WYKŁAD 3: Małe węzły dla systemów kontekstowych część I

Aleksander Pruszkowski
Instytut Telekomunikacji, Politechnika Warszawska

Plan wykładu

- Przykładowe procesory (np. AVR)
- Przykładowe platformy (np. Arduino, Intel Galielo, Raspberry PI)

Przykładowe procesory

Procesory

- Procesor - serce systemu, czyli
  - Jednostka obliczeniowo-sterująca, charakteryzowana przez:
    - „Ilość bitów” (zdolność obliczeniową elementarnej operacji)
    - Wielkość „widzianej” pamięci
  - Klasyczny procesor to
    - Blok sterujący - odpowiedzialny za właściwe wykonywanie programu
    - Licznik rozkazów (PC)
    - Jednostka logiczno - arytmetyczna (ALU)
    - Zestaw rejestrów wewnętrznych
      - ogólnego przeznaczenia
      - sterujących
      - stanu
    - Układy kontroli pamięci i peryferii

Procesory

- Procesor - serce systemu, czyli (cd.)
  - Architektura - dostęp do pamięci kodu i danych
    - Harvardzka — rozdzielne przestrzenie pamięci danych i kodu
    - Von Neumana — połączone przestrzenie pamięci danych i kodu
  - Wielkość listy instrukcji i jej zawartość
    - CISC - wiele instrukcji, zaawansowane tryby adresowania
    - RISC - mało instrukcji, ograniczenie do prostych trybów adresowania

CISC

```
mov ax, cs:[bp+bx*4+al]
```

RISC

```
mov   R0, 4
mul   R1, R0
add   R2, R1
add   R2, R3
ld    R3, [R2]
```

Procesory

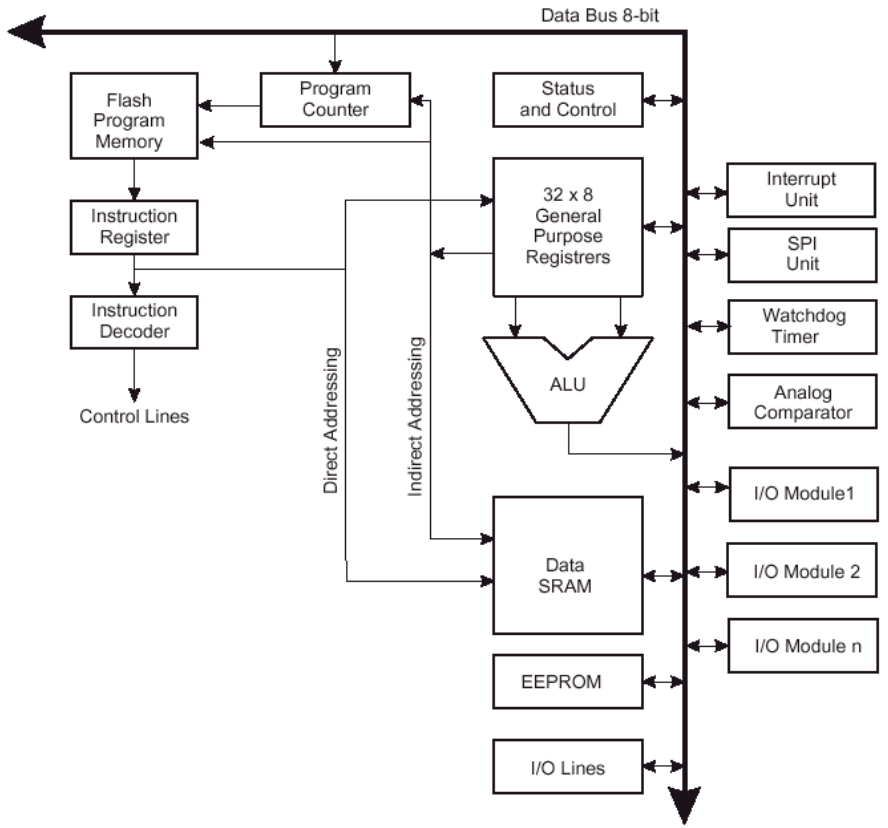
- Procesor - serce systemu, czyli (cd.)
  - Rejestry
    - Procesory z małą liczbą rejestrów: wyłącznie rejestry specjalistyczne (np.: akumulator) oraz obszarem pamięci o szybkim dostępie
    - Procesory z wieloma rejestrami ogólnego przeznaczenia, np.:
      - AX,BX,CX,DX, ... - rejestry w X86
      - R0...R15 - rejestry między innymi w procesorach ARM
  - Stos
    - Implementacja stosu
      - systemy w których stos jest widziany w pamięci RAM danych
      - systemy z sprzętowym stosem (poza pamięcią danych)
    - Rola stosu
      - przechowywanie adresów powrotu funkcji
      - przechowywanie danych przekazywanych do funkcji
      - przechowywanie niektórych zmiennych

Procesory

- Procesor - serce systemu, czyli (cd.)
  - Wbudowane zasoby peryferyjne
    - Układy zarządzania pamięcią i zwiększania efektywności odwołań
      - układ zarządzania i mapowania pamięci (MMU - ang. memory managment unit)
      - kontroler pamięci podręcznej (ang. cache)
      - systemy separacji zadań i kontroli uprawnień odwołań (ang. protected mode)
    - Podsystem przerwań
      - idea działania i wsparcie dla programisty
      - hierarchizacja przerwań (działanie mechanizmu)
      - zalety i wady programowania zdarzeniowego (aktywacja działań przez przerwania sprzętowe)
    - Wbudowane układy wspierania komunikacji z otoczeniem
      - RS232, SPI, I2C, SATA, USB (host/device), Lan, Wifi, GSM, ...
    - ... I inne układy peryferyjne

Procesory

- Przykłady procesorów: seria AVR
  - CPU: 8-bitów, architektura Harwardzka, RISC
  - Pamięci (wewnętrzne):
    - ROM (<256KB)
    - RAM (<8KB)
  - Mnogość wewnętrznych peryferii
    - USART/UART, I2C/TWI, SPI, USB, A/D, PWM, ...
  - Duża wydajność
    - 1 MIPS/MHz
  - Duża liczba odmian
    - 99(mega), 33(tiny), 30(Xmega)



