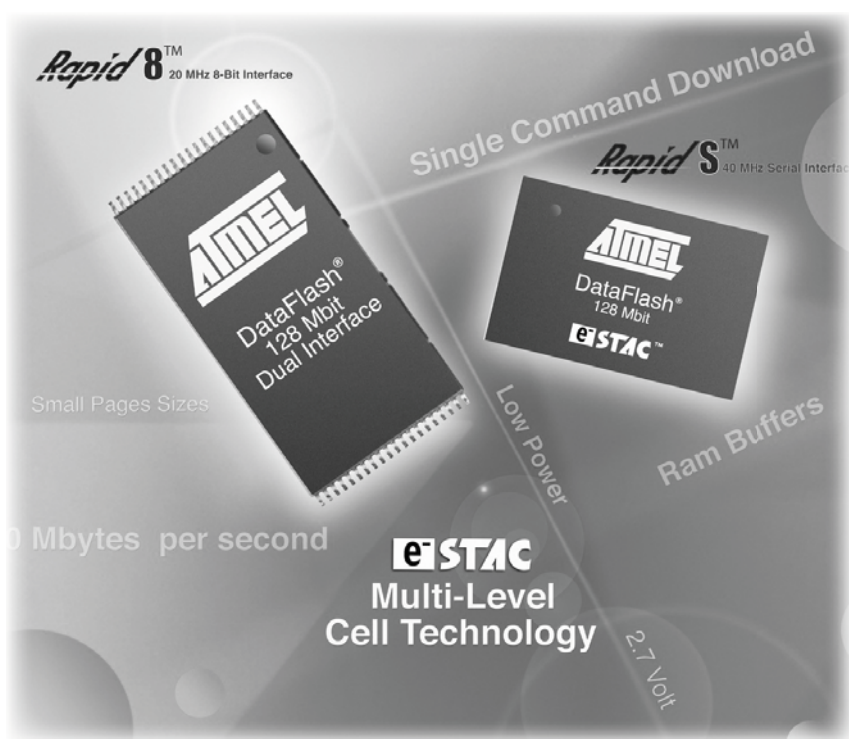


# Obsługa pamięci szeregowych EEPROM i DataFlash w Bascom, część 1

W wielu systemach cyfrowych, które mają zbierać dane z zewnątrz, powinny być one zapisywane w pamięci nieulotnej o właściwie dobrej pojemności. Pamięci nieulotne są także wykorzystywane do zapamiętywania ustawianych parametrów systemu. W tego rodzaju zastosowaniach ich pojemność może być niewielka – zazwyczaj do 1 kB. Wiele mikrokontrolerów ma wbudowaną pamięć nieulotną, której zazwyczaj niewielka pojemność umożliwia tylko zapamiętanie konfiguracji urządzenia. W przypadku mikrokontrolerów bez wewnętrznej pamięci EEPROM można bez problemu dołączyć pamięć zewnętrzną. Do tego celu nadają się pamięci szeregowe, gdyż do ich dołączenia zazwyczaj nie jest potrzebnych wiele linii mikrokontrolera.



W przypadku małej liczby danych do zapamiętania (danych konfiguracyjnych itp.) można więc stosować pamięci nieulotne EEPROM o niewielkiej pojemności, zazwyczaj od kilkunastu bajtów do kilkudziesięciu kilobajtów. W przypadku, gdy będzie trzeba zapamiętać dużą liczbę danych, np. z pomiarów, to odpowiednie będą szeregowe pamięci DataFlash, których pojemność może wynosić do kilku megabajtów.

