

RESEARCH AND DESIGN COMPONENT OF THE EMG SIGNAL RECEIVING DEVICE

Nguyen Sy Hiep*, Vu Thi Nguyet

TNU - University of Information and Communication Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 09/3/2021 Revised: 10/5/2021 Published: 11/5/2021	Electromyography (EMG) is a medical technique to measure and record the electrical activity released by skeletal muscle, in order to detect heart abnormalities. Electromechanical measuring devices (EMG) used in hospitals with high cost, difficult operation, not suitable for learning, research and development of application platforms. In order to overcome this limitation, the authors decided to design a small product, It is suitable for many users, allowing to read electromechanical signals (EMG) and display data on the screen (computer screen and smartphone). Data on EMG received, is the basis for analysis, diagnosis, treatment, rehabilitation assistance, neuromuscular diseases, monitoring the movement of people while playing sports. or used as control signals for simulated robots, simulating human gestures, to aid in the development of controllable prostheses. The research results are the internal reference for the electronics, mechatronics, embedded systems, biomedical engineering, information technology.
KEYWORDS Electromyography Electromechanical signals Neuromuscular Kinesiology Control prosthetic limbs	

NGHIÊN CỨU VÀ THIẾT KẾ BỘ THU NHẬN TÍN HIỆU ĐIỆN CƠ EMG

Nguyễn Sỹ Hiệp*, Vũ Thị Nguyệt

Trường Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông – ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 09/3/2021 Ngày hoàn thiện: 10/5/2021 Ngày đăng: 11/5/2021	Điện cơ đồ EMG (Electromyography) là một kỹ thuật y học để đánh giá và ghi lại hoạt động điện được tạo ra bởi cơ xương, nhằm phát hiện các bất thường, mức độ kích hoạt hoặc để phân tích cơ chế sinh học chuyển động của con người hay động vật. Các thiết bị đo lường EMG chủ yếu được sử dụng trong các bệnh viện chuyên khoa, có giá thành cao, vận hành phức tạp, không phù hợp cho học tập, nghiên cứu và phát triển ứng dụng nền tảng. Nhằm khắc phục hạn chế thực tại, nhóm tác giả đề xuất thiết kế một sản phẩm có kích thước nhỏ, phù hợp với nhiều đối tượng sử dụng, cho phép đọc tín hiệu EMG và hiện thị giá trị thu được lên giao diện người dùng (phần mềm máy tính và ứng dụng trên smartphone). Dữ liệu về EMG nhận được, là cơ sở để phân tích, chẩn đoán, điều trị, phục hồi chức năng, các bệnh liên quan đến thần kinh cơ, theo dõi sự vận động của người luyện tập thể thao, hoặc sử dụng làm tín hiệu điều khiển cho robot giả lập, mô phỏng theo cử chỉ của người, hỗ trợ trong phát triển chi giả có thể kiểm soát. Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo trong cho các ngành điện tử, cơ điện tử, hệ thống nhúng, kỹ thuật y sinh, công nghệ thông tin và các chuyên ngành liên quan.
TỪ KHÓA Điện cơ đồ Tín hiệu điện cơ Thần kinh cơ Cơ thể động học Điều khiển chi giả	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4115>