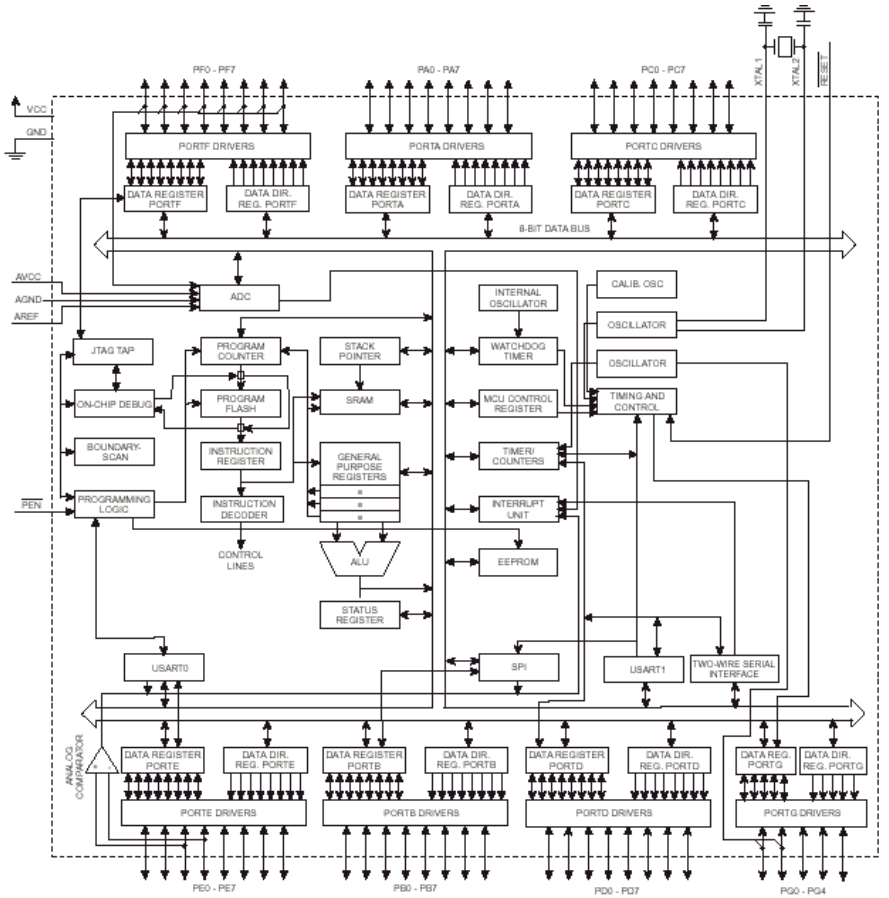
Źródło: Logo i materiały informacyjne firmy Atmel

Procesory

- Przykłady procesorów: seria AVR
  - Najpopularniejszy - ATMega128
    - Produkowany od 2001(!)
    - ROM: 128KB
    - Fosc: 16MHz
    - Vcc: 2,7...5V

- Przykłady OS'ów dla serii AVR

  TinyOS, Contiki, FreeRTOS, SOS, XMK - eXtreme Minimal Kernel, pico OS, ChibiOS, ...

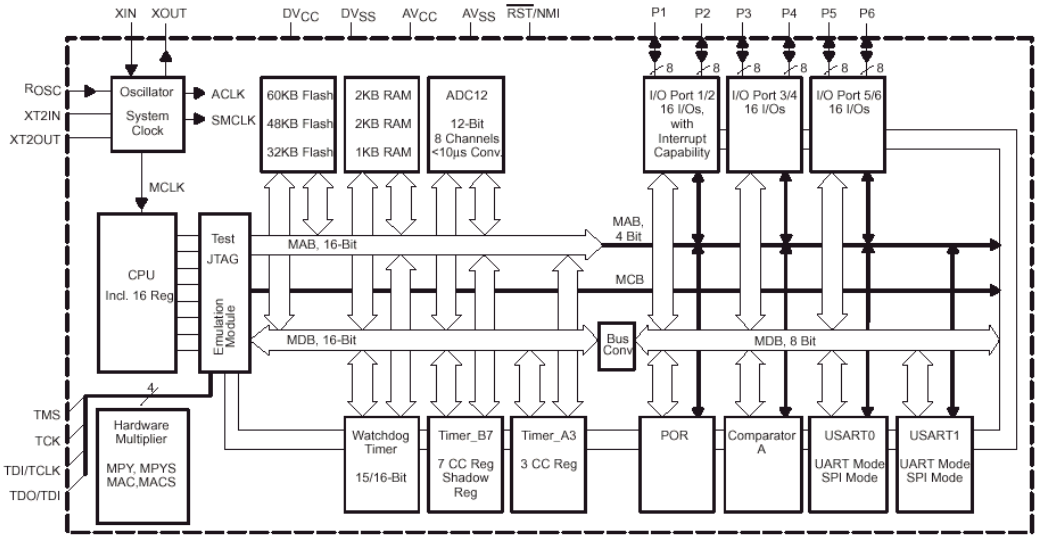


Źródło: Logo i materiały informacyjne firmy Atmel

TEXAS INSTRUMENTS

Procesory

- Przykłady procesorów: seria MSP430
  - CPU: 16-bitów, architektura Harwardzka, RISC
  - Pamięci (wewnętrzne):
    - ROM (<64KB)
    - RAM (<8KB)
  - Wysoka energooszczędność
    - Pięć trybów pracy
    - Głębokie uśpienie: 0,1uA
    - Krótki czas budzenia: 6us
    - Tryb aktywny: 260uA/1MHz



Źródło: Logo i materiały informacyjne firmy TI

Procesory

- Przykłady procesorów: seria ARM
  - CPU: 32-bitów, architektura Harwardzka, RISC
    - Nazwa to akronim: *Advanced RISC Machine*
    - Ogólna cecha serii ARM - wysoka wydajność energetyczna
  - Produkt firmy ARM Ltd
    - Sama firma nie produkuje ani nie sprzedaje krzemowych procesorów(!)
  - ARM to wiodący procesor w urządzeniach wbudowanych i mobilnych
    - W 2010 wyprodukowano ponad 6 miliardów układów na bazie licencji ARM
    - 95% telefonów klasy smartphone, bazuje na architekturze ARM
    - Ponad 700 firm tworzy procesory na licencji firmy ARM
      - http://www.theregister.co.uk/2011/02/01/arm_holdings_q4_2010_numbers

