



## DESIGN AND FABRICATITION OF CONTACTLESS BUTTONS TO LIMITING THE SPREAD OF THE COVID-19 PANDEMIC

Vu Ngoc Quy, Mai Xuan Kien, Tran Manh Cuong\*

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

### ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 12/09/2022

Revised: 26/09/2022

Accepted: 14/10/2022

Published online: 15/10/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.8.6>

\* *Corresponding author*

Email: [cuong.tran@utc.edu.vn](mailto:cuong.tran@utc.edu.vn)

**Abstract.** The social communication behavior has been changed due to the Covid-19 pandemic. In order to avoid the spread of the disease, some social principles are issued such as wearing masks, physical distancing, and reducing personal contact or public surfaces touching. In this paper, we present a design and a fabrication of non-contact buttons using organic fabric electrodes. The button has a size of 7 x 7 cm including fabric electrode layers and silicone rubber insulation. The capacitance of the button decreases from 77.73 pF to 77.31 pF when the user's hand is brought close to the button. The integrated microcontroller circuit converts this change in capacitance into logic signals to control the operation of a LED. The system works well with a contact distance of less than 10 cm. Based on the flexibility of the fabric electrode, the non-contact button can be mounted on a variety of surfaces, showing good application potential.

**Keywords:** flexible sensor, contactless sensor, contactless buttons.

© 2022 University of Transport and Communications



## THIẾT KẾ, CHẾ TẠO PHÍM BẮM KHÔNG TIẾP XÚC NHẪM HẠN CHẾ SỰ LÂY LAN DỊCH COVID-19

Vũ Ngọc Quý, Mai Xuân Kiên, Trần Mạnh Cường\*

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 12/09/2022

Ngày nhận bài sửa: 26/09/2022

Ngày chấp nhận đăng: 14/10/2022

Ngày xuất bản Online: 15/10/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.8.6>

\* Tác giả liên hệ

Email: [cuong.tran@utc.edu.vn](mailto:cuong.tran@utc.edu.vn)

**Tóm tắt.** Đại dịch Covid-19 diễn ra đã làm thay đổi thói quen giao tiếp của cả xã hội. Để hạn chế sự lây lan của bệnh dịch, các nguyên tắc được đặt ra như đeo khẩu trang, giữ khoảng cách, và đặc biệt là giảm tiếp xúc cá nhân hoặc các bề mặt nơi công cộng. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày thiết kế, chế tạo phím bấm không tiếp xúc bằng cách sử dụng điện cực vải hữu cơ. Phím bấm có kích thước 70 x 70 mm gồm các lớp điện cực vải và lớp cách điện bằng cao su silicon. Điện dung của phím bấm giảm từ 77,73 pF xuống còn 77,31 pF khi tay người sử dụng được đưa lại gần phím bấm. Mạch vi điều khiển tích hợp sẽ chuyển sự thay đổi điện dung này thành các tín hiệu logic để điều khiển hoạt động của một đèn LED. Hệ thống hoạt động tốt với khoảng cách tiếp xúc nhỏ hơn 10 cm. Bởi tính chất linh hoạt và mềm dẻo của điện cực vải, phím bấm không tiếp xúc có thể được gắn trên nhiều bề mặt khác nhau, cho thấy tiềm năng ứng dụng tốt.

**Từ khóa:** cảm biến linh hoạt, cảm biến không tiếp xúc, phím bấm không tiếp xúc

© 2022 Trường Đại học Giao thông vận tải

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Từ cuối năm 2019 đến nay, đại dịch Covid-19 diễn ra trên toàn thế giới đã có tác động rất lớn đến mọi mặt trong đời sống con người. Bên cạnh những thay đổi về kinh tế, xã hội, đại dịch còn làm thay đổi hành vi của các thực thể xã hội. Việc ứng dụng khoa học công nghệ để ứng phó với đại dịch là một xu hướng thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học [1-6]. Các nghiên cứu liên quan tới Covid-19 chủ yếu là về vấn đề sức khỏe như nhiệt độ và kiểm soát nhiệt độ của người bệnh [3-5], kiểm soát trạng thái của người bệnh [6] hoặc rô-bốt hỗ trợ

công tác điều trị bệnh nhân [7]. Các nghiên cứu ứng dụng nhằm hạn chế sự lây lan covid-19 dành cho người chưa nhiễm bệnh vẫn còn bỏ ngỏ.

