

Programatory ISP dla mikrokontrolerów i układów PLD – przegląd

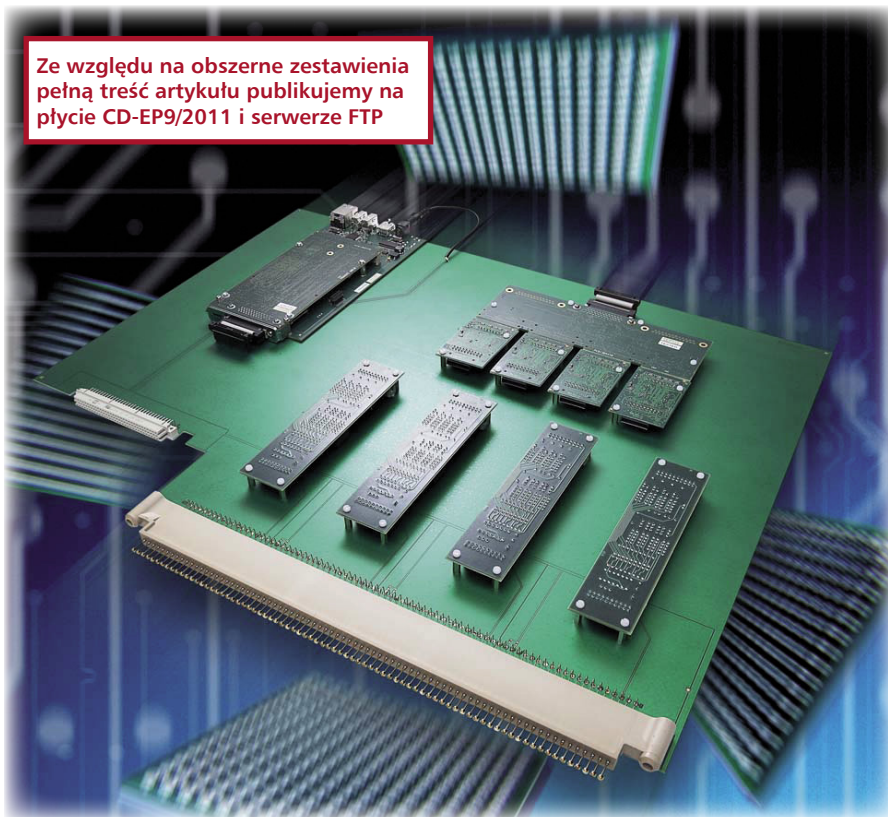


Trudno jest to teraz sobie wyobrazić, ale jeszcze 10 lat temu laboratorium konstrukcyjne prawdziwego „mikroprocesowca” musiało być wyposażone w programator stacjonarny z dużą liczbą dodatkowych adapterów. Koszt programatora i niezbędnego osprzętu (porównywalny z ówczesną ceną fabrycznie nowego Fiata 126p) już na starcie eliminował większość elektroników zainteresowanych tematyką mikrokontrolerową i mikroprocesorową. Możliwość dostępu do programatorów (lub szczególnie upór w docieraniu do niego) tworzyła elity...

Rewolucja *In System Programming* (ISP) dokonywała się stopniowo, a – o czym nie wszyscy pamiętają – zaczęła się od układów PLD firmy Lattice z pierwszych serii ispL-SI1000, które wyposażono w synchroniczny interfejs szeregowy o nazwie LatticeISP. Dość szybko został zastąpiony przez JTAG, który został przyjęty jako powszechny interfejs do programowania, konfigurowania i testowania w systemie przez wszystkich producentów układów PLD.

Przełom w programowaniu ISP mikrokontrolerów zawdzięczamy firmie Atmel, która wyposażała w taki interfejs pierwsze mikrokontrolery z rodziny AVR, co miało miejsce w 1996 roku. Obecnie mikrokontrolery pozbawione możliwości programowania pamięci w systemie praktycznie zniknęły z rynku.

