

# Nie samym Raspberry Pi człowiek żyje

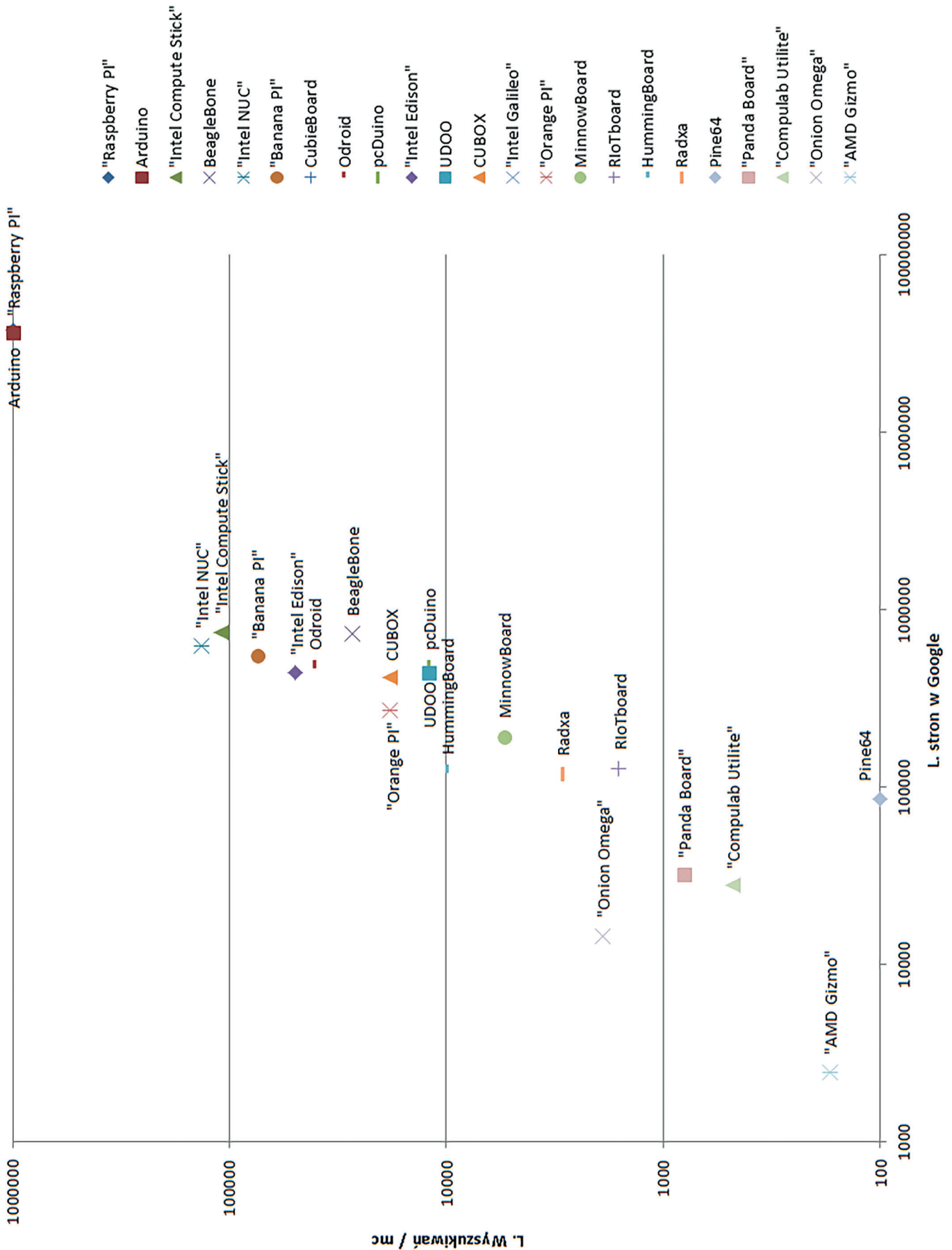
*Decydując się na zbudowanie projektu z tzw. systemem wbudowanym, na którego realizację projektant nie ma zbyt wiele czasu, rozsądną decyzją będzie sięgnięcie po gotowy komputer jednopłytkowy. Jeśli sprzęt ma działać w aplikacjach przemysłowych lub w trudnych warunkach środowiskowych, konieczny będzie wybór komputera przemysłowego, ale w każdym innym przypadku wystarczy zwykły... Raspberry Pi – a przynajmniej tak pewnie pomyślałaby większość elektroników. Tymczasem na rynku jest dostępnych mnóstwo podobnych platform sprzętowych, które – jak nierzadko twierdzą ich twórcy – lepiej nadają się do realizacji wielu zadań niż Raspberry Pi. W artykule opisujemy dużą część z tych komputerów jednopłytkowych, co pozwoli Czytelnikom lepiej dobrać sprzęt do potrzeb.*

Dobra reklama robi swoje, czego niewątpliwym przykładem jest popularność Raspberry Pi. Szum w mediach sprawił, że RPI stało się „domyślnym”, konsumenckim komputerem jednopłytkowym, a zainteresowanie tą platformą chyba przerosło oczekiwania twórców. W tym szumie uczestniczy także Elektronika Praktyczna, choć mamy nadzieję, że nieco bardziej świadomie, bo zdajemy sobie sprawę, że ani hasła „komputer wielkości karty kredytowej”, ani „komputer za 30 dolarów” wcale nie oznaczają, że ktoś sprzedaje za 30 dolarów miniaturowy zamiennik nowoczesnego laptopa.

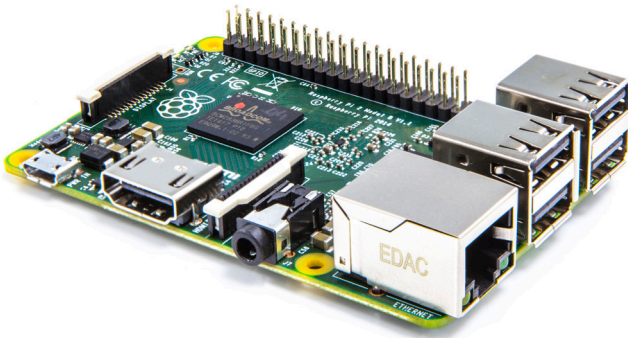
O ile w wypadku większości dziedzin życia opisywanie popularnych trendów wynika głównie z podążania za modą, w inżynierii ma to znacznie większe znaczenie. Raspberry Pi jest narzędziem, za którego pomocą elektronicy, a nawet programiści niemający pojęcia o sprzęcie, są w stanie wykonać różne urządzenia. A ponieważ jest to bardzo skomplikowane narzędzie, posługiwanie się nim może prowadzić do napotkania różnych problemów, które da się rozwiązać właśnie dzięki dużej społeczności pracującej nad podobnymi zagadnieniami.

Równie, jeśli nie nawet bardziej istotne jest to, że elektronicy tworzą moduły kompatybilne z popularną platformą, które można

WYBÓR KONSTRUKTORA



Rysunek 1. Popularność poszczególnych platform w oparciu o wyniki wyszukiwania podanych haseł w Google. Wszystkie dane zostały zebrane tego samego dnia, przy czym w przypadku platform, których popularność aktualnie silnie wzrasta, tak jak np. Pine64, które właśnie zaczęło kampanię na Kickstarterze, wyniki szybko ulegają zmianie. Ponadto Google nie ma na razie żadnych danych na temat wyszukiwania hasła Pine64



Fotografia 2. Raspberry Pi 2 Model B

wykorzystać we własnych projektach znacząco ułatwiając sobie pracę. Dlatego, pomimo wagi parametrów technicznych oferowanego sprzętu, tak dużą rolę na rynku nieprzemysłowych komputerów jednopłytkowych odgrywa ich faktyczna popularność. Przedstawiając kolejne platformy sprzętowe będziemy starali się zwrócić uwagę na wielkość społeczności zgromadzonych wokół nich. Postaramy się też przedstawić wielkość społeczności graficznie w oparciu o dane z wyszukiwarki Google (**rysunek 1**). Mamy przy tym nadzieję, że w przygotowanym zestawieniu Czytelnicy odkryją nowe, nieznanne przez nich wcześniej platformy, które pozwolą tworzyć lepsze i bardziej innowacyjne projekty, niż zwykłe Raspberry Pi.

## Raspberry Pi

Zestawienie wypada zacząć od Raspberry Pi, które choć wcale nie było pierwszym miniaturowym komputerem, zapoczątkowało trend do tworzenia tego typu konstrukcji i przyciągnęło rzeszę użytkowników. W 2012 roku na rynku pojawił się komputer Raspberry Pi 1 Model B w cenie 35 dolarów, wyposażony w SoC Broadcom BCM2835 z pojedynczym rdzeniem ARM1176JZF-S, taktowany zegarem 700 MHz i współpracujący z 256 MB pamięci RAM. Jednocześnie przygotowano model, który miał być tańszą wersją (25 dolarów), wyposażoną w mniej portów. Twórcy słusznie przewidzieli, że bardzo przydatny będzie interfejs sieciowy i dlatego model B wprowadzili w pierwszej kolejności. Błędnie natomiast ocenili zapotrzebowanie na pamięć operacyjną i w efekcie już po kilku miesiącach model B zaczęto oferować z 512 MB pamięci RAM. Po upływie niecałych dwóch lat, w których trakcie na rynku zaczęła pojawiać się silna konkurencja,

oferująca lepszy stosunek wydajności do ceny, twórcy Raspberry postanowili znów wyjść na prowadzenie wprowadzając nieco ulepszone Raspberry Pi 1: Model A+ i Model B+. Podstawowe różnice sprowadzały się do zwiększenia liczby wyprowadzeń, zmniejszenia poboru prądu i zamiany gniazda SD na microSD. Co więcej, obniżono koszt sprzętu o 5 i 10 dolarów, w zależności od modelu.

Zmniejszenie ceny oraz drobne usprawnienia pozytywnie wpłynęły na stosunek możliwości do ceny, ale nie zlikwidowały problemu ogólnej niskiej wydajności, która w dziedzinie komputerów, a szczególnie tych najmniejszych, rośnie w bardzo szybkim tempie. Dlatego na początku 2015 roku wprowadzono Raspberry Pi 2 Model B w cenie 35 dolarów, nie wycofując ze sprzedaży dwóch poprzednio wprowadzonych wersji. RPi 2 wyposażono 4-rdzeniowy procesor Broadcom BCM2836, oparty o rdzenie ARM Cortex-A7. Taktowany 900-megahercowym zegarem CPU wspierany jest przez 1 GB pamięci RAM i ten sam układ graficzny Broadcom VideoCore IV, co we wszystkich wersjach RPI. Wszystko to sprawiło, że pobierany prąd wzrósł o 200 mA w stosunku do Modelu B+, ale udało się zachować pełną kompatybilność pod względem wymiarów, jak i zgodności programowej.

W końcu, w trakcie pisania tego artykułu, a więc w niecały rok po Raspberry Pi 2, twórcy platformy ogłosili nagłe wprowadzenie kolejnego komputera z tej samej rodziny, który ma ponownie zrewolucjonizować rynek. Mowa o Raspberry Pi Zero, który nie tylko jest szybszy niż RPi 1 Model B+, ale też ma znacznie mniejsze wymiary, 5-krotnie mniejszy ciężar i kosztuje jedynie 5 dolarów amerykańskich. Zastosowano w nim ten sam procesor, co w RPi 1, ale taktowany zegarem 1 GHz i z 512 MB pamięci RAM. Jest jednak jedno „ale”: RPi Zero jest pozbawione większości interfejsów. Pozostały jedynie gniazdo HDMI, przy czym w postaci mini-HDMI, dla zmniejszenia wymiarów), złącze kart microSD i dwa złącza micro USB, z czego jedno jest używane tylko do zasilania. Dostępna jest za to większa liczba GPIO z tym, że wyprowadzone nie na pinach, ale w postaci otworów w płytce, w które piny można włutować samodzielnie. Tak zaprojektowany komputer jest nieco ograniczony, ale świetnie sprawdzi się w wielu aplikacjach, w których bardzo ważne są sumaryczne wymiary i koszt urządzenia.

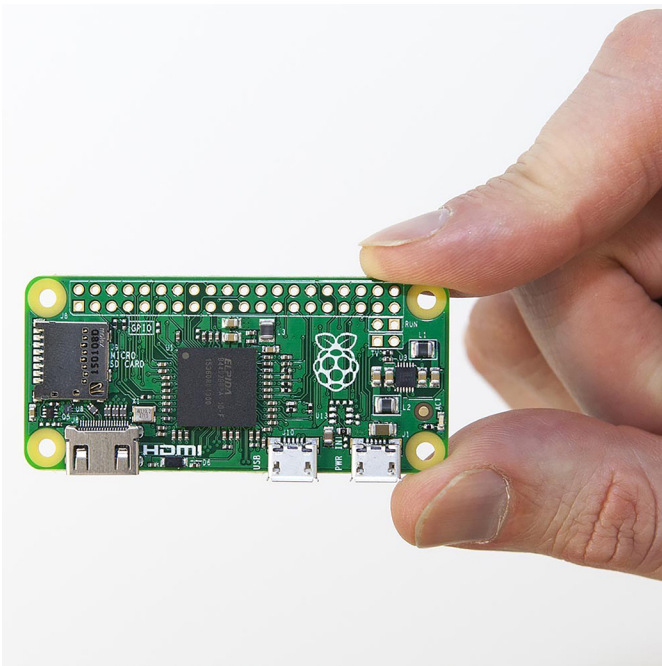
Płytko Raspberry Pi Zero jest płaska od spodu, dzięki czemu można ją wygodnie zamontować bez stosowania dodatkowych elementów dystansowych. Istotny jest też mały pobór prądu wynoszący 160 mA, czyli 5-krotnie mniejszy niż w Raspberry Pi 2 oraz o 20% mniejszy niż w najbardziej dotąd oszczędnym Raspberry Pi 1 Model A+. Głównym ograniczeniem będzie natomiast prawdopodobnie brak interfejsu sieciowego, choć biorąc pod uwagę wymiary i pobór prądu możliwe, że projektanci i tak będą korzystali z dodatkowych interfejsów Wi-Fi, a w takim przypadku duże gniazdo ethernetowe jedynie niepotrzebnie zwiększałoby wymiary całego komputera.

Liczba systemów operacyjnych przystosowanych do pracy Raspberry Pi przekracza 30, z czego większość z nich jest bezpłatna, a wiele specjalizowanych pod kątem konkretnych zastosowań. Podstawowym instalowanym systemem jest oparty o Debiana Raspbian, a dodatkowo twórcy RPI udostępnili program NOOBS, który ułatwia instalację Raspbiana lub innych systemów operacyjnych.

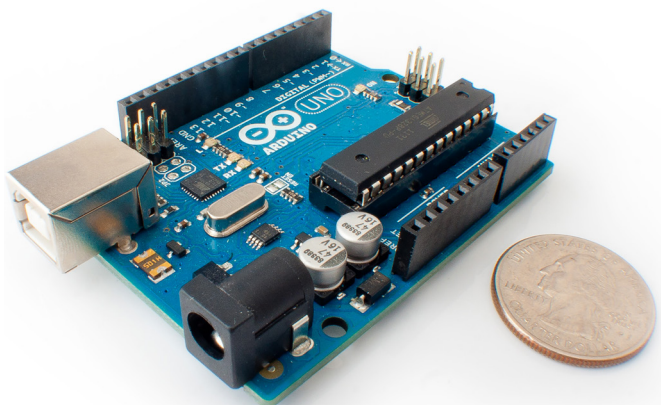
Google znajduje na temat Raspberry Pi niecałe 38 milionów wyników wyszukiwania, a każdego miesiąca w 2015 roku hasło to wyszukiwano średnio milion razy, przy czym wzrost zainteresowania pojawiał się za każdym razem, gdy wprowadzano nowe wersje Raspberry Pi.

