

## คำชี้แจง

### การใช้งาน LTSpice

- ทำรายงาน โดย upload เป็นไฟล์ pdf ในระบบ e-learning
- การนำเสนอ ข้อมูล ตาราง หรือ กราฟต่าง ๆ ในรายงาน ควรให้ข้อมูลที่ครบถ้วน เช่น อัตราส่วนที่ใช้ หน่วยของปริมาณ แกนนอน แกนตั้ง แทนปริมาณใด ฯลฯ
- ให้ทำรายงานด้วยตนเอง รายงานใดที่ผู้ตรวจพิจารณาแล้วเห็นว่าไม่ได้ทำด้วยตนเอง ฯลฯ **จะได้ 0 คะแนน**
- ผลการตรวจของผู้ตรวจถือเป็นสิ้นสุด

# การใช้งาน

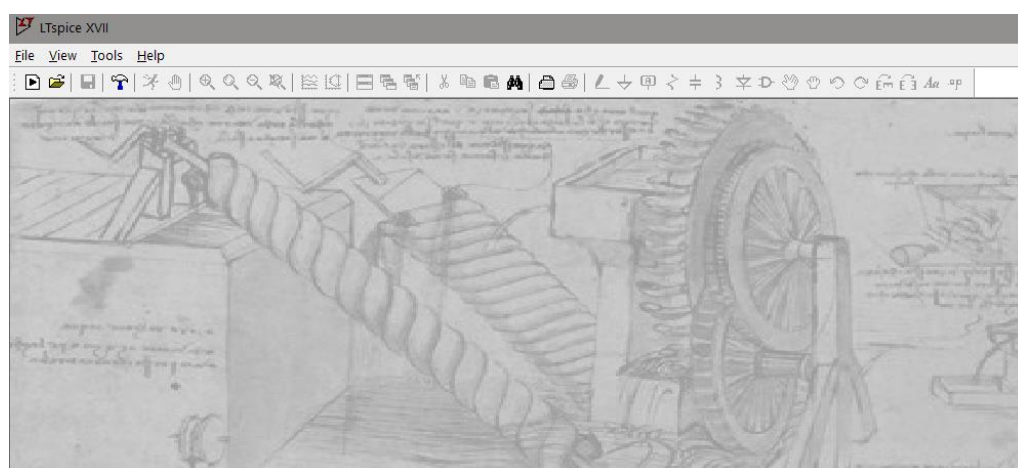
## LTSpice 2

### 0. บทนำ

LTSpice เป็นโปรแกรมจำลองวงจร (circuit simulation program) โดยเน้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ในการวิเคราะห์วงจร นักศึกษาสามารถศึกษาการใช้โปรแกรมนี้จากวิดีโอตัวอย่างสาธิตที่เตรียมไว้หรือแหล่งค้นคว้าอื่น ๆ ในอินเทอร์เน็ต

### 1. จุดประสงค์

เพื่อฝึกและเรียนรู้การใช้งานโปรแกรม LTSpice ในการคำนวณเกี่ยวกับการเชื่อมต่อวงจรขยาย 2 ชนิด คือ การต่อเชื่อมผ่านตัวเก็บประจุ (capacitor coupling) และ การต่อเชื่อมโดยตรง (direct coupling)



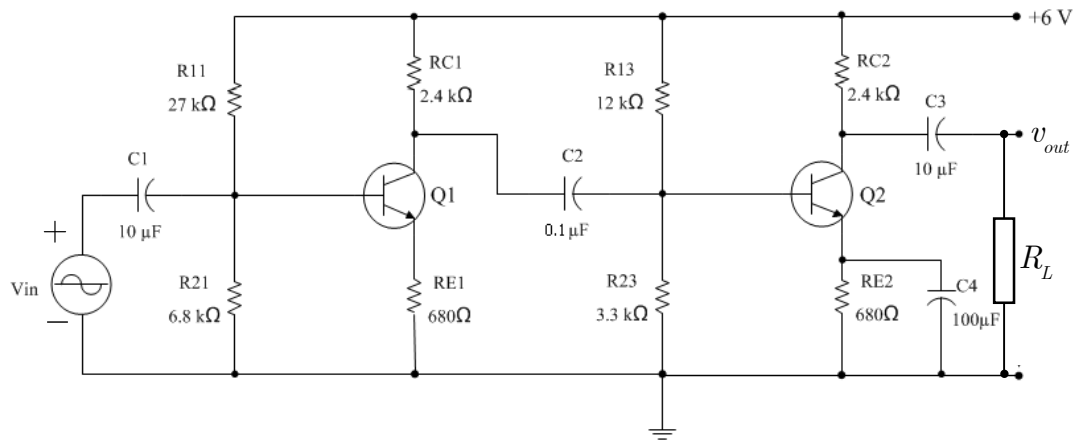
### 2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