Źródło: Logo i materiały informacyjne firmy ARM

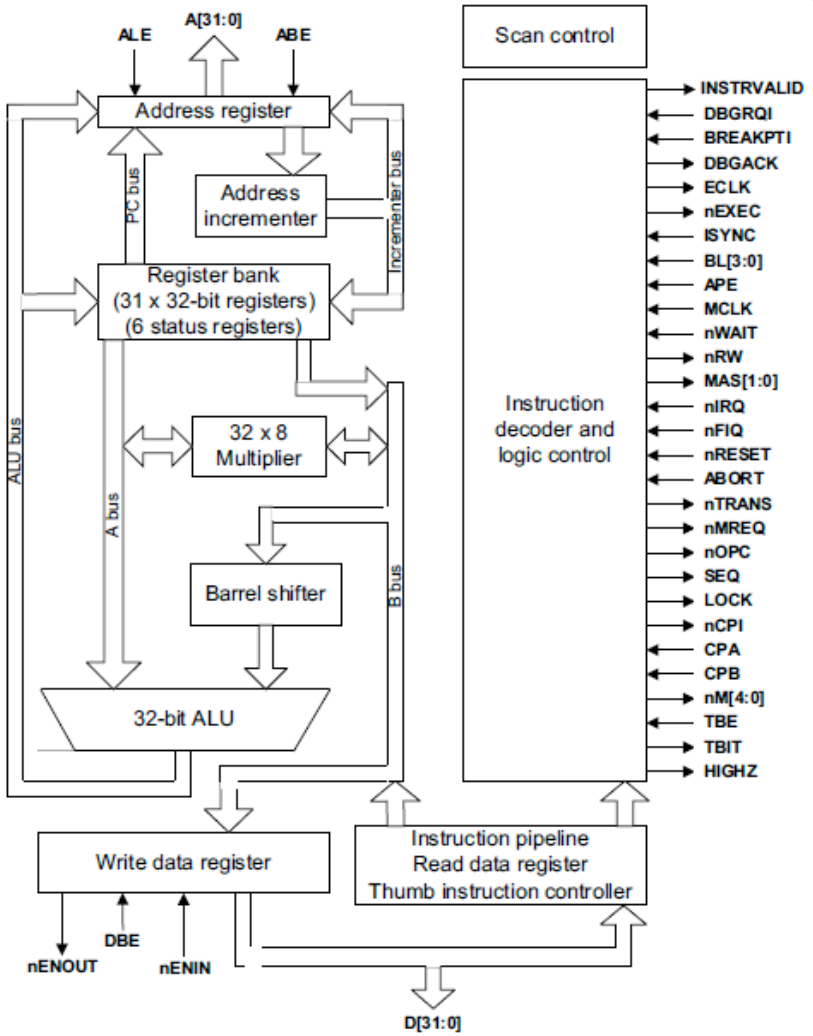
Procesory

- Przykłady procesorów: seria ARM
  - Rodzina ARM CPU to między innymi:
    - ARMv1 (ARM1)
    - ARMv2 (ARM2, ARM3)
    - ARMv3 (ARM6, ARM7)
    - ARMv4 (StrongARM, ARM7TDMI, ARM9TDMI)
    - ARMv5 (ARM7EJ, ARM9E, ARM10E, XScale)
    - ARMv6 (ARM11, ARM Cortex-M)
    - ARMv7 (ARM Cortex-A, ARM Cortex-M, ARM Cortex-R)
    - ...
  - Lista instrukcji (ISA)
    - Mocno uproszczona
    - Większość instrukcji może być wykonywana warunkowo

Źródło: Logo i materiały informacyjne firmy ARM

Procesory

- Przykłady procesorów: seria ARM
  - Jak zbudowany jest sam procesor



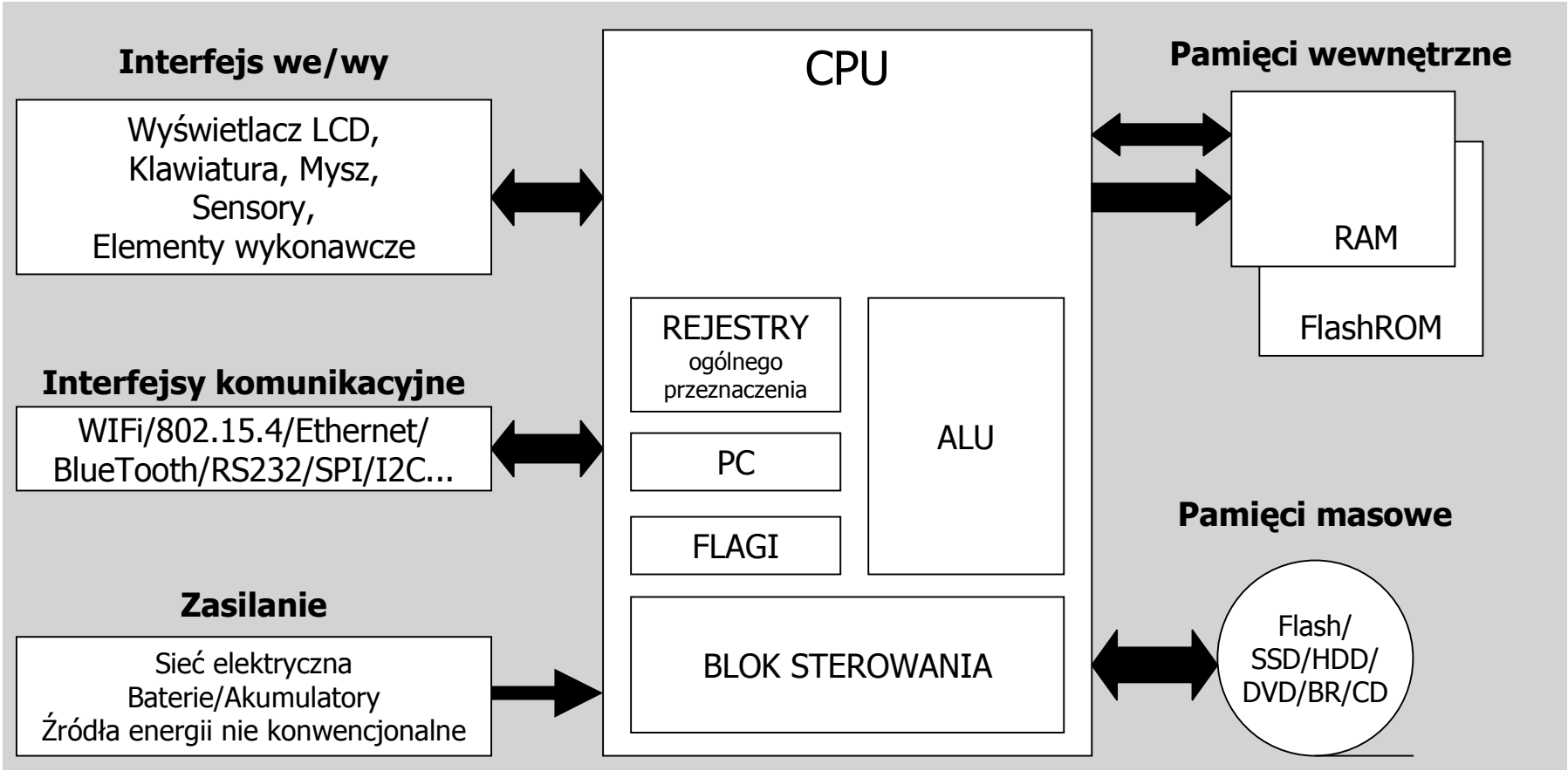
Źródło: Logo i materiały informacyjne firmy ARM

