

# Rejestracja i analiza sygnału EKG

R. Jurczak, U. Oleszek

Wydział Fizyki UW, Neuroinformatyka

3 grudnia 2015

# Plan referatu:

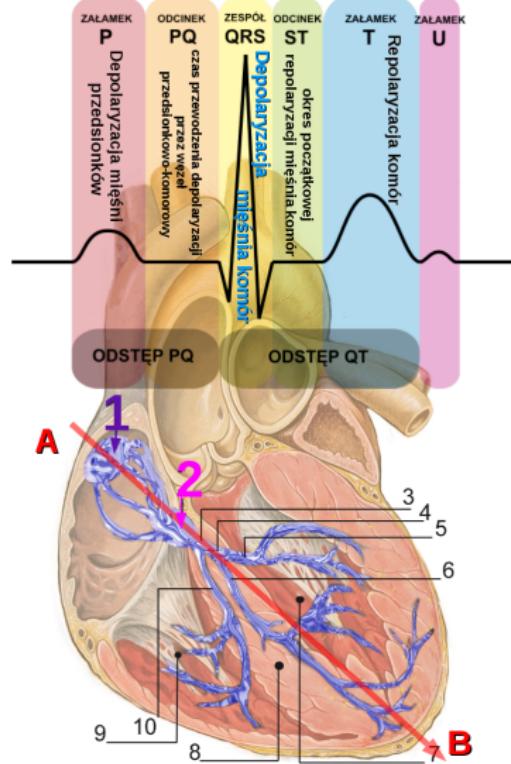
- ① Czynność elektryczna serca
- ② Wektorokardiografia w ujęciu Einthovena
- ③ Przebieg doświadczenia
- ④ Miejsce przyczepu elektrod i montaż
- ⑤ Wyniki pomiarów i analiza

# Czynność elektryczna serca

Układ bodźcowróczo-przewodzący serca:

- 1 węzeł zatokowo-przedsionkowy
- 2 węzeł przedsionkowo-komorowy
- 3 pęczek Hisa
- 4 lewa odnoga pęczka Hisa
- 5 wiązka tylna lewej odnogi
- 6 wiązka przednia lewej odnogi
- 7 lewa komora
- 8 przegroda międzykomorowa
- 9 prawa komora
- 10 prawa odnoga pęczka Hisa

Rytm pracy serca powstaje w **węźle zatokowo-przedsionkowym** w prawym przedsionku. Potencjały czynnościowe, rozchodzące się przez pęczek Hissa i włókna Purkinjego, powodują skurcz przesionków. Skurcz komór odbywa się za pośrednictwem **węzła przedsionkowo-komorowego**, gdy pobudzenie z włókien Purkinjego dochodzi do wierzchołka serca (punkt B).

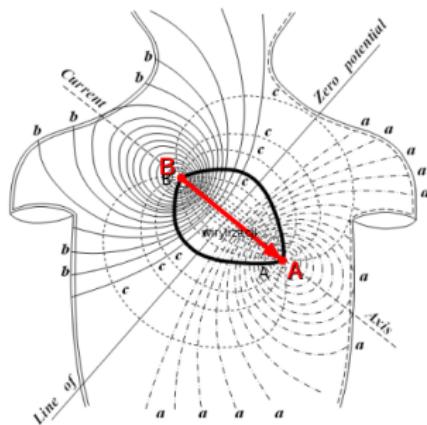


# Wektorokardiografia w ujęciu Einthovena

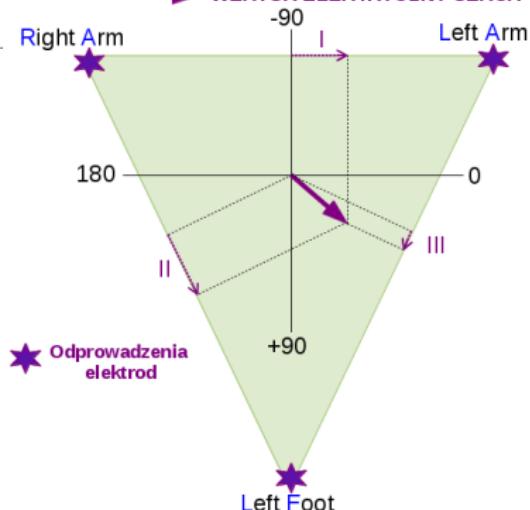
Założenie: Serce jest zmiennym dipolem elektrycznym

Włókna mięśniowe serca podczas skurczu tworzą mikroskopijne dipole.

→ GŁÓWNY KIERUNEK PROPAGACJI



→ WEKTOR ELEKTRYCZNY SERCA



b,a = linie izopotencjalne

c = teoretyczne linie przepływu prądu

Źródło: Wykład 2 „Sygnały bioelektryczne” Piotr Suffczyński  
<http://brain.fuw.edu.pl/~suffta/SygnałyBioelektryczne/>

Einthoven → pomiar różnicy napięć:

$$I = LA - RA$$

$$II = LF - RA$$

$$III = LF - LA$$

# Przebieg doświadczenia

- ① budowa ułada pomiarowego: połączenie komputera i biologicznego wzmacniacza różnicowego
- ② podłączenie do wzmacniacza i ciała człowieka
- ③ uruchomienie programu Svarog
- ④ testowanie pomiaru
- ⑤ pomiar sygnału referencyjnego i ze stymulacją; pomiar był wykonywany z czterech kanałów: elektrody bipolarnej, elektrody na prawej ręce, na lewej ręce, na lewej kostce (każdy kanał względem elektrody na brzuchu - "floating ground")

# Miejsce przyczepu elektrod i montaż

0A - pływająca masa

1LA - elektroda monopolarna

2RA - elektroda monopolarna

3LL - elektroda referencyjna

4B - elektroda bipolarna

Wykonano pomiar napięcia różnicowego względem elektrody 0A.

