

1.1. Wprowadzenie

Karty SD, opracowane przez 3 firmy: Matsushita Electric Company, Toshiba Corporation i SanDisk Corporation, są funkcjonalnym rozwinięciem kart *Multi-MediaCard* – MMC. Są z nimi kompatybilne programowo, komendy używane do komunikacji z MMC są bowiem podzbiorem komend standardu SD. Karta MMC może działać po włożeniu do złącza SD. Nie ma możliwości działania karty SD włożonej do złącza MMC.

Produkowane obecnie karty SD charakteryzują się dużą prędkością zapisywania i odczytywania danych, a ich pojemność sięga 4 GB. Używane są przede wszystkim jako pamięci masowe w cyfrowych aparatach fotograficznych, kamerach, odtwarzaczach MP3, komputerach itp.

Podstawowe cechy i własności kart SD

- Pojemność wbudowanej pamięci Flash do 4 GB
- Magistrala SDBus lub SPI
- Zakres napięć zasilających 2,0 V...3,6 V dla komend inicjalizacji i 2,7...3,6 V dla pozostałych komend (zapisu odczytu i kasowania)
- Częstotliwość taktowania danych 0...25 MHz
- Przesyłanie danych z prędkością do 12,5 MB/s (za pomocą magistrali SDBus)
- Korekcja zapisu i odczytu błędów pamięci Flash
- Mechanizm ochrony praw autorskich
- Zabezpieczenie hasłem (dla wybranych modeli)
- Mechaniczne zabezpieczenie kasowania i zapisu
- Programowo włączana protekcja zapisu (czasowo i na stałe)
- Detekcja włożenia karty do złącza
- Obsługa komend aplikacji (*ACMD*)

Historycznie pierwszą kartą pamięci Flash była karta MMC. Powstała później karta SD była nie tylko bardziej doskonała technicznie, ale jej konstruktorzy zadbali o kompatybilność mechaniczną, oraz kompatybilność na poziomie interfejsu komunikacyjnego i protokołu wymiany informacji. Konstrukcja mechaniczna kart SD została tak pomyślana, żeby można było włożyć kartę MMC do jej złącza, w którym może ona poprawnie pracować. Obie karty mogą też pracować z interfejsem SPI.

Duża popularność kart MMC i SD, spowodowana zwiększaniem ich pojemności przy równoczesnym spadku cen, sprawiła, że pojawiły się nowe zastosowania, a co za tym idzie nowe wymagania dotyczące konstrukcji kart. Ponieważ standard komunikacji z kartą jest elastyczny, było możliwe

Tab. 1.1. Porównanie cech i parametrów różnych typów kart SD i MMC

Typ karty	MMC	RS-MMC	MMC plus	Secure MMC	SD	SDIO	Mini DS	MicroSD
Złącze SD	Tak	Mechaniczny adapter	Tak	Tak	Tak	Tak	Elektromechaniczny adapter	Elektromechaniczny adapter
Liczba wyprodukowanych	7	7	13	7	9	9	9	9
Szerokość [mm]	24	24	24	24	24	24	20	11 mm
Długość [mm]	32	18	32	32	32	32	21,5	15 mm
Grubość [mm]	1,4	1,4	1,4	1,4	2,1	2,1	1,4	1 mm
Tryb SPI	Opcja	Opcja	Opcja	Wymagany	Wymagany	Wymagany	Wymagany	Wymagany
Tryb 1-bitowy	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak
Tryb 4-bitowy	Nie	Nie	Tak	Opcja	Opcja	Opcja	Opcja	opcja
Zegar xref [MHz]	0...20	0...20	0...54	0...20	0...25	0...25	0...25	0..25
Maksymalna prędkość transferu [Mb/s]	20	20	416	20	100	100	100	100 Mb/ps
Maksymalna prędkość transferu w trybie SPI [Mb/s]	20	20	54	20	24	24	24	24 Mb/ps
DRM ⁽¹⁾	Nie	Nie	Nie	Tak	Tak	n/a	Tak	Tak

⁽¹⁾ DRM – *Digital Rights Management* – system zabezpieczeń oparty na mechanizmie kryptograficznym lub innych metodach ukrywania treści, mający przeciwdziałać używaniu danych w formacie elektronicznym w sposób sprzeczny z wolą ich wydawcy. W założeniu mechanizm taki ma służyć ochronie praw autorskich twórców, jednak w praktyce może być wykorzystany do dowolnego ograniczenia możliwości korzystania z danych w systemach komputerowych i multimedialnych.

wykorzystanie pamięci o krótszym czasie dostępu. Z drugiej strony miniaturyzacja sprzętu wymusiła umieszczanie kart pamięci w mniejszych obudowach. Tak powstały karty RS-MMC, MiniSD i MicroSD. Takie karty można stosować w miniaturowym sprzęcie przenośnym. Dostępne są też adaptory pozwalające na umieszczanie miniaturowych kart w standardowych złączach.

Szczególną odmianą kart SD są karty SDIO (*Secure Digital Card Input/Output*). Jest to rozszerzenie standardu SD spotykane w urządzeniach typu palmtop, pozwalające na korzystanie z urządzeń peryferyjnych, takich jak: odbiorniki GPS, aparaty cyfrowe, moduły Bluetooth i WiFi, modemy, skanery, tunery telewizyjne itp.

Jedną z podstawowych cech różniących karty SD od MMC są wbudowane w nie mechanizmy automatycznej korekcji błędów zapisu i odczytu danych.

System ten może być porównywany z rozwiązaniem stosowanym w twarde dyskach komputerów, ale zawiera dodatkowe rozwiązania niespotykane w napędach HDD.

Po zapisaniu danych wewnętrzny mikrokontroler karty SD przeprowadza procedurę weryfikacji, czyli odczytuje zapisane dane i porównuje z danymi przeznaczonymi do zapisania. Weryfikacja jest przeprowadzana automatycznie bez udziału zewnętrznego mikrokontrolera – hosta. W przypadku, gdy wykryto błędny bit, jest on zapisywany jako bit nadmiarowy bez zmiany wewnętrznego adresowania bloku danych. Jeżeli jest to konieczne, cały blok danych jest przepisywany w obszar pamięci nadmiarowej. Dotyczy to wykrywania błędów sporadycznych i jest całkowicie przezroczyste dla hosta oraz nie zajmuje gwarantowanej pojemności pamięci karty.

W przypadku, kiedy występują błędy przy odczycie danych, wewnętrzne algorytmy inicjują ponowne odczytanie danych. Jeżeli te zabiegi nie dają oczekiwanych rezultatów, to stosowany jest system korekcji danych ECC. ECC koryguje błędy odczytu i skorygowany bit jest zapisywany w pamięci nadmiarowej, tak by przy następnym odczytaniu nie stanowił problemu.

Karty SD mogą być wyposażone w mechanizm ograniczania poboru energii w czasie bezczynności. Na przykład karty firmy SanDisk przechodzą w stan uśpienia, jeżeli po zakończeniu komendy przez 5 ms nie zostanie przesłana kolejna komenda. Karta jest wybudzana, gdy host zacznie wysyłać do niej komendę.

1.2. Interfejs fizyczny

Karta SD jest umieszczona w plastikowej obudowie o wymiarach 32×24×2,1 mm pokazanej na **fotografii 1.1**.



Fot. 1.1. Wygląd karty SD