Procesory

- Procesory - wnioski
  - Jak w zalewie typów i odmian procesorów tworzyć dla nich programy?
    - Studiować architektury procesorów
      - znając 10 - poznanie następnej staje się prostsze
    - Stosować kompilatory języków wysokiego poziomu
      - Kompilator GCC obsługuje większość znanych procesorów
      - Unikać platform dla których brak lub są dość kosztowne narzędzi kompilacji
      - Zapis w języku asemblera stosować wyłącznie w sekcjach krytycznych czasowo

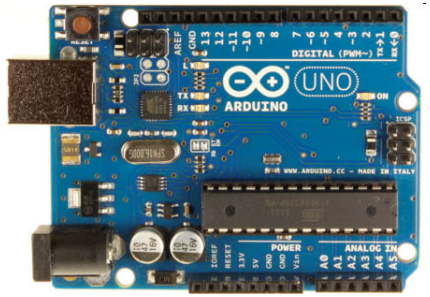
Przykładowe platformy

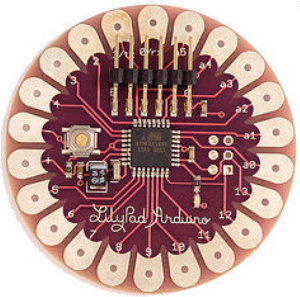
System generyczny

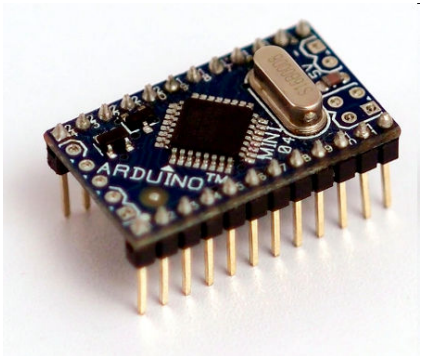


Przykładowe platformy - Arduino

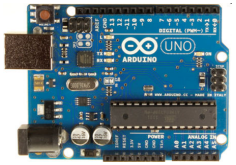
- Charakterystyka
  - Zalążki systemu to wynik prac studenckich
  - Arduino - czyli
    - Sprzęt
      - płyty procesorowe zaopatrzona w CPU AVR
      - płytki rozszerzające (ang. shields)
      - komunikacja i programowanie poprzez USB
      - zasilanie: USB/zasilacza/baterie
    - Zestaw narzędzi
    - Zestaw bibliotek





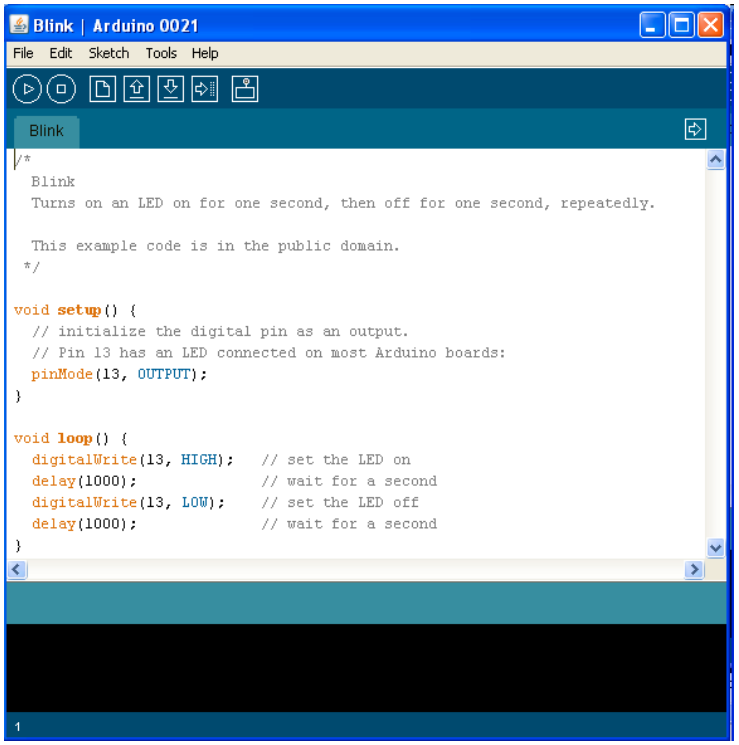


Źródło: http://arduino.cc



Przykładowe platformy - Arduino

- Narzędzia
  - Dedykowane IDE
    - Wbudowany edytor
    - Zintegrowany pre-procesor i kompilator
    - Narzędzia programowania MCU (ISP)
    - Konsola portu szeregowego
  - Zestaw bibliotek
    - Bogata baza bibliotek w C++
      - nowe podejście do tworzenia kodu dla MCU!
      - programowanie obiektowe - zasób/peryferia widziane jako obiekty



Źródło: http://arduino.cc

Przykładowe platformy - Arduino

- Programowanie
  - Bazą aplikacji to szkic (sketch) o konstrukcji

```
void setup() {
  //kod wykonywany tylko raz na początku
}
void loop() {
  //kod wykonywany cyklicznie
}
```

Wywołanie w realnym kodzie

```
...
int main(void){
  init();

  setup();

  for (;;)
    loop();

  return 0;
}
```

