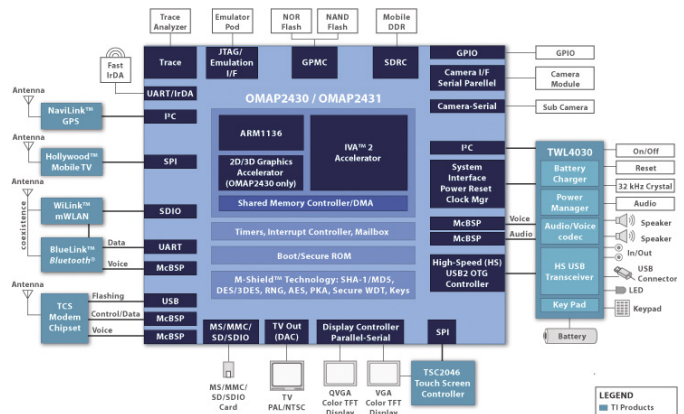


OMAP 4 – niedostępna ciekawostka czy platforma dla każdego?

Z całą pewnością wielu elektroników nieraz zastanawiało się jakie podzespoły znajdują się w nowoczesnych smartphone'ach. Jakie technologie pozwalają na osiągnięcie dużych wydajności obliczeniowych, przy małych wymiarach i wysokim stopniu upakowania? Czy, aby pracować przy takich układach potrzeba mieć ogromną wiedzę, pracować w dużej firmie czy stosować techniki reverse engineering'u? W artykule opisano platformę OMAP 4 wykorzystywaną w nowoczesnych urządzeniach mobilnych oraz demonstruje zestawy ewaluacyjne możliwe do nabycia nawet dla osób, które nie chcą zbytnio nadwyrężyć swojego budżetu.

Człowiek ma tendencję do postrzegania otoczenia w ciągły, płynny sposób. Pewne zmiany następujące stosunkowo wolno są trudne do zaobserwowania. Jeżeli temperatura powietrza od południa do wieczora stopniowo maleje lub w przeciągu kilku godzin oglądania filmów wyświetlacz stopniowo obniża swoją jasność, to w wybranych, krótkim okresie czasu zmiana temperatury czy jasności jest niewyczuwalna przez człowieka. Jednak po pewnym długim czasie można dojść do wniosku, że zrobiło się zimno czy, że nie da się już oglądać filmu, ponieważ obraz jest zbyt ciemny. Natomiast w przypadku dużych, natychmiastowych zmian są one szybko odczuwalne – zmiana jasności przy wyłączeniu monitora czy zmiana temperatury podczas wejścia do sauny. W taki sam sposób często nie zdajemy sobie sprawy z postępu technologicznego, dopóki nie zaczniemy przypominać sobie, jak wyglądało życie przed 5, 10 czy 30 latami.

