

ビルドアップ構成による小型脳波計の開発

大神光明¹, 関達也¹, 比留間良太¹, 土屋秀和², 浅川毅³

¹株式会社テクニカ, ²東海大学 情報教育センター, ³東海大学 情報理工学部

Development of Small electroencephalograph by the build-up configuration

Mitsuaki OHGA¹, Tatsuya SEKI¹, Ryota HIRUMA¹,

Hidekazu TSUCHIYA², Takeshi ASAKAWA³

¹Technica Corporation, ²ICT Education Center, Tokai University

³Department of Information Science and Technology, Tokai University

Abstract: The advance in semiconductor manufacturing technology has been promoting lower prices and higher performance for microprocessors and sensors. Herewith, it is possible to develop low cost bio-measurement equipment and these applications are expanding. Thus, we started to develop the compact electroencephalograph that is easier to use. The downsizing of the electroencephalograph was possible at a low cost by build-up type hardware structure consists of main module, amplifier module and filter function using software. The brain wave signal that is measured at the amplifier board is converted to data at main module. The processed data is sent to the PC or tablet via Wi-Fi. In this paper, we discuss the technology of the developed electroencephalograph and its applications.

Keywords: Electroencephalograph, Biological signal, Signal processing

1. Introduction

近年の半導体製造技術の発展に伴い、マイクロプロセッサやセンサーの高性能化, 低価格化が進み, これまで高額であった生体計測機器が低コストで開発でき, 医療機関だけでなく一般の人にも身近なものになりつつある¹⁾. これに伴い, 先行研究としてAtmel製ATMega8マイコンを使用した低価格な電気眼球図²⁾や, National Instruments製統合開発環境LabVIEWを使用した低価格な心電図³⁾や, Intel製8051マイコンを使用した低価格な心電図⁴⁾や, センサネットワークを主目的とした安価で低消費電力の特徴を持つ通信規格であるZigBeeを用いた低価格な心拍計等の機能を持つ生体計測器⁵⁾や, FPGAを使用した低価格な脳波によるマルチメディア制御システム⁶⁾等が報告されている. また, 現在市販されている低コストな生体計測機器には, 脳波計として, NeuroSky製MindWave Mobile⁷⁾や東芝製MindTune⁸⁾やEmotiv製EPOC⁹⁾, 心電図として, オムロンヘルスケア製HCG-801¹⁰⁾やトライテック製リード・マイハート¹¹⁾等と, 既に様々な機器が挙げられる. しかしながら, これらのシステムは機能が限定されており, 低価格であるが汎用性や拡張性に欠ける. そこで我々は取扱いが容易な小型脳波計の開発に着手した. メインモジュールとアンプモジュールによるビルドアップ型ハードウェア構成とソフトウェアによるフィルタ機能により低コストで小型化を実現した. 試作した脳波計では, 4チャンネル単位のアンプモジュールを5枚ビルド

アップし, 最大20チャンネルの脳波を計測する. アンプモジュールで計測した脳波信号はメインモジュールでデータ化しWi-Fi経由またはUSBでノートPCやタブレット端末に送信して表示や解析を行う. 本論では, 開発した脳波計について示し, その応用分野について考察する.

2. Supported Features

Fig. 1に開発した脳波計の構成を示す. 左から①脳波キャップ, ②脳波計本体, ③モバイルバッテリー, ④解析ソフトウェアである. 脳波キャップに於いては, 国際10-20法に準拠したELECTRO-CAP INTERNATIONAL製¹²⁾を適用し, 世界標準の電極配置により被験者頭部から脳波を測定する. また, 測定した脳波データは解析ソフトウェアにより得られた結果を用いることで, 脳活動の分析や確認が可能となっている.

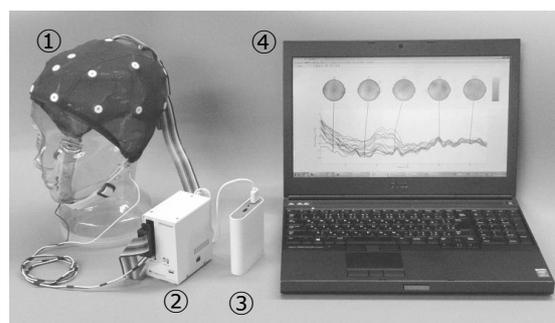


Fig. 1 Equipment for EEG recording

3. Hardware Features

3.1 Configuration

脳波計本体に搭載されたモジュールの外観を Fig. 2に示す。上から順に、アンプモジュール (5枚)、電源ボード、メインモジュールである。メインモジュールには、Wi-Fiモジュールが接続されている。また背面には、脳波キャップのインタフェースに合わせてカスタマイズしたコネクタ変換ボードを設置し、容易に脳波キャップの脱着が可能となるようにしている。