## Arduino

Umieszczenie Arduino w tym zestawieniu nie jest wcale oczywiste. Choć platforma ta jest niemal tak samo popularna jak Raspberry Pi (ponad 36 mln wyników wyszukiwania i około miliona wyszukiwań miesięcznie w Google), pod względem parametrów znacznie odstaje od innych komputerów jednopłytkowych. Nie jest pełnoprawnym komputerem jednopłytkowym, gdyż nie można na nim samodzielnie zainstalować systemu operacyjnego, ale w wielu prostszych



Fotografia 3. Raspberry Pi ZERO



Fotografia 4. Arduino UNO

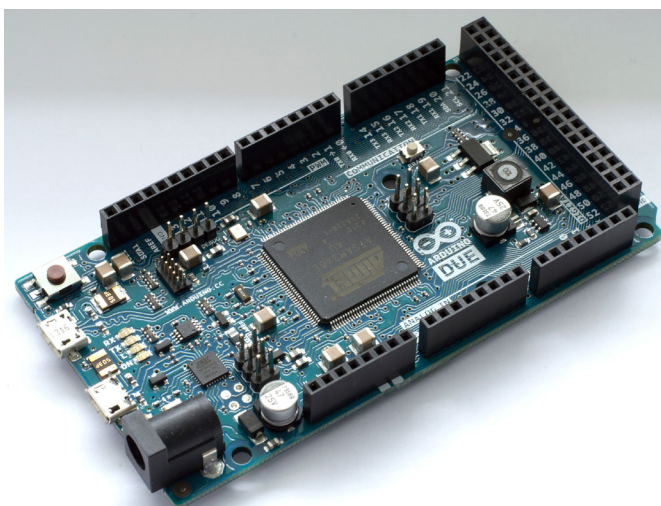
aplikacjach, niewymagających dużej mocy obliczeniowej ani pamięci operacyjnej, może z powodzeniem zastąpić inne z wymienionych w artykule komputerków. Co więcej, cechuje się bardzo małym poborem prądu, rzędu kilkudziesięciu miliamperów, dzięki czemu lepiej nadaje się do niezbyt skomplikowanych systemów zasilanych z baterii.

Z racji tego, że Arduino jest projektem otwartym, doczekało się ogromnej liczby odmian i kopii. Na rynku można znaleźć zarówno produkty pod marką Arduino, której właścicielem w USA jest zupełnie inna firma niż w Europie, ich klony oraz produkty kompatybilne o nieco zmodyfikowanych nazwach, takie jak np. prezentowane w Elektronice Praktycznej AVTduino. Liczba firm zaangażowanych w biznes oparty na Arduino to jeden z czynników wpływających na popularność tej platformy, przy czym mnogość oferowanych opcji jest tak duża, że jej opis nie zmieściłby się w tym artykule.

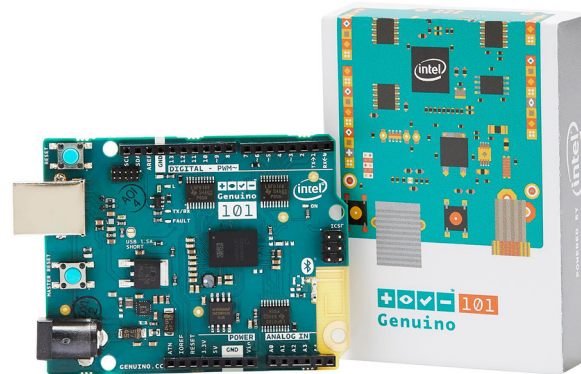
Początki platformy sięgają 2005 roku, gdy to we Włoszech rozpoczęto pierwsze prace nad projektem. Następnie większość twórców platformy przeniosła działalność do USA, opracowując szereg odmian Arduino oraz wprowadzając markę Genuino na rynek poza USA. Aktualnie oferowane przez amerykańskie Arduino LLC modele na tamtejszy rynek podzielone są na kilka grup, różniących się przeznaczeniem:

- Podstawowe (entry level): Arduino UNO i Arduino PRO.
- Ulepszone (enchanced features): Arduino MEGA, Arduino ZERO i Arduino DUE.
- Do Internetu Przedmiotów (IoT): Arduino YUN.
- Do urządzeń noszonych (Wearable): Arduino GEMMA, Lilypad Arduino USB, Lilypad Arduino Main Board, Lilypad Arduino Simple i Lilypad Arduino Simple Snap.

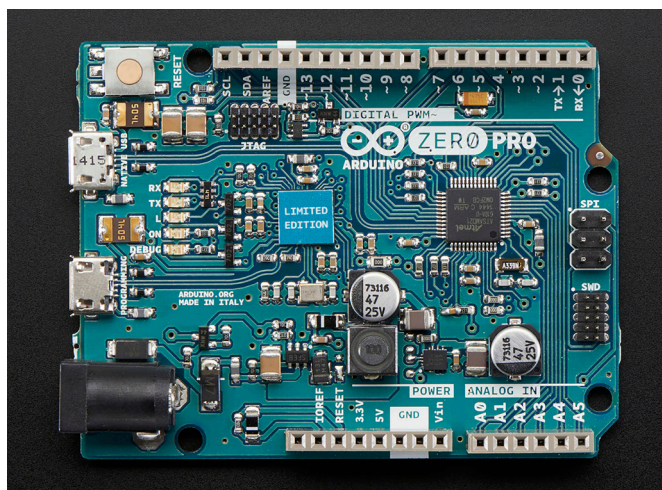
Oficjalnie na rynku europejskim można dostać Genuino UNO, Genuino Mega, Genuino Zero, a już niebawem Genuino 101.



Fotografia 5. Arduino DUE



Fotografia 6. Genuino 101



Fotografia 7. Arduino ZERO PRO

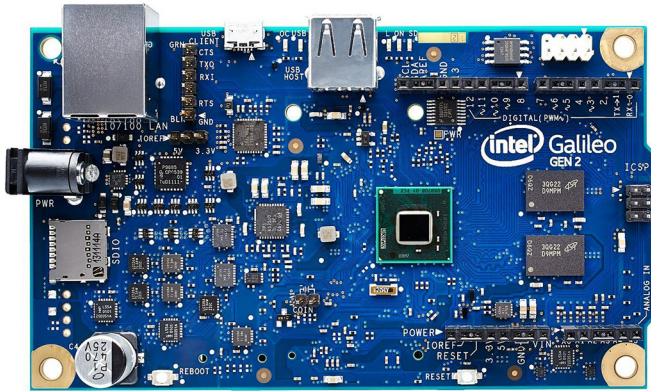
Większość płytek Arduino opiera się o układy z rdzeniem AVR. W ostatnim czasie zaczęły się pojawiać jednak pierwsze konstrukcje z układami ARM. Są to wymienione wcześniej Arduino Due, w którym użyto procesora Atmel SAM3X8E z rdzeniem Cortex-M3 oraz nowszy: Arduino Zero, w którym zastosowano Atmel SAMD21G18 z rdzeniem Cortex-M0+. Charakteryzują się one przede wszystkim większą mocą obliczeniową niż modele z układami AVR.

Arduino programuje się w języku zbliżonym do C, w środowisku deweloperskim przygotowanym przez producenta. Korzystanie z Arduino jest łatwe i nawet dla osób, które wolą konfigurować i używać gotowe programy, a więc tych, które wolałyby sięgnąć raczej po pełnoprawny komputer jednopłytkowy z wielozadaniowym systemem operacyjnym, stworzenie programu dla Arduino nie powinno stanowić dużych trudności. A biorąc pod uwagę jednolitość środowiska, w odróżnieniu od konieczności zaznajomienia się ze sposobami konfiguracji wielu programów uruchamianych na linuxach, zaprogramowanie Arduino może być wręcz łatwiejsze.

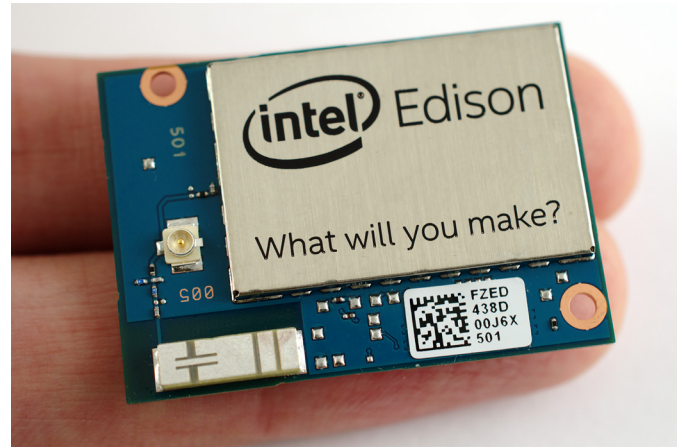
### Platformy Intel

Swoich szans w dziedzinie komputerów jednopłytkowych w różnej postaci spróbowała także firma Intel. Naturalnie oparła je o architekturę x86, przy czym opracowała kilka zupełnie różnych produktów. Trudno powiedzieć czy strategia ta raczej przysporzyła firmie zainteresowania, czy je rozproszyła, gdyż popularność każdej z tych platform oddzielnie jest przynajmniej o rząd wielkości mniejsza niż Raspberry Pi lub Arduino. Oferowane platformy to:

- Intel Galileo – kompatybilna z Arduino płytka, której powstały już dwie generacje. Z wyglądu i rozmiarów przypomina Raspberry PI i cechuje się podobną wydajnością. Zastosowano w niej 32-bitowy procesor Intel Quark.



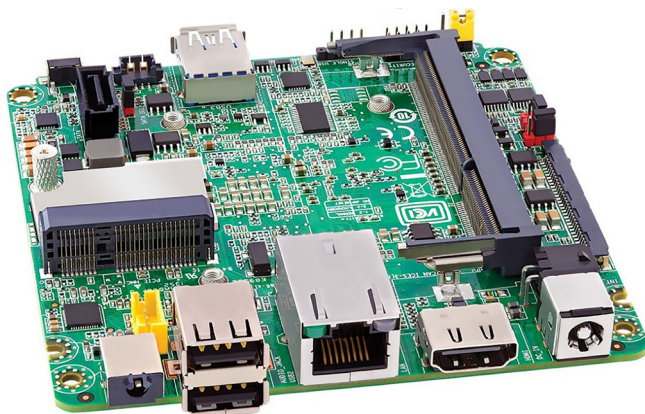
Fotografia 8. Intel Galileo Gen 2



Fotografia 12. Intel Edison



Fotografia 9. Intel NUC



Fotografia 10. Intel NUC Board



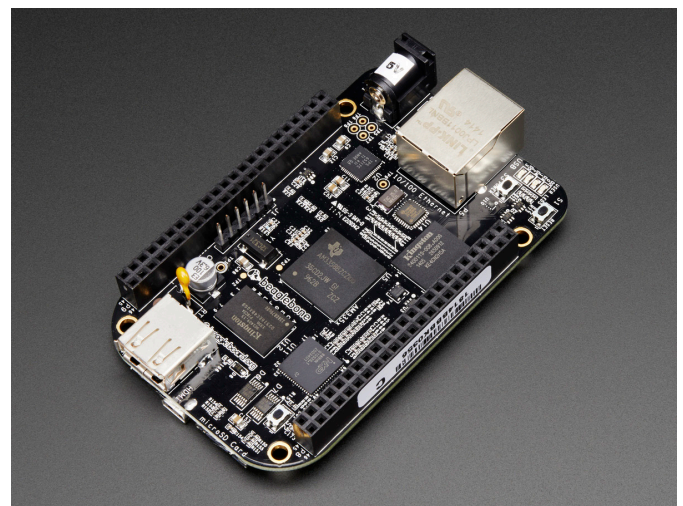
Fotografia 11. Intel Compute Stick

- Intel NUC – miniaturowy komputer oferowany wraz z obudową, choć pojawił się też model w postaci samej płytki (wersja Board). Produkowany w wersjach z procesorami Intel Atom, Celeron, Pentium, a nawet Core i3, i5 i i7. Jest to bardzo potężna platforma, która pod względem parametrów nie ustępuje nowoczesnym komputerom PC. Niedawno zapowiedziano wprowadzenie zaktualizowanej wersji z najnowszymi procesorami Intela.
- Intel Compute Stick – komputer wielkości dużego pendrive'a, zasilany przez USB i dołączany do wyświetlacza przez HDMI; korzysta z procesora Intel Atom Z3735F i ma 1 lub 2 GB pamięci DDR3L oraz układ graficzny Intel HD Graphics. Może pracować pod kontrolą Windows lub Ubuntu.

- Intel Edison – miniaturowy moduł, o rozmiarach zbliżonych do wielkości pojedynczego, zwykłego procesora Intela, a więc niewiele większy od znaczka pocztowego. Pod względem kompatybilności należy go umieścić w tej samej grupie, co Galileo. Również opiera się o procesor Intel Quark. Ma 1 GB pamięci RAM i zintegrowany interfejs Wi-Fi oraz Bluetooth 4.0. Polecany przede wszystkim do wbudowywania w miniaturowe, np. noszone urządzenia, zasilane bateryjnie i komunikujące się bezprzewodowo.

Spośród powyżej opisanych, właściwie tylko Edison i Galileo są przeznaczone do rozbudowy w inny sposób niż poprzez gniazda USB. Niemniej i NUC i Compute Stick są rozpoznawalnymi (nawet bardziej niż Edison i Galileo) platformami do tworzenia własnych projektów.

Jeśli chodzi o popularność, na temat Compute Stick można znaleźć 745 tysięcy stron, a o NUC 624 tysiące. Edison, choć dopiero niedawno się pojawił, opisany został na 442 tysiącach stron, a Galileo na 399 tysiącach. Pod względem liczby zapytań wygrywa NUC (135 tysięcy miesięcznie), a następnie Compute Stick (110 tysięcy), po czym Edison (niemal 50 tysięcy) i Galileo (27100), którego popularność z czasem maleje.



Fotografia 13. BeagleBone Black

### BeagleBoard i BeagleBone

Kolejnym komputerem jednopłytkowym, mocno konkurującym z Raspberry Pi jest BeagleBone, stworzony przez organizację BeagleBoard. W rzeczywistości rodzina tych komputerów obejmuje kilka produktów, które na przestrzeni lat, tj. od 2008 roku, wprowadzono na rynek. Pierwsze z tych komputerów nosiły Miano BeagleBoard i miały wymiary rzędu 75 mm×75 mm. Jak we wszystkich produktach z serii, zainstalowano w nich procesory firmy Texas Instruments. Pierwotny BeagleBoard miał układ OMAP3530 taktowany zegarem 720 MHz. W układzie

scalono zarówno rdzeń Cortex-A8, jak i szybki układ DSP. Słabą stroną płytki była mała ilość pamięci RAM – tylko 128 MB, aż do wersji C, w której zwiększono ją dwukrotnie. Brakowało też interfejsu sieciowego. Następnie na rynek wprowadzono BeagleBoard-xM z procesorem DM3730 taktowanym zegarem 1 GHz. Jednocześnie zwiększono taktowanie wbudowanego DSP oraz zmieniono pamięć RAM na 512 MB DDR2. Przybyło również gniazd USB oraz dodano obsługę Ethernetu.

Komputery BeagleBoard były dosyć duże w porównaniu z produktami konkurencyjnymi, w związku z czym niebawem wprowadzono nieco mniejszy model: BeagleBone. Pod względem parametrów plasował się on pomiędzy pierwszym a drugim BeagleBoard: miał 256 MB pamięci RAM DDR2, jeden port USB i był taktowany zegarem 720 MHz, ale obsługiwał Fast Ethernet. Był jednak pozbawiony jednostki DSP – wyposażono go w procesor AM3358/9. Dwa i pół roku temu został zmodernizowany do postaci BeagleBone Black – najbardziej popularnego obecnie modelu w rodzinie. Podniesiono taktowanie do 1 GHz, dwukrotnie zwiększono pamięć RAM, jednocześnie zwiększając jej prędkość (DDR3), a przy tym udało się zmniejszyć pobór prądu. Obniżono go nawet do 210 mA w trakcie pracy urządzenia.

