



清华大学
Tsinghua University



神经调控国家工程研究中心
NATIONAL ENGINEERING RESEARCH CENTER OF NEUROMODULATION

电生理数据的记录与处理

关凌霄

2022/04/28



目录 CONTENTS

- 1/ 脑电采集介绍
- 2/ 数据同步与采集平台
- 3/ 脑电采集工具应用
- 4/ 脑电数据处理方法

□ 报告时间：45 min



一、脑电采集介绍

- 1/ 为什么了解大脑
- 2/ 如何去研究大脑
- 3/ 脑电记录原理



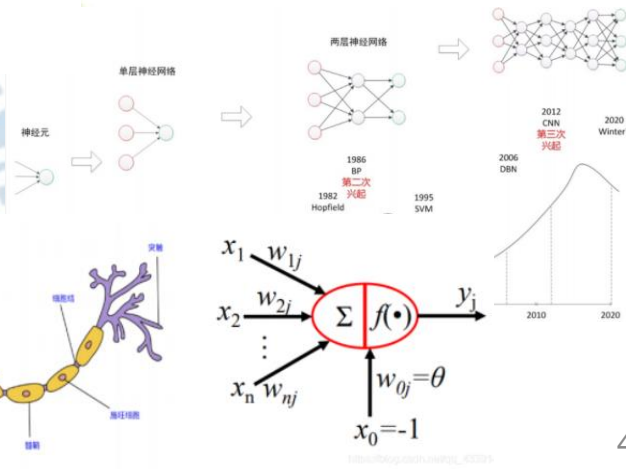
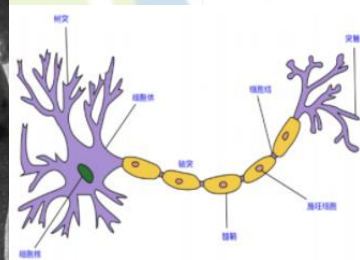
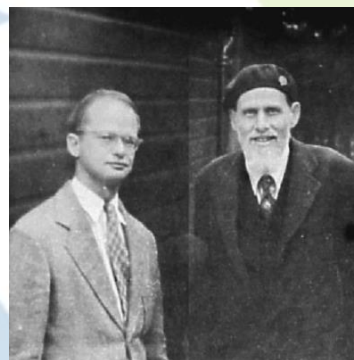
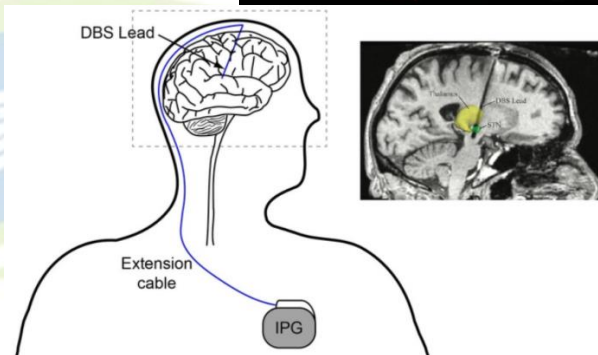
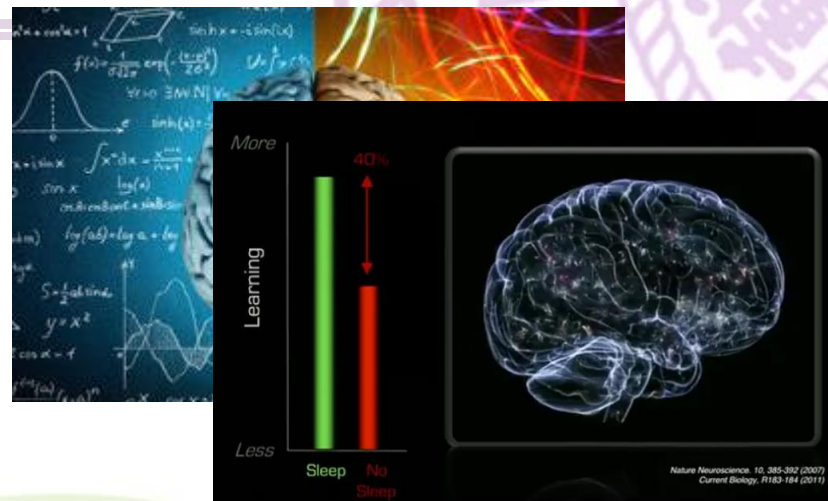
为什么关注大脑研究？