W artykule przedstawiamy przegląd interfejsów i programatorów ISP stosowanych do programowania i konfigurowania układów scalonych różnych producentów, niektóre z nich mogą spełniać także rolę sprzętowych emulatorów-debuggerów wspomagających uruchamianie programów i projektów sprzętowych implementowanych



Ze względu na obszerne zestawienia pełną treść artykułu publikujemy na płycie CD-EP9/2011 i serwerze FTP

w układach FPGA i CPLD. Prezentowane urządzenia skatalogowano zgodnie z obsługiwanyimi układami, bowiem pomimo zestandaryzowania niektórych interfejsów programowania w systemie (jak np. JTAG) nie ma na rynku zbyt wielu uniwersalnych programatorów ISP. Zaczniemy – zgodnie ze światowymi trendami – od mikrokontrolerów z rdzeniami ARM.

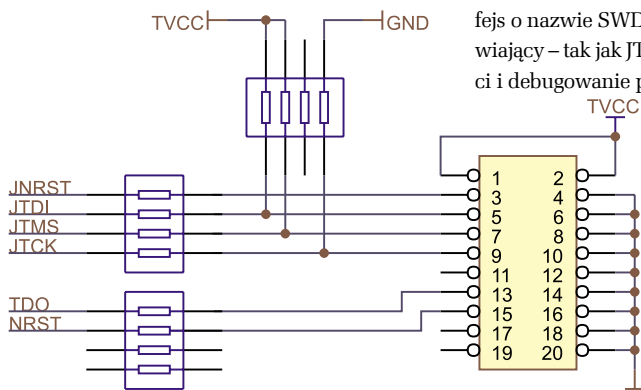
Programatory ISP mikrokontrolerów z rdzeniami firmy ARM

Standaryzacja rdzeni we współczesnych mikrokontrolerach i mikroprocesorach znacznie ułatwiła ujednoczenie sposobu programowania ich pamięci programu oraz obsługę interfejsu wspomagającego uruchamianie (debugowanie) programu. Wszystkie mikrokontrolery z rdzeniami starszych generacji (ARM7, ARM9 i ich pochodne), a także ze „współczesnymi” rdzeniami z serii Cortex-M

Dodatkowe materiały na CD/FTP:
ftp://ep.com.pl, user: 19623, pass: 6c5r20n3
• kompletne zestawienie

/Cortex-R, wyposażono w interfejs JTAG, za pomocą którego użytkownik może modyfikować zawartość pamięci Flash, a także monitorować wykonywanie programu. Schemat połączeń standardowego interfejsu JTAG stosowanego w 32-bitowych mikrokontrolerach pokazano na **rysunku 1**.

Linie sygnałowe interfejsu JTAG są jednokierunkowe, co upraszcza implementację sprzętowo urządzenia pośredniczącego pomiędzy komputerem z zainstalowanym oprogramowaniem służącym do programowania i debugowania a mikrokontrolerem. Oprócz rozwiązań komercyjnych, do których przejdziemy za chwilę, dużą popularnością wśród początkujących konstruktorów cieszą się proste do wykonania programatory-debuggerzy z USB bazujące na projekcie programistycz-



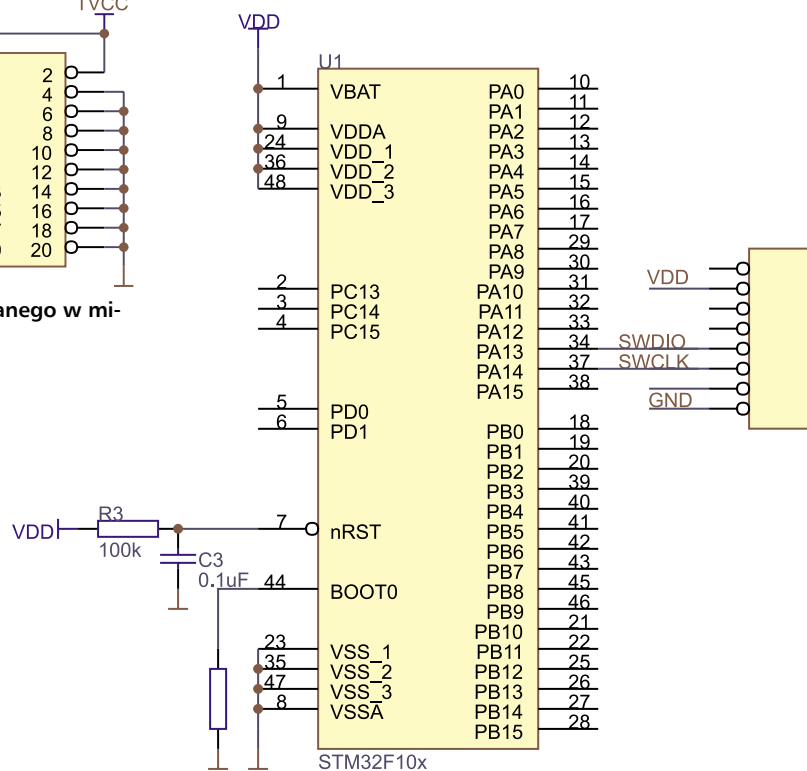
Rys. 1. Schemat połączeń interfejsu JTAG stosowanego w mikrokontrolerach 32-bitowych

