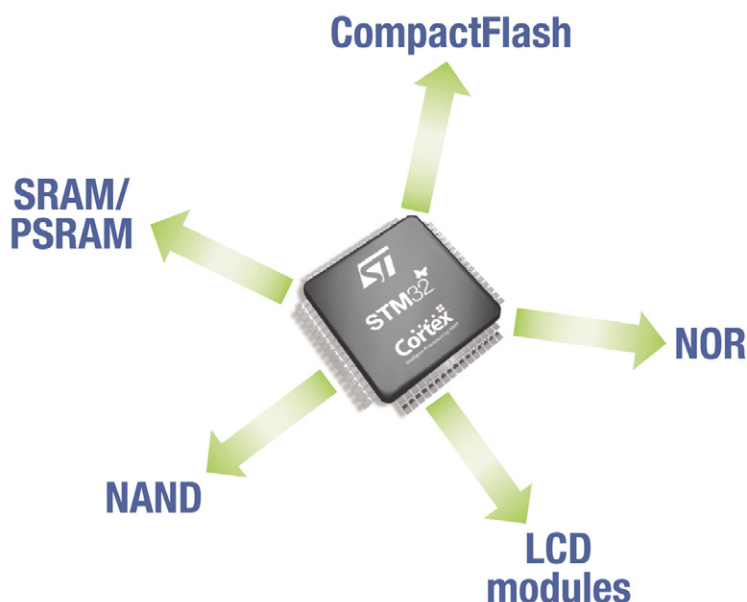


# Zewnętrzne pamięci statyczne i mikrokontrolery STM32



Miesiąc temu przedstawiliśmy w EP nowe mikrokontrolery z rodziny STM32, które charakteryzują się m.in. lepszym wyposażeniem w peryferia niż miało to miejsce w przypadku starszych układów z tej rodziny. Szczególnie interesującym, nowym interfejsem, w jaki wyposażono mikrokontrolery montowane w obudowach o dużej liczbie wyprowadzeń (100 lub 144), jest moduł FSMC (Flexible Static Memory Controller), umożliwiający wygodną obsługę zewnętrznych wielu typów pamięci Flash i SRAM.



Nietrudny do zaobserwowania trend szybkiego obniżania cen pamięci znajduje tylko częściowe odbicie w mikrokontrolerach: są one – co prawda – wyposażane w pamięci SRAM i Flash o coraz większych pojemnościach (coraz łatwiej o tani mikrokontroler z 256 lub 512 kB pamięci Flash), ale 1 czy

2 MB takiej pamięci wewnątrz mikrokontrolera to nadal rzadki luksus. Z kolei różnego rodzaju karty pamięciowe osiągają ceny „nieprzyzwoicie” niskie, co zachęca konstruktorów do podejmowania prób stosowania ich we własnych aplikacjach. Przy odpowiednio silnym zaangażowaniu programisty,

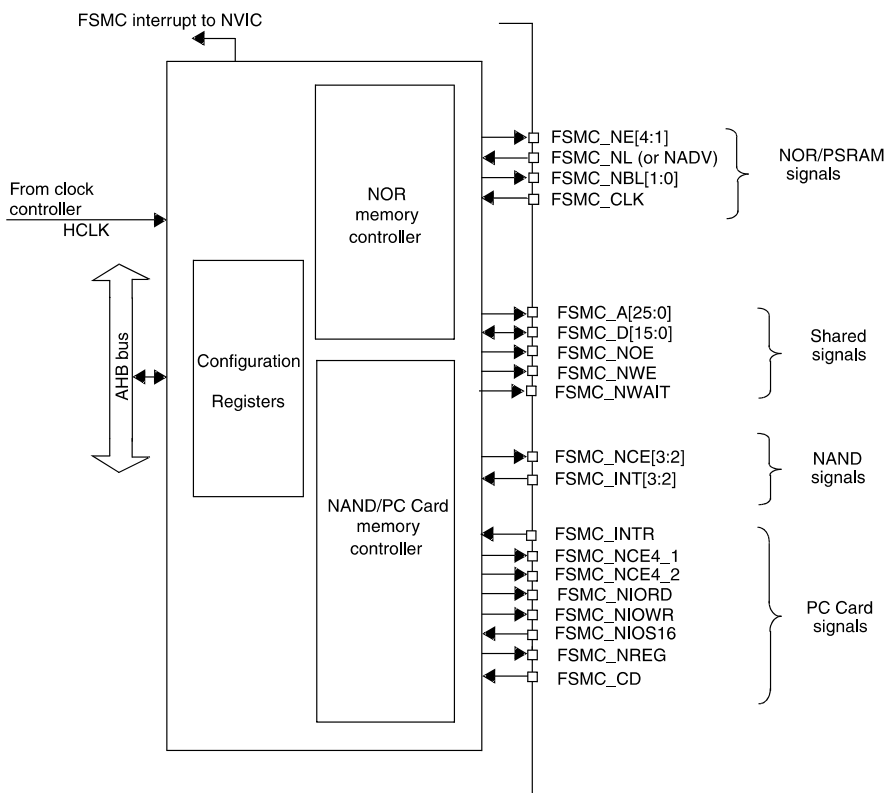
praktycznie każdy rodzaj karty Flash można obsłużyć korzystając z odpowiednich procedur programowych i uniwersalnych linii I/O. Nie jest to jednak rozwiązanie wygodne, ani ekonomicznie uzasadnione, o czym przekonali się konstruktorzy próbujący tą drogą rozwiązać problem dostępu do zewnętrznych pamięci Flash. Firma STMicroelectronics najwyraźniej dostrzegła problem, dzięki czemu niektóre mikrokontrolery z rodziny STM32 (posiadające nowoczesny rdzeń Cortex M3) wyposażono w wyspecjalizowany, konfigurowalny interfejs ułatwiający dostęp do pamięci SRAM i wielu rodzajów pamięci Flash i kart z takimi pamięciami „na pokładzie”.

