

คำชี้แจงเฉพาะ

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

0. บทนำ

LTSpice เป็นโปรแกรมคำนวณด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีประโยชน์ นักศึกษาสามารถศึกษาการใช้โปรแกรมนี้จากวิดีโอตัวอย่างสาธิตที่เตรียมไว้หรือแหล่งค้นคว้าอื่น ๆ ในอินเทอร์เน็ต

1. จุดประสงค์

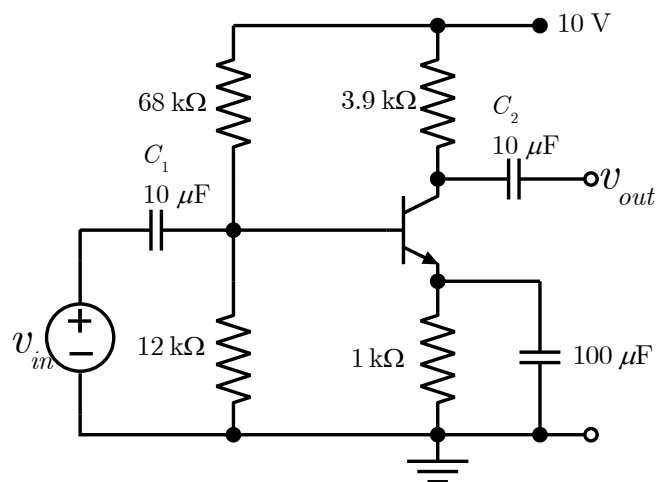
1.1. เพื่อศึกษาการใช้งาน LTSpice ในการคำนวณเกี่ยวกับวงจรทรานซิสเตอร์

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

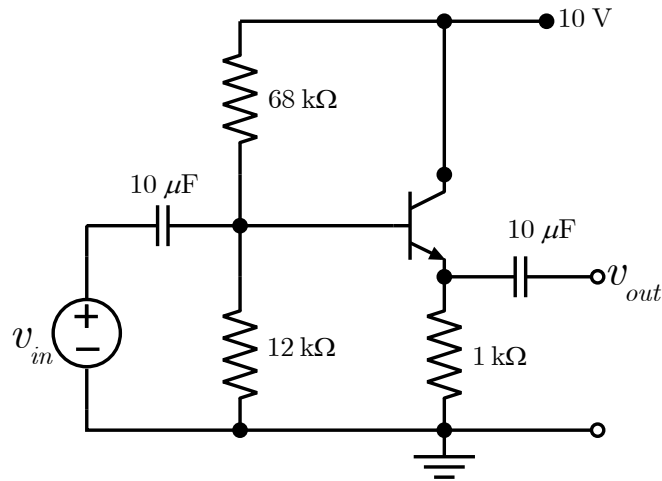
– โปรแกรม LTSpice

2.1. การทดลองวงจรขยายทรานซิสเตอร์

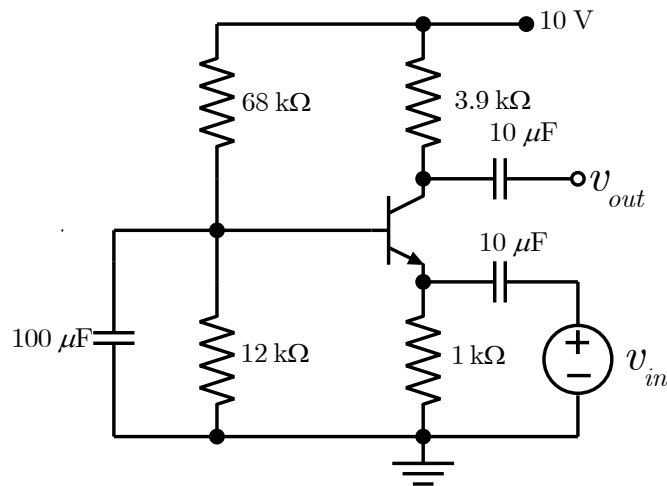
– สร้างวงจรตามรูปที่ 1.3, 1.4, และ 1.5 ใช้ค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้