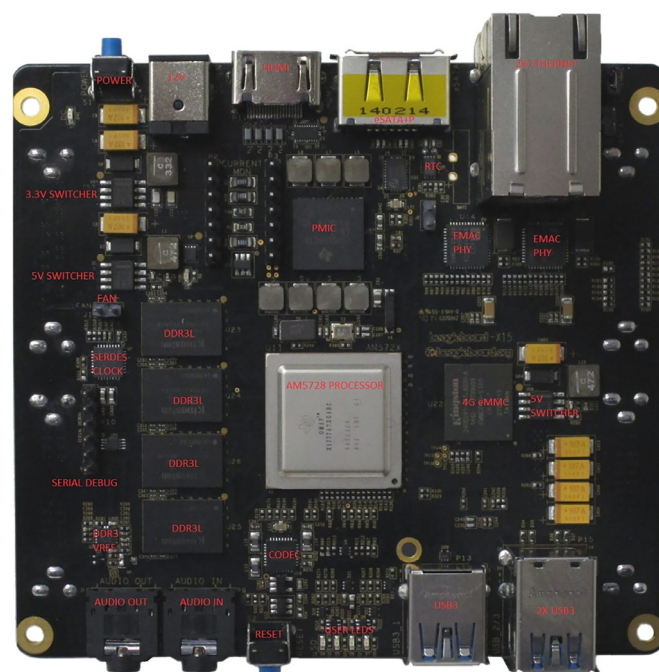
## Co wybrać?

Mnogość dostępnych komputerów jednopłytkowych nie ułatwia wyboru, dlatego prezentujemy nasz subiektywny pogląd na temat tego, który komputer wybrać i w jakiej sytuacji.

- Jeśli lubisz standardy i chcesz odtwarzać powstałe już konstrukcje oraz niechętnie sam rozwiązujesz problemy, ale wolisz znaleźć gotowe rozwiązania, wybierz Raspberry Pi – model z potrzebnymi Ci komponentami.
- Jeśli ważniejszy niż wydajność jest mały pobór mocy i nie boisz się programować bezpośrednio w C – wybierz Arduino.
- Jeśli pobór mocy jest bardzo ważny, ale zdecydowanie wolisz uruchamiać gotowe aplikacje linuksowe – zainteresuj się Onion Omega.
- Jeśli masz doświadczenia z Arduino i chciałbyś wykorzystać swoje dotychczasowe osiągnięcia na tym polu, ale potrzebujesz większej mocy obliczeniowej, sięgnij po pcDuino lub UDOO bądź ewentualnie Intel Galileo.
- Jeśli chcesz zbudować sprzedawane seryjnie urządzenia bezprzewodowe i masz na nie pomysł, który uważasz, że szybko zrealizujesz – zastanów się nad Edisonem Intela.
- Jeśli chciałbyś usprawnić swój dotychczasowy projekt wykonany na Raspberry Pi lub wykonać bardziej zaawansowaną wersję projektu z Internetu, ale nie boisz się ryzyka i samodzielnego poszukiwania rozwiązań, wybierz Banana Pi lub Orange Pi.
- Jeśli Raspberry Pi zupełnie nie spełnia Twoich wymagań, a chciałbyś mieć wsparcie dużego grona inżynierów – pomyśl o produktach z BeagleBoard.
- Jeśli chcesz realizować projekt androidowy – być może najlepszymi rozwiązaniami okażą się ODDROID lub RloTboard.
- Jeśli potrzebujesz sprzętu w eleganckiej obudowie – praktycznie gotowego, małego komputera, obejrzyj CuBox lub drugą generację Compulab Utilite.
- Jeśli czujesz potrzebę być w awangardzie inżynierskiej i zajmować się tematami, o których mógłbyś opowiadać kolegom, wymyśl projekt z użyciem New Thing C.H.I.P. lub tym bardziej Pine64.
- Jeśli potrzebujesz komputera do poważniejszych zastosowań, od których zależy jakiegokolwiek bezpieczeństwo, przeczytaj artykuł o komputerach przemysłowych, który opublikujemy w lutym wydaniu EP.
- Jeśli którykolwiek z omawianych komputerów przypadł Ci wyjątkowo do gustu – poczytaj więcej na jego temat – może to właśnie dzięki niemu stworzysz nowy, innowacyjny projekt.

Duże szanse na sukces na rynku może mieć najnowsza edycja BeagleBoarda-X15. Teoretycznie powinna być już dostępna w sprzedaży, ale wygląda na to, że projekt się opóźnia. Płytkę wyposażono w procesor Sitara AM5728, w którym są dwa rdzenie Cortex-A15 i dwa Cortex-M4 oraz dwurdzeniowy DSP. Cortex-A15 taktowane są zegarem 1,5 GHz, a całość wspiera 2 GB pamięci RAM DDR3L. Znalazło się też miejsce na trzy porty USB 3.0, cztery pełne USB 2.0 oraz dwa gigabitowe interfejsy ethernetowe. To wszystko spowodowało jednak, że konieczne było zwiększenie wymiarów płytki do 107 mm × 102 mm i podwyższenie napięcia zasilania do 12 V. Warto też wspomnieć o zapowiadanej dostępności interfejsu eSATA.

BeagleBoard-X15 będzie komputerem o wydajności znacznie przekraczającej moc obliczeniową wielu komputerów jednopłytkowych. Biorąc pod uwagę popularność platformy BeagleBoard, miałby on szansę na stworzenie własnej niszy, wydajnych, miniaturowych komputerów z wbudowanym układem DSP. Niestety, projekt nie tylko jest opóźniony, ale też jego sugerowana cena detaliczna jest zbyt duża. Już sam BeagleBone Black nie jest bardzo tani, bo kosztuje 40 funtów, a BeagleBoard-X15 ma kosztować 240 dolarów. Do tego zupełnie nowy



Fotografia 14. Zapowiedziana BeagleBoard-X15

rozmiar płytki sprawia, że nie wszystkie komponenty wykonane dla pozostałych produktów z serii BeagleBoard czy tzw. BeagleBone Capes będą pasowały. I choć wszystkie projekty komputerów (w tym właśnie X15) można bezpłatnie pobrać z Internetu, duża liczba zastosowanych drogich komponentów oraz wysoka cena sumaryczna mogą zniechęcić użytkowników. Bardziej prawdopodobne wydaje się, że projektanci sięgną po Raspberry Pi Zero za 5 dolarów i zrobią w oparciu o nie 5 nowych, małych, innowacyjnych projektów, niż nabędą BeagleBoard-X15 za 240 dolarów i zrobią jeden duży projekt. Choć niewątpliwie obszar zastosowań nowego BeagleBoarda jest zupełnie inny niż jakiegokolwiek RPi, ale pojawia się pytanie, czy aplikacje związane z szybkim przetwarzaniem sygnałów, to nie jest raczej domena komputerów przemysłowych, a więc produktów innej klasy, których X15 przecież nie zastąpi.

Komputery BeagleBoard i BeagleBone mogą pracować pod systemami Debian i Ubuntu, a ponadto w zależności od wersji, także na Androidzie, Gentoo i z Cloud9, zainstalowanym na Node.js.

Popularność produktów BeagleBoard wypada najlepiej, gdy wyszukuje się hasło BeagleBone (736 tysięcy stron). Hasło BeagleBoard znaleźć można około 400 tysięcy razy i raczej nie należy sumować ze sobą tych wyników.



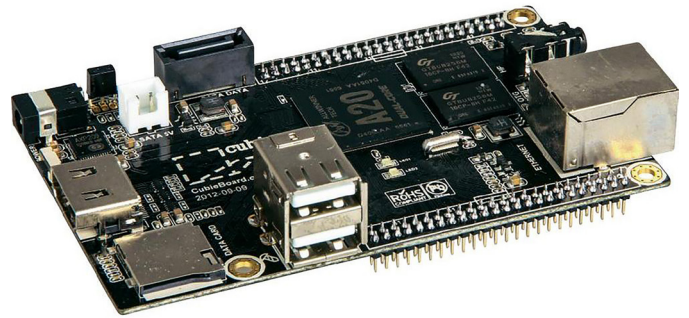
Fotografia 15. Banana Pi M1

### Banana Pi

Kolejnym komputerem, który chciał zdobyć rynek bazując na nadspodziewanie dużej popularności Raspberry Pi jest Banana Pi. Firma Foxconn opracowała ten komputer właściwie jako nieco zmodyfikowany klon Raspberry Pi. Może pracować pod kontrolą m.in. Debiana, Ubuntu, Androida, NetBSD, a nawet Raspbiana. Osoba, która widziała Raspberry Pi jakiś czas temu lub tylko na zdjęciach mogłaby pomylić jeden produkt z drugim, pomimo że Banana Pi jest nieco większy (92 mm×60 mm) i ma inaczej rozmieszczone wyprowadzenia. Pierwotna wersja (M1) jest nieco szybsza niż typowe Raspberry Pi. Zastosowano CPU Allwinner A20 z dwoma rdzeniami Cortex-A7 i aż 1 GB pamięci RAM. Do tego dodano gigabitowy Ethernet, przy czym pod względem wyprowadzeń GPIO zachowano kompatybilność z Raspberry Pi. Ciekawostką jest też wbudowany odbiornik podczerwieni. W efekcie, choć nie wszystkie akcesoria do Raspberry Pi będą dobrze pasowały, w uogólnieniu Banana Pi może z nimi współpracować bez większych przeróbek. Powstała też wersja Banana Pi – M1+, o innym rozmieszczeniu wyprowadzeń i z opcjonalnym Wi-Fi, ale o niemal identycznych parametrach. W wersji M2 zwiększono wydajność instalując 4-rdzeniowy układ Allwinner A31s i mocniejszy układ graficzny oraz – co ważne – wbudowano układ Wi-Fi (AP6181). Jakby tego było mało, dostępny jest też 8-rdzeniowy model M3 z procesorem Allwinner A83T i 2 GB pamięci RAM DDR3, interfejsem Bluetooth 4.0 i układem Wi-Fi (AP6212).

Pewien problem może stanowić zakup komputera, gdyż nie jest on tak powszechnie dostępny. Pierwotna wersja kosztuje w Polsce około 180 złotych brutto, co i tak jest bardzo dobrą ceną po uwzględnieniu kursu dolara, VATu, cła, transportu i marży sprzedawcy, gdyż w USA trzeba za Banana Pi – M1 zapłacić 39 USD. Model M1+ można kupić za około 230 zł, a M2 za 270 zł. Potężny M3 to koszt rzędu 400 zł.

Popularność Banana Pi wynika prawdopodobnie bezpośrednio z popularności Raspberry Pi. Niemal 550 tysięcy stron internetowych na ten temat oraz średnio 74 tysiące wyszukiwani miesięcznie (prawie 3 razy tyle, co BeagleBone) spowodowane są zapewne problemem małej wydajności RPi, dla którego inżynierowie poszukują zamienników kompatybilnych pod praktycznie każdym względem, ale szybszych. Banana Pi składa właśnie tego typu obietnicę, a jeśli któreś popularne moduły do Raspberry Pi niedokładnie pasują lub da się na nich dodatkowo zarobić, twórcy Banana Pi przygotowali ich własne wersje. To, co jednak rzuca się w oczy osobom poszukującym informacji na temat Banana Pi, to słaby marketing, który może i jest uzasadniony, jeśli brać pod uwagę, to, że produkt ma się sam reklamować, jako przyspieszone Raspberry Pi. Problemem może być też fakt, że istnieją spory odnośnie praw własności do nazwy Banana Pi, co tym bardziej utrudnia promowanie tych komputerów. W efekcie,



Fotografia 16. Cubieboard 2

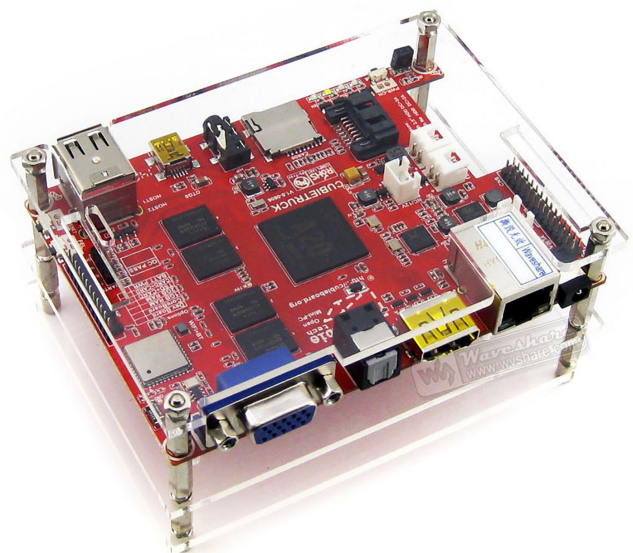
nabywając Banana Pi użytkownik nie może mieć pewności, czykolwiek pomoże mu w rozwiązaniu jego ewentualnych problemów i czy obrazy dysków udostępnione przez producenta będą działały dokładnie tak, jak powinny. Prawdopodobnie, wszelkich porad na temat Banana Pi, użytkownik tego komputera będzie musiał szukać w społeczności Raspberry Pi.

### Cubieboard

Kolejną chińską produkcją, opartą na procesorach firmy Allwinner jest Cubieboard. Jego pierwotna wersja przypominała Raspberry Pi, ale zawierała układ A10, taktowany zegarem 1 GHz i 1 GB pamięci RAM DDR3. W praktyce, wraz z kontrolerem Fast Ethernet stanowiła coś pomiędzy Banana Pi, a Raspberry Pi z tym, że miała dodatkowo 1 port SATA i 96 pinów interfejsu rozszerzeń. Druga wersja: Cubieboard2 miała już procesor A20, a więc taki jak w pierwotnym Banana Pi, co pozwoliło nie tylko zwiększyć moc obliczeniową, ale też znacznie podnieść wydajność graficzną. Dodatkowo, płytką ta ma 2 gniazda kart microSD.

Przygotowując trzecią wersję Cubieboard twórcy poszli w inną stronę – zamiast podnosić wydajność, zastosowali ten sam procesor z tym, że współpracujący z 2 GB pamięci RAM oraz z gigabitowym kontrolerem ethernetowym. Wbudowano też układ Wi-Fi/Bluetooth (Broadcom), ale zabiegi te wymusiły zwiększenie wymiarów płytki do 11 cm×8 cm. Zwiększone gabaryty sprawiły, że płytkę przemianowano na Cubietruck.

W najnowszym Cubieboard 4 zastosowano procesor Allwinner A80 z 4 rdzeniami Cortex-A15 i 4 Cortex-A17, co pozwala korzystać z architektury big.LITTLE. Wzmocniono też układ graficzny (PowerVR G6230), co pozwoliło na obsługę rozdzielczości 4K. Zastosowano także interfejs USB 3.0.