* Corresponding author. Email: nshiep@ictu.edu.vn

1. Giới thiệu

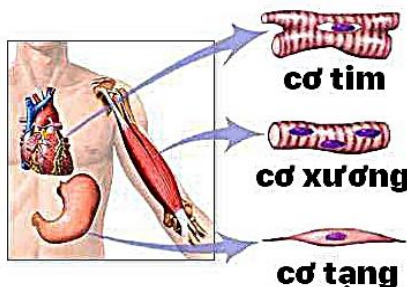
Tín hiệu y sinh là một tín hiệu điện thu nhận được từ bất kỳ các cơ quan nào mà có sự thay đổi đặc tính vật lý. Tín hiệu này thông thường là một hàm thời gian và được mô tả trong giới hạn của biên độ, tần số và pha [1]. Tín hiệu điện cơ EMG (Electromyography) được đo bằng dòng điện được tạo ra trong suốt quá trình co, giãn cơ. Hệ thống thần kinh luôn luôn kiểm soát hoạt động cơ bắp. Do đó tín hiệu EMG là một tín hiệu phức tạp, nó được kiểm soát bởi hệ thống thần kinh và phụ thuộc vào cấu trúc giải phẫu và đặc điểm sinh lý của cơ. Tín hiệu EMG bao gồm nhiều khi truyền qua các mô. Đặc biệt nếu thu nhận trên bề mặt của da, tín hiệu thu được từ các đơn vị vận động khác nhau ở cùng một thời điểm có thể tạo ra sự tương tác lẫn nhau [2]. Tín hiệu EMG được ứng dụng nhiều trong y học như giúp đánh giá mức độ tổn thương thần kinh cơ giúp bác sĩ đưa ra phác đồ điều trị phù hợp [3]. EMG còn sử dụng trong phát triển chip EHW, tương tác máy tính với con người, [4] v.v.

Để hỗ trợ cho việc đo lường EMG, trên thị trường có nhiều sản phẩm từ cơ bản đến hiện đại, tuy nhiên đa số máy móc đều được nhập khẩu từ nước ngoài, giá thành lớn, công suất, kích thước cổng kênh phải đặt cố định, v.v, chủ yếu dành cho các bệnh viện chuyên khoa về thần kinh, cơ, vận động [5]-[7]. Điều này khiến cho các thiết bị này không phổ biến như các thiết bị dân dụng để theo dõi sức khỏe tại nhà, gây khó khăn trong việc sử dụng làm thiết bị hỗ trợ học tập, thực hành các nhóm môn học thuộc ngành, chuyên ngành liên quan, hay không phù hợp cho nghiên cứu, cải tiến, phát triển các ứng dụng nền tảng, v.v.

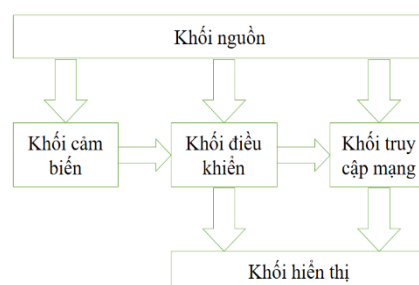
Nhận thấy vai trò quan trọng của EMG, cùng những hạn chế thực tại, xuất phát từ nhu cầu cấp thiết mà xã hội hiện đại đặt ra, nhóm tác giả đề xuất thiết kế một sản phẩm phù hợp với nhiều đối tượng sử dụng, cho phép đọc tín hiệu EMG và hiện thị giá trị thu được lên giao diện người dùng (phần mềm máy tính và gửi dữ liệu không dây đến ứng dụng trên smartphone). Với kích thước nhỏ, giá thành hợp lý khi sử dụng các linh kiện điện tử có sẵn trên thị trường hoặc tái chế từ các bảng mạch cũ, thiết bị có tính ứng dụng với hiệu quả cao, là sản phẩm hữu ích cho con người, góp phần vào việc ứng dụng khoa học kỹ thuật vào thực tiễn. Kết quả nghiên cứu có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các ngành điện tử, kỹ thuật máy tính, cơ điện tử, hệ thống nhúng, kỹ thuật y sinh, công nghệ thông tin và các chuyên ngành liên quan.

2. Cơ sở sinh học của bộ đo lường EMG

Hệ vận động ở con người gồm có hai phần: Phần thụ động gồm bộ xương và hệ liên kết các xương (khớp xương), phần vận động gồm có hệ cơ, hoạt động phụ thuộc hoàn toàn vào hệ thần kinh. Cơ thể người có 3 hệ cơ chính, được minh họa trong Hình 1, đó là cơ vân (hay cơ xương), cơ vận động nội tạng (cơ tạng hay cơ trơn) và cơ vận động tim (cơ tim) [8].



Hình 1. Các hệ cơ chính của cơ thể người



Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống thu nhận tín hiệu điện cơ EMG

Cơ xương hay được gắn vào bởi các gân vào xương và được sử dụng để tác động đến chuyển động của xương như vận động và duy trì tư thế.

