

# CeDeROM Brain Computer Interface

Tomasz Bolesław CEDRO  
Studenckie Koło Naukowe Cybernetyki

Opiekun projektu:  
prof. nzw. dr hab. inż. Antoni GRZANKA  
Zespół Aparatury Biocybernetycznej  
Instytut Systemów Elektronicznych  
Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych  
Politechnika Warszawska

Konferencja Kół Naukowych PW EiTI  
12.X.2010

# Plan prezentacji

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Przyszłość

1 Wstęp

2 Teoria

3 Praktyka

4 CeDeROM BCI

5 Przyszłość

## 1 Wstęp

- Czym jest Brain Computer Interface?
- Przykłady istniejących rozwiązań

# Czym jest Brain Computer Interface?

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

**Czym jest  
Brain  
Computer  
Interface?**

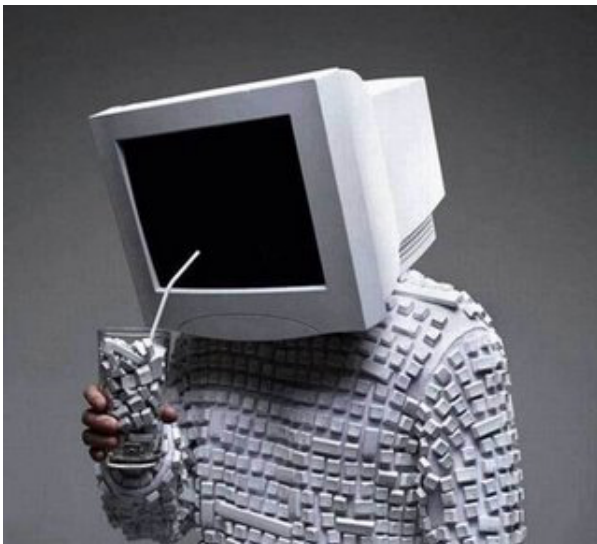
Przykłady  
istniejących  
rozwiązań

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Przyszłość



# Czym jest Brain Computer Interface?

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

**Czym jest  
Brain  
Computer  
Interface?**

Przykłady  
istniejących  
rozwiązań

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Przyszłość

- To nowatorskie rozwiązanie z dziedziny aparatury biomedycznej, którego zadaniem jest interakcja technicznego sprzętu komputerowego z biologicznym użytkownikiem bazując na pomiarze aktywności mózgu.
- Jest to urządzenie rodem z filmów science-fiction dzięki któremu możliwe będzie sterowanie urządzeniami za pomocą „siły myśli”.
- Wstępne badania naukowe prowadzone już w różnych ośrodkach badawczych na całym świecie, dają nadzieję na faktyczne wykorzystanie wielkiego potencjału ukrytego w tego typu urządzeniach.
- My też prowadzimy tego typu badania.. tyle, że na mniejszą skalę ;-)

# Czym jest Brain Computer Interface?

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

**Czym jest  
Brain  
Computer  
Interface?**  
Przykłady  
istniejących  
rozwiązań

Teoria

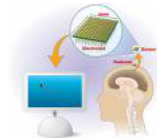
Praktyka

CeDeROM  
BCI

Przyszłość

- W chwili obecnej badawcze ośrodki uniwersyteckie wykorzystują gotowe komercyjne rozwiązania sprzętowe, często o zamkniętej architekturze zarówno programowej jak i sprzętowej. Z tego powodu brak jest jednego wspólnego standardu akwizycji, komunikacji i przechowywania danych.
- Prezentowane rozwiązanie ma na celu stworzenie otwartego systemu akwizycji i przetwarzania danych biomedycznych, który z pewnością znajdzie zastosowanie także w innych projektach badawczych z dziedziny inżynierii biomedycznej, a być może przyspieszy ich rozwój wprowadzając pewną systematykę i otwarty standard badań na poziomie sprzętu i protokołów pomiędzy współpracującymi grupami naukowymi.

