

Narzędzia programowe i sprzętowe dla ARM



Najdoskonalsze mikrokontrolery i mikroprocesory na niewiele się zdadzą, jeżeli nie będą miały łatwodostępnego i możliwie taniego „zaplecza” w postaci kompilatorów, programatorów, interfejsów umożliwiających debugowanie pisanych programów, a także tanich zestawów uruchomieniowych i ewaluacyjnych. Problem ten dotyczy także przebojowych układów wyposażonych w rdzenie opracowane firmę ARM.

W artykule przybliżymy dostępne w naszym kraju kompilatory języka C oraz sprzętowe debugery, zazwyczaj spełniające także rolę programatorów ISP.

Rewolucja zainicjowana wprowadzeniem na rynek mikrokontrolerów z rdzeniami ARM spowodowała również rewolucyjne zmiany na rynku narzędzi programowych i sprzętowych, wspomagających realizację projektów. Jedną z nich jest powszechnie uznane za narzędzie profesjonalne kompilatora ARM-GCC (rozpowszechnianego

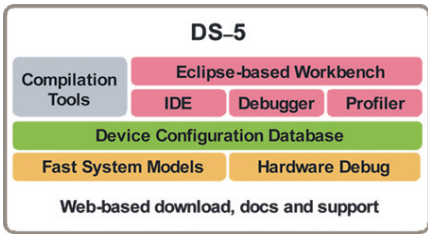
na licencji GPL), który po wyposażeniu go w możliwość kompilacji także języka C++ jest dystrybuowany jako część komercyjnych pakietów programistycznych – co bardzo znaczące – zarówno przez firmy tak renomowane jak Keil (należącą obecnie do ARM), jak i mniejszych graczy rynkowych, jak choćby firmę HighTec.

Stacjonarne pakiety zintegrowane

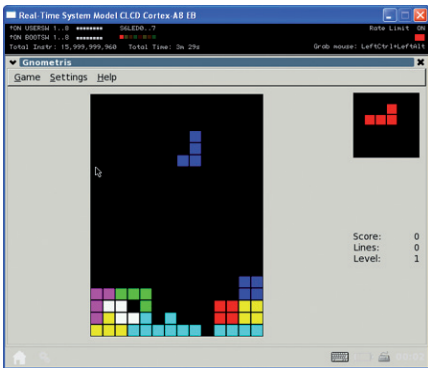
Oferta kompilatorów i zintegrowanych środowisk programistycznych dla mikrokontrolerów i mikroprocesorów wyposażonych w rdzenie ARM jest w Polsce równie bogata jak w innych krajach Europy, ale prym na rynku wiodą komercyjne pakiety:

- MDK-ARM produkowany przez firmę Keil (należącą obecnie do ARM),
- EWARM produkowany przez szwedzką firmę ARM,

oraz bezpłatny (dystrybuowany na licencji GPL) zestaw narzędzi programistycznych, składający się z kompilatora ARM-GCC oraz IDE o nazwie Eclipse, które niepostrzeżenie i pomimo niezbyt „rasowej” proweniencji stały się uznanym standardem przemysłowym. Co ważne, w ostatnich latach to właśnie ten kompilator (niekoniecznie w pakiecie z Eclipse) jest wykorzystywany przez wielu producentów oprogramowania narzędziowego,



Rysunek 1. Struktura pakietu narzędziowego DS-5 firmy ARM



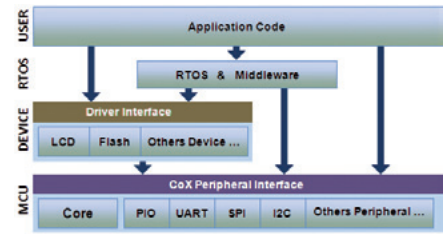
Rysunek 2. W pakiet DS-5 wbudowano m.in. zaawansowany symulator rdzenia Cortex-A8

dość często obudowywany przygotowanym przez producenta IDE, jak miało to miejsce w przypadku μ Vision firmy Keil i ma miejsce w przypadku HiTOP firmy Hitex czy Embest IDE opracowany przez firmę Embest. Niebywałą nobilitacją dla zestawu ARM-GCC + Eclipse jest zastosowanie go w najnowszym pakiecie programistycznym DS-5 (rysunek 1) firmy ARM. Jest to kompletne środowisko przeznaczone do pisania aplikacji na platformy ARM z systemem operacyjnym Linux lub Android, wyposażone m.in. w zaawansowany symulator rdzenia Cortex-A8, pozwalający symulować także: sterownik LCD (rysunek 2), klawiaturę, mysz, ekran dotykowy i interfejsy komunikacyjne: Ethernet i UART.