Cơ trơn được tìm thấy trong thành của các cơ quan và cấu trúc như thực quản, dạ dày, ruột, phế quản, tử cung, niệu đạo, bàng quang, mạch máu, v.v.

Cơ tim (myocardium) có cấu trúc giống cơ xương và được tìm thấy ở tim.

Trong phạm vi nghiên cứu và triển khai thực nghiệm, nhóm tác giả sẽ giới hạn thiết bị trong việc đo lường và xử lý tín hiệu cơ xương. Điện cực (Đầu đo) được gắn trên vùng cánh tay như Hình 2, để thuận lợi cho quá trình thu thập dữ liệu. Điện cực sử dụng là bề mặt (surface electrode), được dán bên ngoài da (qua các pad), ngay phía trên của cơ cần đo.

3. Cơ sở thiết kế bộ thu tín hiệu điện cơ EMG

3.1. Yêu cầu thiết kế

Mục tiêu xây dựng hệ thống thu nhận tín hiệu điện cơ EMG được nhóm tác giả hướng tới được mô tả trong Hình 2. Trong đó các khối có chức năng như sau:

- Khối cảm biến: Có nhiệm vụ đọc các giá trị là các biến đổi về cơ, chuyển đổi sang tín hiệu điện và gửi dữ liệu dạng analog về Khối điều khiển.
- Khối điều khiển (MCU): MCU được ghép nối với khối cảm biến đo lường EMG đầu vào, thực hiện tính toán, xử lý các tín hiệu nhận được và gửi lệnh điều khiển, hiển thị ra khối chấp hành đầu ra (Khối hiển thị, Khối truy cập mạng).
- Khối truy cập mạng: Có chức năng nhận dữ liệu từ đầu ra Khối điều khiển, sau đó truyền tín hiệu lên máy chủ. Giá trị này được hiển thị trong ứng dụng trên smartphone, khi có kết nối về mạng (internet hoặc wifi).
- Khối hiển thị: Giao diện giám sát người dùng (Giao diện Người – Máy: HMI)
- Khối nguồn: Có vai trò cung cấp năng lượng cho các thiết bị điện tử.