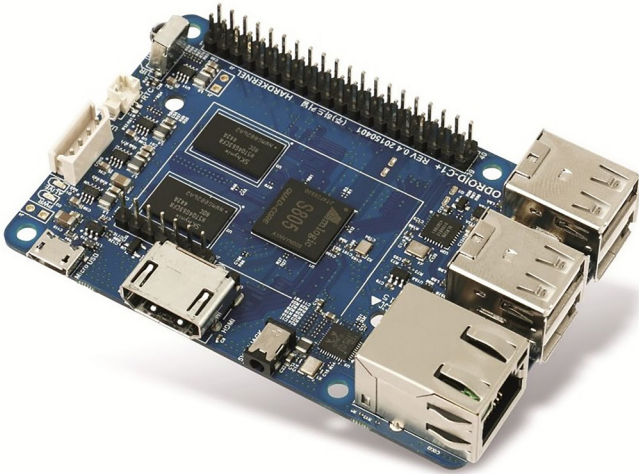
Fotografia 17. Cubieboard 3 Cubietruck

## WYBÓR KONSTRUKTORA

Tabela 1. Podstawowe parametry wybranych komputerów jednopłytkowych

Komputer	Procesor	Rdzenie			Ilość pamięci RAM
		Architektura	Liczba	Zegar	
Arduino Uno	Atmel ATmega328P	AVR	1	16 MHz	2 KB
Banana Pi	Allwinner A20	ARM Cortex-A7	2	1 GHz	1 GB
Banana Pro	Allwinner A20	ARM Cortex-A7	2	1 GHz	1 GB
Banana Pi M2	Allwinner A31s	ARM-Cortex-A7	4	1 GHz	1 GB
Banana Pi M3	Allwinner A83T	ARM-Cortex-A7	8	1,8 GHz	2 GB
BeagleBoard	TI OMAP3530	ARM Cortex-A8	1	720 MHz	256 MB
BeagleBoard-xM	TI Sitara AM37x	ARM Cortex-A8	1	1 GHz	512 MB
BeagleBone	TI Sitara AM335x	ARM Cortex-A8	1	720 MHz	256 MB
BeagleBone Black	TI Sitara AM335x	ARM Cortex-A8	1	1 GHz	512 MB
Cubieboard	Allwinner A10	ARM Cortex-A8	1	1 GHz	1 GB
Cubieboard 2	Allwinner A20	ARM Cortex-A7	2	1 GHz	1 GB
Cubieboard 3	Allwinner A20	ARM Cortex-A7	2	1 GHz	2 GB
Cubieboard 4 / CC-A80	Allwinner A80	ARM Cortex-A15x4/ARM Cortex-A7x4	8	1,3 GHz	2 GB
Cubox-i2	Freescale i.MX6 Dual Lite	ARM Cortex-A9	2	1 GHz	1 GB
Cubox-i2eX	Freescale i.MX6 Dual	ARM Cortex-A9	2	1 GHz	1 GB
Cubox-i4Pro	Freescale i.MX6 Quad	ARM Cortex-A9	4	1 GHz	2 GB
Gizmo Board	AMD Embedded G-Series T40E APU	x86-64 Bobcat	2	1 GHz	1 GB
HummingBoard i1	Freescale i.MX6 Solo	ARM Cortex-A9	1	1 GHz	512 MB
HummingBoard i2	Freescale i.MX6 Dual Lite	ARM Cortex-A9	2	1 GHz	1 GB
HummingBoard i2eX	Freescale i.MX6 Dual	ARM Cortex-A9	2	1 GHz	1 GB
Intel Galileo Gen 2	Intel Quark SoC X1000	x86 Quark	1	400 MHz	256 MB
Intel NUC Board	Intel Atom	x86-64	1	zależnie od wersji	1 gniazdo SO-DIMM
MinnowBoard	Intel Atom E640	x86 Bonnell	1	1 GHz	1 GB
Orange Pi	Allwinner A20	ARM Cortex-A7	2	b,d	1 GB
Orange Pi Mini	Allwinner A20	ARM Cortex-A7	2	b,d	1 GB
Orange Pi 2	Allwinner H3	ARM Cortex-A7	4	1,6 GHz	1 GB
Orange Pi Mini 2	Allwinner H3	ARM Cortex-A7	4	1,6 GHz	1 GB
Orange Pi PC	Allwinner H3	ARM Cortex-A7	4	1,6 GHz	1 GB
Orange Pi Plus	Allwinner H3	ARM Cortex-A7	4	1,6 GHz	1 GB
Orange Pi Plus 2	Allwinner H3	ARM Cortex-A7	4	1,6 GHz	2 GB
ODROID-C1	Amlogic S805	ARM Cortex-A5	4	1,5 GHz	1 GB
ODROID-U3	Samsung Exynos 4 Quad	ARM Cortex-A9	4	1,7 GHz	2 GB
ODROID-W	Broadcom BCM2835	ARM11	1	700 MHz	512 MB
ODROID-XU	Samsung Exynos 5 Octa (5410)	ARM Cortex-A15 + ARM Cortex-A7	8 (4 + 4)	1,7 GHz i 1,2 GHz	2 GB
ODROID-XU3	Samsung Exynos 5 Octa (5422)	ARM Cortex-A15 + ARM Cortex-A7	8 (4 + 4)	2 GHz i 1,4 GHz	2 GB
ODROID-XU4	Samsung Exynos 5 Octa (5422)	ARM Cortex-A15 + ARM Cortex-A7	8 (4 + 4)	2 GHz i 1,4 GHz	2 GB
ODROID-XU3 Lite	Samsung Exynos 5 Octa (5422)	ARM Cortex-A15 + ARM Cortex-A7	8 (4 + 4)	1,8 GHz i 1,3 GHz	2 GB
PandaBoard ES	TI OMAP4460	ARM Cortex-A9	2	1,2 GHz	1 GB
pcDuino Lite	Allwinner A10	ARM Cortex-A8	1	1 GHz	512 MB
pcDuino v2	Allwinner A10	ARM Cortex-A8	1	1 GHz	1 GB
pcDuino3	Allwinner A20	ARM Cortex-A7	2	1 GHz	1 GB
pcDuino3Nano	Allwinner A20	ARM Cortex-A7	2	1 GHz	1 GB
Radxa Rock	Rockchip RK3188	ARM Cortex-A9	4	1,6 GHz	2 GB
Radxa Rock Lite	Rockchip RK3188	ARM Cortex-A9	4	1,6 GHz	1 GB
Raspberry Pi Model A / B rev 1	Broadcom BCM2835	ARM11	1	700 MHz	256 MB
Raspberry Pi Model B rev 2 / B+	Broadcom BCM2835	ARM11	1	700 MHz	512 MB
Raspberry Pi 2 Model B	Broadcom BCM2836	ARM Cortex-A7	4	900 MHz	1 GB
Raspberry Pi Zero	Broadcom BCM2835	ARM11	1	1 GHz	512 MB
RloTboard	Freescale i.MX6 Solo	ARM Cortex-A9	1	1 GHz	1 GB
UDOO Dual Basic	Freescale i.MX6 Dual Lite + Atmel SAM3X8E	ARM Cortex-A9 + ARM Cortex-M3	3 (2 + 1)	1 GHz i 84 Hz	1 GB
UDOO Dual	Freescale i.MX6 Dual Lite + Atmel SAM3X8E	ARM Cortex-A9 + ARM Cortex-M3	3 (2 + 1)	1 GHz i 84 Hz	1 GB
UDOO Quad	Freescale i.MX6 Quad + Atmel SAM3X8E	ARM Cortex-A9 + ARM Cortex-M3	5 (4 + 1)	1 GHz i 84 Hz	1 GB
Utilite Pro	Freescale i.MX6 Quad	ARM Cortex-A9	4	1,2 GHz	2 GB
Utilite Standard	Freescale i.MX6 Dual	ARM Cortex-A9	2	1 GHz	2 GB
Utilite Value	Freescale i.MX6 Solo	ARM Cortex-A9	1	1 GHz	512 MB





Fotografia 18. ODROID C1+

Cubieboard może pracować pod kontrolą systemów Fedora, Android, Ubuntu i OpenBSD. Korzystanie z tego komputera wiąże się jednak z pewną trudnością, ze względu na ograniczoną ilość dokumentacji w języku angielskim, a tym bardziej w innym, chyba że chińskim. W efekcie, choć znaleźć można pół miliona stron internetowych na temat Cubieboard, miesięcznie jedynie 18 tysięcy osób szuka takich informacji. Sam koszt komputera nie jest mały, ale w przypadku najnowszej wersji wydaje się uzasadniony. Pierwszy i drugi Cubieboard można nabyć za około 340 zł brutto. Cubietruck i Cubieboard 4 kosztuje już 550-600 zł.

## ODROID

Dosyć płodną firmą jest koreańska Hardkernel, która stworzyła markę Odroid. Komputery z tej serii mają z założenia przede wszystkim pracować pod kontrolą systemu Android, a do tego ich projekty być dostępne bezpłatnie. O ile w praktyce rzeczywiście każdy z nich może pracować z Androidem, to wspierane są też systemy Ubuntu i ArchLinux, w zależności od wersji, a projekty są otwarte, choć nie w całości.

Wszystkich wersji Odroid'ów oraz akcesoriów do nich, produkowanych przez Hardkernel jest bardzo dużo. Pierwsze projekty dla mikrokomputerów Odroid pojawiły się pod koniec 2009 roku i od tego czasu producent tworzył coraz to nowsze rozwiązania. Podstawą większości komputerów Odroid są procesory Samsunga: początkowo S5PC100, a następnie kolejne Exynosy: 4412, 5410 i 5422. W ofercie

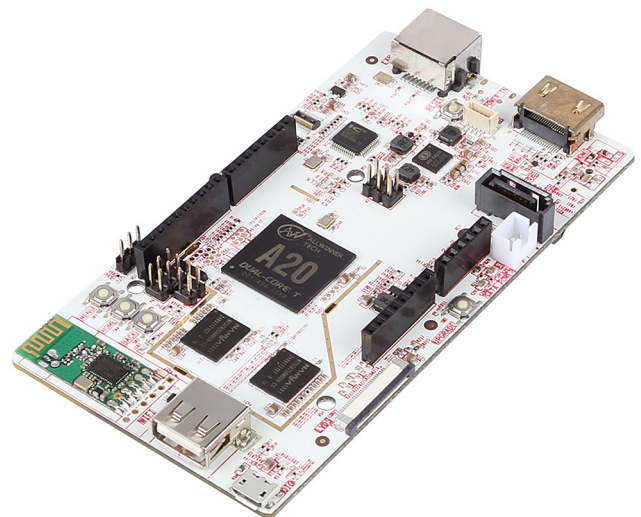


Fotografia 19. ODROID XU4

przez pewien czas dostępny był też model Odroid-W, które teoretycznie miało pozwalać tworzyć urządzenia noszone i było wyposażone w procesor Broadcom BCM2835, ale wycofano go z produkcji. Wciąż można jednak kupić model C1 lub C1+, w których wyjątkowo zastosowano procesory amerykańskiej firmy Amlogic (S805). Większość płytek jest wyposażona w 2 GB pamięci RAM. Nowsze modele mają też gigabitowy Ethernet w miejsce 100-megabitowego. Co ważne, praktycznie wszystkie z omawianych produktów mają małe wymiary: najnowszy, XU4, 83 mm × 59 mm × 18 mm. W Polsce model ten można kupić za około 500 zł brutto.

Fakt, że markę Odroid stworzyła nie chińska, ale koreańska firma działa zbawiennie na dostępność dokumentacji oraz pomocy ze strony producenta. Choć na temat Odroida można znaleźć „tylko” 472 tysiące stron, a miesięcznie informacji szuka 40 tysięcy osób, zasoby udostępniane przez producenta są dosyć dobrze zorganizowane i kompletne. Prawdopodobnie pozytywny wpływ ma też fakt, że producent wypuszczając ogromną liczbę modułów do Odroida dużo na nich zarabia, bo praktycznie zmonopolizował obsługę tej platformy. I choć Cubieboard czy Banana Pi mają więcej rozgłosu w sieci, wydaje się że w przypadku doniesień na temat Odroida będzie większy odsetek przykładów pomyślnie wykonanych rozwiązań, podczas gdy dla Cubieboard, więcej może być stron, na których użytkownicy poszukiwali lub udzielali pomocy.

Interesujące mogą być również same przykłady aplikacji, podawane przez producenta, które pokazują, że Odroid jest w stanie sprawnie pracować w realnych, zaawansowanych aplikacjach.



Fotografia 20. pcDuino

## pcDuino

Nie tylko Intel miał pomysł by stworzyć miniaturowy komputer z systemem operacyjnym, który byłby kompatybilny z Arduino. Z popularności Arduino skorzystali też twórcy pcDuino – małych komputerków z procesorem Allwinner A10, pracujących pod kontrolą systemów Linux (Lbuntu) i Android. Jak dotąd wykonano 5 modeli pcDuino. Ich jednostki centralne są taktowane zegarem 1 GHz, przy czym w modelu pcDuino3 zamiast A10 zastosowano układ A20 z dwoma rdzeniami Cortex-A7. Pamięć operacyjna mieści 256 MB w wersji Lite WiFi, 512 MB w wersji Lite i po 1 GB w wersjach v1, v2 i v3. Standardowo wyświetlacz jest dołączany przez HDMI. Wszystkie modele – za wyjątkiem Lite WiFi – mają zintegrowany interfejs Fast Ethernet. Modele Lite WiFi oraz V2 i V3 mają też zintegrowane interfejsy Wi-Fi. Ponadto, model Lite WiFi nie obsługuje Androida. W ostatnim czasie wprowadzono także dodatkowe modyfikacje modelu v3: 3B i 3 Nano, wyposażone w gigabitowy interfejs ethernetowy, przy czym ostatnią pozbawiono układu Wi-Fi.

Ciekawostką są nieco wyróżniające się od pozostałych modele STB. Pierwszy: pcDuino4 STB jest oferowany w zestawie i został

## WYBÓR KONSTRUKTORA

Tabela 2. Interfejsy wybranych komputerów jednopłytkowych

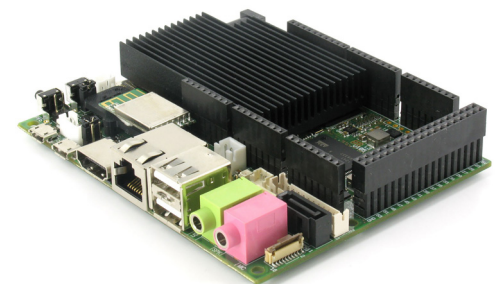
Komputer	USB			Pamięć trwała			
	USB 2.0 Host	USB 3.0 Host	USB Device	Wbudowana	Złącza kart pamięci	Interfejsy SATA	Ethernet
Arduino Uno	brak	brak	brak	32 KB Flash + 1 KB EEPROM	brak	brak	brak
Banana Pi	2	brak	OTG	brak	SD	SATA 2.0	GbE
Banana Pi M2	2	brak	OTG	brak	microSD	brak	GbE
Banana Pi M3	2	brak	OTG	brak	microSD	SATA 2.0	GbE
BeagleBoard	1	brak	OTG	512 MB Flash	SD	brak	brak
BeagleBoard-xM	4	brak	jest	b.d.	SD	brak	10/100
BeagleBone	1	brak	Device	4 GB Flash	microSD	brak	10/100
BeagleBone Black	1	brak	Device	4 GB eMMC	microSD	brak	10/100
Cubieboard, Cubieboard 2	2	brak	OTG	4 GB Flash	microSD	SATA 2.0	10/100
Cubieboard 3	3	brak	OTG	8 GB Flash	microSD	SATA 2.0	GbE
CuBox-i2	2	brak	brak	brak	microSD	brak	10/100
CuBox-i2eX	2	brak	RS-232	brak	microSD	eSATA 2.0	GbE
CuBox-i4Pro	2	brak	RS-232	brak	microSD	eSATA 2.0	GbE
Gizmo Board	2	brak	brak	brak	brak	jest	GbE
HummingBoard-i1/2	2	brak	b.d.	brak	microSD	brak	10/100
HummingBoard-i2eX	2	brak	b.d.	brak	microSD	mSATA	GbE
Intel Galileo Gen 2	1	brak	Client	8 MB Flash + 8 KB EEPROM	SD	brak	10/100
MinnowBoard	2	brak	Device	brak	microSD	jest	GbE
ODROID-C1	4	brak	OTG	opcjonalny moduł eMMC	microSD	brak	GbE
ODROID-C1+	4	brak	OTG	opcjonalny moduł eMMC	microSD	brak	GbE
ODROID-U3	3	brak	OTG	opcjonalny moduł eMMC	microSD	b.d.	10/100
ODROID-W	na padach	brak	b.d.	opcjonalny moduł eMMC	microSD	brak	brak
ODROID-XU3	4	1	OTG 3.0	opcjonalny moduł eMMC	microSD	brak	10/100
ODROID-XU3 Lite	4	1	OTG 3.0	opcjonalny moduł eMMC	microSD	brak	10/100
ODROID-XU4	4	1	OTG 3.0	opcjonalny moduł eMMC	microSD	brak	GbE
Orange Pi	4	brak	OTG	brak	microSD	SATA 2.0	GbE
Orange Pi Mini	2	brak	OTG	brak	2 microSD	SATA 2.0	GbE
Orange Pi 2	4	brak	OTG	brak	microSD	brak	10/100
Orange Pi Mini 2	4	brak	OTG	brak	microSD	brak	10/100
Orange Pi PC	3	brak	OTG	brak	microSD	brak	10/100
Orange Pi Plus	4	brak	OTG	8 GB Flash	microSD	SATA 2.0	GbE
Orange Pi Plus 2	4	brak	OTG	8 GB Flash	microSD	SATA 2.0	GbE
PandaBoard ES	2	brak	OTG	brak	SDHC	brak	10/100
pcDuino Lite	2	brak	OTG	brak	microSD	brak	10/100
pcDuino v2	1	brak	OTG	4 GB Flash	microSD	brak	10/100
pcDuino3	1	brak	OTG	4 GB Flash	microSD	jest	10/100
pcDuino3Nano	2	brak	OTG	4 GB Flash	microSD	jest	GbE
Radxa Rock	2	brak	OTG	8 GB Flash	microSD	brak	10/100
Radxa Rock Lite	2	brak	OTG	4 GB Flash	microSD	brak	10/100
Raspberry Pi Model A	1	brak	b.d.	brak	SD	brak	brak
Raspberry Pi Model B	2	brak	b.d.	brak	SD	brak	10/100
Raspberry Pi Model B+	4	brak	b.d.	brak	microSD	brak	10/100
Raspberry Pi 2 Model B	4	brak	b.d.	brak	microSD	brak	10/100
Raspberry Pi Zero	1	brak	b.d.	brak	microSD	brak	brak
RIoTboard	4	brak	OTG	4 GB Flash	microSD and SD	brak	GbE
UDOO Dual Basic	2+1	brak	OTG	brak	microSD	brak	brak
UDOO Dual	2+1	brak	OTG	brak	microSD	brak	GbE
UDOO Quad	2+1	brak	OTG	brak	microSD	SATA	GbE
Utilite Pro	4	brak	OTG	32 GB mSATA	microSD	mSATA	2 GbE
Utilite Standard	4	brak	OTG	8 GB microSD	microSD	mSATA	2 GbE
Utilite Value	4	brak	OTG	4 GB microSD	microSD	mSATA	GbE