## FSMC znaczy wygodnie

Schemat blokowy interfejsu FSMC (Flexible Static Memory Controller) pokazano na **rys. 1**. Umożliwia on dostęp mikrokontrolera do pamięci z magistralami



ST extends  
the **STM32** family



Rys. 1.

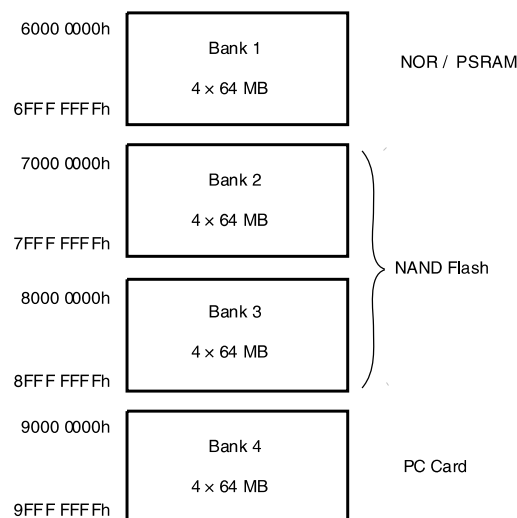
równoległymi następujących typów: SRAM, PSRAM, Cellular-RAM, COSMORAM, a także z klasycznymi pamięciami ROM, NOR Flash (z magistralami multipleksowanymi i rozdzielonymi), NAND Flash i OneNAND. Za jego pomo-

cą można także obsługiwać karty PC Card, cardFlash i CardFlash+ wszystkie wyposażone w pamięci Flash. Magistrala danych obsługiwana przez FSMC może mieć szerokość 8 lub 16 bitów, magistrala adresowa składa się z 26 linii (co