3.2. Phân tích công nghệ và lựa chọn thiết bị

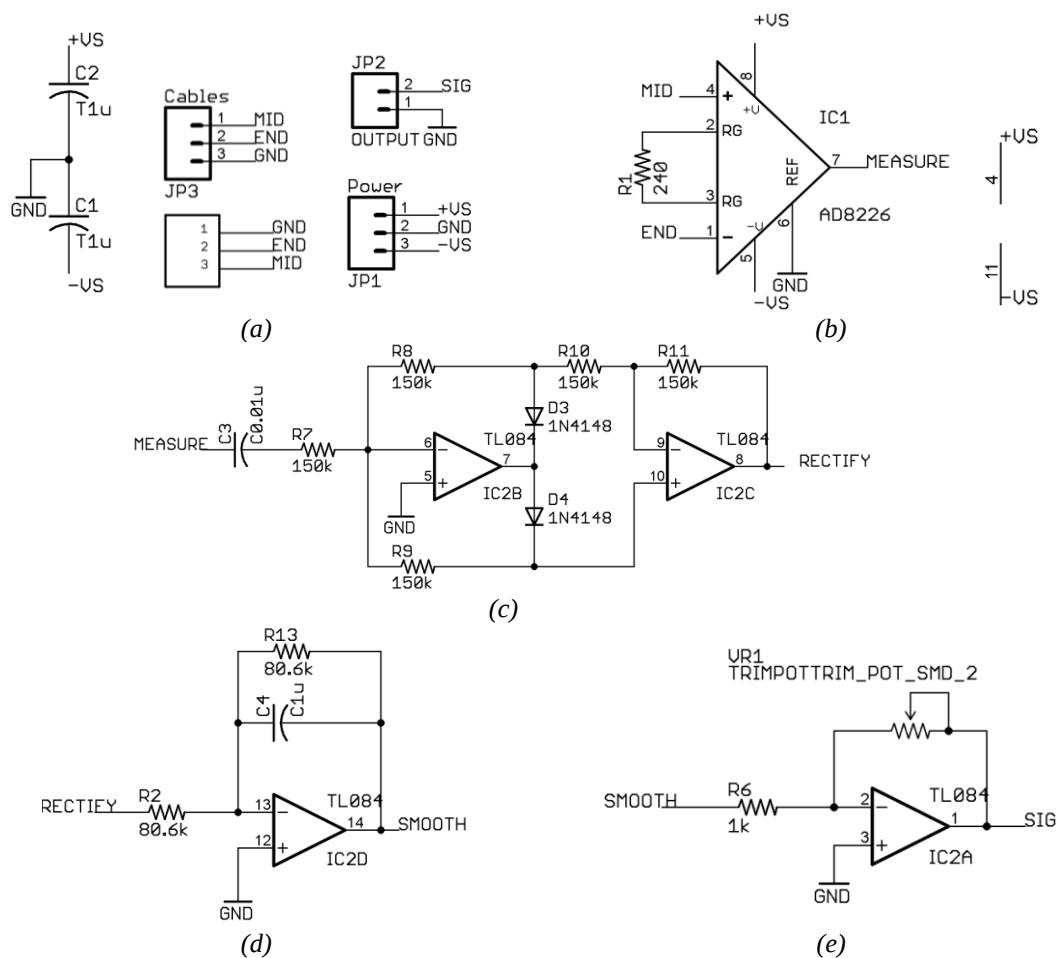
Khối cảm biến có thể được thi công theo sơ đồ nguyên lý như Hình 4 gồm các mạch điện: Thu thập sự biến đổi tín hiệu điện cơ của cơ bắp thông qua các điện cực (a) và gửi tới đầu vào bộ khuếch đại (b), bộ (b) giúp tăng công suất đảm bảo cho tín hiệu đầu ra đưa đến bộ chỉnh lưu (c), tại đây, tín hiệu được chuyển đổi sang một chiều (thuận lợi cho vi điều khiển xử lý) truyền đến bộ lọc (d) nhằm loại bỏ đi dải tín hiệu không được chọn (thường rất hẹp, thường là từ 59 ÷ 61 Hz) và cuối cùng qua mạch xuất trích tín hiệu (e) đầu ra.

Các mạch điện tử này được lắp ráp bởi các linh kiện với giá trị được đưa ra như Hình 3. Tuy nhiên nhóm tác giả sử dụng module cảm biến EMG vì nó đã tích hợp toàn các chức năng của một khối cảm biến trong 1 bo mạch có kích thước nhỏ, gọn và thẩm mỹ.

Hình 4 là Muscle Sensor thực tế, với các thông số kỹ thuật [9]: Kích thước bo mạch: 33,5 mm x 26 mm x 12 mm; Chiều dài cable điện cực: 1 m; Đường kính của Pad điện cực: 52 mm; Jack cắm chuẩn 3,5; Điện áp hoạt động: 3,5 V ÷ 18V.

Khối điều khiển (MCU) sử dụng board Arduino Uno như Hình 5 (a), với điện áp đầu vào: 6 ÷ 20V DC, 14 chân digital I/O; ADC 10 bit, dòng ra từ 30 mA ÷ 500 mA, v.v. [10]. Arduino gồm có phần cứng mạch điện tử có thể lập trình được và công cụ phát triển tích hợp Arduino IDE để soạn thảo, gỡ lỗi, biên dịch và nạp chương cho board.

Khối truy cập mạng sử dụng Node MCU ESP8266 phiên bản như Hình 5 (b) là module truyền thông wifi 2,4 GHz hỗ trợ chuẩn 802.11 b/g/n, phát triển dựa trên chip ESP8266EX bên trong, tích hợp IC CP2102, giúp giao tiếp với máy tính thông qua Micro USB, điện áp hoạt động: 3,3 V ÷ 5 V, số chân I/O: 11, flash: 4 MB, hỗ trợ bảo mật: WPA/WPA2, sử dụng giao thức TCP/IP, kích thước: 48,26 mm x 25,4 mm, vv [11].



