



Rodzaj pracy: magisterska
Dyplomant: mgr inż. Adrian NIGOT
Promotor: ppłk. dr inż. Tadeusz SONDEJ

BEZPRZEWODOWY UKŁAD POMIARU I ANALIZY SYGNAŁU EMG

Wprowadzenie

W pracy magisterskiej przedstawiono poszczególne etapy opracowania autorskiego bezprzewodowego systemu mikroprocesorowego do pomiaru i analizy elektromiografii powierzchniowej sEMG (ang. *surface EMG*) wykonanego jako „elektronika noszona”. Analizowanym zjawiskiem w pracy był sygnał elektromiograficzny, który powstaje w wyniku zmian fizjologicznych zachodzących w błonach komórkowych włókien mięśni. System pomiarowy oparty został na energooszczędnym i wydajnym 32-bitowym mikrokontrolerze o architekturze ARM z serii *STM32L5*. Do bezprzewodowej komunikacji wykorzystano interfejs komunikacyjny *Bluetooth Low Energy* (BLE). W pracy opisano zagadnienia związane z m.in. aspektami technicznymi podczas projektowania PCB, tworzenia oprogramowania dla MCU, opracowania algorytmu przetwarzania i analizy sygnału EMG, opisy przeprowadzonych badań systemu pomiarowego oraz różnorodne analizy zarejestrowanych sygnałów EMG.

