

# Pamięci FRAM i Flash

## Przegląd pamięci nieulotnych

Rynek pamięci nieulotnych jest z jednej strony już bardzo dojrzały, a z drugiej, wciąż rozwijający się. Zaawansowana technologia NOR FLASH została dobrze opanowana przez wielu producentów, co zapewnia niskie ceny tego typu układów oraz brak problemów z ich dostępnością, a także względnie stały, choć niezbyt szybki postęp w tej dziedzinie. Tymczasem popularność coraz szybciej zdobywają nowe układy, takie jak FRAM, czy nawet MRAM. Choć są znacznie droższe niż tradycyjne Flash, a ich wybór wciąż jest ograniczony, niektóre cechy i parametry zachęcają do ich stosowania.

### Pamięci ferroelektryczne

Rynek pamięci ferroelektrycznych nie jest duży i wyraźnie dominuje na nim jeden producent. Da się to już zauważyć po fakcie, że powszechnie stosowanym skrótem dla tych pamięci jest akronim FRAM, który stanowi nazwę zastrzeżoną, należącą do firmy Ramtron. Inni producenci starają się unikać tego określenia i stosują zamiast niego skróty F-RAM lub FeRAM, zawsze odnoszące się do angielskiego Ferroelectric Random Access Memory.

W praktyce, na rynku pamięci FRAM, oprócz Ramtrona działa także Fujitsu, a pierwsze kroki stawia Lapis Semiconductor. U niektórych dostawców, na liście producentów pojawiają się jeszcze firmy Cypress Semiconductor i Rohm Semiconductor, ale w rzeczywistości pierwsza z nich jest właścicielem Ramtrona, a druga Lapis Semiconductor i oferowane przez nie układy pokrywają się z markowanymi przez ich spółki zależne.

Czytelnicy śledzący nowości prasowe mogą zauważyć, że rynkiem pamięci ferroelektrycznych interesuje się też Texas Instruments, który oferuje pewne produkty tego typu. W praktyce jednak dostarcza on jedynie kompletne mikrokontrolery wyposażone w pamięci FRAM, a takie układy nie wchodzi w zakres niniejszego przeglądu. Pełne zestawienie dostępnych obecnie na rynku produktów, za wyjątkiem tych wycofywa-



nych ze sprzedaży, zostało przedstawione w tabeli 1 i tabeli 2.

Oferowane pamięci dostępne są w trzech odmianach. Najliczniejszą grupę stanowią układy z dostępem szeregowym za pomocą interfejsów SPI lub I<sup>2</sup>C. Dość łatwo jest też nabyć układy pamięci z interfejsem równoległym, choć ich wybór jest znacznie mniejszy. Trzecią grupę produktów stanowią układy specjalizowane do konkretnych aplikacji. Mogą to być pamięci zintegrowane z układem radiowym, umożliwiające bezprzewodowy odczyt i zapis danych, co znajduje zastosowanie np. w różnego rodzaju inteligentnych kartach zbliżeniowych (choćby w tagach RFID). Oferowane są też modele z wbudowanym timerem, watchdogiem lub z niezmiennymi numerami seryj-

nymi, pozwalającymi na weryfikację oryginalności podzespołów. Zastosowanie w tym celu układów FRAM jest wygodne, gdyż ich zawartość można łatwo aktualizować, podtrzymanie pamięci nie wymaga ciągłego zasilania, a wbudowane elementy peryferyjne umożliwiają np. resetowanie mikrokontrolera, który przestał reagować na sygnały i przekazanie mu aktualnego kodu programu do wykonania.

### Pamięci FRAM z interfejsem szeregowym

Najliczniejszą grupę pamięci FRAM stanowią układy z interfejsem szeregowym. W ramach podgrupy obejmującej podzespoły sterowane za pomocą I<sup>2</sup>C można znaleźć modele o pojemności od 4 kb do 1 Mb. Naj-







bogatszą ofertę ma Ramtron, którego układy charakteryzują się również największą żywotnością. Producent deklaruje, że wiele z nich wytrzyma nawet 38 lat działania i  $10^{14}$  cykli zapisu/odczytu. Standardowa temperatura pracy jest taka sama dla wszystkich producentów i wynosi od  $-40$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ , ale jeden z układów – FM24CL64B-GA – może pracować nawet w temperaturze do  $+125^{\circ}\text{C}$ . Większość z oferowanych układów wymaga zasilania od nieco ponad 2 V do 3,6 V, ale w ofercie Ramtrona są też pamięci zasilane napięciem od 4,5...5,5 V. Pozostali producenci – Fujitsu i Lapis Semiconductor – nie dostarczają układów, które można zasilic napięciem poniżej 2,5 V. Interfejsu układów oferowanych przez Fujitsu nie są też tak szybkie, jak najszybsze z produktów Ramtrona i Lapisa. Ich maksymalna częstotliwość zegarowa wynosi często 400 kHz. Układy Fujitsu i Lapisa wytrzymują do  $10^{12}$  cykli zapisu i odczytu, a ich deklarowana żywotność wynosi 10 lat, przy czym w wypadku większości pamięci Fujitsu producent zapewnia, że jest ona możliwa do uzyskania nawet przy maksymalnej, dopuszczalnej temperaturze pracy.