Để hạn chế sự lây lan của bệnh dịch covid-19, các cá nhân cần thực hiện theo các nguyên tắc giao tiếp xã hội đã được đặt ra: đeo khẩu trang, giữ khoảng cách, giảm tiếp xúc giữa các cá nhân, hạn chế tiếp xúc với các bề mặt nơi công cộng,... Tuy nhiên, việc hạn chế tiếp xúc với các bề mặt như các phím bấm trong thang máy hoặc các phím bấm trong các thiết bị sản xuất, thiết bị điện tử là điều không thể thực hiện được. Việc khử khuẩn thường xuyên cũng chỉ mang lại hiệu quả nhất định. Chúng tôi hướng tới một bài toán khá đơn giản nhưng lại được ứng dụng phổ biến, đó là nghiên cứu chế tạo phím bấm không tiếp xúc.

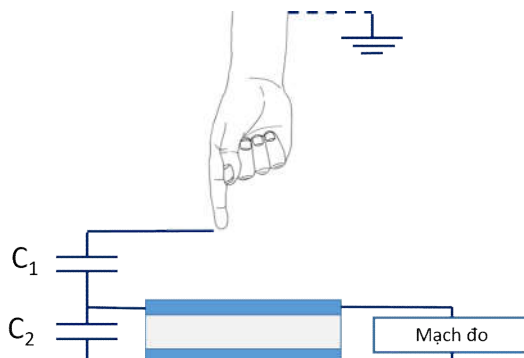
Phím bấm là linh kiện phổ biến được sử dụng để người dùng tác động vào các thiết bị điện tử, cung cấp các trạng thái logic “0” (không tác động) hoặc “1” (có tác động). Để làm được điều này, các phím bấm phải tạo ra sự thay đổi một đại lượng điện đủ lớn để các mạch xử lý có thể nhận biết được sự thay đổi trạng thái tương ứng với các tác động đầu vào. Một số nghiên cứu về phím bấm không tiếp xúc cũng đã được công bố [8-12]. Một trong các hướng tiếp cận đó là sử dụng các loại cảm biến quang học [8] kết hợp với mạng nơ ron nhân tạo [9]. Trong hướng tiếp cận này, khi tay người dùng di chuyển bàn tay qua vùng tích cực của cảm biến, một máy tính sẽ xử lý các dữ liệu điện thu nhận được để phân biệt hướng di chuyển của tay người dùng, từ đó phân biệt được các mức logic “0” và “1”. Trong một cách tiếp cận khác, cảm biến hồng ngoại được sử dụng nhằm nhận biết sự thay đổi trạng thái của phím bấm khi có tác động từ ngón tay người dùng [10,11]. Một cách tiếp cận khá độc đáo nữa là thiết kế một thiết bị có các phím bấm dùng riêng cho từng người [12]. Theo đó, mỗi cá nhân sử dụng sẽ có một thiết bị cầm tay riêng được liên kết với hệ thống phím bấm vật lý. Tín hiệu do các tác động lên các phím bấm vật lý được thực hiện thông qua các thiết bị cá nhân này. Tuy nhiên, việc triển khai cho số lượng người dùng lớn là không thích hợp. Các hướng tiếp cận trên có một nhược điểm là phải sử dụng công cụ tính toán và xử lý đủ mạnh để phân biệt được các trạng thái logic. Do đó, việc áp dụng rộng rãi còn có nhiều cản trở. Hướng tiếp cận đơn giản hơn được đề xuất là các cảm biến dựa trên nguyên lý thay đổi điện dung.

Nguyên lý thay đổi điện dung được ứng dụng rộng rãi trong các ứng dụng từ chuẩn đoán công trình [13] cho đến đo điện tim [14,15]. Với ứng dụng phím bấm không tiếp xúc, sơ đồ nguyên lý được trình bày trong hình 1. Sơ đồ tương đương ta có  $C_1$  nối tiếp  $C_2$  nên điện dung tương đương của hệ thống sẽ là:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (1)$$

Đồng thời, ngón tay người dùng được coi là một điện cực nối đất. Khi tay người dùng di chuyển lại gần phím bấm, điện dung hệ thống  $C$  sẽ không đổi do không có sự thay đổi về mặt điện tích. Tuy nhiên, sự di chuyển của ngón tay lại gần cảm biến có hiệu ứng làm tăng điện dung cảm ứng của “tụ  $C_1$ ”. Điều này sẽ làm ảnh hưởng tới điện dung  $C_2$  của cảm biến, được đo bởi dụng cụ đo, có giá trị tương ứng với

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C} - \frac{1}{C_1} \Rightarrow C_2 = \frac{CC_1}{C_1 - C} \quad (2)$$



Hình 1. Nguyên lý hoạt động của cảm phím bấm không chạm.

