

CHẾ TẠO MÁY ĐO BÃO HÒA OXY TRONG MÁU CẦM TAY

NGUYỄN MINH KHẢI

Công ty Cổ phần Công nghệ AMEC

Dựa trên nguyên lý đo nồng độ oxy bão hòa bằng phương pháp quang học, các nhà khoa học thuộc Công ty Cổ phần Công nghệ AMEC đã nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thành công mẫu máy đo bão hòa oxy trong máu cầm tay với các chỉ tiêu kỹ thuật đảm bảo yêu cầu, được kiểm định bởi các máy phát tín hiệu chuẩn. Việc nghiên cứu, chế tạo thành công thiết bị này góp phần giúp các nhân viên y tế phát hiện sớm những dấu hiệu không tốt về sức khỏe của người bệnh, để kịp thời có những chẩn đoán và điều trị phù hợp.

Đo nồng độ oxy trong máu là kỹ thuật đo xác định thành phần oxy có trong máu và được thực hiện bằng các phương pháp khác nhau như: phương pháp hóa học, phương pháp cảm biến áp lực PO_2 , phương pháp quang học. Trong đó, phương pháp quang học được sử dụng để chế tạo máy đo bão hòa oxy trong máu cầm tay bởi tính an toàn cho bệnh nhân vì những tiếp xúc không điện giữa bệnh nhân và thiết bị.

Từ những năm 80 của thế kỷ trước, thế giới đã bắt đầu ứng dụng phương pháp không tiếp xúc Pulse Oxymetry (hay phương pháp quang học) để xác định mức độ bão hòa oxy trong máu của

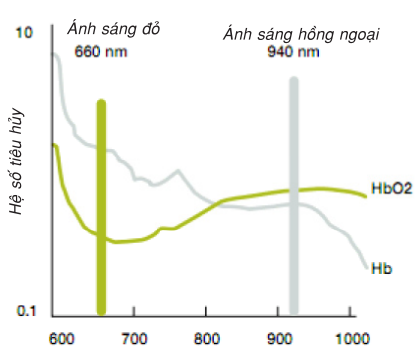
người bệnh. Phương pháp này đã trở thành phương pháp chuẩn trong chẩn đoán lâm sàng bởi tính đơn giản cũng như những thông tin hữu ích cung cấp cho bác sỹ và y tá. Đây là một chức năng đo rất phổ biến trong các máy theo dõi sức khỏe bệnh nhân. Trong một số ứng dụng như gây mê trong quá trình phẫu thuật, bắt buộc bác sỹ phải đo các thông số về sự sống của bệnh nhân - một điều hết sức quan trọng bởi con người không thể thiếu oxy cung cấp cho não trong vòng 5 phút.

Dưới đây trình bày nguyên lý đo và phương pháp chế tạo máy đo nồng độ oxy bão hòa trong máu cầm tay (gọi tắt là “máy đo SpO_2 ”) dựa trên phương pháp quang học.



Nguyên lý đo nồng độ oxy bão hòa bằng phương pháp quang học

Máu con người chứa đựng một vài dạng Hemoglobin (một dạng protein): có dạng Hemoglobin vận chuyển oxy và có dạng không vận chuyển oxy. Dạng vận chuyển oxy gọi là các HbO_2 , và dạng không vận chuyển được gọi là Hb. Hai dạng protein này có đặc tính hấp thụ ánh sáng khác nhau, và được thể hiện rõ nhất tại hai bước sóng ánh sáng 660 nm (ánh sáng đỏ) và 940 nm (ánh sáng gần hồng ngoại). Sự hấp thụ này được thể hiện trong biểu đồ hình 1.