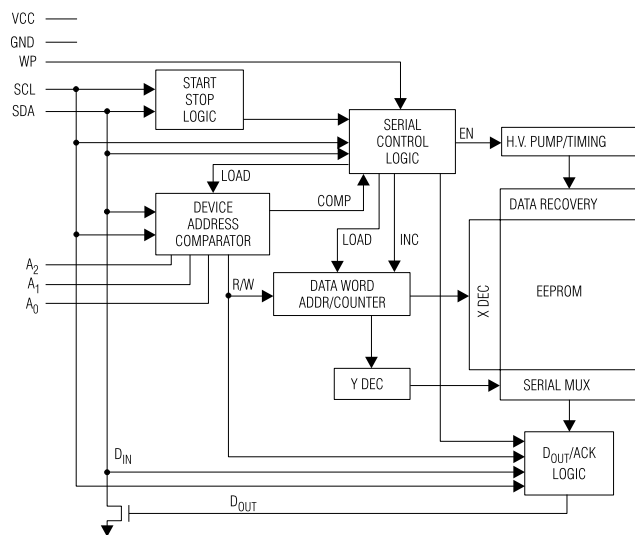
W artykule zostanie przedstawiona obsługa pamięci EEPROM oraz DataFlash z poziomu Bascoma. Zostaną przedstawione pamięci z najpopularniejszymi interfejsami I<sup>2</sup>C oraz SPI, jak: AT24C02 (pojemność 256 bajtów), AT24C16 (pojemność 2 kB), AT24C64 (pojemność 8 kB), AT93C64 (pojemność 128 bajtów) oraz DataFlash AT45DB011 o pojemności ponad 135 kB.

## Pamięci szeregowe EEPROM z rodziny AT24Cxx

Pamięci z rodziny AT24Cxx posiadają interfejs I<sup>2</sup>C, a więc do komunikacji z nimi wykorzystywane są tylko dwie linie mikrokontrolera. W **tab. 1** przedstawiono parametry pamięci AT24Cxx. Pamięcią, którą można wykorzystać do zapamiętywania parametrów konfiguracyjnych, jest AT24C02 o pojemności 256 bajtów.

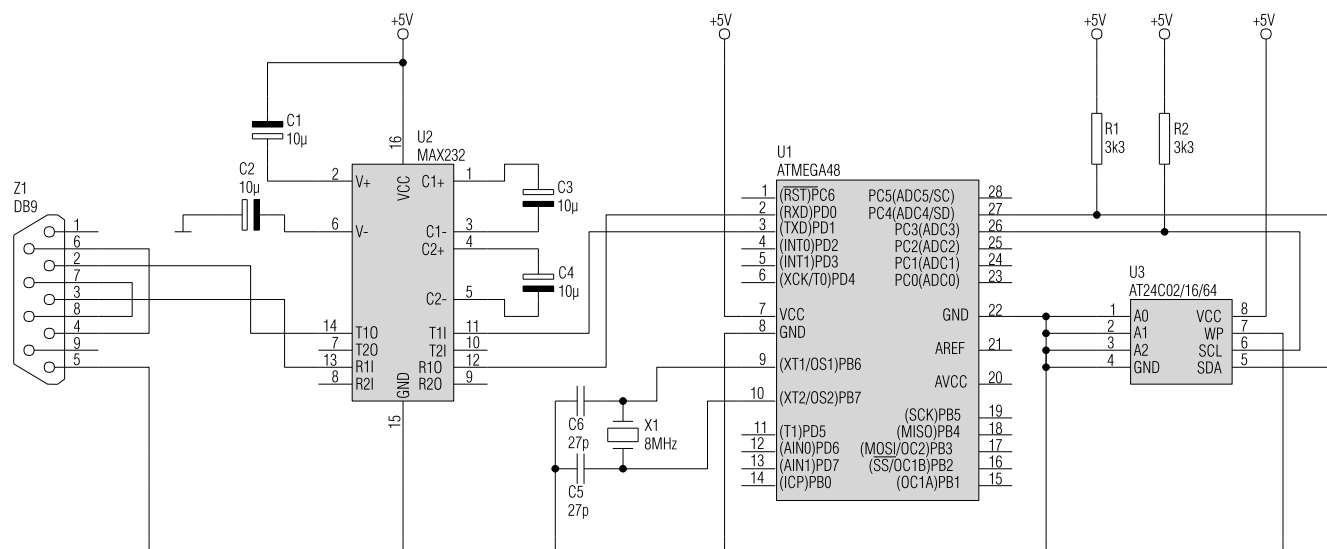
Schemat blokowy pamięci tego typu przedstawiono na **rys. 1**. Linie adresowe A<sub>2</sub>...A<sub>0</sub> są liniami wyboru jednej z ośmiu pamięci jakie mogą być dołączone do magistrali I<sup>2</sup>C (np. dla AT24C02). Zwarcie linii WP do plusa zasilania blokuje zapis do pamięci.