- Prywatna firma amerykańska skupiająca się na inwazyjnych interfejsach neuronowych (ang. Neural Interface) mających pomóc głównie osobom niepełnosprawnym.

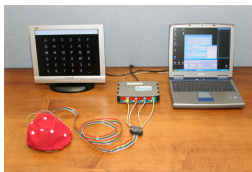


- Posiada szereg patentów związanych z działalnością komercyjną i badawczą.
- Wykupuje rozwiązania, patenty i firmy z branży.
- Rosnący gigant cybernetyki?

<sup>1</sup><http://www.braingate.com/>

# Rodzina urządzeń g.Tec Guger Technologies<sup>2</sup>

- Australijska firma założona w 1999 roku oferuje w sprzedaży całą gamę urządzeń biomedycznych przeznaczoną do nieinwazyjnego odbioru, generacji, wizualizacji i przetwarzania w czasie rzeczywistym sygnałów bioelektrycznych.



- Systemy g.Tec od przyjęty się jako sprzęt referencyjny wśród grup badających zjawiska wyższego poziomu, tj. przetwarzanie sygnałów, algorytmy, wizualizacje, itp.
- Są to bardzo drogie urządzenia (powyżej 80kEUR).  
Staramy się uzyskać do nich dostęp.

<sup>2</sup><http://www.gtec.at/>



# Grupy Naukowe

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Czym jest  
Brain  
Computer  
Interface?  
Przykłady  
istniejących  
rozwiązań

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Przyszłość

- Intelligent Systems Division<sup>3</sup>, oraz Robotics Group at Jet Propulsion Laboratory<sup>4</sup>, NASA, USA.
- Microsystem Technology Office, Defense Advanced Research Projects Agency<sup>5</sup>, USA.
- Cybernetic Intelligence Research Group, University of Reading, UK – prof. Kevin Warwick<sup>6</sup>.
- Advanced Brain Signal Processing, RIKEN Brain Science Institute, Japonia – prof. Andrzej Cichocki<sup>7</sup>.
- Zakład Fizyki Biomedycznej, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski – dr hab. Piotr Jerzy Durka<sup>8</sup>.
- wiele innych...

---

<sup>3</sup><http://ti.arc.nasa.gov/tech>

<sup>4</sup>[http://www-robotics.jpl.nasa.gov/people/Michael\\_Wolf](http://www-robotics.jpl.nasa.gov/people/Michael_Wolf)

<sup>5</sup>[http://www.darpa.mil/mto/personnel/judy\\_j.html](http://www.darpa.mil/mto/personnel/judy_j.html)

<sup>6</sup><http://www.reading.ac.uk/sse/about/staff/k-warwick.aspx>

<sup>7</sup><http://www.bsp.brain.riken.jp/> cia

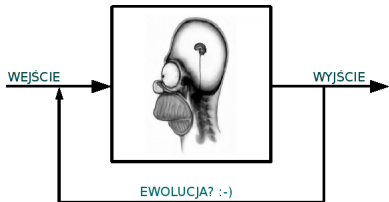
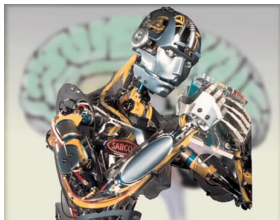
<sup>8</sup><http://brain.fuw.edu.pl/> durka

## 2 Teoria

- Człowiek jako złożony system biologiczny
- Sterowanie w systemach biologicznych
- Budowa mózgu i sygnał EEG

# Człowiek jako złożony system biologiczny

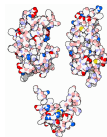
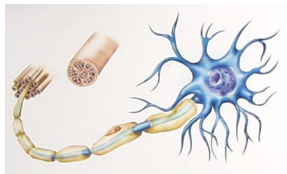
- Człowiek jest złożonym systemem biologicznym, w którym poszczególne funkcje realizują wyspecjalizowane części organizmu.
- Organy i zjawiska mogą być reprezentowane przez „czarne skrzynki” z wejściami i wyjściami, których dokładne charakterystyki badają poszczególne gałęzie medycyny, biologii, chemii i innych nauk.



