

# Microwave Engineering : HK251

## Project

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.

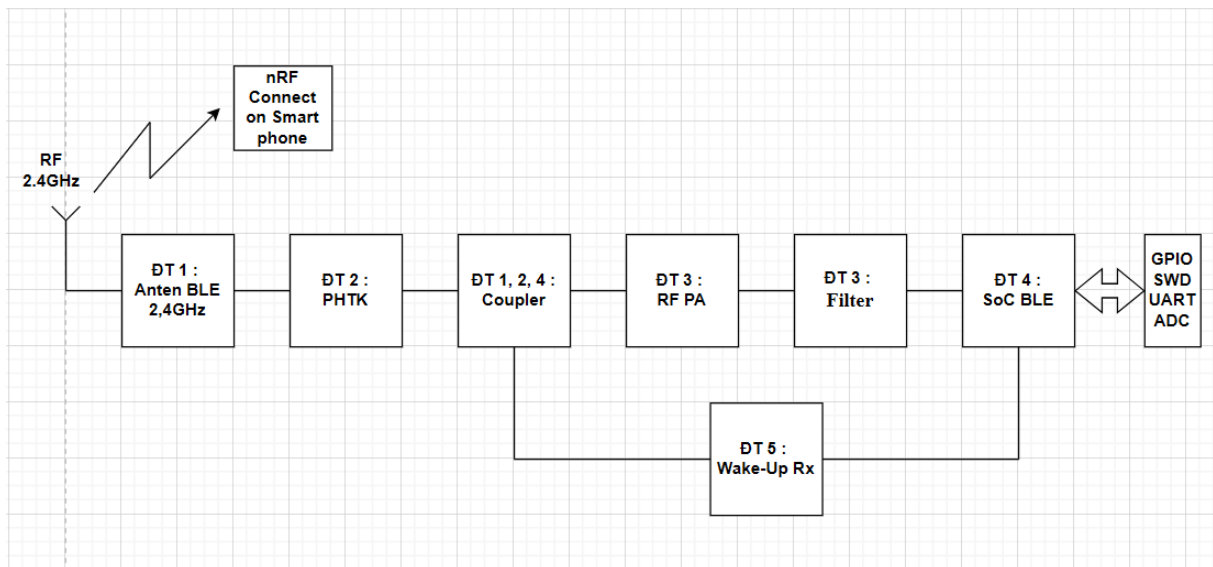
**Tuần 45–46**: Đo kiểm và báo cáo hoàn chỉnh.

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

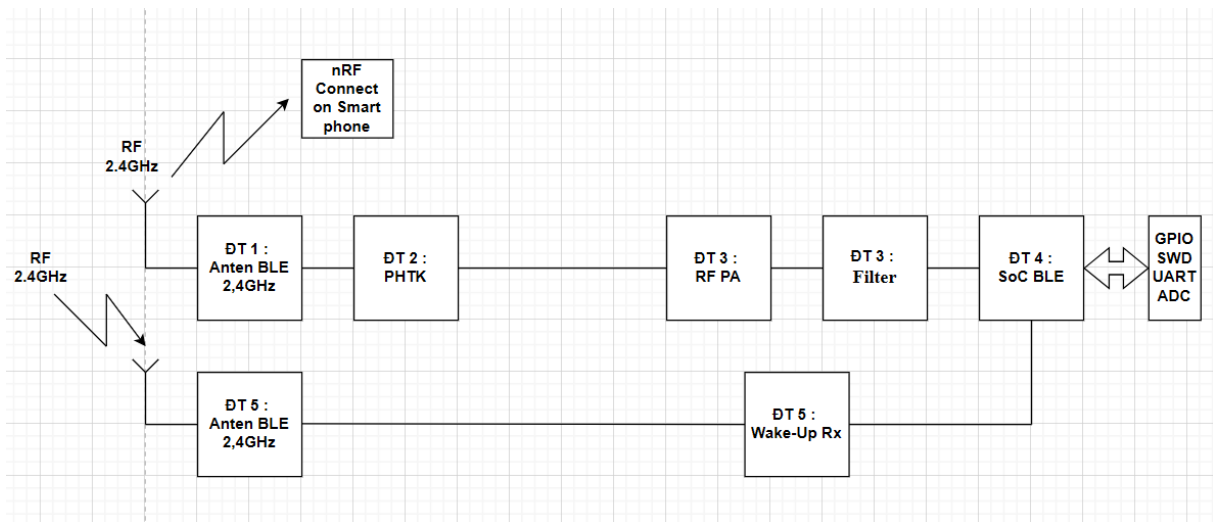
**Tuần 48–49:** Báo cáo + Demo thuyết trình final.

## 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:  $S_{11} < -10$  dB (2.40–2.48 GHz), gain  $\geq 1$  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 max  $> 1$  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  $\Omega$ ), 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 ( $-10\text{ dB}$ và $-20\text{ dB}$ variants), mô phỏng, layout, chế tạo (ADS).**

### **➤ Báo cáo:**

1. PCB node (Altium Designer/Kicad)+ firmware nguồn (Git).
2. Log năng lượng (mA/ $\mu\text{A}$ ), 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 ( $\mu\text{A}$ ), 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.huynhbigdream@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