Na **rys. 2** przedstawiono schemat podłączenia pamięci do układu uruchomieniowego z mikrokontrolerem ATMEGA8 w którym będzie testowana obsługa pamięci EEPROM. Płytką jest połączona z komputerem



Rys. 1. Schemat blokowy pamięci typu AT24C02

Listingi do tego artykułu będą umieszczone na płycie CD EP12/2005 oraz na stronie <http://download.ep.com.pl>



Rys. 2. Schemat dołączenia pamięci EEPROM do mikrokontrolera

1	0	1	0	A2	A1	A0	R/W
MSB							LSB

Rys. 3. Format słowa adresu pamięci AT24C02

za pomocą łącza RS232. Dane będą przesyłane tym interfejsem i zapisywane do pamięci oraz z niej odczytywane. mikrokontrolera. Układ U2

jest konwerterem napięć do poziomów zgodnych z normą RS232. Rezystory R1, R2 są rezystorami podciągającymi dla linii sygnałowych magistrali I<sup>2</sup>C. Na **list. 1** przedstawiono przykład programu obsługującego pamięć AT24C02. Do komórek pamięci wpisywane są w programie kolejno wartości od 0 do 255. Zapis do pamięci EEPROM następuje w procedurze *Zap EEPROM*, która ma dwa parametry. Pierwszym jest adres a drugim wartość danej do zapisania. Po zainicjowaniu magistrali I<sup>2</sup>C sygnałem startu jest wysyłany adres wybieranej pamięci, którego format przedstawiono na **rys. 3**. Bity A2...A0 odpowiadają stanom zewnętrznych linii A2...A0 pamięci. Bit R/W wskazuje czy będzie następował odczyt z pamięci, czy zapis do pamięci. Ponieważ linie A2...A0 pamięci zostały zwarte do masy, adres zapisu do pamięci będzie wynosił 160, a odczytu z niej 161. Na **rys. 4** przedstawiono ramkę z sygnałami podczas zapisu jednego bajtu pamięci. Każda ramka kończy się sygnałem potwierdzenia (ACK) wysyłanym przez pamięć, po czym wysyłany jest adres bajtu (słowa) pamięci. Ponieważ pamięć ma pojemność 256 bajtów, adres jest 8-bitowy. Po otrzymaniu potwierdzenia wysyłana jest dana do zapisania w zaadresowanym bajcie (słowie). W procedurze zapisu do

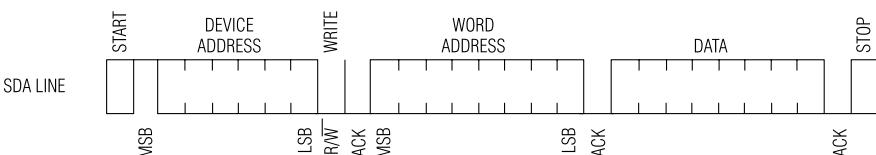
pamięci występuje opóźnienie (zależne od typu pamięci i producenta), które jest wymagane ze względu na czas zapisu. Do odczytu danych z pamięci służy procedura *Odc EEPROM* mająca także dwa parametry: *adres* oraz *wartość* odczytanej komórki. Ramka z sygnałami przy odczycie z pamięci przedstawiono na **rys. 5**. W pierwszej kolejności wysyłany jest (po sekwencji startu) adres pamięci do zapisu, czyli 160, a następnie adres słowa pamięci, z którego ma nastąpić odczyt. Po kolejnej sekwencji startu wysyłany jest adres pamięci do odczytu, po którym następuje odczyt danej z zaadresowanego słowa, już bez bitu potwierdzenia. Po każdej zakończonej komunikacji z pamięcią następuje wysłanie sygnału stopu. W pętli głównej programu do każdego słowa pamięci jest zapisywana