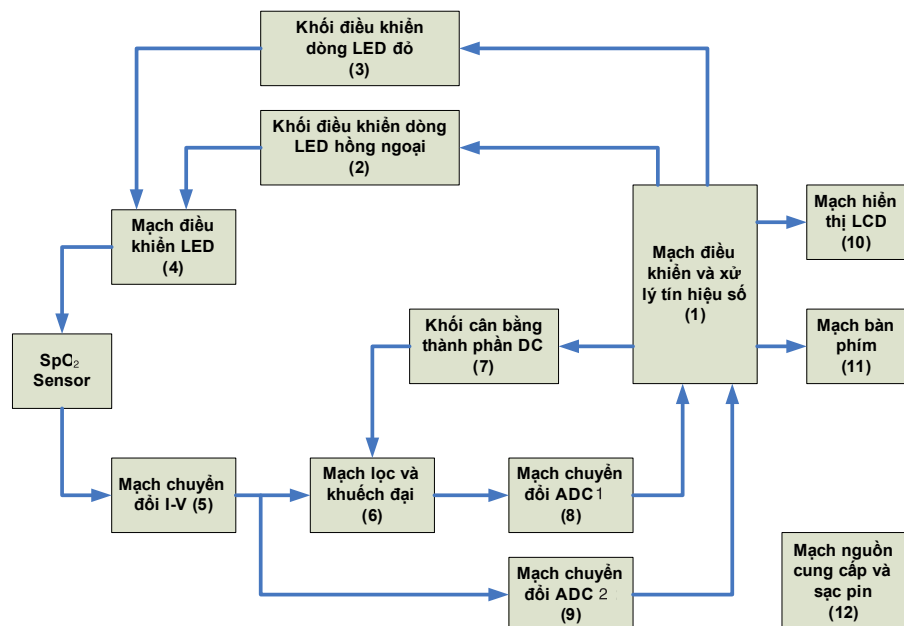
Hình 1: sự hấp thụ ánh sáng

Phương pháp quang học dựa vào sự hấp thụ khác nhau của hai thành phần Hb và HbO_2 tại hai bước sóng đỏ và bước sóng gần hồng ngoại, cũng như kích thước thay đổi của động mạch máu trong quá trình đập của tim. SpO_2 là nồng độ bão hòa oxy trong máu. Khi chúng ta hít thở, khí oxy sẽ vào phổi. Thành phần quan trọng nhất của máu là Hb sẽ vận chuyển oxy từ phổi đến các cơ quan cần thiết trong cơ thể để đảm bảo sự sống. Quá trình vận chuyển đó xảy ra khi Hb kết hợp với oxy thành HbO_2 (Hemoglobin có gắn oxy). Tỷ lệ $\text{HbO}_2/(\text{HbO}_2 + \text{Hb})$ được gọi là độ bão hòa oxy

trong máu SpO_2 , nói cách khác là tỷ lệ phần trăm của Hb trong máu kết hợp với oxy. Tỷ lệ SpO_2 được xác định bằng cách truyền 2 ánh sáng đỏ và ánh sáng hồng ngoại qua ngón tay hoặc dải tai của người bệnh và đo sự thay đổi của phần ánh sáng hấp thụ được. Nguồn sáng phát là 2 đèn LED có bước sóng lần lượt là 660 nm và 940 nm. Phần thu ánh sáng truyền qua được sử dụng là photodiode.

Phương pháp chế tạo máy đo SpO_2 và kết quả

Sử dụng nguyên lý đo nêu trên, kết hợp với việc nghiên cứu, học hỏi kinh nghiệm chế tạo của nước ngoài, sau một thời gian thực hiện (bắt đầu nghiên cứu từ năm 2011), các nhà khoa học của Công ty Cổ phần Công nghệ AMEC đã thiết kế thành công sơ đồ khối chức năng máy đo nồng độ bão hòa oxy cầm tay như hình 2.



Hình 2: sơ đồ khối chức năng máy đo nồng độ oxy cầm tay

Thông thường, đối với người khỏe mạnh, tỷ lệ SpO_2 từ 96 tới 98%. Khi tỷ lệ SpO_2 xuống dưới 90%, có nghĩa là sức khỏe của người đó có vấn đề và cần được tiến hành thăm khám bởi các đơn vị y tế chuyên môn. Khi tỷ lệ SpO_2 xuống tới dưới 75%, sự sống gần như không còn vì máu đã trở thành máu đen.

Máy đo SpO_2 cũng cung cấp thông số về nhịp tim, tuy nhiên, thông số này độc lập với giá trị tỷ lệ SpO_2 .

Nguyên lý hoạt động: sau khi sensor SpO_2 (bộ chuyển đổi quang điện) được gắn lên một bộ phận cơ thể người (đầu ngón tay, đầu ngón chân, hoặc tai), máy sẽ chuyển sang chế độ đo. Khối mạch (1) sẽ điều phát tín hiệu chọn LED đỏ hoặc LED hồng ngoại lần lượt theo chu kỳ 1 ms. Đồng thời khối mạch (1) cũng gửi giá trị dòng điều khiển tới các khối mạch (2) và (3). Hai khối mạch (2) và (3) tích hợp các bộ chuyển đổi ADC để điều khiển cường độ dòng LED (đỏ hoặc hồng ngoại)