nym OpenOCD (<http://openocd.berlios.de/web/>), dla którego popularną w naszym kraju wersję sprzętu o nazwie *JTAG-lock-pick* (bazującą oczywiście na układzie interfejsowym firmy FTDI OCDlink) przygotował autor strony <http://www.freddiechopin.info>. Na rynku dostępnych jest wiele klonów programatorów-debuggerów wykonanych na układach FTDI (zazwyczaj FT2232 w różnych wersjach). Ze względu na łatwość ich wykonania we własnym zakresie (m.in. dzięki powszechnie dostępnym schematom i kompletnym projektom) pominięliśmy je w prezentowanym zestawieniu.

Większość mikrokontrolerów z rdzeniami Cortex-M i Cortex-R wyposażono w nowy inter-

fejs o nazwie SWD (*Single Wire Debug*) umożliwiający – tak jak JTAG – programowanie pamięci i debugowanie pracy CPU, ale wykorzystują-

cy zaledwie dwie (lub w skrajnym przypadku trzy) linie do dwukierunkowej transmisji danych. W większości przypadków interfejs SWD



Rys. 2. Schemat elektryczny ilustrujący sposób dołączenia programatora z SWD do mikrokontrolera STM32F10x

REKLAMA

POLECANY PRODUKT

Programator VP ISP10 z wymiennymi modułami

Programator VP ISP10 jest urządzeniem zaawansowanym technologicznie, precyzyjnie wykonanym i wielofunkcyjnym. VP ISP10 przewyższa klasą i możliwościami inne dostępne na naszym rynku programatory.

DOSKONAŁE ZALETY

- Programowanie przez złącze ISP,
- Współpraca z klipami pomiarowymi np. 3M,
- Brak potrzeby używania zewnętrznego zasilacza,
- Kompatybilność z urządzeniami o niskim napięciu 3.0V,
- Szybkie programowanie,
- Połączenie z laptopem/komputerem PC, przez port USB,
- Obsługiwane są standardowe formaty plików: JEDEC, INTEL (Extended) HEX, Motorola S record,
- Kompatybilność z formatem JEDEC w tym ABEL, CUPL, PALASM, TANGO PLD, OrCAD PLD, PLD Designer and ISDATA,
- Prosta i szybka aktualizacja oprogramowania w języku polskim,
- Praca pod systemami: Windows XP/Vista/7.

ZASTOSOWANIE

- chiptuning,
- naprawa pralek, lodówek,
- naprawa telefonów komórkowych,
- naprawa odbiorników radiowo-telewizyjnych,
- naprawa uszkodzonych BIOS'ów płyt głównych w serwisach komputerowych oraz do aktualizacja BIOSU,
- naprawa drukarek, kopiarek, urządzeń wielofunkcyjnych,
- naprawa odbiorników radiowo-telewizyjnych w serwisach RTV.



NASZA OFERTA

- Adaptery
- Analizatory logiczne
- Kasowniki UV
- Lutownicze stacje i akcesoria
- Mierniki cyfrowe
- Narzędzia serwisowe
- Oscyloskopy cyfrowe
- Programator UPA – USB
- Programatory AVR
- Programatory VP
- Programatory GP
- Programatory Motorola HC
- Układy Pamięci
- Reballing
- Szkolenia
- Urządzenia diagnostyczne
- Zasilacze
- Zestawy uruchomieniowe

Super rabat dla naszych klientów








Przypominamy iż dla naszych klientów przygotowaliśmy super rabat w wysokości 5% na produkty z 2 kategorii: programatory i adaptery. Wystarczy przy zakupie wpisać kod rabatowy: dla programatorów – **programatory2011**, natomiast dla adapterów – **adaptery2011**.

