

به نام خدا

معرفی کارت SD

نویسنده

anny_el2005@yahoo.com

کلمات کلیدی

کارت حافظه SD.

چکیده

این مقاله شامل اطلاعات مورد نیاز برای ایجاد ارتباط با کارت های حافظه ی SD می باشد .



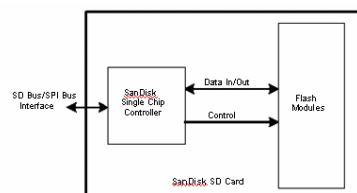
۱. معرفی کارت SD

کارت دیجیتالی ایمن کارت حافظه ای بر مبنای فلش می باشد که برای دستیابی به نیازهای امنیت ، ظرفیت ، اجرا و ملزومات اصلی محیطی که در وسایل الکترونیکی جدید لازم است، طراحی شده است. کارت SD شامل مکانیزم حمایت از قانون کپی می باشد که با استاندارد SDMI مطابقت دارد و از حافظه های دیگر سریع تر و مطمئن تر عمل می کند. سیستم امنیت کارت SD از تصدیق دو طرفه و الگوریتم رمز گزاری برای جلوگیری از استفاده های غیر قانونی ، استفاده می کند . یک نوع دستیابی غیر مطمئن به محتوای داده ی خود کاربر امکان پذیر است .

ارتباط کارت SD بر مبنای ۹ پین ارتباطی (کلاک ، دستور ، ۴ خط داده و ۳ خط تغذیه) برای کار با ولتاژ پایین ، طراحی شده است. پروتکل ارتباطی به عنوان بخشی از این مشخصه تعریف شده است. HOST کارت SD عملیات کارت MMC را هم پشتیبانی می کند. به بیان دیگر مطابقت آن با کارت مولتی مدیا در نظر گرفته شده است. تفاوت اصلی کارت SD و مولتی مدیا در مراحل مقدار دهی اولیه می باشد.

ارتباط کارت SD هماهنگی با هر طراحی ، به جز میکرو پروسور ها را امکان پذیر می سازد. برای سازگاری با کنترلر ها SanDisk SD Card رابط کارت SD را پیشنهاد می کند که پروتکل ارتباطی را که بر مبنای استاندارد SPI است ، را تغییر دهند.

کارت SD معمول تا سقف ۱۰۲۴ میلیون بایت حافظه را با استفاده از تراشه های حافظه ی فلش ، که برای کاربرهایی که نیاز به حجم وسیعی از ظرفیت دارند ، طراحی شده است ، فراهم می سازد. علاوه بر ظرفیت کارت SD شامل یک کنترلر هوشمند روی خود می باشد که پروتکل های ارتباطی، الگوریتم های امنیتی برای محافظت از حق کپی و ذخیره و بازیابی داده و... را مدیریت می کند.



شکل ۱-۱ بلوک دیاگرام کارت SD

۱-۱. انواع مدل های کارت SD

کارت با ظرفیت های نشان داده شده در جدول زیر موجود است :

Model No.	Capacities
SDSDB-16	16 MB
SDSDB-32	32 MB
SDSDJ-64	64 MB
SDSDJ-128	128 MB
SDSDJ-256	256 MB
SDSDJ-512	512 MB
SDSDJ-1024	1024 MB

جدول ۱-۱ ظرفیت های کارت حافظه

۱-۲. ویژگی های سیستم

کارت SD امکانات زیر را فراهم می سازد:

ذخیره ی داده تا سقف 1GB

سازگاری با پروتکل کارت SD

پشتیبانی از مد SPI

هدفمند شده برای کاربرهای متحرک و ثابت برای ذخیره ی ایمن و غیر ایمن داده (حمایت از حق کپی) محدودده ی ولتاژ:

(۱) ارتباط های اولیه (CMD0, CMD15, CMD55, ACMD41) : 2.0 3.6 V

(۲) سایر دستورات و دستیابی به داده 2.0 3.6V.