โปรแกรม LTSpice

### 3. การเชื่อมต่อวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผ่านตัวเก็บประจุ

- ในโปรแกรม LTSpice สร้างวงจรตามรูปที่ 3.1 โดยให้  $R_L = 100 \text{ M}\Omega$  สำหรับทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458 จะมีพารามิเตอร์เป็น

```
.model q2sc458 NPN(Is=21.11f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=100 Bf=172.7 Ise=403.4f  
+ Ne=1.594 Ikf=.5186 Nk=.5 Xtb=1.5 Var=100 Br=1 Isc=0 Nc=2 Ikr=0  
+ Rc=0 Cjc=4.325p Mjc=.4216 Vjc=1.414 Fc=.5 Cje=5p Mje=.3333  
+ Vje=.75 Tr=10n Tf=567.9p Itf=1 Xtf=0 Vtf=10)
```



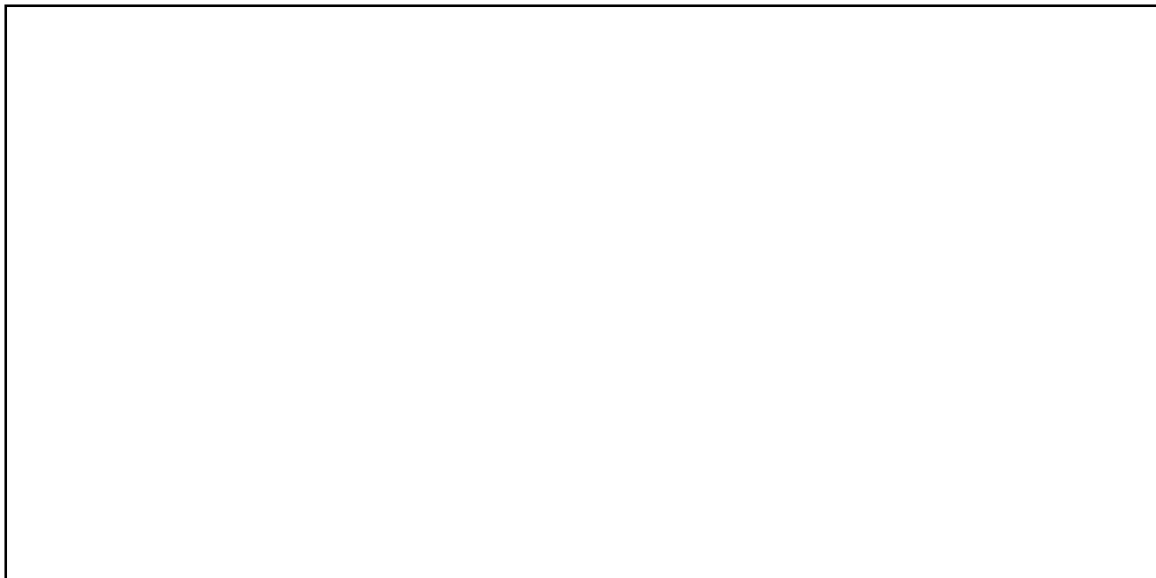
รูปที่ 3.1 วงจรขยาย 2 ภาควิธีต่อเชื่อมผ่านตัวเก็บประจุ