Pamięci z interfejsem SPI mają pojemność do 2 Mb, a do tego częstotliwość sygnału zegarowego interfejsu może wynosić do 40 MHz (w wypadku niektórych układów Ramtrona i jednego Fujitsu). Ramtron oferuje kilka modeli o rozszerzonym zakresie temperatury pracy, które mogą pracować w temperaturze do  $125^{\circ}\text{C}$  i do  $10^{13}$  cykli zapisu i odczytu. W tych wypadkach producent nie podaje jednak czasu niezawodnego przechowywania danych w pamięci.

Wśród pamięci z SPI najgorzej wypada Lapis, który oferuje tylko dwa produkty taktowane zegarem 15 MHz i charakteryzujące

się żywotnością 10 lat oraz wytrzymujące  $10^{12}$  cykli pracy. Mogą być one zasilane napięciem od 2,7 do 3,6 V lub od 3,0 do 3,6 V, w zależności od modelu. Napięcia zasilania pozostałych układów są podobne, jak w przypadku wersji z I<sup>2</sup>C, przy czym firmie Fujitsu udało się stworzyć dwa modele o pojemności 1 Mb i 2 Mb, które można zasilac nawet napięciem 1,8 V.

### Pamięci FRAM z interfejsem równoległym

Poszukując większych bloków pamięci FRAM konieczne jest sięgnięcie po modele z interfejsem równoległym. Te dostępne są w wersjach o pojemności od 64 kB do 8 Mb. Oczywiście znów dominuje Ramtron, którego układy nie tylko wytrzymują najwięcej cykli zapisu i odczytu, ale są również naj-

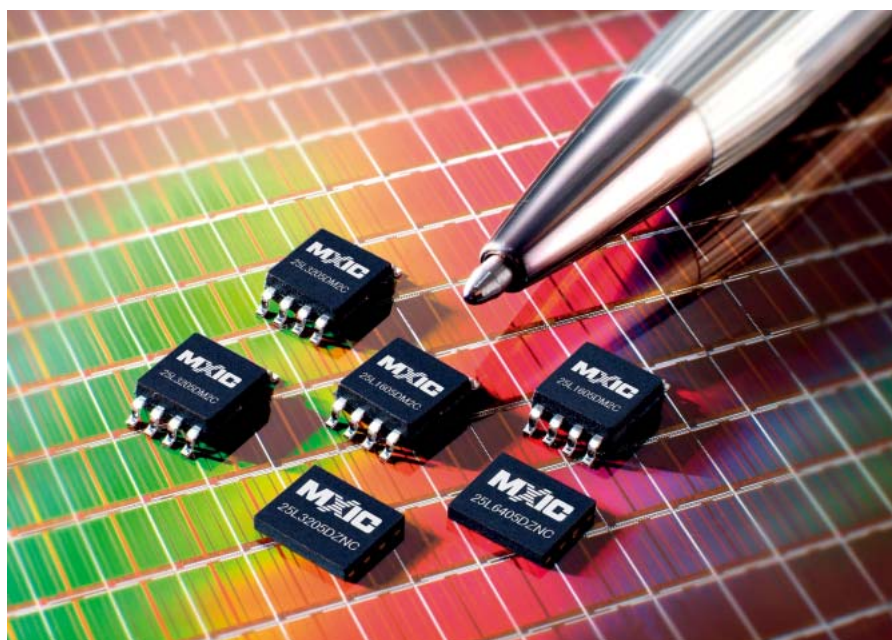
szybsze. Ich czas cyklu zegarowego może wynieść nawet 55 ns (w zależności od modelu), podczas gdy w produktach konkurencji wartość ta nie może spaść poniżej 150 ns. Wszystkie z oferowanych obecnie pamięci FRAM z interfejsem równoległym mogą pracować w temperaturze od  $-40$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ , przy czym żywotność produktów Fujitsu wynosi 10 lat, ale jedynie w temperaturze do  $55^{\circ}\text{C}$ . Wytrzymałość układów równoległych tej firmy jest mniejsza niż w przypadku produktów konkurencyjnych i wynosi  $10^{10}$  cykli. Napięcia zasilania omawianych podzespołów kształtują się podobnie, jak w przypadku modeli szeregowych z interfejsem I<sup>2</sup>C.