Hình 3. Sơ đồ mạch điện trong khối cảm biến: (a) Bộ thu tín hiệu qua các điện cực, (b) Bộ khuếch đại, (c) Bộ chỉnh lưu, (d) Bộ lọc, (e) Bộ trích xuất tín hiệu đầu ra



Hình 4. Hình ảnh thực tế của Muscle Sensor với 3 điện cực và pad đầu đo



(a)



(b)

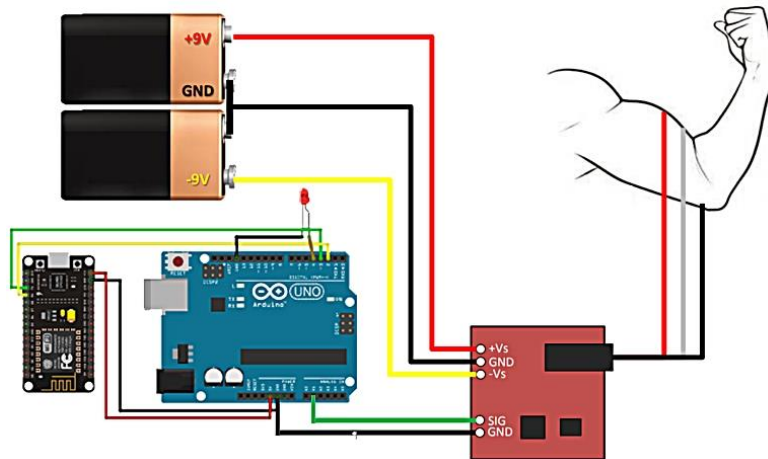
Hình 5. Module mạch điện tử: (a) Arduino Uno, (b) Node MCU ESP8266

Khởi hiện thị gồm đèn LED báo hiệu hoạt động của tín hiệu thu nhận được; Giá trị analog hiển thị trên máy tính và dữ liệu ADC của EMG trên ứng dụng của smartphone.

Khởi nguồn 1 chiều cung cấp cho hệ thống đa dạng từ 5 V ÷ 18V, có thể sử dụng Pin, bộ chuyển đổi adapter AC-DC, v.v.

4. Triển khai thực nghiệm sản phẩm

4.1. Tích hợp phần cứng điện tử



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý mạch thu nhận và xử lý tín hiệu điện cơ EMG

Bảng 1. Chân kết nối giữa các linh kiện điện tử trong mạch đo và xử lý EMG

ARDUINO UNO	MUSCLE SENSOR	NODE MCU ESP8266	LED
GND	GND	GND	CATHODE
VCC		Vin	
A1	SIG		
D2		RX	
D3		TX	
D4			ANODE

Sơ đồ mạch điện tử thu nhận tín hiệu điện cơ EMG được thể hiện trong Hình 6. Hoạt động của thiết bị được mô tả như sau: Cảm biến Muscle Sensor ghi lại sự biến đổi của cơ bắp qua điện cực gắn trên bề mặt của da, ở vùng cơ vân cân đo (công nghệ không xâm lấn), khuếch đại tín hiệu và gửi đến vi điều khiển trung tâm Arduino Uno R3. MCU sẽ đọc tín hiệu analog xử lý các tín hiệu điện cơ và đưa ra hiển thị trên máy tính, điều khiển bật tắt LED và thông qua kit wifi NodeMCU ESP8266 gửi dữ liệu lên ứng dụng của điện thoại thông minh.

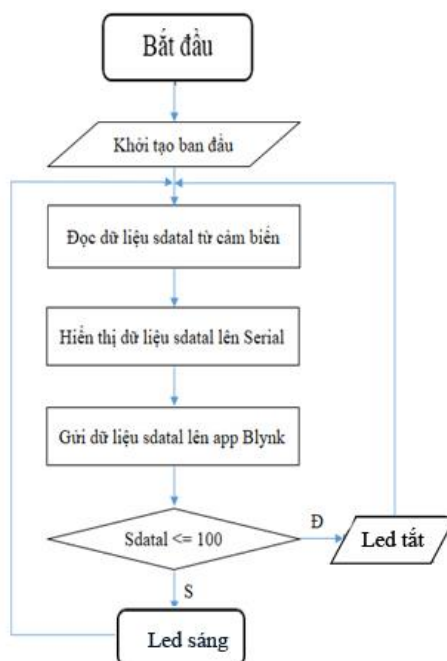
Ký hiệu các chân giao tiếp của Arduino với các mạch ngoại vi được mô tả trong Bảng 1, với các ô để trống là không có kết nối.

