

Microwave Engineering : HK251

Dr. NGUYEN Van Hieu

Department of Telecommunications Engineering

Ho Chi Minh City University of Technology

E-mail: nguyenvanhieu@hcmut.edu.vn

Hướng dẫn cơ bản sử dụng ADS Agilent Keysight:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLtq84kH8xZ9HNMCB7xKGXrciiEqqHNQGz>

Giới thiệu chung : Thiết kế bộ phát BLE 2.4 GHz kết hợp với bộ Wake-Up Receiver (WuRx)

1. **Mục tiêu** : Mỗi nhóm nộp báo cáo và bản thiết kế, PCB, mô phỏng và kết quả đo để cuối kỳ tích hợp thành hệ thống : **WuRx đánh thức node → node phát BLE → smartphone nhận.**
2. **Nguyên tắc phân chia công việc** : Mỗi nhóm chịu trách nhiệm **mô phỏng, thiết kế schematic, layout PCB, tự lắp ráp, đo kiểm ở lab, báo cáo kỹ thuật (20-30 trang) + video demo ngắn.**
3. **Tiêu chí chấm điểm** :
 1. Cơ sở lý thuyết và phân tích (25%)
 2. Thiết kế, mô phỏng và PCB design (25%)
 3. Thực hiện chế tạo PCB và đo kiểm (35%)
 4. Báo cáo và demo (15%)
4. **Công cụ** :
 1. **Mô phỏng**: ADS Keysight, HFSS Ansys hoặc CST Microwave Studio, LTSpice, ...
 2. **PCB**: KiCad/Altium Designer; microstrip design calculator; ground pour.
 3. **Đo lường**: VNA (S-params full), Spectrum Analyzer (Pout), smartphone (nRF Connect). Multimeter, Oscilloscope, DC Supply Power.
5. **Timeline** :

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | -- | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

Tuần 35–36: Proposal + literature cơ sở lý thuyết+ nhóm tự phân công nội bộ công việc cho từng thành viên. Cài đặt phần mềm mô phỏng và thiết kế.

Tuần 37–38: Sơ đồ khối + linh kiện + thiết kế schematic sơ bộ (ant, matching, coupler, PA small-signal, WuRx block).

Tuần 39–40: Hoàn thiện mô phỏng + thiết kế schematic.

Tuần 41–42: PCB layout & Gerber, chế tạo.

Tuần 43–44: Đo kiểm riêng từng khối, hiệu chỉnh. Debug phần cứng.

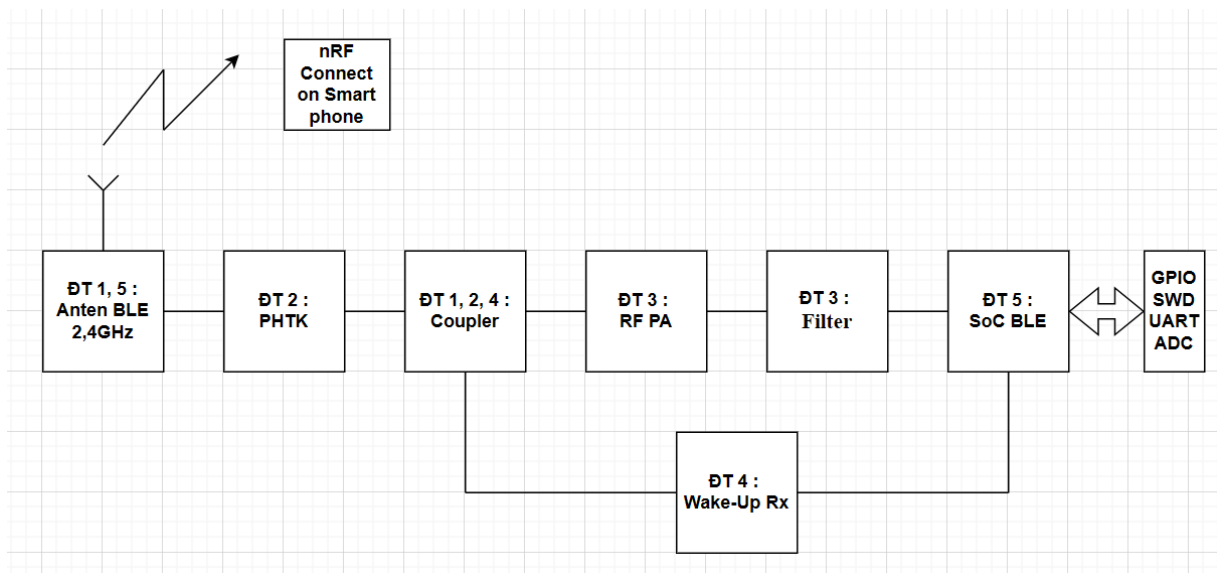
Tuần 45–46: Đo kiểm và báo cáo hoàn chỉnh.