Funkcjonalna dojrzałość programów ARM-GCC i Eclipse nie idzie w parze z ła-

twością ich instalacji i integracji, co zachęciło kilka firm do przygotowania łatwych w instalacji pakietów zawierających – poza kompilatorem i IDE – także pozostałe elementy środowiska programistycznego (jak: debugger, librarian, pliki nagłówkowe dla różnych mikrokontrolerów itp.). Przykładem takiego środowiska jest cieszący się coraz większą popularnością TrueSTUDIO szwedzkiej firmy Atollic. Wersja bezpłatna tego pakietu nie ma istotnych - dla większości programistów - ograniczeń, wersje komercyjne wyposażono w dodatkowe narzędzia analityczne i optymalizacyjne, których przydatność docenią przede wszystkim programiści tworzący wyrafinowane i dość duże aplikacje. Poważną zaletą bezpłatnej wersji TrueSTUDIO Lite dla STM32 jest pełna obsługa interfejsu sprzętowego debugera ST-Link, który wyróżnia się dużymi możliwościami funkcjonalnymi i bardzo atrakcyjną ceną (piszemy o nim w dalszej części artykułu). Jedyną niedoskonałością pakietu TrueSTUDIO jest przypisanie jego poszczególnych wersji do pojedynczych rodzin mikrokontrolerów (obecnie są to: STM32, AT91SAM3, Stellaris i TX09) i ograniczenie możliwości kompilacji do jednego rdzenia: Cortex-M3 lub ARM9.

Innym przykładem dojrzałego i konsekwentnie rozwijanego zestawu bezpłatnych narzędzi jest CooCox składający się z: efektywnego IDE opartego na Eclipse (rysunek 3) współpracującego z kompilatorem ARM-CC (wyłącznie Cortex-M3) i debugerem, „miniaturowego” systemu operacyjnego CoOS oraz programu umożliwiającego programowanie pamięci Flash obsługiwanych mikrokontrolerów. Pakiet CooCox IDE jest dostarczany z zestawem bibliotek ułatwiających obsługę popularnych peryferii (zewnętrznych i wewnętrznych, m.in. LCD 2x16, pamięci Flash SPI, RTC, DMA, kontroler segmentowego LCD firmy Holtek – HT1621 itp.) oraz bibliotekami CMSIS, a całość instaluje się wraz z kompilatorem ARM-GCC. Na rysunku 4 po-



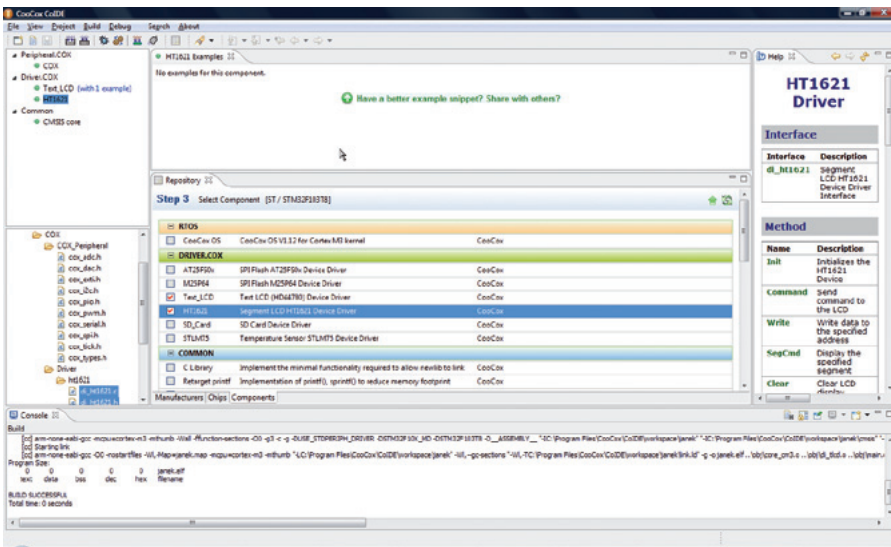
Rysunek 4. Struktura projektu przygotowanego z wykorzystaniem pakietu CooCox

kazano strukturę typowego projektu przygotowanego z wykorzystaniem CooCox.