W analizie danych zastosowano montaż Einthovena:

montaż I: 1LA – 2RA

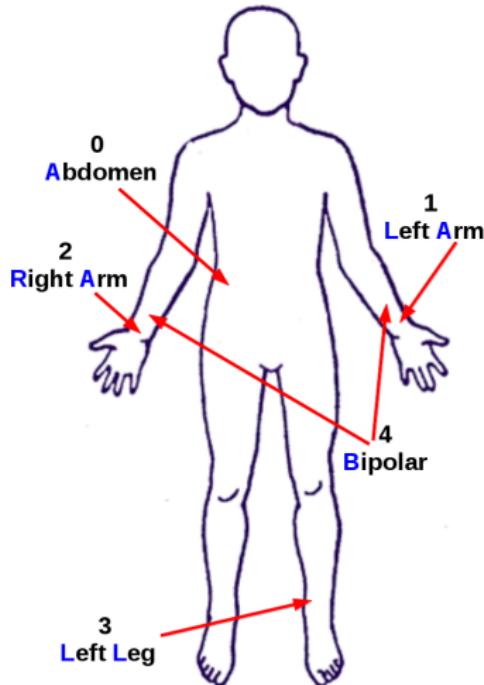
montaż II: 3LL – 2RA

montaż III: 3LL – 1LA

Oraz monaż z elektrodą bipolarną:

montaż

IV: 4B – 0A



# Przygotowanie sygnału i uzyskiwanie wykresu EKG

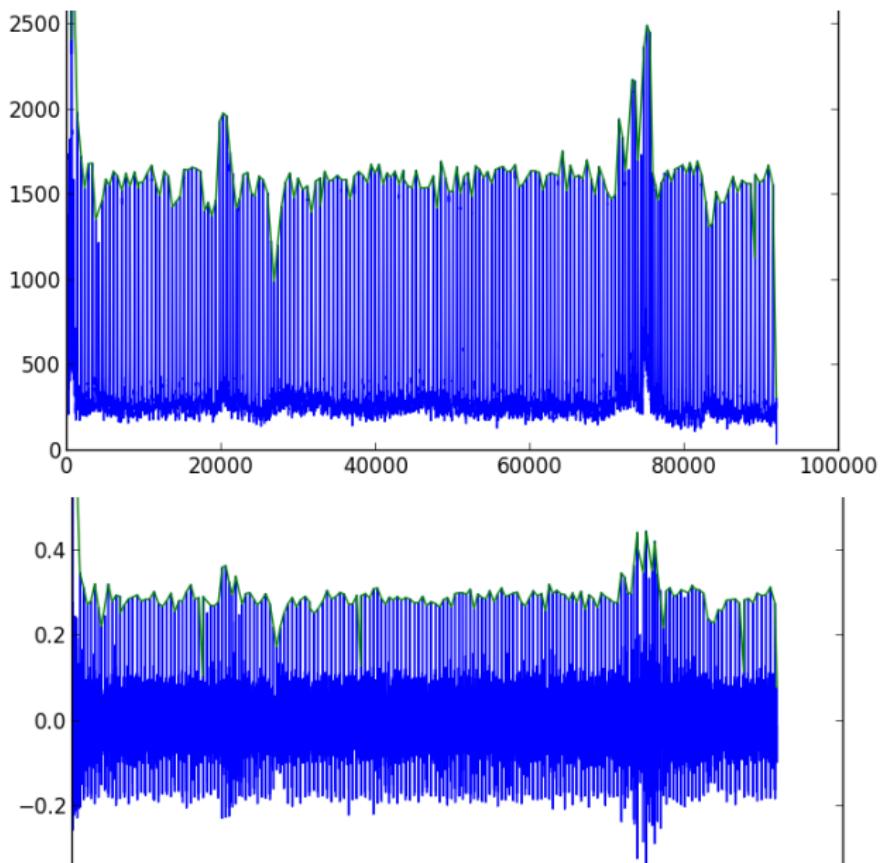
- Wczytanie czytego sygnału zapisanego w formacie .raw
- Rozdzielenie kanałów i wykonanie montaży
- Zastosowanie filtru górnoprzepustowego (Butterforda, o nieskończonej odpowiedzi impulsowej) o częstotliwości odcięcia równej 10 Hz

# Metody analityczne

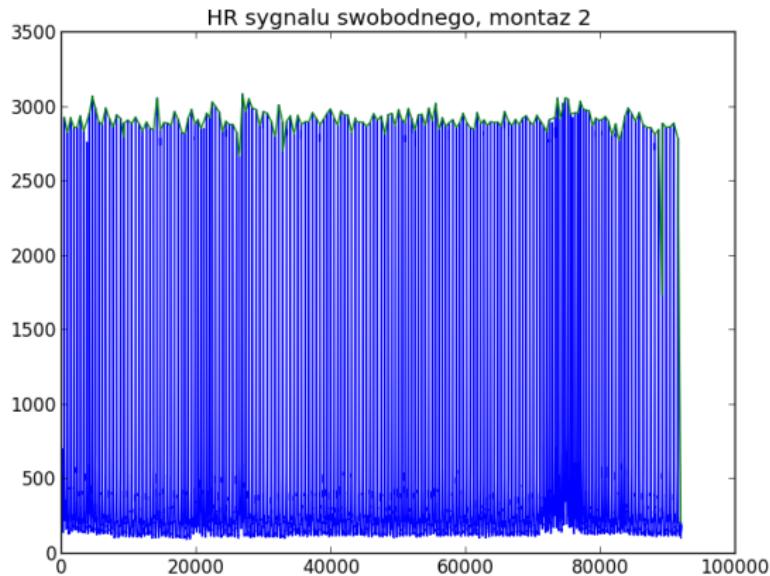
- Metoda 1: przepłynięcie funkcją uśredniającą sąsiadujące próbki (długość odcinka uśrednianego równa długości załamka QRS)
- Metoda 2: Wybranie sekundowego wycinka z sygnału i przepłynięcie nim licząc korelacje na całej długości sygnału

Kolejnym krokiem było szukanie maksimów uzyskanych na odcinkach sekundowych.