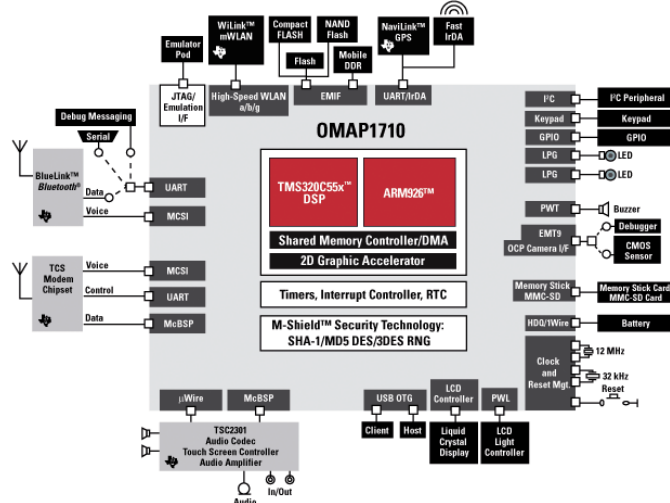


Rysunek 2. Platforma OMAP drugiej generacji

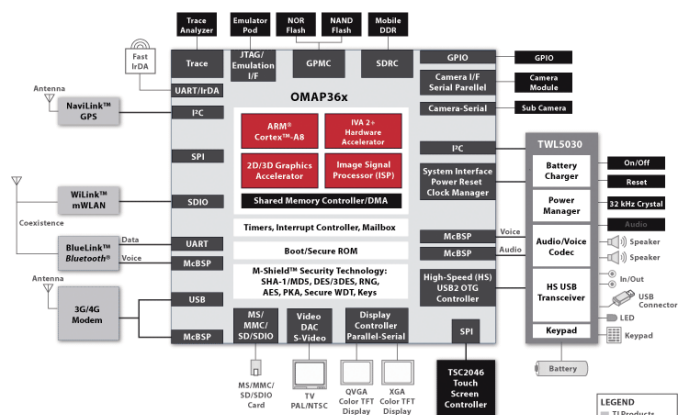
Naukowcy i inżynierowie swoją pracą starają się ulepszyć i uprościć codzienne życie ludzi. Realizowane jest to między innymi dzięki postępowi technologicznemu, który umożliwia wprowadzanie do życia codziennego nowych rozwiązań, urządzeń, etc. Można stwierdzić, że cały świat znajduje się w nieustannej pogoni za nowoczesnością. Dlaczego w nieustannej? Francuska dziennikarka Louise Lévêque de Vilmorin napisała tak: „Być nowoczesnym, to znaczy wyprzedzać swój czas dokładnie o tyle, by mógł on nas wygodnie dogonić” – i należy dodać, że zawsze dogania. Co zatem można określić mianem nowoczesności w dzisiejszych czasach? Urządzenia mobilne wydają się być godne tego określenia.

W pogoni za nowoczesnością

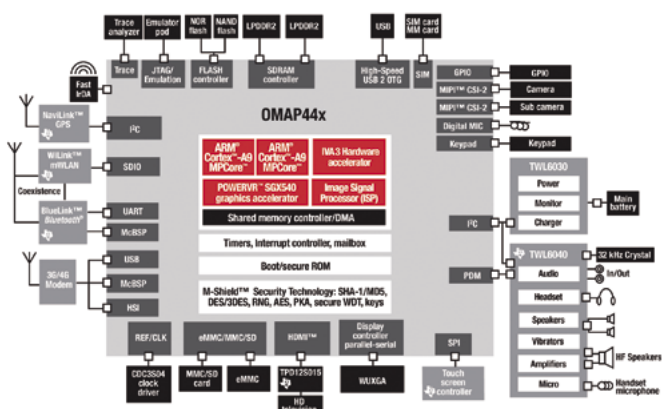
W ostatnich latach można obserwować duży rozwój szerokiej gamy netbook'ów, smartphone'ów czy urządzeń typu MID (Mobile Internet Devices). Producenci prześcigają się w tworzeniu urządzeń All-in-one, dzięki którym użytkownicy mogą telefonować, pisać SMS'y, czytać książki, edytować dokumenty, słuchać muzyki, przeglądać Internet,



Rysunek 1. Platforma OMAP pierwszej generacji



Rysunek 3. Platforma OMAP trzeciej generacji



Rysunek 4. Platforma OMAP czwartej generacji

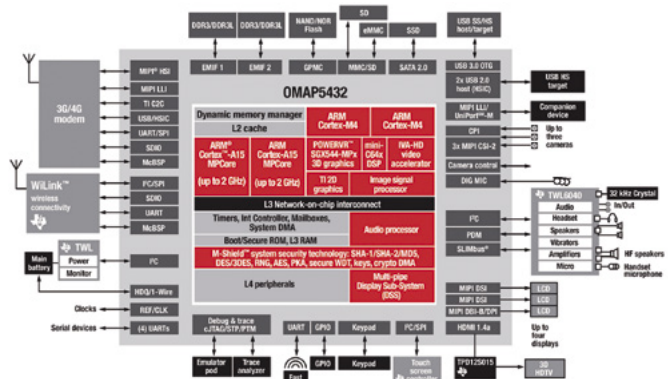
przesyłać dane, itd. Lista ta nie ma końca. Jej nowe pozycje są dodawane dzięki ciągle zwiększającym i zmieniającym się wymaganiom użytkowników. Firmy tworzące oprogramowanie na swoje urządzenia w obawie przed zbyt dużym wzrostem zapotrzebowań na rodzaje aplikacji otwierają specjalne portale internetowe w których użytkownicy mogą dzielić się lub sprzedawać opracowane przez siebie programy – przykładem jest *App Store* firmy *Apple Inc.* Kolejne generacje multimedialnych urządzeń mobilnych zaskakują nowymi możliwościami, technologiami oraz zużyciem energii. Co jest „sercem” takich urządzeń? Niektórzy producenci tworzą własne układy, a inni korzystają z wyspecjalizowanych rozwiązań znanych firm. Przykładem tej ostatniej grupy są *Nokia*, *Samsung* czy *Motorola*, których pewne *smartphone’y* zbudowane są na bazie układów SoC firmy *Texas Instruments (TI)– OMAP*.