  - Np.: prosty odczyt z sensora temperatury

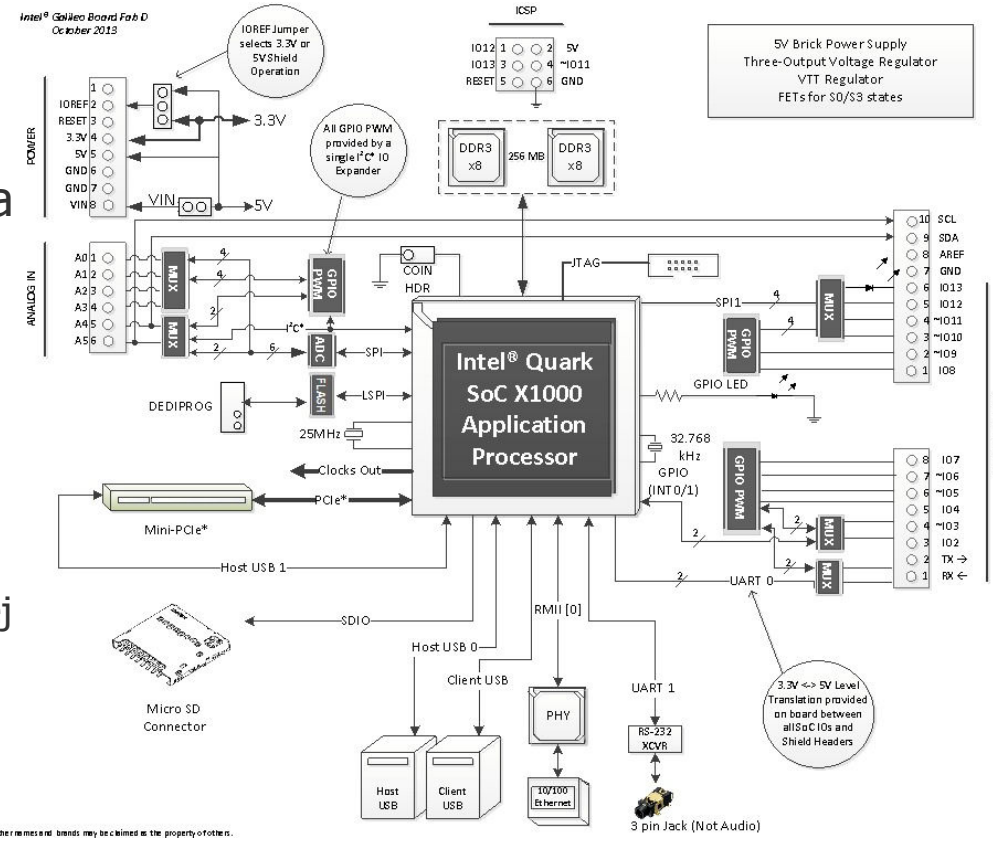
```
#include <NewSoftSerial.h>
NewSoftSerial therm(6,5);  //termometr szeregowy podpięty do pinów 6 i 5
...
void loop() {
  therm.listen();
  if(therm.available() > 0){
    int c = therm.read();
    ...
  }
}
```

Przykładowe platformy - Arduino

- Zalety
  - Łatwość wejścia w dziedzinę
    - darmowe i gotowe do użycia narzędzia (kompilator C/C++, programator)
    - zintegrowany z PCB programator dla AVR
    - zmontowana płytka PCB z CPU (Arduino Leonardo) gotowa do pierwszych prób za 89zł (2014.10.18)
  - Bogactwo sprzętu
    - >30 klonów Arduino
    - >188 rozszerzeń [http://shieldlist.org/]
- Wady
  - Małe zasoby sprzętowe (np.: <8KB RAM)
  - Niewielka moc obliczeniowa

Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

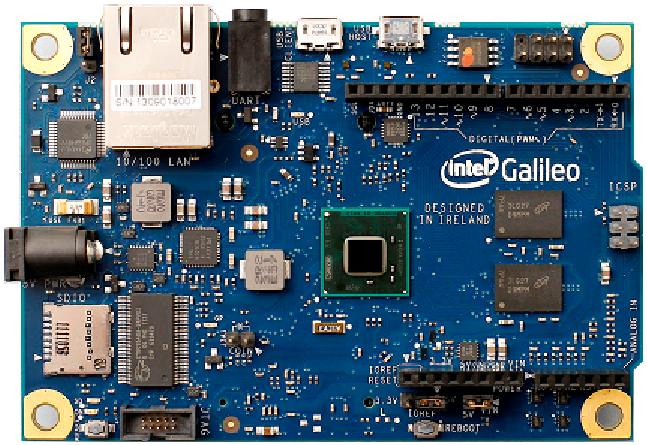
- Intel Galileo to platforma zgodna z x86 (32bity)
  - CPU to Quark SoC X1000
  - Zegar CPU: 400MHz
  - Pamięć: 256MB (DRAM)
  - Złącze mikro-SD (do 32GB) dla nowego/własnego obrazu Linux'a/...
  - Produkt należy do grupy "Arduino Certified product"
    - Możliwość używania Logo/Rozprowadzanie przez „Arduino Store"/Na oficjalnej stronie Arduino



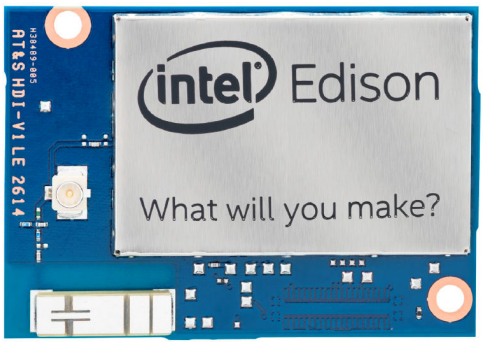
Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

- Obecne warianty platformy i rozszerzenia
  - Arduino Intel Galileo gen. 1 i gen. 2
  - Edison
    - Dodatkowe „przejściówki”
      - Intel Edison Board for Arduino
      - Intel Edison Breakout Board