# Sterowanie w systemach biologicznych

- Organizm ludzki działa dzięki skoordynowanemu współdziałaniu ze sobą wielu różnych narządów odpowiedzialnych za poszczególne funkcje. Informacja pomiędzy „podsystemami” organizmu wymieniana jest biochemicznie lub elektrochemicznie a za przepływ informacji odpowiadają:

- 1 System nerwowy stanowiący skomplikowaną sieć neuronową oplatającą wewnątrz nasz organizm.
- 2 System hormonalny stanowiący biochemiczną drogę przekazywania informacji do narządów.



# Pomiar sygnałów bioelektrycznych

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Człowiek jako  
złożony  
system  
biologiczny

**Sterowanie w  
systemach  
biologicznych**

Budowa  
mózgu i  
sygnał EEG

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Przyszłość

- Pomiar i analiza sterowania sprowadza się do badania pewnego czynnika biologicznego, którego wartość zamieniana jest na wielkość elektryczną, poddawaną dalszej obróbce numerycznej.
- Czynnikiem biologicznym może być:
  - ① Temperatura
  - ② Skład chemiczny substancji
  - ③ Potencjał elektryczny
- Znając mechanizm działania systemu biologicznego można wykorzystywać zjawiska w nim zachodzące do pośredniego pomiaru pewnych wielkości... na przykład potencjału pola elektrycznego generowanego przez komórki sieci neuronowej.

# Budowa mózgu

- W mózgu jest około  $10^{12}$  neuronów, tworzących do  $10^4$  połączeń każdy...



- Komórki kory tworzą warstwę grubości około 5mm i są zorientowane równoległe do siebie.
- Dzięki synchronizacji w populacjach liczących miliony neuronów, potencjał elektryczny może być rejestrowany na powierzchni głowy (EEG).

- ## 3 Praktyka
- Rodzaje interfejsów BCI
  - Sygnał EEG
  - NeuroFeedback
  - Wyzwania i problemy





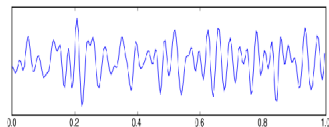
# Pomiar sygnału EEG

- Zasada działania jest zawsze zbliżona, niezależnie od metody pomiaru i technologii w jakiej zrealizowane jest urządzenie.



**ELEKTRODY**

WZMACNIACZ

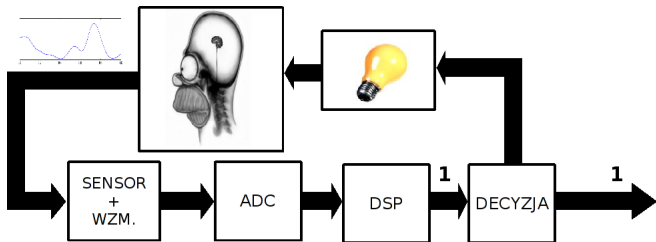


**ELEKTROENCEFALOGRAM**

- Aktywność pewnego organu lub obszaru organizmu zamieniana jest za pomocą specjalizowanych sensorów na sygnał elektryczny, który odpowiednio wzmacniony poddawany jest dalszej obróbce i analizie.

# Neuro-Feedback

- Wprowadzenie pętli sprzężenia zwrotnego wraz z kontrolowanym czynnikiem pobudzającym daje możliwość interakcji „na żywo”.



- Organizm biologiczny jest zaledwie jednym z kilku ogniw systemu sterowania, ale w zasadniczy sposób kształtuje informację w nim wędrującą.