### Pamięci Flash z interfejsem szeregowym

Wybór pamięci Flash jest zdecydowanie bardziej bogaty, niż w wypadku FRAM. Na rynku działa mnóstwo producentów, a ich osiągnięcia technologiczne są na tyle zbliżone do siebie, że produkty o bardzo podobnych parametrach można otrzymać od wielu różnych dostawców. Poniżej przedstawiamy wybranych z nich, ograniczając się do pamięci NOR Flash.

#### Adesto Technologies

Oferta Adesto Technologies (która przejęła produkcję pamięci Flash Atmela) obejmuje 4 podgrupy pamięci szeregowych NOR Flash. Wszystkie są obsługiwane za pomocą interfejsu SPI, przy czym seria DataFlash pozwala na czyszczenie pojedynczych stron pamięci (tj. fragmentów o rozmiarze 256 bajtów), podczas gdy pozostałe wymagają czyszczenia całych bloków, nie mniejszych niż 4 kB. W ramach wszystkich rodzin pamięci tej firmy dostępne są układy taktowane zegarem do 100 MHz. Większość może być zasilana napięciem od 2,3 V, a rodzina 1.8 V Block Erase pozwala ponadto na zasilanie napię-



## WYBÓR KONSTRUKTORA

ciem od 1,65 V. Oferowane pojemności wynoszą od 1 Mb do 64 Mb dla pamięci Data-Flash, od 512 kb do 64 Mb dla Block Erase, od 8 Mb do 64 Mb dla Quad-I/O Block Erase i 8 Mb lub 16 Mb dla 1,8 V Block Erase.

### Amic Technology

Niewielką ofertę pamięci SPI Flash ma firma Amic Technology, która produkuje układy o pojemnościach od 512 kb do 64 Mb. Są one zasilane napięciem z zakresu od 2,7 do 3,6 V i wytrzymują temperaturę standardową, tj. od -40 do +85°C. Ich interfejs może

być taktowany zegarem o częstotliwości 85 lub 100 MHz i są dostępne w trzech wersjach obudów każda.

### Integrated Silicon Solutions

Firma ta intensywnie rozwija swoją ofertę pamięci NOR FLASH, wprowadzając na rynek wiele nowych modeli. Produkcja nabrąla dodatkowego tempa, po ubiegłorocznym przejściu tajwańskiego producenta układów tego typu, o nazwie Chingis. Obecnie w sprzedaży znajduje się 7 modeli, z czego każdy dostarczany jest w dwóch, trzech lub

czterech wersjach obudów. Produkty te mają pojemność od 256 kb do 4 Mb i mogą być zasilane napięciem z zakresu od 2,7 do 3,6 V lub (w jednego modelu o pojemności 2 Mb i jednego o pojemności 4 Mb) od 1,65 do 1,95 V. W drugiej połowie tego roku, oprócz obecnie oferowanych układów z interfejsem dual-output SPI, pojawiają się modele z quad-output SPI o pojemności do 256 Mb. Częstotliwość sygnału zegarowego ich interfejsu wyniesie do 104 MHz, co przy wspomnianym trybie pracy pozwoli na transfer z 4-krotnie większą wydajnością, niż w wy-