Tuần 46–47: Nộp báo cáo + video demo ngắn. Tích hợp liên nhóm (coupler board + antenna + WuRx + node + PA).

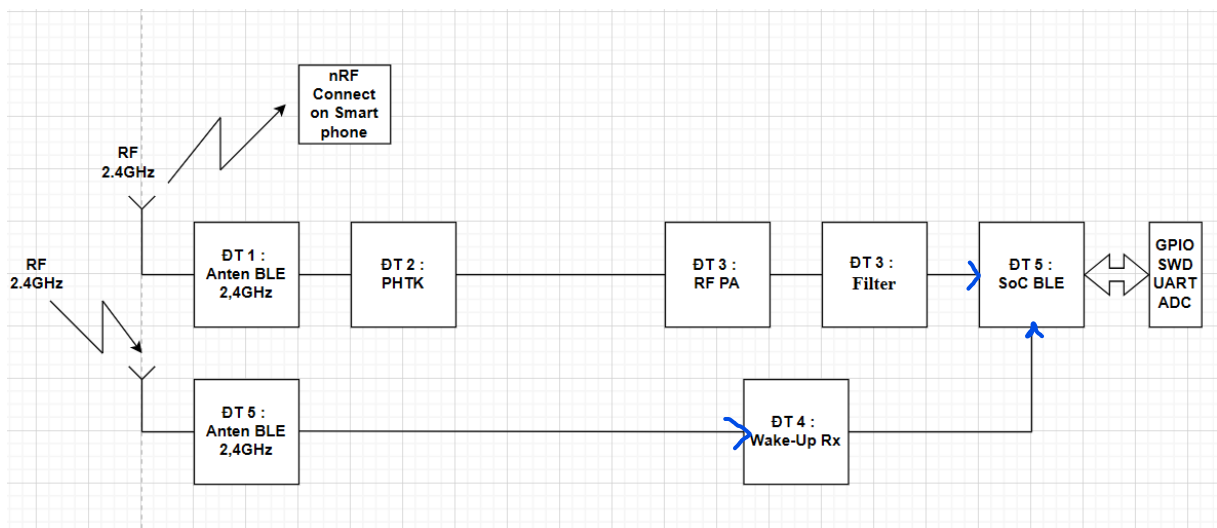
Tuần 48–49: Báo cáo + Demo thuyết trình final.

6. Sơ đồ khối chức năng bộ phát BLE :

Sơ đồ 1 :



Hoặc sơ đồ 2 :



ĐỀ TÀI 1 : Thiết kế và mô phỏng anten BLE và Hybrid coupler 90° cho dải tần 2.4 GHz

➤ Nhiệm vụ chính :

1. Nghiên cứu anten & chọn topology (IFA / PIFA / inverted-F / patch nhỏ).
2. Mô phỏng (CST/HFSS) để tối ưu: $S_{11} < -10 \text{ dB}$ (2.40–2.48 GHz), $\text{gain} \geq 1 \text{ dBi}$, pattern hợp lý hoặc omnidirectional càng tốt.
3. Thiết kế vùng keep-out và ground clearance cho PCB node.
4. Xuất layout anten, chế tạo 2 prototype anten trên PCB FR-4.
5. Đo S_{11} (trên VNA), gain tương đối $\text{max} > 1 \text{ dBi}$.
6. Thiết kế coupler A : Hybrid coupler 90° (microstrip coupled-line): tính toán đoạn $\lambda_g/4$, mô phỏng S-params (S_{21} , S_{31} , isolation, phase), layout microstrip, chế tạo PCB.