Xét đạo hàm riêng của  $C_2$  khi  $C_1$  thay đổi, ta có:

$$\frac{\partial C_2}{\partial C_1} = \frac{-C^2}{(C_1 - C)^2} \quad (3)$$

Giá trị này luôn âm có nghĩa là khi ngón tay người dùng tiến lại phía cảm biến, điện dung tụ  $C_1$  tăng lên thì giá trị của tụ  $C_2$  đo được sẽ giảm. Sự thay đổi này sẽ càng rõ ràng nếu như giá trị điện dung của cảm biến (tụ  $C_2$ ) có giá trị nhỏ.

Với các phân tích trên đây, trong bài báo này, chúng tôi đề xuất chế tạo phím bấm không tiếp xúc có cấu tạo là một tụ điện gồm 5 lớp (tương đương 5 tụ điện mắc nối tiếp) có kích thước  $70 \times 70$  mm. Giá trị điện dung của phím bấm giảm từ 77,73 pF khi không tiếp xúc, xuống còn 77,31 pF khi khoảng cách giữa phím bấm và ngón tay người sử dụng là dưới 2 cm. Sự thay đổi này được ghi nhận bởi bộ vi điều khiển cho phép điều khiển trạng thái của một led đơn. Ngoài ra, phím bấm được chế tạo từ điện cực vải hữu cơ nên có khả năng mềm dẻo, tính linh hoạt cao và cho phép sử dụng trong nhiều bề mặt khác nhau.

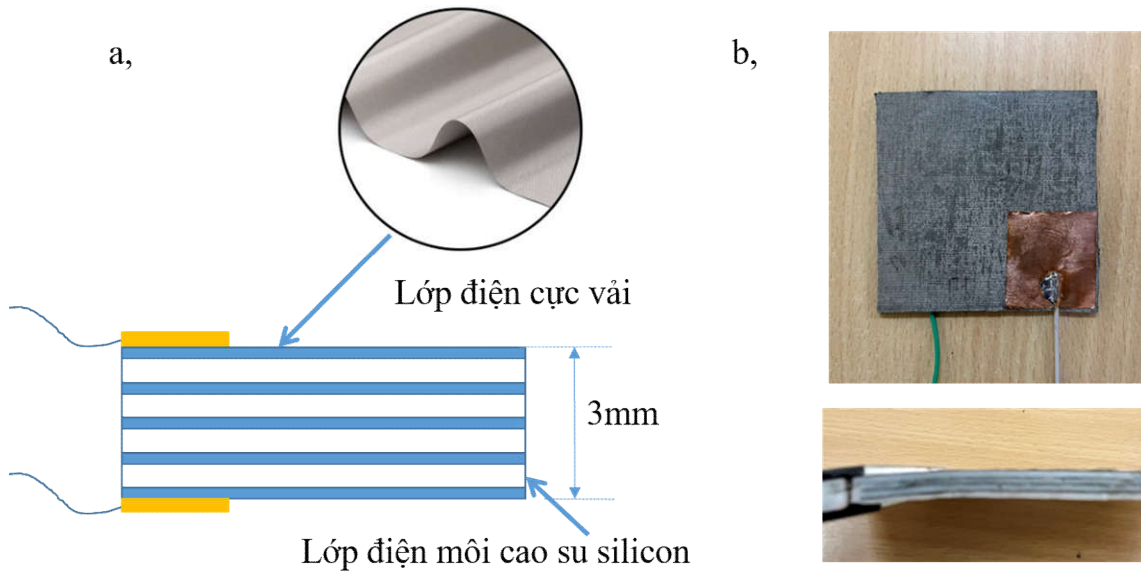
## 2. THÍ NGHIỆM

### 2.1. Chế tạo phím bấm không tiếp xúc

Phím bấm không tiếp xúc theo nguyên lý điện dung có cấu tạo như hình 2a, gồm 4 tụ điện với các điện cực cài răng lược, được ghép nối tiếp với nhau. Điện cực sử dụng là loại vải hữu cơ dẫn điện được dệt từ vật liệu polyester kết hợp với nikel và đồng. Lớp điện cực có độ dày 0,08 mm và điện trở bề mặt nhỏ hơn 0,05  $\Omega$ . Lớp điện môi được sử dụng là loại cao su silicon dạng lỏng (LSR) có hằng số điện môi từ thay đổi trong dải khá rộng từ 3 đến 5 tùy điều kiện sử dụng [16].