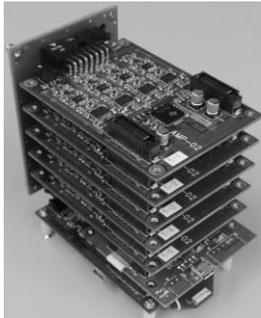


Fig. 2 EEG module

Fig. 3に脳波計本体のモジュール構成を示す。本脳波計は、アンプモジュール、メインモジュール、電源ボード、コネクタ変換ボードに機能分割し、ビルドアップによる容易で効率的な接続方法を採用している。ビルドアップ構成により、電極数や計測内容に応じたアンプモジュール構成が可能となり、用途に対して柔軟に対応できる。例えば、脳波計用、心電計用、筋電計用のアンプモジュールを組合わせて、1つの測定器に集約することもできる。

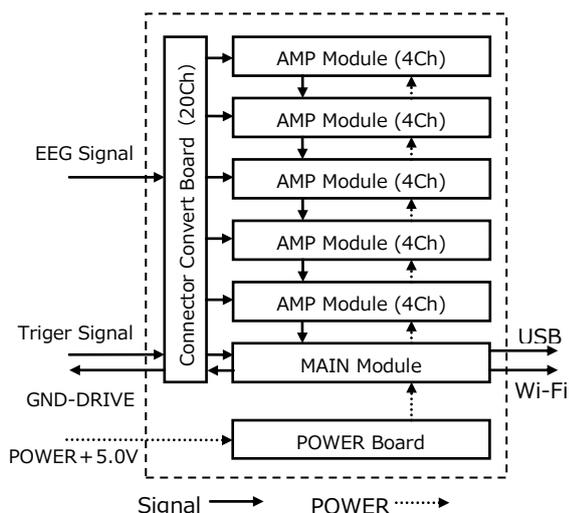


Fig. 3 The structure of EEG module

3.2 Specifications

Table1に開発した脳波計の仕様を示す。CPUには、処理能力と開発効率の面よりARM製32-bit

Cortex-M3プロセッサを搭載したマイコンを採用した。アンプモジュールの増設が可能なので、4ch ~ 20chの範囲で電極入力数の変更が可能である。

Table1 Specification of EEG

Item	Specification
CPU Core	ARM 32-bit Cortex-M3 72MHz
POWER Voltage	+5.0V
EEG Input Ch	4~20ch
Gain	MAX 12100
S/N	81dB
Frequency Prop.	0.71~37.86Hz
External I/O	<ul style="list-style-type: none"> • EEG Signal Input • GND-DRIVE Output • Trigger Signal Input • Extension I/O Connector

4. Gain and Frequency response

Fig. 4にアンプモジュールの増幅及びノイズ除去のメカニズムを示し、Fig. 5に周波数特性を示す。電極から取得した脳波信号は、EMI(Electro-Magnetic Interference)/ESD(ElectroStatic Discharge)フィルタにより、静電気保護及び電磁ノイズの除去が行なわれ、同相ノイズの除去能力を有する計装アンプに入力される。計装アンプで100倍に増幅された脳波信号は、直流成分の回路オフセットを除去するためHPF(High Pass Filter)に入力される。更に後段アンプで121倍に増幅された脳波信号は、フィルタで不要周波数成分が除去されてA/Dコンバータ (ADC: Analog to Digital converter) へ入力される。これらの一連の処理結果として脳波信号は12100倍に増幅されノイズと不要な周波数成分が除去されて、脳波測定に十分な周波数特性値を持つ。