# Metoda pierwsza

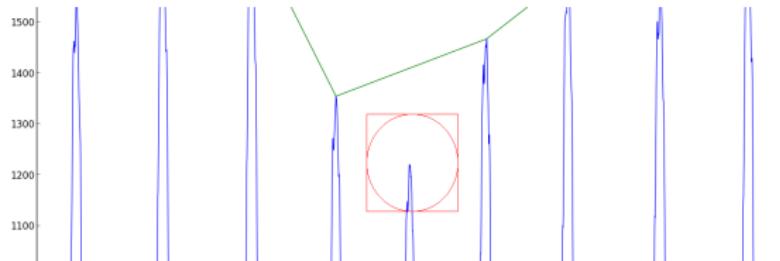


# Metoda druga

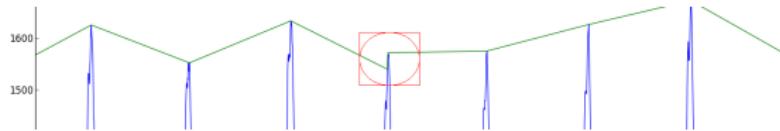


# Wady obu metod

- Długi czas obliczeń
- Niektóre maksima są pomijane



- Pojawiają się trafienia false positive



- Wyniki liczbowe niezbyt zadowalające

# Metoda trzecia

- Znalezienie wszystkich maksimów lokalnych
- Odrzucenie znajdujących się poniżej połowy maksymalnego
- Odrzucenie znajdujących się bliżej niż pół sekundy

Zalety zastosowanie trzeciej metody:

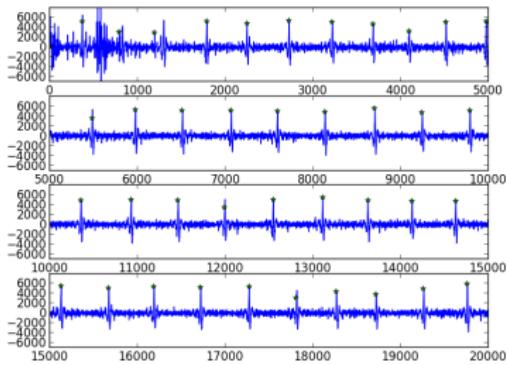
- Przyspieszenie obliczeń
- Brak pominiętych maksimów
- Brak trafień false positive
- Niezmienione wartości na krańcach sygnału
- Bardzo małe odchylenia standardowe na przeszukiwanych odcinkach

Wady:

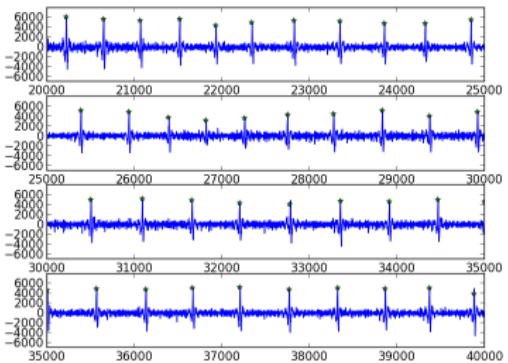
- czasem maksimum było niejednoznaczne, tzn. maksimum miało rozgałęzienie. Wtedy algorytm wybiera pierwszy z lewej...
- ...ale ma to znikomy wpływ na wynik

# Wykres EKG swobodnego, montaż I

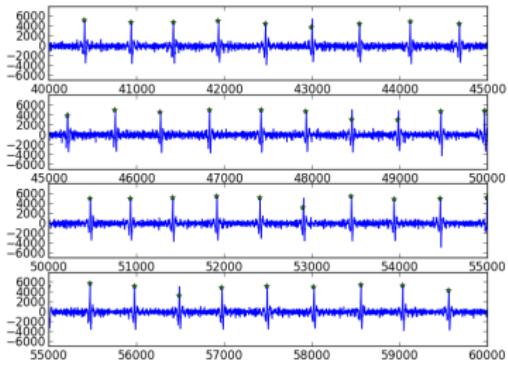
Wykres EKG swobodnego, montaż 1, strona 1



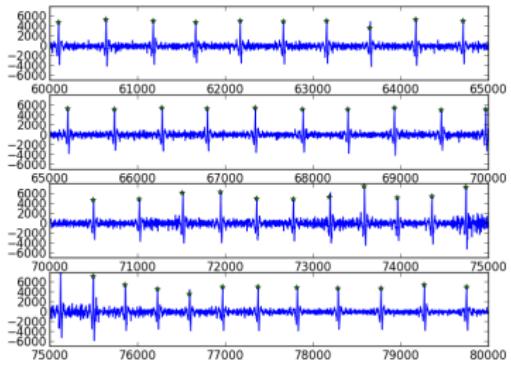
Wykres EKG swobodnego, montaż 1, strona 2



Wykres EKG swobodnego, montaż 1, strona 3

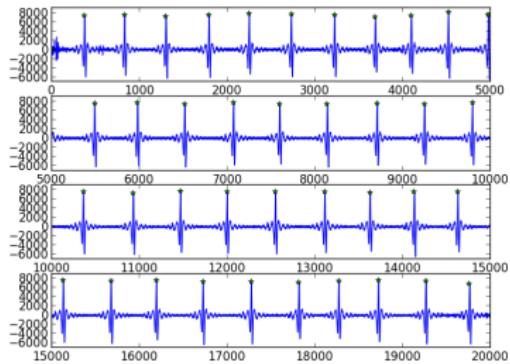


Wykres EKG swobodnego, montaż 1, strona 4

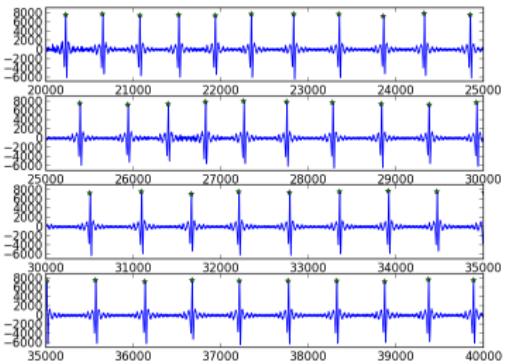


# Wykres EKG swobodnego, montaż II

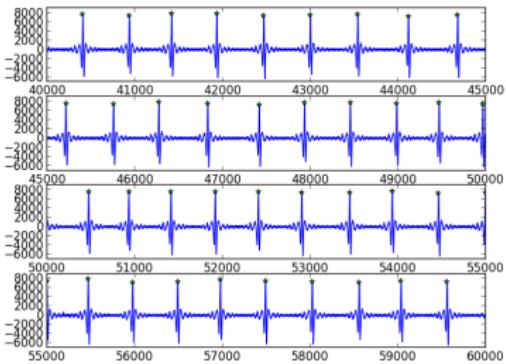
Wykres EKG swobodnego, montaż 2, strona 1