Tabela 1. Oferowane obecnie na rynku pamięci FRAM z dostępnym szeregowym

Producent	Model	Interfejs	Pojemność		napięcie zasilania [V]	maksymalny pobór prądu	Maks. Częstotliwość taktowania	temp. Pracy [°C]	wytrzymałość [cykli]	Żywotność	obudowa
			tączna	Układ							
Fujitsu	MB85RC04V	I <sup>2</sup> C	4 kb	512 × 8	3,0÷5,5	b.d.	400 kHz/1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8
Ramtron	FM24C04C	I <sup>2</sup> C	4 kb	512 × 8	4,5÷5,5	400 μA	1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	36 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM24C04B	I <sup>2</sup> C	4 kb	512 × 8	4,5÷5,5	400 μA	1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	38 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM24C104B	I <sup>2</sup> C	4 kb	512 × 8	2,7÷3,6	300 μA	1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	38 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Fujitsu	MB85RC16V	I <sup>2</sup> C	16 kb	2 k × 8	3,0÷5,5	b.d.	400 kHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8
Fujitsu	MB85RC16	I <sup>2</sup> C	16 kb	2 k × 8	2,7÷3,6	b.d.	400 kHz/1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 10	10 lat przy 75°C	SOP8/SON8
Ramtron	FM24C16C	I <sup>2</sup> C	16 kb	2 k × 8	4,5÷5,5	400 μA	1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	36 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM24C16B	I <sup>2</sup> C	16 kb	2 k × 8	2,7÷3,6	300 μA	1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	38 lat przy 75°C	SOIC8 or DFN8
Ramtron	FM24C16B	I <sup>2</sup> C	16 kb	2 k × 8	4,5÷5,5	400 μA	1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	38 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Fujitsu	MB85RC64A	I <sup>2</sup> C	64 kb	8 k × 8	2,7÷3,6	b.d.	400 kHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8
Fujitsu	MB85RC64V	I <sup>2</sup> C	64 kb	8 k × 8	3,0÷5,5	b.d.	400 kHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8
Lapis	MR44V064A	I <sup>2</sup> C	64 kb	b.d.	2,5÷3,6	b.d.	3,4 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat	SOP8
Ramtron	FM24C64C	I <sup>2</sup> C	64 kb	8 k × 8	4,5÷5,5	400 μA	1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	36 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM24C64B	I <sup>2</sup> C	64 kb	8 k × 8	4,5÷5,5	400 μA	1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	38 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM24C164B-GA	I <sup>2</sup> C	64 kb	8 k × 8	3,0÷3,6	340 μA	1 MHz	-40÷+125	10 <sup>^</sup> 14	38 lat	8-Pin SOIC
Ramtron	FM24C164B	I <sup>2</sup> C	64 kb	8 k × 8	2,7÷3,6	300 μA	1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	38 lat	SOIC8 or DFN8
Fujitsu	MB85RC128A	I <sup>2</sup> C	128 kb	16 k × 8	2,7÷3,6	b.d.	400 kHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8
Ramtron	FM24V01	I <sup>2</sup> C	128 kb	16 k × 8	2,0÷3,6	1 mA	3,4 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	10 lat	8-Pin SOIC
Fujitsu	MB85RC256V	I <sup>2</sup> C	256 kb	32 k × 8	2,7÷5,5	b.d.	400 kHz/1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8
Ramtron	FM24W256	I <sup>2</sup> C	256 kb	32 k × 8	2,7÷5,5	400 μA	1 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	38 lat	8-Pin SOIC
Ramtron	FM24V02	I <sup>2</sup> C	256 kb	32 k × 8	2,0÷3,6	1 mA	3,4 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	10 lat	8-Pin SOIC
Ramtron	FM24V05	I <sup>2</sup> C	512 kb	65 k × 8	2,0÷3,6	1 mA	3,4 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	10 lat	8-Pin SOIC
Ramtron	FM24V10	I <sup>2</sup> C	1 Mb	128 k × 8	2,0÷3,6	1 mA	3,4 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	10 lat	8-Pin SOIC
Ramtron	FM25040C	SPI	4 kb	512 × 8	4,5÷5,5	4 mA	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	36 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM25040B	SPI	4 kb	512 × 8	4,5÷5,5	4 mA	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	38 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM25040B-GA	SPI	4 kb	512 × 8	4,5÷5,5	3 mA	14 MHz	-40÷+125	10 <sup>^</sup> 13	b.d.	8-Pin SOIC
Ramtron	FM25L04B	SPI	4 kb	512 × 8	2,7÷3,6	3 mA	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	38 lat przy 75°C	SOIC8 or DFN8
Ramtron	FM25L04B-GA	SPI	4 kb	512 × 8	3,0÷3,6	2 mA	10 MHz	-40÷+125	10 <sup>^</sup> 13	b.d.	8-Pin SOIC
Fujitsu	MB85RS16	SPI	16 kb	2 k × 8	2,7÷3,6	b.d.	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8/SON-8
Ramtron	FM25C160C	SPI	16 kb	2 k × 8	4,5÷5,5	4 mA	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	36 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM25C160B	SPI	16 kb	2 k × 8	4,5÷5,5	4 mA	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	38 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM25C160B-GA	SPI	16 kb	2 k × 8	4,5÷5,5	3 mA	15 MHz	-40÷+125	10 <sup>^</sup> 13	b.d.	8-Pin SOIC
Ramtron	FM25L16B	SPI	16 kb	2 k × 8	2,7÷3,6	3 mA	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	38 lat przy 75°C	SOIC8 or DFN8
Lapis	MR45V032A	SPI	32 kb	b.d.	2,7÷3,6	b.d.	15 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat	SOP8
Fujitsu	MB85RS64	SPI	64 kb	8 k × 8	2,7÷3,6	b.d.	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8
Fujitsu	MB85RS64V	SPI	64 kb	8 k × 8	3,0÷5,5	b.d.	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8
Ramtron	FM25640C	SPI	64 kb	8 k × 8	4,5÷5,5	4 mA	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	38 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM25640B	SPI	64 kb	8 k × 8	4,5÷5,5	4 mA	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	38 lat przy 75°C	8-Pin SOIC
Ramtron	FM25640B-GA	SPI	64 kb	8 k × 8	4,5÷5,5	1,2 mA	4 MHz	-40÷+125	10 <sup>^</sup> 13	b.d.	8-Pin SOIC

padku typowego, szybkiego odczytu przez SPI taktowanego zegarem 104 MHz.

Warto dodać, że wszystkie pamięci szeregowy NOR Flash firmy ISSI mają poszerzony zakres temperatury pracy. Te obecnie dostępne mogą pracować w zakresie temperatury od -40 do +105°C, a produkty, które mają dopiero pojawić się na rynku, mogą pracować nawet w temperaturze do +125°C.