4.2. Thiết kế phần mềm

Khi chương trình được khởi chạy. Tín hiệu điện cơ được hình thành sau khi cơ thể tiến hành vận động, điều khiển. Tín hiệu analog này sẽ được thu lại bởi cảm biến gắn trên da. Dữ liệu sẽ được arduino đọc và xử lý tín hiệu. Kết quả sau khi xử lý sẽ được hiển thị trên Serial và App Blynk tức thời thuận tiện cho việc chẩn đoán cũng như theo dõi từ xa.

Toàn bộ chương trình điều khiển chi tiết cho MCU được lập vô hạn theo thuật toán mô tả như Hình 7, gồm các bước:

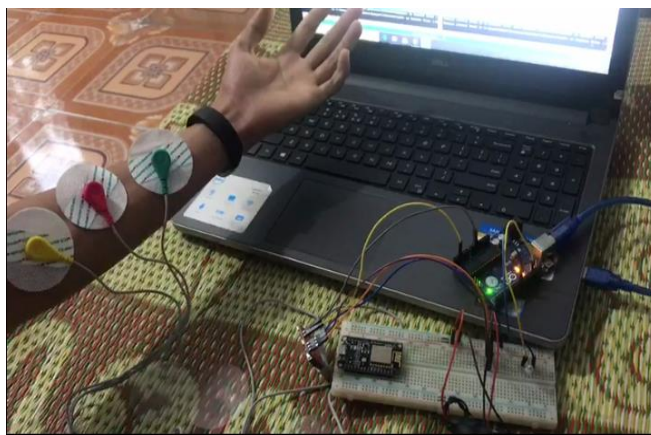
- Bước 1: Bắt đầu chương trình điều khiển cần khai báo chỉ thị tiền xử lý gồm:
 - + Khai báo các thư viện của các ngoại vi sử dụng.
 - + Định nghĩa các biến, cài đặt các kết nối, truyền thông.