# Wyzwania i problemy

- W rzeczywistości konstruktorzy mają do pokonania wiele bardzo trudnych problemów niekoniecznie czysto technicznych, nad którymi pracują często całe interdyscyplinarne zespoły inżynierów, medyków, itp.
  - ➊ Akwizycja sygnału o niesłychanie małej amplitudzie ( $\mu V$ )
  - ➋ Dostępność metod i środków pomiarowych (inwazyjne)
  - ➌ Wydobycie interesującego sygnału z oceanu informacji (model, zakłócenia, szумы)
  - ➍ Przetwarzanie w czasie rzeczywistym (RTOS, moc obliczeniowa, opóźnienia, procesy fizjologiczne)
  - ➎ Subiektywność odczytów (trenowanie urządzenia)
  - ➏ Dostępność i wygoda użytkowania (elektrody)
  - ➐ ...
- W przypadku inżynierów, problemem jest zbudowanie systemu elektronicznego o odpowiednio uniwersalnej architekturze łączącej wiele standardów w jedną spójną całość.

# CeDeROM BCI

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Opis systemu

Cechy  
systemu

Etap  
inżynierski

Wnioski

Etap  
Magisterski

Przyszłość

- 4 CeDeROM BCI
  - Opis systemu
  - Cechy systemu
  - Etap inżynierski
  - Wnioski
  - Etap Magisterski

# Opis systemu

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

**Opis systemu**

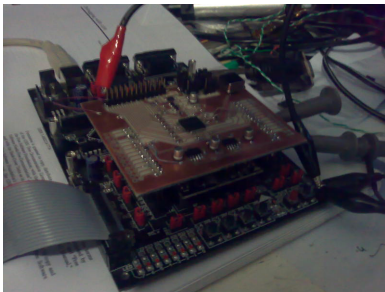
Cechy  
systemu

Etap  
inżynierski  
Wnioski

Etap  
Magisterski

Przyszłość

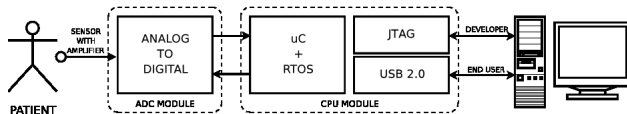
- CeDeROM BCI to projekt, którego celem jest stworzenie **od podstaw** platformy akwizycji i przetwarzania sygnałów biologicznych, w szczególności sygnałów elektrycznej aktywności mózgu.



- W realizacji projektu wykorzystane są jedynie niedrogie elementy elektroniczne COTS, oraz darmowe narzędzia programistyczne Open-Source GNU i BSD.

# Cechy systemu

- System charakteryzuje budowa modułarna – poszczególne bloki funkcjonalne umieszczone są na osobnych płytках drukowanych połączonych wspólną magistralą.



## Założenia konstrukcyjne:

- 1 łatwość rozbudowy i pracy konstruktora/developera
- 2 możliwość parametryzacji poszczególnych bloków i komponentów systemu
- 3 możliwość zbudowania dedykowanego rozwiązania z istniejących bloków
- 4 współpraca z podobnymi systemami lub ich elementami

# Plan prac etapu inżynierskiego:

## Plan prac:

- Rozpoznanie SDK systemów wbudowanych (GNU ARM TOOLCHAIN + JTAG + OpenOCD)
- Zapoznanie z architekturą mikrokontrolerów ARM
- Rozpoznanie mikrosystemów operacyjnych czasu rzeczywistego (FreeRTOS)
- Rozpoznanie kanału komunikacji USB 2.0 włącznie z blokiem sprzętowym mikrokontrolera i stosem programowym (libusb)
- Ustalenie standardu komunikacji (BCI Open Protocol)
- Rozpoznanie importu danych do środowiska programistycznego, w którym będzie mieć miejsce dalsza obróbka numeryczna sygnałów (Matlab, Octave, SciLab)
- Rozpoznanie przetworników ADC wysokiej rozdzielczości

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Opis systemu  
Cechy  
systemu

**Etap  
inżynierski**  
Wnioski

Etap  
Magisterski

Przyszłość

# SDK Systemów Wbudowanych

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Opis systemu  
Cechy  
systemu