Để chế tạo phím bấm, lần lượt lớp điện cực vải hữu cơ được trải trên bề mặt phẳng. Tiếp đó, dung dịch cao su silicon (tỉ lệ pha trộn với dung môi 3:1, khuấy đều trong 30 phút) được đổ lên trên. Tiếp đó là các lớp điện cực và dung dịch cao su silicon tiếp tục được đổ lần lượt tạo thành cấu trúc 5 lớp điện cực xen kẽ 4 lớp dung môi. Sau cùng, một tấm kính được đặt lên trên cùng. Trọng lực của tấm kính sẽ ép xuống cấu trúc tụ điện một cách từ từ đến khi độ dày của phím bấm đạt 3 mm thì được bỏ ra. Phím bấm tiếp tục được để khô trong vòng 24h. Tấm cảm biến này được cắt thành hình vuông có kích thước  $70 \times 70$  mm để hình thành nên phím

bấm. Các điện cực được gắn vào lớp trên cùng và dưới cùng của phim bấm bằng băng dính dẫn điện. (hình 2b)

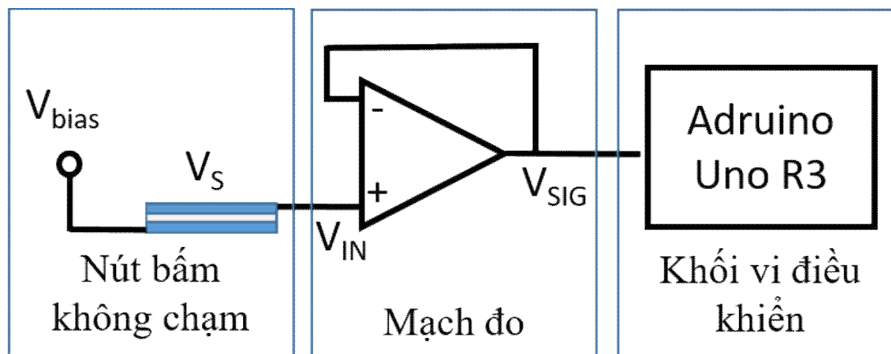


Hình 2. Cấu trúc của phim bấm không tiếp xúc (a) và phim bấm sau khi chế tạo (b).

Để đo các đặc tính của phim bấm, máy đo RLC chuyên dụng (QuadTech 1920) được sử dụng. Quá trình chế tạo và đo đặc tính được thực hiện trong phòng thí nghiệm ở điều kiện phòng.

## 2.2. Mạch xử lý tín hiệu

Để sử dụng được phim bấm không tiếp xúc, một mạch điện tử sử dụng vi điều khiển được chế tạo (hình 3), gồm phần mạch đo và mạch sử dụng vi điều khiển Arduino Uno R3. Mạch đo có chức năng phát hiện sự thay đổi điện dung của cảm biến và biến đổi sự thay đổi này sang sự thay đổi điện áp.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý của mạch xử lý tín hiệu kết nối với phim bấm.

Nguyên lý hoạt động của mạch đo dựa trên nguyên lý xác định lượng điện tích thay đổi trong quá trình phóng và nạp của phím bấm (tụ). Điện áp phân cực  $V_{bias}$  được giữ ở mức không đổi trong mạch đo này để đảm bảo lượng điện tích nạp vào trong phím bấm  $Q$  là không thay đổi. Khi đó, nếu điện dung của phím bấm  $C_S$  thay đổi một lượng  $\Delta C_S$  do một tác động vật lý, điện áp trên phím bấm  $V_S$  sẽ thay đổi tương ứng một lượng  $\Delta V_S$ . Nguyên lý đo sự thay đổi điện dung này được trình bày trong [16]. Theo đó:

$$\Delta Q = 0$$

$$\Delta Q = \Delta C_S \cdot V_S + C_S \cdot \Delta V_S$$

Tức là

$$\Delta V_{IN} = -\Delta V_S$$

$$\Delta V_{IN} = \frac{\Delta C_S}{C_S} \cdot V_{bias}$$

$$\Delta V_{IN} = \frac{\Delta C_S}{C_{S0} + \Delta C_S} \cdot V_{bias}$$

Trong đó  $C_{S0}$  là điện dung của phím bấm khi chưa có tác động từ bên ngoài. Do vậy

$$\Delta V_{SIG} = \frac{-\Delta C_S}{C_{S0} + \Delta C_S} \cdot V_{bias} \quad (4)$$

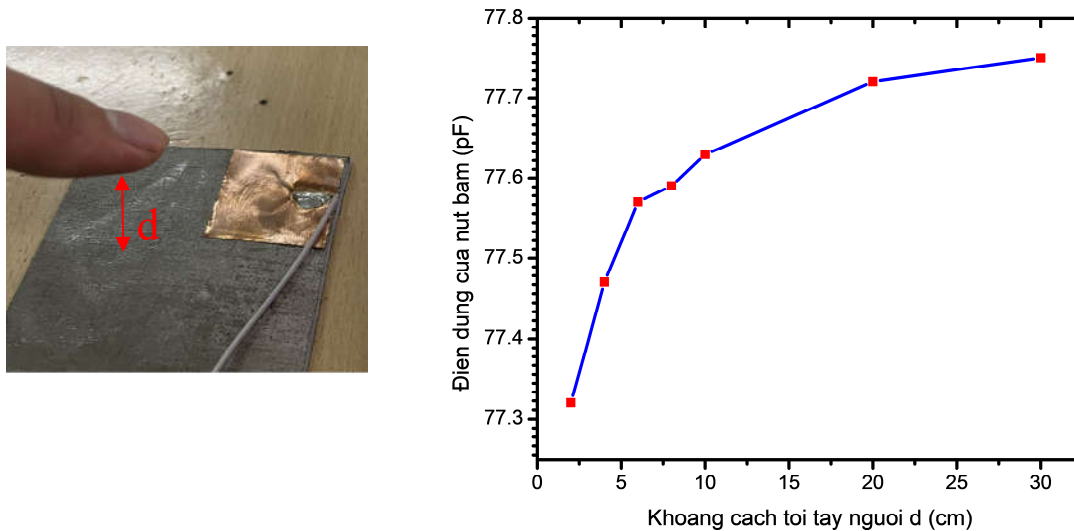
Mạch vi điều khiển Arduino Uno R3 được sử dụng có nhiệm vụ đọc sự thay đổi điện áp tương tự  $V_{SIG}$ , chuyển sang dạng tín hiệu số. Ngưỡng logic được đặt ra để phân biệt các trạng thái khi tay người dùng không tiếp xúc với phím bấm và tay người dùng đưa vào vùng hoạt động của phím bấm. Ngưỡng logic này được xác lập trong quá trình thực nghiệm và phụ thuộc vào từng phím bấm được tạo ra. Trong phạm vi thử nghiệm của bài báo, chúng tôi thử nghiệm xác định trạng thái của tay người dùng tiếp cận phím bấm bằng cách sử dụng tín hiệu logic này ra để điều khiển trạng thái sáng/tối của một LED đơn