Tab. 1. Parametry pamięci typu AT24Cxx

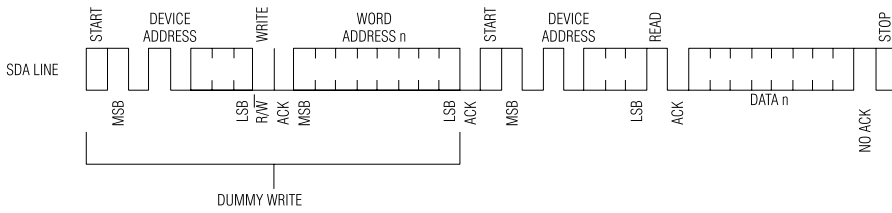
Typ	Wielkość (Bytes)	Strony (Bytes)	Liczba dołączonych pamięci do magistrali	Adres pamięci
AT24C01	1k	4	1	None
AT24C01A	1k	8	8	A0,A-1,A2
AT24C02	2k	8	8	A0,A-1,A2
AT24C04	4k	16	4	A1,A2
AT24C08	8k	16	2	A2
AT24C16	16k	16	1	None
AT24C164	16k	16	8	A0,A-1,A2
AT24C32	32k	32	8	A0,A-1,A2
AT24C64	64k	32	8	A0,A-1,A2
AT24C128	128k	64	4	A0,A1
AT24C256	256k	64	4	A0,A1
AT24C512	512k	128	4	A0,A1
AT24C1024	1M	256	2	A1

Tab. 2. Komendy wykorzystywane w pamięci AT93C46

Instrukcja	SB	Kod instrukcji	Adres	Dane we
ERASE	1	11	A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	-
ERAL	1	00	1 0 X X X X X	-
EWDS	1	00	0 0 X X X X X	-
EWEN	1	00	1 1 X X X X X	-
READ	1	10	A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	-
WRITE	1	01	A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 - D0
WRAL	1	00	0 1 X X X X X	D7 - D0



Rys. 4. Ramka zapisu jednej komórki pamięci

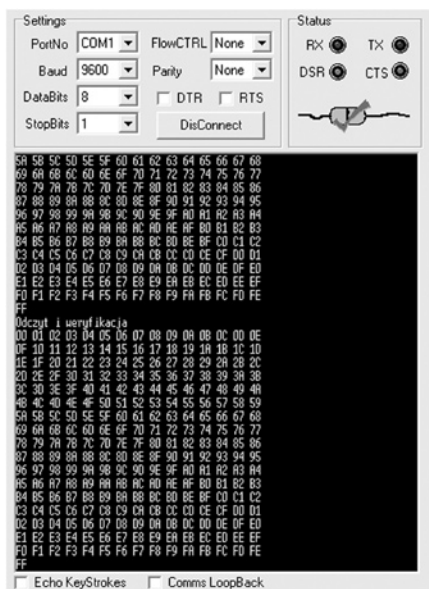


Rys. 5. Ramka odczytu pamięci

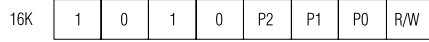
jakaś liczba, która jest także wysyłana do terminala. Po zapisaniu wszystkich bajtów, następuje odczyt oraz weryfikacja zawartości każdego z nich. Odczytane wartości z pamięci są wysyłane do terminala. W przypadku wykrycia błędu zapisu, do terminala zostanie wysłany odpowiedni komunikat. Na **rys. 6** przedstawiono widok okna terminala po zakończeniu programu demonstracyjnego.

Komunikacja z pamięciami AT24Cxx o większych pojemnościach jest trochę trudniejsza. Przykładowo, pamięć AT24C16, która ma pojemność 2 kB nie ma zewnętrznych linii wyboru adresu, co oznacza, że do magistrali I<sup>2</sup>C może być dołączona tylko jedna pamięć. Bitowe odpowiedniki adresu pamięci zostały zastąpione adresami stron, z których każda ma 256 bajtów pamięci, czyli pamięć AT24C16 ma 8 stron.