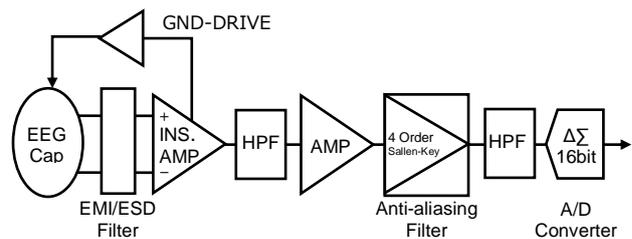


Fig. 4 Amplification and noise removing

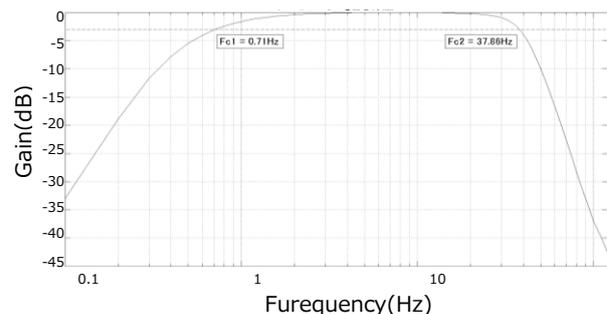


Fig. 5 Frequency characteristic

5. Software Features

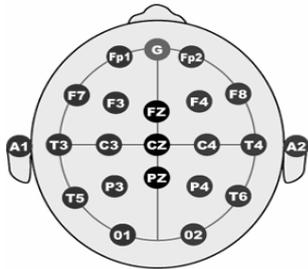
脳波計としての基本的なデータ記録波形表示の他に脳波解析が必要とされるスペクトル解析、トポグラフ表示、ERP解析の機能をソフトウェアで実現している。また、取込んだ脳波データに対して任意の周波数帯域でフィルタリングして表示や保存する機能も備える。

6. Experimental study

6.1 Method

開発した脳波計を評価するために、安静閉眼時に α 波が後頭部優位になることを利用し、安静閉眼、開眼を3回繰り返し、脳波の変化を観測した。Table2に測定条件を示す。また、Fig. 6に被験者に脳波キャップを装着し測定している様子を示す。

Table2 Measurement conditions of brain waves

Item	Specification
Task	(eye-open : 5s, eye-closed : 10s) × 3 times
Sampling Rate	250sps
Measurement Position	20 Point (10-20 system) 

