

2005 年 6 月 8 日

平成 17 年度大学院演習  
「生体インターフェース」

本演習では、人とロボットを結ぶインターフェースとして、生体から発生する電気的な信号を機械への入力信号として利用するシステムに取り組む。今回は、生体信号として、比較的計測の容易な筋電位に注目し、体表面から筋電位を計測できる小型の電気回路を作成する。増幅原理、フィルタ設計を学び、PCを利用して、実際に筋電位を計測する。

【演習課題 1】

資料の回路図を参考に、入力電圧を 60 倍で増幅し、Q 値が 1.4 程度で、中心周波数  $f_0$  が 1 kHz（帯域幅が 600 Hz -1.3 kHz）の信号を通過させるバンドパスフィルタを有する筋電位計測用デバイスを作成せよ。

【演習課題 2】

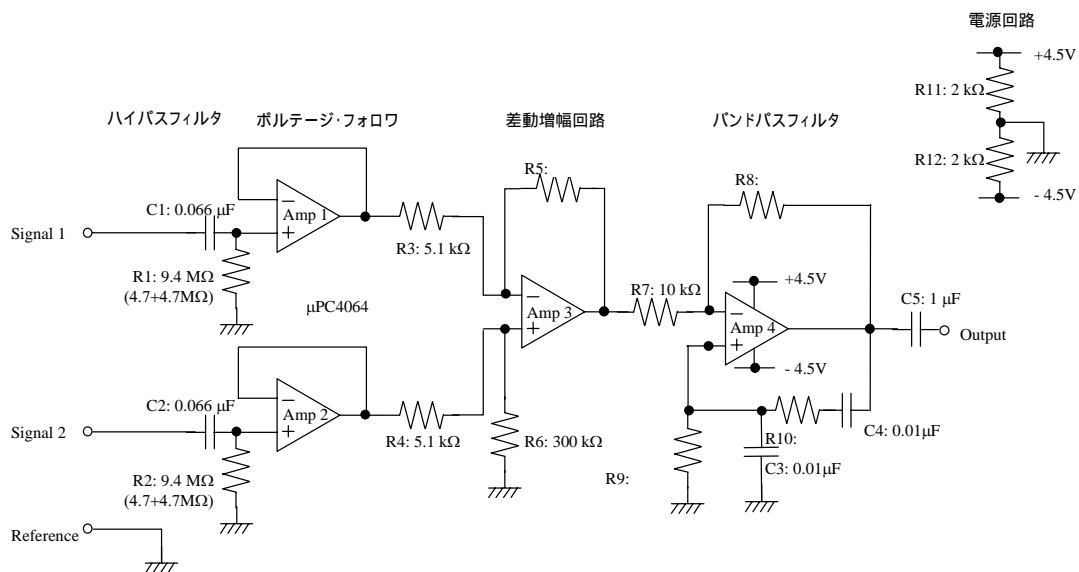
回路の周波数特性及び位相特性をグラフにせよ。（与えられた WAV ファイルを信号発生器として利用しても良い。）

<http://www.brain.imi.i.u-tokyo.ac.jp/members/selfintroduction/takahashi/ex050608.zip>

【演習課題 3】

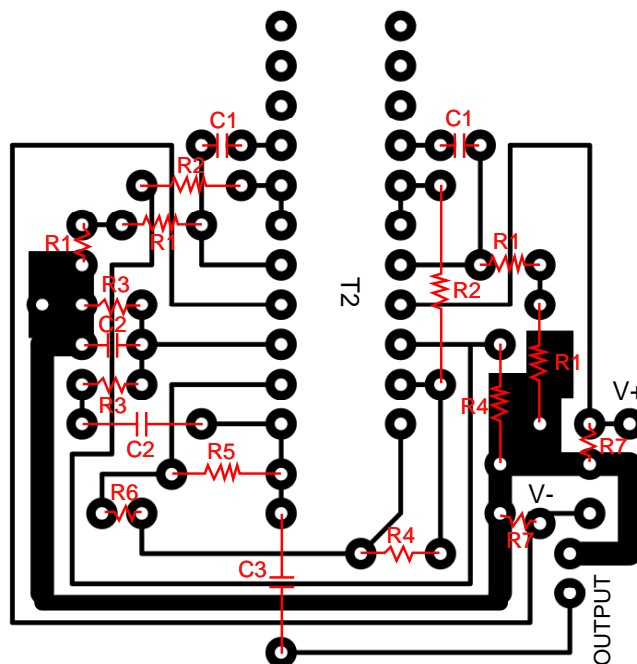
このデバイスを利用して、自分の筋電位を計測せよ。

## 【計測回路図】



高いインピーダンスを持つ生体から微弱な信号を取得するために、入力インピーダンスの高い J-FET 入力・4 チャンネルオペアンプ (uPC4064, NEC) を用いている。このオペアンプは低消費電力のモデルで、 $\pm 2\text{V}$  の電源電圧で動作可能である (今回は  $9\text{V}$  電池を使用 ( $\pm 4.5\text{V}$ ))。