➤ Báo cáo:

1. Báo cáo nhóm từ 20 đến 30 trang gồm cơ sở lý thuyết, kết quả mô phỏng (S_{11} , Smith, pattern, băng thông), đo đạc thực tế nếu có.
2. Gerber + PCB thực tế (2 mẫu).
3. Kết quả mô phỏng gain, S-parameters và đo đạc S-parameters anten.
4. Bảng kết quả đo: S_{11} , S_{21} , S_{31} , isolation, phase, băng thông cho bộ coupler A.
5. PCB coupler.

➤ Tương tác với nhóm khác :

1. Kiểm tra S_{11} khi anten kết nối qua cả hai coupler (cung cấp bởi ĐT2) để thấy ảnh hưởng.

ĐỀ TÀI 2 : Thiết kế matching network và 2 coupler (Hybrid 90° + Directional Coupler) sử dụng microstrip line

➤ Nhiệm vụ chính :

1. Matching network: thiết kế L / Pi cho SoC BLE ↔ anten. Mục tiêu IL < 1.5 dB. Mô phỏng Impedance match (ADS).
2. Thiết kế coupler A : Hybrid coupler 90° (microstrip coupled-line): tính toán đoạn $\lambda_g/4$, mô phỏng S-params (S21, S31, isolation, phase), layout microstrip, chế tạo PCB.
3. Thiết kế coupler B : Directional coupler (microstrip coupled-line): chọn hệ số coupling (-10 dB và -20 dB variants), mô phỏng, layout, chế tạo.
4. So sánh hiệu năng thực tế: insertion loss, isolation TX→WuRx, coupled level (anten→WuRx), băng thông.
5. Đề xuất cấu hình tối ưu (nên dùng hybrid hay directional, lý do).

➤ Báo cáo:

1. File mô phỏng ADS/CST cho matching và 2 coupler.
2. 2 PCB coupler + 2 PCB matching.
3. Bảng kết quả đo: S11, S21, S31, isolation, phase, băng thông.
4. Báo cáo so sánh + recommendation (đo lường thực tế).
5. Báo cáo nhóm từ 20 đến 30 trang gồm cơ sở lý thuyết, kết quả mô phỏng và đo đạc thực tế nếu có.

➤ Tương tác với nhóm khác :

1. Cung cấp board front-end cho ĐT1 (kiểm tra S11) và ĐT5 (kiểm tra ảnh hưởng khi TX phát).
2. Hướng dẫn cách nối (SMA/UFL) cho tích hợp.

ĐỀ TÀI 3 — Bộ khuếch đại công suất (PA) RF và bộ lọc LPF bằng microstrip line (đường truyền vi dải) cho BLE 2.4 GHz

➤ Nhiệm vụ chính :

1. Chọn topology PA (class AB/PA module); mục đích Pout từ +10 dBm đến +14 dBm.
2. Thiết kế matching input/output (tương thích 50 Ω), lọc LPF trước anten để triệt spurious (ADS/ Spice).
3. Mô phỏng S-params, efficiency cao, PA ổn định.
4. Layout PCB PA với heatsinking/ground via.
5. Đo Pout, gain, spectrum (harmonics), với tín hiệu test BLE nếu có.
6. Mô phỏng thiết kế LPF sử dụng microstrip line thay cho L và C, các đặc tuyến của S parameters.

➤ Báo cáo:

1. Mô phỏng ADS/ Spice, PCB của PA.
2. Kết quả đo: công suất đầu ra, phổ, hiệu suất.
3. Mô phỏng ADS/ Spice, PCB của LPF.
4. Khuyến nghị bảo vệ WuRx (isolation cần thiết từ ĐT2).
5. Báo cáo nhóm từ 20 đến 30 trang gồm cơ sở lý thuyết, kết quả mô phỏng và đo đạc thực tế nếu có.