Your mind/brain is who you are

了解人类自己

治疗疾病

认知增强





脑电采集介绍：如何去研究大脑

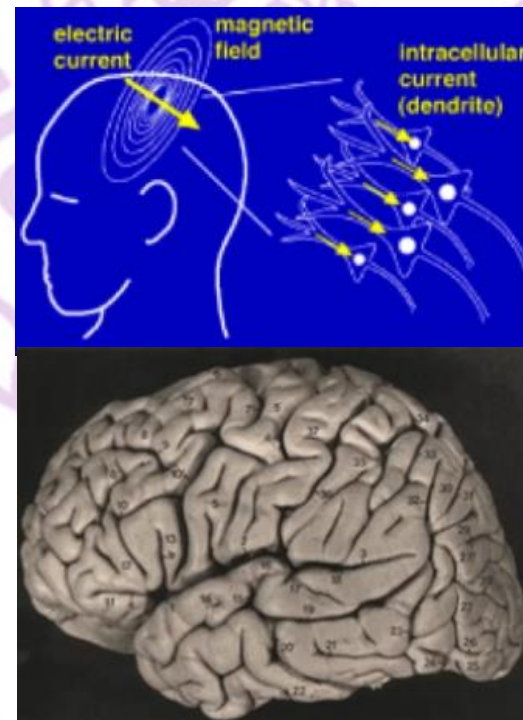
大脑结构

CT scans
MRI scans

fMRI
PET

大脑功能

EEG
MEG
LFP
ECoG



常见记录信号

侵入式方法

非侵入式方法

局部场电位LFP
动作电位MUA

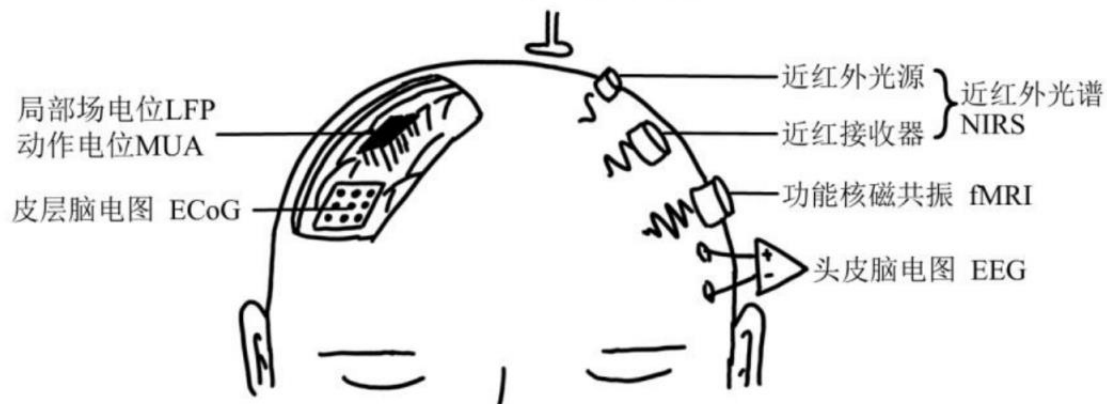
皮层脑电图 ECoG

脑磁图 MEG

近红外光源
近红接收器 } 近红外光谱 NIRS

功能核磁共振 fMRI

头皮脑电图 EEG



电生理数据是拥有好的时间分辨率的探究维度

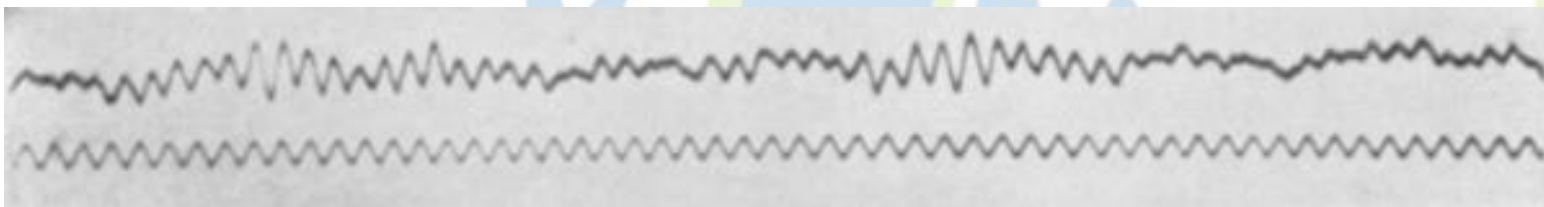


脑电记录与脑电图

- Hans Berger (1873~1941) 首次记录到了人脑的脑电波，从此诞生了人的脑电图。
1929 年，他首先发表了关于EEG的论文， 报告心算可以引起 EEG 的 α 节律减