รูปที่ 1.3 วงจรสำหรับการทดลอง CE



รูปที่ 1.4 วงจรสำหรับการทดลอง CC

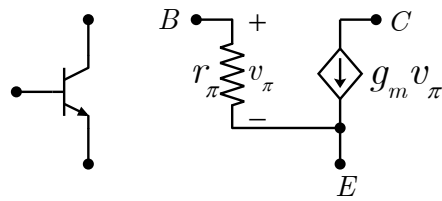


รูปที่ 1.5 วงจรสำหรับการทดลอง CB

- ในแต่ละวงจร ขณะที่ยังไม่ได้ป้อนสัญญาณ V_{in} ให้กับวงจร บันทึกค่าแรงดันโหนดที่ขา B, C, E ของทรานซิสเตอร์ (V_B , V_C , V_E) จากข้อมูลที่ได้ให้คำนวณค่ากระแสเบส (I_B) กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) กระแสเอมิเตอร์ (I_E), β_F , g_m , r_π

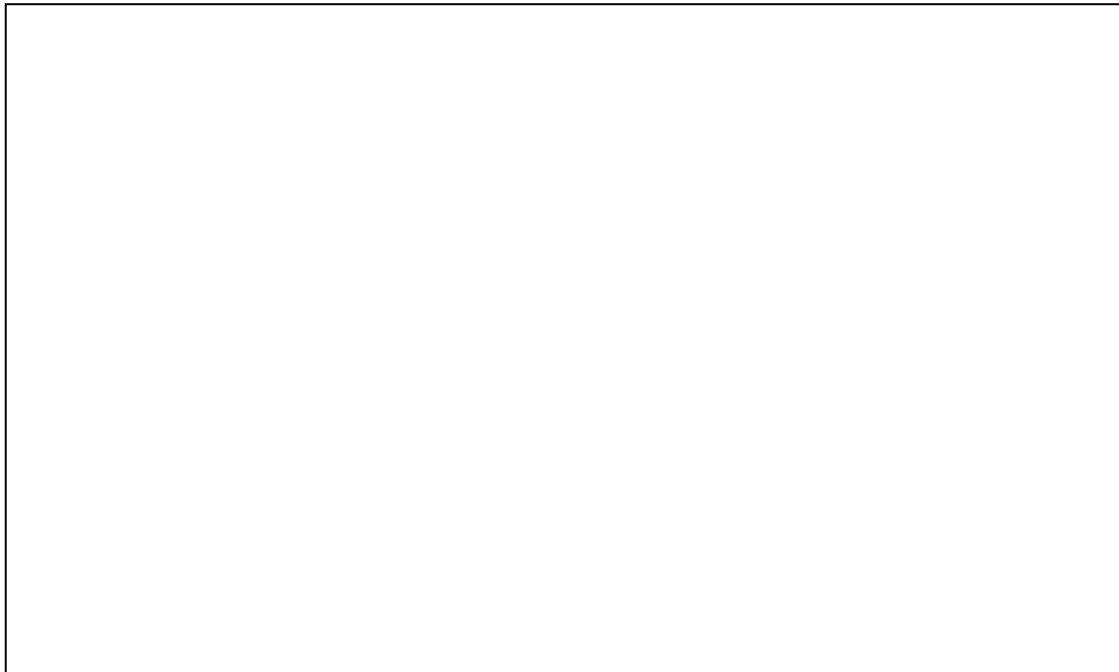
	V_C [V]	V_B [V]	V_E [V]	I_B [μ A]	I_C [mA]	I_E [mA]	β_F	g_m [mS]	r_π [k Ω]
CE									
CC									
CB									

- ถ้าให้วงจรสมมูลสัญญาณเล็กของ BJT เป็นดังต่อไปนี้



ให้วาดวงจรสมมูลสัญญาณเล็กของวงจรขยายทั้ง 3 แบบ แล้วคำนวณหาอัตราขยายแรงดัน

$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}}$ ของวงจร ใช้ค่าอุปกรณ์ที่กำหนดให้ และค่า g_m, r_π ที่ประมาณได้