## 【回路基板図】



## 【各回路の説明】

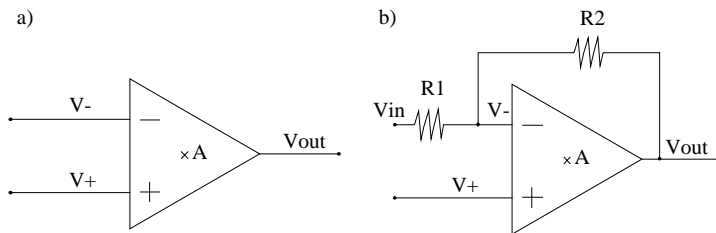
### 1) ハイパスフィルタ・インピーダンス変換

Signal1, 2 それぞれの入力部の R1, C1, R2, C2 は、ハイパスフィルタを構成し、電極からの筋電位の波形に含まれる直流～低周波成分を取り除く（カットオフ周波数  $1\text{Hz} : 1 / (2\pi RC) \approx 1\text{Hz}$ ）。次のボルテージフォロワ（Amp1, Amp2 : 倍率 1 倍）は高入力インピーダンス（ただし、R1, R2 の抵抗値に依存）・低出力インピーダンスの回路で、信号のインピーダンス変換を行う。

### 2) 差動増幅回路

Amp3, R3 - R6 は差動増幅回路を構成し、Reference 電位（0V）を基準とした Signal 1, 2 それぞれの電位の差を増幅して出力する（増幅率は  $R5 / R3$  で決定される。ただし  $R3 = R4, R5 = R6$ ）。

OP アンプ豆知識：Operational Amplifier の略。三角の符号の中に、入力端子が 2 本、出力端子が 1 本ある。マイナス符号がついている入力端子を反転入力端子、プラス符号がついている入力端子を非反転入力端子と呼ぶ。



上図 a)において、増幅率 A は、

$$A = \frac{V_{out}}{(V_+ - V_-)}$$

によって定義される。これは裸利得などと呼ばれ、通常は非常に大きい。したがって、あたかも、 $V_+ = V_-$  のように機能している（これをバーチャルショートと呼ぶ）。これが OP アンプのもっとも特徴的な性質である。

図 b) のような負帰還をかけることによって、増幅率の正確に決まった増幅器として利用することができる。この場合、

R1 を通過する電流を I とすると、次式が成り立つ。

$$V_{in} - V_- = R1 \cdot I$$

$$V_- - V_{out} = R2 \cdot I$$

ここで、 $V_+ = 0$ （グランドへ接地）の場合を考えると、 $V_+ = V_- = 0$  であるから、上の式の I を消去すると、

$$V_{out} = -\frac{R2}{R1} \cdot V_{in}$$

となる。これが増幅率となる。

### 3) バンドパスフィルタ

Amp4, R7-R20, C3-C4 はバンドパスフィルタ（正帰還 BPF（ウィーンブリッジ方式））を構成する。Q 値（共振回路の特性の良さ。低い場合、 $Q < 1/\sqrt{2}$  で遮断特性がなだらかになる）と  $f_0$ （通過する帯域幅の中心となる周波数）によって、回路構成を変更できる。

ヒント）与えられた回路図のように、 $C (=C3 = C4) = 0.01 \mu\text{F}$  と設定した場合は以下のようにして、抵抗値を決定することができる。

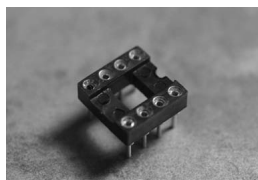
$$R9 = R10 = \frac{1}{\omega_0 \cdot C} \quad (\text{ただし } \omega_0 = 2\pi f_0 C)$$

$$Q = \frac{1}{(2 - R8/R7)} \quad (\text{ここでは } R7 = 10 \text{ k}\Omega \text{ としている})$$

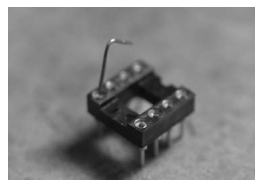
### 4) 電源回路

R11, R12 は、9V の電源を分圧し、オペアンプを駆動するための +4.5V, 0V, -4.5V を設定する。

#### 【筋電位計測用記録電極の例】



1) 8 ピンの DIP ソケットを用意する。



2) 切り取った抵抗やコンデンサの足を 1-4, 5-8 ピンに差し込む。



3) このままでも使えるが、線が盛り上がっていたほうが皮膚に当てやすいので、ハンダを盛る。



4) 完成

#### 【グラウンド電極の例】

- 1) 適当なリード線を用意する。
- 2) 5 cm ほど被覆をねじりながらむき、線を露出させる。
- 3) このままでも使えるが、適当にハンダを流して固めたり、ワニグチクリップをつけると扱いやすい。
- 4) 完成。