Arduino Intel Galileo gen 1

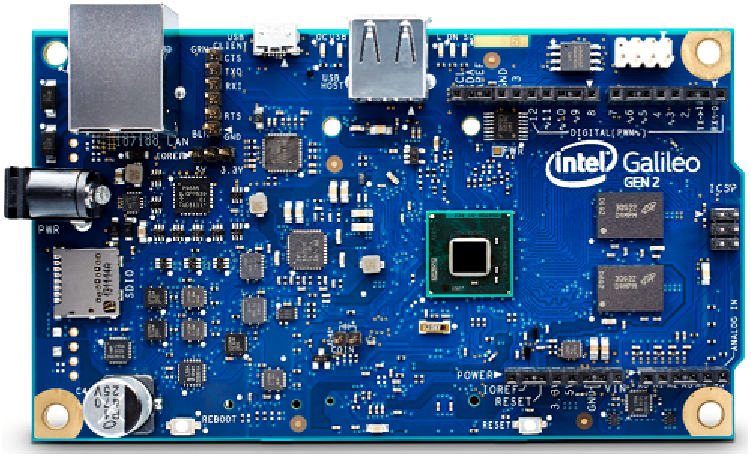


Edison



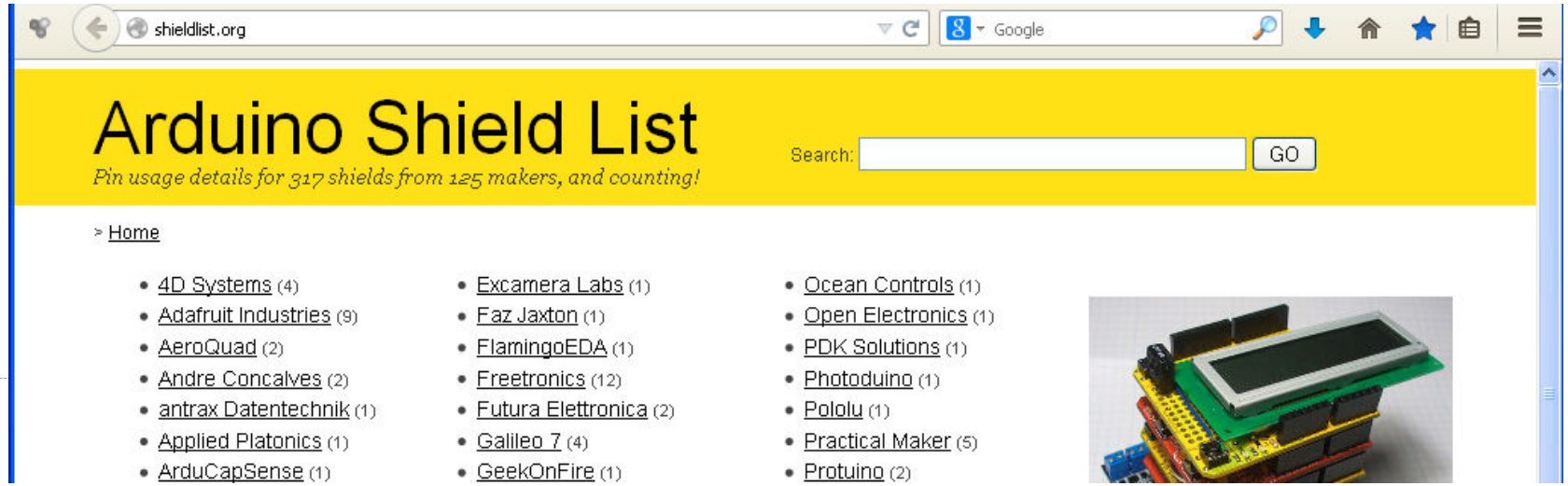
Źródło: https://communities.intel.com

Arduino Intel Galileo gen 2



Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

- Co można zrobić z Intel Galileo gen. 1 i 2 - integracja
  - Pracuje jako Host-USB
    - Można dołączyć np.: WebCam, konwertery USB2RS232, pamięci Flash, modemy 3G/4G, ...
    - Wyjścia/wejścia cyfrowe, wejścia analogowe (ADC 12bitów), PWM, interfejsy: SPI, I2C, UART, 1-Wire, Ethernet, ...
  - Pozwala przyłączyć rozszerzenia dla Arduino (Arduino Shields)

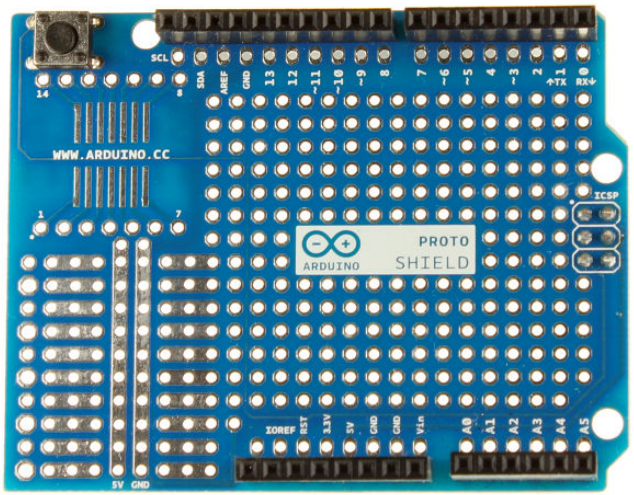


Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

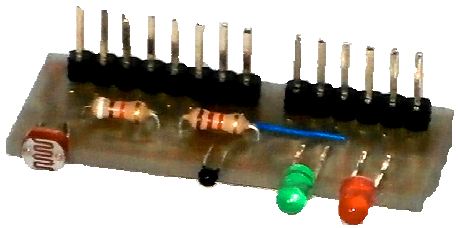
- Co można zrobić z płytką Intel Galileo - integracja, cd.
  - W ramach rozszerzania możliwe jest dołączanie:
    - sensorów (czujniki temperatury, światła, wilgotności, ilości pobieranej energii)
    - elementów wykonawczych (przekaźniki - konieczne sterowniki prądowe, silniki krokowe - niezbędne sterowniki prądowe np.: mostki H, serwomechanizmy - PWM)
  - Łączność ze światem
    - Ethernet - z pełny stos: IP/TCP z usługami: DHCP, SSH, po dołączaniu adapterów WIFI może pracować z bezprzewodowym dostępem

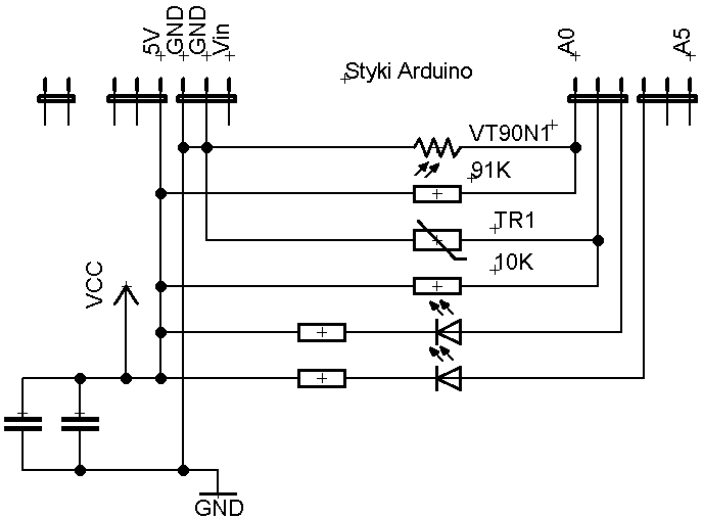
Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