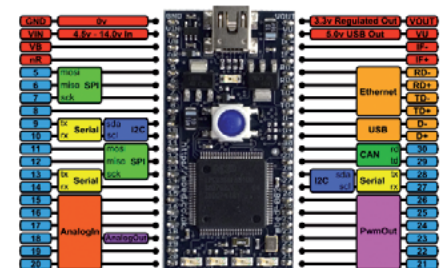
Projekt CooCox obserwujemy od pewnego czasu: od samego początku dość dynamicznie się rozwija, obecnie są obsługiwane wybrane typy mikrokontrolerów z rodzin AT-91SAM3, EFM32, LM3S, LPC11xx, LPC13xx, LPC17xx, NUC1xx oraz STM32. Konsekwencja twórców powoduje, że CooCox ma szansę zdominować rynek bezpłatnych narzędzi programistycznych.

Rozsądną taktikę rynkową przyjęła firma Code_Red Technologies, która opracowała na bazie Eclipse i ARM-GCC środowisko projektowe dostępne bezpłatnie dla użytkowników mikrokontrolerów LPC1100/1300/1700/2000/3000 firmy NXP. W tabeli 2 zestawiono dostępne wersje pakietów narzędziowych i ich podstawowe możliwości. Jak widać wersja nazwana LPCXpresso, pomimo ograniczeń funkcjonalnych, oferuje duże możliwości, pozwalające w pełni wykorzystać zasoby dedykowanego komputerka LPCXpresso (fotografia 6), który jest dostępny w trzech wersjach z mikrokontrolerami: LPC1114, LPC1343 lub LPC1768. Korzystanie z pakietu wymaga wyłącznie zarejestrowania się na stronie <http://lpcxpresso.code-red-tech.com> oraz aktywowania oprogramowania po jego instalacji na komputerze (rysunek 7). Sposobem na utrzymanie klientów korzystających z prezentowanych pakietów jest ograniczenie w najtańszych wersjach liczby obsługiwanych typów interfejsów JTAG/USB do tych, które sprzedaje producent oprogramowania (interfejsy RedProbe).

Wszystkie liczące się na współczesnym rynku kompilatory dla ARM (także ARM-GCC) są przystosowane do kompilacji projektów napisanych w językach C i C++, co zwiększa



Rysunek 3. Okno CooCox IDE (bazuje na Eclipse)



Fotografia 5. Wygląd modułu embed microcontroller (dostępne z mikrokontrolerem LPC1768 lub LPC2368)

Alternatywa

Yagarto (*yet another ARM toolchain*) to jeden z niewielu konsekwentnie utrzymywanych przy życiu, amatorskich (autorem jest Michael Fischer) pakietów oprogramowania dla ARM. Yagarto składa się z kompilatora ARM-GCC, IDE Eclipse i debugera OOC. Wadą pakietu jest konieczność samodzielnego konfigurowania środowiska pracy, co wielu początkujących użytkowników szybko zniechęca. Osoby zainteresowane tym pakietem zachęcamy do odwiedzenia strony www.yagarto.de.

elastyczność środowisk programistycznych z nich korzystających i ułatwia pracę programistom, zapewniając im m.in. możliwość korzystania z bibliotek gotowych funkcji i procedur przygotowanych na różne platformy sprzętowe. Wspominany trend standaryzacji kompilatorów, w którym wzorcem stał się ARM-GCC, dodatkowo ułatwia przenoszenie programów pisanych na różne platformy sprzętowe.

Opella-XD-ARM

Opella-XD-ARM jest nowym w ofercie firmy Ashling interfejsem spełniającym rolę debugera-programatora JTAG, dołączanym do komputera host za pomocą USB 2.0 (480 Mb/s). Uzyskiwane za jego pomocą prędkości zapisywania danych do pamięci mikrokontrolera/mikroprocesora dochodzą do 3 MB/s, natomiast zakres częstotliwości sygnału na linii TCK mieści się w przedziale od 1 kHz to 100 MHz. Ze względu na dużą dopuszczalną częstotliwość TCK interfejs Opella-XD-ARM obsługuje sygnał zwrotny RTCK, który zapobiega rozsynchronizowaniu pracy automatu TAP zaimplementowanego w układzie dołączonym do debugera-programatora. Prezentowany interfejs obsługuje rdzenie ARM7, ARM9 i ARM11 (w różnych wariantach), zakres dopuszczalnych napięć na liniach JTAG mieści się w przedziale od 0,9 do 3,6 V. Producent dostarcza wraz z urządzeniem sterowniki ARM RDI (dla Windows) oraz serwer GDB (dla Windows/Linux), dzięki któremu interfejs jest obsługiwany przez środowiska RealView, Eclipse, C-Spy oraz mVision. Alternatywnie można wykorzystać oprogramowanie PathFinder firmy Ashling, które spełnia rolę debugera operującego na poziomie języka C. Zapewnia ono pełną kontrolę nad pracą monitorowanego rdzenia (obsługa: *go/halt/step*, programowanie Flash, operacje na breakpointach, podgląd i modyfikowanie pamięci, rejestrów) w trybach ARM i Thumb. PathFinder do pracy wymaga pliku obiektowego zapisanego w jednym z formatów: COFF, DWARF, ELF, IEEE695 lub OMF.



