

# Narodziny linuksowego ARMputera, część 1

„Prawdziwe” systemy operacyjne, ze względu na możliwość jednoczesnego uruchamiania „na nich” kilku zadań, wymagają stosowania mikrokontrolerów wyposażonych w jednostkę MMU (*Memory Management Unit*). Jej zadaniem jest m.in. wspomaganie podziału pamięci pomiędzy zadania w sposób minimalizujący ryzyko uszkodzenia jej zawartości w przypadku nieprawidłowej pracy któregoś z nich. Można oczywiście programowo zastąpić MMU, ale jest to rozwiązanie mało odporne na niepoprawną pracę samego systemu operacyjnego jak i błędów powstających podczas działania zadań. Nie bez znaczenia jest także odczuwalne spowolnienie pracy tak skonfigurowanego komputera, co wielu przypadkach nie jest możliwe do zaakceptowania. Tak więc, konieczne jest zastosowanie mikroprocesora z wbudowanym MMU, co zawężyło obszar poszukiwania optymalnego rozwiązania.

Drugim istotnym kryterium, jakie braliśmy pod uwagę, była konieczność wyposażenia komputera w pamięć RAM o możliwie dużej pojemności. Najwygodniejsze w stosowaniu są standardowe pamięci SRAM, ale ich wysoki (w odniesieniu do pamięci dynamicznych) koszt wymusił konieczność przeorientowania się na układy SDRAM. Charakteryzują się one niską ceną za bit pojemności, ale wymagają obsługi za pomocą specjalnego kontrolera lub – co jest w praktyce bardzo niewygodne i przez to praktycznie nie stosowane – za pomocą procedur programowych uruchamianych przerwaniami. Konieczność zastosowania mikroprocesora z wbudowanym

ARMputery z mikrokontrolerami z rodziny LPC2000 opracowane w naszym laboratorium cieszą się sporym zainteresowaniem wśród Czytelników, ale wielu domaga się opracowania komputera na mikrokontrolerze z rdzeniem ARM. Jednym z podstawowych wymogów stawianych mu w listach jest możliwość uruchomienia systemu operacyjnego z rodziny Linux, co dość wyraźnie wyznacza minimalną konfigurację takiego systemu.

Postanowiliśmy podjąć wyzwanie, o skutkach działań i drodze jaką przeszliśmy informujemy w artykule.

kontrolerem SDRAM spowodował, że wybór sensownego rozwiązania sprowadził się do stosunkowo wąskiej grupy układów, ale w tym momencie pojawił się kolejny problem: obudowy układów. W chwili gdy zaczynaliśmy prace nad projektem komputera, podstawowym założeniem było wykonanie go na dwustronnej płytce drukowanej, co wykluczało zastosowanie układów w obudowach BGA lub podobnie zaawansowanych, głównie ze względu na brak możliwości doprowadzenia na dwóch warstwach miedzi niezbędnych ścieżek do wszystkich wyprowadzeń obudowy tego typu.

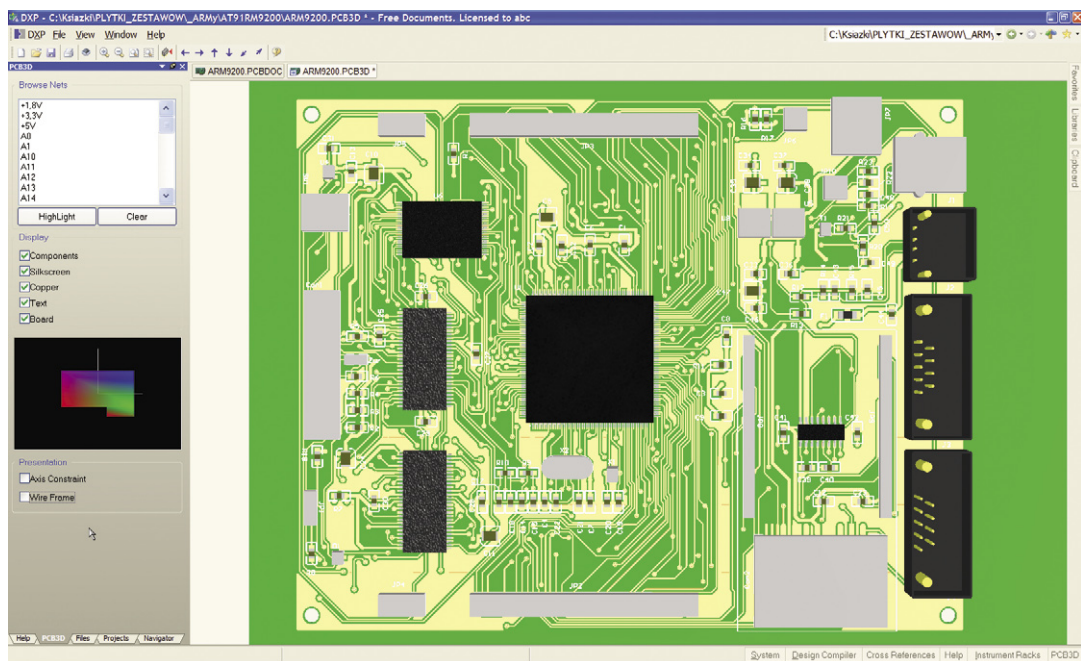
Wymienione ograniczenia oraz kryterium względnie łatwej dostępności spowodowały, że wybór ograniczył się do dwóch układów:

- AT91RM9200 firmy Atmel oraz
- EP9302 firmy Cirrus Logic.

Jako pierwszy powstał stosunkowo prosty komputer na mikroprocesorze AT91RM9200, którego zadaniem było praktyczne zweryfikowanie możliwości wykonania urządzenia na płytce dwuwarstwowej.

## Zamiary

Wyposażenie projektowanego komputera miało umożliwić przede wszystkim uruchomienie kompletnego

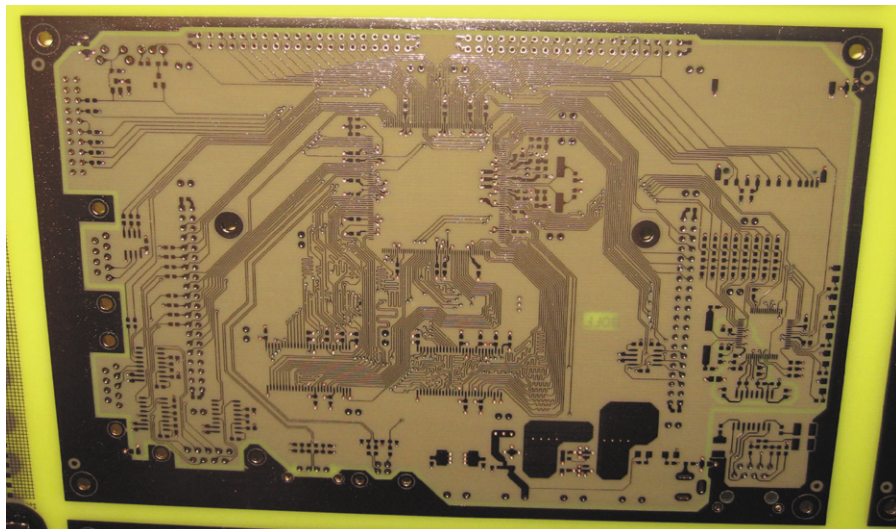


Rys. 1. Wygląd płytki drukowanej pierwszej wersji ARMputera z mikroprocesorem AT91RM9200

**Także krótkie serie**

Producenci PCB nie przepadają za krótkimi seriami, bowiem przygotowanie ich produkcji jest równie czasochłonne jak w przypadku produkcji wielokonaktowej. Firma Technoservice opracowała tanią technologię produkcji prototypów (także wielowarstwowych) pod nazwą TSKa. Szczegóły można znaleźć na stronie <http://zwod.technoservice.com.pl>. Automatyczny montaż podzespołów z natury rzeczy jest dedykowany masowej produkcji urządzeń. Jak sprawdziliśmy, firma TSTronic potrafi montować partie prototypowe, bo za taką należy uznać 5 płytek naszych linuksowych komputerów.

Linuksa, który z natury rzeczy „lubi” pracę z pamięci RAM. Z tego powodu jej pojemność wynosi 256 Mb w organizacji 32-bitowej. Startowa wersja systemu operacyjnego mieściła się w pamięci Flash z 16-bitową magistralą danych (M29W320DB firmy ST). Na płycie tej wersji komputera (rys. 1) znalazło się także miejsce dla złącza kart MMC, dwóch kompletnych portów RS232, złącza PS/2 i JTAG, gniazd USB-A i USB-B, złączy szpilkowych na które wyprowadzono niektóre linie I/O oraz gniazda dla modułu PHY z układem STE100P.