thông qua khối mạch (4). Khối mạch (4) có các tín hiệu nối tới chân anode và cathode của diode trong sensor để mở thông hoặc tắt. Khi mở thông sẽ có dòng thông qua cảm ứng quang chuyển tới khối mạch (5). Khối mạch (5) là một bộ khuếch đại truyền đạt trở kháng có nhiệm vụ chuyển đổi dòng điện thành điện áp. Điện áp tại đầu ra khối mạch (5) bao gồm 2 thành phần DC và AC. Thành phần AC có biên độ rất nhỏ nên được lọc bỏ thành phần DC và khuếch đại bởi khối mạch (6). Khối mạch (7) được sử dụng để bù khử thành phần DC trong tín hiệu đưa ra từ khối mạch (6). Khối mạch (8) nhận đầu ra của khối mạch (6), khối mạch (9) nhận đầu ra của khối mạch (5) và thực hiện 2 biến đổi ADC đồng thời. Dữ liệu ra của 2 khối ADC được chuyển đến khối mạch (1) để thực hiện các xử lý tiếp theo nhằm xác định giá trị tỷ lệ SpO_2 và nhịp tim. Các giá trị sau khi xác định được sẽ được hiển thị trên khối mạch (10). Khối mạch (11) được sử dụng để thiết lập các tham số hoạt động của máy. Khối mạch (12) thực hiện chức năng cấp nguồn, giám sát mức pin và thực hiện chức năng sạc pin khi cần.

Phần mềm chạy trên khối mạch (1) thực hiện chức năng giám sát mức DC trong tín hiệu ra của khối mạch (9) để xác định giá trị bù khử cho khối mạch (7). Sự bù khử này nhằm đảm bảo các kết quả đo chỉ phụ thuộc vào tính toán thành phần AC của tín hiệu đưa ra từ khối mạch (8). Dữ liệu đưa ra từ khối mạch (8) tiếp tục được lọc số thông dải với băng thông từ 0,5 Hz tới 3,5 Hz loại bỏ các thành phần nhiễu.

Sau khi được lọc nhiễu, phần mềm sẽ xác định các điểm thay đổi có tính chu kỳ để tách ra các đoạn liên tiếp, mỗi đoạn gồm 3 chu kỳ tín hiệu. Dữ liệu của mỗi đoạn được sử dụng để tính giá trị căn bậc 2 trung bình bình phương (giá trị RMS). Tỷ số giá trị logarit tự nhiên (logarit cơ số 2) của 2 thành phần RMS tương ứng với 2 bước sóng ánh sáng sẽ tương đương với tỷ số giữa HbO_2 và Hb .

Giá trị RMS tương ứng với bước sóng đỏ (RED LED) được tính như sau:

$$Vr_{rms} = \sqrt{\frac{x_R^2}{N}}$$

Giá trị RMS tương ứng với bước sóng gần hồng ngoại (INFARED LED) được tính như sau:

$$Vtr_{rms} = \sqrt{\frac{x_{IR}^2}{N}}$$

Nếu gọi R là tỷ số logarit của 2 thành phần RMS, R được tính theo công thức sau:

$$R = \frac{\ln(Vr_{rms})}{\ln(Vtr_{rms})}$$

Tuy nhiên, để phản ánh chính xác nồng độ bão hòa oxy trong máu, các giá trị R phải được hiệu chỉnh qua một quá trình gọi là calibration. Quá trình này được thực hiện nhằm tìm ra một đường đặc tuyến biểu diễn mối quan hệ giữa R và tỷ lệ SpO_2 theo công thức sau:

$$SpO_2 = 123,6945 - 21,952 \cdot R - 9,8064 \cdot R^2$$

Ngoài ra để tính nhịp tim, số mẫu trong mỗi đoạn 3 chu kỳ được cộng lại, nếu gọi BR là tốc độ đập của tim trong một phút (60 giây) và f_s là tần số lấy mẫu 500

Hz, thì BR được tính theo công thức sau:

$$BR = 60 \cdot \frac{f_s}{N} \cdot 3$$

Trên cơ sở các nghiên cứu, tính toán thiết kế nêu trên, các nhà khoa học của AMEC đã hoàn thành việc chế tạo máy đo nồng độ bão hòa oxy trong máu cầm tay với các thông số chỉ tiêu kỹ thuật như sau:

• Thông số đo SpO_2 :

- Dải đo: 0-100% SpO_2
- Độ phân dải : 1%
- Sai số tương ứng với khoảng giá trị đo:
 - + 70%-100%: sai số $\pm 2\%$
 - + 0%-69%: không xác định sai số

• Thông số đo nhịp tim:

- Dải đo: 30-250 nhịp/phút
- Độ phân dải: 1 BPM
- Sai số: $\pm 1\%$
- Tiêu chuẩn an toàn: IEC 61601-1-1
- Hiển thị thông tin bằng: màn hình LCD hoặc LED
- Thông tin chỉ thị: số, Bargraph/trendgraph
- Lưu dữ liệu đo: tối thiểu 12 giờ

Các kết quả đo nêu trên đã được kiểm tra bởi các máy phát tín hiệu chuẩn như PS-2200 và SmartSat, vì vậy có thể sử dụng được trong quá trình giám sát nồng độ bão hòa oxy trong máu. Hiện nay, máy đo nồng độ bão hòa oxy trong máu cầm tay của AMEC đang được thử nghiệm tại Bệnh viện Việt Đức trước khi đưa vào sản xuất rộng rãi ■