Nie przełączaj – Kupuj u nas i korzystaj z rabatów!

www.PROGRAMATORY.com



Tab. 1. Zestawienie podstawowych cech najpopularniejszych uniwersalnych interfejsów JTAG z USB przeznaczonych dla mikrokontrolerów z rdzeniami firmy ARM

Interfejs	Wygląd	JTAG	SWD	Obsługiwane rdzenie	Obsługiwany przez...	Uwagi	Cena brutto [PLN]
J-Link		+	+	ARM7/9/11 Cortex-A5/A8 Cortex-M0/M1/M3/M4 Cortex-R4	IAR EWARM KEIL μVision Rowley Crossworks CodeSourcery G++ GDB-Server		ok. 1500
J-Link Lite		+	+	ARM7/9/11 Cortex-A5/A8 Cortex-M0/M1/M3/M4 Cortex-R4	IAR EWARM KEIL μVision Rowley Crossworks CodeSourcery G++ GDB-Server	Dostępny wyłącznie w zestawach ewaluacyjnych	–
J-Link EDU		+	+	ARM7/9/11 Cortex-A5/A8 Cortex-M0/M1/M3/M4 Cortex-R4	IAR EWARM KEIL μVision Rowley Crossworks CodeSourcery G++ GDB-Server	Tania wersja J-Linka bez licencji komercyjnej	ok. 300
ULINK2		+	+	ARM7/9 Cortex-M0/M1/M3/M4 8051 C166	Keil μVision IDE		ok. 1600
ULINK-ME		+	+	ARM7/9 Cortex-M0/M1/M3/M4	Keil μVision IDE	Wbudowane złącze 10-pin Cortex Debug Connector. Dostępny wyłącznie z zestawami ewaluacyjnymi.	ok. 500 z zestawem STM3210B-SK/KEI
Opella-XD-ARM		+	+	ARM7/9/11 Cortex-M0/M1/M3 Cortex-R4 Cortex-A5/A8	ARM RDI GDB server GNU/Eclipse IAR (C-Spy) Keil (μVision)		ok. 5900
BF30		+	–	ARM7/9/11 Cortex-M0/M1/M3 Cortex-R4 Cortex-A5/A8	GDB server GNU/Eclipse	Umożliwia także programowanie ISP mikrokontrolerów AVR8.	ok. 90

występuje jednocześnie z JTAG-iem. Schemat elektryczny ilustrujący sposób dołączenia programatora z SWD do mikrokontrolera pokazano na **rysunku 2**.

W **tabeli 1** zestawiono podstawowe cechy najpopularniejszych, uniwersalnych interfejsów JTAG z USB dla mikrokontrolerów z rdzeniami ARM, przy czym pominięto niektóre ich wersje, cieszące się z różnych powodów niewielką popularnością oraz pracujące z systemami operacyjnymi innymi niż Windows. Znaczące różnice cen prezentowanych interfejsów wynikają z różnej gamy ich zaawansowanych możliwości, które zazwyczaj nie są wykorzystywane w typowych aplikacjach mikrokontrolerowych. Dobierając interfejs do własnych potrzeb warto zwrócić uwagę na fakt, że nie zawsze 20-krotnie wyższa cena oznacza propor-

cjonalnie większą funkcjonalność – szczegóły warto

W **tabeli 2** zestawiono najważniejsze cechy wyspecjalizowanych interfejsów-programatorów, przystosowanych do obsługi wybranych rodzin mikrokontrolerów. W tabelach nie uwzględniono dostępnych na rynku pirackich wersji oryginalnych interfejsów, które niskimi cenami zachęcają do zakupu, ale nie zawsze są w stanie spełnić pokładane w nich (techniczne) nadzieje.

W prezentowanych zestawieniach nie uwzględniono zaawansowanych możliwości debugowania oferowanych przez niektóre urządzenia (traktujemy je jako dodatek do podstawowej funkcji programatora), uwzględniono natomiast możliwości programowania ISP oferowane przez niektóre typy programatorów stacjonarnych.