脑电图：

脑细胞无时无刻不在进行自发性、节律性、综合性的电活动。将这种电活动的电位作为纵轴，时间为横轴，记录下来的电位与时间相互关系的平面图即为脑电图。

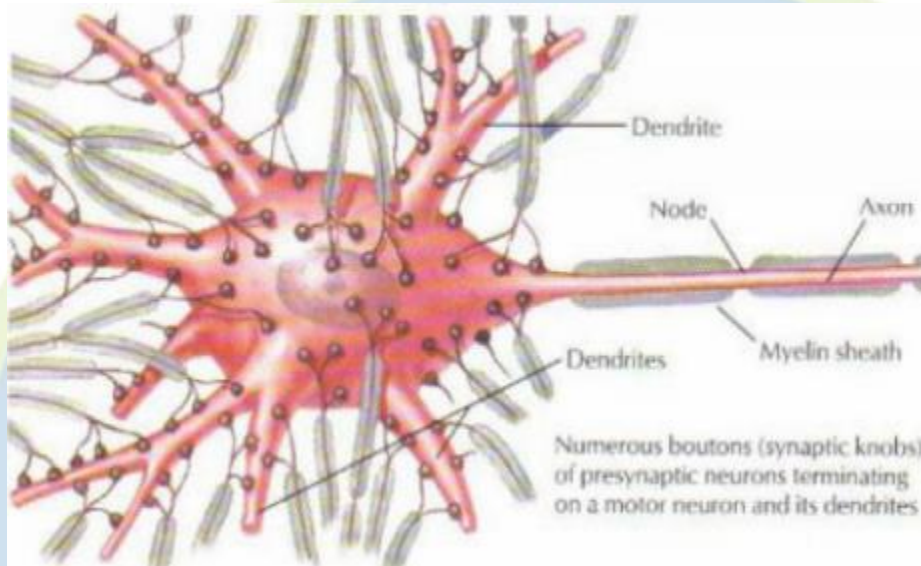




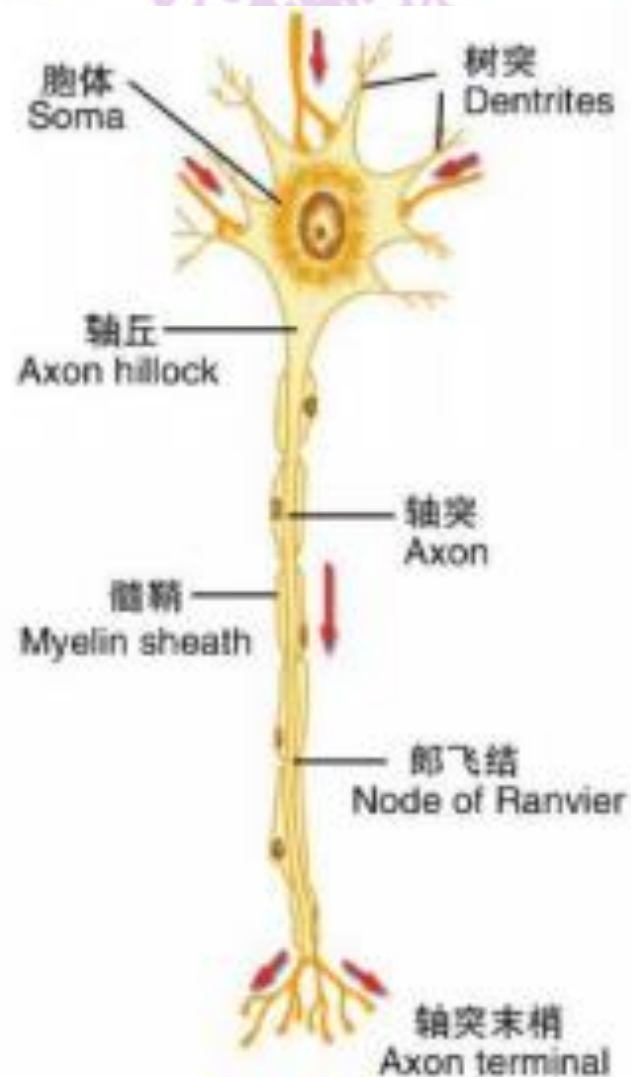
脑电生理机制

- 神经细胞（神经元）有约1000亿个
- 主要功能是感受环境的变化，再将信息传递给其它神经元，并指令机体作出反应，是脑内信息加工的主要部分

胞体是否被唤醒取决于数以千计的突触传递兴奋性和抑制性信息的总和



神经元连接

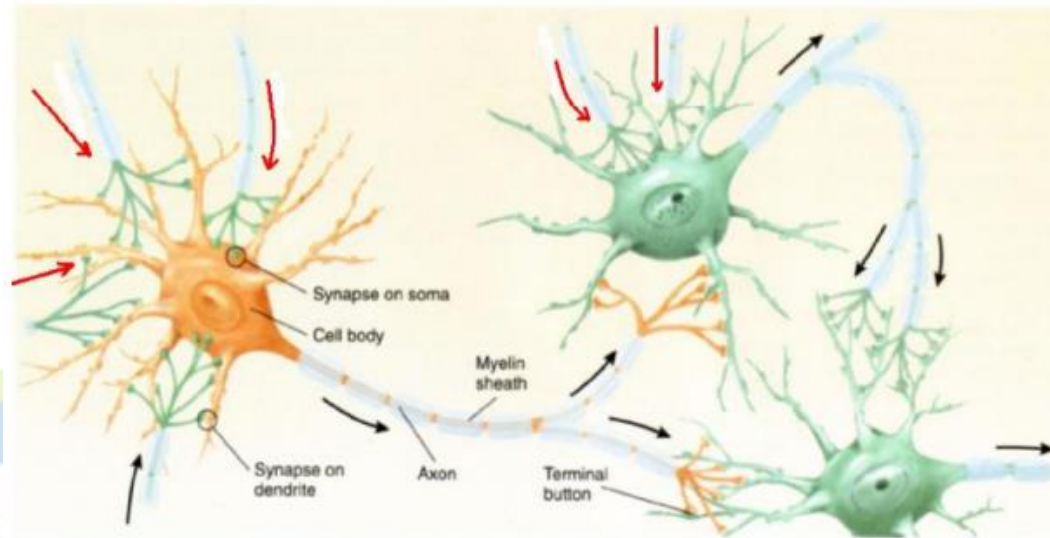


神经元

脑电生理机制

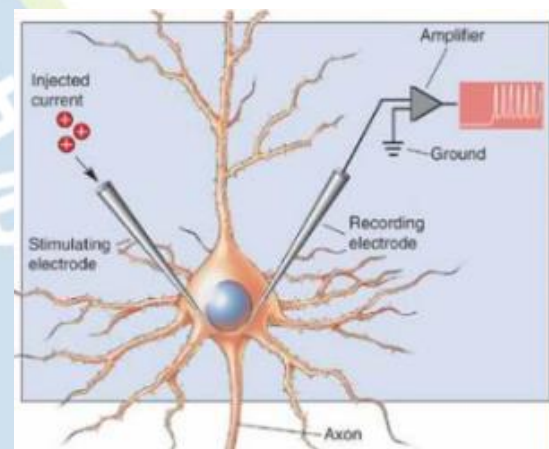
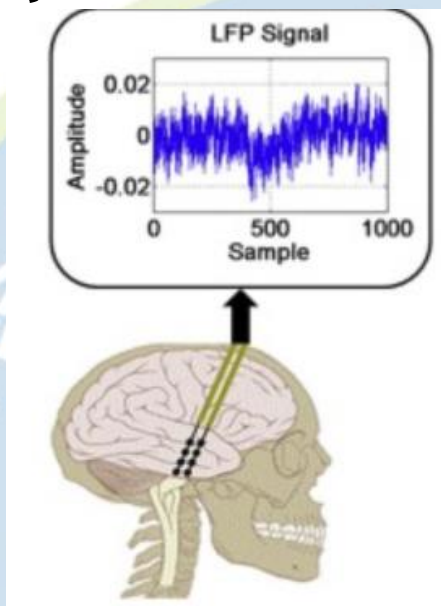
- 神经元不同部分膜电位持续时间不同（1-5ms）
- 神经元发放频繁，具有较高幅度
- 结构微观，难以被宏观电极记录

An overview of the synaptic connections between neurons. The arrows represent the directions of the flow of information.



宏观尺度电极记录：

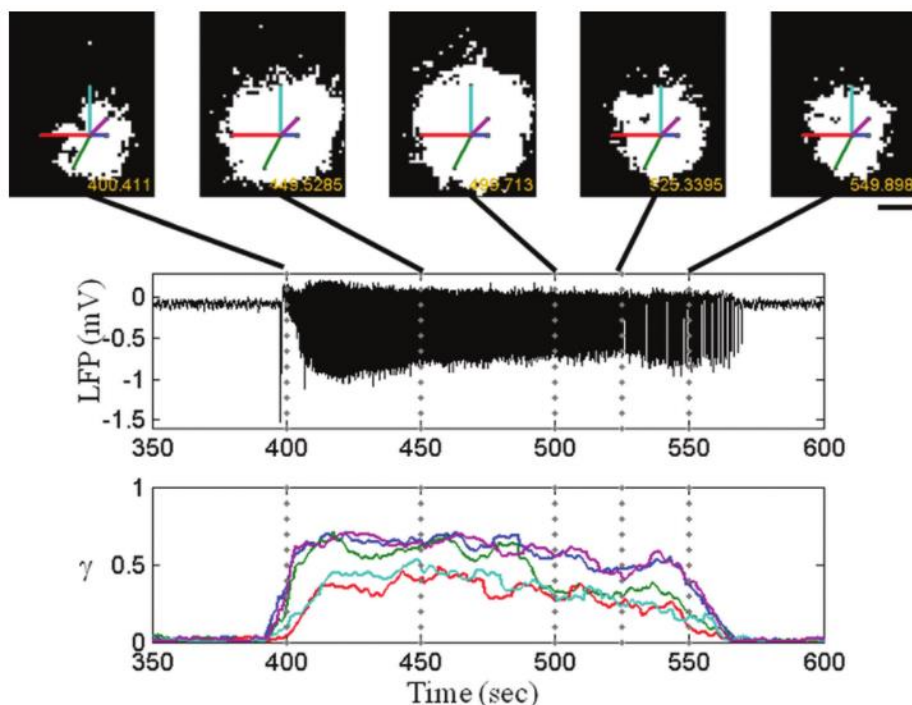
- LFP（局部场电势）
- EEG（皮层脑电）及PSG（多导睡眠检测）特定通道