## Macronix International

Firma Macronix oferuje pamięci z interfejsem szeregowym, o pojemnościach od 512 kb do

512 Mb. Większość z nich jest zasilana napięciem 3 V, ale są też modele przeznaczone do pracy z napięciem 1,8 V i 2,5 V. Niektóre z układów Macronixa należą do najszybszych na rynku, bo pozwalają na taktowanie interfejsu przebiegiem o częstotliwości 133 MHz w trybie poczwórnym. Warto dodać, że większość z tych produktów jest oferowana w bardzo dużej liczbie różnorodnych obudów.

Macronix dostarcza też pamięci NOR Flash wzbogacone o funkcje bezpieczeństwa, takie jak trwałe zabezpieczenie przed zapisem, zabezpieczenie z użyciem hasła lub przed kopiowaniem zawartości.

## Microchip

Firma ta oferuje układy o pojemnościach od 512 kb do 64 Mb. Są taktowane zegarem od 20 MHz do 80 MHz, ale aktualnie jest planowana również produkcja modułów 16- i 64-megabitowych, z interfejsem taktowanych przebiegiem zegarowym 104 MHz. Zakres napięcia zasilania wynosi najczęściej od 2,7 do 3,6 V, przy czym najnowsze układy mogą być zasilane napięciem z zakresu od 1,65 do 1,95 V. Typowy zakres temperatury pracy układów tej firmy wynosi od -40 do +85°C lub od 0 do 70°C. Warto dodać, że układy firmy Microchip są czasami oferowane jako produkty Silicon Storage Technology.

## Micron

Firma ta ma w swojej ofercie ponad 360 układów pamięci Flash z interfejsem szeregowym. Przejęła ona bowiem produkcję firmy Numonyx założonej w 2008 roku wspólnie przez Intel i STMicroelectronics. Mają one pojemność od 512 kb do aż 1 Gb i mogą być zasilane napięciem z zakresu: 1,7...2,0 V, 2,3...3,6 V lub 2,7...3,6 V. Maksymalna częstotliwość przebiegu zegarowego interfejsu wynosi 50, 75 lub 108 MHz, z czego nawet największe z układów obsługują najszybsze taktowanie. Standardowy zakres temperatury pracy wynosi od -40 do +85°C, ale jest też kilka modeli wytrzymałych do +105°C lub do +125°C. W ofercie można też znaleźć 10 szybkich produktów o niskim napięciu zasilania, przeznaczonych do zastosowania w aplikacjach bezprzewodowych, które nie mogą pracować w temperaturach poniżej -25°C.

## Spansion

Firma Spansion oferuje kilkanaście modeli pamięci Flash NOR z interfejsem szeregowym. Ich pojemność



wynosi od 4 Mb do 1 Gb. Wiele modeli jest dostępnych w więcej niż jednej obudowie, przy czym ich interfejs może być taktowany przebiegiem o częstotliwości nawet 133 MHz. Pozwala to na uzyskanie przepływności odczytu do 66 MB/s. Szybkość zapisu dochodzi natomiast do 1,5 MB/s. Standardowym napięciem zasilania jest 3 V, ale niektóre układy można zasilać napięciem z zakresu od 1,65...3,6 V.

## ON Semiconductor

Firma ON Semiconductor, która przejęła niegdyś producenta pamięci Flash firmę Catalyst Semiconductor, oferuje obecnie tylko 5 układów NOR Flash z interfejsem szeregowym. Cztery z nich mają pojemność 4 Mb, a jeden – 1 Mb. Mogą być zasilane napięciem z zakresu 2,3...3,6 V, przy czym jeden z modeli 4-megabitowych jest zasilany napięciem rzędu 1,8 V. Wszystkie te układy wytrzymują standardowy zakres temperatury, tj. od -40 do +85°C i są dostępne w dwóch obudowach. Niestety, nie są zbyt szybkie. Częstotliwość taktowania ich interfejsu szeregowego wynosi 30 lub 40 MHz, w zależności od układu. Producent deklaruje za to, że przechowują zgromadzone w nich dane nawet przez 20 lat.

## Winbond

Firma Winbond oferuje duży wybór pamięci NOR Flash z interfejsem szeregowym. Zostały one podzielone na dwie rodziny:

- W25X, która obejmuje układy o pojemnościach od 1 Mb do 4 Mb i ma interfejs SPI lub Dual Output SPI,
- W25Q o pojemnościach od 512 kb do 256 Mb, pozwalająca dodatkowo obsługiwać interfejsy Quad-SPI i QPI.

Omawiane pamięci mogą być taktowane zegarem do 104 MHz i zasilane – w zależności od wersji – napięciem na poziomie 3 V, 2,5 V lub 1,8 V. Oprócz standardowego zakresu temperatur pracy, tj. od -40 do +85°C, część z nich oferowana jest także w odmianach o zwiększonej odporności na wysokie temperatury, co pozwala im na pracę w temp. do 105°C.