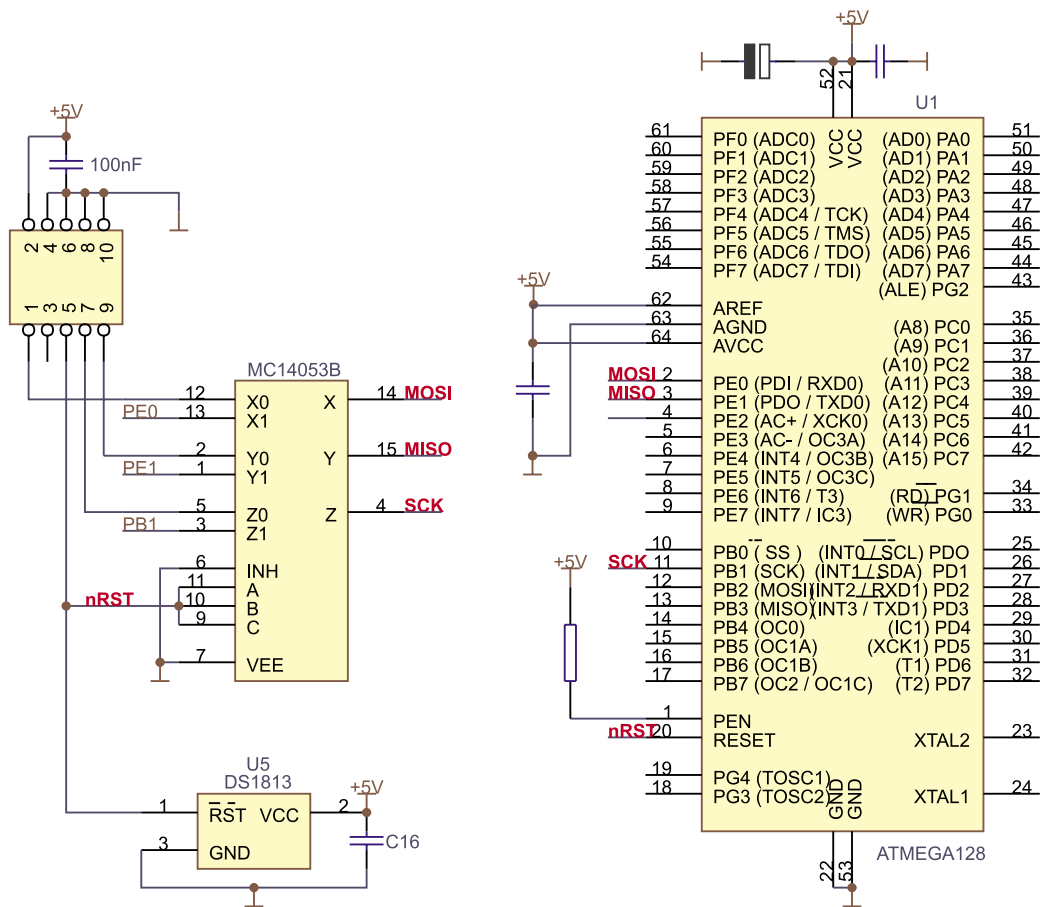
Programatory ISP mikrokontrolerów AVR8/32

Jak wspomniano, mikrokontrolery AVR8 wykreowały wśród mikrokontrolerów trend programowania ISP. Pierwotnie do tego celu był wykorzystywany interfejs ISP-SPI (AVR8 – **rysunek 3**), nieco później wprowadzono JTAG (AVR8/32), interfejsy aWire (AVR32) i dwuliniowy PDI (*Program and Debug Interface* – **rysunek 4**), a także debugWIRE, który – podobnie do JTAG-a – jest przeznaczony do debugowania pracy mikrokontrolerów.

W **tabeli 3** zestawiono wybrane typy modułów programujących i debugujących, wszystkie są wyposażone w interfejsy USB. Praktycznie wszystkie przedstawione urządzenia są obsługiwane przez pakiet AVR Studio 4.x, większość przez AVR Studio 5.x oraz IDE Bascoma.