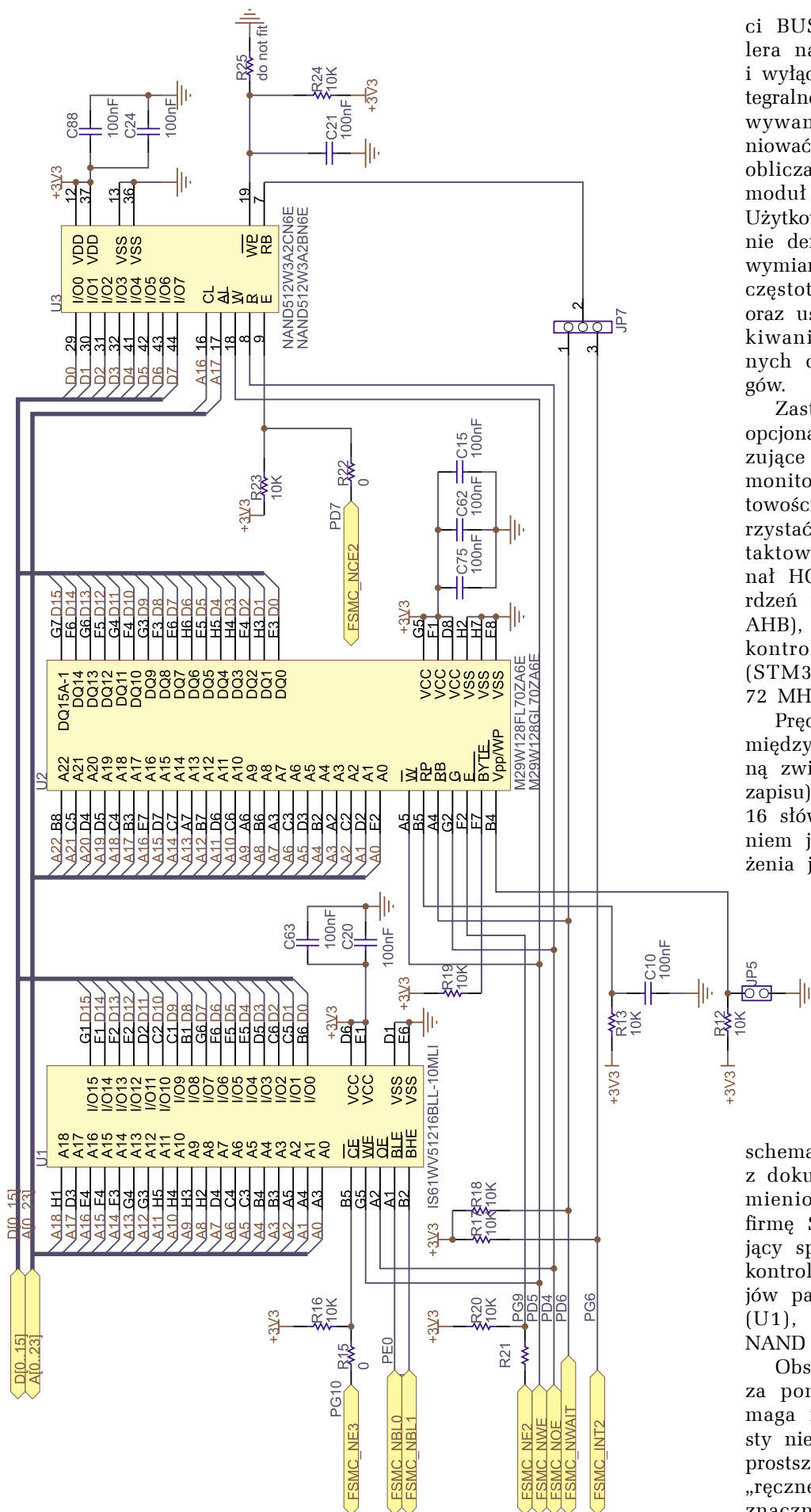
daje przestrzeń adresową 64 MB na pojedynczej stronie), do dyspozycji użytkownika pozostaje także 5 niezależnych od siebie sygnałów selekcji aktywnego zespołu pamięci, obsługę pamięci ułatwiają sygnały synchronizujące operacje odczyt i zapis, a także sygnał gotowości pamięci do pracy – szczególnie przydatny w szybkich systemach cyfrowych. Interfejs FSMC jest przystosowany do odczytu typu *burst* (dłuższe paczki danych od określonego adresu, przydatne w przypadku pamięci PSRAM i Flash NOR) i zapewnia „przezroczystą” konwersję 32-bitowych operacji na magistrali AHB (która służy jako wewnętrzna magistrala komunikacyjna dla FSMC) na transfery magistralą 8- lub 16-bitową. Należy pamiętać, że nie wszystkie rodzaje pamięci mogą być obsługiwane w trybie AHB 8-, 16- i 32-bitowym, co producent uwzględnił w dokumentacji mikrokontrolerów (skrót przedstawiamy w **tab. 1**).

Interfejs FSMC jest konfigurowalny, co pozwala nie tylko przypisać określony typ pamięci do danego obszaru adresowego, ale także włączać i wyłączać monitorowanie sygnału gotowości pamięci.

