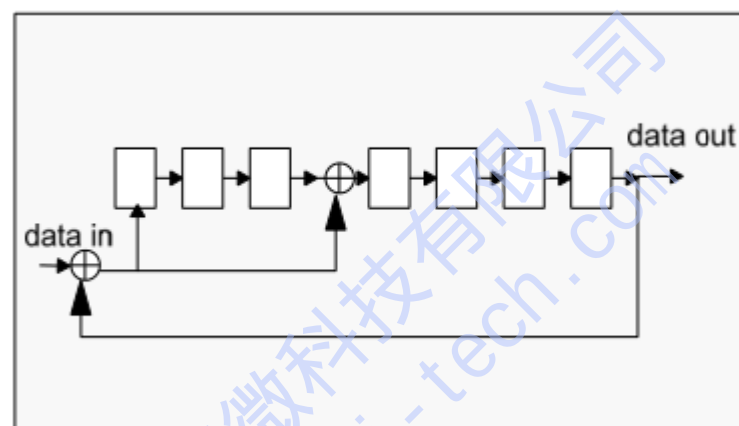
生成并检查 CRC，如下所述。

CRC7

CRC7 检查用于所有命令、除类型 R3 之外的所有响应以及 CSD 和 CID 寄存器。CRC7 是一个 7 位值，计算方法如下：

$$\begin{aligned}\text{Generator polynomial: } G(x) &= x^7 + x^3 + 1. \\ M(x) &= (\text{first bit}) * x^n + (\text{second bit}) * x^{n-1} + \dots + (\text{last bit}) * x^0 \\ \text{CRC}[6\dots0] &= \text{Remainder} [(M(x) * x^7)/G(x)]\end{aligned}$$

第一个位是对应的位串(命令、响应、CID 或 CSD)的最左边的位多项式的阶 n 是 CRC 保护位的个数减少 1。命令和响应($n = 39$)需要保护的比特数为 40, CSD 和 CID ($n = 119$)需要保护的比特数为 120。



CRC7 Generator/Checker

CRC7 例子

命令/响应的 CRC 部分被保留。

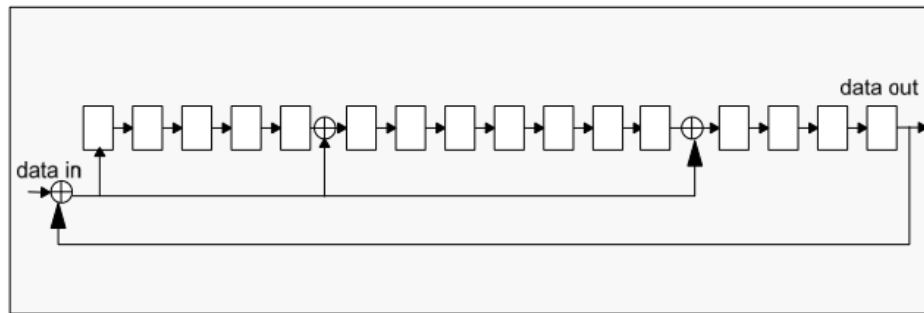
```
CMD0 (Argument=0) --> 01 000000 000000000000000000000000000000000000 "1001010" 1
CMD17 (Argument=0) --> 01 010001 000000000000000000000000000000000000 "0101010" 1
Response of CMD17 --> 00 010001 00000000000000000000000001001000000000 "0110011" 1
```

CRC16

在使用一条 DAT 线路的情况下，CRC16 用于块传输模式下的有效负载保护。CRC 校验和是一个 16 位的值，计算方法如下：

$$\begin{aligned}\text{Generator polynomial } G(x) &= x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \\ M(x) &= (\text{first bit}) * x^n + (\text{second bit}) * x^{n-1} + \dots + (\text{last bit}) * x^0 \\ \text{CRC}[15\dots0] &= \text{Remainder} [(M(x) * x^{16})/G(x)]\end{aligned}$$

第一个位是相应块的第一个数据位。多项式的度 n 表示数据块的位数减少 1 (例如，块长度为 512 字节时为 e.g. $n = 4095$)。发生器多项式 $G(x)$ 是一个标准的 CCITT 多项式。代码的最小距离为 $d-4$ ，用于负载长度为 2048 字节 ($n \leq 16383$)。在单数据线模式和宽总线模式下应使用相同的 CRC16 方法在宽总线模式下，CRC16 在每条线路上分别完成。



CRC16 Generator/Checker

CRC16 例子

512 字节的 0xFF data-->CRC16=0x7FA1

错误条件

CRC 与非法命令

所有命令都由 CRC (cyclic redundancy check) 位保护。如果地址卡的 CRC 检查失败，则该卡不响应，命令不执行。卡不改变它的状态，并且在状态寄存器中设置了 **COM CRC ERROR** 位。同样，如果接收到非法命令，卡将不改变其状态，不响应，并在状态寄存器中设置 **ILLEGAL_COMMAND** 错误位。状态图中只显示非错误状态分支。下表给出了完整的状态转换描述。

非法命令有不同的类型:属于卡不支持的类的命令(如: 只读卡中的写入命令)。

当前状态下不允许的命令(如: **CMD2** 处于传输状态)。

未定义的命令(如: **CMD5**)。

	current state									
	idle	ready	ident	stby	tran	data	rcv	prg	dis	ina
"Operation Complete"	-	-	-	-	-	tran	tran	tran	stby	-
class 0										
CMD0	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	-
CMD2	-	ident	-	-	-	-	-	-	-	-
CMD3	-	-	stby	stby	-	-	-	-	-	-
CMD4	-	-	-	stby	-	-	-	-	-	-
CMD7, card is addressed	-	-	-	tran	-	-	-	-	prg	-
CMD7, card is not addressed	-	-	-	stby	stby	stby	-	dis	-	-
CMD8	idle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CMD9	-	-	-	stby	-	-	-	-	-	-
CMD10	-	-	-	stby	-	-	-	-	-	-
CMD11	-	ready	-	-	-	-	-	-	-	-
CMD12	-	-	-	-	-	tran	prg	-	-	-
CMD13	-	-	-	stby	tran	data	rcv	prg	dis	-
CMD15	-	-	-	ina	ina	ina	ina	ina	ina	-
class 2										
CMD16	-	-	-	-	tran	-	-	-	-	-
CMD17	-	-	-	-	data	-	-	-	-	-
CMD18	-	-	-	-	data	-	-	-	-	-
CMD19	-	-	-	-	data	-	-	-	-	-
CMD20	-	-	-	-	prg	-	-	-	-	-
CMD23	-	-	-	-	tran	-	-	-	-	-
class 4										
CMD16					see class 2					
CMD20	-	-	-	-	prg	-	-	-	-	-
CMD23	-	-	-	-	tran	-	-	-	-	-
CMD24	-	-	-	-	rcv	-	-	-	-	-
CMD25	-	-	-	-	rcv	-	-	-	-	-
CMD27	-	-	-	-	rcv	-	-	-	-	-
class 6										
CMD28	-	-	-	-	prg	-	-	-	-	-
CMD29	-	-	-	-	prg	-	-	-	-	-
CMD30	-	-	-	-	data	-	-	-	-	-
class 5										
CMD32	-	-	-	-	tran	-	-	-	-	-