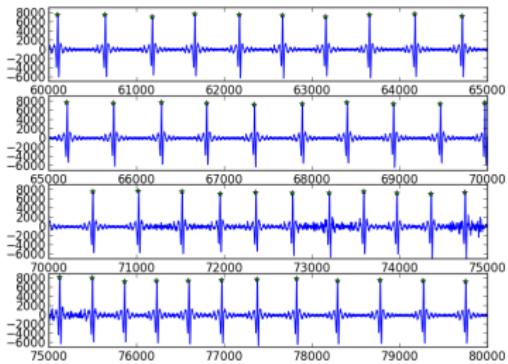
Wykres EKG swobodnego, montaż 2, strona 2



Wykres EKG swobodnego, montaż 2, strona 3

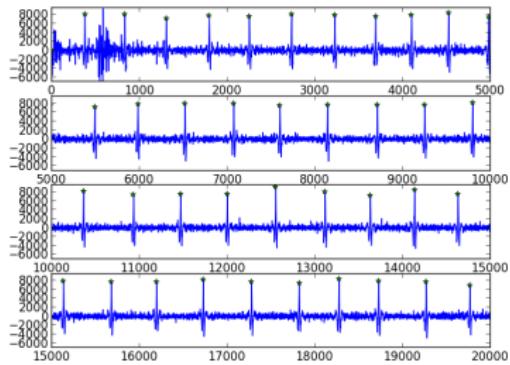


Wykres EKG swobodnego, montaż 2, strona 4

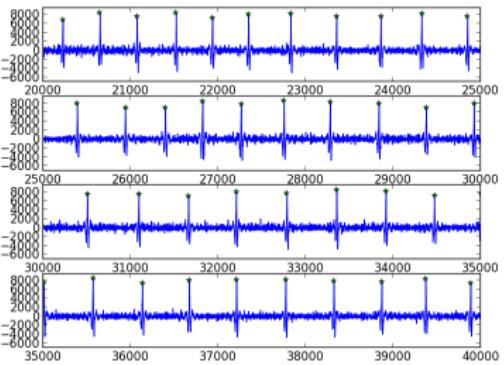


# Wykres EKG swobodnego, montaż III

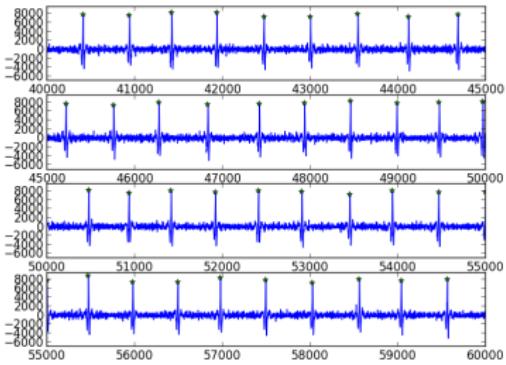
Wykres EKG swobodnego, montaż 3, strona 1



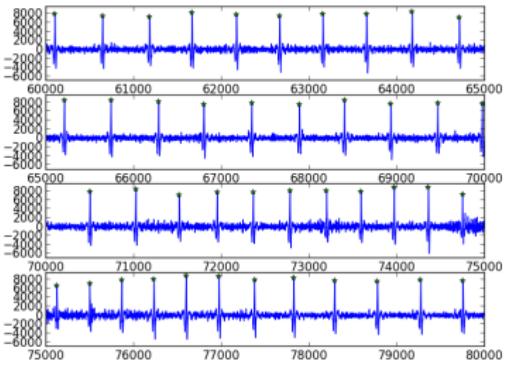
Wykres EKG swobodnego, montaż 3, strona 2



Wykres EKG swobodnego, montaż 3, strona 3

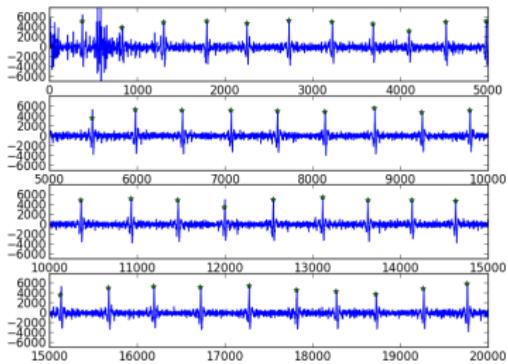


Wykres EKG swobodnego, montaż 3, strona 4

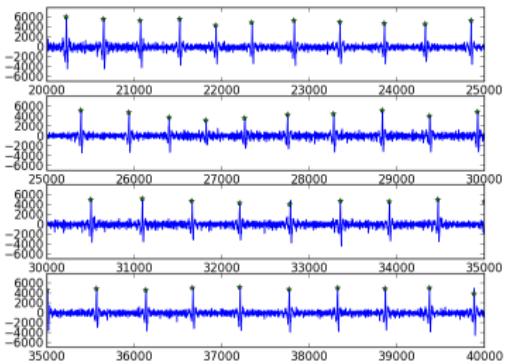


# Wykres EKG swobodnego, montaż IV

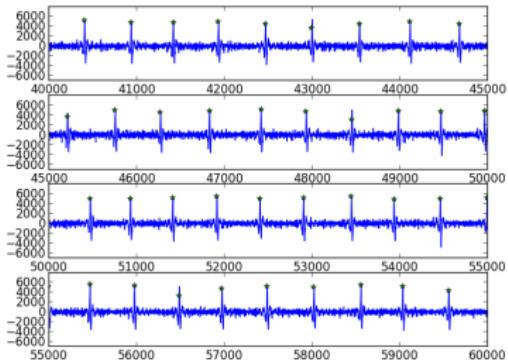
Wykres EKG swobodnego, montaż 4, strona 1



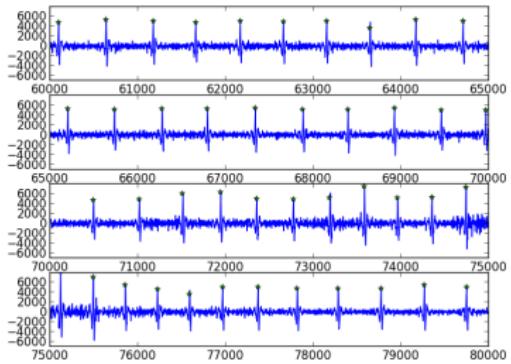
Wykres EKG swobodnego, montaż 4, strona 2