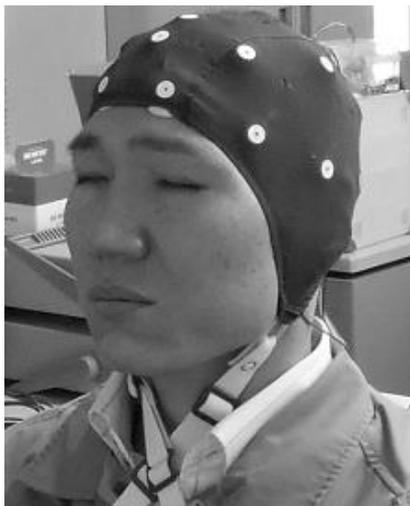


Fig. 6 Installing

6.2 Result

Fig. 7に測定結果のグラフを示す。帯域フィルタなしでの脳波データは、開眼、安静閉眼での大

きな差はなく、測定箇所全体に脳波が見られる。

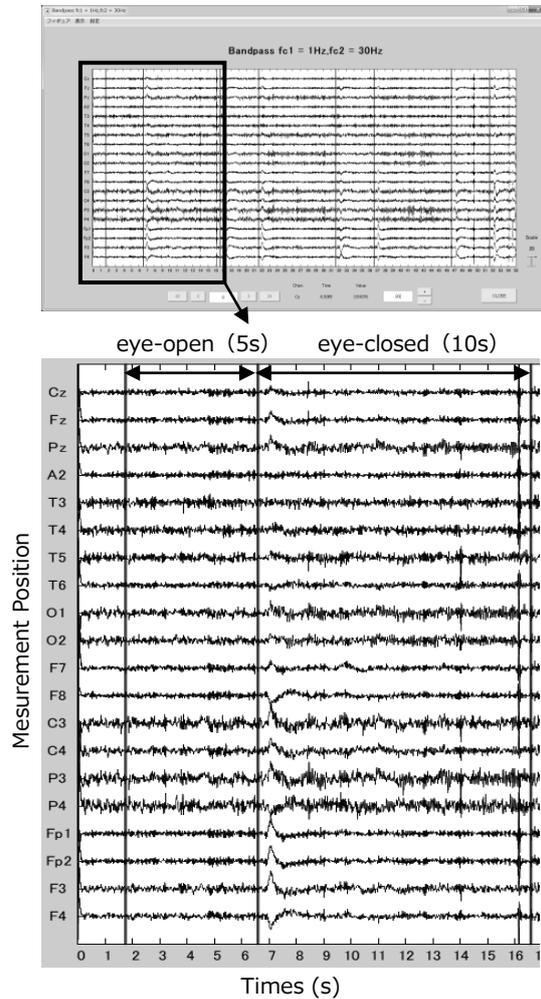


Fig. 7 The traces of EEG

6.3 α -waves analysis

測定した脳波データを解析ソフトウェアを用いてフィルタをかけ α 波を抽出した。Table3に解析条件をFig. 8に解析結果のグラフを示す。また、Fig. 9に開眼、安静閉眼における α 波の変化をトポグラフで示す。尚、Fig. 10には、トポグラフの見方を示す。これら結果より、安静閉眼時に国際10-20法の後頭部箇所であるPZ, P3, P4, O1, O2 (Fig. 8の○印の測定箇所)の箇所で振幅が大きいことや、脳波強度が後頭部付近で高いことより α 波が確認された。

Table3 Analysis condition of α waves

Item	Specification
Band Pass Filter	8Hz~13Hz
Sampling Rate	250sps
Measurement Position	20 Point (10-20 system)

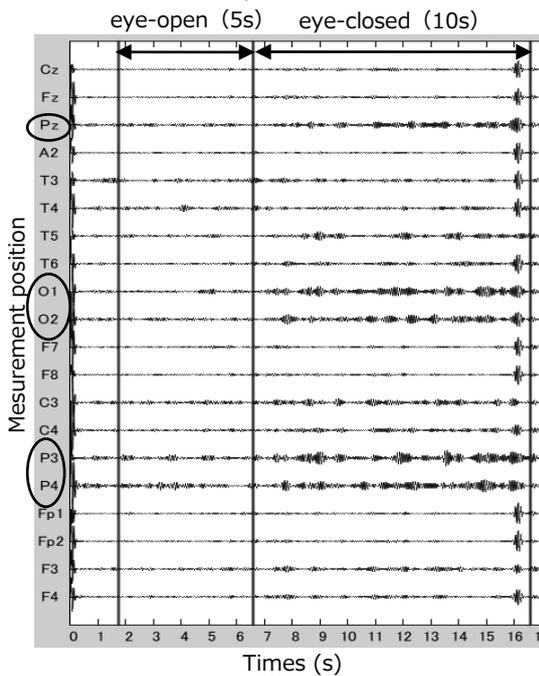
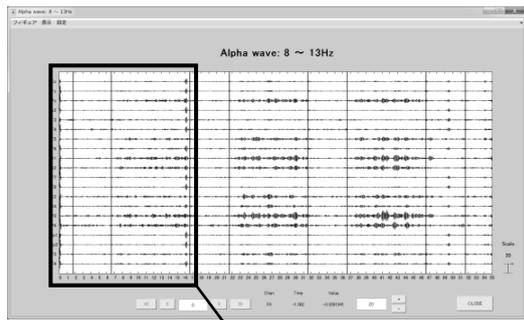


