

# CONTROLLING OF MYOELECTRIC PROSTHESIS

**Markéta Tomanová**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xtoman13@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Oto Janoušek

E-mail: janouseko@feec.vutbr.cz

**Abstract:** This project presents the desing and implementation of myoelectric prostheses. In case of restricted function of hand, it is necessary to compensate this deficiency by using prosthetic limbs. Myoelectric prosthesis is replaced by a robotic arm in this work. Arm is controlled by the electromyographic signals recorded by Biopac acquisition unit. Then the signals are processed in LabVIEW and robotic system is controlled by the Arduino platform.

**Keywords:** Myoelectric Prosthesis, Robotic Arm, EMG, Biopac, LabVIEW, Arduino

## 1. ÚVOD

Protéza je náhradou části těla, která ztratila svou původní funkci. Mezi technicky nejvyspělejší patří protézy myoelektrické. Jsou řízeny pomocí elektromyografických (EMG) signálů (rozdíl potenciálů mezi aktivní a referenční elektrodou), snímaných pomocí plošných povrchových elektrod. Myoelektrická protéza je v této práci nahrazena robotickou rukou, představující transkarpální (začínající v oblasti zápěstních kůstek) protézu horní končetiny. Pro řízení protézy byly zvoleny pouze dva svaly předloktí, pomocí nich je však možné ovládat až tři stupně volnosti ruky, tedy 3 servomotorů robotické ruky. Funkce robotické ruky byla vyzkoušena autorem a třemi dobrovolníky.

## 2. NÁVRH ŘÍZENÍ SYSTÉMU

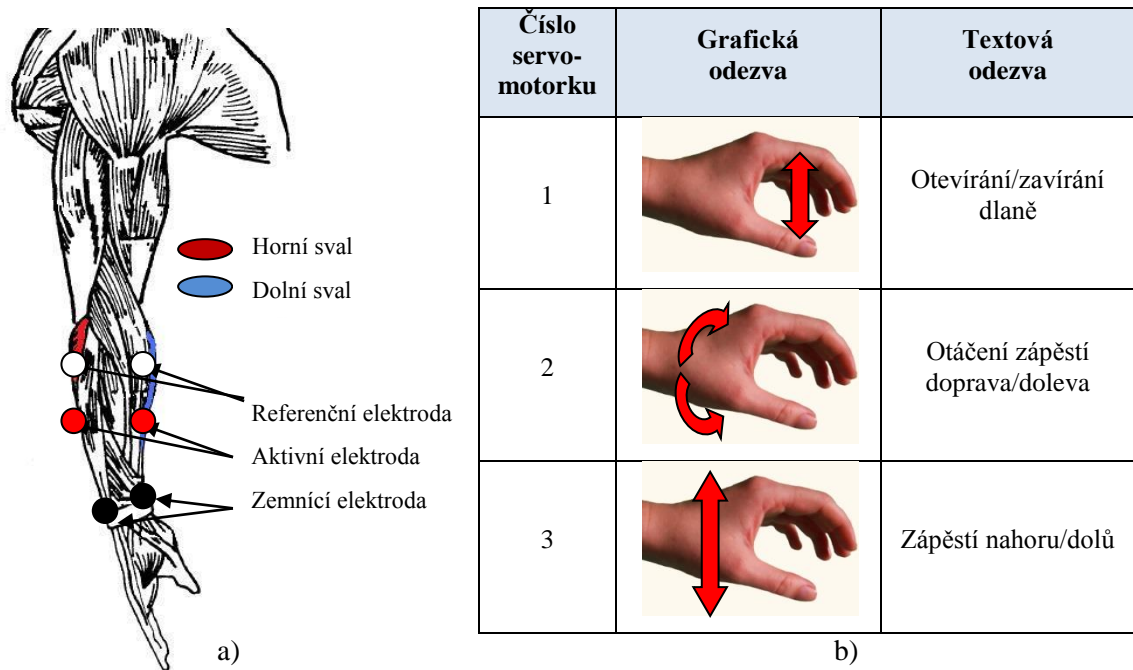
Komplex robotické ruky se skládá ze tří navazujících oddílů – BIOPAC, LABVIEW a ARDUINO. Pro snímání EMG signálu byla použita akviziční jednotka Biopac. Stejně jako u myoelektrických protéz, i robotická ruka je řízena nadprahovými impulzy svalové aktivity. K detekci těchto impulzů dochází v grafickém prostředí LabVIEW. Před detekcí je potřeba hodnoty měřené pomocí jednotky Biopac načíst, zpracovat a následně vyhodnotit. Upravený signál je posílán na platformu Arduino, která řídí výkonný systém robotické ruky.