➤ Tương tác với nhóm khác :

1. Sử dụng coupler (ĐT2) khi test để kiểm tra ảnh hưởng lên WuRx.
2. Cấu hình EN_PA từ ĐT4 để bật/tắt PA.

ĐỀ TÀI 4 : Sensor node BLE (SoC + Firmware + PCB) và Directional coupler

➤ Nhiệm vụ chính :

1. Chọn SoC (nRF52832/ ESP32-C3) và thiết kế schematic + PCB cho node.
2. Tích hợp cảm biến (temp/hum/light) và mạch nguồn (LDO/decoupling).
3. Viết firmware: advertising/notification data payload, quản lý power states, interrupt từ GPIO_WU.
4. Tối ưu năng lượng: sleep mode, duty cycle, bật PA khi TX.
5. Đo dòng sleep/active, đo RTT từ wake-up tới phát gói đầu tiên.

6. Thiết kế coupler B : Directional coupler (microstrip coupled-line): chọn hệ số coupling (-10 dB và -20 dB variants), mô phỏng, layout, chế tạo (ADS).

➤ Báo cáo:

1. PCB node (Altium Designer/Kicad)+ firmware nguồn (Git).
2. Log năng lượng (mA/ μA), thời gian wake-up latency.
3. Demo: app smartphone hiển thị data.
4. Bảng kết quả đo: S11, S21, S31, isolation, phase, bảng thông cho bộ coupler B.
5. PCB coupler.
6. Báo cáo nhóm từ 20 đến 30 trang gồm cơ sở lý thuyết, kết quả mô phỏng và đo đạc thực tế nếu có.

➤ Tương tác với nhóm khác :

1. Test truyền khi nối qua front-end (ĐT2) và PA (ĐT3).
2. Kết nối GPIO_WU từ ĐT5 để chứng minh wake-up chain.

ĐỀ TÀI 5 : Wake-Up Receiver (WuRx) 2.4 GHz + Thiết kế và mô phỏng anten BLE cho dải tần 2.4 GHz

➤ Nhiệm vụ chính :

1. Nghiên cứu topology (envelope detector + comparator, tuned-rectifier, correlator-based if time).
2. Thiết kế front-end WuRx (matching, filter), rectifier/envelope stage, comparator & MCU interrupt output (ADS/Spice).
3. Mô phỏng sensitivity, input-referred noise, và tiêu thụ công suất (aim $\leq 50 \mu\text{W}$ nếu khả thi; realistic student target: $< \text{a few } 100 \mu\text{W}$).
4. PCB WuRx, tích hợp với coupler (ĐT2).
5. Thí nghiệm: đo threshold wake-up (công suất mức kích hoạt), latency, false alarm rate, standby current.
6. Nghiên cứu anten & chọn topology (IFA / PIFA / inverted-F / patch nhỏ).
7. Mô phỏng (CST/HFSS) để tối ưu: $S_{11} < -10 \text{ dB}$ (2.40–2.48 GHz), gain $\geq 1 \text{ dBi}$, pattern hợp lý hoặc omnidirectional càng tốt.

➤ Báo cáo:

1. Schematic/mô phỏng + PCB.
2. Bảng đo: sensitivity (dBm), quiescent current (μA), latency (ms), false trigger rate.
3. Demo toàn chuỗi: WuRx nhận wake tone \rightarrow GPIO_WU \rightarrow Node (ĐT4) thức dậy \rightarrow TX.
4. Kết quả mô phỏng gain, S-parameters và đo đặc S-parameters anten.
5. Báo cáo nhóm từ 20 đến 30 trang gồm cơ sở lý thuyết, kết quả mô phỏng và đo đạc thực tế nếu có.