OMAP’owa historia

Platforma *OMAP* jest dobrze znana producentom telefonów komórkowych, *smartphone’ów* oraz *tablet’ów* od wielu lat. Pierwsza generacja układów rozpoczęła się od ulepszenia rdzenia *ARM925T*, a następnie bazowała na standardowym rdzeniu *ARM926EJ-S*. Dodatkowo, zastosowany został procesor sygnałowy *TI* serii *C55x*. Maksymalna częstotliwość taktowania sięgała 220 MHz (rysunek 1).

Druga generacja kryła w sobie rdzeń *ARM1136* z zegarem 330 MHz oraz 220 MHz procesor sygnałowy. Nowością w którą została zaopatrzona platforma był dedykowany układ graficzny *PowerVR MBX (lite) GPU* (rysunek 2) – stosowany między innymi w mobilnych produktach firmy *Apple*.

Trzecia generacja rozpoczęła stosowanie rdzeni *ARM* stworzonych specjalnie do wykorzystania w *tablet’ach* i *smartphone’ach*, a mianowicie *ARM Cortex-A8*. Taktowanie – w zależności od wersji rdzenia – dochodziło do 800 MHz. Układ graficzny *MBX* zastąpiono jest ulepszoną wersją *SGX530* (rysunek 3). Zastosowano również sprzętowy akcelerator *IVA2* (image, video, audio) oraz procesor sygnałowy przeznaczony do przetwarzania obrazów z możliwością wsparcia 12 mega pikselowych matryc aparatów.



Rysunek 5. Platforma OMAP piątej generacji

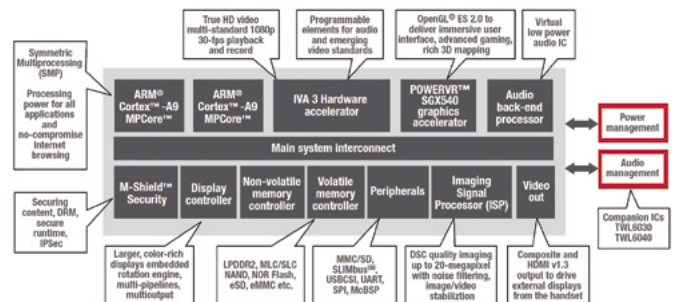
W kolejnej, czwartej generacji użyto dwóch rdzeni *ARM Cortex-A9* taktowanych zegarem do 1,5 GHz. Układ *SGX* ulepszono do wersji *SGX540* oraz pojawił się akcelerator *IVA* w wersji 3 (rysunek 4).

W nadchodzącym roku światło dzienne ma ujrzeć najnowsza generacja platformy *OMAP* – wersja 5. Głównymi jednostkami obliczeniowymi będą dwa rdzenie *ARM Cortex-A15* (taktowane zegarem 2 GHz każdy). W celu odciążenia rdzeni, a zatem zwiększenia użytecznej mocy obliczeniowej zostaną zastosowane układy grafiki 2D oraz 3D, procesor *DSP* oraz audio, akcelerator *IVA-HD*, dwa rdzenie *ARM Cortex-M4* oraz wiele innych dedykowanych modułów (rysunek 5).