Na **rys. 7** przedstawiono format słowa adresu pamięci AT24C16. Bity P2...P0 określają właśnie adres strony. Budowa tej pamięci oraz sposób jej podłączenia do mikrokontrolera jest identyczny jak przedstawiono na **rys. 1** oraz **rys. 2**. Na **list. 2** przedstawiono sposób obsługi



Rys. 6. Widok okna terminala po zakończeniu działania programu demonstracyjnego



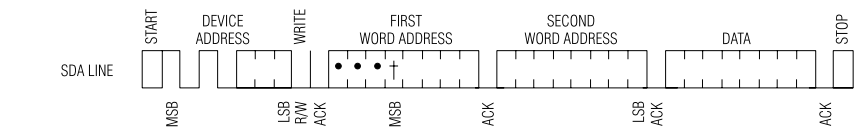
Rys. 7. Format słowa adresu pamięci AT24C16

pamięci AT24C16. Działanie programu jest podobne jak poprzedniego, z tym, że do każdej 256 bajtowej strony jest zapisywany jej numer. Procedury zapisu danych do pamięci oraz odczytu z niej różnią się tylko zakresem wartości adresu (adres od 0 do 2047) oraz zapisaniem adresu strony na bitach P2...P0.

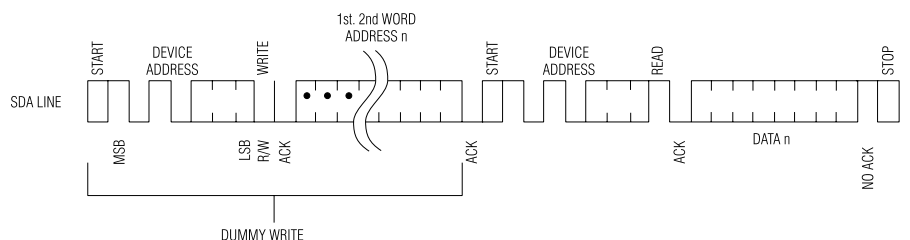
Jedną z większych pamięci pod względem pojemności jest AT24C64 (pojemność 8 kB). Pamięć ma 3 linie adresowe wyboru układu a więc w tej pamięci słowo adresowe jest identyczne, jak w pamięciach AT24C02, czyli można ją wybrać poprzez zewnętrzne linie A2...A0. Ponieważ pamięć ta ma pojemność 8 kB, która została podzielona na 32 strony 256-bajtowe, to do ich zaadresowania są potrzebne dwa bajty, a nie jeden jak w AT24C02.

Na **list. 3** przedstawiono przykładowy program obsługi pamięci AT24C64. Także w tym programie do pamięci są zapisywane numery stron pamięci, do których następuje zapis. Zakres adresów zawiera się w przedziale od 0 do 8191.

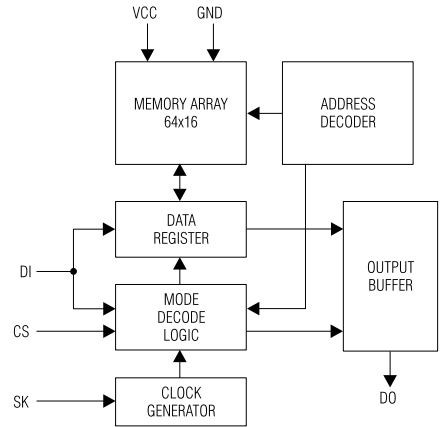
Na **rys. 8** przedstawiono ramkę z sygnałami dla zapisu bajtu pamięci, natomiast na **rys. 9** ramkę do odczytu jednego bajtu pamięci. Po wysłaniu adresu pamięci powinien



Rys. 8. Ramka zapisu komórki pamięci AT24C64



Rys. 9. Ramka odczytu jednej komórki pamięci AT24C64



Rys. 10. Schemat blokowy pamięci 93C46

zostać wysłany adres składający się z dwóch bajtów. W przykładowym programie zarówno dane zapisywane jak i odczytywane z pamięci są wysyłane do terminala. Odczytywane dane są także w tym przypadku poddawane weryfikacji.