### 3. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

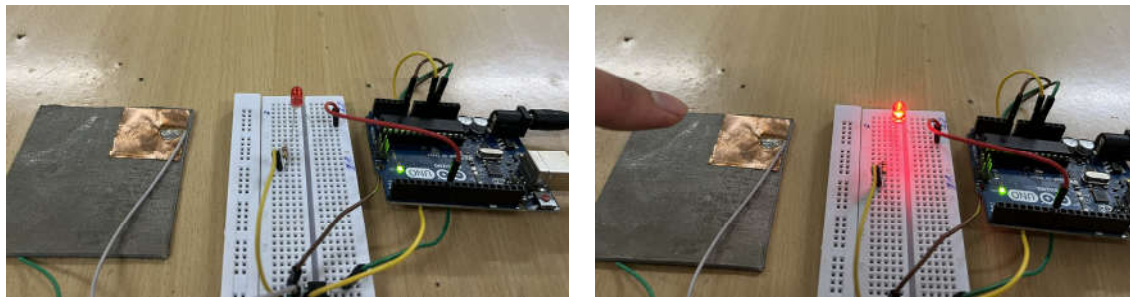
Điện dung của phím bấm đo bởi thiết bị đo RLC có giá trị 77,73 pF, tương ứng với điện dung của 4 tụ mắc nối tiếp. Giả sử chiều dày của các tụ là đều nhau thì giá trị điện dung của 1 tụ sẽ là 310,92 pF. Với chiều dày phím bấm xấp xỉ 3 mm và độ dày của lớp điện cực vải là 0,08 mm, lớp điện môi của tụ tương ứng xấp xỉ 0,65 mm. Với kích thước của phím bấm là 7 × 7 cm, hằng số điện môi của tụ điện được xác định là 4,66. Điều này hoàn toàn phù hợp với giá trị hằng số điện môi của cao su silicon đã được công bố trước đó [17].

Để xác định khả năng hoạt động của phím bấm, tay của người thử nghiệm được đưa lại gần phím bấm trong khi máy đo RLC vẫn hoạt động. Hình 4 mô tả sự thay đổi điện dung của phím bấm với khoảng cách tay người dùng. Khi khoảng cách giữa tay người và phím bấm giảm, điện dung của phím bấm cũng giảm theo. Điều này hoàn toàn tương ứng với những

phân tích tại mục 1, chứng tỏ phím bấm đã hoạt động tốt. Ngoài ra, trên đồ thị, ta cũng nhận thấy rằng với khoảng cách của tay người dùng tới phím bấm nhỏ hơn 10 cm, sự thay đổi của điện dung là rõ ràng. Ngược lại, khi khoảng cách này lớn hơn 10 cm, sự thay đổi này là không đáng kể và cũng không quá khác biệt với giá trị điện dung của phím bấm khi không có người tác động (77,73 pF). Chúng tôi cũng nhận thấy khoảng cách 10 cm là tương đồng với các kết quả nghiên cứu khác đã được công bố [11-12].



Hình 4. Sự thay đổi điện dung của phím bấm với khoảng cách tay người dùng.



Hình 5. Sự thay đổi điện dung của phím bấm được phát hiện bởi mạch xử lý tín hiệu khi không có tác động (trái) và có tác động bởi người dùng (phải).

Hình 5 thể hiện kết quả hoạt động của hệ thống gồm phím bấm không chạm và mạch điện tử dùng vi điều khiển Arduino Uno R3. Khi không có người tác động (hình trái), mạch điện tử không phát hiện sự thay đổi điện dung của phím bấm nên đèn LED không sáng. Khi tay người dùng tiến lại gần phím bấm, điện dung của phím bấm thay đổi, được ghi nhận bởi mạch điện tử và làm đèn LED bật sáng. Điều này thể hiện hoạt động tốt của phím bấm không chạm.