**Etap  
inżynierski**  
Wnioski

Etap  
Magisterski

Przyszłość

- GNU ARM TOOLCHAIN jest darmowym zestawem narzędzi programistycznych o otwartym kodzie źródłowym (licencja GNU). Narzędzia (binutils, gcc, gdb, make) pozwalają na kompilację i konsolidację kodu źródłowego języka C lub/i asemblera do postaci obrazu (\*.bin lub \*.hex) programu wgrywanego do pamięci systemu wbudowanego (w tym przypadku mikrokontrolera ARM7).
- OpenOCD to darmowy program o otwartym kodzie źródłowym, dzięki któremu możliwe jest programowanie systemu wbudowanego oraz śledzenie jego pracy przez interfejs JTAG.
- Zestaw narzędzi jest darmowy, nie ma ograniczeń na wielkość produkowanego programu i działa na różnych platformach, choć nie jest tak łatwy i szybki w użyciu jak komercyjne SDK dla Win32.



# Mikroprocesor ARM i system FreeRTOS

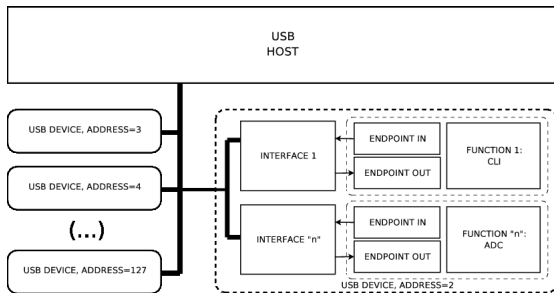
- Serce systemu jest Moduł Procesora (CPU Module) oparty o 32-bitowy mikrokontroler LPC2148 produkcji NXP (dawny Philips) z rdzeniem ARM7TDMI.



- Struktura układu zawiera: 512kB FLASH i 32kB RAM, USB 2.0 Full Speed Device + DMA, JTAG ICE/Debug, DAC, ADC, GPIO, PWM, RTC, VIC, SPI, I2C, UART, PLL, obudowę LQFP-64.
- Na mikrokontrolerze uruchomiony jest mikrosystem czasu rzeczywistego FreeRTOS posiadający port dla rodziny LPC2000 i dostosowany do sprzętu ewaluacyjnego ZL9ARM produkcji BTC. Duża część programu urządzenia wykorzystuje kod dostępny publicznie w internecie (licencja GNU).

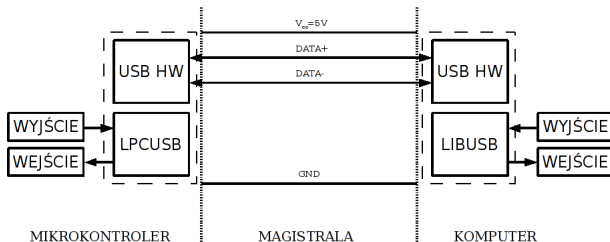
# USB 2.0

Universal Serial Bus 2.0 to obecnie najbardziej znany standard wymiany informacji w systemach komputerowych, zapewniający dużą prędkość transmisji danych (12Mbit/s Full-Speed, 480Mbit/s High-Speed).



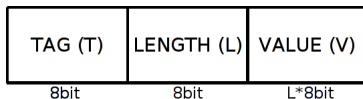
# USB 2.0

Mikrokontroler LPC2148 posiada wbudowany sprzętowy blok stanowiący urządzenie USB Full-Speed obsługujący ramkowanie i buforowanie transmisji. Funkcja urządzenia - a więc typ, rodzaj i parametry urządzenia widzianego przez komputer - zależy od oprogramowania zarządzającego blokiem sprzętowym (LPCUSB), oraz konfiguracji za pomocą odpowiednio skonstruowanych deskryptorów.



# BCIOP: Brain Computer Interface Open Protocol<sup>9</sup>

- BCIOP to propozycja kompaktowego standardu wymiany informacji pomiędzy urządzeniami klasy BCI lub innym sprzętem medycznym a komputerem sterującym.
- Pakiet zbudowany jest na zasadzie TLV (Tag Length Value), tj. pierwszy oktet (T) mówi o przeznaczeniu pakietu, drugi oktet (L) mówi o długości danych, a kolejne oktety (V) zawierają transportowany ładunek informacyjny o długości  $L \cdot 8\text{bit}$ .