Interfejsy komunikacyjne						
Wi-Fi	Bluetooth	I <sup>2</sup> C	SPI	GPIO	Analogowe	
brak	brak	jest	jest	22	10-bit ADC, PWM	
brak	brak	jest	jest	80	12-Bit-ADC	
a/b/g/n	brak	jest	jest	40	12-Bit-ADC	
a/b/g/n	4.0	jest	jest	40	12-Bit-ADC	
brak	brak	b.d.	b.d.	jest	brak	
brak	brak	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	
brak	brak	jest	jest	66	12-bit ADC	
brak	brak	jest	jest	66	12-bit ADC	
brak	brak	jest	jest	jest	brak	
a/b/g/n	2.1 + EDR	jest	jest	jest	b.d.	
opcjonalnie	opcjonalnie	brak	brak	b.d.	brak	
opcjonalnie	opcjonalnie	brak	brak	b.d.	brak	
b/g/n	2.1 + EDR	brak	brak	b.d.	brak	
brak	brak	brak	jest	b.d.	ADC, DAC	
brak	brak	jest	jest	8	brak	
brak	brak	jest	jest	8	brak	
brak	brak	jest	jest	20	12-bit ADC, 6 PWM	
brak	brak	brak	brak	14	brak	
brak	brak	jest	jest	32	dwa 12-bit ADC, PWM	
brak	brak	jest	jest	32	dwa 12-bit ADC, PWM	
brak	brak	jest	brak	jest	brak	
brak	brak	jest	jest	32	dwa 12-bit ADC, PWM	
brak	brak	jest	jest	jest	ADC	
brak	brak	jest	jest	jest	ADC	
brak	brak	jest	jest	jest	ADC	
brak	brak	jest	jest	jest	ADC	
b/g/n	b.d.	jest	jest	jest	ADC, PWM	
b/g/n	b.d.	jest	jest	jest	ADC, PWM	
b/g/n	b.d.	jest	jest	jest	b.d.	
brak	b.d.	jest	jest	jest	b.d.	
brak	b.d.	jest	jest	jest	b.d.	
b/g/n	b.d.	jest	jest	jest	b.d.	
b/g/n	b.d.	jest	jest	jest	b.d.	
b/g/n	2.1 + EDR	jest	brak	jest	brak	
brak	brak	jest	jest	22	ADC, PWM	
b/g/n	brak	jest	jest	22	ADC, PWM	
b/g/n	brak	jest	jest	22	ADC, PWM	
brak	brak	jest	jest	22	ADC, PWM	
b/g/n	4.0	jest	jest	80	ADC, PWM	
b/g/n	brak	jest	jest	80	ADC, PWM	
brak	brak	jest	jest	8	brak	
brak	brak	jest	jest	8	brak	
brak	brak	jest	jest	17	brak	
brak	brak	jest	jest	17	brak	
brak	brak	jest	jest	17	brak	
brak	brak	jest	jest	10	PWM	
brak	brak	jest	jest	76	10-bit ADC, PWM	
n	brak	jest	jest	76	10-bit ADC, PWM	
n	brak	jest	jest	76	10-bit ADC, PWM	
b/g/n	3.0	brak	brak	brak	brak	
b/g/n	3.0	brak	brak	brak	brak	
brak	brak	brak	brak	brak	brak	

wyposażony w układ Allwinner H3 z czterema rdzeniami Cortex-A7, 1 GB pamięci RAM DDR3, dwa interfejsy sieciowe (bezprzewodowy i Fast Ethernet) oraz może pracować pod kontrolą systemu Android. Drugi – pcDuino8, zawiera procesor Allwinner H8 z 8 rdzeniami Cortex-A7, taktowanymi zegarem 2 GHz. Ten ostatni jest też oferowany w wersji pcDuino8 UNO.

Opracowano też model pcDuino Acadia, w którym zastosowano odmienny procesor: Freescale i.MX6, czyli z 4 rdzeniami Cortex-A9, taktowany zegarem 1,2 GHz.

Do komputerów pcDuino można pobrać kompletne schematy. Ceny sprzętu sięgają od około 30 dolarów do ok. 120 dolarów za model Acadia. Dostępne jest też kilka specjalizowanych modułów dodatkowych, przy czym można korzystać z modułów do Arduino. Na temat pcDuino można znaleźć relatywnie dużo stron w Internecie: około 469 tysięcy, ale zainteresowanie wśród użytkowników jest malejące, bo ogranicza się jedynie do 12100 zapytań miesięcznie.

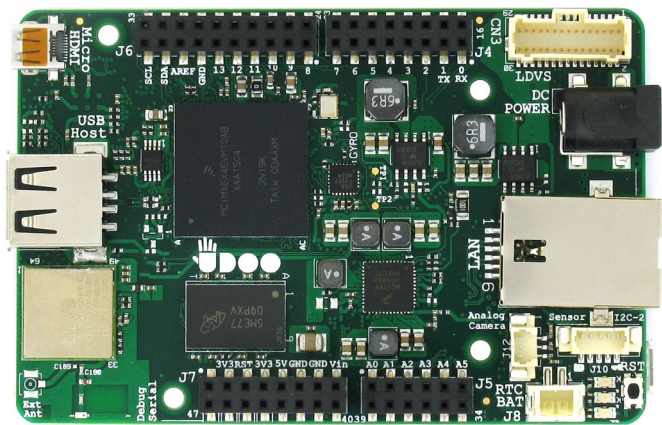


Fotografia 21. UDOO QUAD

### UDOO

Taką samą średnią liczbą zapytań w 2015 roku cechuje platformę Udoo, choć stron na jej temat jest nieco mniej niż w przypadku pcDuino, bo 437 tysięcy. Co ciekawe, Udoo powstała jako pomyślnie przeprowadzona kampania na Kickstarterze. To o tyle dobrze, że informacje na jej temat są udostępnione w znacznie bardziej przystępny sposób, niż w przypadku produktów typowo chińskich. Udoo jest z założenia kompatybilne z Arduino Duo, a jednocześnie – w podstawowej wersji Udoo Dual, około 4 razy szybsze niż Raspberry Pi.

Dzięki wielkiemu sukcesowi kampanii na Kickstarterze, w której ramach cel w wysokości 27 tysięcy dolarów zebrano w 40 godzin, a łącznie osiągnięto kwotę ponad 641 tysięcy USD, jak właściwie wszystkie kickstarterowe produkty – jest dobrze rozreklamowane, a więc i może być drogie. Udoo Dual kosztuje 115 dolarów, wersja Duo Basic 99 USD, a najmocniejsza: Udoo Quad – 135 dolarów, co w naszych warunkach przekłada się na około 870 zł brutto. Twórcy Udoo spostreżli się, że w dobie malejących cen, trudno im dobrze konkurować samymi produktami serii Dual i Quad i wprowadzili



Fotografia 22. UDOO NEO

wersję Neo w odmianach Basic, Extended i Full, w cenach rzędu, odpowiednio, 50, 60 i 65 dolarów.

Nowsze modele różnią się od droższych przede wszystkim rozmiarem, ale i procesorem. We wszystkich odmianach zastosowano układy Freescale, ale w Dual są to modele i.MXQuad, a w Neo znaleźć można i.MX 6SoloX z wbudowanymi rdzeniami Cortex-A9 i Cortex-M4. Modele Dual i Quad mają też lepszy układ graficzny (Vivante), 76 GPIO, Wi-Fi (za wyjątkiem wersji Basic) oraz gigabitowy Ethernet i obsługę SATA w wersji Quad. Neo obsługują 54 GPIO, mają zintegrowany układ Wi-Fi/Bluetooth (za wyjątkiem Basic) i interfejs



Fotografia 23. CuBox

sieciowy (za wyjątkiem wersji Extended). Twórcy przygotowali także kilka specjalizowanych akcesoriów w postaci zestawów czujnikowych, narzędzi do debugowania, wyświetlaczy, kamery itp.

### CuBox

Nieco inne podejście do komputerów jednopłytkowych zaprezentowali izraelscy inżynierowie z firmy SolidRun, którzy opracowali netopy CuBox. Są to niewielkie komputery oferowane w sześciokątnej obudowie. W ich pierwotnej wersji zastosowano procesory Marvell Armada 510 z rdzeniami ARMv7. Następnie pojawiły się kolejne

Tabela 3. Złącza audio/video wybranych komputerów jednopłytkowych

Komputer	Audio		HDMI	Wideo	
	Mikrofonowe	Wyjście		LVDS	Inne
Arduino Uno	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Banana Pi	na padach	jest	jest	jest	kompozytowe
BeagleBoard	jest	jest	jest	brak	brak
BeagleBoard-xM	jest	jest	jest	brak	DVI-D, S-Video
BeagleBone	brak	brak	brak	brak	brak
BeagleBone Black	brak	HDMI	Micro HDMI	brak	brak
Cubieboard 3	na pinach	3,5 mm, HDMI, S/PDIF	jest	brak	VGA
Cubieboard, Cubieboard 2	brak	3,5 mm, HDMI	jest	na pinach	na pinach
CuBox-i	brak	Optical S/PDIF	jest	brak	brak
Gizmo Board	jest	jest	brak	na pinach	VGA
HummingBoard-i1/2	brak	3,5mm jack, S/PDIF	jest	do LCD na pinach	brak
HummingBoard-i2eX	jest	3,5mm jack, S/PDIF	jest	do LCD na pinach	brak
Intel Galileo Gen 2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Intel NUC Board	3,5 mm	3,5 mm	jest	do LCD na pinach	VGA na pinach
MinnowBoard	jest	jest	jest	brak	brak
ODROID-C1	brak	HDMI	jest	brak	brak
ODROID-C1+	brak	HDMI, I2S	jest	brak	brak
ODROID-U3	3,5 mm	3,5 mm, HDMI	jest	brak	brak
ODROID-W	brak	brak	jest	brak	kompozytowe na padach
ODROID-XU3 Lite	brak	3,5 mm, HDMI	jest	brak	brak
ODROID-XU3	brak	3,5 mm, HDMI	jest	brak	DisplayPort
ODROID-XU4	brak	HDMI	jest	brak	brak
PandaBoard ES	jest	3,5 mm, HDMI	jest	do LCD na pinach	DSI, DVI-D
pcDuino Lite	brak	brak	jest	brak	brak
pcDuino v2	brak	brak	jest	brak	brak
pcDuino3	brak	jest	jest	do LCD na pinach	brak
pcDuino3Nano	brak	brak	jest	brak	brak
Radxa Rock	b.d.	3,5 mm, HDMI, S/PDIF	jest	jest	wyjście AV
Raspberry Pi	brak	jest	jest	b.d.	kompozytowe
RloTboard	jest	3,5 mm, HDMI	jest	jest	b.d.
UDOO	jest	3,5 mm, HDMI, S/PDIF	jest	do LCD na pinach	brak
Utilite	3,5 mm	3,5 mm	jest	b.d.	opcjonalnie DVI-D

wersje w postaci komputerów CuBox-i, Cubox-i4Pro i CuBox-i 4x4, a w końcu CuBoxTV. Zastąpiono w nich procesor Marvella układem Freescale serii i.MX 6.

W ramach serii CuBox-i można znaleźć trzy modele w kilku odmianach: CuBox-i1 z jednorzeniowym procesorem i 512 MB pamięci RAM, CuBox-i2 z dwurdzeniowym procesorem i 1 GB pamięci RAM oraz CuBOX-i2eX, z dodatkowym portem eSATA. Wszystkie z tych modeli można nabyć w wersji z interfejsem Wi-Fi/Bluetooth, a i2 oraz i2eX także z pilotem w zestawie. Najtańsze odmiany modeli i1, i2 i i2eX kosztują kolejno: 90, 100 i 120 dolarów. Dodanie interfejsu Wi-Fi/BT czy pilota zwiększa cenę o 10 dolarów. W zestawie dostarczana jest 8-gigabajtowa karta pamięci z wgranym systemem operacyjnym: Androidem lub z przystosowanym do odtwarzania multimedialnych – Kodi (dawny XBMC).

Model CuBox-i4Pro ma czterordzeniowy procesor, 2 GB pamięci RAM i kosztuje 140 dolarów + opcjonalne 10 dolarów za pilot. Wersja CuBox-i4x4 kosztuje 170 dolarów i ma dwukrotnie więcej RAMu. Model CuBoxTV jest w praktyce gotowym odtwarzaczem wideo.

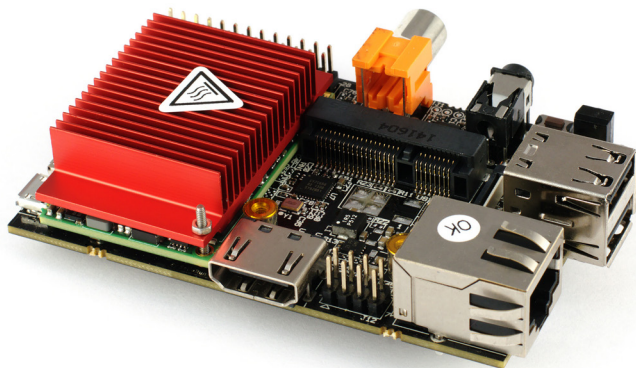
CuBox to ciekawe, choć dość drogie rozwiązanie. Przede wszystkim ma niewielkie wymiary i atrakcyjnie wygląda. To właśnie te cechy sprawiły, że jest używany przede wszystkim jako odtwarzacz multimedialny. Zresztą korzystając z Kodi, ma szansę funkcjonować podobnie jak rewelacyjny BoxeeBox D-Linka, bazujący na oprogramowaniu Boxee, które było zmodyfikowanym XBMC. Warto przy tym zauważyć, że produkowany od 2010 do 2012 roku BoxeeBox, choć wydawał się wtedy nieduży, miał znacznie większe wymiary niż CuBox, który jest kostką o bokach 55 mm×55 mm×42 mm. Jest nawet mniejsza od zasilacza dołączanego w zestawie!

Aktualna popularność CuBoxa sprowadza się do 413 tysięcy stron i 18100 zapytań Google miesięcznie. Ale na produkty firmy SolidRun warto zwrócić uwagę jeszcze z jednego powodu.