Tabela 1. Zestawienie wybranych stacjonarnych pakietów programistycznych dla ARM

Pakiet	Producent	Zintegrowany kompilator C/C++	IDE zintegrowane w pakiecie	Obsługiwane rdzenie ARM
MDK-ARM	Keil/ARM	armcc/ARM (może być zastąpiony przez ARM-GCC)	µVision	Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3 Cortex-M4 ARM7 ARM9
ARM RVDS	ARM	ARM C Compiler	ARM Workbench IDE	ARM7 ARM7E ARM9 ARM9E ARM10E ARM11 SecurCore Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3 Cortex-M4 Cortex-R4(F) Cortex-A5 Cortex-A8 Cortex-A9 XScale
EWARM	IAR	IAR C/C++ Compiler	Workbench (może być zastąpione przez Eclipse)	ARM7 ARM7E ARM9 ARM9E ARM10E ARM11 SecurCore Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3 Cortex-M4 Cortex-R4(F) XScale
Atollic TrueSTUDIO	Atollic	ARM-GCC	Eclipse	Cortex-M3 (oraz PC w wersjach komercyjnych)
HiTOP	Hitex	ARM-GCC	HiTOP	ARM7 ARM9 Cortex-M0 Cortex-M3
CrossWorks for ARM	Rowley	ARM-GCC	CrossStudio	ARM7 ARM9 XScale Cortex-M3
Embest IDE for ARM	Embest	ARM-GCC	Embest IDE	ARM7 ARM9 XScale Cortex-M3
RKit-ARM	Raisonance	ARM-GCC	Ride7	ARM7 ARM9 Cortex-M3
TASKING VX-toolset for ARM	Altium	AltiumViper	Eclipse	Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3
Code Composer Studio	Texas Instruments	TI ARM RealView	Eclipse	Cortex-A8 Cortex-R4
Crossware ARM Development Suite	Crossware	Crossware ARM C/C++	Crossware Embedded Development Studio	ARM7 ARM9 Cortex-M3
ICCv7 for ARM	ImageCraft	Natywny	Natywny	ARM7 ARM9
Phyton C Compiler for ARM	Phyton	CMC ARM ARM-GCC	CodeMaster ARM	ARM7 ARM9
Wind River Workbench	Wind River	Wind River GNU Compiler Diab Compiler	Eclipse	ARM7 ARM9 ARM11 Cortex-M3 Cortex-A8
CooCox	CooCox.org	ARM-GCC	Eclipse	Cortex-M0 Cortex-M3
LPCxpresso RedSuite	Code_Red	ARM-GCC	Eclipse	Cortex-M0 Cortex-M3 ARM7 ARM9

Tabela 2. Zestawienie wybranych cech różnych wersji pakietów programistycznych firmy Code_Red

Cecha	LPCXpresso	Red Suite NXP 256k	Red Suite NXP 512K	Red Suite 3
Cena w USA	0	256 USD	512 USD	999 USD
Kompilator	C	C/C++	C/C++	C/C++
Obsługa plugin-ów	No	Yes	Yes	Yes
Maksymalna pojemność Flash	128 kB	256 kB	512 kB	bez ograniczeń
Obsługiwane interfejsy JTAG/SWD	LPC-Link, Red Probe, Red Probe+, RDB1768	LPC-Link, Red Probe, Red Probe+, RDB1768	LPC-Link, Red Probe, Red Probe+, RDB1768	LPC-Link, Red Probe, Red Probe+, RDB1768, TI Stellaris ICDI oraz wybrane zestawy ewaluacyjne
Trace'ing	-	+	+	+
Programowanie Flash standalone	-	+	+	+
Obsługiwane mikrokontrolery				
LPC1100	+	+	+	+
LPC1300	+	+	+	+
LPC1700	+	+	+	+
LPC2100/2200	LPC2109/2134/2142	+	+	+
LPC2300/2400	LPC2362	+	+	+
LPC2900	LPC2929	+	+	+
LPC3100	LPC3130	+	+	+
LPC3200	LPC3250	+	+	+
Stellaris	-	-	-	+

Internetowe pakiety zintegrowane

Oprócz szerokiej gamy stacjonarnych pakietów narzędziowych, programiści mogą bezpłatnie korzystać z oprogramowania do-

stępnego zdalnie, poprzez Internet. Na tym rynku – na serio – próbuje walczyć jeden (prezentowany już w EP) pakiet narzędziowy o nazwie *mbed*. Opracowano go z myślą o fa-