- Pakiety podzielone są na dwa typy – sterujące urządzeniem i transportujące dane. Pakiet o  $L=0$  to zapytanie, pakiet o  $L \neq 0$  to odpowiedź na wcześniejsze zapytanie.

<sup>9</sup><http://bciop.sf.net>

# Import danych do środowiska Matlab

- Praca z sygnałami pochodzącymi z urządzenia polegać będzie w dużej mierze na obróbce numerycznej.
- Autorskie urządzenie, które nie ma zaimplementowanego standardowego protokołu (np. GPIB), napotyka na problem wczytywania danych bez użycia komercyjnych Toolbox'ów. Co gorsza takie Toolbox'y nie istnieją, trzeba je więc stworzyć samemu!
- Odkryłem więc sprytną metodę na wykonanie takiego zadania – dane mogą zostać przetransportowane do środowiska Matlab z użyciem mechanizmów bibliotek dynamicznych – funkcje obsługujące urządzenie można opakować w plik \*.so lub \*.dll tworząc własny sterownik urządzenia. Dane zwracane przez funkcje mogą być wynikami pomiarów lub rezultatem wykonania poleceń przez urządzenie.

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Opis systemu  
Cechy  
systemu

**Etap  
inżynierski**  
Wnioski

Etap  
Magisterski

Przyszłość

# Import danych do środowiska Matlab

Plik nagłówkowy test.h:

```
char* test();  
char* test2();  
int test_add(int a, int b);
```

Plik źródłowy test.c:

```
#include "test.h"  
char* test(){  
    return "test function 1 result\n";  
}  
char* test2(){  
    return "test function 2 result\n";  
}  
int test_add(int a, int b){  
    return a+b;  
}
```

Kompilacja:

```
gcc -shared -o test.so test.c
```

# Import danych do środowiska Matlab

## Uruchomienie przykładu w Matlab:

```
>> loadlibrary test.so test.h

>> calllib('test', 'test')
ans =
test function 1 result

>> calllib('test', 'test2')
ans =
test function 2 result

>> calllib('test', 'test_add')
??? Error using ==> calllib
No method with matching signature.

>> calllib('test', 'test_add', 1, 2)
ans =
     3

>> unloadlibrary test
```

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Opis systemu  
Cechy  
systemu

**Etap  
inżynierski**

Wnioski

Etap  
Magisterski

Przyszłość

# Przetwornik ADC Sigma-Delta

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Opis systemu  
Cechy  
systemu

**Etap  
inżynierski**

Wnioski

Etap  
Magisterski

Przyszłość

- Zaprojektowany przeze mnie w programie Eagle<sup>10</sup> moduł przetwornika analogowo-cyfrowego ADS1278 firmy Texas Instruments<sup>11</sup> zawiera układ przetwornika wraz z niezbędnymi do jego pracy elementami – stabilizatory napięcia, źródła napięcia odniesienia, własne źródło sygnału zegarowego itp.
- Cechy zastosowanego przetwornika: osiem niezależnych przetworników SD, wejścia różnicowe, szeregowo wyjście danych, protokół SPI lub Frame Relay, osiem wyjść danych lub jedno TDMA, brak bufora FIFO danych!