## HummingBoard

Platforma CuBox jest też oferowana w nieco zmodyfikowanej wersji, pod nazwą HummingBoard. Patrząc na konstrukcję HummingBoardów, można by stwierdzić, że są to komputery modułowe. Oferowane są cztery wersje: Edge, Gate, Pro i Base, dostępne w odmianach różniących się procesorami. Za każdym razem jest to układ Freescale i.MX6, ale może być jedno, dwu, lub czterordzeniowy (za wyjątkiem wersji Base). Komputery te obsługują do 4 GB pamięci RAM (za wyjątkiem Base), a dodatkowo model Pro pozwala podłączyć dysk mSATA. Mają jeden interfejs ethernetowy (teoretycznie nawet gigabitowy, ale ograniczony do 470 Mb/s ze względu na wewnętrzną magistralę) i 26 lub 36 GPIO, w zależności od wersji. Różnią się też zasilaniem. Dwa pierwsze modele wymagają napięcia z zakresu od 7 do 36 V. Dwa ostatnie: 5 V w gnieździe microUSB.

Pomimo podobieństwa HummingBoardów do CuBoxów, zupełnie inne są ich wymiary. Modele Edge i Gate mają wymiary 102 mm×69 mm, a Pro i Base 85 mm×56 mm.



Fotografia 24. HummingBoard

Edge i Gate pracują tylko pod kontrolą systemu Linux i są oferowane z metalowymi obudowami, a biorąc pod uwagę zakres napięcia zasilania, wyraźnie widać, że przeznaczone zostały do innych zastosowań niż Pro i Base, które mogą także działać z Androidem.

Ceny HummingBoardów zaczynają się od 70 dolarów dla najprostszych odmian wersji Base i Gate. Model Pro kosztuje nie mniej niż 85 dolarów, a Edge od 102 USD.

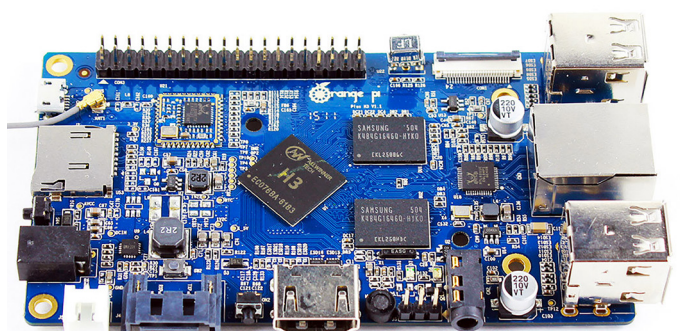
Warto dodać, że ze względu na modułowość konstrukcji, można samodzielnie stworzyć inaczej wyposażone płyty bazowe do modułów procesorowych HummingBoardów. A ponadto, model Gate jest kompatybilny z gniazdem mikrobus, opracowanym przez firmę MikroElektronika co oznacza, że komputery te można łatwo rozbudowywać o moduły ClickBoard. Komputery HummingBoard zalecane są do zastosowań typu IoT, komunikacji M2M oraz do stacjonarnych aplikacji sieciowych.

Oceniając popularność HummingBoardów na podstawie liczby stron internetowych, projekt ten wypada raczej słabo. Znaleźć można około 121 tysięcy stron, które wyszukiwane są łącznie około 9900 razy miesięcznie.

## Orange Pi

Marka Orange Pi to jedna z tych najbardziej nawiązujących do Raspberry Pi. W ramach tej rodziny powstało kilka komputerów jednopłytkowych, których projekty dostępne są bezpłatnie do pobrania. Orange Pi może pracować pod kontrolą systemów Android, Ubuntu, Debian, Fedora, ArchLinux, openSUSE, a nawet OpenWRT oraz Raspbian. Dostępne jest kilka wersji płytek. Podstawowe Orange Pi ma 2-rdzeniowy procesor Allwinner A20 (2×Cortex-A7) i 1 GB pamięci RAM DDR3 oraz wbudowane interfejsy sieciowe: gigabitowego Ethernetu i Wi-Fi. Wymiary płytki drukowanej to 112 mm×60 mm. Orange Pi mini ma nieco mniejsze wymiary (94 mm×59 mm), co uzyskano m.in. przez dwukrotnie zmniejszenie portów USB typu Host oraz pozbawienie komputera interfejsu Wi-Fi. Zawiera GPIO kompatybilne z Raspberry Pi.

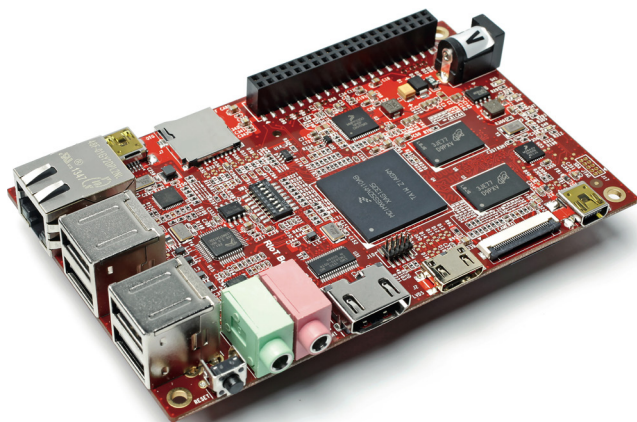
Orange Pi 2 jest częściowo usprawnioną wersją, gdyż zastosowano w nim procesor Allwinner H3 z czterema rdzeniami Cortex-A7, ale za to ograniczono sieciowy interfejs przewodowy do 10/100 Mb/s. Udało się natomiast zmniejszyć wymiary w stosunku do klasycznego Orange Pi – długość płytki wynosi 93 mm, a nie 112 mm. Co ciekawe, Orange Pi 2 mini, ma parametry niemal identycznie z Orange Pi 2 (nawet wymiary te same), ale nie ma Wi-Fi. Osoby potrzebujące gigabitowego Ethernetu mogą sięgnąć po Orange Pi plus, które pod względem reszty parametrów bardzo przypomina Orange Pi 2, choć znów wymiary są jeszcze inne – tym razem 108 mm×60 mm. Jeśli 7 mm szerokości więcej nie stanowi problemu, można od razu wybrać Orange Pi Plus 2, które ma zwiększoną do 2 GB pamięć RAM. Gdyby tego było mało, dostępny jest też bardzo lekki (jedynie 38 g) komputer Orange Pi PC o wymiarach 85 mm×55 mm z 4-rdzeniowym Allwinnerem H3, 1 GB pamięci RAM, 100-megabitowym Ethernetem, ale bez interfejsu Wi-Fi oraz z trzema portami USB 2.0 w trybie Host i jednym USB 2.0 OTG.



Fotografia 25. Orange Pi Plus

## WYBÓR KONSTRUKTORA

Marka Orange Pi wydaje się być jedną z lepiej rozpoznawanych spośród zestawionych w tym artykule, pomimo że stron na temat tej platformy znaleźć można około 270 tysięcy. Niestety, jest to produkt całkowicie chiński, co objawia się zubożoną dokumentacją oraz dziwną niekonsekwencją w nazewnictwie. Niemal każdy model Orange Pi ma inne wymiary, przez co trudniej o pasujące do nich obudowy, choć na rynku można znaleźć gotowe produkty tego typu. Zaletą Orange Pi jest niska cena. Model Orange Pi PC kosztuje 15 dolarów, wersja mini 2 to koszt 25 dolarów, a Pi plus jest sprzedawany za 39 dolarów. W Polsce Pi PC można nabyć za około 130 zł, mini 2 za około 190 zł, Pi 2 za 220 zł, a Pi Plus za 300 zł brutto.



Fotografia 26. RIoTboard

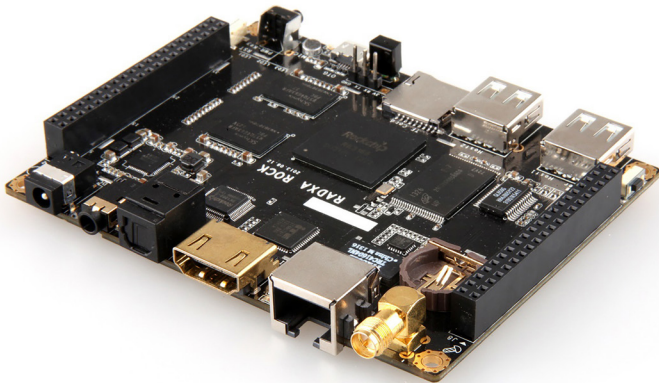
### RIoTboard

Płytką, w której promocji uczestniczyła także Elektronika Praktyczna jest RIoTboard – zaprojektowany we współpracy firm Freescale

Komputer	Wielkość		Zasilanie	
	Wymiary [mm]	Waga [g]	Napięcie	Wtyczka
Arduino Uno	75 × 53	25	5 V lub 7–12 V	USB lub DC jack lub poprzez piny
Banana Pi	92 × 60	48	5 V	micro USB
Banana Pi M2	92 × 60	48	5 V	micro USB
Banana Pi M3	92 × 60	45	5 V	micro USB
BeagleBoard	78,74 × 76,2	b.d.	2,7–4,5 V	miniUSB lub DC jack
BeagleBoard-xM	82,5 × 82,5	b.d.	5 V	DC jack
BeagleBone	86 × 53	b.d.	5 V	miniUSB lub DC jack
BeagleBone Black	86,4 × 53,3	40	5 V	miniUSB lub DC jack lub poprzez piny
Cubieboard	100 × 60	45	5 V	DC jack lub USB OTG
Cubieboard 2	100 × 60	b.d.	5 V	DC jack lub USB OTG
Cubieboard 3	110 × 80	220 (zestaw)	5 V	miniUSB lub DC jack lub akumulator Li-Po
CuBox-i2, i2eX	55 × 55 × 42	b.d.	5 V	DC jack
CuBox-i4Pro	55 × 55 × 42	b.d.	5 V	DC jack
Gizmo Board	102 × 102	b.d.	12 V	DC jack
HummingBoard	85,6 × 54 × 19,5	48	5 V	micro USB
Intel Galileo Gen 2	123,8 × 72	b.d.	7-15 V	DC jack lub PoE
Intel NUC Board	101,6 × 101,6	b.d.	12 V	DC jack
MinnowBoard	106,68 × 106,68	b.d.	3,6-10 V	DC jack
ODROID-C1	85,6 × 54 × 19,5	45	5 V	micro USB, 2,5mm DC jack lub poprzez piny
ODROID-C1+	85,6 × 54 × 19,5	45 (bez radiatora)	5 V	micro USB, 2,5mm DC jack lub poprzez piny
ODROID-U3	83 × 48	48	5 V	2,5mm DC jack lub poprzez piny
ODROID-W	60 × 36 × 7	8	5 V	micro USB, poprzez piny lub akumulator Li-Po
ODROID-XU3	94 × 70 × 18	78	5 V	5,5mm DC jack
ODROID-XU3 Lite	94 × 70 × 18	78	5 V	5,5mm DC jack
ODROID-XU4	82 × 58 × 22	60	5 V	5,5mm DC jack
PandaBoard ES	114,3 × 101,6	81,5	5 V	micro USB lub DC jack
pcDuino Lite	125 × 52	b.d.	5 V	micro USB
pcDuino v2	125 × 52	b.d.	5 V	micro USB
pcDuino3	121 × 65	b.d.	5 V	micro USB
pcDuino3Nano	92 × 54	b.d.	5 V	micro USB
Radxa Rock	100 × 80 × 30	b.d.	5 V	DC jack lub USB OTG
Raspberry Pi Model A+	85,6 × 54,0 × 19,5	45	5 V	micro USB lub poprzez piny
Raspberry Pi Model A	85,6 × 54,0 × 19,5	45	5 V	micro USB lub poprzez piny
Raspberry Pi Model B	85,6 × 54,0 × 19,5	45	5 V	micro USB lub poprzez piny
Raspberry Pi Model B+	85,6 × 54,0 × 19,5	45	5 V	micro USB lub poprzez piny
Raspberry Pi Zero	65,0 × 30,0 × 5,0	23	5 V	micro USB lub poprzez piny
RIoTboard	120 × 75	b.d.	5 V	DC jack
UDOO	110 × 85	b.d.	6-18 V	DC jack, lub poprzez piny
Utilite	135 × 100 × 21	b.d.	10-16 V	DC Jack

i Element14 komputer jednopłytkowy, oparty o procesor iMX 6 Solo z rdzeniem Cortex-A9. Ma 1 GB pamięci DDR3 RAM oraz gigabitowy port ethernetowy, 4 porty USB 2.0, a także – co nietypowe – pozwala na dołączenie dwóch kamer.

Komputer może pracować pod kontrolą Linuxa lub Androida, przygotowywanych przez twórców płytki. Dostępne akcesoria obejmują wyświetlacze, moduł Wi-Fi na USB, różne kamery i obudowy. Na pochwałę zasługuje sposób zebrania informacji na temat tej platformy – są one sensownie ułożone na stronach społeczności Element14, co zdecydowanie korzystnie wyróżnia ten sprzęt na tle chińskiej konkurencji. Teoretycznie komputer miał zrewolucjonizować Internet Przedmiotów (nazwa to skrót od „Revolutionize Internet of Things Board”), ale jak dotąd chyba się nie udało. Być może problemem jest cena, która wynosi 79 dolarów, co na polskie warunki przekłada się na około 380 zł. Płytkę była jednak wielokrotnie rozdawana czytelnikom EP w ramach organizowanych przez nas akcji promocyjnych oraz w trakcie wydarzeń, którym EP patronowała.



Fotografia 27. Radxa Rock

## Radxa

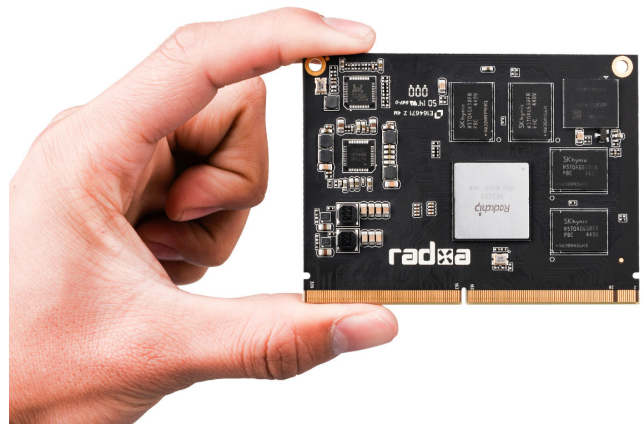
Podobna liczba stron internetowych, co na temat IoTboarda i opisanego wcześniej HummingBoarda poświęcona jest komputerom Radxa. Ich chiński producent to niewielka firma, która podobnie jak izraelski SolidRun, łączy projektowanie płyt komputerowych na zamówienie z oferowaniem własnej, uniwersalnej platformy sprzętowej. Istnieją dwie generacje komputerów Radxa. W ramach pierwszej powstały trzy modele: Rock, Rock PRO i Rock Lite, których dokładna specyfikacja zmieniała się nieco wraz z kolejnymi rewizjami. Obecnie oferowane wersje mają procesor Rockchip z czterema rdzeniami Cortex-A9, taktowanymi zegarem 1,6 GHz. W wersji PRO dostępne jest 2 GB, a w LITE 1 GB pamięci DDR3 RAM. Model PRO ma dodatkowo wbudowane 8 GB pamięci NAND Flash. Oba korzystają z interfejsu Fast Ethernet i mają wbudowany kontroler Wi-Fi. Wersja PRO ponadto wspiera Bluetooth 4.0. Obie płytki mają 80-pinowy interfejs rozszerzeń.

Zupełnie inną koncepcję przyjęto przy budowie komputera Radxa Rock2, w którym zastosowano budowę modułową. Centralnym elementem Rock2 jest moduł procesorowy (SOM) z czterordzeniowym układem RK3288 Rockchipa (Cortex-A17), oferowany w trzech wersjach:

- „A” z 2 GB RAM i 16 GB eMMC.
- „B” z 4 GB RAM i 32 GB eMMC.
- „C” z 1 GB RAM i 4 GB eMMC.