รูปวงจรสมมูลสัญญาณเล็กของวงจร CE



รูปวงจรสมมูลสัญญาณเล็กของวงจร CB

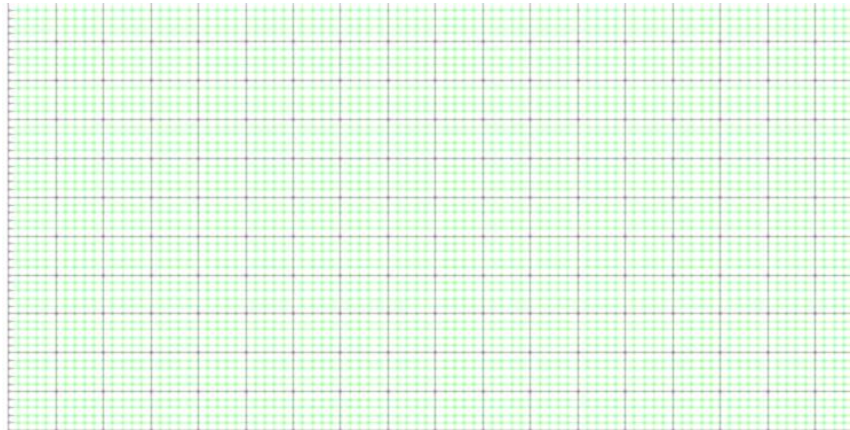


รูปวงจรสมมูลสัญญาณเล็กของวงจร CC

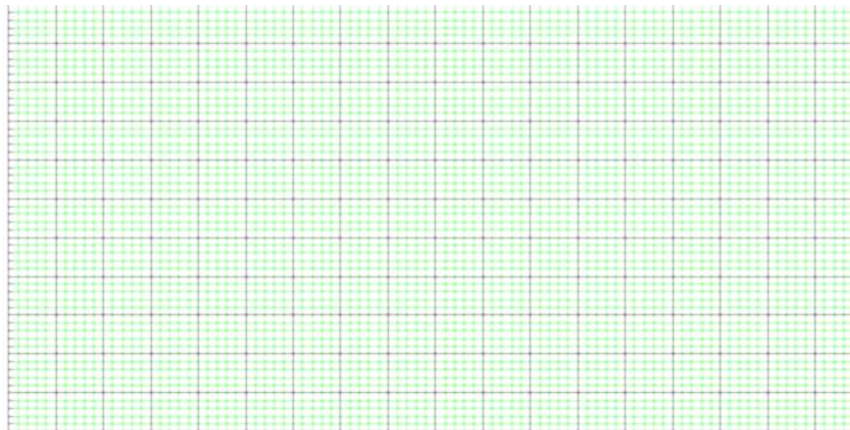
- ป้อนสัญญาณไซน์ความถี่ประมาณ 1 kHz เข้าทางอินพุต ใช้ออสซิลโลสโคปดูรูปคลื่นเอาต์พุต ปรับขนาดแอมพลิจูดอินพุต v_{in} ให้ได้เอาต์พุต v_{out} ที่มีค่าแอมพลิจูดมากที่สุดโดยที่ยังเป็นรูปสัญญาณไซน์อยู่ บันทึกรูปร่างสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตลงในตารางกราฟที่ 2.1

- สังเกตว่ามีการกลับเฟสระหว่าง สัญญาณอินพุต และ เอาต์พุตหรือไม่
- บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 2.1 แล้วคำนวณหาค่าอัตราขยายแรงดันตามที่กำหนดในตารางที่ 2.2 ด้วย
- เปรียบเทียบค่าอัตราขยายแรงดันจากผลการทดลองกับค่าทางทฤษฎี บันทึกลงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 กราฟรูปคลื่นอินพุตและเอาต์พุต (ใส่ข้อมูลสำคัญให้ครบถ้วน เช่น scale ที่ใช้ รูปใดเป็นอินพุต เอาต์พุต)