➤ Tương tác với nhóm khác :

1. Test với anten (ĐT1) qua coupler (ĐT2) và chịu ảnh hưởng PA (ĐT3).

PHÂN NHÓM BÀI TẬP LỚN LỚP L01

| Mã số ID | Họ | Tên | Địa chỉ thư điện tử | Nhóm | Nhóm BTL | Đề tài số |
|----------|--------------------|--------|-----------------------------------|------|----------|-----------|
| 1910808 | HUỖNH GIA | BẢO | bao.huynhle_4021@hcmut.edu.vn | L01 | 1 | 1 |
| 2011295 | TRẦN THANH | HUY | huy.tran108bk2020@hcmut.edu.vn | L01 | 1 | 1 |
| 2011894 | LÊ TRẦN MINH | QUANG | quang.le07122017@hcmut.edu.vn | L01 | 1 | 1 |
| 2013550 | TRẦN TRUNG | KIÊN | kien.tranbk1908@hcmut.edu.vn | L01 | 1 | 1 |
| 2014557 | KIM SÔ VÚT | THI | thi.kim070802@hcmut.edu.vn | L01 | 1 | 1 |
| 2110294 | NGUYỄN TRUNG | KIÊN | kien.nguyendee21@hcmut.edu.vn | L01 | 1 | 1 |
| 2111160 | PHẠM NGỌC | HÂN | han.phamngochan@hcmut.edu.vn | L01 | 1 | 1 |
| 2111251 | NGUYỄN TIẾN | HOÀNG | hoang.nguyen1809@hcmut.edu.vn | L01 | 1 | 1 |
| 2111298 | LÊ GIA | HUY | huy.le1533@hcmut.edu.vn | L01 | 2 | 2 |
| 2111870 | LÊ CÔNG SỸ | NGUYỄN | nguyen.le230203@hcmut.edu.vn | L01 | 2 | 2 |
| 2111932 | VÕ ANH | NHẬT | nhat.vo2003hcmut@hcmut.edu.vn | L01 | 2 | 2 |
| 2112464 | VÕ BÁ | TOÀN | toan.vo210503@hcmut.edu.vn | L01 | 2 | 2 |
| 2113093 | NGUYỄN ĐẠI | DƯƠNG | duong.nguyendai76@hcmut.edu.vn | L01 | 2 | 2 |
| 2113484 | LÊ MAI PHƯỚC | HUY | huy.lelmp12125@hcmut.edu.vn | L01 | 2 | 2 |
| 2113679 | PHẠM PHÚ GIA | KHANG | khang.pham6472@hcmut.edu.vn | L01 | 2 | 2 |
| 2113705 | NGUYỄN ĐỨC | KHÁNH | khanh.nguyen2113705@hcmut.edu.vn | L01 | 2 | 2 |
| 2114444 | NGUYỄN LÊ | PHÚC | phuc.nguyenle@hcmut.edu.vn | L01 | 3 | 3 |
| 2114535 | HUỖNH MINH | QUÂN | quan.huynhbighdream@hcmut.edu.vn | L01 | 3 | 3 |
| 2114731 | PHẠM TÚ | TÂN | tan.phambkelec21@hcmut.edu.vn | L01 | 3 | 3 |
| 2114790 | PHAN VĂN | THÀNH | thanh.phan123456@hcmut.edu.vn | L01 | 3 | 3 |
| 2114832 | NGUYỄN ĐỨC | THẮNG | thang.nguyen25012003@hcmut.edu.vn | L01 | 3 | 3 |
| 2151195 | TRẦN ĐÌNH NGHĨA | HIỆP | hiep.tran122@hcmut.edu.vn | L01 | 3 | 3 |
| 2151252 | NGUYỄN TẤN | TÀI | tai.nguyentank21@hcmut.edu.vn | L01 | 3 | 3 |
| 2210198 | ĐẶNG DƯƠNG GIA | BẢO | bao.dang08042004@hcmut.edu.vn | L01 | 3 | 3 |
| 2210214 | LÂM GIA | BẢO | bao.lamgia@hcmut.edu.vn | L01 | 4 | 4 |
| 2210278 | TRẦN QUỐC | BẢO | bao.tranquoc2004@hcmut.edu.vn | L01 | 4 | 4 |
| 2210342 | HÀ XUÂN | CÁT | cat.haxuan@hcmut.edu.vn | L01 | 4 | 4 |
| 2210631 | LÝ ĐOÀN | DỰ | du.lydoan@hcmut.edu.vn | L01 | 4 | 4 |
| 2210725 | VÕ PHÁT | ĐẠT | dat.vophat150850@hcmut.edu.vn | L01 | 4 | 4 |
| 2210779 | TRƯƠNG NGUYỄN NHẬT | ĐÔNG | dong.truong24082004@hcmut.edu.vn | L01 | 4 | 4 |
| 2210780 | NGUYỄN ĐẠI | ĐỒNG | dong.nguyendai29k22@hcmut.edu.vn | L01 | 4 | 4 |
| 2210838 | ĐỖ TIẾN | GIÁP | giap.dobk2022@hcmut.edu.vn | L01 | 4 | 4 |
| 2210857 | HUỖNH KIẾN | HÀO | hao.huynhefial13@hcmut.edu.vn | L01 | 5 | 5 |
| 2210890 | NGUYỄN CÔNG | HẢI | hai.nguyencong@hcmut.edu.vn | L01 | 5 | 5 |
| 2210913 | TRẦN THỊ NHƯ | HẢO | hao.tranthinh@hcmut.edu.vn | L01 | 5 | 5 |
| 2211056 | MAI THANH | HOÀI | hoai.maithanh04@hcmut.edu.vn | L01 | 5 | 5 |
| 2211143 | LÊ VŨ GIA | HUÂN | huan.lethdtobk@hcmut.edu.vn | L01 | 5 | 5 |
| 2211302 | VÕ QUỐC | HUY | huy.voquoc1109@hcmut.edu.vn | L01 | 5 | 5 |
| 2211485 | LÊ TUẤN | KHANH | khanh.letuan@hcmut.edu.vn | L01 | 5 | 5 |
| 2211512 | LÊ NAM | KHÁNH | khanh.le77@hcmut.edu.vn | L01 | 5 | 5 |