- Co można zrobić z płytką Intel Galileo - integracja, cd.
  - Od czego zacząć
    - Płytka prototypowa: ArduinoProtoShield
    - Prosta sensorowe płytki prototypowe (autorstwa: MEAG-ITPW)
      - Pomiar: światła i temperatury



Źródło: http://arduino.cc





Źródło: http://meag.tele.pw.edu.pl

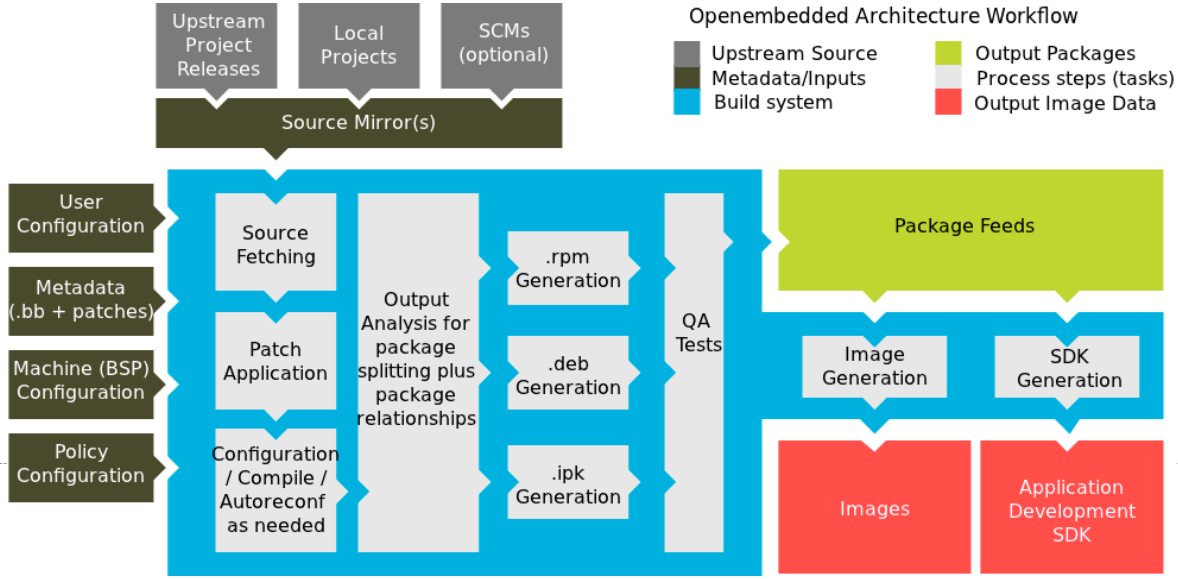
Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

- Co można zrobić z płytką Intel Galileo - otoczenie programistyczne
  - Programowanie pod:
    - Arduino IDE (INO/C++)
    - Linux (C/C++/Bash)

    Z pełnym obrazem linux'a dodatkowo:
    - Python
    - Node.js
    - Biblioteki wbudowane w obrazy karty micro-SD
      - openCV – biblioteka o przetwarzania obrazów "computer vision" (do wykorzystania z dołączonymi kamerami internetowymi - webcam)
      - Video4Linux2 - narzędzia do obróbki video (nagrywanie, odtwarzanie)

Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

- Co można zrobić z płytką Intel Galileo - otoczenie programistyczne, cd .
  - Jakie dystrybucje wspierają platformę
    - Własna dedykowana dystrybucja
    - Debian - obecnie w powijakach
    - Wygenerowaną przez Yocto Project
      - projekt open-source dla platform embedded Linux



Źródło: http://www.yoctoproject.org

Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

- Co można zrobić z płytką Intel Galileo - otoczenie programistyczne, cd.
  - Jak najprościej na platformie tworzyć współgrający z sensorami/elementami wykonawczymi
    - Przykład programowanie z użyciem SYSFS (w Bash) - odczyt z dołączonego sensora np.: oświetlenia
      - wada podejścia - działa wolniej
      - wada podejścia - wymaga dużych uprawnień (root)
      - zaleta podejścia - nie wymaga bibliotek (!)

```
>echo –n "37" > /sys/class/gpio/export
>echo –n "out" > /sys/class/gpio/gpio37/direction
>echo –n "0" > /sys/class/gpio/gpio37/value
>cat /sys/bus/iio/devices/iio\:device0/in_voltage0_raw
```

Źródło: http://www.malinov.com

Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

- Przykłady projektów:
  - „Czy zamknąłem okna i drzwi?”
    - Intel Galileo
      - Podłączone czujniki do okien i drzwi generują informacje wpuszczaną do Internetu
    - Android/Serwer WWW/Chmura
      - Udostępnia informacje o statusie drzwi i okien

Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

- Przykłady projektów:
  - „Miernik zachwytu grupowego strony Facebook'a"
    - Intel Galileo
      - Analizuje popularności określonej strony WWW
      - Wyciąga wnioski czy jest „postęp w popularności"
    - Steruje „ciekawym" wyświetlaczem
      - np.: z gotowym zestawem od AVT

Źródło: http://sklep.avt.pl/miernik-zachwytu-grupowego-zestaw-do-samodzielnego-montazu.html

Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

- Przykłady projektów:
  - „Impreza - gdzie są moi przyjaciele”
    - Android
      - Wysyła informacje od każdego znajomego o aktualnej pozycji
    - Intel Galileo
      - Przedstawia na podświetlanej mapie - podłączonej do platformy np.: w kuchni, jako miejscu gdzie przygotowania są najintensywniejsze - miejsce aktualnego przebywania przyjaciół

Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

- Przykłady projektów:
  - „Zdalny ogrodnik”
    - Intel Galileo
      - Mierzy: wilgotność, temperaturę, nasłonecznienie
      - Steruje: dozownikiem wody/nawozów
    - Android/Serwer WWW
      - Wizualizuje stan roślinki
      - Pozwala użytkownikowi samodzielnie dozować wodę/nawozy