Pamiętaj o CMSIS!
 Niezbędnym elementem każdego współczesnego środowiska programistycznego zorientowanego na mikrokontrolery lub mikroprocesory wyposażone w rdzenie ARM Cortex są biblioteki *Cortex Microcontroller Software Interface Standard* (CMSIS). Są one opracowywane i udostępniane bezpłatnie przez producentów układów półprzewodnikowych. Specyfikację CMSIS przygotowuje firma ARM, można się z nią zapoznać pod adresem www.onarm.com. Zadaniem bibliotek CMSIS jest (jak widać na rysunku powyżej) odseparowanie aplikacji użytkownika od „zakamarków” sprzętu, w tym szczegółów konfiguracji interfejsów komunikacyjnych, zarządzaniem poborem energii, konfiguracją pamięci, magistral, rdzenia itp.

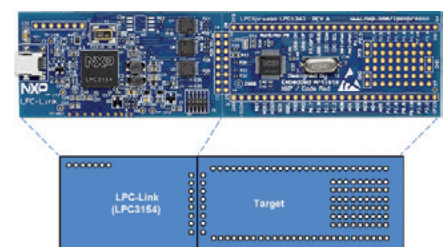
nach mikrokontrolerów LPC1700/2000 firmy NXP, do korzystania z niego niezbędny jest specjalny moduł sprzętowy o nazwie *mbed microcontroller* z mikrokontrolerem LPC1768 (fotografia 5) lub LPC2368 (cena w Polsce ok. 200 PLN), który jest niezbędny do utworzenia konta dostępowego na stronie www.mbed.org.

Tabela 3. Zestawienie podstawowych informacji o interfejsach do debugowania i programowania mikrokontrolerów i mikroprocesorów ARM

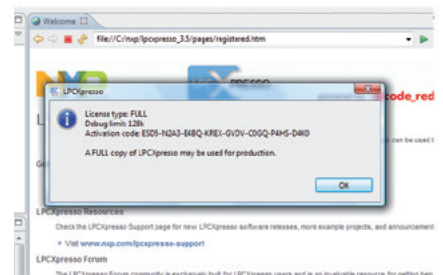
Typ urządzenia	Producent	Obsługiwane interfejsy	Współpracujące IDE	Obsługiwane rdzenie
Interfejsy komercyjne				
ULINK2	Keil/ARM	SWD SWV JTAG	Keil MDK-ARM	ARM7 ARM9 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3 Cortex-M4 8051 C166
ULINKpro	Keil/ARM	SWD SWV ETM JTAG	Keil MDK-ARM	ARM7 ARM9 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3 Cortex-M4
ULINK-ME	Keil/ARM	SWD SWV JTAG	Keil MDK-ARM	ARM7 ARM9 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3 Cortex-M4 LPC900
Nu-Link-ME	Nuvoton	SWD ICP JTAG	Keil MDK-ARM	Cortex-M0
Nu-Link	Nuvoton	SWD ICP JTAG	Keil MDK-ARM	Cortex-M0
ST-Link	STMicroelectronics	SWD JTAG SWIM	Keil MDK-ARM EWARM STtools TrueSTUDIO	Cortex-M3 STM8

Interfejsy sprzętowe do debugowania i programowania

Ze względu na coraz większe możliwości współczesnych mikrokontrolerów 32-bitowo-



Fotografia 6. Wygląd modułu LPCXpresso, który jest oferowany z mikrokontrolerami LPC1114, LPC1343 lub LPC1768



Rysunek 7. Przygotowany przez Code_Red pakiet LPCXpresso „kosztuje” wyłączenie bezpłatną rejestrację



Fotografia 8. Interfejs J-Link firmy Segger

wych rośnie złożoność pisanego na nie oprogramowania. To z kolei wymusza stosowanie lepszych niż dotychczas narzędzi wspomagających debugowanie pisanego oprogramowania, co jest możliwe m.in. dzięki wyposażeniu wszystkich „ARM-ów” w interfejs JTAG, za pomocą którego można nie tylko programować wbudowaną w nie pamięć Flash, ale także nadzorować ich pracę, w czym są pomocne zintegrowane z CPU jednostki wspomagające debugging (jak np. EmbeddedICE-RT, ETM, SWV itp.). Na rynku jest dostępnych wiele typów interfejsów (tabela 3), w większości przypadków komunikujących się z debuggerami wbudowanymi w mikrokontrolery/mikroprocesory poprzez interfejs JTAG, co w znacznym stopniu określa ich możliwości funkcjonalne w poszczególnych grupach cenowych. Z powodów praktycznych w naszej prezentacji skupiliśmy się na interfejsach kosztujących maksymalnie do ok. 1000 EUR, bowiem droższe narzędzia rzadko znajdują zastosowanie podczas realizacji przeciętnych projektów „mikrokontrolerowych”.