Fot. 2. Widok wytrawionej płytki drukowanej drugiej wersji ARMputera z widocznymi charakterystycznymi „akordeonami” w ścieżkach magistrali danych, wyrównującymi czasy propagacji sygnałów

Jak widać, wyposażenie komputera nie jest szczególnie oszałamiające, ale spełnia podstawowe wymagania stawiane tego typu konstrukcjom. Niepodważalną zaletą prezentowanego rozwiązania są: stosunkowo niewielka złożoność, relatywnie „rzad-

ka” płytka drukowana (co powoduje, że można ją wykonać – przy nieco większym niż przeciętnie nakładzie pracy – także w warunkach domowych), niezbyt wyrafinowane (i – co ważne – dostępne!) elementy oraz ich względna łatwość montażu.

R E K L A M A

CENTRUM EKOLOGICZNEGO MONTAŻU  
PODZESPOŁÓW ELEKTRONICZNYCH

**tstronic**  
GRUPA TECHNO-SERVICE S.A.

[www.tstronic.eu](http://www.tstronic.eu)

- **Kontraktowy montaż układów elektronicznych**
- **Pełna, kompleksowa obsługa logistyczna zamówień**
- **Profesjonalne doradztwo**
- **Najwyższa jakość realizowanej usługi**

Sprawdź, jakie rozwiązania w zakresie kontraktowego montażu elektronicznego możemy Tobie zaoferować

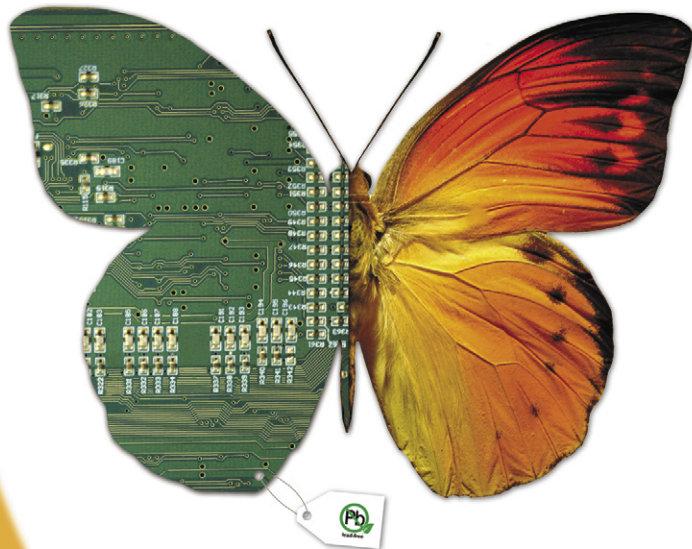
**zapraszamy do współpracy**

"TECHNO-SERVICE" S.A.

Centrum Ekologicznego Montażu Podzespołów Elektronicznych **TSTRONIC**

83-011 Gdańsk, ul. Benzynowa 19

tel.: +48 58 322 28 71, fax: +48 58 322 28 30, e-mail: [office@tstronic.eu](mailto:office@tstronic.eu)



Podczas realizacji projektu skorzystaliśmy z następujących usług firm Technoservice/TS Tronic:

- opracowania dokumentacji produkcyjnej na bazie przygotowanego przez nas projektu PCB,
- wykonania 4-warstwowych obwodów drukowanych,
- zaopatrzenia w podzespoły niezbędne do zmontowania komputerów,
- montażu podzespołów przewlekanych (THT) i SMD.

Płytki wykonano w technologii bezołowiowej.

Opcjonalnie firmy świadczą także usługi:

- projektowania obwodów drukowanych z wykorzystaniem pakietu PADS firmy Mentor Graphics,
- uruchamiania i/lub testowania montowanych urządzeń,
- interaktywnego i elastycznego doradztwa:
- weryfikacji projektów pod kątem integralności sygnałowej (Signal Integrity) i kompatybilności elektromagnetycznej EMC,
- pakowania i/lub etykietowania urządzeń,
- projektowania uzupełniającego (np. układy zasilania),
- przygotowywania oprogramowania dla urządzeń,
- badania na spełnianie norm i certyfikacji urządzeń (oznakowanie CE).