| | | | | | | |
|---------|-----------------|--------|-------------------------------------|-----|----|---|
| 2211663 | VÕ SƠN | KHOA | khoa.voson79@hcmut.edu.vn | L01 | 6 | 1 |
| 2211688 | NGUYỄN ANH | KHÔI | khoi.nguyen2211688@hcmut.edu.vn | L01 | 6 | 1 |
| 2211702 | VÕ MINH | KHÔI | khoi.vo1706@hcmut.edu.vn | L01 | 6 | 1 |
| 2211731 | PHẠM CHUNG | KIÊN | kien.pham108k22@hcmut.edu.vn | L01 | 6 | 1 |
| 2211854 | NGÔ PHÙNG MAI | LINH | linh.ngophungmai@hcmut.edu.vn | L01 | 6 | 1 |
| 2211921 | LÊNH TÚ | LỘC | loc.lenhtu108qsb22@hcmut.edu.vn | L01 | 6 | 1 |
| 2212314 | NGUYỄN THANH | NGUYỄN | nguyen.nguyen110804@hcmut.edu.vn | L01 | 6 | 1 |
| 2212317 | NÔNG VĂN BẢO | NGUYỄN | nguyen.nongvanbao1404@hcmut.edu.vn | L01 | 6 | 1 |
| 2212344 | TRẦN THANH | NHÀN | nhan.tranthanh@hcmut.edu.vn | L01 | 7 | 2 |
| 2212377 | PHẠM NGỌC | NHÂN | nhan.pham1912@hcmut.edu.vn | L01 | 7 | 2 |
| 2212618 | LỤC BÙI MINH | PHÚC | phuc.luc2212618@hcmut.edu.vn | L01 | 7 | 2 |
| 2212688 | LƯU THỊ HOÀI | PHƯƠNG | phuong.luuthihoai@hcmut.edu.vn | L01 | 7 | 2 |
| 2212697 | NGUYỄN MINH | PHƯƠNG | phuong.nguyenminh@hcmut.edu.vn | L01 | 7 | 2 |
| 2212731 | LÊ ĐỨC | QUANG | quang.leduc@hcmut.edu.vn | L01 | 7 | 2 |
| 2212830 | LÊ PHẠM XUÂN | QUÍ | qui.le0407@hcmut.edu.vn | L01 | 7 | 2 |
| 2212832 | HÀ PHƯỚC VIỆT | QUỐC | quoc.ha3010@hcmut.edu.vn | L01 | 7 | 2 |
| 2212837 | NGUYỄN BẢO | QUỐC | quoc.nguyenbaoquoc@hcmut.edu.vn | L01 | 8 | 3 |
| 2212859 | NGUYỄN NGỌC HUY | QUYỀN | quyen.nguyenhuy091004@hcmut.edu.vn | L01 | 8 | 3 |
| 2212887 | NGÔ DIỄM | QUỲNH | quynh.ngodiem1803@hcmut.edu.vn | L01 | 8 | 3 |
| 2212904 | ĐOÀN NGỌC | SANG | sang.doan0972079941@hcmut.edu.vn | L01 | 8 | 3 |