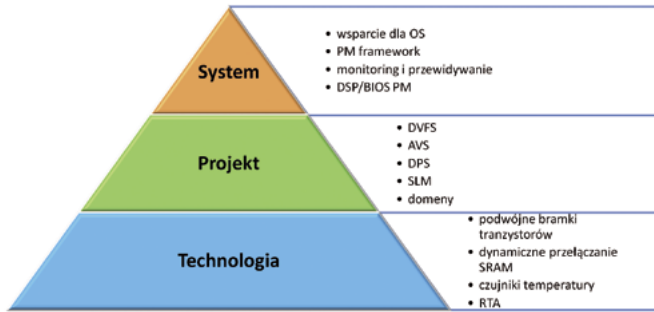
OMAP w wersji 4

Układy z serii *OMAP 4* są obecnie najnowszą dostępną wersją platformy. Mówi się o *OMAP5*, ale nie ma ich jeszcze w handlu. W obudowie typu *PoP (Package-on-Package)* kryje się wiele podsystemów balansujących pomiędzy dużą wydajnością, a małym zużyciem energii. Dzięki temu platforma jest dobrą bazą dla nowoczesnych urządzeń takich jak *smartphone’y* czy *tablet’y*. Główne składniki systemu to między innymi (rysunek 6).

- Dwa rdzenie *ARM Cortex-A9* – każdy taktowany zegarem o częstotliwości 1 GHz (*OMAP4430*). Zastosowanie wielu rdzeni wymusza jest poprzez ciągle rosnący apetyt na moc obliczeniową aplikacji uruchamianych w urządzeniach przenośnych. Dlatego konieczne jest tworzenie architektur umożliwiających przetwarzanie równoległe. Platforma *OMAP 4* obsługuje przetwarzanie symetryczne *SMP (symmetric multiprocessing)*. Pozwala ono na pracę wielu rdzeni z jednym systemem operacyjnym przy założeniu, że każdy z rdzeni jest identyczny oraz posiadają one równe prawa do obsługi przerwań, dostępu do pamięci czy portów wejść/wyjść,
- Sprzętowy akcelerator *IVA 3* – akcelerator pozwala na obsługę wielu dostępnych kodeków multimedialnych (*H.264 HP, MPEG4 ASP, MPEG-2 MP*, etc.). Posiada też możliwość zaprogramowania w celu obsługi nowych standardów, które nie były jeszcze znane podczas projektowania akceleratora. Wydajność akceleratora pozwala na przetwarzanie obrazu w rozdzielczości 1080p@30fps,
- Akcelerator graficzny *POWERVR SGX540* – *smartphone’y* nie służą już tylko do dzwonienia i organizowania sobie czasu w kalendarzu. Dzięki Internetowi i sieciom komórkowym są swego rodzaju oknem na świat. Użytkownicy na urządzeniach przenośnych przeglądają zasoby sieciowe, portale społecznościowe, oglądają filmy, prezentacje, wizualizacje, grają w gry, itd. Wszystko to, jak i same graficzne interfejsy użytkowników *smartphone’ów* wymagają do obsługi układów graficznych. Zastosowany akcelerator *SGX540* wspomaga grafikę 2D i 3D oraz posiada wsparcie dla *OpenGL (ES v2.0, ES v1.1), OpenVG v1.1* i *EGL v1.3*,
- *Audio back-end processor* – ten zoptymalizowany pod względem poboru prądu podsystem używany jest podczas odtwarzania ścieżek audio w celu odciążenia reszty systemu i oszczędności energii, dzięki czemu, według *TI*, platforma *OMAP* może odtwarzać dźwięk z jednej baterii przez 140 godzin,
- *Display controller* i *Video out* – dzięki tym podsystemom zapewnione jest wsparcie dla szerokiej gamy stosowanych wyświetla-



Rysunek 6. Składniki systemu platformy OMAP 4



Rysunek 7. Nowoczesne rozwiązania platformy OMAP 4

czy, w tym również dotykowych, wielopunktowych. Aby można było w pełni rozkoszować się multimedialnością urządzeń przenośnych nie mogło zabraknąć wsparcia dla podłączania zewnętrznych, dużych wyświetlaczy. Możliwe jest sterowanie odbiornikami z systemem PAL/NTSC, jak również podłączanie monitorów czy telewizorów z interfejsem HDMI v1.3,