Wykres EKG swobodnego, montaż 4, strona 3

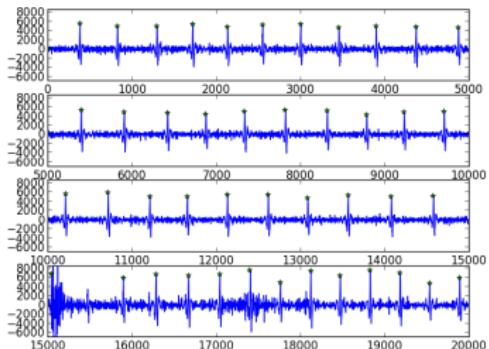


Wykres EKG swobodnego, montaż 4, strona 4

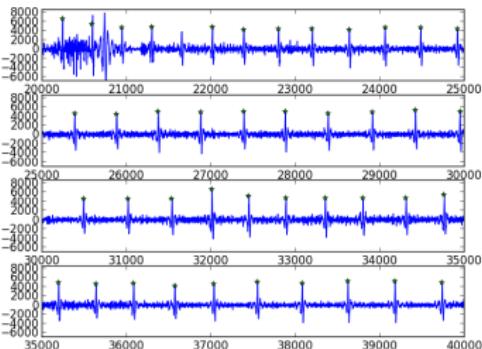


# Wykres EKG pierwszego sygnału pobudzanego, montaż I

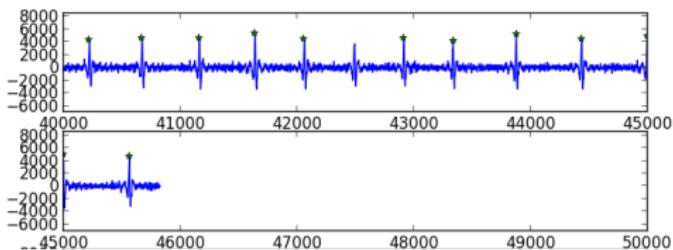
Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 1, strona 1



Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 1, strona 2

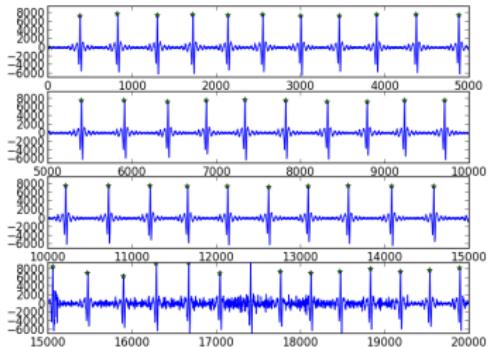


Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 1, strona 3

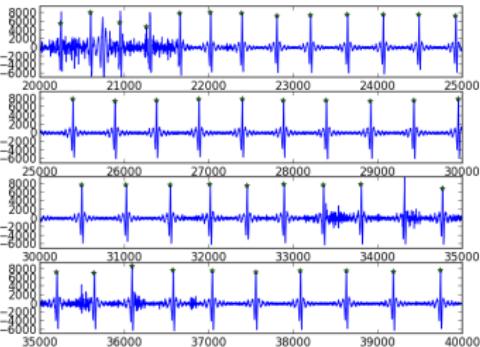


# Wykres EKG pierwszego sygnału pobudzanego, montaż II

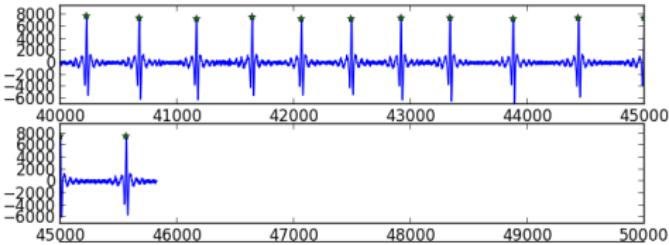
Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 2, strona 1



Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 2, strona 2

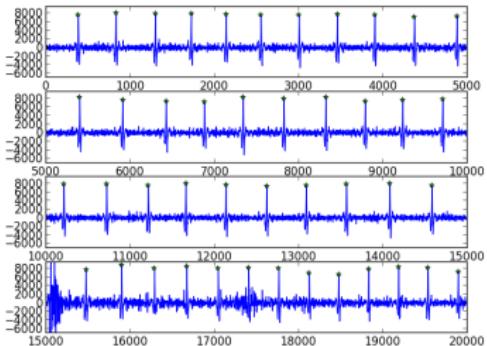


Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 2, strona 3

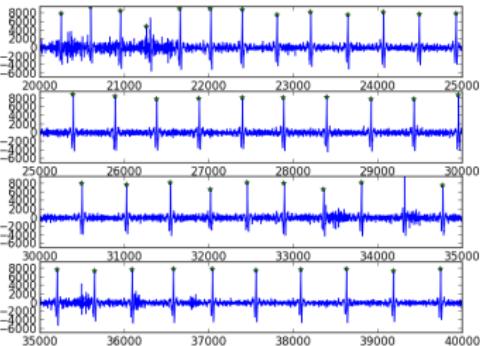


# Wykres EKG pierwszego sygnału pobudzanego, montaż III

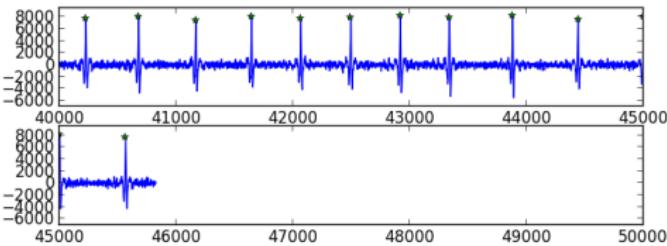
Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 3, strona 1



Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 3, strona 2

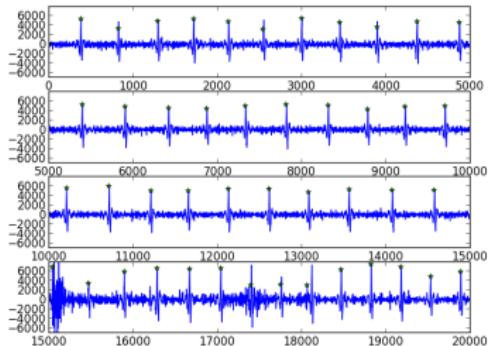


Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 3, strona 3

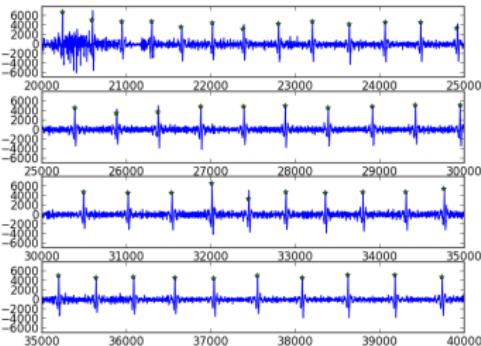


# Wykres EKG pierwszego sygnału pobudzanego, montaż IV

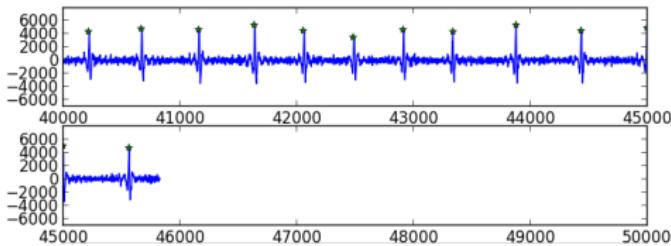
Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 4, strona 1



Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 4, strona 2

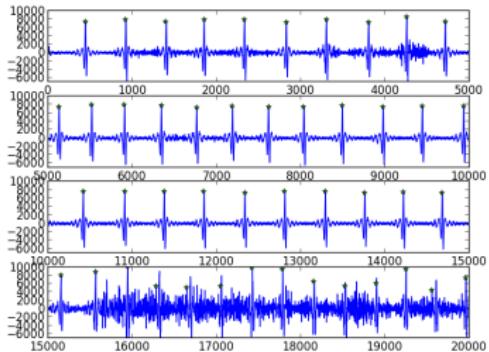


Wykres EKG pobudzanego 1, montaż 4, strona 3

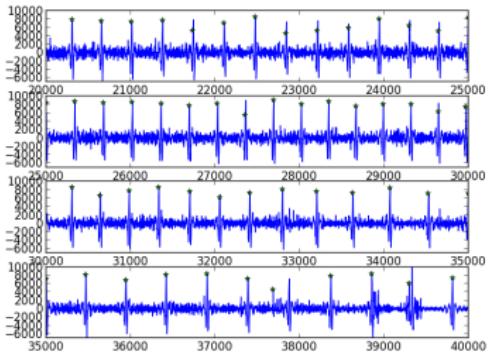


# Wykres EKG 2 sygnału pobudzanego, montaż II

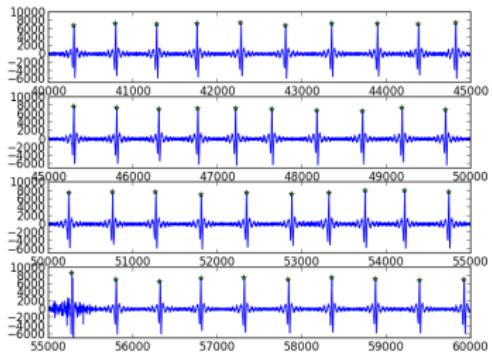
Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 1



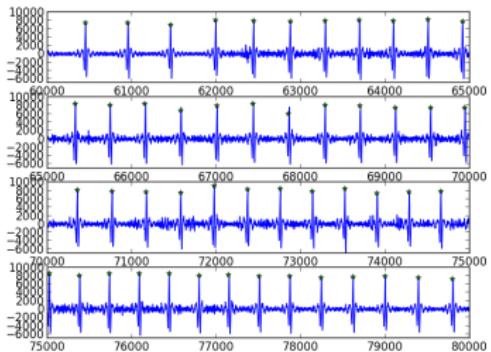
Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 2



Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 3

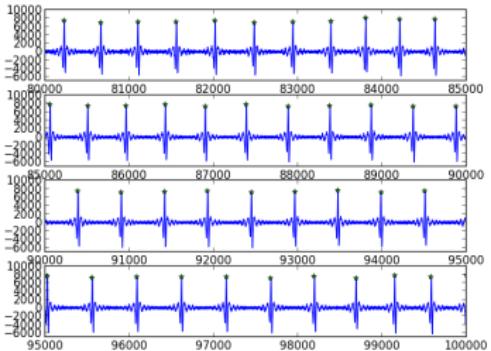


Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 4

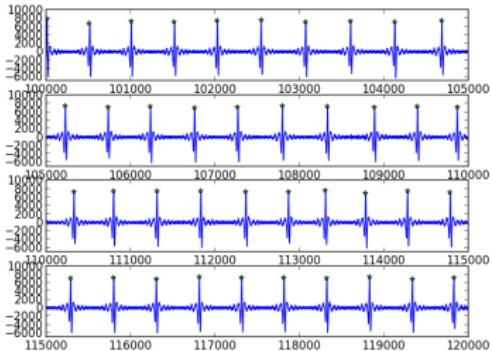


# Wykres EKG 2 sygnału pobudzanego, montaż II

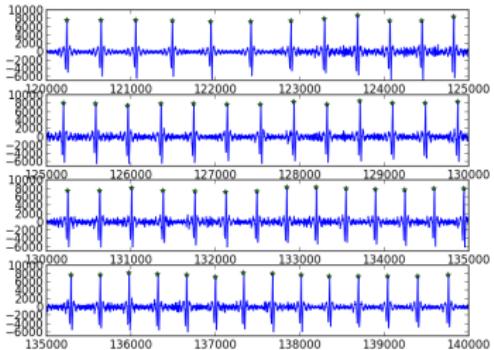
Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 5



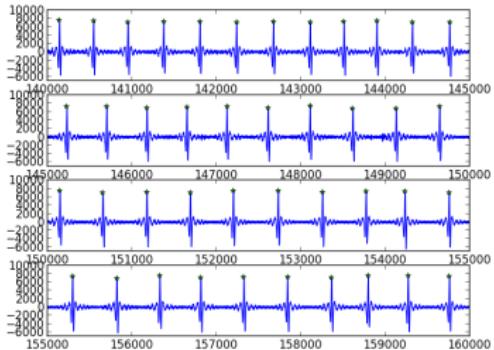
Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 6



Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 7

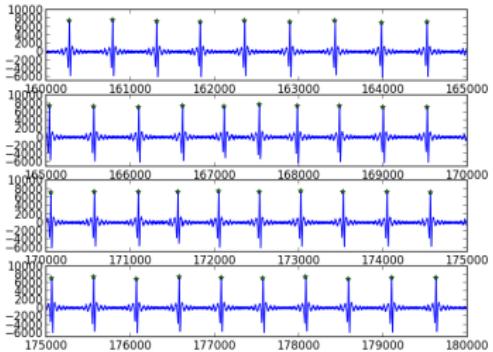


Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 8

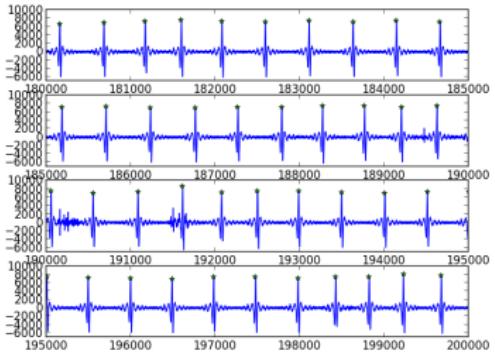


# Wykres EKG 2 sygnału pobudzanego, montaż II

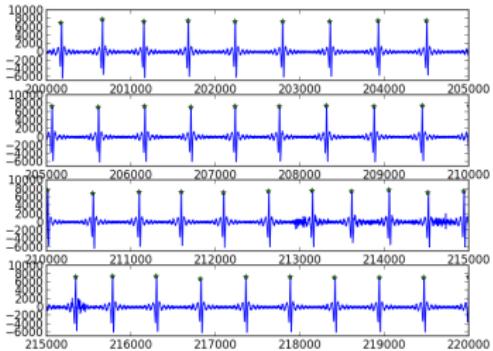
Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 9



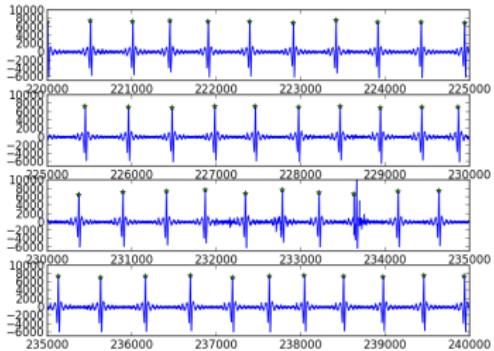
Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 10



Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 11



Wykres EKG pobudzanego 2, montaż 2, strona 12

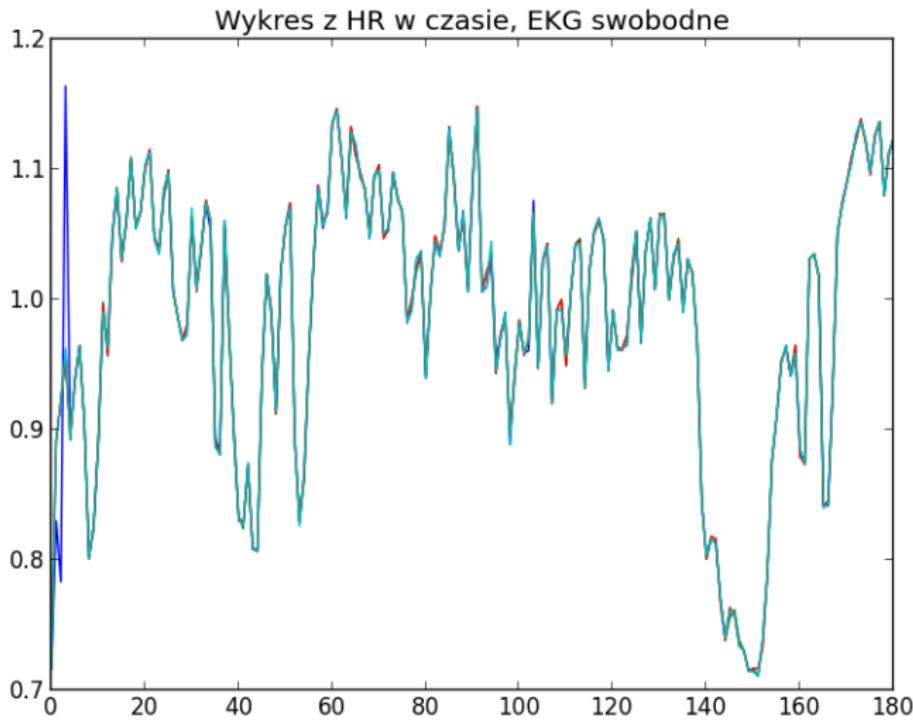


# Heart rate

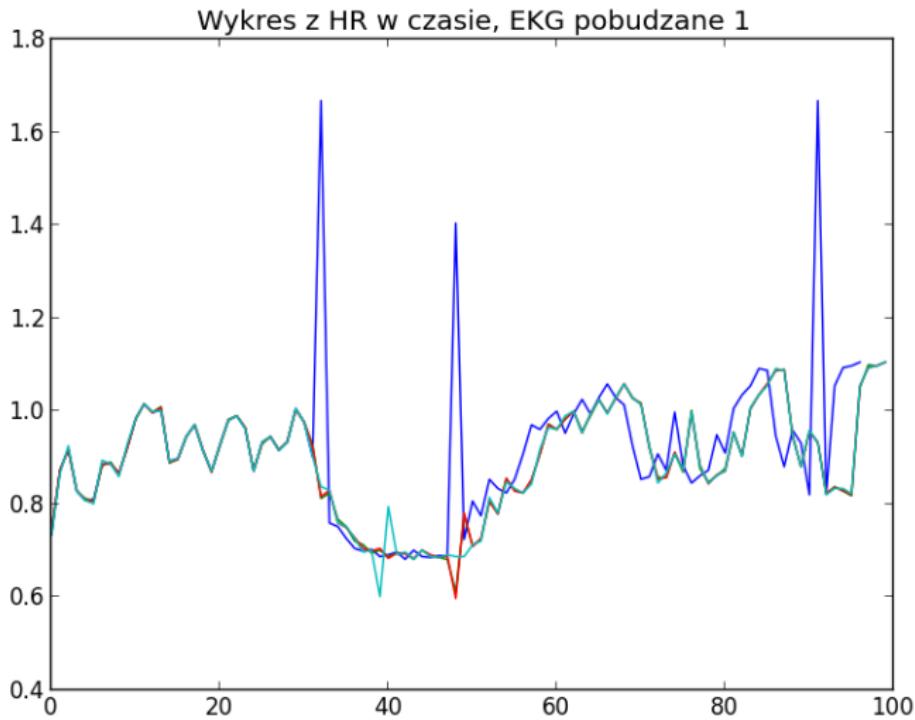
Heart rate - puls, czyli liczba wyczuwalnych uderzeń serca w ciągu minuty.