Przykładowe platformy - Arduino Intel Galileo

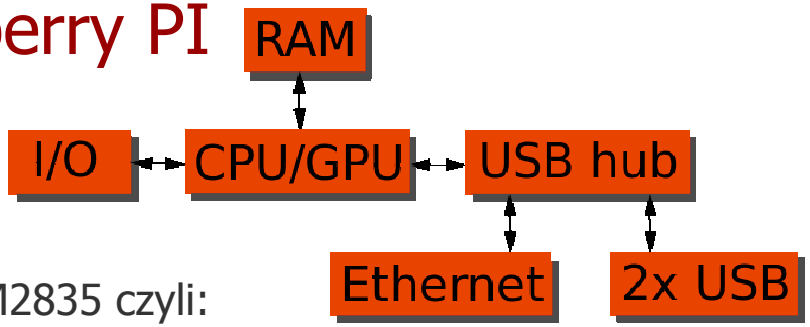
- Gdzie szukać więcej informacji
  - Opis platformy i tutoriale
    - https://communities.intel.com/docs/DOC-21838
    - http://www.intel.pl/content/www/pl/pl/intelligent-systems/galileo/galileo-overview.html
    - http://www.intel.pl/content/www/pl/pl/do-it-yourself/galileo-maker-quark-board.html
    - https://communities.intel.com/servlet/JiveServlet/previewBody/22475-102-3-26019/Galileo_BoardUserGuide_330237_001.pdf
  - Miejsce z oficjalnymi narzedziami i obrazami Linux'a
    - https://communities.intel.com/docs/DOC-22226
  - Praktyczny i przystępny opis platformy "Sparkfun's Galileo Getting Started Guide" - ***pozycja polecana na początek!***
    - https://learn.sparkfun.com/tutorials/galileo-getting-started-guide
  - Strona Arduino:
    - http://arduino.cc/en/ArduinoCertified/IntelGalileo

Przykładowe platformy - Raspberry PI

- Raspberry PI
  - Platforma budżetowa
    - 25$/35$ (2012.10.01)
  - Konstrukcja z 2011
    - Początki pomysłu to 2006
  - Ciekawostka:
    - Osoba fizyczna można kupić u danego dystrybutora tylko jedną sztukę urządzenia - zbyt duże zainteresowanie tym rozwiązaniem
  - Raspberry Pi to pełnoprawny komputer z niezłym wsparciem
    - Gotowe do pobrania obrazy z systemami operacyjnymi: Debian, Fedora, Arch, QtoPi, RISC OS, Xbmc(rozwiązanie multimedialne), ...
      - instalacja danego obrazu to proste nagranie obrazu na kartę SD (np.: poleceni ‘dd’)

Źródło: http://wikipedia.org

Przykładowe platformy - Raspberry PI



- Raspberry PI, cd.
  - Co zawiera „pod maską”
    - SoC (**S**ystem **o**n **C**hip) Broadcom BCM2835 czyli:
      - CPU - ARM11 family
      - GPU - Procesor graficzny wspierający: OpenGL, HDMI 1080p, dekodowanie wideo h.264, ...
      - DSP -
      - kontroler SDRAM
      - kontroler Host-USB
    - 256MB pamięci SDRAM, złącze kart SD, kontroler Ethernet
      - Proces startu rozpoczyna się z treści zapisanej na zainstalowanej karcie SD - uprasza procedury deweloperskie (trudno zepsuć urządzenie przez złe zaprogramowanie pamięci trwałej)
    - Zasilanie 5V, pobór mocy <3,5W (!), wymiary: 85mm X 53mm

Źródło: http://wikipedia.org

Przykładowe platformy - Raspberry PI

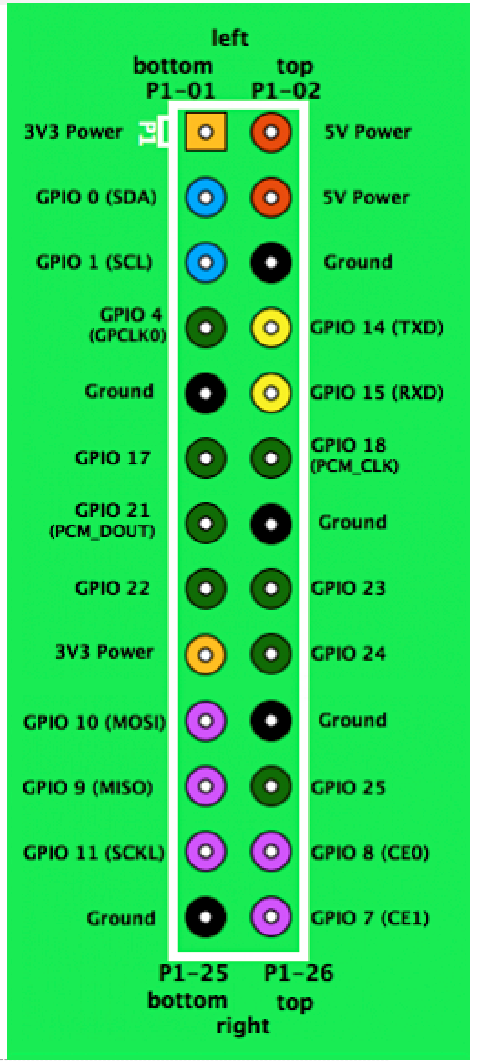
- Raspberry PI, cd.
  - Jak tworzyć kod łączący się z sensorami/elementami wykonawczymi
    - Biblioteki dla: C, Python, Java, Perl, Ruby
    - Przykład w Java
      - bazuje na gotowej do użycia bibliotece [http://code.google.com/p/rpi-gpio-java]

```
GpioGateway gpio = new GpioGatewayImpl();

//as output pin
gpio.setup(Boardpin.PIN11_GPIO17, Direction.IN);
//as input pin
gpio.setup(Boardpin.PIN12_GPIO18, Direction.OUT);

//read value
boolean input_value=gpio.getValue(Boardpin.PIN11_GPIO17);

//write value (true->"1")
gpio.setValue(Boardpin.PIN12_GPIO18, true);
```



Źródło: http://elinux.org

Podsumowanie

Źródła uzupełniające

- Strony internetowe
  - Przykładowe procesory
    - http://www.atmel.com, http://www.ti.com, http://www.arm.com
  - Przykładowe platformy
    - http://arduino.cc, http://arduiniana.org/libraries/newsoftserial/
- Książki
  - Simon Monk, „Arduino i Android. Niesamowite projekty. Szalony geniusz”, Helion

Dziękuję za uwagę!