---

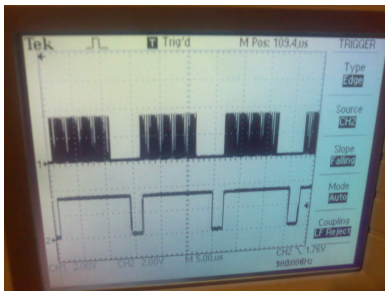
<sup>10</sup><http://www.cadsoft.de/>

<sup>11</sup><http://www.ti.com>



# Przetwornik ADC Sigma-Delta

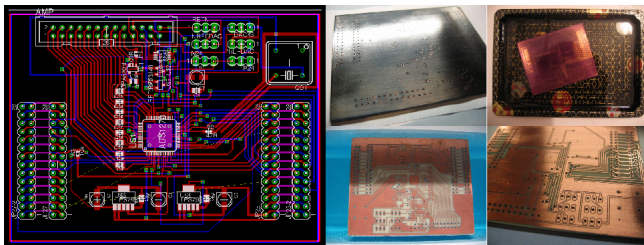
- Należy zaznaczyć, że moduł przetwornika jest niezależny od modułu sensora czy wzmacniaczy analogowych, co zwiększa możliwość zmiany lub rekonfiguracji systemu w trakcie badań.



- Brak bufora FIFO znacznie obciąża główny procesor urządzenia nawet przy wykorzystaniu tylko jednego kanału 24-bit!!!

# Przetwornik ADC Sigma-Delta

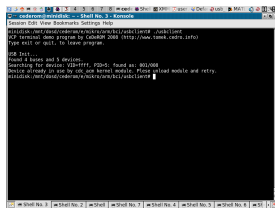
- Wykonanie w domu płytki z tak czułym przyrządem pomiarowym, zwłaszcza przy tak dużej liczbie przelotek i tylko dwustronnym laminacie, nie miało na celu stworzenia precyzyjnego układu, a jedynie wersję testową do przećwiczenia komunikacji CPU-ADC.



- Płytkę wykonałem metodą fotochemiczną, która miło zaskoczyła mnie łatwością i wysoką precyzją.

# USB: Prosty klient libusb

- Urządzenie posiadać może kilka interfejsów funkcjonalnych korzystających z jednego fizycznego połączenia USB.
- Istnieje możliwość zmiany konfiguracji urządzenia i przełączenia systemu w zupełnie inny tryb pracy.



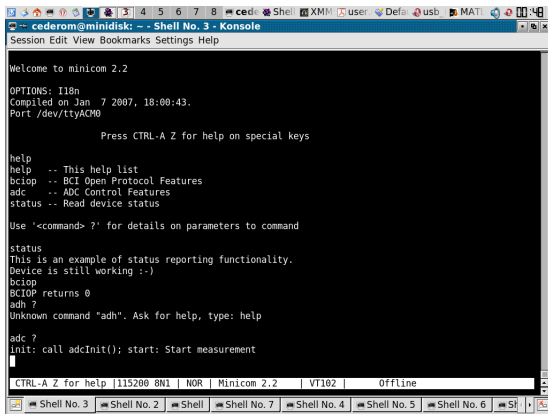
```
root@cedro:~/root/cedrom/usb-client# ./usb-client
libusb (libusb)
libusb version: 1.0.16
libusb daemon version: 0.1.1
libusb daemon program by CedROM 2009 (http://www.tamk.cedro.info)
Type exit or ctrl-c to leave program.

libusb test ...
Found 2 buses and 5 devices:
Searching for device: VID:FFFF, PID:5, found at: 001:008
Device already in use by another kernel module. Please disconnect and retry.
root@cedro:~/root/cedrom/usb-client#
```

- Przykładowy program klienta USB, napisany dla systemu Linuks, łączy się z urządzeniem, uruchamia przetwornik i wyświetla przychodzące dane na standardowym wyjściu, więc można je swobodnie przekierować do pliku.

# CLI: Command Line Interface

- Urządzenie zostało wyposażone w wiersz poleceń sterujący pracą komponentów systemu. CLI dostępne jest jako wirtualny port szeregowy modemowy, więc działa w nowych systemach nawet bez dodatkowego sterownika.



```
cederom@minidisk: ~ - Shell No. 3 - Konsola
Session Edit View Bookmarks Settings Help

Welcome to minicom 2.2

OPTIONS: I18n
Compiled on Jan  7 2007, 18:00:43.
Port /dev/ttyACM0

Press CTRL-A Z for help on special keys

help
help -- This help list
bciop -- BCI Open Protocol Features
adc -- ADC Control Features
status -- Read device status

Use '<command> ?' for details on parameters to command

status
This is an example of status reporting functionality.
Device is still working :)
bciop
BCIOP returns 0
adh ?
Unknown command "adh". Ask for help, type: help

adc ?
init: call adcInit(); start: Start measurement
|
```