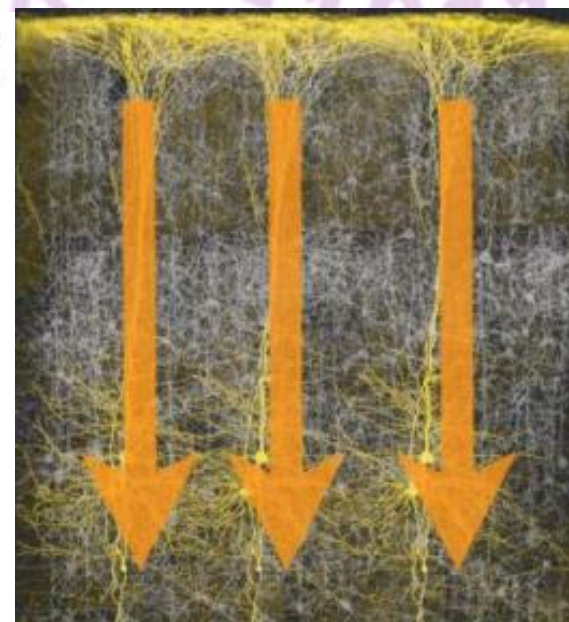
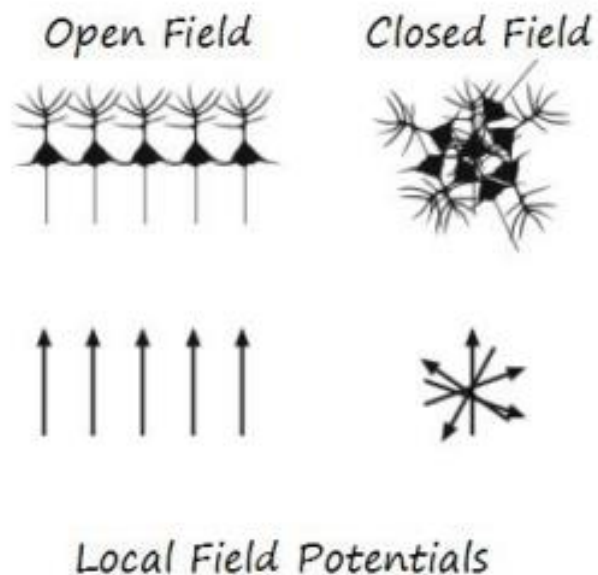
voltage clamp

脑电生理机制

- 单个神经元电活动非常微小，很难被宏观电极记录到
- 同步化/去同步化 (Synchronization/de)



Synchronization analysis of voltage-sensitive dye imaging during focal seizures in the rat neocortex



Fröhlich, F. (2016). LFP and EEG. Network Neuroscience, 127–143.
doi:10.1016/b978-0-12-801560-5.00010-0 voltage clamp