### 2.1. BIOPAC

Biopac je akviziční systém pro měření a hodnocení biosignálů. Snímání EMG signálů potřebných pro řízení myoelektrické protézy je zajištěno povrchovými elektrodami. K ovládání předloketních myoelektrických protéz byly vybrány dva svaly – *musculus extensor carpi ulnaris* a *musculus flexor carpi radialis*, viz Obrázek 1a). Dále budou tyto svaly označovány jako *horní* a *dolní* sval.

Pokud chce uživatel např. otevřít dlaň, musí aktivovat *horní* sval tím, že zvedne zápěstí směrem nahoru. Pro zavření dlaně je potřeba pohnout zápěstím směrem dolů pro aktivaci *dolního* svalu. Obdobně je zajištěno řízení i u dalších stupňů volnosti ruky.

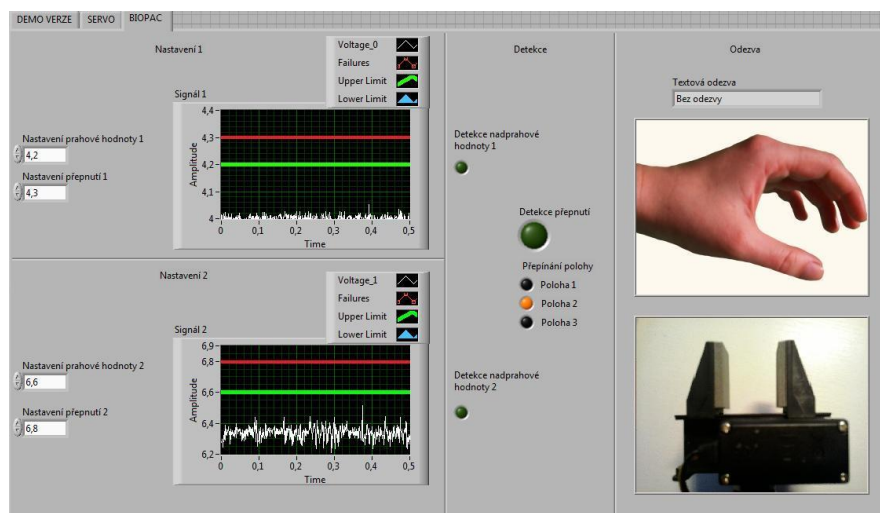
První stupeň volnosti odpovídá otevírání a zavírání dlaně, druhý stupeň umožňuje rotaci zápěstí doprava nebo doleva a poslední stupeň umožní pohyb zápěstí nahoru a dolů. V této práci dochází k přepínání v obousměrné ose: otevírání/zavírání dlaně ↔ otáčení zápěstí doprava/doleva ↔ loket nahoru/dolů. Tabulka stupňů volnosti je na Obrázku 1b).



**Obrázek 1:** Poloha svalů m. extensor carpi ulnaris a m. flexor carpi radialis a připojení elektrod na tyto svaly (a) a tabulka stupňů volnosti (b)

## 2.2. LABVIEW

Pro úpravu a vyhodnocení EMG signálu je použito grafické programovací prostředí LabVIEW. Uživatelské rozhraní je složeno z čelního panelu a blokového diagramu. Čelní panel obsahuje tři záložky pro demonstraci pohybu – DEMO, SERVO a BIOPAC. Každá záložka obsahuje řídicí prvky a ovladače pro snadné nastavení snímaných parametrů. Stejně tak zahrnuje grafické, textové nebo jiné indikátorové podání výsledků (Obrázek 2).