- *Imaging Signal Processor (ISP)* – wbudowany specjalny procesor zapewnia przetwarzanie obrazów o rozdzielczości 20 megapikseli oraz wsparcie między innymi dla metod przetwarzania obrazów, na przykład dla filtracji szumów, stabilizacji obrazu czy cyfrowego powiększania,
- Liczne peryferia, jak na przykład *USB, SDIO, UART, FC, SPI* czy *MMC/SD* i wiele innych pozwalają na komunikację z szeroką gamą układów.

SmartReflex 2

Integracja coraz to większej liczby funkcji, które realizują dzisiejsze i przyszłe urządzenia mobilne wymusza stosowanie w nich procesorów o dużych mocach obliczeniowych, a co za tym idzie o większym poborze prądu. Niestety, zwiększanie pojemności baterii stosowanych w *smartphone'ach* i telefonach komórkowych przy zachowaniu ich wymiarów nie postępuje tak szybko jak rozwój procesorów. Aby nie rezygnować z małych gabarytów urządzeń mobilnych inżynierowie ciągle poszukują nowych rozwiązań. Podstawowymi problemami są między innymi: prąd upływu, zwiększający się wraz ze zmniejszaniem wymiarów tranzystorów oraz prąd pobierany podczas przełączania tranzystorów – jeżeli zwiększamy taktowanie zegara układu, to w jednostce czasu tranzystory będą przełączane większą ilość razy, a zatem w tym przedziale czasu zwiększy się pobór prądu. Do walki z tymi zjawiskami, w celu ograniczenia zużycia energii zachowując jednocześnie wydajność urządzeń inżynierowie z firmy

TI opracowali technologię *SmartReflex™* (obecnie w wersji 2), która jest stosowana w wielu ich produktach – między innymi w platformie *OMAP 4*. W związku z wysokim poziomem złożoności platformy, metody oszczędzania energii nie mogą bazować wyłącznie na stanach uśpienia rdzeni. Skupiono się na trzech obszarach w których można zredukować pobór mocy (**rysunek 7**) wydłużając autonomiczny czas działania urządzenia podczas rozmów i stanu czuwania, a także wydłużyć żywotność akumulatora.

Pierwszy obszar to technologia. Platforma *OMAP 4* została stworzona w technologii 45 nm. Zastosowano podwójne bramki tranzystorów o różnych długościach. Dzięki temu w przypadku, gdy w danym momencie nie jest konieczna duża wydajność (szybkość przełączania), używane są długie bramki dla ograniczenia prądu upływu. Dodatkowo, możliwa jest zmiana napięcia zasilania pamięci *SRAM* oraz układów logicznych bez utraty zapamiętanych w nich informacji. To również zmniejsza całościowy prąd upływu. Redukcja prądu upływu realizowana jest również dzięki technologii *RTA (SRAM Retention 'Til Access)*, która pozwala na podtrzymywanie informacji w blokach pamięci *SRAM* przy obniżonym napięciu zasilania w chwilach w których nie są one używane.

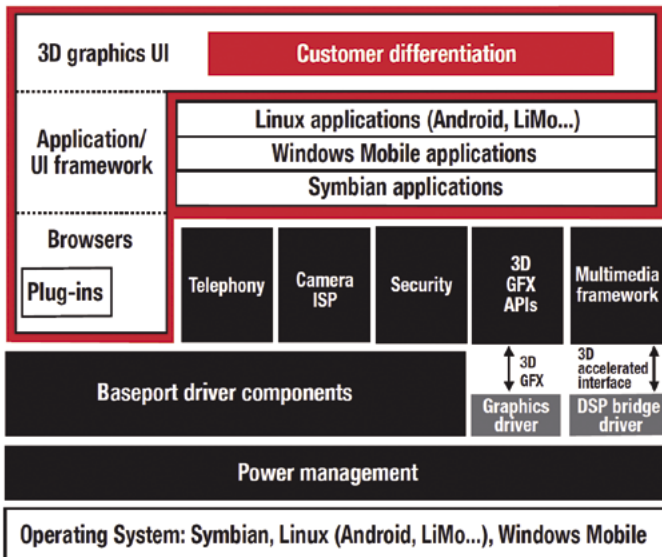
Kolejne rozwiązania zostały zastosowane podczas projektowania układu *System-on-Chip (SoC)*:

- *Adaptive voltage scaling (AVS)* – pozwala na utrzymanie wysokiego poziomu wydajności układu, jednocześnie obniżając napięcie zasilania na podstawie odczytów z czujników temperatury,
- *Dynamic power switching (DPS)* – bazując na informacji o poziomie aktywności systemu pozwala na dynamiczne przełączanie pomiędzy stanami uśpienia, redukując prąd upływu,
- *Dynamic voltage and frequency switching (DVFS)* – pozwala na dostosowywanie napięcia zasilania oraz częstotliwości zegara do wymaganej wydajności,
- *Standby leakage management (SLM)* – w celu zredukowanie prądu upływu składowe systemu utrzymywane są w możliwie najniższym stanie uśpienia stosownym do aktualnych wymagań,
- Zastosowanie wielu domen napięć zasilania, poziomów logicznych oraz zegarów taktujących pozwala na optymalne sterowanie systemem dostosowując całościowy pobór mocy do wymaganej wydajności.

Trzeci obszar to obszar systemu w sensie oprogramowania. Zostały stworzone programy pod systemy operacyjne (*Symbian, Linux*) pozwalające na sterowanie zasilaniem (*Power Management framework*) bazując na kontroli i przewidywaniu wymaganego obciążenia systemu, jak również programu pozwalające na sterowanie procesorem *DSP (DSP/BIOS software kernel foundation)*.

Wsparcie z TI

Pomysły wizjonerów, ograniczonych tylko przez ich wyobraźnię, oraz ciągle zmieniające się trendy i potrzeby ludzi kreują nowe techniki i rozwiązania do realizacji tych koncepcji. Jednak droga od momentu wypuszczenia na rynek układu takiego jak *OMAP* do chwili pojawienia się w sklepach gotowych urządzeń w pełni go wykorzystujących jest długa. Dlatego firma *TI* dba o to, żeby jak najbardziej skrócić czas pomiędzy tymi momentami. Ponieważ platforma *OMAP* jest bardzo złożona, firmy chcące z niej korzystać w swoich produktach nie mogą pozwolić sobie na żmudne i czasochłonne zapoznanie się z całą dokumentacją (sam tylko dokument „*OMAP4430 Multimedia Device Silicon Revision 2.x*” liczy ponad 5000 stron), uruchamianie poszczególnych podsystemów, następnie dostosowywanie systemu operacyjnego wraz z pisanem sterowników, a na koniec tworzenie swoich aplikacji i interfejsu granicznego. Projektanci, którzy korzystają z platformy *OMAP* otrzymują do dyspozycji również pakiet oprogramowania (**rysunek 8**). Pakiet ten zawiera biblioteki wspierające różne systemy operacyjne – *Symbian, Linux* czy *Windows Mobile*. Dostarczone są również sterowniki dla poszczególnych modułów systemu platformy oraz biblioteki *BSP (Board Support Package)* pozwalające na szybkie i bezproblemowe