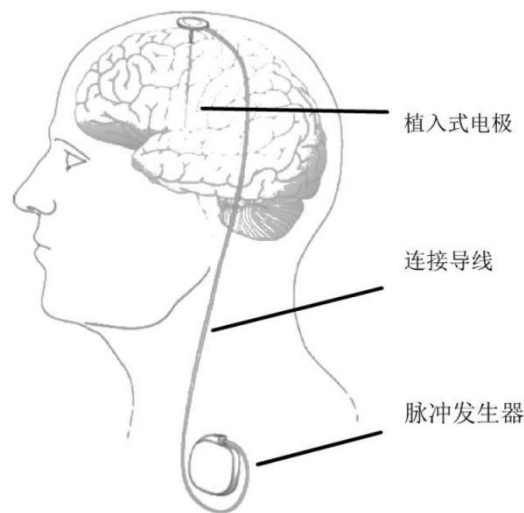
脑电采集介绍：脑电记录原理

脑电的波幅：

波幅代表脑电位的强度

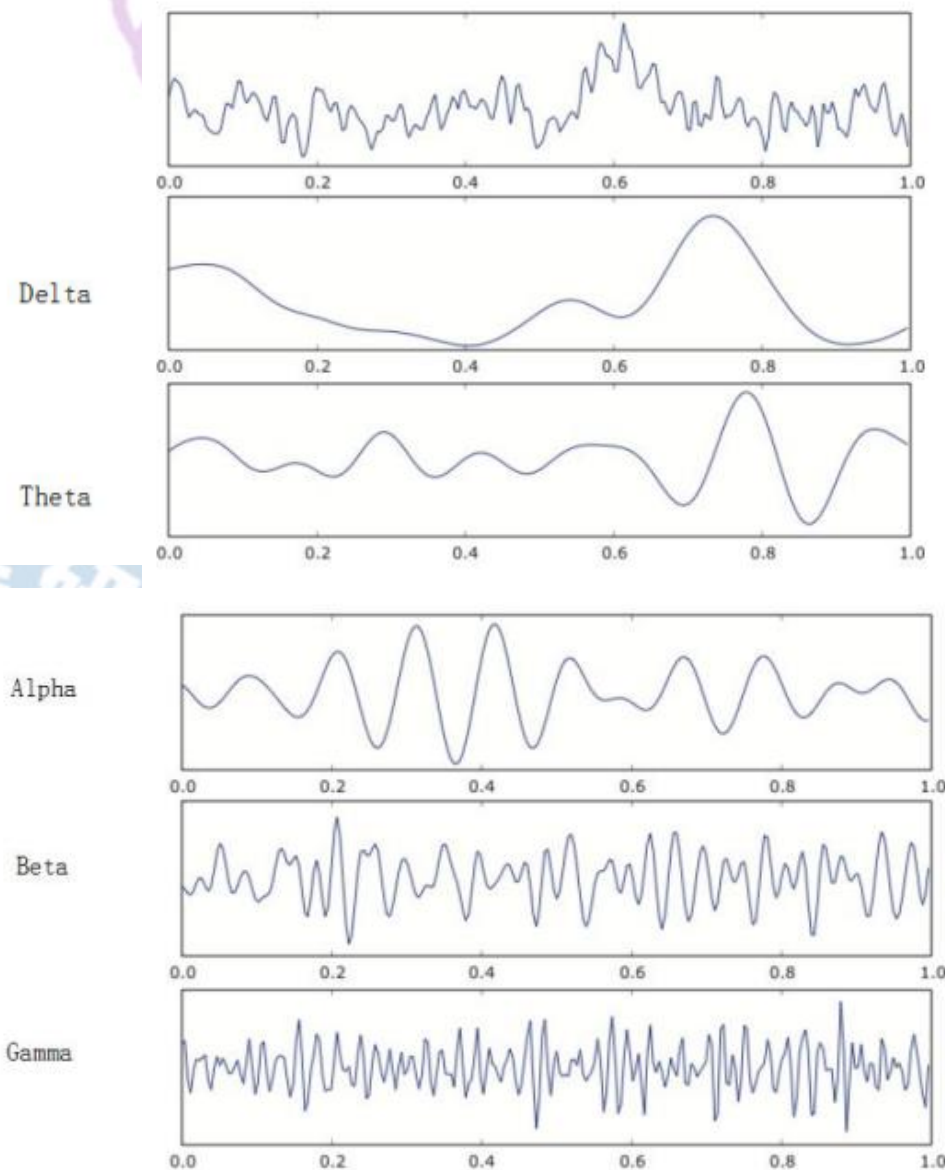
（同步放电神经元数目、排列相关）

LFP/EEG：约几十微孚（ μV ）



脑电的节律：

- 频段划分：delta（1~4 Hz） theta（4~8 Hz） alpha（8~13 Hz） beta（13~30 Hz） gamma（30~100 Hz）
- 低频脑电的波幅值大于高频脑电
- 不同脑电频段有不同的生理功能

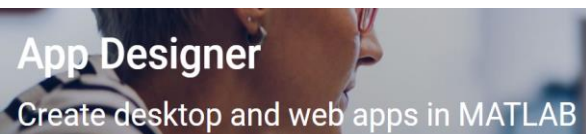


二、脑电采集平台与同步记录

- 1/ 脑电采集平台
- 2/ 脑电数据的同步分析
- 3/ 数据同步的方法与精度

系统界面

采用MATLAB APP
Designer进行界面设计



系统功能：

- 1、串口通信与蓝牙连接
- 2、采集参数设置
- 3、工作通信状态
- 4、绘制时域波形图
- 5、文件存储管理
- 6、在线时频分析、在线滤波器、在线能量计算等