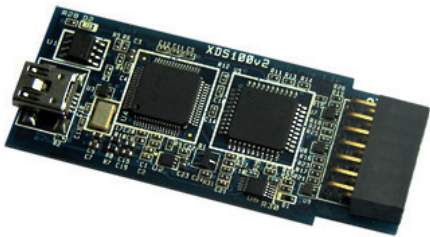
W mechanizmy wspomagające debugowanie wyposażono wszystkie przedstawione

Tabela 3. c.d.

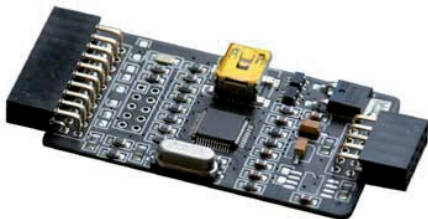
ZL30PRG	Kamami	SWD JTAG SWIM	Keil MDK-ARM EWARM STtools TrueSTUDIO	Cortex-M3 STM8
BF30	Boff	SWD JTAG	Keil MDK-ARM EWARM Open OCD UrJTAG Rowley Corssworks	ARM7 ARM9 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3
XDS100v2	Embest	SWD JTAG	Code Composer Studio 4.x	Cortex-A8
EMLink	Embest	SWD SWV JTAG	Realview MDK EWARM	Cortex-M3
IAR J-Trace for ARM (różne wersje)	IAR	SWD SWV JTAG	EWARM	ARM7 ARM9 ARM11 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3 Cortex-M4 Cortex-R4
Amontec JTAGkey2	Amontec	SWD JTAG	Keil MDK-ARM EWARM Open OCD UrJTAG Rowley Corssworks	ARM7 ARM9 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3
Signalyzer ARM JTAG	Signalyzer	SWD JTAG	Keil MDK-ARM EWARM Open OCD UrJTAG Rowley Corssworks	ARM7 ARM9 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3
Rlink	Raisonance	SWD JTAG	RKit-ARM	ARM7 ARM9 Cortex-M3
J-Link	Segger	SWD SWV JTAG	Keil MDK-ARM EWARM + plug-iny	ARM7 ARM9 ARM11 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3
Opella XD ARM	Ashling	SWD SWV JTAG	Keil MDK-ARM EWARM	ARM7 ARM9 ARM11 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3
CrossConnct for ARM	Rowley	SWD JTAG	Keil MDK-ARM EWARM Open OCD UrJTAG Rowley Corssworks	ARM7 ARM9 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3
J-EM ARM	Phyton	JTAG	Phyton CodeMa- ster	ARM7 ARM9
Interfejsy open-source				
Turtelizer 2	www.ethernut.de	SWD JTAG	Keil MDK-ARM EWARM Open OCD UrJTAG Rowley Corssworks	ARM7 ARM9 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3
4R V -JT4G Rev02	www.freediechopin.info	SWD JTAG	Keil MDK-ARM EWARM Open OCD UrJTAG Rowley Corssworks	ARM7 ARM9 Cortex-M0 Cortex-M1 Cortex-M3
CoLinkEx	www.coocox.org	SWD JTAG	Keil MDK-ARM CoFlash CoDebugger	Cortex-M3

w artykule pakiety programistyczne, przy czym obowiązuje reguła: opracowane przez firmy pakiety dostępne bezpłatnie są zazwyczaj „przywiązane” do wybranego przez producenta interfejsu sprzętowego. Komercyjne

wersje pakietów programowych są zazwyczaj przystosowane do obsługi wielu typów interfejsów wspomagających debugowanie, dzięki czemu mogą one współpracować także z bardzo tanimi interfejsami wykonywa-



Fotografia 9. Wygląd interfejsu Embest XDS100v2 (obsługuje m.in. rdzenie Cortex-R4 i Cortex-A8)



Fotografia 10. Wygląd interfejsu ZL30PRG, który jest funkcjonalnym odpowiednikiem ST-Linka (można go stosować do mikrokontrolerów STM8 i STM32)

nymi na układach FT2232 firmy FTDI (niektóre z nich pokazano w tabeli 3).