Tabela 1. c.d.

Producent	Model	Interfejs	Pojemność		napięcie zasilania [V]	maksymalny pobierany prąd	Maks. Częstotliwość taktowania	temp. Pracy [°C]	wytrzymałość [cykli]	Żywotność	obudowa
			tączna	Układ							
Fujitsu	MB85RS128B	SPI	128 kb	16 k×8	2,7÷3,6	b.d.	33/25 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8
Ramtron	FM25V01	SPI	128 kb	16 k×8	2,0÷3,6	2,5 mA	40 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	10 lat	8-Pin SOIC
Fujitsu	MB85RS256B	SPI	256 kb	32 k×8	2,7÷3,6	b.d.	33/25 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat przy 85°C	SOP8
Lapis	MR45V256A	SPI	256 kb	b.d.	3,0÷3,6	b.d.	15 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 12	10 lat	SOP8
Ramtron	FM25V02	SPI	256 kb	32 k×8	2,0÷3,6	2,5 mA	40 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	10 lat	SOIC8 or DFN8
Ramtron	FM25W256	SPI	256 kb	32 k×8	2,7÷5,5	2 mA	20 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	38 lat	8-Pin SOIC
Ramtron	FM25V05	SPI	512 kb	64 k×8	2,0÷3,6	3 mA	40 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	10 lat	SOIC8
Fujitsu	MB85RS1MT	SPI	1 Mb	128 k×8	1,8÷3,6	b.d.	25/30 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 13	10 lat przy 85°C	SOP8 (FPT-8P-M02)
Ramtron	FM25V10	SPI	1 Mb	128 k×8	2,0÷3,6	3 mA	40 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	10 lat	SOIC8
Fujitsu	MB85RS2MT	SPI	2 Mb	256 k×8	1,8÷3,6	b.d.	25/40 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 13	10 lat przy 85°C	SOP8 (FPT-8P-M08)/DIP8
Ramtron	FM25V20	SPI	2 Mb	256 k×8	2,0÷3,6	3 mA	40 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	10 lat	TDFN8, EIAJ8
Ramtron	FM25H20	SPI	2 Mb	256 k×8	2,7÷3,6	10 mA	40 MHz	-40÷+85	10 <sup>^</sup> 14	10 lat	TDFN8, EIAJ8



## WYBÓR KONSTRUKTORA



### Pamięci Flash z interfejsem równoległym

Układy Flash z interfejsem równoległym produkowane są niemal przez te same firmy, które wytwarzają NOR Flash z interfejsami szeregowymi. Poza sposobem komunikacji, główne różnice widać w pojemności oferowanych układów. Pamięci równoległe zazwyczaj obejmują odmiany o 2...4-krotnie większych pojemnościach, niż układy szeregowe tych samych firm.

#### Amic Technology

Oferta pamięci równoległych NOR Flash firmy Amic Technology przechodzi aktual-



55 ns. Będzie on także dostępny w wersji o ograniczonym zakresie temperatury pracy -25...+85°C zamiast standardowego -40...+85°C.

#### Integrated Silicon Solutions

W aktualnej ofercie ISSI znajdują się trzy pamięci równoległe NOR FLASH. Model o pojemności 512 kb i o pojemności 1 Mb mogą pracować w temperaturze od -40 do +85°C, a model 4-megabitowy nie jest przeznaczony do działania w temperaturach ujemnych. W drugiej połowie tego roku w sprzedaży mają pojawić się cztery kolejne układy. Ich pojemności wyniosą: 32 Mb, 64 Mb, 128 Mb oraz 256 Mb i będą mogły pracować w temperaturach ujemnych. Wszystkie z równoległych pamięci NOR FLASH firmy ISSI są zasilane napięciem od 2,7 do 3,6 V i mają czas dostępu równy 70 ns. Są oferowane w kilku wersjach obudów.

#### Macronix International

W aktualnej ofercie Macronixa znaleźć można pamięci NOR FLASH o dostępie równoległym, o pojemnościach od 2 Mb do 1 Gb. Mogą one pracować z napięciem zasilania o wartości 1,8 V; 3 V lub 5 V, w zależności od wersji. Poszczególne układy różnią się też sposobem zapisu i odczytu. Część modeli przystosowana jest raczej do odczytu sekwencyjnego, a część do odczytu po stronach.

Czas dostępu do równoległych pamięci firmy Macronix wynosi od 70 ns dla układów o najmniejszych pojemnościach, do 110 ns dla układów 1-gigabitowych. Producent oferuje też pamięci równoległe zabezpieczone hasłem lub trwale – przed zapisem.