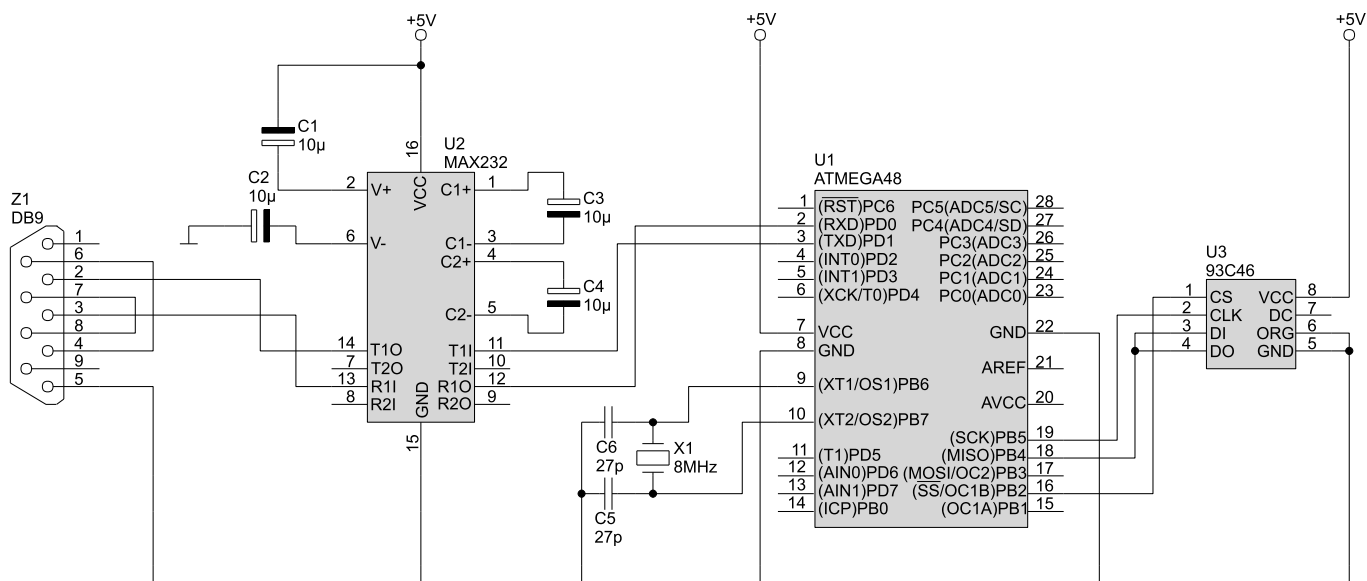
Pamięci z rodziny AT24Cxx są dosyć często wykorzystywane ze względu na łatwość obsługi i podłączenia do mikrokontrolera oraz trwałość. Ponadto do jednej magistrali może być dołączonych kilka pamięci AT24Cxx z różnie skonfigurowanymi adresami.

Tego typu pamięci można wykorzystywać nie tylko do zapamiętywania danych konfiguracyjnych urządzenia, ale mogą także być wykorzystywane jako pamięci rejestrujące spore ilości danych.

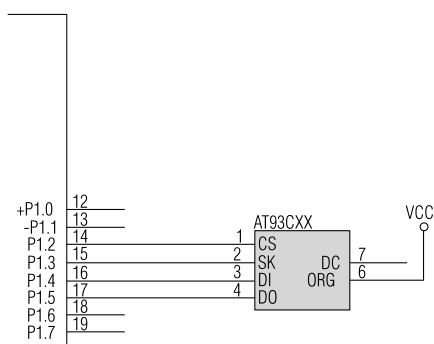
### Pamięci szeregowy EEPROM z rodziny 93Cxx

Pamięci te są zazwyczaj wykorzystywane do zapamiętywania konfiguracji urządzeń. Mają wbudowany interfejs szeregowy SPI.

W ramach przykładu zostanie przedstawiona obsługa pamięci 93C46 o pojemności 128 bajtów,

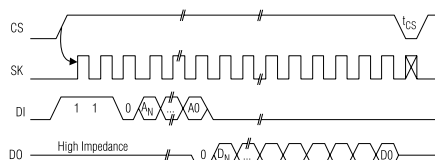


Rys. 11. Schemat dołączenia pamięci AT93C46 do mikrokontrolera ze zwartymi liniami danych A i D