#### 4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày quá trình thiết kế, chế tạo phím bấm không tiếp xúc bằng cách sử dụng điện cực vải. Phím bấm có cấu trúc gồm 5 lớp điện cực vải từ vật liệu polyester kết hợp với nikel và đồng xen lẫn với vật liệu cách điện là cao su silicon. Kích thước phím bấm  $70 \times 70 \times 3$  mm. Thử nghiệm cho thấy, điện dung của phím bấm thay đổi từ 77,73 pF xuống 77,31 pF khi tay người sử dụng tiến lại gần phím bấm ở khoảng cách 2 cm. Sự thay đổi này được ghi nhận và chuyển thành tín hiệu logic bởi vi điều khiển Arduino Uno R3, thể hiện sự hoạt động tốt của hệ thống.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2020-GHA-001.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. W. Taylor, Q.H. Abbasi, K. Dashtipour, S. Ansari, S.A. Shah, A. Khalid, M.A. Imran, A review of state of the art in non-contact sensing for covid 19, *Sensor*, 20 (2020) 5665. <https://doi.org/10.3390/s20195665>
- [2]. M.B. Khan, Z. Zhang, L. Li, W. Zhao, M.A.M.A. Hababi, X. Yang, Q.H. Abbasi, A systematic review of non-contact sensing for developing a platform to contain covid 19, *Micromachines*, 11 (2020) 912. <https://doi.org/10.3390/mi11100912>
- [3]. S. Costanzo, A. Flores, A non-contact integrated body-ambient temperature sensors platform to contrast Covid-19, *Electronics*, 9 (2020) 1658. <https://doi.org/10.3390/electronics9101658>
- [4]. A.G. Ebeid, E. Selem, S.M. Abd El Kader, Early detection of covid 19 using a non-contact forehead thermometer, *International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics – Egypt, 2020*, Springer, pp. 314-232. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58669-0\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58669-0_29)
- [5]. G.B. Dell’Isola, E. Cosentini, L. Canale, G. Ficco, M. Dell’Isola, Noncontact body temperature measurement : Uncertainty evaluation and screening decision rule to prevent the spread of covid-19, *Sensors*, 21 (2021) 346. <https://doi.org/10.3390/s21020346>
- [6]. S. Shahrestani, T.-C. Chou, K.-M. Shang, G. Zada, Z. Borok, A.P. Rao, Y.-C Tai, A wearable eddy current based pulmonary function sensor for continuous non-contact point-of-care monitoring during the covid 19 pandemic, *Scientific Reports*, 11 (2021) 20144. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99682-2>
- [7]. Y. Shen, D. Guo, F. Long, L. Mateos, H. Ding, Z. Xiu, R.B. Hellman, A. King, S. Chen, C. Zhang, H. Tan, Robots under covid-19 pandemic : A comprehensive survey, *IEEE Access*, 9 (2020) 1590-1615. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3045792>
- [8]. H.T. Pham, Q.V.H. Dang, C.-C. Sun, P.-W. Lu, Non-contact optical measurement system with 16-channel synchronous laser sensor applied for three axis-machine tool, *2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics – Taiwan, 2020*, IEEE, 20198382. <https://doi.org/10.1109/ICCE-Taiwan49838.2020.9258342>
- [9]. S.-Y. Lee, I.-P. Cho, C.-P. Hong, Contactless, elevator button control system based on weighted K-NN algorithm for AI edge computing environment, *Journal of Web Engineering*, 21 (2022) 443-458. <https://doi.org/10.13052/jwe1540-9589.21214>
- [10]. J. Iqbal, A. Arif, O.B. Tariq, M.T. Lazarescu, L. Lavagno, A contactless sensor for human body identification using RF absorption signatures, *2017 IEEE Sensors Applications Symposium – USA, 2017*, IEEE, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/SAS.2017.7894102>
- [11]. Y. Koshino, H. Shinoda, Contactless touch interface supporting blind touch interaction by aerial tactile stimulation, *2014 IEEE Haptics – USA, 2014*, pp. 347-350. <https://doi.org/10.1109/haptics.2014.6775479>



- [12].Y. Xu, B. Zhang, Contactless elevator call based on TOF laser ranging and floating image technologies, J. Phys.: Conf. Ser., 1756 (2021) 012008. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1756/1/012008>
- [13].Đ.T. Toàn, Thiết bị thu thập dữ liệu không dây sử dụng cảm biến áp điện ứng dụng trong đo dao động kết cấu cầu, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, 71 (2020) 135-144. <https://doi.org/10.25073/tcsj.71.2.8>
- [14].M. Lessard-Tremblay, J. Weeks, L. Morelli, G. Cowan, G. Gagnon, R. J. Zednik, Contactless capacitive electrocardiography using hybrid flexible printed electrodes, Sensors, 20 (2020) 5156. <https://doi.org/10.3390/s20185156>
- [15].M. Santonico, A. Zompanti, G. Pennazza, G. Ferri, F.R. Parente, M. Benassai, Contactless detection of ECG Signals : sensor architecture and simulation, 2017 IEEE 41st annual computer software and applications conference – Italy, 2017, IEEE, pp. 314-316. <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2017.93>
- [16].Y. Yoo, B.-D. Choi, Readout circuits for capacitive sensors, Micromachines, 12 (2021) 969. <https://doi.org/10.3390/mi12080960>
- [17].L.K. Namitha, A. Solaiappan, M. Sebastian, Aluminum nitride filled flexible silicon rubber composites for microwave substrate applications, Journal of Material Science: Materials in Electronics, 26 (2015) 891-897. <https://doi.org/10.1007/s10854-014-2479-9>