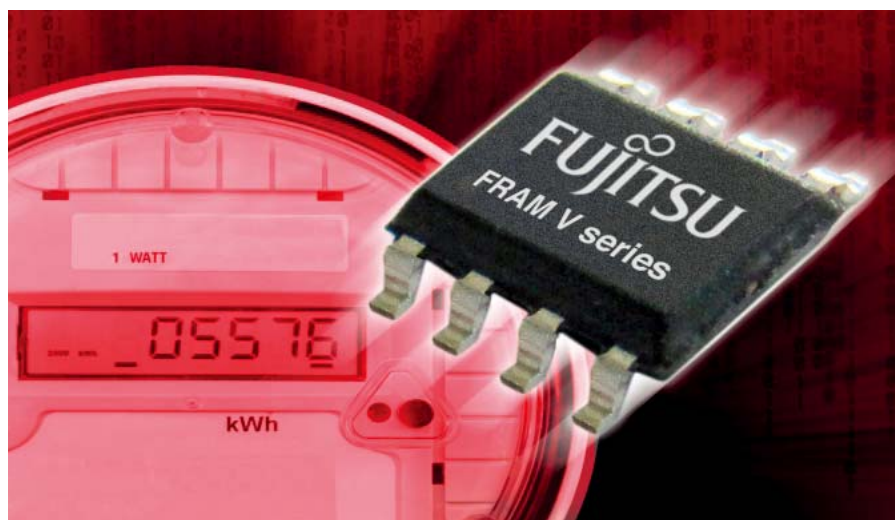
#### Microchip

Oferta pamięci FLASH z interfejsem równoległym, oferowanych przez Microchip

Tabela 2. Oferowane obecnie na rynku pamięci FRAM z dostępem równoległym

Producent	Model	Pojemność		Napięcie zasilania	Maksymalny pobierany prąd	Czas cyklu	Temp. pracy [°C]	Wytrzymałość [cykli]	Żywotność	Obudowa
		łącznie	układ							
Ramtron	FM16W08	64 kb	8 k x 8	2,7 ÷ 5,5	12 mA	70 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>14</sup>	38 lat	28-Pin SOIC
Ramtron	FM1608B	64 kb	8 k x 8	4,5 ÷ 5,5	15 mA	70 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>12</sup>	38 lat	28-Pin SOIC
Fujitsu	MB85R256F	256 kb	32 k x 8	2,7 ÷ 3,6	b.d.	150 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>10</sup>	10 lat przy 55 °C	SOP/TSP28
Ramtron	FM28V020	256 kb	32 k x 8	2,0 ÷ 3,6	12 mA	70 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>14</sup>	b.d.	28-pin SOIC, 32-pin TSOP-I
Ramtron	FM18W08	256 kb	32 k x 8	2,7 ÷ 5,5	12 mA	70 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>14</sup>	38 lat	28-Pin SOIC
Ramtron	FM1808B	256 kb	32 k x 8	4,5 ÷ 5,5	15 mA	70 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>12</sup>	38 lat	28-Pin SOIC
Lapis	MR48V256A	256 kb	b.d.	3,0 ÷ 3,6	b.d.	150 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>12</sup>	10 lat	TSOP(I)28
Fujitsu	MB85R1001A	1 Mb	128 k x 8	3,0 ÷ 3,6	b.d.	150 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>10</sup>	10 lat przy 55 °C	TSOP48
Fujitsu	MB85R1002A	1 Mb	64 k x 16	3,0 ÷ 3,6	b.d.	150 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>10</sup>	10 lat przy 55 °C	TSOP48
Ramtron	FM28V100	1 Mb	128 k x 8	2,0 ÷ 3,6	12 mA	60 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>14</sup>	b.d.	TSOP-I-32
Ramtron	FM21L16	2 Mb	128 k x 16	2,7 ÷ 3,6	12 mA	60 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>14</sup>	b.d.	TSOP-II-44
Ramtron	FM21LD16	2 Mb	128 k x 16	2,7 ÷ 3,6	12 mA	60 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>14</sup>	b.d.	48-Ball FBGA
Fujitsu	MB85R4001A	4 Mb	512 k x 8	3,0 ÷ 3,6	b.d.	150 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>10</sup>	10 lat przy 55 °C	TSOP48
Fujitsu	MB85R4002A	4 Mb	255 k x 16	3,0 ÷ 3,6	b.d.	150 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>10</sup>	10 lat przy 55 °C	TSOP48
Ramtron	FM22L16	4 Mb	256 k x 16	2,7 ÷ 3,6	12 mA	55 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>14</sup>	b.d.	TSOP-II-44
Ramtron	FM22LD16	4 Mb	256 k x 16	2,7 ÷ 3,6	12 mA	55 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>14</sup>	b.d.	48-Ball FBGA
Ramtron	FM23MLD16	8 Mb	512 k x 16	2,7 ÷ 3,6	14 mA	60 ns	-40 ÷ +85	10 <sup>14</sup>	b.d.	48-Ball FBGA





obejmuje około 50 produktów, z czego każdy dostępny jest w kilku obudowach. Zakres oferowanych pojemności wynosi od 512 kb do 64 Mb, a czas cyklu odczytu to zazwyczaj 70 ns, choć są też modele szybsze – 55-nanosekundowe i wolniejsze – 90-nanosekundowe. Zakres napięcia zasilania wynosi najczęściej od 2,7 do 3,6 V, choć niektóre układy mogą być zasilane napięciem z przedziału 1,65...1,95 V. Typowy zakres temperatury pracy układów tej firmy wynosi od -40 do +85°C lub od 0 do 70°C.