Niezależnie od wersji, wymiary modułu to 82 mm × 60 mm × 4 mm.

Moduł można dołączyć do jednej z dwóch płytek bazowych. Mniejsza nazywa się Square Basebord i zawiera gigabitowy interfejs sieciowy, łącznie 4 gniazda USB, nowoczesny interfejs radiowy (Bluetooth 4.0 BLE i Wi-Fi 802.11ac), 40-pinowe GPIO oraz pozwala na podłączenie kart microSD do 128 GB a także dysku twardego do 4 TB. Płytkę tę należy zasilac napięciem 5 V, przy czym będzie pobierała ona wtedy do 3 A prądu.



Fotografia 28. Moduł procesorowo Radxa Rock2 SOM

Płytkę Full Basebord wymaga 4 A prądu przy napięciu z zakresu 5...12 V. Ma jedno gniazdo USB mniej, ale za to dwa gigabitowe interfejsy sieciowe, przy czym drugi realizowany jest przez kontroler oparty o USB, a więc szybkość transmisji z jego użyciem jest ograniczona do 480 Mb/s. Bardzo nietypowe jest wbudowanie modemu HSPA/WCDMA, EDGE/GPRS/GSM. Ponadto dostępne są dwa 40-pinowe złącza rozszerzeń.

Komputery Radxa niewątpliwie wyróżniają się na tle konkurencji, ale nie są tanie, a i specyfika firmy budzi pewne zastrzeżenia. Zespół twórców jest bardzo nieduży, a siedziba producenta znajduje się w Shenzen, co – choć w mniejszym stopniu niż zazwyczaj – nieco negatywnie wpływa na dostępność dokumentacji. Ceny produktów to:

- 59 dolarów za Radxa Rock Lite.
- 99 dolarów za Radxa Rock Pro.
- 129 dolarów za Radxa Rock 2 Square (SOM w wersji A + płyta bazowa).

Model Full Basebord jeszcze nie jest dostępny w sprzedaży, ale za to producent przygotował kilka dopasowanych do wymiarów płytek obudów i innych akcesoriów.

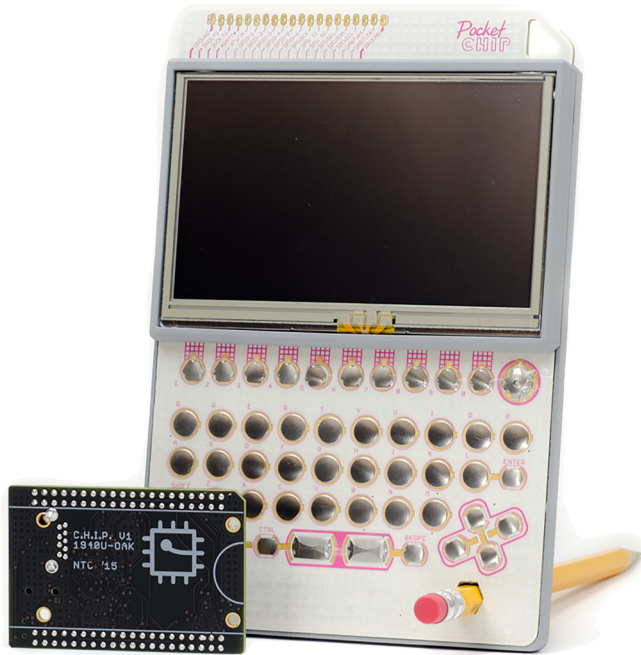
Pomimo niewielkiej popularności, komputery Radxa są obsługiwane przez coraz większą liczbę programów firm trzecich. Mogą pracować pod kontrolą Androida, Linuxa, a nawet FireFox OS.

## Pine64

Następnym pod względem popularności (aktualnie 86 tysięcy stron w Google), ale z bardzo dobrymi perspektywami na przyszłość jest Pine64. Projekt ten został właśnie ufundowany na Kickstarterze, w trakcie kończenia artykułu. Pomimo docelowych 31 tysięcy dolarów, krótko po rozpoczęciu kickstarterowej kampanii uzyskano ponad 270 tysięcy USD, a kwota ta zwiększa się szybciej, niż przybywa zdań w tym tekście. Co sprawiło, że (jak dotąd) 6800 osób poparło



Fotografia 29. Pine64



Fotografia 30. New Thing C.H.I.P. wraz z modulem z klawiaturą i wyświetlaczem

Tabela 5. Systemy operacyjne obsługiwane przez wybrane komputery jednopłytkowe

Komputer	Linux	Android	BSD	Windows
Arduino Uno	NIE	NIE	NIE	NIE
Banana Pi	TAK	TAK	b.d.	b.d.
BeagleBoard	TAK	b.d.	b.d.	CE 6, WEC 7
BeagleBoard-xM	TAK	TAK	b.d.	CE 6, WEC 7
BeagleBone	TAK	b.d.	b.d.	CE 6, WEC 7
BeagleBone Black	TAK	TAK	TAK	CE 6, WEC 7
Cubieboard	TAK	TAK	TAK	b.d.
Cubieboard 2	TAK	TAK	TAK	b.d.
Cubieboard 3	TAK	TAK	b.d.	b.d.
CuBox-i	TAK	TAK	TAK	b.d.
Gizmo Board	TAK	b.d.	b.d.	TAK
HummingBoard	TAK	TAK	b.d.	b.d.
Intel Galileo Gen 2	TAK	NIE	b.d.	TAK
Intel NUC Board	TAK	TAK	TAK	TAK
MinnowBoard	TAK	NIE	NIE	NIE
ODROID-C1	TAK	TAK	TAK	NIE
ODROID-C1+	TAK	TAK	TAK	NIE
ODROID-U3	TAK	TAK	TAK	NIE
ODROID-W	TAK	NIE	NIE	NIE
ODROID-XU3	TAK	TAK	TAK	NIE
ODROID-XU3 Lite	TAK	TAK	TAK	NIE
ODROID-XU4	TAK	TAK	TAK	NIE
PandaBoard ES	TAK	b.d.	b.d.	b.d.
pcDuino Lite	TAK	NIE	b.d.	b.d.
pcDuino v2	TAK	TAK	b.d.	b.d.
pcDuino3	TAK	TAK	b.d.	b.d.
pcDuino3Nano	TAK	TAK	b.d.	b.d.
Radxa Rock	TAK	TAK	b.d.	NIE
Raspberry Pi	TAK	b.d.	TAK	WEC 7
Raspberry Pi Zero	TAK	b.d.	TAK	WEC 7
Raspberry Pi 2	TAK	b.d.	TAK	W 10 IoT
Raspberry Pi 2	TAK	b.d.	TAK	W 10 IoT
Raspberry Pi 2	TAK	b.d.	TAK	W 10 IoT
RloTboard	TAK	b.d.	b.d.	b.d.
UDOO	TAK	TAK	NIE	NIE
Utilite	TAK	TAK	b.d.	b.d.

projekt? Zapowiedź pierwszego „superkomputera” w cenie 15 dolarów. Oczywiście hasło to jest tylko imponującą reklamą, ale Pine64 faktycznie ma się wyróżniać na tle konkurencji, za którą – naturalnie – brane jest przede wszystkim Raspberry Pi. Podstawowa różnica to 64-bitowy procesor z czterema rdzeniami Cortex-A53, taktowany zegarem 1,2 GHz. Wśród przewag nad RPI wymienia się jeszcze dwurdzeniowy układ graficzny, obsługę większej ilości pamięci Flash (bo do 256 GB) i możliwość łatwego zasilania z akumulatorów litowo-jonowych. Niemalże wrażenie z całą pewnością robi obietnica wsparcia rozdzielczości 4K przez HDMI (do 3840 × 2160 pikseli), przy czym urządzenie ma być w stanie płynnie dekodować wideo kodekiem H.265 w rozdzielczości 4K przy 30 klatkach na sekundę, lub materiału H.264 Full HD przy 60 progresywnych klatkach na sekundę.

Zaplanowane są dwie wersje komputera: Pine A64 ma mieć 512 MB pamięci RAM DDR3 i interfejs sieciowy Fast Ethernet. Model Pine A64+ ma mieć dwa razy więcej pamięci i gigabitowy Ethernet. Komputer ma być rozszerzany przez dodatkowe płytki oraz za pomocą portów USB. Dużą zaletą ma być mały pobór mocy, co ma szczególne znaczenie podczas zasilania akumulatorowego. Całość ma pobierać ok. 2,5 W i raczej nie więcej niż 3,5 W. Zaletą Pine64 ma też być obsługa systemów operacyjnych: Ubuntu, OpenWRT, OpenHAB i Androida w wersji 5.1, co jest rzadko spotykane w produktach konkurencyjnych.

Zgodnie z informacjami na stronie projektu, komputer ma być dostarczany do klientów w okolicach kwietnia 2016 roku (pierwsze wersje w lutym), przy czym dostępne będzie kilka pakietów. Podstawowy A64 ma kosztować 15 dolarów. A64+ to już koszt 19 USD, a pakiety z A64+, obudowami, kartami pamięci, zasilaczami i interfejsami sieciowymi mają być sprzedawane po 59 i 89 dolarów. Osoby wspierające projekt na Kickstarterze mają otrzymać płytki w wersjach z 2 GB pamięci RAM.

Całość rzeczywiście zapowiada się imponująco szczególnie, jeśli porównać stosunek wydajności do ceny. Trudno jednak ocenić czy w rzeczywistości uda się zrealizować wszystkie obietnice, czy nie powstaną opóźnienia, w trakcie których konkurencja przygotuje nowe modele swoich produktów oraz czy niska cena produktu faktycznie będzie pozwalała na finansowanie dalszego rozwoju platformy, po zakończeniu akcji na Kickstarterze.

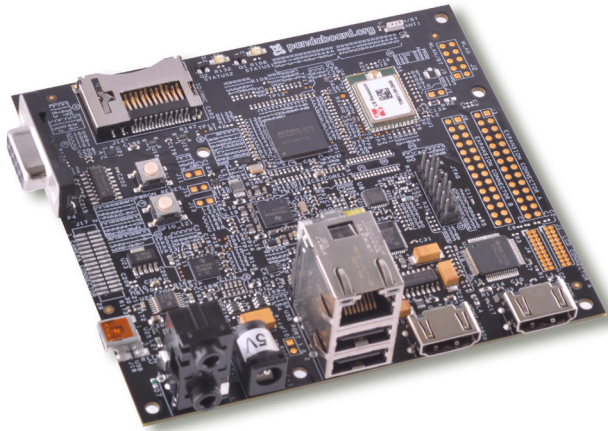
### C.H.I.P.

Bardzo udaną kampanię na Kickstarterze przeprowadziła też niedawno firma Next Thing, która zaprojektowała niewielki komputer C.H.I.P. Niemal 40 tysięcy osób sprezentowało jej ponad 2 miliony dolarów by móc otrzymać miniaturowy komputer o wartości 9 USD.

C.H.I.P. jest przede wszystkim małej (40 mm × 60 mm), a do tego tani, choć cena wynika z wielu ograniczeń. Podstawowy model kosztuje 9 dolarów. Zawiera procesor Allwinner R8 (bazuje na układzie Allwinner A13) z rdzeniem Cortex-A8, taktowany zegarem 1 GHz i wspartym przez 512 MB pamięci DDR3 RAM. Ma 4 GB pamięci Flash oraz obsługuje Wi-Fi i Bluetooth. Podstawową wersję można podłączyć do telewizora za pomocą analogowego interfejsu CHINCH (RCA). To jeden ze sposobów na zmniejszenie ceny komputera dzięki rezygnacji z kosztu interfejsu HDMI. Płytkę rozszerzeń, umożliwiającą skorzystanie z HDMI i uzyskanie rozdzielczości Full HD, zwiększa koszt ponad dwukrotnie, bo do 24 dolarów. Dostępne są też dwa inne zestawy po 19 USD: jeden z akumulatorem Li-Po i jeden z przejściówką VGA, umożliwiającą podłączenie komputera do klasycznego monitora. W ofercie jest też moduł z klawiaturą alfanumeryczną i kolorowym wyświetlaczem LCD TFT 4,3” – 470 × 272 piksele, który przypomina wyglądem stary duży kalkulator graficzny, sprzedawany z komputerem za 49 USD.

C.H.I.P. jest oferowany z preinstalowanym Linuxem, którego kod źródłowy jest udostępniony publicznie. Sam projekt sprzętu też jest otwarty. Trudno jednak ocenić popularność projektu w Google, gdyż na hasło C.H.I.P. znajduje się mnóstwo stron niezwiązanych





Fotografia 31. PandaBoard

z projektem, a z drugiej strony na wielu stronach o projekcie nazwa firmy w ogóle się nie pojawia.

### PandaBoard

31700 stron w Google można znaleźć na temat konsumenckiego komputerka jednopłytkowego, sprzedawanego za kwotę 20-krotnie wyższą niż cena C.H.I.P. Mowa o PandaBoard – płytce, którą wyprodukowano w dwóch wersjach. Pierwotna platforma powstała w oparciu o procesor Texas Instruments OMAP4430 z dwoma rdzeniami Cortex-A9 (1 GHz) i 1 GB pamięci DDR2 RAM. Model wprowadzony rok później, czyli na jesieni 2011 roku, PandaBoard ES wyposażono w procesor OMAP4460, taktowany zegarem 1,2 GHz. Wymiary płytki to 114 mm×102 mm. PandaBoard zyskała pewną popularność, ale jej czasy już przeminęły. W 2015 roku szukało jej w Internecie jedynie około 800 osób miesięcznie. Mimo to komputer ten można wciąż kupić w Polsce, w cenie około 1200 zł.

### Compulab Utilite

Wypada również wspomnieć o platformie Utilite izraelskiej firmy Compulab. Komputery te to bezwentylatorowe urządzenia typu BOX PC, przy czym w ogólności nie są przeznaczone na rynek przemysłowy, ale konsumencki. Jak dotąd powstały dwie generacje Utilite. Pierwszą oparto o procesor Freescale i.MX 6 z rdzeniem Cortex-A9. Oferowano trzy wersje: Value, taktowany zegarem 1 GHz i wyposażony w 512 MB pamięci RAM oraz gigabitowy Ethernet, Standard, wyposażony w 2 GB RAM, dwa interfejsy gigabitowe, Wi-Fi oraz Bluetooth 3.0 oraz Pro, bazujący na wersji Standard, ale z zegarem 1,2 GHz oraz dyskiem SATA SSD 32 GB zamiast nośnika microSD. Wymiary pierwszej generacji Utilite to 135 mm×100 mm×21 mm. Komputery w zależności od obciążenia wymagały zasilania z zakresu 10...16 V i od mocy 4...8 W. Oferowano też platformę wykonaną w standardzie przemysłowym, którą można było użytkować w temperaturze -20...+60°C. Ceny Utilite zależnie od wersji wynosiły 99, 159 lub 219 dolarów.