其他特征：

二次开发数据接口、防误操作设计、副显示器同步更新模块



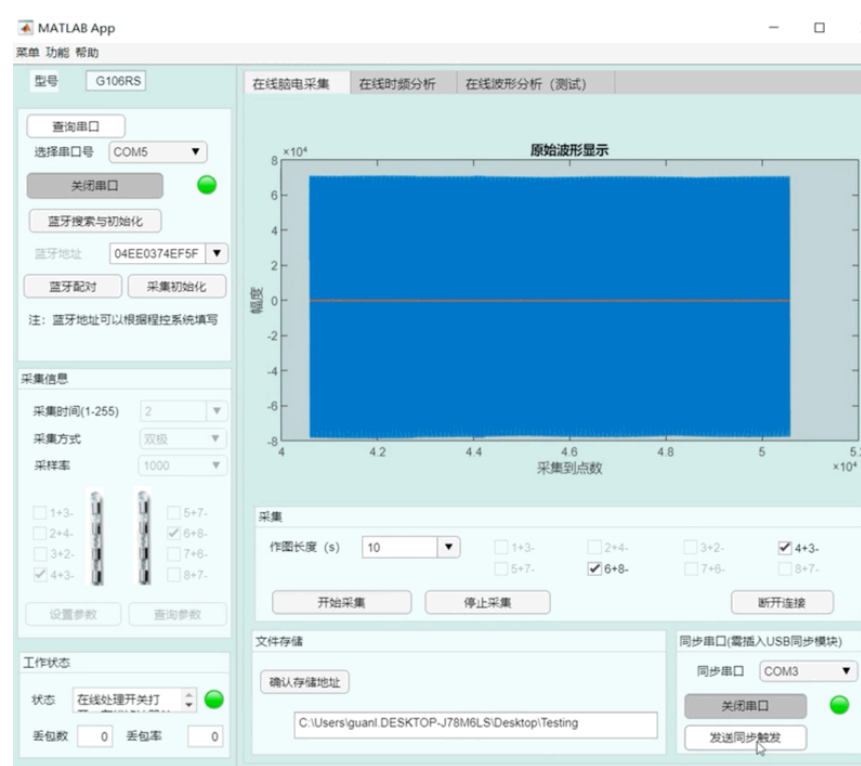
采集模块连接



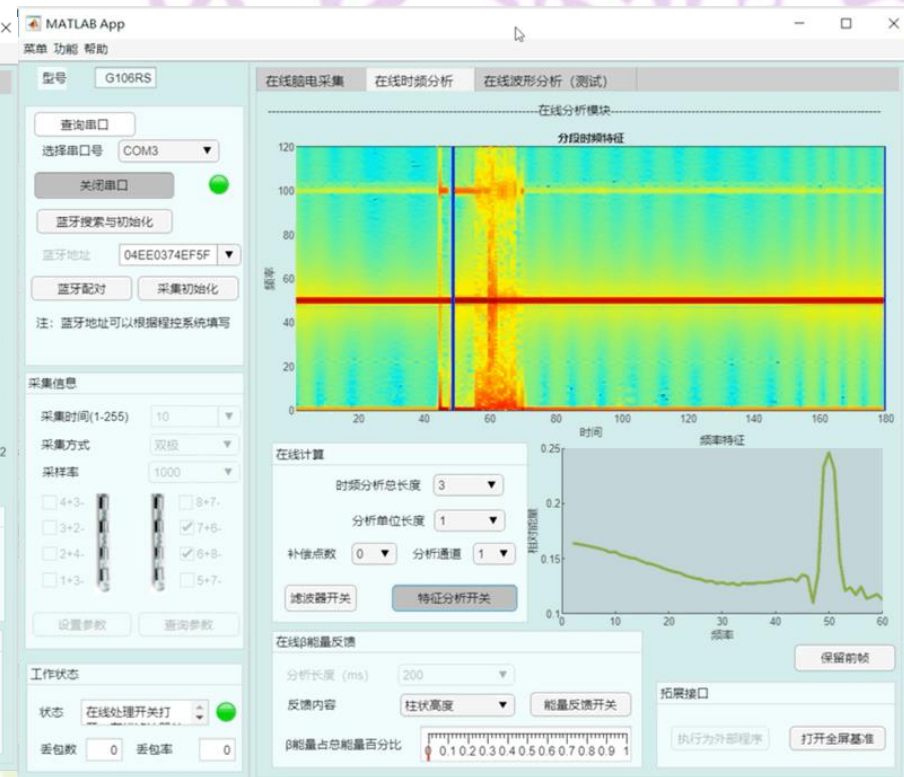
采集参数设置



基于MATLAB的在线记录平台



实际采集界面



在线分析界面



四、脑电处理方法

- 1/ 数据的伪迹
- 2/ 数据处理流程
- 3/ 时域、频域分析及应用



到底是脑电数据还是干扰信号？

识别伪迹：

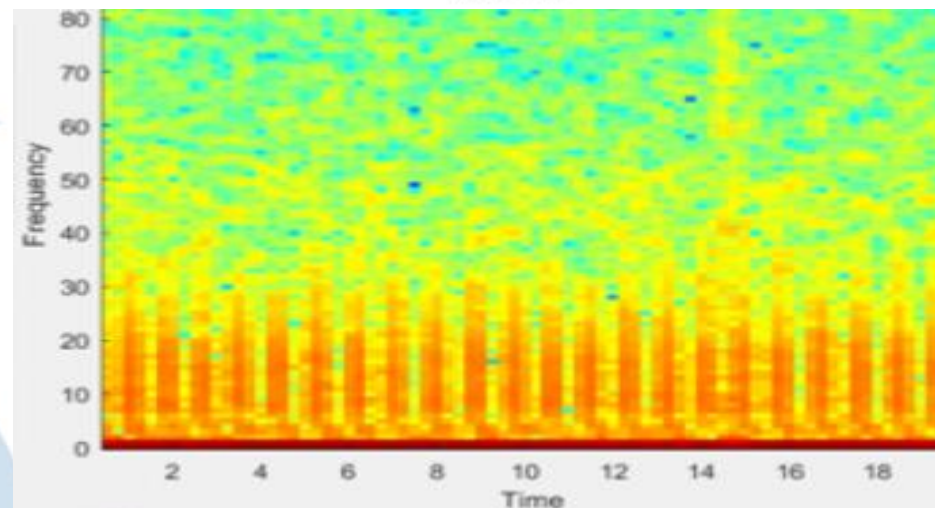
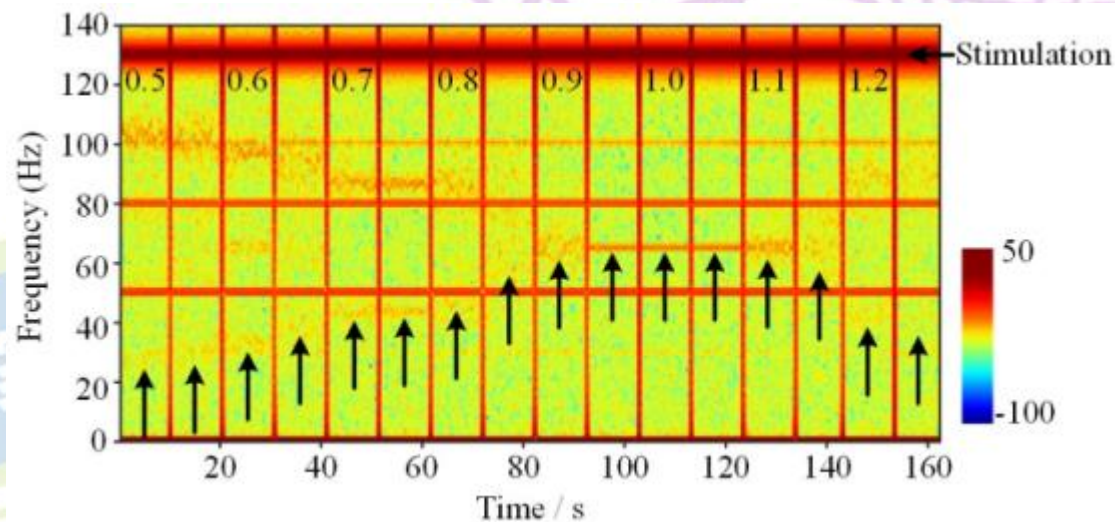
时域观察