Tab. 1. Dopuszczalne tryby pracy dla pamięci obsługiwanych przez FSMC					
Typ pamięci	Tryb pracy pamięci	Kierunek wymiany danych	Szerokość magistrali danych AHB	Szerokość magistrali danych pamięci	Możliwy?
Flash NOR	Asynchroniczny	R	8	16	+
	Asynchroniczny	W	8	16	–
	Asynchroniczny	R	16	16	+
	Asynchroniczny	W	16	16	+
	Asynchroniczny	R	32	16	+
	Asynchroniczny	W	32	16	+
	Asynchroniczny (stronami)	R	–	16	–
	Synchroniczny	R	8	16	–
	Synchroniczny	R	16	16	+
	Synchroniczny	R	32	16	+
PSRAM	Asynchroniczny	R	8	16	+
	Asynchroniczny	W	8	16	+
	Asynchroniczny	R	16	16	+
	Asynchroniczny	W	16	16	+
	Asynchroniczny	R	32	16	+
	Asynchroniczny	W	32	16	+
	Asynchroniczny (stronami)	R	–	16	–
	Synchroniczny	R	8	16	–
	Synchroniczny	R	16	16	+
	Synchroniczny	R	32	16	+
SRAM, ROM	Asynchroniczny	R	8, 16, 32	8, 16, 32	+
	Asynchroniczny	W	8, 16, 32	8, 16, 32	+



Rys. 2.



Rys. 3.

ci BUSY (i reakcję mikrokontrolera na jego zgłoszenie), włączać i wyłączać sprzętowy kontroler integralności danych (ECC) przechowywanych w pamięci oraz definiować wielkość bloku pamięci do obliczania sumy kontrolnej przez moduł ECC (od 256 do 8192 B). Użytkownik może także samodzielnie definiować parametry czasowe wymiany danych, poprzez zmianę częstotliwości taktującej interfejsu oraz ustalanie liczby stanów oczekiwania CPU w trzech krytycznych czasowo miejscach przebiegów.

Zastosowane przez producenta opcjonalne mechanizmy synchronizujące wymianę danych (poprzez monitorowanie stanu sygnału gotowości pamięci) pozwalają wykorzystać maksymalną częstotliwość taktowania mikrokontrolera (sygnał HCLK, taktujący także DMA, rdzeń mikrokontrolera i magistralę AHB), która w przypadku mikrokontrolerów z serii *Performance* (STM32F103) może wynosić aż 72 MHz.

Prędkość wymiany danych pomiędzy CPU i pamięcią zewnętrzną zwiększa jednokierunkowa (dla zapisu) pamięć FIFO o pojemności 16 słów 32-bitowych, której zadaniem jest minimalizowanie obciążenia jednostki centralnej podczas zapisu do zewnętrznej pamięci.

Dostęp do zewnętrznych pamięci za pomocą FSMC jest bankowany, jak pokazano na **rys. 2**. Selekcję stron w każdym banku umożliwiają dwa bity jednego z rejestrów konfiguracyjnych FSMC.

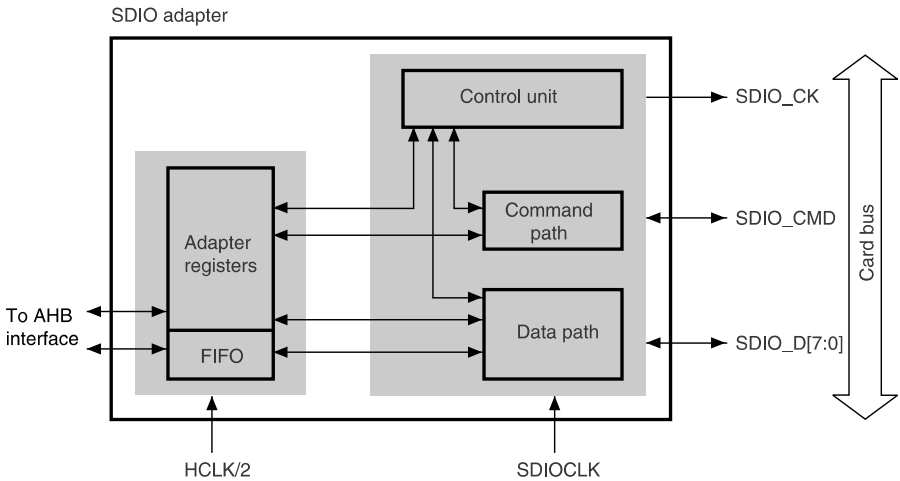
Na **rys. 3** pokazano schemat elektryczny (zaczerpnięty z dokumentacji zestawu uruchomieniowego opracowanego przez firmę STMicroelectronics) ilustrujący sposób dołączenia do mikrokontrolerów STM32 trzech rodzajów pamięci zewnętrznych: SRAM (U1), Flash NOR (U2) i Flash NAND (U3).