Pośród interfejsów wspomagających debugowanie pracy mikrokontrolerów i mikroprocesorów z rdzeniami ARM szczególną uwagę warto zwrócić na urządzenia:

- J-Link firmy Segger (**fotografia 8**), które należą do najbardziej uniwersalnych ze względu na doskonałą jakość oprogramowania firmowego, charakteryzujące się ponadprzeciętnymi możliwościami funkcjonalnymi. Atutem oferty firmy Segger są także dwie bardzo tanie wersje interfejsów: J-Link EDU oraz J-Link Lite, dostępne w cenie ok. 50 EUR, charakteryzujące się identycznymi możliwościami jak klasyczny J-Link, przy czym licencja użytkownika ogranicza zakres stosowania tańszych wersji wyłącznie do projektów niekomercyjnych.
- Embest XDS100v2 (**fotografia 9**), który wraz z pakietem Code Composer Studio umożliwia debugowanie pracy mikroprocesorów z rdzeniami: Cortex-A8 (dwurdzeniowe OMAP3530 produkowane przez Texas Instruments), Cortex-R4 (TMS570), ARM9 (OMAP) oraz rdzeniami DSP: TMS320C28x, TMS320C54x, TMS320C55x, TMS320C64x+, TMS320C67x. Co ważne, sterujący pracą interfejsu program CCS4.x jest dostępny w wersji bezpłatnej, a cena interfejsu Embest XDS100v2 wynosi zaledwie ok. 300 PLN.
- ST-Link (i jego krajowej wersji ZL30PRG – **fotografia 10**), które są obsługiwane jak natywne urządzenia zarówno przez mVi-



sion (Keil) jak i Workbench (IAR), ponadto pakiet STtools firmy STMicroelectronics i kilka programów narzędziowych (do programowania pamięci Flash w mikrokontrolerach STM32 i STM8) opracowanych przez STMicroelectronics. Interfejsy te są – co prawda – przystosowane do współpracy z mikrokontrolerami STM32 (JTAG, SWD) i STM8 (SWIM), ale ich cena i możliwości są poważną zachętą dla konstruktorów zdecydowanych na „zaprzysiężenie” się z mikrokontrolerami produkowanymi przez STMicroelectronics.

- doskonale zdomowioną w Polsce rodzinę interfejsów ULINK firmy Keil (na **fotografii 11** pokazano wersję ME zain-

R E K L A M A

Nowe **częstościomierze** i **zasilacze** firmy Tektronix!

Tektronix[®]
Enabling Innovation

TESPOL[®]
Sp. z o.o.



Pozwól Tektronix'owi zrobić więcej...

- Częstościomierze:** pasmo od 300MHz do 40GHz • rozdzielczość w dziedzinie częstotliwości 12 cyfr/s • rozdzielczość w dziedzinie czasu do 50ps • Vmin do 1mV • 250kSa/s do pamięci wewnętrznej • statystyka, histogramy oraz wykresy trendu w dziedzinie czasu • USB, GPIB
• 3 lata gwarancji i oprogramowanie w standardzie
- Zasilacze:** moc do > 190W • prąd do 6A • napięcie do > 70V • rozdzielczość do 1mV / 0.1mA • praca ze stałym napięciem lub stałym prądem
• ochrona panelu czołowego hasłem • USB • 3 lata gwarancji i oprogramowanie w standardzie

Siedziba Firmy: 54-413 Wrocław, ul. Klecińska 125, tel. 71 783 63 60, fax 71 783 63 61
Biuro Handlowe: 03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 74, tel. 22 675 75 42

tespol@tespol.com.pl
www.tespol.com.pl

Tabela 4. Porównanie wybranych cech i możliwości interfejsów ULINK firmy Keil

Cecha	ULINKpro	ULINK2	ULINK-ME
RAM Breakpoints	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń
ROM Breakpoints (ARM7/9) max.	2	2	2
ROM Breakpoints (Cortex-M3) max.	8	8	8
Execution Breakpoints (modyfikacje podczas pracy)	+	+	+
Access Breakpoints (ARM7/9) max.	2	2	2
Access Breakpoints (Cortex-M3) max.	4	4	4
Real-Time Agent	-	+	+
Serial Wire Debug (Cortex-M0...4)	+	+	+
Data Trace (Cortex-M3)	+	+	+
Instruction Trace (Cortex-M3)	+	-	-
Maksymalna częstotliwość TCK	do 50 MHz	do 10 MHz	do 10 MHz
Prędkość dostępu do RAM	ok. 1 MB/s	ok. 28 kB/s	ok. 28 kB/s
Prędkość dostępu do Flash	32 kB/s	ok. 25 kB/s	ok. 25 kB/s
Zakres napięć I/O	1,2 V...3,3 V	2,7 V...5,5 V	3,0 V...3,6 V
Obsługa uC XC800 (8051)	-	+	-
Obsługa uC μ PSD (8051)	-	+	-
Obsługa uC XC166/XE166/XC2000	-	+	-
Obsługa uC LPC950 (8051)	-	+	+
Obsługa rdzeni ARM7	+	+	+
Obsługa rdzeni ARM9	+	+	+
Obsługa rdzeni Cortex-M0	+	+	+
Obsługa rdzeni Cortex-M1	+	+	+
Obsługa rdzeni Cortex-M3	+	+	+
Obsługa rdzeni Cortex-M4	+	+	+