- ให้  $v_{in} = 0$  คำนวณวงจรและบันทึกค่าแรงดันโหนดลงในตารางที่ 3.1

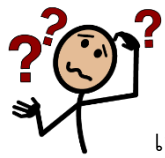
ตารางที่ 3.1

	$V_{B1}$	$V_{E1}$	$V_{C1}$	$V_{B2}$	$V_{E2}$	$V_{C2}$
ค่าที่ได้ (V)						

- ให้  $v_{out}$  เป็นเอาต์พุตและ  $v_{in}$  เป็นอินพุต ใช้การวิเคราะห์ AC หาลักษณะเฉพาะเชิงขนาดของวงจรขยายนี้ แสดงผลการจำลองที่ได้



ลักษณะเฉพาะเชิงขนาดวงจรขยาย 2 ภาควิธีต่อเชื่อมผ่านตัวเก็บประจุ

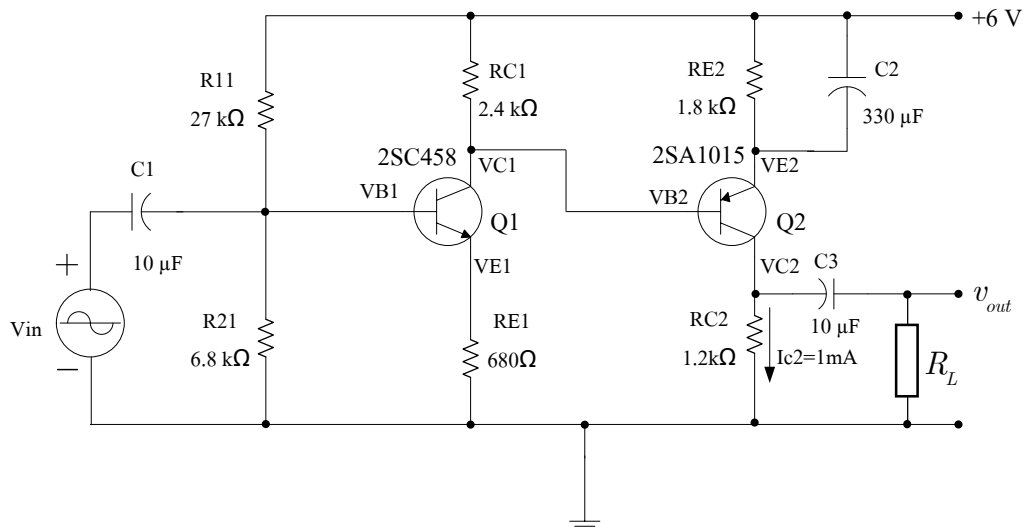


จากข้อมูลในตารางที่ 3.1 คำนวณหากระแสเบสและกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวได้เป็นเท่าไร แล้วประมาณค่า  $\beta$  รวมถึงค่า  $g_m$  และ  $r_{\pi}$  ของวงจรมุมสัญญาณเล็กของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัว วาดวงจรมุมสัญญาณเล็กในย่านความถี่กลางแล้วคำนวณหาอัตราขยายแรงดัน ค่าที่ได้เปรียบเทียบกับค่าจากการจำลองเป็นเช่นไร (แทรกหน้าได้หากเนื้อที่ไม่พอ)

#### 4. การต่อเชื่อมวงจรขยายแบบโดยตรง

- ในโปรแกรม LTSpice สร้างวงจรตามรูปที่ 3.2 โดยให้  $R_L = 100 \text{ M}\Omega$  สำหรับทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SA1015 จะมีพารามิเตอร์เป็น

```
.model Q2sa1015 PNP(Is=2.04f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=100 Bf=183 Ise=2.14f Ne=1.465
+      Ikf=1.5 Nk=1.319 Xtb=1.5 Var=100 Br=10.97 Isc=2.619f Nc=1.707
+      Ikr=26.37m Rc=.5 Cjc=9.716p Mjc=.3333 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=5p
+      Mje=.3333 Vje=.75 Tr=10n Tf=452.4p Itf=5 Xtf=0 Vtf=10)
```