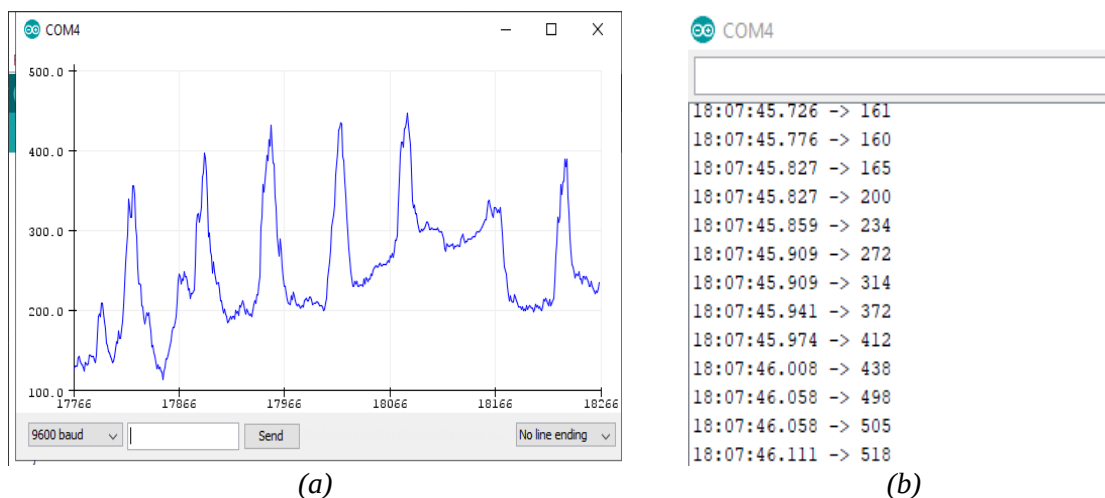
Hình 7. Lưu đồ thuật toán cho bộ MCU

- Bước 2: Liên tục nhận dữ liệu (sdata) từ đầu ra SIG của cảm biến, sử dụng các lệnh để đọc tín hiệu và xử lý bằng bộ ADC 10 bit (có giá trị từ 0 ÷ 1023).
- Bước 3: Hiện thị dữ liệu sdata lên máy tính qua giao diện Serial Plotter (đồ hoạ), Serial Monitor (dạng số) của phần mềm Arduino IDE.
- Bước 4: Gửi dữ liệu sdata lên ứng dụng Blynk của smartphone ở dạng tương tự analog tức thời và biểu đồ theo thời gian thực.
- Bước 5: Kiểm tra giá trị sdata ≤ 100 (là giá trị nhóm tác giả thử nghiệm, có thể là 1 ngưỡng trên để cảnh báo cơ vận động quá mức, hoặc chỉ lấy các mẫu SIG lớn hơn con số này, hay là tín hiệu cho phép kích hoạt cơ cấu điều khiển nào đó như chi giả, robot phỏng sinh, v.v.), nếu:
 - + Sai: LED sáng và quay lại Bước 2.
 - + Đúng: LED tắt và quay lại Bước 2.

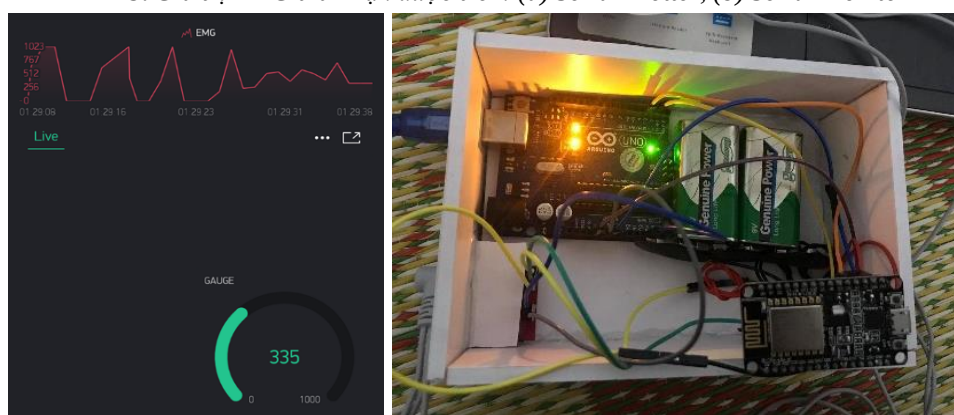
5. Kết quả và đánh giá



Hình 8. Thao tác để đo đạc EMG: Gắn pad lên tay và kết nối với máy tính



Hình 9. Giá trị EMG thu nhận được trên: (a) Serial Plotter, (b) Serial Monitor



Hình 10. Dữ liệu EMG được hiển thị trên ứng dụng của Smartphone (a) Mạch điện tử thực tế

Tiến hành gắn các pad của điện cực lên vùng cơ cần đo cẩn thận, đảm bảo mặt tiếp xúc giữa điện cực và bề mặt da là tốt nhất và kết nối bộ MCU với máy tính như Hình 8, cấp nguồn, kết nối mạng, chạy sản phẩm và thu được các dữ liệu theo thời gian thực gồm: Biểu đồ trên Serial Plotter ở Hình 9 (a), giá trị tương tự analog trên Serial Monitor ở Hình 9 (b), số liệu tức thời và đồ thị trên ứng dụng blynk sẵn có trên google play của smartphone android như Hình 10 (a). Phần cứng được kết nối và đóng gói lại sau khi nhóm nghiên cứu nhúng thuật toán điều khiển cho MCU Hình 10 (b).

Lưu ý: Giá trị đọc về trên giao diện người – máy là giá trị analog 10 bit ($0 \div 1023$), nên khi muốn sử dụng thang đo nào, cần đổi sang đơn vị đó, cùng với các giá trị bù phù hợp, để phép đo chính xác hơn thì có thể sử dụng bộ ADC lớn hơn 10 bit.