- سرعت کلاک متغیر 25MHZ
- سرعت انتقال داده تا سقف ۱۲،۵ مگابایت بر ثانیه (با استفاده از ۴ خط داده ی موازی)
- ماکزیمم سرعت با حداکثر ۱۰ کارت
- تصحیح خطاهای فیلد حافظه
- مکانیزم حمایت از حق کپی
- حفاظت کارت ها با رمز عبور
- ویژگی حفاظت از نوشتن با استفاده از سوئیچ مکانیکی
- ویژگی های حفاظت از نوشتن داخلی

- شناسایی کارت (الحاق و یا برداشت)
- دستورات خاص کاربردی
- مکانیزم ساده ی پاک کردن

۱-۳. شرح عملیات

۱-۳-۱. استقلال تکنولوژی فلش

اندازه ی بخش 512 بایتی کارت SD مانند درایو دیسک مغناطیسی IDE است. برای نوشتن یا خواندن یک بخش (یا چند بخش) نرم افزار کامپیوتر host یک دستور خواندن یا نوشتن به SD را صادر می کند. این دستور شامل آدرس می باشد. نرم افزار host سپس منتظر دستور تکمیل شدن می ماند. نرم افزار host درگیر جزئیات چگونگی پاک شدن، برنامه ریزی شدن یا خواندن حافظه ی فلش نمی شود. این خیلی مهم است که وسایل فلش در آینده بسیار پیچیده تر می شوند. به این دلیل که حافظه ی فلش یک کنترلر on-board را به کار می برد، نرم افزار سیستم host نیازی به تغییر - مانند حافظه ی فلش جدیدی که باز می شود. ندارد. به عبارت دیگر، سیستم هایی که امروزه کارت SD را پشتیبانی می کنند، قادر خواهند بود که به ساختمان کارت های Scan Disk SD آینده با استفاده از تکنولوژی فلش جدید دستیابی پیدا کنند بدون اینکه نیازی به Update شدن و یا تغییر نرم افزار host داشته باشند.

۱-۳-۲. مدیریت خطا یا نقص

کارت های SD شامل یک سیستم مدیریت نقص و خطای پیچیده است. این سیستم قابل قیاس با سیستم هایی است که در درایوهای دیسک های مغناطیسی در بسیاری از موارد که افزایش را پیشنهاد می کند، است. برای مثال درایوهای دیسک نوعاً خواندن بعد از نوشتن را انجام نمی دهند که صحت نوشتن دیتا را تأیید کند که به خاطر پایین آمدن بازده است و قابل حل نمی باشد. کارت SD خواندن پس از نوشتن را با شرایط حاشیه ای برای اثبات درست نوشته شدن داده، انجام می دهد. در موارد نادر که یک بیت ناقص پیدا می شود. کارت های SD این بیت را با یک بیت ذخیره در سکتور Header جایگزین می کند. اگر لازم باشد کارت های SD حتی یک سکتور بی عیب را با یک سکتور ذخیره، تعویض می کند. برای host مشخص است و نیازی به استفاده از فضای داده ی کاربر ندارد. مشخصه ی سرعت خطای نرم (Soft) ، از مشخصه درایو دیسکهای مغناطیسی بهتر است. در موارد بسیار نادر که یک اشتباه خواندن رخ می دهد، کارت های SD الگوریتمهای ابداعی برای بازیابی داده دارند. این روند شبیه سعی های مجدد در درایو دیسک می باشد. ولی بسیار پیچیده تر است. آخرین خط دفاع به

کارگیری ECC قوی برای تصحیح خطا می باشد. اگر ECC برای بازیابی اطلاعات به کار رود، بیت های خراب با بیت های ذخیره جایگزین می شوند. تا مطمئن شویم که آنها در آینده مشکلی پدید نمی آورند. این سیستم های مدیریت خطا و نقص که جفت شده ، به کارت های SD قابلیت اعتماد بی نظیری می بخشد.

۱-۳-۳. حمایت از حق نشر

توضیح کامل مکانیزم حمایت از حق نشر و دستورات امنیت مرتبط با آن در کارت SD ، در مدارک مشخصه ی امنیت کارت SD انجمن کارت SD یافت می شود. همه ی دستورات مرتبط با امنیت کارت SD در مد انتقال داده کار می کنند.

همان طور که در مشخصه ی SDMI بیان شده است، مندرجات داده که در کارت ذخیره شده است قبلاً به طور رمز شده ذخیره گردیده است و آن را به طور واضح به کارت و یا از آن انتقال می دهد. هیچ عملیاتی روی دیتا انجام نمی شود و هیچ محدودیتی برای خواندن در هر زمانی وجود ندارد.