频域辅助分析

经验+实验

基本认知

如：LFP分频伪迹



脑电处理方法：数据伪迹识别

1) 心电伪迹

产生原因：单极记录、植入漏液

2) 运动伪迹

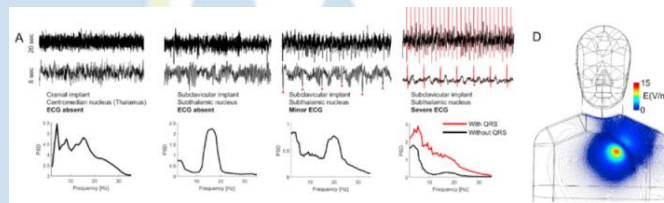
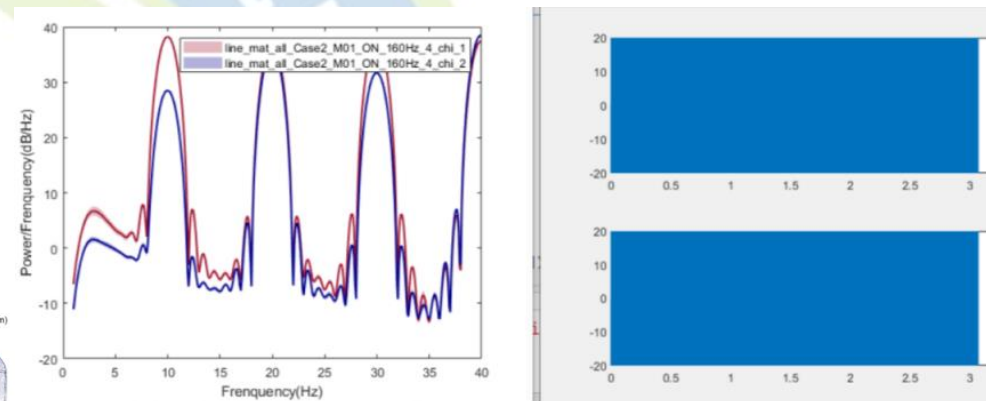
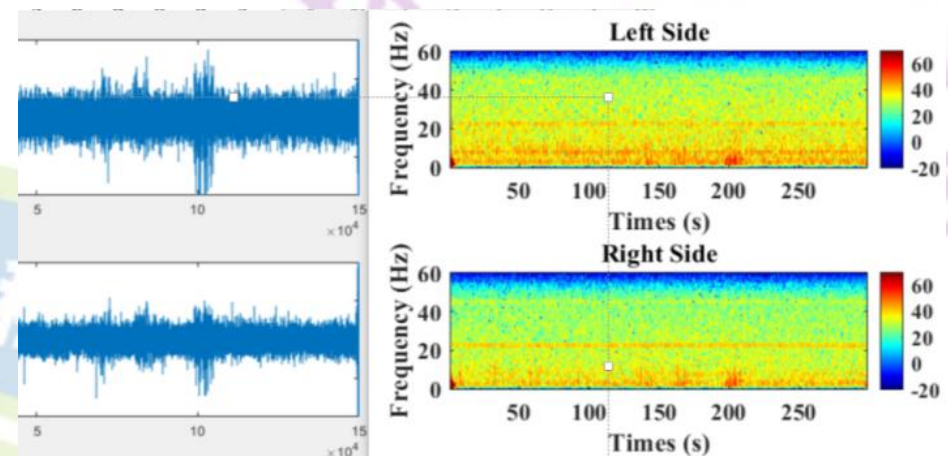
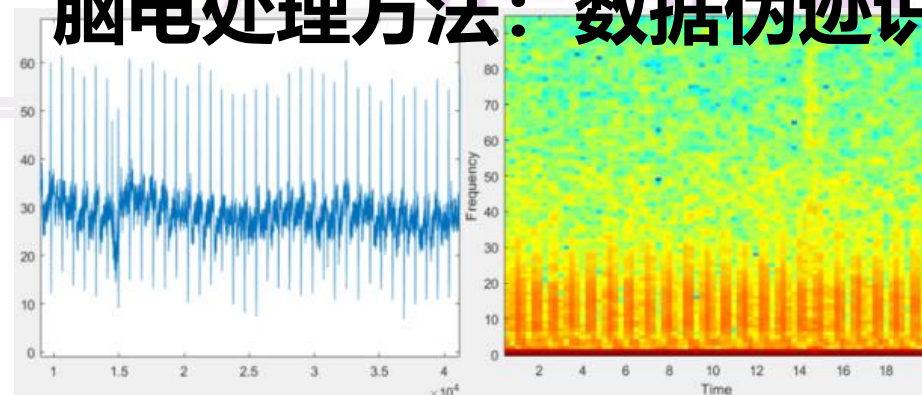
产生原因：身体移动、眼动等

3) 刺激伪迹

产生原因：开机伪迹（刺激、分频）

4) 其他

姿态、植入位置





DBS-LFP平台记录指标

记录模式：双极模式、单极模式

采样率：250Hz、500Hz、1000Hz

记录通道：单极模式下（C+I-差分记录）双极模式：1+3-、2+4-...

记录时长：1-255min（要充分考虑电量）



采集信息

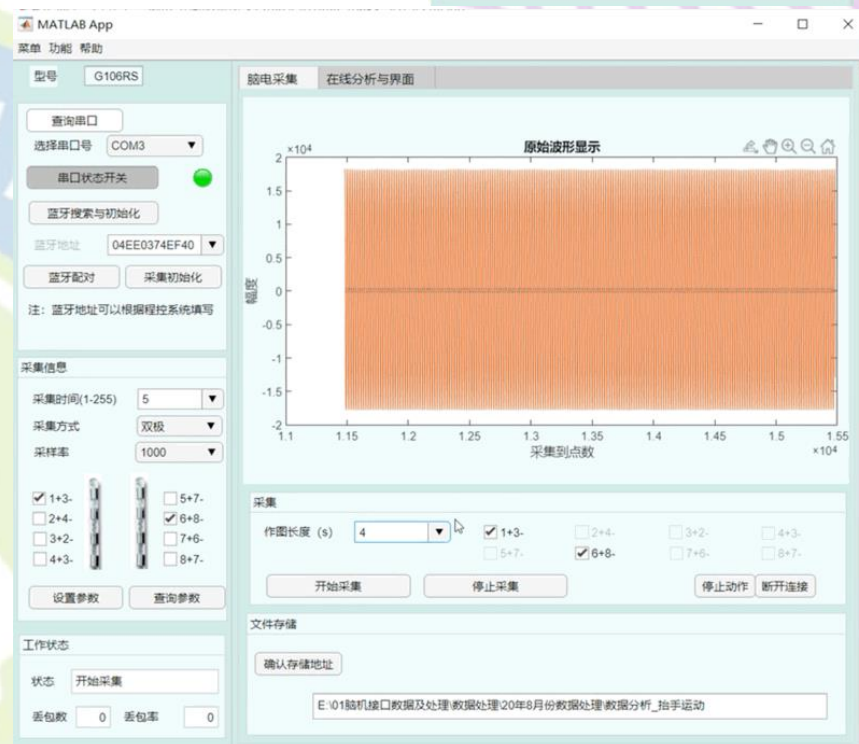
采集时间(1-255) 5

采集方式 双极

采样率 1000

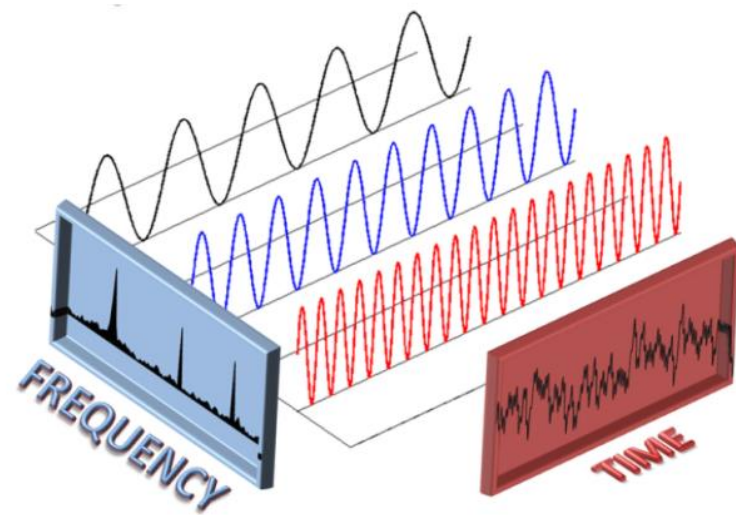
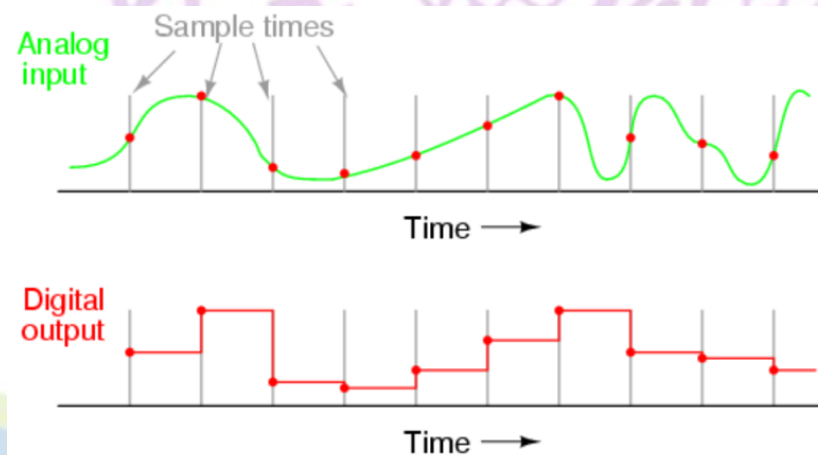
☒ 1+3- ☐ 2+4- ☐ 3+2- ☐ 4+3- ☐ 5+7- ☒ 6+8- ☐ 7+6- ☐ 8+7-