W drugiej generacji Utilite zastosowano procesor Qualcomm Snapdragon 600 (APQ8064) z czterema rdzeniami taktowanymi zegarem 1,7 GHz. Pracuje on z 2 GB pamięci RAM DDR3 i ma



Fotografia 32. Compulab Utilite



Fotografia 33. Compulab Utilite 2

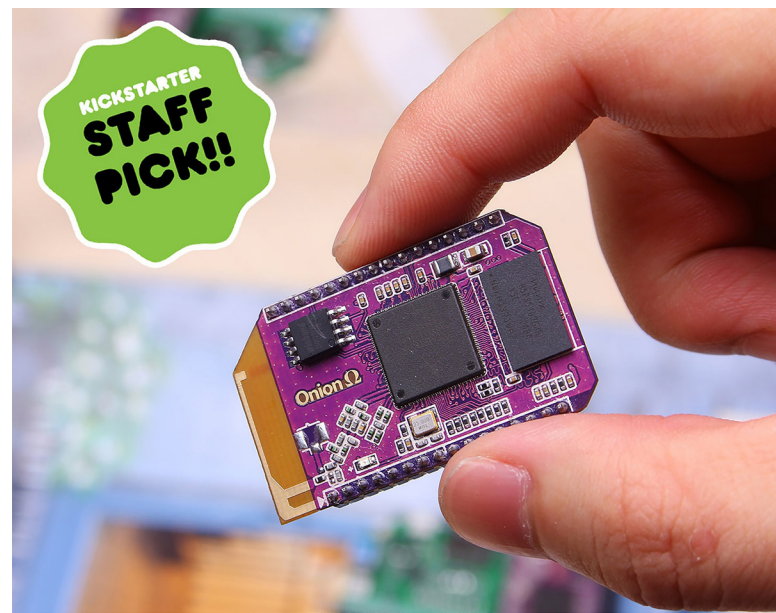
do dyspozycji jeden gigabitowy interfejs sieciowy oraz Wi-Fi i Bluetooth 4.0. Dostępne są dwie wersje, różniące się wbudowanym nośnikiem danych. Pomimo lepszych parametrów, Utilite2 jest mniejszy – ma 85 mm×85 mm×27 mm. Zasilany jest takim samym napięciem, co wersja pierwotna, przy czym pobiera od 3 do 8 W. Także i on jest do nabycia w odmianie przystosowanej do warunków przemysłowych. Cena modeli konsumenckich to 192 lub 229 USD, w zależności od nośnika.

Wyszukując hasło „Compulab Utilite” w Internecie znajdziemy 27900 stron internetowych. Hasło to było w minionym roku poszukiwane średnio tylko 480 razy miesięcznie. Utilite pracuje pod kontrolą Linuksa, bazującego na Ubuntu, albo z użyciem Androida.

### Onion Omega

Bardzo ciekawym przykładem komputerka jednopłytkowego jest Onion Omega. Jest czymś pomiędzy Arduino, a pozostałymi opisanymi komputerami, a do tego mniej więcej rok temu zostało ufundowane w ramach kampanii na Kickstarterze (zebrano ponad 260 tysięcy dolarów). Płytkę Omegi ma wymiary 28 mm×42 mm i jest kompatybilna z Arduino, ale pozwala też na uruchomienie prawdziwego Linuksa (wersja dostarczana przez firmę Onion bazuje na OpenWRT). Cena, za którą można było otrzymać cały komputer Omega wraz z opcjonalną płytką bazową (tzw. dock) wynosiła 25 USD. Komputer pracuje w oparciu o procesor Atheros ARM9331 z rdzeniem MIPS 24K, taktowanym zegarem 400 MHz. Do tego na pokładzie umieszczono 64 MB pamięci RAM DDR2 i 16 MB Flash. Co ważne, wbudowano też interfejs Wi-Fi i ethernetowy oraz 1 port USB 2.0. Dostępne jest również 18 GPIO. Płytkę pobiera jedynie 0,6 W mocy.

Wspomniany wcześniej „dock” zawiera wyprowadzenia wielu interfejsów, w tym USB i gniazda zasilania oraz dodatkowe przyciski. Zaprojektowano też dodatkowe moduły rozszerzeń: Ethernetowe,

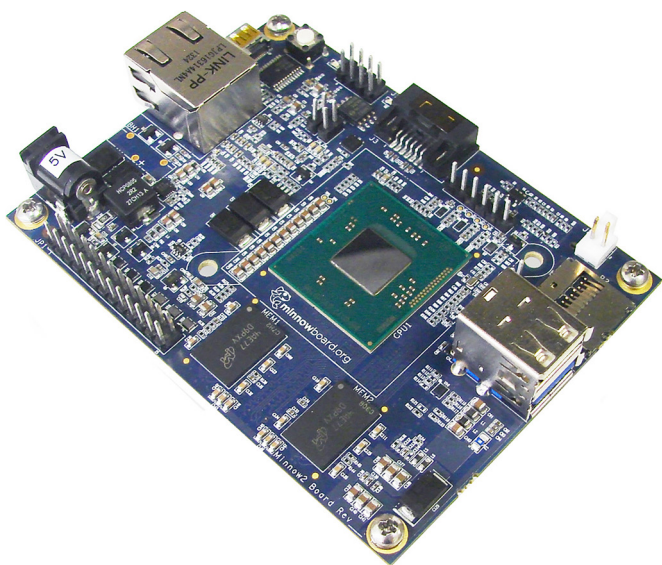


Fotografia 34. Onion Omega

## WYBÓR KONSTRUKTORA

przełącznikowe i z wyświetlaczem OLED – każde za 15 USD. Warto przy tym zauważyć, że interfejs ethernetowy w samej Omedze jest wyprowadzony w postaci pinów, a nie gniazda i dlatego wymaga transceivera z gniazdem. Na szczęście moduły rozszerzeń można ustawiać po kilka na sobie i nie są one duże.

Da się też korzystać z rozszerzeń Arduino (Shields), przy czym wymaga to zastosowania innego docka. Przygotowano także dock do serwo mechanizmów. Omegę można obecnie zamawiać w cenie 19 USD bez docka lub po 25 USD z wybranym dockiem. Trzeba jednak mieć na uwadze, że twórcy ledwo co zdążyli powysyłać większość komputerów zamówionych w ramach wsparcia przez Kickstarter oraz obiecują, że niektóre produkty zaczną wysyłać na początku stycznia. Omega jest więc dobrym przykładem tego, jak w rzeczywistości wygląda rozwój komputerów jednopłytkowych promowanych na Kickstarterze i należy się spodziewać, że dopiero w 2016 roku pojawi się wiele projektów wykonanych w oparciu o tę platformę.



Fotografia 35. MinnowBoard MAX

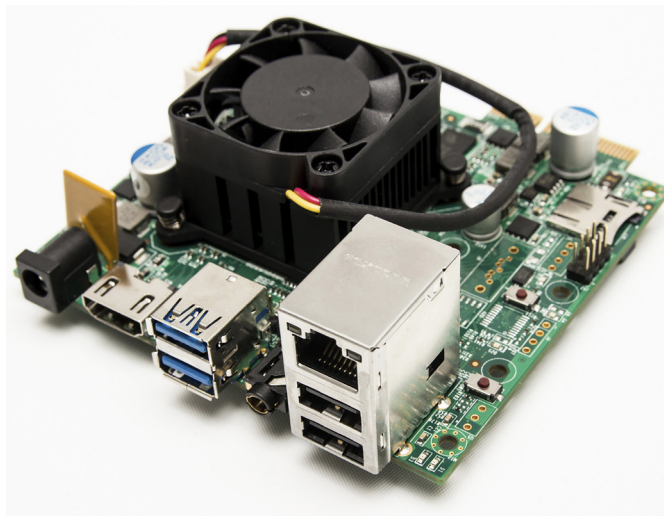
### MinnowBoard

Omawiając komputery jednopłytkowe warto też wspomnieć o płycie MinnowBoard, bazującej na procesorze Intel. Pierwsza wersja MinnowBoarda miała układ Atom E640, taktowany zegarem 1 GHz oraz 1 GB pamięci DDR2 RAM. Wyposażono ją też w gigabitowy Ethernet oraz pozwalała na pracę w wyjątkowo szerokim zakresie temperatur, jak na komputer konsumencki.

Półtora roku temu wprowadzono nowy model: MinnowBoard MAX, w którym jednostka centralna to 64-bitowy Intel Atom E3825 (1,33 GHz), wsparty przez 2 GB pamięci RAM. Dodano m.in. obsługę USB 3.0 i SATA2. Tym razem jednak sprzęt mógł pracować w typowej temperaturze, tj. od 0 do 40°C. Wymiary płytki MinnowBoard MAX to 99 mm×74 mm. Produkowana jest też zmodyfikowana wersja MinnowBoard Turbot, w pełni kompatybilna (w tym odnośnie wymiarów) z MinnowBoard MAX. Cena płyt MinnowBoard MAX i Turbot to 139 USD.

### AMD Gizmo

Komputerem, który miał wypromować procesory firmy AMD wśród bogatego grona twórców urządzeń elektronicznych jest Gizmo. Producent znalazł chwytliwą nazwę (choć trudną do oszacowania popularności platformy poprzez wyszukiwanie w Google), stworzył podwaliny całej społeczności Gizmoshpere, a nawet wprowadził drugą generację płytki: Gizmo 2, ale na tym jego starania się skończyły. Wszystko wskazuje na to, że komputer, który miał promować AMD, nie został na tyle wypromowany przez AMD by mógł zacząć skutecznie pełnić swoją rolę. A szkoda, bo choć nie był tani, zapowiadał się interesująco.



Fotografia 36. AMD Gizmo 2

Pierwsze Gizmo było całym zestawem. W całkiem dużej cenie jak na komputer jednopłytkowy, bo za 199 dolarów otrzymywało się przede wszystkim podstawową płytkę (4"×4"), na której dostępne były interfejsy ethernetowe, USB, DisplayPort, PCIexpress, SATA i wiele innych. Do tego dołączana była płytka Explorer Board z dodatkowymi rozszerzeniami, narzędzia deweloperskie (Sage SmartProbe JTAG Dev Tool) wraz z oprogramowaniem, nośnik Flash, zasilacz i kable. Komputer pracował pod kontrolą procesora AMD serii G.

Druga generacja Gizmo oferowana jest za tę samą cenę i ma identyczne wymiary. Cechuje się o 60% większą wydajnością (dwurdzeniowy procesor AMD GX-210HA) i ma 1 GB pamięci RAM. Ma porty SATA, USB, wyprowadzenia PCIe, gigabitowy Ethernet i w praktyce mogłyby być wykorzystane jak zwykły komputer. Co ważne, ponieważ Gizmo korzystają z architektury x86, można na nich uruchamiać Windows, a nawet korzystać z DirectX 11.1 i OpenGL 4.2x.

Na podstawie Gizmo powstało kilka projektów (nazywanych eksperymentami), ale nie można mówić o mnogości. Google znajduje niecałe 2500 stron poświęconych tej platformie, a liczba zapytań miesięcznie wynosi jedynie 170. To zdecydowanie najmniej popularna platforma w całym zestawieniu.

### Podsumowanie

Choć mogłoby się wydawać, że rynek amatorskich komputerów jednopłytkowych jest już nasycony, kolejne przeprowadzane z sukcesem kampanie na Kickstarterze udowadniają, że użytkownicy wciąż marzą o czymś nowym. Niewątpliwie bardzo nośne są hasła, obiecujące pełnoprawny komputer za coraz mniej dolarów, a nowe Raspberry Pi Zero wydaje się ustawiać w tym zakresie poprzeczkę na bardzo trudnej do pokonania pozycji. Jednocześnie, gdy komputery te trafiają już do użytkowników, nierzadko pojawiają się głosy zawodu – że to prawda, że dany komputer jest tani, ale nowoczesne, wymagające systemy operacyjne działają na nim wolno, a poza tym sensowne korzystanie z takiego sprzętu wymaga mnóstwa dodatków, które czasem nawet wielokrotnie zwiększają cenę zestawu. I nie ma w tym nic dziwnego, ponieważ aby pokonywać kolejne granice w zakresie budowy miniatury komputerów za niewielkie pieniądze, jest konieczne ciągle zmniejszanie liczby zainstalowanych komponentów. Duże oszczędności przynoszą przede wszystkim wszystkie działania usuwające licencjonowane interfejsy, czego świetnym przykładem jest Onion Omega, gdzie zrezygnowano z HDMI. Kosztowne jest także wprowadzanie interfejsu Bluetooth, którego licencja także nie jest tania. Producenci starają się też zmniejszyć liczbę standardowo dostępnych złączy, bo przecież nawet gniazdo ethernetowe w taniej, choć zgodnej ze z Cat5 wersji, kosztuje hurtowo ponad 2 zł netto za sztukę. Analizując ceny wprowadzanych komputerów, polscy klienci powinni również mieć świadomość, że najczęściej podawane są ceny

w dolarach dla amerykańskiego klienta, a więc w kraju gdzie nie ma podatku VAT, a jedynie dodawany jest podatek od sprzedaży, zależny od stanu. W Polsce należy doliczyć do ceny koszt transportu, cło (najczęściej nie więcej niż 10% ceny początkowej i transportu) oraz 23-procentowy VAT, liczony już od kwoty wraz z cłem. Do tego dochodzą marże sprzedawców, które w przypadku wymienionych produktów są najczęściej i tak bardzo niskie. Pojawiają się nawet głosy, że do zupełnie amatorskich konstrukcji, gdzie cena jest kluczowa, lepiej kupić używany tablet lub telefon komórkowy np. uszkodzonym ekranem i wykorzystać jego podzespoły. W końcu w modelach lepszej klasy wbudowywane są bardzo mocne procesory, a w tańszych konstrukcjach nierzadko znajdziemy podobne jak w komputerach jednopłytkowych układy Allwinnera, Rockchipa, Mediateka czy rzadziej – Intela.

Wiele wskazuje na to, że rozwój miniaturowych komputerów będziemy obserwować jeszcze przez długi czas. W końcu dopiero od niedawna na rynku dostępne są procesory z rdzeniami ARM Cortex, które umożliwiły tworzenie całkiem wydajnych komputerów o PCB wielkości karty kredytowej. Można się prawdopodobnie spodziewać również powstawania coraz to nowszych komputerów do zastosowań przenośnych, które zasilane będą bezpośrednio z akumulatora o napięciu rzędu 3,7 V, podczas gdy obecnie dominują konstrukcje wymagające 5 V dostarczanych przez microUSB. Rośnie też popularność komputerów takich jak Intel Compute Stick, które nie są przeznaczone do projektów inżynierskich, ale przede wszystkim do wykorzystywania na co dzień. Urządzenia tego typu oferowane są pod markami sprzętu komputerowego i pozwalają na zabieranie ze sobą komputera, tak jak teraz nosi się pendrive. Biorąc taki

komputer na wakacje wystarczy go podłączyć w hotelu do telewizora przez wbudowane HDMI, do sieci przez Wi-Fi i – o ile zabrało się też ze sobą choćby miniaturową klawiaturę – można pracować zdalnie, bez potrzeby zabierania całego laptopa.

**Wypada jednak pamiętać, że omówione komputery jednopłytkowe, jeśli nawet są wystarczająco wydajne, małe, niedrogie i mają wszystkie potrzebne interfejsy, nie będą się nadawały do każdego zadania. Nie są to produkty klasy przemysłowej i o ile producent nie oferuje ich specjalnej wersji, raczej nie należy stosować ich do aplikacji, w których niezawodność sprzętu jest kluczowa. Nie da się bowiem zaprojektować i wyprodukować komputera klasy przemysłowej za tak niską cenę.** Budowa takiego sprzętu wymaga zastosowania odpowiednich komponentów o podwyższonej wytrzymałości przede wszystkim na temperaturę, ale także stosownego laminatu i lutowni, które zapewnią konstrukcji odporność na wibracje. Trzeba też zapewnić wystarczające ekranowanie przed zaburzeniami elektromagnetycznymi i niewrażliwość na wszelkiego rodzaju nietypowe zjawiska w sieci elektrycznej. Nie tylko zwiększa to koszty projektowania i konstrukcji, ale wymaga też przeprowadzania drogich badań oraz porządnej kontroli jakości. Dlatego omówione komputerki jednopłytkowe to w praktyce konstrukcje do zastosowań amatorskich, które – niewykluczone – będą w stanie spełnić swoją rolę w aplikacjach automatyki domowej – ale branie odpowiedzialności za ich poprawne działanie byłoby ryzykowne. Ponadto, wielu producentów deklaruje, że ich komputery są świetnymi narzędziami edukacyjnymi, gdyż pozwalają bardzo niskim kosztem wprowadzić sensowne lekcje programowania praktycznie gdziekolwiek na świecie.

Marcin Karbowniczek, EP

REKLAMA

V E R



Drukarka 3D  
nowej generacji

z możliwością druku  
w dwóch kolorach  
jednocześnie

Drukarka posiada jedną głowicę w zestawie.  
Druk dwukolorowy możliwy jest  
po zamontowaniu drugiej głowicy.

T E X



Drukarka 3D K8400




velleman®

www.sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50