همگام با هر بسته اطلاعاتی (به طور مثال، ترانه) که در حافظه ی بدون پشتیبانی (حفاظت) ذخیره می شود ، اطلاعات خاصی وجود دارد که در محل حافظه ی حفاظت شده ، ذخیره می گردد. برای هر دسترسی (اعم از دستور خواندن نوشتن و یا پاک کردن، از یابه آن دیتا در محل حفاظت شده وجود دارد). برای تایید آن، یک روند بین کارت و وسیله متصل انجام می شود چه برای LeM (مثلاً PC) یا PD (وسیله ی قابل حمل مانند SD Player). بعد از آن که مراحل تصدیق انجام شد ، کارت آماده قبول دریافت اطلاعات از یا به وسیله ی متصل است. در زمانی که کارت در مد قابل اطمینان عملیات است (یعنی زمانی که تصدیق انجام شود)، آرگومان یا اطلاعات مرتبط که به کارت فرستاده شده اند یا از آن خوانده شده اند، پنهان می شوند. در آخر عملیات پاک کردن، نوشتن و یا خواندن کارت به طور خودکار از مد محافظت شده ی خود خارج می شود.

۱-۳-۴. تحمل (پایداری)

کارت San Disk SD دارای یک مشخصه ی تحمل برای هر سکتور تا ۱۰۰/۰۰۰ بار نوشتن است (خواندن یک سکتور منطقی نامحدود است). این بیشتر از آن چیزی است که تقریباً در همه ی کاربردهای کارتهای SD مورد نیاز است. بطور مثال استفاده ی زیاد از کارت SD در تلفن های Celluar ، ارتباطات شخصی، Pagerها و ضبط صدا تنها یک بخش از ظرفیت نهایی که بیشتر از عمر آن وسیله است را مصرف می کند. مثلاً، بیشتر از ۱۵ سال طول می کشد که یک قسمت از کارت SD که در یک فایل از هر اندازه ای (از 512 تا ظرفیت ماکزیمم) که ۳ بار در هر ساعت، ۸ ساعت در هر روز و 365 روز در هر سال نوشته شده است، فرسوده شود.

در کاربردهای نوعی، محدودیت تحمل، نگرانی کاربردی برای اکثریت زیادی از کاربران ایجاد نمی کند.

۱-۳-۵. Wear leveling

یک قسمت ذاتی از عملیات پاک کردن کل SD است که از حافظه ی NAND استفاده می کند. دستور wear leveling و کارت SD بعنوان یک عملیات Nop برای حفظ مطابقت رو به عقب با خدمات نرم افزار موجود، پشتیبانی می شود.

۱-۳-۶. کاربرد دستور پاک کردن

دستور پاک کردن Erase (سکتوری یا گروهی) قابلیت افزایش اساسی در عمل نوشتن روی کارت SD ایجاد می کند. وقتی که یک بار یک سکتور با استفاده از دستور Erase پاک شده است نوشتن روی آن سکتور سریع تر خواهد بود. این به این دلیل است که یک عملیات نوشتن معمولی شامل یک بخش جداگانه ی پاک کردن قبل از نوشتن است .

۱-۳-۷. حالت استراحت (خاموشی) اتوماتیک

یک ویژگی منحصر به فرد کارت San Disk SD و دیگر محصولات San Dick حالت ورود و خروج به حالت Sleep به طور اتوماتیک است. به محض تکمیل یک عملیات، کارت SD وارد حالت Sleep خواهد شد که این به منظور ذخیره انرژی صورت می گیرد ، به شرطی که در فاصله ی 5ms دستورات دیگری دریافت نشود. Host لازم نیست هیچ عملی را برای این منظور انجام دهد. در اغلب سیستم ها SD card در حالت Sleep می باشد مگر هنگامی که host در حال دسترسی به آن می باشد به این ترتیب انرژی ذخیره می شود.

هنگامی که host آماده ی دسترسی به SD می باشد ، SD در حالت Sleep باشد، هر دستوری که به SD فرستاده می شود، باعث خروج آن از حالت Sleep، و پاسخ دادن می شود.

۱-۳-۸. نصب سریع

پشتیبانی برای hot insertion روی host مورد نیاز خواهد بود ، اما باید در کانکتور نیز پشتیبانی شود. سازندگان کانکتور، کانکتورهایی تولید خواهند که پین های power با بلندی کافی خواهند داشت که بیش از اتصال سایر پین ها راه اندازی می شود . این رویکرد شبیه آن چیزی است در وسایلی نظیر PCMCIA و MMCA به منظور hot insertion به کار می رود .