กรณี CE



กรณี CC



กรณี CB

ตารางที่ 2.2 ผลการทดลอง

การทดลองข้อ	CE	CC	CB
2.2	$I_B = \dots\dots\dots A$ $I_C = \dots\dots\dots A$ $I_E = \dots\dots\dots A$	$I_B = \dots\dots\dots A$ $I_C = \dots\dots\dots A$ $I_E = \dots\dots\dots A$	$I_B = \dots\dots\dots A$ $I_C = \dots\dots\dots A$ $I_E = \dots\dots\dots A$
2.3, 2.5 (ค่าแอมพลิจูด)	$V_{in} = \dots\dots\dots V$ $V_0 = \dots\dots\dots V$	$V_{in} = \dots\dots\dots V$ $V_0 = \dots\dots\dots V$	$V_{in} = \dots\dots\dots V$ $V_0 = \dots\dots\dots V$
A_v			
2.4	<input type="checkbox"/> มีการกลับเฟส <input type="checkbox"/> ไม่มีการกลับเฟส	<input type="checkbox"/> มีการกลับเฟส <input type="checkbox"/> ไม่มีการกลับเฟส	<input type="checkbox"/> มีการกลับเฟส <input type="checkbox"/> ไม่มีการกลับเฟส

— เปรียบเทียบค่า A_v ที่คำนวณได้จากการวัดกับค่าจากการคำนวณลงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3

	CE	CC	CB
อัตราขยายแรงดัน (ค่านวณ)			
อัตราขยายแรงดัน (การทดลอง)			
ความแตกต่าง			

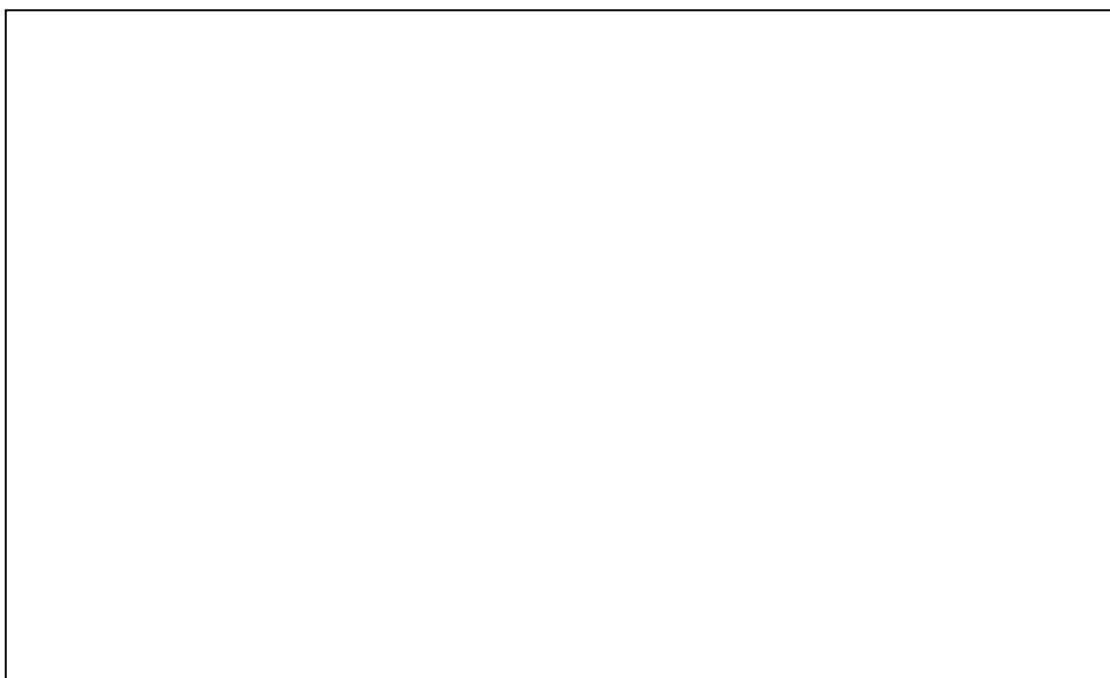
2.2. การทดลองใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน (Simulation Program)