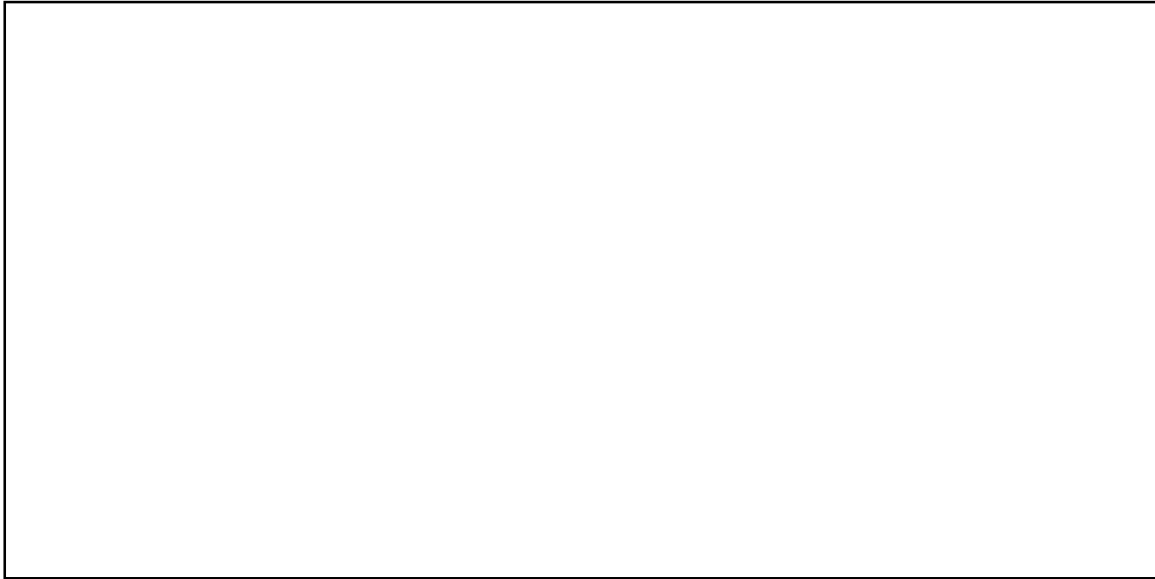
รูปที่ 3.2 วงจรขยาย 2 ภาคแบบต่อเชื่อมโดยตรง

- ให้  $v_{in} = 0$  คำนวณวงจรและบันทึกค่าแรงดันโหนดลงในตารางที่ 3.2

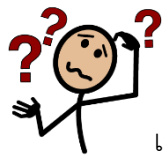
ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองวงจรเชื่อมต่อโดยตรง

	$V_{B1}$	$V_{E1}$	$V_{C1}$	$V_{B2}$	$V_{E2}$	$V_{C2}$
ค่าที่ได้ (V)						

- ให้  $v_{out}$  เป็นเอาต์พุตและ  $v_{in}$  เป็นอินพุต ใช้การวิเคราะห์ AC หาลักษณะเฉพาะเชิงขนาดของวงจรขยายนี้ แสดงผลการจำลองที่ได้




ลักษณะเฉพาะเชิงขนาดวงจรขยาย 2 ภาคต่อเชื่อมผ่านโดยตรง



จากข้อมูลในตารางที่ 3.2 คำนวณหากระแสเบสและกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวได้เป็นเท่าไร แล้วประมาณค่า  $\beta$  รวมถึงค่า  $g_m$  และ  $r_{\pi}$  ของวงจรมุมสัญญาณเล็กของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัว วาดวงจรมุมสัญญาณเล็กในย่านความถี่กลางแล้วคำนวณหาอัตราขยายแรงดัน ค่าที่ได้เปรียบเทียบกับค่าจากการจำลองเป็นเช่นไร (แทรกหน้าได้หากเนื้อที่ไม่พอ)

## 5. คำถาม

 การต่อเชื่อมวงจรมายทั้ง 2 แบบ ให้ผลตอบสนองเชิงความถี่เหมือนกันหรือไม่ แบบใดมีค่าแบนด์วิดท์มากกว่า

[illegible]