۱-۳-۹. کارت SD – حالت SDBUS

بخش های بعدی اطلاعات با ارزش را در مورد SD کارت در حالت SD BUS به دست می دهد.

۱-۳-۹-۱. پیروی استاندارد SD card

SD card کاملاً تابع مشخصه ی 1.01 v استاندارد لایه ای فیزیکی SD card است. ساختار ثبت داده ی ویژه ی کارت (CSD) تابع ساختار CSD 1.0 می باشد.

۱-۳-۹-۲. توجیه شرایط عمل

SD کارت دنباله ی تحقیق شرایط عملیات تعیین شده در مشخصه ی استاندارد SD card را پشتیبانی می کند. اگر SD card host یک رنج ولتاژ عملیاتی را تعیین کند که با SD card پشتیبانی نشده است، کارت خودش را در شرایط غیر فعال قرار می دهد و از ارتباط باس صرف نظر می کند. تنها راه خارج کردن کارت از حالت غیر فعال با خاموش روشن کردن دوباره ی آن است. به علاوه، host می تواند با استفاده از دستور GO- INACTIVE- STATE کارت را به حالت غیر فعال بفرستد.

۱-۳-۹-۳. باس

کارت SD یک باس master و چند باس slave را شامل می شود. خطوط clock و Power معمولاً در همه کارت ها روی باس هستند. در طی فرآیند شناسایی، host به هر کارت به طور مجزا از طریق خطوط فرمان خودش دستیابی پیدا می کند. ثبات CID کارت های SD با یک شماره ی شناسایی کارت منحصر به فرد ، پیش برنامه نویسی شده است. به علاوه host. SD card نمی تواند ثبات CID کارت را با استفاده از دستور READ- CID SD card بخواند. ثبات CID در طی روند فرمت و تست کارت SD در هنگام ساخت برنامه نویسی می شود. میزبان کارت SD تنها می تواند این ثبات را بخواند و نمی تواند روی آن بنویسد.

مقاومت بالا کش داخلی روی خط DAT3 ممکن است برای شناسایی کارت (الحاق یا برداشتن) به کار رود. مقاومت می تواند در حین انتقال داده قطع شود (با استفاده از ACMD 42). روش های دیگر عملی ردیابی کارت ، در متون کاربردی مشخصه فیزیکی SD که توسط SDA ارائه شده است، قابل یافت است.

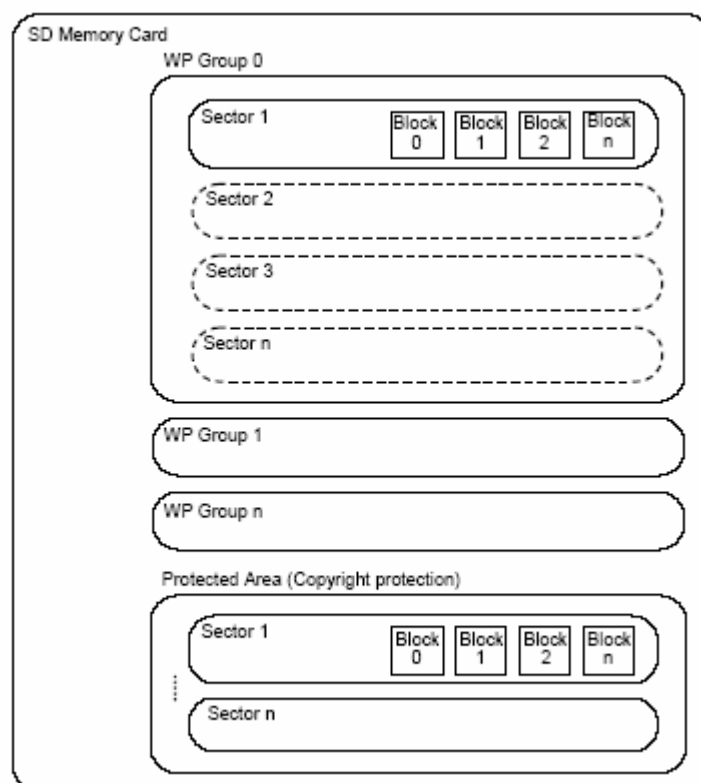
۱-۳-۹-۴. وضعیت کارت

وضعیت کارت به دو بخش زیر تقسیم می شود:

- وضعیت کارت در ثبات وضعیت 32 بیتی ذخیره می شود که به عنوان زمینه ی داده در پاسخ کارت به دستورات host فرستاده می شود. ثبات وضعیت اطلاعاتی را در زمینه ی وضعیت فعلی کارت و کدهای تکمیلی برای آخرین دستور host فراهم می آورد. وضعیت کارت می تواند به طور واضح با دستور SEND- STATUS خوانده شود.
- وضعیت کارت در 512 بیتی که به عنوان بلوک داده ی منفرد ذخیره می شود، پس از درخواست host که با استفاده از دستور (ACMD13) وضعیت SD صورت می گیرد، فرستاده می شود. SD- SATUS شامل بیت های تمديد شده ی وضعیت هستند که مربوط به عرض باس ها و بیت های مربوط به امنیت و کاربردهای خاص دیگر است.

۱-۳-۹. جزء بندی آرایه حافظه

واحد مبنای انتقال داده به یا از کارت SD یک بایت است. همه ی عملیاتهای انتقال داده که به اندازه بلوک نیاز دارند ، طول بلوک را به شکل ضرب اعداد صحیح از بایت ها توصیف می کند. بعضی از عملیاتهای خاص به جزء بندی دانه دانه نیاز دارند. شکل 1.2 جزء بندی آرایه ی حافظه را نشان می دهد.



شکل ۱-۲- جزء بندی آرایه حافظه

برای دستورات جهت دار بلوک تعریف های زیر به کار می رود:

- بلوک

واحدی که مربوط به دستورات خواندن و نوشتن بلوک گرا است. اندازه ی آن تعداد بایت هایی است که وقتی که یک دستور بلوک توسط میزبان فرستاده می شود ، ارسال می گردد. اندازه بلوک هم قابل برنامه ریزی و هم ثابت است. اطلاعات مربوط به اندازه های مجاز بلوک و برنامه ریزی در CSD ذخیره می شود. سلول به سلول پاک کردن واحدها معمولاً شبیه دستورات بلوک گرا نمی باشد.

- سکتور

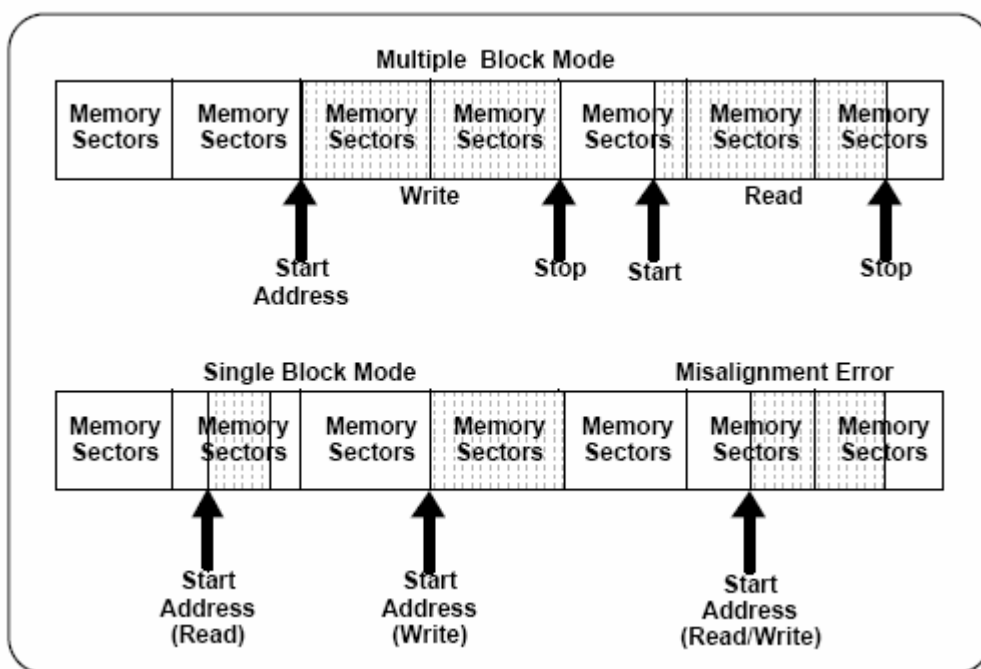
واحدی که مربوط به دستورات پاک شدنی است. اندازه ی آن تعداد بلوک هایی است که در یک بخش پاک می شوند. اندازه ی سکتور برای هر وسیله ثابت شده است. اطلاعات مربوط به اندازه ی سکتور (در بلوک ها) در CSD ذخیره می شود.