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Opis systemu

Cechy  
systemu

Etap  
inżynierski

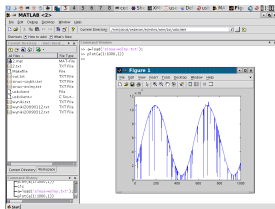
Wnioski

Etap  
Magisterski

Przyszłość

# USB: Wady

- Magistrala USB nie jest najlepszym rozwiązaniem do prototypowania i badań – różnice w implementacji systemów operacyjnych, a nawet libusb w zależności od wersji i systemu operacyjnego.



- Słaby stos USB w mikrokontrolerze i ograniczenia przepustowości libusb (tylko tryb Bulk) nie potrafiły wykorzystać nawet przepustowości 12MBit/s.
- Podobna funkcjonalność może być osiągnięta przez Ethernet, a znacznie mniejszym nakładem pracy i czasu.

# Zadania oczekujące na realizację

Zadania, które planuję wykonać w ramach pracy magisterskiej:

- Stworzenie prototypu wersji przenośnej urządzenia rejestrującego EEG (ARM-Cortex/Stm32Primer2).
- Stworzenie prototypu wersji laboratoryjnej opartej o układ FPGA zawierający wbudowany mikrokontroler (IP Core) z systemem RTOS, oraz dedykowanym blokiem filtracji cyfrowej (DSP) w czasie rzeczywistym (Xilinx Spartan 3A-DSP).
- Platforma demonstracyjna działanie systemu CeDeROM BCI – sterowanie grą na komputer Atari, oraz gra PONG w pełni zrealizowana na układzie FPGA (bez komputera).
- Opracowanie bazy teoretycznej z zakresu neuroanatomii i neurofizjologii.
- Dokładniejsze zestawienie i porównanie istniejących rozwiązań BCI.

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Opis systemu  
Cechy  
systemu  
Etap  
inżynierski  
Wnioski  
Etap  
Magisterski

Przyszłość

# Zadania oczekujące na realizację

- Aby zaprogramować zestaw Stm32Primer2 używając narzędzi Open-Source, należy najpierw zaimplementować magistralę SWD (Serial Wire Debug, alternatywa JTAG) w programach OpenOCD i UrJTAG, nad czym od niedawna pracuję<sup>12</sup>.



<sup>12</sup><http://stm32primer2swd.sf.net>

# Zadania oczekujące na realizację

- Na układzie FPGA Xilinx zaimplementowałem już prostą grę PONG.



- Należy opracować płytkę ADC pasującą do złączy i sygnałów modułu FPGA.



# Zadania oczekujące na realizację

- Do testów wykorzystam wzmacniacz sygnałów biologicznych ze znanego projektu OpenEEG.



- Jeśli wystarczy czasu będę mógł wykonać i przetestować własne koncepcje wzmacniaczy sygnałów biologicznych.

- Istnieje potrzeba zbadania różnych koncepcji i konstrukcji wielokanałowych wzmacniaczy sygnałów biologicznych oraz przetworników ADC, ich parametryzacji i w pewnym sensie normalizacji lub porównania względem istniejących rozwiązań.
- Poszukiwanie metod pozyskiwania sygnału użytecznego i tworzenie modeli zjawisk.
- Poszukiwanie metod i technik wizualizacji/sterowania w procesie NeuroFeedback.

# Zapraszamy do współpracy!

CeDeROM  
Brain  
Computer  
Interface

Tomasz  
Bolesław  
CEDRO  
Studenckie  
Koło  
Naukowe  
Cybernetyki

Wstęp

Teoria

Praktyka

CeDeROM  
BCI

Przyszłość

Dziękuję za uwagę!

Zapraszam na stronę internetową Koła Naukowego Cybernetyki

<http://cyber.ise.pw.edu.pl>