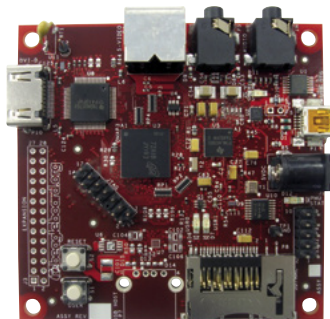


Rysunek 8. Pakiet oprogramowania dla OMAP 4 od TI

uruchamianie oficjalnych płytek ewaluacyjnych. Z pakietem zintegrowano również szereg narzędzi oraz rozwiązań przyspieszających proces powstawania urządzenia końcowego. Są nimi między innymi: wspomagane sprzętowo kodeki multimedialne, obsługa zarządzania wydajnością i zużyciem energii, obsługa grafiki 3D czy środowisko zarządzania zabezpieczeniami i narzędzia do tworzenia aplikacji multimedialnych – wszystko to napisane, zoptymalizowane pod względem energetycznym i wydajnościowym, gotowe do użycia. Dzięki takiemu podejściu firmy TI i oferowanemu zestawowi składającemu się zarówno z platformy sprzętowej oraz oprogramowania i sterowników, czas potrzebny na pełen proces projektowania gotowego do użycia urządzenia ulega znacznemu skróceniu. Dodatkowo, zaimplementowana została komunikacja z niektórymi układami TI. Przykładem może być platforma WLink obsługująca standardy WLAN czy Bluetooth.



Fotografia 9. Zestaw ewaluacyjny PandaBoard (OMAP 4)



Fotografia 10. Zestaw ewaluacyjny BeagleBoard (OMAP 3)

interesowanie całym pakietem zawierającym część sprzętową oraz oprogramowanie jest znaczące. Wielkie firmy korzystają i wiążą przyszłość swoich multimedialnych produktów z układami OMAP. Przykładem może być Motorola, która oparła swój nowoczesny *smartphone Milestone 2* właśnie na platformie OMAP 3, a całkiem nowy *Milestone 3* kryje w sobie czwartą wersję tych układów.

Nie dla każdego(?)

Pomimo szerokiego zakresu zastosowań platformy i jej obecności na rynku urządzeń mobilnych, istnieje pewnego rodzaju bariera odgradzająca szarego Kowalskiego, który zajmuje się hobbystycznie elektroniką od możliwości kupna układów z serii OMAP. Jeżeli chcemy wykorzystać platformę w projektowanych przez nas urządzeniach, które ukaże się w ilości kilkuset tysięcy lub milionów sztuk, to sprawa jest rozwiązana – wystarczy skontaktować się z firmą TI i rozpoczną się rozmowy wstępne. TI nie interesuje sprzedaż pojedynczych sztuk do zastosowań amatorskich. Czy zatem warto czytać o tej platformie i wykazywać choć cień zainteresowania? Oczywiście – tak, ponieważ potencjał możliwości zamknięty w tych układach jest olbrzymi, a rozwiązania w nich zastosowane tworzą coraz to nowe trendy w urządzeniach multimedialnych. Na rynku znajduje się szereg płytek ewaluacyjnych produkowanych przez różne firmy. Część tych płytek to kompletne systemy (Single Board Computer) oparte na platformie OMAP 4, które z powodzeniem można użyć w projektach, nie poświęcając czasu na „projektowanie elektroniki”.

TI stworzyło *Blaze'a* – urządzenie w postaci *smartphone'a* spełniające rolę mobilnej platformy uruchomieniowej. Dodatkowo skonstruowano *tablet* na bazie czwartej generacji platformy – *Blaze Tablet*. Choć oba urządzenia bardzo dobrze nadają się do testowania układów oraz tworzenia oprogramowania, to ich ceny (~\$2000) mogą być granicą nie do przejścia dla hobbystów. Dla nich pomocna może okazać się płytka testowa *PandaBoard* (fotografia 9) – cena 174 USD. Podobnie jak płytka *BeagleBoard* (fotografia 10), która została zaprojektowana dla trzeciej generacji platformy OMAP, tak i *PandaBoard* zyskuje coraz większą popularność wśród projektantów oprogramowania i aplikacji na urządzenia mobilne, między innymi ze względu na fakt, iż jest platformą otwartą.

Jeżeli zachodzi potrzeba zastosowania w projekcie platformy OMAP, jednak wszelkie dodatkowe komponenty i peryferia muszą być zaprojektowane osobno, np. z uwagi na wysoką optymalizację zużycia energii lub wymiary urządzenia, to istnieją firmy, które oferują układy OMAP w postaci modułów (rysunek 11). Jedną z nich jest amerykański *Phytec* (www.phytec.com). Podstawowe, niezbędne do uruchomienia systemu układy umieszczone na płytce PCB oraz wyprowadzenia pozwalają na stworzenie własnego produktu zawierającego platformę OMAP, jednak produkowanego w niewielkich ilościach.