Warto jeszcze wspomnieć o dużej liczbie dostępnych na naszym rynku klonów rozwiązań udostępnionych przez firmę Atmel, co powoduje, że ceny prostych funkcjonalnie programatorów ISP są bardzo niskie,

Początkujący konstruktorzy systemów z mikrokontrolerami wyposażonymi w rdzenie firmy ARM mogą wykorzystać do programowania ich pamięci i/lub debugowania ich pracy proste interfejsy z układami firmy FDTI. W Internecie dostępnych jest wiele opisów kompletnych rozwiązań bazujących na GDBserver, których możliwości są wystarczające dla większości aplikacji.



Rys. 3. Sposób dołączenia programatora ISP do mikrokontrolera z rodziny AVR z jednoczesnym udostępnieniem dwufunkcyjnych linii I/O aplikacji użytkownika

a urządzenia te są łatwo dostępne. Bez trudu można także znaleźć odnaleźć w Internecie opisy kompletnych projektów takich rozwiązań, których atutem – poza możliwością samodzielnego wykonania – jest także możliwość bezpośredniej współpracy z narzędziami programistycznymi firmy Atmel.

W prezentowanym zestawieniu uwzględniono możliwości programowania ISP mikrokontrolerów AVR8 i AVR32 oferowane przez niektóre typy programatorów stacjonarnych.

Programatory ISP mikrokontrolerów firmy Microchip

Firma Microchip jest jednym z najbardziej konsekwentnych – pod względem korzystania z możliwości interfejsu ISP (w nomenklaturze firmy Microchip ICSP – *In Circuit Serial Programming*) – producentów mikrokontrolerów. Opracowany wiele lat temu dwuliniowy interfejs ICSP (rysunek 5) jest w pełni wykorzystywany we wszystkich współcześnie oferowanych mi-

Tab. 2. Zestawienie podstawowych cech najpopularniejszych interfejsów JTAG z USB przeznaczonych dla wybranych rodzin mikrokontrolerów z rdzeniami firmy ARM

Interfejs	Wygląd	JTAG	SWD	Obsługiwane rdzenie	Obsługiwany przez...	Uwagi	Cena netto [PLN]
ST-Link/ST-Link v2		+	+	Cortex-M3	ST-Link Tool STVP STVD Atollic TrueSTUDIO	Obsługuje wyłącznie mikrokontrolery STM32 I STM8 (poprzez interfejs SWIM)	ok. 130
ZL30PRG/ ZL30PRGv2		+	+	Cortex-M3	ST-Link Tool STVP STVD Atollic TrueSTUDIO	Obsługuje wyłącznie mikrokontrolery STM32 I STM8 (poprzez interfejs SWIM)	ok. 80

REKLAMA

AVR • AVR32 • CPLD • dsPIC • FPGA • PIC • LPC2000 • PSoC • STM32 • ST7

- ▶ Zestawy uruchomieniowe
- ▶ Interfejsy JTAG
- ▶ Programatory
- ▶ Moduły rozszerzające (KAmoD, PmoD)
- ▶ Moduły USB, Ethernet, Bluetooth, radiowe

Największa oferta narzędzi uruchomieniowych

KAMAMI
BTC Korporacja
ul. Lwowska 5
05-120 Legionowo
tel.: (22) 737-36-20
faks: (22) 767-36-33

www.kamami.pl

Tab. 2. c.d.