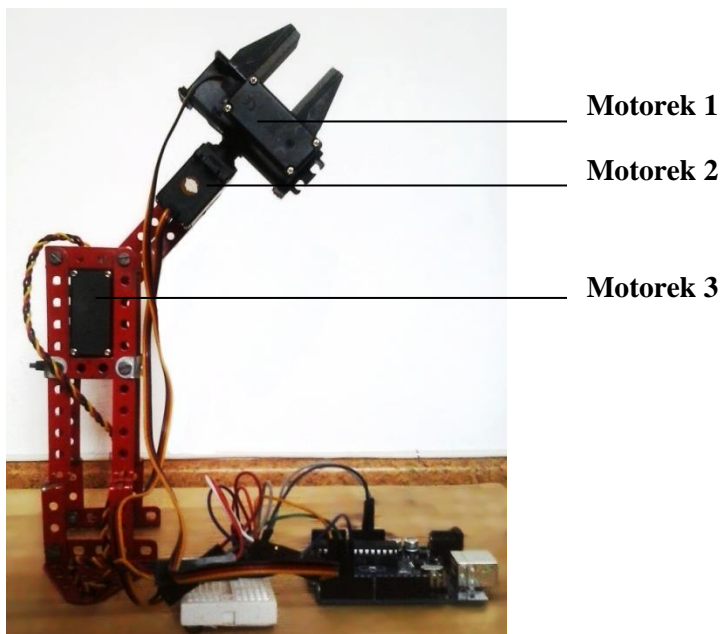


**Obrázek 2:** Prostředí LabVIEW a ukázka uživatelského prostředí záložky BIOPAC

Záložka BIOPAC je výchozí záložkou pro řízení systému. Zde probíhá přenos hodnot přímo z akviziční jednotky Biopac v reálném čase. Implementované rozhraní (interface) pro Arduino umožňuje přenos signálu na servomotorky. Díky rychlému zpracování snímaného EMG signálu je robotická ruka schopna rychle reagovat na vyslané podněty. Záložka SERVO je určena pro řízení robotické ruky bez jednotky Biopac. EMG signál je načítán z textového souboru, který obsahuje dříve naměřené hodnoty ze systému Biopac. Záložka DEMO je vhodná pro použití v případě, kdy není dostupný akviziční systém ani robotická ruka. Používá stejné naměřené hodnoty jako záložka SERVO.

### 2.3. ARDUINO

Arduino je open-source platforma, která umožňuje tzv. volné programování. V této práci Arduino umožňuje přenos signálu z prostředí LabVIEW na servomotorky. V závislosti na výstupních hodnotách z LabVIEW zajišťuje Arduino nastavení úhlů servomotorků a jejich přepínání. Sestavená robotická ruka je na Obrázku 3.



Obrázek 3: Robotická ruka a platforma Arduino

Transkarpální ruka využívá 3 stupně volnosti, jsou proto použity 3 modelářské servomotorky (1x motorek *HS-422* – plastové převody, síla 3,3 kg/cm, rychlost 0,21sec/60°, 2x motorek *HS-645MG* – kovové převody, síla 7,7 kg/cm, rychlost 0,24 sec/60°). Detekce nadprahové hodnoty je dána terapeutickým nastavením (vysoce individuální, přibližně 50% okamžité výchylky při zatnutí svalu). K přepínání mezi jednotlivými servomotorky dochází při rozeznání krátkého (do 0,5 sekundy) nadprahového impulsu detekovaného u obou svalů. Hodnota prahu pro přepínání je vyšší (přibližně 70% okamžité výchylky při zatnutí svalu), aby detekce přepnutí nebyla falešně pozitivní.

### 3. ZÁVĚR

Myoelektrické protézy slouží jako kompenzační pomůcky, usnadňující návrat pacienta zpět do běžného života a vylepšující jeho psychický stav. Cílem této práce byla praktická ukázka řízení myoelektrické protézy řízené pomocí EMG signálů. Robotická ruka, která demonstruje pohyb protézy, je řízena pomocí nadprahových impulsů snímaných ze svalů určených k ovládní protézy. Řízení probíhá v reálném čase, nedochází tak k prodlevě odezvy na nadprahové impulsy.

Navazující částí práce by mohlo být použití senzorů pro kontrolu zpětné vazby. Pro uživatele protézy je důležité vědět, jak silně může předmět uchopit, aby nedošlo k jeho rozbití či naopak k vyklouznutí. Dalším možným řešením by bylo zvýšit počet servomotorků a rozšířit umělou končetinu o nové stupně volnosti. K řízení by pak bylo vhodné použít jiné svaly, než svaly uvedené v této práci.

### REFERENCE

- [1] Pflanzler, R. a kol.: BIOPAC SYSTEM, Inc. Biopac student lab: Laboratory Manual. 1. vyd. Goleta, CA, 2007.
- [2] *BIOPAC Systems, Inc.: Praktická cvičení z fyziologie pro program Biopac Student Lab.* LFUK Plzeň, 2010, s. 1-17.