Fotografia 11. Interfejs ULINK-ME zainstalowany w płytce ewaluacyjnej

zestawienie możliwości funkcjonalnych zestawiono w tabeli 4) przy rozsądnej cenie. Powiązania firmy Keil i ARM powoduje, że ULINK zazwyczaj wyprzedza rynkowe fakty, dzięki czemu dostępne na rynku jego wersje radzą sobie z wprowadzonym dopiero do produkcji rdzeniem Cortex-M4.

Podsumowanie

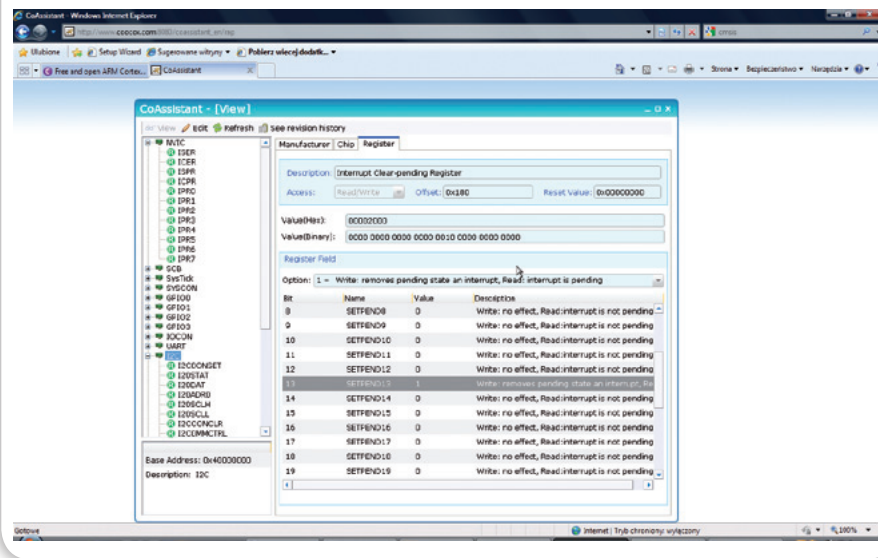
Przedstawione w artykule narzędzia, często tworzące pakiety sprzętowo-programowe, umożliwiają realizację kompletnych projektów na mikrokontrolerach i mikroprocesorach wyposażonych w rdzenie opracowane przez firmę ARM. Wybór konkretnych konfiguracji ma stopniowo coraz mniejsze znaczenie, bowiem od strony programowej standard narzuca ARM-GCC a od strony sprzętowej – możliwości bloków wspomagających debugowanie, jakie są wbudowane w rdzenie ARM. Z tego właśnie powodu producenci narzędzi programistycznych wyposażają je w coraz bardziej wyrafinowane dodatki (jak optymalizatory kodu, graficzne analizatory poboru mocy, systemy operacyjne, biblioteki z procedurami/funkcjami umożliwiającymi łatwą obsługę coraz bardziej wyrafinowanych bloków peryferyjnych itp.), którymi chcą wygrać (i często wygrywają) z coraz powszechniejszymi narzędziami bezpłatnymi.

Mamy nadzieję, że ten z konieczności ekspresowy przegląd pozwoli naszym Czytelnikom wybrać – przy minimalnym nakładzie czasu i środków – odpowiedni zestaw narzędzi „na początek”, bo warto zacząć tanio – a jest to obecnie możliwe!

Andrzej Gawryluk, EP

Coocox dla wygody...

...programistów udostępnił na stronie internetowej interaktywnego asystenta programisty (http://www.coocox.com:8080/coassistant_en/rap), będącego ściągawką-przewodnikiem po rejestrach wybranych typów mikrokontrolerów z rdzeniami Cortex-M3.



stalowaną w złączu płytki ewaluacyjnej), które współpracują co prawda tylko

z μ Vision, ale zapewniają dużą funkcjonalność (m.in. dzięki doskonałemu IDE,

R E K L A M A

forum.ep.com.pl