Đánh giá kết quả: Trong phạm vi thử nghiệm sản phẩm, về cơ bản đã giải quyết được yêu cầu đặt ra là thu thập và xử lý tín hiệu EMG nhưng hệ thống đo lường này còn một số hạn chế về độ tin cậy. Để có thể khắc phục một số hạn chế được phát hiện trong quá trình nghiên cứu, trong thời gian tới nhóm tác giả sẽ khảo sát các kết quả đo thực nghiệm với sự hỗ trợ của các chuyên gia y sinh để tiếp tục cải tiến các giải pháp, thử nghiệm và triển khai thực tế để tối ưu hoá thiết bị.

6. Kết luận

Tín hiệu điện sinh học dưới dạng analog được truyền về arduino qua bộ cảm biến. Tín hiệu EMG sau đó được xử lý và hiển thị theo thời gian thực đồng thời trên Serial Plotter và smartphone.

Kết quả nghiên cứu đóng góp một giải pháp hữu ích cho các bệnh xá nhỏ khi không có sẵn trang bị chuyên dụng, để phân tích, chẩn đoán, điều trị, phục hồi chức năng, các bệnh liên quan đến thần kinh - cơ, hỗ trợ cho người rèn luyện thể thao theo dõi tình trạng cơ thể để có kế hoạch tập huấn hiệu quả, an toàn, hoặc sử dụng làm tín hiệu điều khiển cho robot giả lập, mô phỏng theo cử chỉ của người, hỗ trợ trong phát triển chi giả có thể kiểm soát.

Tuy thiết bị còn tồn tại một số hạn chế về độ chính xác cao do chất lượng linh kiện đi kèm theo giá thành. Vướng mắc về sai số trong quá trình thu thập dữ liệu đo đặc như: dung sai của các linh kiện điện tử, nhiễu do môi trường bên ngoài và các thành phần bên trong mạch điện tử, sai số khi điện cực gắn trên da (da không đồng nhất về độ dày, mỏng, da khô hay khi đổ mồ hôi, v.v).

Tuy nhiên, nó cũng hứa hẹn cho ra đời những ứng dụng thực sự thiết thực trong tương lai. Một trong số đó có thể kể đến như:

- Ghi đo trương lực cơ từ đó đánh giá tổn thương thần kinh cơ. Hỗ trợ hữu ích trong chẩn đoán và phản hồi liệu pháp điều trị.
- Đề tài hứa hẹn mở ra hướng đi làm chi giả cho người khuyết tật.
- Tăng tâm vận động, phục vụ công tác rèn luyện thể thao cho vận động viên...
- Điều khiển robot.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] J. Requena-Carrión et al., "The educational value of teaching biomedical engineering history," *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 2010.
- [2] M. S. Emly et al., "Electromyography," *IEEE Potentials*, vol. 11, no. 2, pp. 2138 – 2147, 1992.
- [3] C. M. O'Connor, S. Langran, M. O'Sullivan, P. Nolan, and M. O'Malley, "Design of surface electrode array for electromyography in the genioglossus muscle," *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2004.
- [4] R. Merletti and D. Farina, *Electromyography-Driven Modeling for Simulating Subject-Specific Movement at the Neuromusculoskeletal Level*, Wiley-IEEE Press, 2016, pp. 247-272.
- [5] Neurostyle (Singapore), *Electromyogram (EMG) system*, EMG Device Key Features and price, 2020.
- [6] Sigma (Germany), *Neurowerk EMG*, Product Accessories for NEUROWERK EMG, 2020.
- [7] Neurosoft (Russia), *EMG and Multi-modality EP System*, 2021.
- [8] B. Rosenhahn, R. Klette, and D. Metaxas, *Human Motion - Understanding, Modelling, Capture and Animation*, vol. 36, Computational Imaging and Vision, Springer, Dordrecht, 2007.
- [9] Advancer Technologies, *Functional Description*, Muscle Sensor v3 datasheet, 2013.
- [10] Adafruit Industries, *Technical Details*, Arduino Uno Board datasheet, 2013.
- [11] Espressif Systems, *Functional Description*, ESP8266EX datasheet, 2019.