### Micron

Oferta pamięci równoległych NOR Flash Microna jest jeszcze większa, niż w wypadku układów szeregowych tej firmy i obejmuje aż 625 modeli aktualnie produkowanych lub wprowadzanych do produkcji. Dostępne pojemności wynoszą od 2 Mb do 2 Gb, a zakresy napięcia zasilania, zależnie od typu układu, mieszczą się w następujących prze-

działach: 1,7...2,0 V; 1,7...3,6 V, 2,3...3,6 V, 2,7...3,6 V i 4,5...5,5 V. Wśród tych układów można znaleźć modele o czasach dostępu z zakresu od 45 ns do 110 ns. Dostępne są też układy o podwyższonej wytrzymałości temperaturowej do +125°C.

### Spansion

Wybór pamięci równoległych Spansion jest ogromny. Są one podzielone na rodziny, różniące się przede wszystkim napięciem zasilania. Może ono wynosić 3 V; 1,8 V lub 5 V. Do pierwszej grupy należy najwięcej układów, a oferowane pojemności wynoszą od 8 Mb do 2 Gb. W drugiej grupie pamięci mają pojemność z zakresu od 8 do 512 Mb, przy czym w niektórych można jednocześnie zapisywać i odczytywać dane. Pamięci zasilane napięciem 5 V są w praktyce już wycofywane z produkcji. Najszybsze z pamięci równoległych firmy Spansion mają czas odczytu na poziomie 55 ns.



### Winbond

Wybór pamięci NOR Flash z interfejsem równoległym w ofercie Winbonda nie jest duży. Obecnie sprzedawane są tylko modele o pojemności 32, 64 i 128 Mb, w kilku obudowach, ale nie w wersjach przeznaczonych na do zastosowania w motoryzacji. Te modele oraz o większych pojemnościach (256 i 512 Mb) są dopiero w trakcie opracowywania. Wszystkie pracują w zakresie temperatury -40...+85°C. Modele o pojemnościach 32 Mb i 64 Mb mają czas dostępu na poziomie 70 ns, a większe układy – 90 ns. Wszystkie są zasilane napięciem 3/3,3 V.

### Pamięci MRAM

Opisane układy FRAM i NOR Flash to nie są jedyne rodzaje pamięci nieulotnych, niewymagające żadnego, nawet wbudowanego zasilania. Jedną z ciekawszych i coraz bardziej rozwijanych technologii jest MRAM, która obejmuje układy magnetorezystywne. Liderem w tej dziedzinie wydaje się być firma Everspin Technologies, która deklaruje, że pamięci MRAM cechują się żywotnością przekraczającą 20 lat i wytrzymują nieskończenie wiele cykli zapisu i odczytu. Do ich zalet należy też duża szybkość pracy. W przypadku układów szeregowych SPI (dostępne pojemności to 256 kB, 1 Mb i 4 Mb) zegar taktujący pracą interfejsu szeregowego może działać z częstotliwością do 104 MHz, co w trybie Quad-Output pozwala na uzyskanie dużej przepustowości odczytu. W przypadku układów z dostępem równoległym (pojemności 256 kb, 1 Mb, 4 Mb i 16 Mb), czas cyklu odczytu wynosi 35 lub 45 ns (w zależności od wersji).

Omawiane układy mogą być zasilane, w zależności od modelu, napięciem 3,3 V lub 1,8 V i pracować w temperaturze, zależnie od wersji: 0...70°C, -40...+85°C, -40...+105°C lub od -40...125°C.

### Podsumowanie

Obecny rynek półprzewodnikowych pamięci nieulotnych rozwija się bardzo dynamicznie. Nawet pomijając najbardziej dochodowe pamięci NAND Flash, można zauważyć, trwający postęp technologiczny i pojawiające się coraz to nowsze rodzaje układów. Szczególnie ciekawie zapowiada się przyszłość pamięci MRAM, które obecnie są produktami obiecującymi, ale zupełnie niszowymi. Wiele wskazuje na to, że niebawem nastąpi w ich dziedzinie znaczący postęp, gdyż za ich rozwój zabiera się jeden z gigantów rynku – Samsung Electronics. Na pewno przyniesie to wiele korzyści dla inżynierów-elektroników.

Marcin Karbowiczek, EP