Podsumowanie

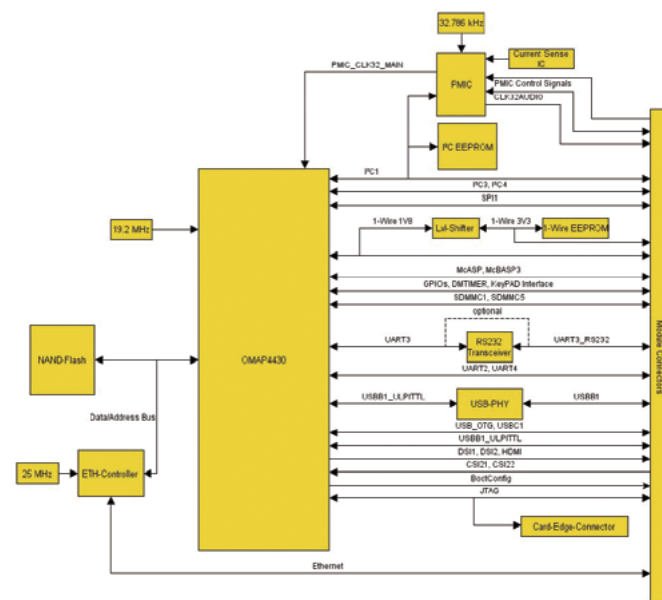
Platforma OMAP 4 jest niewątpliwie ciekawą pozycją na rynku elektronicznym. Trwające prace nad piątą generacją układów pokazują, że platforma jest ciągle rozwijana i przynosi zyski firmie. Za-

interesowanie całym pakietem zawierającym część sprzętową oraz oprogramowanie jest znaczące. Wielkie firmy korzystają i wiążą przyszłość swoich multimedialnych produktów z układami OMAP. Przykładem może być Motorola, która oparła swój nowoczesny *smartphone Milestone 2* właśnie na platformie OMAP 3, a całkiem nowy *Milestone 3* kryje w sobie czwartą wersję tych układów.

W dzisiejszych czasach mobilność jest dewizą wielu pracujących osób. Dodatkowo każdy chce być dostępny dla innych niezależnie od miejsca przebywania. Tożsamościowo, każdy chce mieć dostęp do wszelkich źródeł informacji, a przede wszystkim dostęp do Internetu. *Smartphone* musi realizować coraz więcej funkcji, jednak oczekuje się, aby nadal mieścił się w kieszeni oraz zachowywał standardy dotyczące czasu czuwania oraz czasu trwania rozmów pomiędzy ładowaniami akumulatora.

Dla skrócenia czasu projektowania urządzenia końcowego, TI bierze na siebie część zadań, które do niedawna leżały po stronie producentów tych urządzeń. Inżynierowie z TI tworzą zaawansowaną platformę sprzętową oraz dostarczają wsparcie w postaci oprogramowania, sterowników oraz bibliotek dla popularnych systemów operacyjnych urządzeń mobilnych. Dzięki temu twórcy *smartphone'ów* i innych multimedialnych urządzeń mogą poświęcić więcej czasu na dopracowywanie aplikacji oraz graficznego interfejsu użytkownika, które są bardzo ważne dla użytkownika końcowego. Dodatkowo prostota i intuicyjność obsługi często skłaniają konsumentów do zakupu danego urządzenia. Potrzeba również zaznaczyć, że firma TI projektując nowe generacje platform OMAP musi przewidywać trendy oraz wymagania użytkowników, aby produkt końcowy był w stanie spełnić oczekiwania i standardy panujące w chwili pojawienia się na rynku urządzenia finalnego. Przedstawione przykłady zestawów ewaluacyjnych pokazują, że nie tylko duże firmy jak *Nokia* czy *Motorola* mogą pozwolić sobie na korzystanie z OMAP'ów. Nawet amatorzy elektroniki mogą nabyć i wykorzystać w swoich projektach moc jaka drzemie w platformie z Texasu.

Wojciech Gelmuda
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Elektroniki
Michał Szpala



Rysunek 11. Schemat blokowy modułu firmy Phytec (OMAP 4)