Interfejs	Wygląd	JTAG	SWD	Obsługiwane rdzenie	Obsługiwany przez...	Uwagi	Cena netto [PLN]
STX-RLink		+	+	ARM9 ARM7 Cortex-M3	Ride	Współpracuje z mikrokontrolerami STM32, STR9, STR7 firmy STMicroelectronics. Obsługuje także mikrokontrolery STM8, ST7 i uPSD.	ok. 320
XDS100v2		+	-	ARM9 Cortex-R4 Cortex-A8	Code Composer Studio v4.x	Dostępnych jest wiele wersji tego programatora produkowanych przez różnych producentów	ok. 320
LPC-Link		+	+	Cortex-M0/M3 ARM7/9	LPCXpresso IDE	Zintegrowany z LPCXpresso	ok. 90 w zestawie OM11049 (LPC1114)
AT91SAM-ICE		+	+	Cortex-M0/M3 ARM7/9	ARM RDI GDB server GNU/Eclipse	Zgodny z J-Linkiem, funkcjonalność ograniczona do rdzeni implementowanych przez Atmela	ok. 500
Equinox FS2009		+	-	ARM7 (AT91SAM7)	Natywny	Uniwersalny programator ISP, przystosowany do programowania ISP mikrokontrolerów AVR i 8051. Wbudowana pamięć 4 MB, praca standalone.	ok. 1900
BeeProg+		+	-	ARM7 Cortex-M3 Cortex-M0	Natywny	Uniwersalny programator stacjonarny z obsługą ISP.	ok. 4300
BeeProg 2		+	-	ARM7 ARM9 Cortex-M3	Natywny	Uniwersalny programator stacjonarny z obsługą ISP.	ok. 5700
Uprog ICP		+	-	Cortex-M3	Natywny	Programator ISP obsługujący interfejsy: SPI, I ² C, BDM, JTAG, 1-wire, 3-wire.	ok. 900

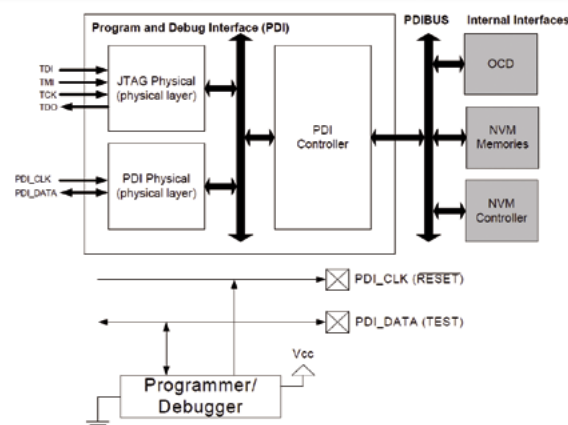
mikrokontrolerach tej firmy, także dsPIC, PIC24 oraz PIC32. Poza programowaniem jest on także wykorzystywany do debugowania pracy mikrokontrolerów, co pozwala budować relatywnie tanie narzędzia sprzętowe wspomagające uruchamianie i testowanie systemów cyfrowych bazujących na tych układach. Wiele typów mikrokontrolerów oferowanych przez firmę Microchip wyposażono także w dwa rodzaje interfejsów JTAG, do których dostęp jest możliwy poprzez jeden zestaw linii I/O. Jeden z tych interfejsów służy do testowania prawidłowości montażu i połączeń na PCB (*boundary scan*), drugi jest alternatywnym do ICSP kanałem umożliwiającym programowanie pamięci Flash i monitorowanie oraz zarządzanie pracą CPU. Z tego powodu narzędzia oferowane przez firmę Microchip „domyślnie” wykorzystują natywny interfejs ICSP, którego funkcjonalność – przy zachowaniu pełnej kompatybilności „w dół” – są powiększane wraz z rosnącymi wymaganiami aplikacji.

W zestawieniu prezentowanym w tabeli 4 uwzględniono możliwości programowania ISP mikrokontrolerów PIC i dsPIC oferowane przez niektóre typy programatorów stacjonarnych.

Programatory ISP układów PLD

Współczesne układy programowalne są standardowo wyposażane w interfejsy JTAG, za pomocą których można je konfigurować (FPGA z pamięcią konfiguracji SRAM), programować (CPLD i FPGA z pamięciami konfiguracji Flash), a także weryfikować poprawność ich montażu i jakość połączeń na PCB (*boundary scan*).

Pomimo zastosowania standardowego – od strony fizycznej – interfejsu programującego,



Rys. 4. Budowa interfejsu ISP z PDI i JTAG-iem i sposób dołączenia programatora PDI do mikrokontrolera z rodziny AVR

układy PLD pochodzące od różnych producentów wymagają zastosowania różnych narzędzi do programowania. W przeglądzie przedstawionym

Większość programatorów stacjonarnych z ISP wymaga do programowania PLD przygotowania specjalnych plików: STAPL, SVF, XSVF lub VME.

w tabeli 5 skupiliśmy na programatorach obsługujących układy PLD trzech obecnie największych producentów firm: Altera, Lattice i Xilinx.