برای وسایلی که شامل حفاظت از نوشتن (write protection) هستند تعریف های زیر به کار می رود:

Wp Group: کوچکترین واحد که ممکن که امکان write protection مجزا را داشته باشد. اندازه ی آن تعداد گروه هایی است که توسط یک بیت write protection می شود. اندازه ی یک wp- group برای هر وسیله ثابت می شود. اطلاعات مربوط به اندازه در CSD ذخیره می شود.

۱-۳-۹-۶. عملیات خواندن و نوشتن

SD card دو حالت نوشتن و خواندن را مطابق شکل ۱-۳ پشتیبانی می کند.



شکل ۱-۳- فرمت های انتقال داده

حالت بلوک منفرد (تکی):

در این حالت host یک بلوک دیتا را با طول از پیش تعیین شده، می خواند و یا می نویسد. انتقال بلوک داده با ۱۶ بیت CRC پشتیبانی می شود. که این ۱۶ بیت توسط واحد فرستنده تولید می شود و توسط واحد گیرنده کنترل و چک می شود. طول بلوک برای عملیات خواندن توسط اندازه ی سکتور وسیله، محدود می شود (۵۱۲ بایت) اما می تواند به کوچکی یک بایت بشود. Misalignment (نامنظمی) مجاز نمی باشد. هر بلوک داده، باید در یک سکتور مجزا گنجانده شود. طول بلوک برای عملیات نوشتن باید به اندازه ی سکتور یکسان شود و آدرس شروع باید به سمت حدود سکتور صف شود.

حالت بلوک چند گانه

این حالت شبیه بلوک تکی می باشد، اما host می تواند بلوک های داده چند گانه را بخواند و یا با آن بنویسد. (همه ی آنها طول یکسانی دارند)- بلوک هایی که در آدرس های حافظه ی متصل شده که از آدرس مشخص شده در دستور آغاز شروع می شود یا ذخیره و بازیابی شود- . عملیات با دستور پایان انتقال ، تمام می شود.

Misalignment و محدودیت طول بلوک به بلوک های چندگانه به همان صورت اعمال می شود و همانند عملیات خواندن و نوشتن بلوک تکی است.

۱-۳-۹-۷. سرعت انتقال داده

SD card می تواند با استفاده از یک خط داده (DATO) یا چهار خط داده (DAT3 – DATO) برای انتقال داده، فعالیت کند. ماکزیمم سرعت انتقال داده برای خط داده ی تکی 25M بیت در هر ثانیه و 100M بیت (یا 12 MB) در هر ثانیه برای چهار خط داده می باشد.

۱-۳-۹-۸. حفاظت داده در کارت فلش

هر سکتور با یک کد تصحیح خطا حمایت می شود (ECC). ECC (در کارت حافظه) وقتی ایجاد می شود که سکتورها نوشته می شوند. و زمانی که خوانده می شوند، معتبر شناخته می شوند. اگر خطا ها یافت شوند، داده قبل از ارسال به host تصحیح می شود.

۱-۳-۹-۹. پاک کردن

کوچکترین واحد پاک شدنی در SD card یک سکتور است. به منظور سرعت بخشیدن یک روند پاک کردن، سکتورهای چندگانه می توانند در یک زمان پاک شوند. برای تسهیل گزینش، دستور اول با آدرس شروع توسط دستور دوم، با آدرس پایان همراه می شود و همه ی سکتورهایی که در ما بین این رنج قرار دارند برای پاک شدن برگزیده می شوند.

۱-۳-۹-۱۰. حفاظت از نوشتن

دو سطح write protect ion برای انتخاب وجود دارد: ثابت و موقتی . هر دو می توانند با استفاده از دستور PROGRAM – CSD تنظیم شوند. بیت write protect دائمی، قابل پاک کردن نیست. این ویژگی در سخت افزار کنترل گر SD CARD محقق می شود و نه با یک سلول OTP فیزیکی.