| 2212970 | HỒ XUÂN TUẤN | TÀI | tai.hoxuantuan@hcmut.edu.vn | L01 | 8 | 3 |
| 2213163 | NGUYỄN MINH DẠ | THẢO | thao.nguyen13072004@hcmut.edu.vn | L01 | 8 | 3 |
| 2213190 | HUỲNH QUANG | THẮNG | thang.huynh253@hcmut.edu.vn | L01 | 8 | 3 |
| 2213234 | NGUYỄN HOÀNG | THIÊN | thien.nguyenhoangbkk22@hcmut.edu.vn | L01 | 8 | 3 |
| 2213319 | LÊ TRƯỜNG | THỌ | tho.lelngth@hcmut.edu.vn | L01 | 9 | 4 |
| 2213326 | HUỲNH VĂN | THÔNG | thong.huynhthong2004@hcmut.edu.vn | L01 | 9 | 4 |
| 2213496 | NGUYỄN QUỐC | TÍN | tin.nguyenquoc2004@hcmut.edu.vn | L01 | 9 | 4 |
| 2213534 | NGUYỄN MINH | TOÀN | toan.nguyenminh1901@hcmut.edu.vn | L01 | 9 | 4 |
| 2213569 | ĐOÀN BÍCH | TRÂM | tram.doankrinkno@hcmut.edu.vn | L01 | 9 | 4 |
| 2213593 | NGUYỄN THỊ NGỌC | TRÂN | tran.nguyen194@hcmut.edu.vn | L01 | 9 | 4 |
| 2213681 | ĐỖ ĐỨC | TRUNG | trung.dobk1805@hcmut.edu.vn | L01 | 9 | 4 |
| 2213794 | NGUYỄN TRỌNG | TUẤN | tuan.nguyen30052004@hcmut.edu.vn | L01 | 9 | 4 |
| 2213802 | TÔ ANH | TUẤN | tuan.tots16012004@hcmut.edu.vn | L01 | 10 | 5 |
| 2213812 | NGUYỄN | TUỆ | tue.nguyen1013@hcmut.edu.vn | L01 | 10 | 5 |
| 2213818 | ĐÀO NGUYỄN BẮC | TUYẾN | tuyen.dao03122004@hcmut.edu.vn | L01 | 10 | 5 |
| 2213821 | NGUYỄN DUY | TUYẾN | tuyen.nguyenduy@hcmut.edu.vn | L01 | 10 | 5 |
| 2213874 | NGUYỄN THANH | TÙNG | tung.nguyenfrom108bku@hcmut.edu.vn | L01 | 10 | 5 |
| 2213934 | NGUYỄN TUẤN | VIÊN | vien.nguyengoldenboy@hcmut.edu.vn | L01 | 10 | 5 |
| 2311575 | ĐẶNG KHÁNH | KHOA | khoa.dang132005@hcmut.edu.vn | L01 | 10 | 5 |
| 2011382 | CHU LÊ QUỐC | KHÁNH | khanh.chu2042001@hcmut.edu.vn | L01 | 10 | 5 |
| 2112105 | TRẦN VÕ LÊ | QUANG | quang.tranvole@hcmut.edu.vn | L01 | 10 | 5 |