Programatory oferowane przez producentów lub firmy z nimi współpracujące (jak Digilent w przypadku Xilinksa lub Terasic w przypadku Altery) programują/konfigurują układy PLD „wprost” z systemu EDA. Nieco więcej pracy mają konstruktorzy wykorzystujący programatory stacjonarne z możliwością programowania ISP lub programatory uniwersalne: zazwyczaj wymagają one do programowania/konfiguracji PLD plików w uniwersalnych formatach jak np. STAPL, SVF, XSVF lub VME. Najpopularniejsze narzędzia EDA wspomagające realizację projektów dla PLD są wyposażone w generatory plików w tych formatach.

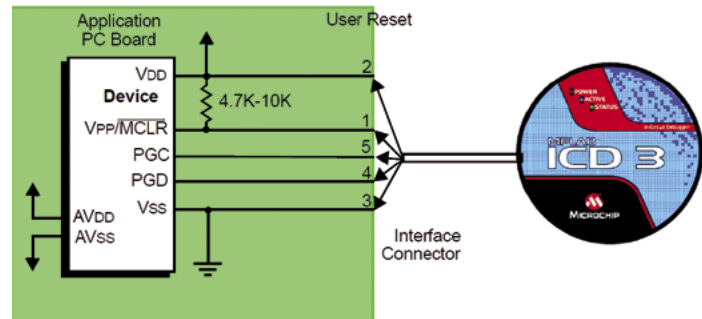
Podsumowanie

Popularność podzespołów wyposażonych w różnego rodzaju interfejsy zapewniające możliwość programowania pamięci EEPROM lub Flash w systemie (ISP – *In System Programming*) nieustannie rośnie, co wynika przede wszystkim z łatwości programowania ISP, niskich cen narzędzi niezbędnych do wygodnego korzysta-

nia z możliwości takiego sposobu programowania, a także coraz większych możliwości interfejsów ISP – jak na przykład możliwość debugowania lub testowania w systemie, czy weryfikacja jakości połączeń na płytce i pomiedzy podzespołami.

Jak widać w przygotowanym przez nas przeglądzie interfejsów ISP, konstruktorzy zainteresowani korzystaniem z nich mają szeroki wybór możliwości i związanych z nimi nieodłącznie różnych cen, dzięki czemu do każdego realizowanego zadania można dobrać odpowiedni programator i/lub debugger. Zdecydowana większość dostępnych na rynku programatorów, sprzętowych debuggerów i programatorów stacjonarnych współpracuje z komputerami poprzez interfejs USB, co znakomicie upraszcza okablowanie stanowiska

Podane w artykule ceny urządzeń są średnią arytmetyczną cen podawanych w sklepach internetowych oraz stronach dystrybutorów. W każdym przypadku uwzględniono co najmniej dwa źródła informacji, w większości przypadków było ich więcej.



Rys. 5. Sposób dołączenia programatora ICD3 do mikrokontrolerów z rodziny PIC i dsPIC

w pracowni konstrukcyjnej, minimalizuje także ryzyko uszkodzenia sprzętu w wyniku nieprawidłowego wyzerowania instalacji elektrycznej. Jednocześnie widać brak ujednoliconego, przyjętego przez wszystkich producentów standardu ISP – jedynie warstwa fizyczna interfejsu JTAG cieszy się powszechną popularnością, ale różnice w implementowanych protokołach (poza *boundary scan*) powodują, że w większości przypadków narzędzia przeznaczone dla określonych układów scalonych nie mogą być wykorzystywane do obsługi elementów innych producentów. Na szczęście ceny programatorów ISP nie są zbyt odległe od powierzchni gruntu...

Piotr Zbysiński, EP
piotr.zbysinski@ep.com.pl

REKLAMA



Przetestuj, programuj
to co niewidoczne, to co niedostępne

www.wg.com.pl

Technologia testowania „boundary-scan”
Testowanie połączeń i bloków funkcjonalnych
Programowanie Flash i CPLD
Testowanie płyt wielowarstwowych z BGA
Automatyczne generowanie testów
Diagnostyka i wizualizacja wyników
Wielokanałowe kontrolery JTAG
Integracja z testerami ICT