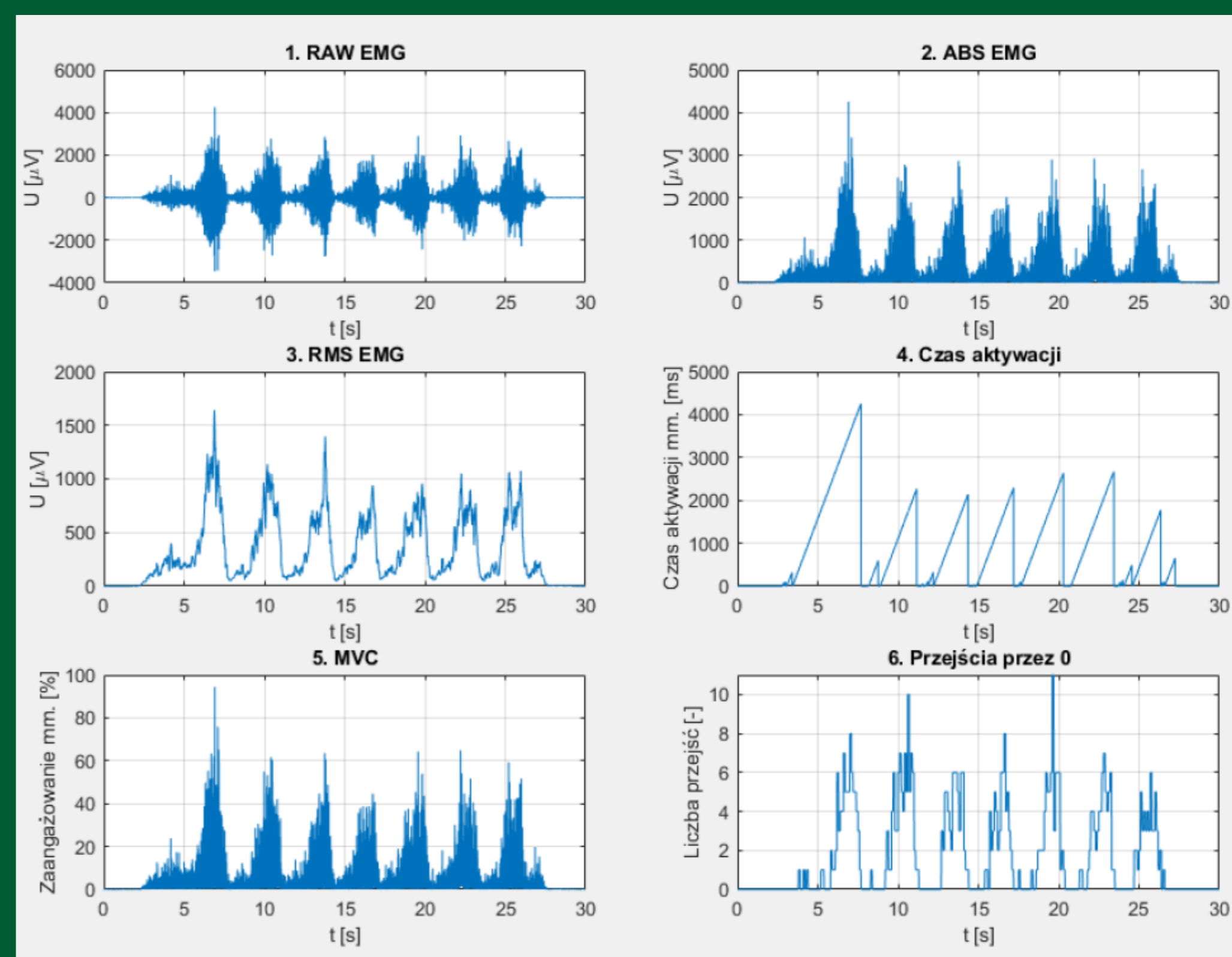
Badania

Praca dotyczyła opracowania części sprzętowej oraz programowej bezprzewodowego układu do pomiaru i analizy sygnału elektromiografii powierzchniowej sEMG. Pierwszym etapem było zaprojektowanie i wykonanie bezprzewodowego systemu pomiarowego. Podczas projektowania dokonano przeglądu aktualnie stosowanej technologii, wybrano niezbędne podzespoły elektroniczne zoptymalizowane pod względem wielkości obudowy oraz poboru prądu. Na ich podstawie stworzono 4-warstwowy obwód drukowany o wymiarach 54×35 [mm].

Po montażu i uruchomieniu PCB przystąpiono do oprogramowania niezbędnych funkcjonalności mikrokontrolera. Następnie dokonano pomiaru szumów własnych zaprojektowanego toru pomiarowego sygnału EMG, tak aby móc określić ich wpływ na mierzony sygnał EMG. Informacja ta w kolejnych przeprowadzanych badaniach była niezwykle istotna, ponieważ pozwoliła określić próg sygnału powyżej, którego kwalifikowała go jako aktywacja włókien mięśniowych. Tor pomiarowy podczas badań podzielono na poszczególne składowe: szumy wewnętrznego przetwornika analogowo – cyfrowego; szumy wprowadzane przez elementy składowe toru umieszczone na PCB tj. ścieżki, elementy elektroniczne oraz przelotki; szumy zewnętrznych przewodów elektrod. Podczas realizacji badań zachowano stałe warunki pomiarowe dla wszystkich trzech konfiguracji. Dodatkowo, aby dane były bardziej użyteczne w późniejszych analizach rozdzielono obliczone parametry statystyczne zarówno na te przed jak i po filtracji górnoprzepustowej i pasmowo - zaporowej. Szumy całego toru pomiarowego wyniosły zaledwie $1,28 \mu\text{V}$ (po ww. filtracjach cyfrowych). Jest to bardzo dobry wynik biorąc pod uwagę, że amplituda wyładowań jednostek ruchowych dochodzi zwykle do około 5 mV.

Kolejnym etapem pracy było opracowanie autorskiego algorytmu przetwarzania i analizy surowego sygnału EMG. Działanie algorytmu ukierunkowano dla trenerów personalnych / fizjoterapeutów w celu zwiększenia efektywności pracy z pacjentem oraz dla osób ćwiczących na siłowni, by poprawić jakość treningową oraz czucie własnego ciała.

W środowisku *Matlab* wykonano liczne badania eksperymentalne opracowanego algorytmu. Na podstawie zebranych danych przeprowadzono również wiele szczegółowych analiz zarejestrowanych sygnałów EMG. Przykładowe działanie opracowanego algorytmu podczas uginania sztangielki na mięsień dwugłowy ramienia przedstawiono na Rys. 1.



Rys. 1. Przykładowy efekt działania opracowanego algorytmu podczas ćwiczeń

Po przeprowadzeniu badań algorytmu w środowisku *Matlab* zaimplementowano go w mikrokontrolerze *STM32*, tak aby przetwarzał on dane w czasie rzeczywistym i wysyłał kolejne wskaźniki EMG poprzez *Bluetooth* do urządzenia użytkownika np. laptopa.

W ramach pracy wykonano również testy praktycznego zastosowania systemu podczas ćwiczeń na siłowni. Badania przeprowadzone na siłowni miały na celu analizę oddziaływania występujących tam typowych zakłóceń elektromagnetycznych oraz określenie wpływu zastosowanego obciążenia na rekrutację jednostek ruchowych mięśnia dwugłowego ramienia.

Wnioski

Efektom pracy jest system cyfrowy mogący funkcjonować w dowolnym miejscu ciała człowieka ze względu na swoje niewielkie gabaryty. Realizuje on przetwarzanie i analizę sygnału EMG w postaci autorskiego algorytmu w czasie rzeczywistym. Zaprojektowany układ posiada bardzo wysoką czułość na wszelkiego rodzaju zmiany napięciowe mięśni (szumy własne na poziomie $1,28 \mu\text{V}$). Dzięki takiemu rozwiązaniu zarówno pacjent jak i osoba wykonująca pomiar mają możliwość podglądu na żywo kilku parametrów odnoszących się do zaangażowania badanych mięśni. Na jakość pomiaru sygnału EMG bardzo duży wpływ ma odpowiednio oczyszczona skóra, poprawne przyklejenie elektrod pomiarowych oraz pomieszczenie, w którym wykonywane jest badanie.