Rys. 12. Schemat dołączenia pamięci AT93C46 do mikrokontrolera z rozdzielonymi liniami danych A i D

której schemat blokowy przedstawiono na **rys. 10**. Na **rys. 11** przedstawiono schemat sposobu dołączenia pamięci AT93C46 do mikrokontrolera w układzie testowym. Linia CS, jest linią wyboru pamięci, linia CLK jest linią zegarową, linia DI jest wejściem danych, a linia DO wyjściem. Linia ORG umożliwia wybór organizacji danych. Gdy linia ORG jest zwarta do plusa zasilania, dane będą 16-bitowe, a przy zwartej do masy 8-bitowe. W przykładzie została wybrana organizacja 8-bitowa pamięci. Pamięć AT93C46 można podłączyć do mikrokontrolera na dwa sposoby. Ze zwartymi liniami danych DI i DO jak na schemacie



Rys. 13. Ramka podczas odczytu danej z pamięci AT93C46

z **rys. 11** lub z rozdzielonymi liniami danych DI i DO jak pokazano to na **rys. 12**. W pierwszym przypadku wymagane są 3 linie mikrokontrolera, natomiast w drugim 4 linie.

Komunikacja z pamięcią odbywa się za pomocą komend, które zestawiono w **tab. 2**. Każda z komend składa się z jej kodu, adresu oraz także 8-bajtowej danej dla komendy żądania odczytu (przy linii ORG zwartej do masy). Komenda *ERASE* zeruje wybrane słowo pamięci, natomiast komenda *ERALL* zeruje całą pamięć. Komenda *EWDS* umożliwia zablokowanie zapisu do pamięci. Do odblokowania pamięci przed zapisem służy komenda *EWEN*. Do odczytu danej z pamięci służy komenda *READ*, a do zapisu *WRITE*. Komenda *WRAL* umożliwia zapis całej pamięci EEPROM wybraną wartością danej. Na **list. 4** przedstawiono program obsługujący pamięć 93C46. Wpisuje on do poszczególnych słów pamięci od 0 do 127 ich adresy, czyli kolejno wartości od 0 do 127.

Na **rys. 13** przedstawiono ramkę z sygnałami podczas odczytu danej, a na **rys. 14** podczas zapisu danej do pamięci. W programie zapis danej do pamięci realizuje procedura *Zap\_eeeprom* mająca parametry: *adres* i *dana*. Po zapisie danej jest wywoływana procedura opóźnienia *Opozn\_zap*. Opóźnienie jest wymagane, gdyż zapis słowa pamięci trwa nawet do kilkunastu ms.

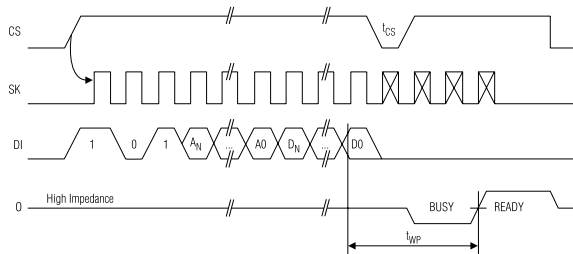
Procedura *Odc\_eeeprom* Rys. 14. Ramka podczas zapisu danej do pamięci AT93C46

rametry, umożliwia odczyt danej z wybranej adresem słowa pamięci. Procedura *Zap\_en* odblokowuje zapis pamięci, a procedura *Zap\_bl* blokuje zapis.

Procedura *Res\_pam* zeruje całą pamięć. W tej procedurze także wywoływana jest procedura opóźnienia ze względu, że zerowanie pamięci trwa kilkanaście ms. W pierwszej kolejności w programie pamięć zostaje odblokowana, po czym następuje jej zerowanie. Po zapisie oraz odczycie danych z pamięci następuje jej zablokowanie. Zarówno dane zapisywane jak i odczytywane z pamięci są wysyłane do komputernego terminala. Podczas odczytu danych z pamięci jest realizowana ich weryfikacja.

Pamięci z rodziny 93C46 są często wykorzystywane do zapamiętywania parametrów konfiguracyjnych urządzeń, których niewielka pojemność do tego celu wystarcza. Pamięci te nie są wykorzystywane do przechowywania dużych ilości danych. Do tego celu idealnie nadają się pamięci DataFlash.

**Marcin Wiązania**  
marcin.wiazania@ep.com.pl



Rys. 14. Ramka podczas zapisu danej do pamięci AT93C46