Tutaj wszystkie wykresy i wyniki liczbowe mówią o odległości pomiędzy uderzeniami serca na poszczególnym obszarze.

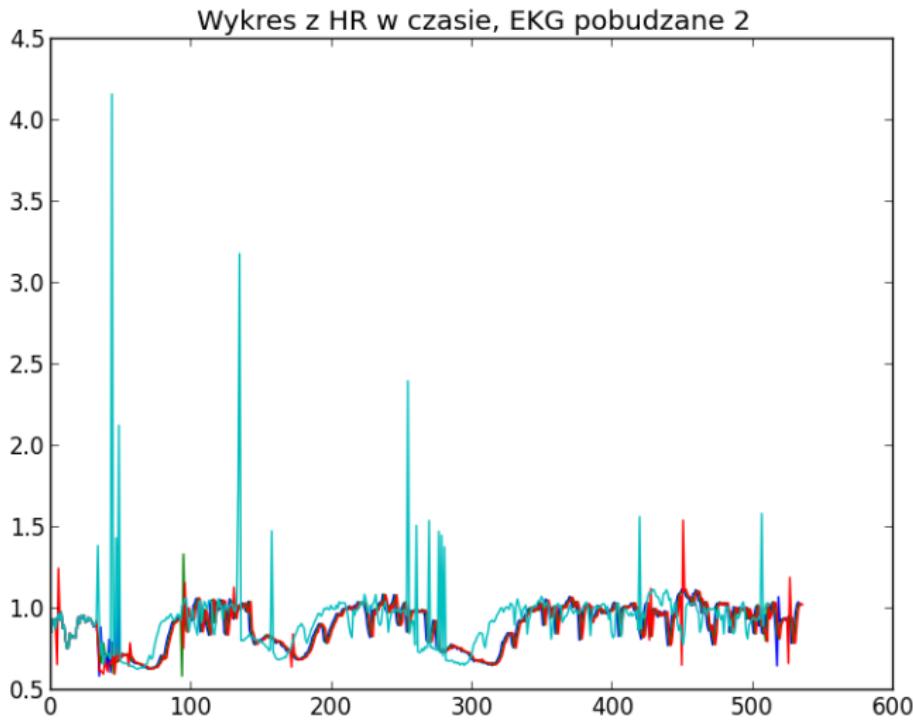
# Heart rate sygnału swobodnego EKG



# Heart rate pierwszego sygnału pobudzanego EKG



# Heart rate drugiego sygnału pobudzanego EKG



# Wyniki - EKG swobodne

- Cały sygnał:
  - montaż 1 -  $0.986522 \pm 0.107571$  s
  - montaż 2 -  $0.986555 \pm 0.105274$  s
  - montaż 3 -  $0.986576 \pm 0.105189$  s
  - montaż 4 -  $0.986522 \pm 0.105502$  s
- Odcinek niepobudzany:
  - montaż 1 -  $0.999520 \pm 0.095510$  s
  - montaż 2 -  $0.999566 \pm 0.092729$  s
  - montaż 3 -  $0.999589 \pm 0.092605$  s
  - montaż 4 -  $0.999520 \pm 0.093036$  s
- Śmiech:
  - montaż 1 -  $0.76426 \pm 0.03411$  s
  - montaż 2 -  $0.76406 \pm 0.03407$  s
  - montaż 3 -  $0.76406 \pm 0.03489$  s
  - montaż 4 -  $0.76426 \pm 0.03411$  s

# Wyniki - EKG pobudzane 1

- Odcinek niepobudzany:

- montaż 1 -  $0.93843 \pm 0.13561$  s
- montaż 2 -  $0.91347 \pm 0.10393$  s
- montaż 3 -  $0.91351 \pm 0.10389$  s
- montaż 4 -  $0.91340 \pm 0.10341$  s

- Odcinek pobudzany:

- montaż 1 -  $0.80260 \pm 0.24552$  s
- montaż 2 -  $0.75677 \pm 0.08813$  s
- montaż 3 -  $0.75677 \pm 0.08804$  s
- montaż 4 -  $0.75677 \pm 0.09350$  s

# Wyniki - EKG pobudzane 2

- Odcinek niepobudzany:
  - montaż 1 -  $0.9474 \pm 0.1251$  s
  - montaż 2 -  $0.9460 \pm 0.1279$  s
  - montaż 3 -  $0.9434 \pm 0.1335$  s
  - montaż 4 -  $0.9760 \pm 0.1253$  s
- Odcinek pobudzany 1:
  - montaż 1 -  $0.6967 \pm 0.1167$  s
  - montaż 2 -  $0.6794 \pm 0.0376$  s
  - montaż 3 -  $0.6752 \pm 0.0433$  s
  - montaż 4 -  $0.8454 \pm 0.5907$  s

# Wyniki - EKG pobudzane 2

- Odcinek pobudzany 2:
  - montaż 1 -  $0.7839 \pm 0.0649$  s
  - montaż 2 -  $0.7909 \pm 0.0716$  s
  - montaż 3 -  $0.7980 \pm 0.0789$  s
  - montaż 4 -  $0.7989 \pm 0.1258$  s
- Odcinek pobudzany 3:
  - montaż 1 -  $0.71113 \pm 0.04001$  s
  - montaż 2 -  $0.71152 \pm 0.04003$  s
  - montaż 3 -  $0.71250 \pm 0.04007$  s
  - montaż 4 -  $0.77697 \pm 0.14262$  s

# Bibliografia

- ① Materiały dydaktyczne dla studentów kierunku Zastosowanie Fizyki w Biologii i Medycynie, Uniwersystet Warszawski
- ② Slajdy z wykładu Piotra Suffczyńskiego  
<http://brain.fuw.edu.pl/suffa/>, Uniwersystet Warszawski
- ③ Notatki własne z zajęć

# Autorzy

Autorzy:

- Urszula Oleszek
- Rafał Jurczak

Dziękujemy za uwagę.