Obsługa zewnętrznych pamięci za pomocą interfejsu FSMC wymaga na początku od programisty nieco uwagi, ale jest znacznie prostsza, niż w przypadku obsługi „ręcznej”. Zadanie początkującym znacznie uprościł producent mikrokontrolerów, bowiem procedura



Tab. 2. Mikrokontrolery STM32 wyposażone w interfejs FSMC

Typ	Flash [kB]	SRAM [kB]	GPIO	Obudowa	Seria
STM32F101V8	64	10	80	BGA/LQFP100	Access Line
STM32F101VB	128	16	80	BGA/LQFP100	
STM32F101VC	256	32	80	BGA/LQFP100	
STM32F101VD	384	48	80	BGA/LQFP100	
STM32F101VE	512	48	80	BGA/LQFP100	
STM32F101ZC	256	32	112	BGA/LQFP144	
STM32F101ZD	384	48	112	BGA/LQFP144	
STM32F101ZE	512	48	112	BGA/LQFP144	
STM32F103V8	64	20	80	BGA/LQFP100	Performance Line
STM32F103VB	128	20	80	BGA/LQFP100	
STM32F103VC	256	48	80	BGA/LQFP100	
STM32F103VD	384	64	80	BGA/LQFP100	
STM32F103VE	512	64	80	BGA/LQFP100	
STM32F103ZC	256	48	112	BGA/LQFP144	
STM32F103ZD	384	64	112	BGA/LQFP144	
STM32F103ZE	512	64	112	BGA/LQFP144	



Rys. 4.

inicjująca pracę interfejsu i obsługę kilku typów pamięci jest dostępna na stronie internetowej firmy (*um0488.zip*), publikujemy ją także (wraz z kompletną dokumentacją) na CD-EP9/2008C.

Można także inaczej

W przypadku, gdy w aplikacji wystarczy zastosowanie pamięci nieulotnej ulokowanej na karcie MMC lub SD, można wykorzystać interfejs SDIO, w który wyposażono mikrokontrolery *Performance Line* o pojemności pamięci programu 256, 384 lub 512 kB (niezależnie od obudowy). Jest on dołączony do wewnętrznej magistrali AHB i umożliwia szeregowy transfer danych z częstotliwością taktowania do 48 MHz (MultiMediaCard V4.0/4.2.), przy czym nie jest obsługiwany tryb SPI wymiany danych z kartą.

Schemat blokowy interfejsu SDIO pokazano na **rys. 4**. Zinte-

growano z nim rozwiązania sprzętowe umożliwiające zautomatyzowaną obsługę kart, ich inicjalizację itd.

Podsumowanie

Wyposażenie peryferyjne mikrokontrolerów STM32 jest – jak łatwo zauważyć – bardzo bogate. Producent stara się maksymalnie pomóc konstruktorom, także początkującym, którzy mogą ułatwić sobie pisanie programu nie tylko dzięki zastosowanym zaawansowanym oraz przejrzystej dokumentacji, lecz także dobrze napisanym i udokumentowanym przykładom.

Dobrze to wróży nowym mikrokontrolerom, których kariera – na co wskazuje wiele znaków na rynku – pomimo wielu sukcesów, dopiero się zaczyna.

**Andrzej Gawryluk, EP**

# UKŁADY INTERNETOWE

## AVT966

Karta przekazników sterowana przez Internet

**Dostępne wersje:**  
A - płytka drukowana i dokumentacja: 86zł  
B - komplet elementów z płytką: 187zł  
C - układ zmontowany i uruchomiony: 300zł

## AVT953

Karta wejść z interfejsem Ethernet

**Dostępne wersje:**  
A - płytka drukowana i dokumentacja: 69zł  
B - komplet elementów z płytką: 98zł  
C - układ zmontowany i uruchomiony: 220zł

## AVT927

Uniwersalny interfejs Internetowy

**Dostępne wersje:**  
A - płytka drukowana i dokumentacja: 60zł  
B - komplet elementów z płytką: 147zł  
C - układ zmontowany i uruchomiony: 240zł

# www.sklep.avt.pl

**Producent: AVT-Korporacja Sp. z o.o.,**  
03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11  
tel. 022 257 84 50, fax 022 257 84 55,  
e-mail: [handlowy@avt.pl](mailto:handlowy@avt.pl)