- ให้ศึกษาการใช้งานโปรแกรม LTSpice จาก
 - <http://ltwiki.org/?title=SPICE and LTspice Courseware and Tutorials>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=lyADW32wi10>
 - https://www.youtube.com/watch?v=o_t7AVVfUEM
 - <https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-ltspice>
- สร้างวงจรขยายทั้ง 3 แบบในการทดลอง 3.2 และคำนวณหาลักษณะเฉพาะเชิงความถี่ (Frequency characteristic) ของอัตราขยายแรงดัน เลือกย่านความถี่ 10Hz – 100 MHz แสดงผลการจำลองที่ได้
- ในไฟล์ XTR_A.asc ได้เตรียมข้อมูลเบื้องต้นให้บางส่วน

หมายเหตุ spice model parameter ของ 2SC458 เป็น

```
.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)
```

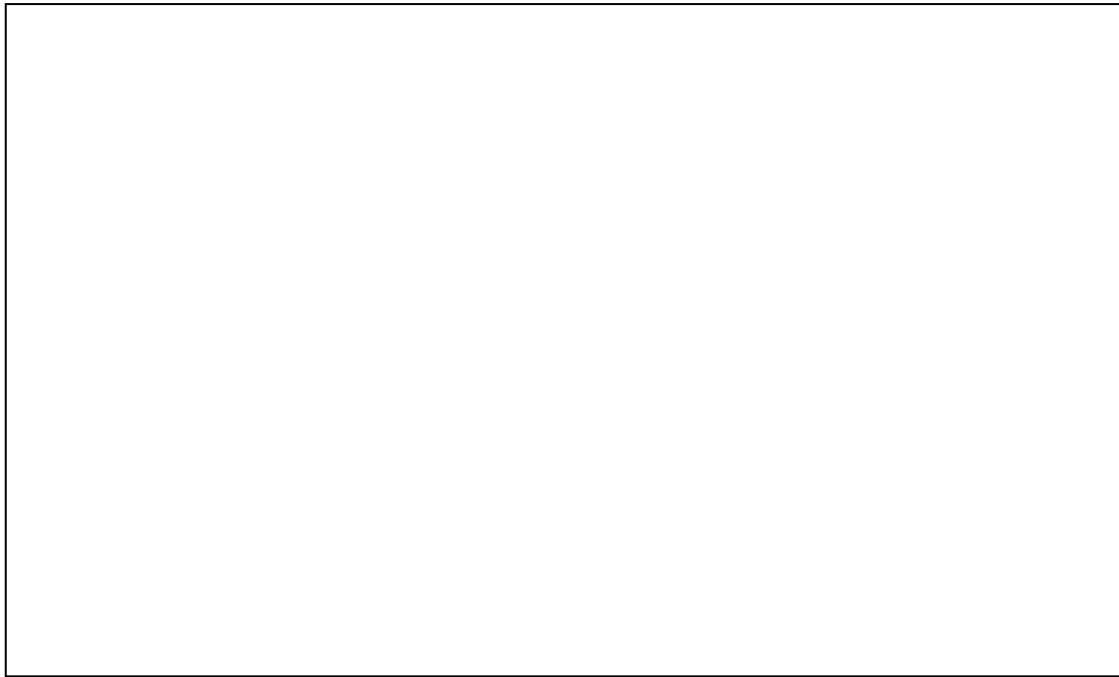
ลักษณะเฉพาะเชิงความถี่ของวงจรขยายจากการจำลอง



กรณีวงจรขยาย CE



กรณีวงจรขยาย CB



กรณีวงจรขยาย CC

3. คำถาม

- เรียงลำดับ วงจรที่มีขนาดอัตราขยายแรงดันจากน้อยไปมาก

- เมื่อใดที่เราควรใช้วงจรขยายแบบ CB มากกว่าแบบ CE

- เมื่อใดที่เราควรใช้วงจรขยายแบบ CC

.....

.....