设置参数 查询参数



几个概念：

- 采样（数字信号/模拟信号）
- 时域特征
- 频域特征
- 时频分析



- <https://zhuanlan.zhihu.com/p/34989414>

时频域示意图



DSP_TASK

☰ README.md

DSP_TASK

Task 1(Signal Display):

Load example signal and visualize it. (matlab functions you may use: plot/subplot)

Task 2(time domain analysis & frequency domain analysis):

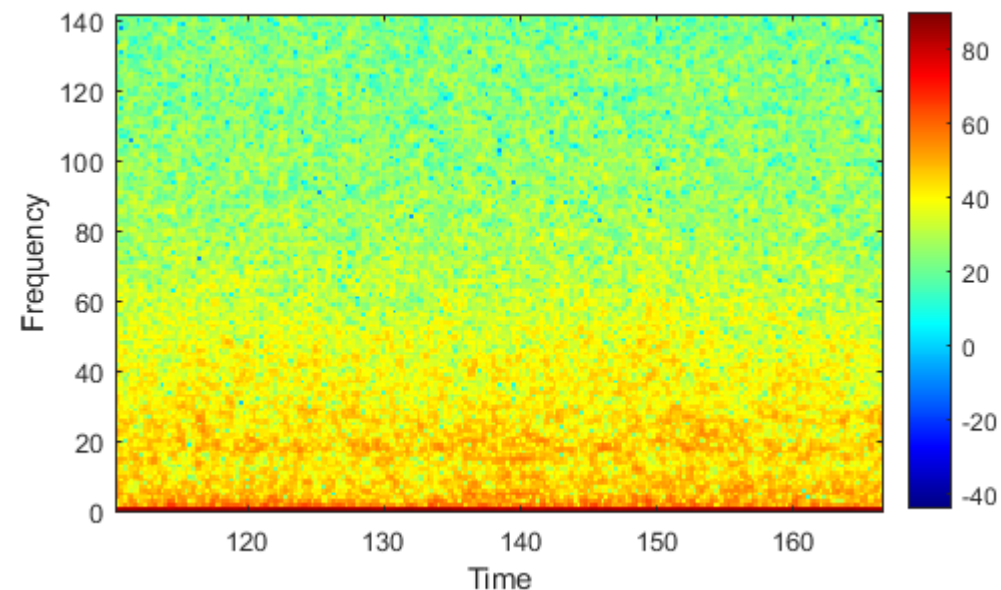
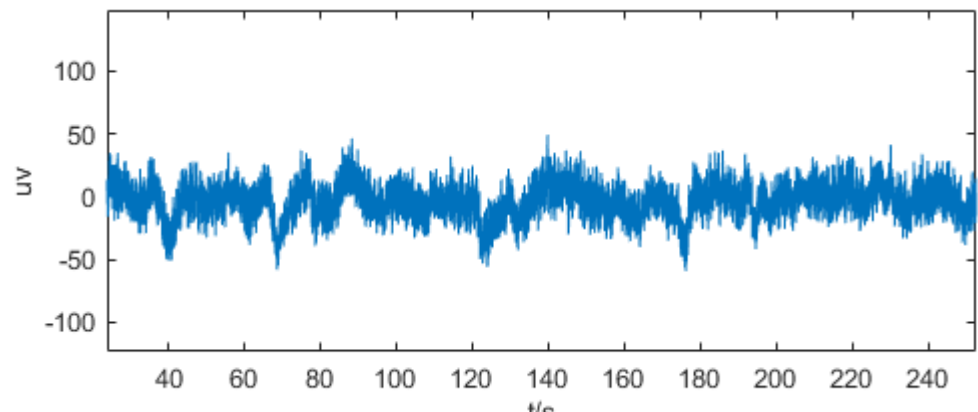
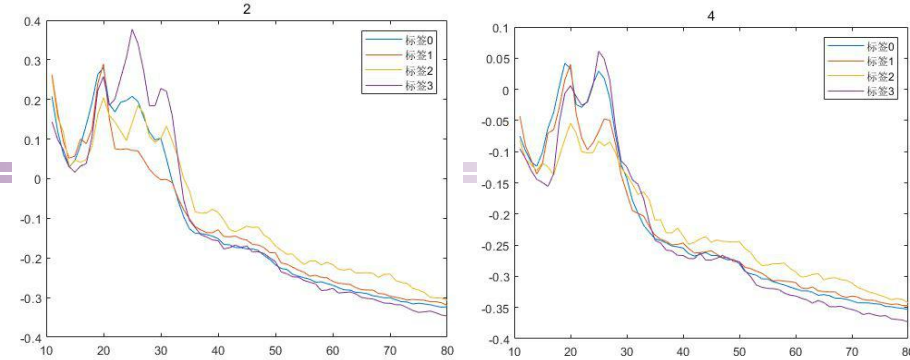
Observe&calculate the signal amplitude, waveform... Frequency domain distribution(DFT/FFT) (matlab functions you may use: fft/pwelch)

Task 3(Time-frequency analysis):

visualize Time-freQUENCY analysis result(feature calculation) (matlab functions you may use: spectrogram/cwt)

[Lingxiao-Guan/DSP_TASK \(github.com\)](https://github.com/Lingxiao-Guan/DSP_TASK)

https://github.com/Lingxiao-Guan/DSP_TASK





谢谢