Fig. 8 Analysis result : α waves

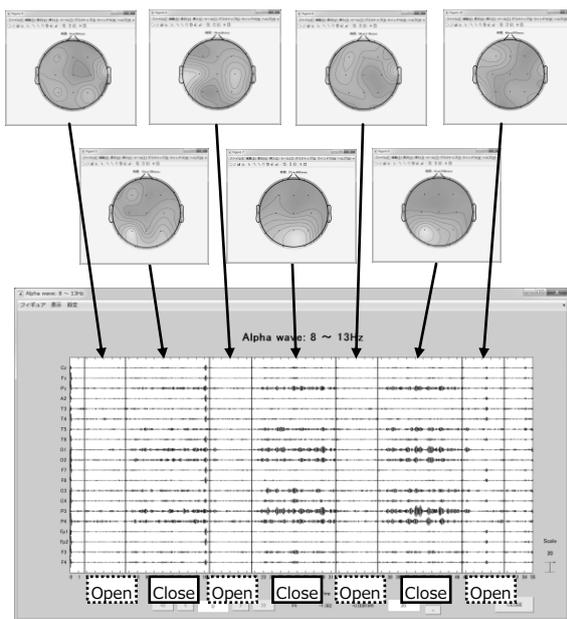


Fig. 9 Topographic analysis of α waves

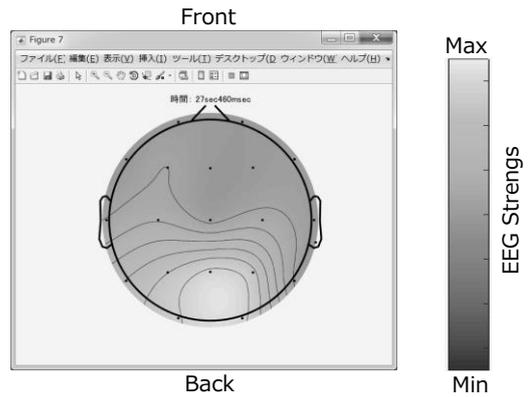


Fig. 10 Scalp power map

7. Application example

開発した脳波計は、低電力、小型、低コスト及び汎用性、拡張性の面より、様々な応用が考えられる。

- ・ 携帯型脳波計によるアプリケーションとして、自動車ドライバ補助、感情や感覚モニタ装置、BMI(Brain-Machine Interface)等
- ・ 心電計測によるスポーツトレーニング補助や健康管理等
- ・ 心拍計測による自動車ドライバ補助、スポーツトレーニング補助や健康管理等
- ・ 筋電信号による義手、義足、ロボットハンド等の制御等
- ・ 眼電位を用いた眠気検出による自動車ドライバ補助、情報機器操作、各種制御等

8. Conclusion

本研究では、汎用性と拡張性のある小型で低コストな脳波計を開発した。本脳波計は、メインモジュール、電源ボード、アンプモジュールをビルドアップ構成にしたことを特徴としている。そのため、ユーザの要求や予算に応じて組合せを変更することが可能で、様々な機能構成を実現できる。例えば、脳波計用のモジュールに心電図用のアンプモジュール加えることで、脳波と心電の同側が可能となる。今後の展望としては、本脳波計を利用した低コストの生体計測機器を開発し評価を行っていく。また、アンプモジュール上の増幅度や測定帯域幅等をソフトウェア的に容易に可変できる機構の追加や、計測する生体信号ごとのアンプモジュールの開発を行ない、自由度及び汎用性の向上を図っていく。

References

- 1) 日経BP社 革命 医療機器開発 日経エレクトロニクス, no. 1102, PP. 25-43, 20013.
- 2) Satish Kumar, Adyasha Dash, Manoj Kumar Mukul: Design and Development of Low-Cost EOG Acquisition Circuit for HMI Application, 2015 2nd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), pp. 192-197, 2015
- 3) Komala. k, M. Z. Kurian, Ashwini. S. Shivannavar: A Real time access & control of ECG signals using lab view based web browser, 2009 3rd International Conference on Anti-counterfeiting , Security , and Identification in Communication (ASID 2009), pp. 406-409, 2009
- 4) Ali S. AlMejrad: A Single Supply Standard 8051 Microcontroller Based Medical K-grade Isolation ECG Module with Graphics LCD, 2012 Second International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application (ISDEA), pp. 1184-1187, 2012
- 5) Karandeep Malhi , Subhas Chandra Mukhopadhyay, Julia Schnepfer, Mathias Haefke , Hartmut Ewald: A Zigbee-Based Wearable Physiological Parameters Monitoring System, IEEE Sensors Journal (Volume: 12, Issue: 3), pp. 423-430, 2012
- 6) Kuo-Kai Shyu, Po-Lei Lee, Ming-Huan Lee, Ming-Hong Lin, Ren-Jie Lai, Yun-Jen Chiu: Development of a Low-Cost FPGA-Based SSVEP BCI Multimedia Control System , IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems (Volume: 4, Issue: 2), pp. 125-132, 2010
- 7) NeuroSky Inc. , MindWave Mobile, <http://neurosky.com/biosensors/eeg-sensor/biosensors/>, 2016年1月10日
- 8) 株式会社東芝, MindTune, <http://www.mindtune.jp/>, 2016年1月10日
- 9) Emotiv Inc. , EPOC, <https://emotiv.com/>, 2016年1月11日
- 10) オムロンヘルスケア株式会社, 携帯型心電計HCG-801, <http://www.healthcare.omron.co.jp/product/etc/hcg/hcg-801.html>, 2016年1月11日
- 11) 株式会社トライテック, リード・マイハート, <http://www.readmyheart.jp/readmyheart/index.html>, 2016年1月11日
- 12) ELECTRO-CAP INTERNATIONAL Inc. 脳波キャップ, <http://www.electro-cap.com/index.cfm/caps/>, 2016年2月17日