نکته: از سوئیچ (wp) (write protect) لبه ی کنار کارت برای جلوگیری از نوشتن یا پاک کردن داده روی کارت استفاده کنید. سوئیچ wp، روی بیت‌های wp ثابت و موقتی داخلی در CSD هیچ اثری ندارد.

۱-۳-۹-۱۱. بیت کپی

محتویات SD card می تواند به عنوان کپی یا اصلی علامت گذاری شود که این کار با استفاده از بیت کپی در ثبات CSD صورت می گیرد. اولین بار که (وقتی که) بیت COPY تنظیم می شود (به عنوان کپی علامت گذاری می گردد)، دیگر نمی تواند پاک شود. بیت کپی در SD Card به عنوان کپی (در حین تست و یا فرمت کردن زمینه ی تولید) برنامه ریزی می شود. SD کارت می تواند با بیت کپی تنظیم شده (به عنوان حالت کپی) یا پاک شده (به عنوان حالت اصلی master) خریداری شود. این ویژگی در سخت افزار کنترل گر SD Card محقق می شود و نه با یک OTP فیزیکی،

۱-۳-۹-۱۲. ثبات CSD

همه ی پیکربندی اطلاعات SD Card در ثبات CSD ذخیره می شود. با بیت‌های MSB رجیستر شامل اطلاعات و دو بایت کم اهمیت می باشد که این بایت ها محتوی اطلاعات کنترل شده ی host، کپی کارت، حفاظت از نوشتن و علامت فرمت فایل کاربر می باشند. Host می تواند رجیستر CSD را بخواند و بایت های دانه ی کنترل شده ی host را با استفاده از دستورات SEND-CSD و PROGRAM-CSD تغییر دهد.

۱-۳-۱۰. حالت SD-Card-SPI

حالت SPI دومین پروتکل ارتباطی SD Card ها می باشد. این حالت زیر مجموعه ی پروتکل SD Card طراحی شده برای ارتباط با کانال SPI، که معمولاً در میکروکنترلرهای موتورولا (و اخیراً دیگر فروشندگان) یافت می شود.

۱-۳-۱۰-۱. توجیه شرایط عمل

عملیات توجیه شرایط عملکرد باس کارت SD در مدل SPI با استفاده از دستور READ-OCR (CMD58) پشتیبانی می شود. Host در محدوده ی رنج ولتاژ (ولت 3.6 تا 2.7) کارت کار می کند. یا کارت را در حالت غیرفعال قرار می دهد بدین منظور دستور Go-INACTIVE را به کارت می فرستد.

۱-۳-۱۰-۲. شناسایی و مالکیت کار

Host باید تعداد کارت هایی که در حال اتصال به باس هستند را بداند. گزینش کارت خاص توسط سیگنال CS (CD/DAT 3) انجام می شود. مقاومت بالا کش داخلی روی خط 3 CD/DAT ممکن است برای شناسایی کارت (نصب یا برداشت) به کار رود. دیگر روشهای عملی شناسایی کارت در متون کاربرد مشخصه های فیزیکی SD که توسط SDA ارائه شده است، قابل دستیابی است.

۱-۳-۱۰-۳. وضع کارت

در حالت SPI تنها 16 بیت (شامل خط های مربوط حالت SPI) از 32 بیت ثبات وضعیت SD Card می تواند خوانده شود. SD-STATUS با استفاده از ACMD13 همانند حالت باس SD خوانده می شود.

۱-۳-۱۰-۴. جزء بندی آرایه ی حافظه

جزء بندی حافظه در حالت SPI برابر حالت SD-BUS است. همه ی دستورات خواندن و نوشتن قابل آدرس دهی بایتی هستند با محدودیت هایی که در بخش 1.5.9.5 ارائه شده است.

۱-۳-۱۰-۵. عملیات خواندن و نوشتن

در حالت SPI روش های انتقال بلوک تکی و چندگانه پشتیبانی می شود.

۱-۳-۱۰-۶. سرعت انتقال داده

در حالت SPI تنها یک خط داده برای هر مسیر (جهت) استفاده می شود. سرعت انتقال داده ، همانند حالت SD باس است وقتی که تنها یک خط داده را به کار می برد. (تا 25 K بیت در هر ثانیه)