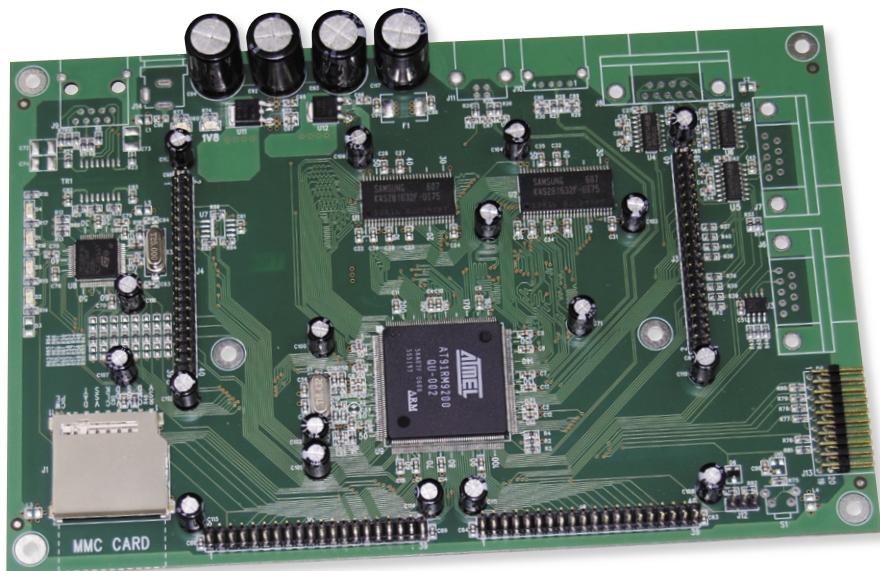
Próby przeprowadzone po zmontowaniu kilku egzemplarzy komputerów wykazały istotną wadę tego rozwiązania: maksymalna częstotliwość dostępu do pamięci SDRAM nie mogła przekroczyć 40...50 MHz (w zależności od egzemplarza), czego przyczynami były:

- zbyt długie linie doprowadzające zasilanie do mikroprocesora i pamięci,
- długa i nie najlepiej poprowadzona magistrała danych, przy czym najistotniejszym ograniczeniem okazała się niejednoczesna propagacja sygnałów przesyłanych tą magistrałą.

Część problemów udało się wyeliminować za pomocą kawałków srebrzanki, ale wynik końcowy był dość odległy od spodziewanego.

### Zmiana podejścia

Kłopoty z uzyskaniem oczekiwanych częstotliwości taktowania spowodowały konieczność zmiany założeń projektowych, co zaowocowało opracowaniem większego gabarytowo urządzenia o znacznie lepszym wy-



Fot. 3. Widok drugiej wersji komputera, wykonanej na płycie 4-warstwowej

posażeniu, zmontowanego na płycie 4-warstwowej, dzięki czemu jakość doprowadzenia zasilania do pamięci i mikroprocesora zdecydowanie wzrosła. Pomimo większej złożoności tej wersji komputera, a także fizycznego wydłużenia magistral (m.in. z powodu wyrównywania ich impedancji za pomocą „akordeonów” widocznych na fot. 2), maksymalna częstotliwość taktowania mikroprocesora została ograniczona parametrami czasowymi zastosowanych pamięci.

Widok płytki nowej wersji komputera pokazano na fot. 3. Szczegółowy opis komputera wraz ze specjalnie przygotowaną wersją Linuksa opublikujemy w EP2/2008.

### Łatwo wymyślić, trudniej zrobić

Decyzja o przejściu na 4 warstwy została podjęta dość szybko zwłaszcza, że zastosowanie tak zaawansowanej (w naszych realiach) płytki drukowanej otwierało możliwość znacznego powiększenia funkcjonalności komputera. Pozostał problem znalezienia wykonawcy płytek i firmy, która zmontuje urządzenia. Za optymalne wyjście uznaliśmy znalezienie firmy świadczącej usługi kompleksowo, co – naszym zdaniem opartym na wieloletnich doświadczeniach – jest jednym

z elementów gwarantujących wysoką jakość usługi. Jest to istotne kryterium, bowiem koszt elementów zastosowanych w komputerze dochodzi do kilkuset złotych, które mogą zostać łatwo zmarnowane przez drobne błędy wykonawcze na jednym z wielu etapów wykonywania płytek i montażu podzespołów.

Spośród kilku zaledwie (*sic!*) kompleksowych ofert wybraliśmy gdańską firmę TS Tronic, która należy do grupy kapitałowej Techoservice S.A., firmy znanej na rynku od lat z produkcji obwodów drukowanych. O wyborze zdecydowała głównie cena usługi, ale ważne okazała się także gotowość firmy do zapewnienia zaopatrzenia w niezbędne podzespoły i możliwość zamontowania także elementów przewlekanych.

Przedstawiciele firmy TS Tronic zgodzili się także na podejrzenie poszczególnych etapów ich pracy, w wyniku której powstały płytki do naszych komputerów. Pokażemy je za miesiąc.

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

#### Dodatkowe informacje...

- ...są dostępne na stronach internetowych:
- dotyczące płytek drukowanych:  
[www.technoservice.com.pl](http://www.technoservice.com.pl)
  - dotyczące montażu SMT/THT:  
[www.tstronic.eu](http://www.tstronic.eu)