วงจรขยายที่ปรับอัตราขยายได้โดยใช้ซีมอส แรงดัน 1 โวลท์ 60 เดซิเบล ความถี่ 100 เม็กกะเฮิร์ต

พุทธิ นาคทองกุล

อภินันท์ ธนชยานนท์

ห้องปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อนำเสนอ

- กล่าวนำ
- วงจรขยายที่ปรับอัตราขยายได้
- วงจรขยายที่ปรับอัตราขยายใช้แรงดันไฟเลี้ยงต่ำ
- ผลการจำลองการทำงาน
- สรุป

กล่าวนำ

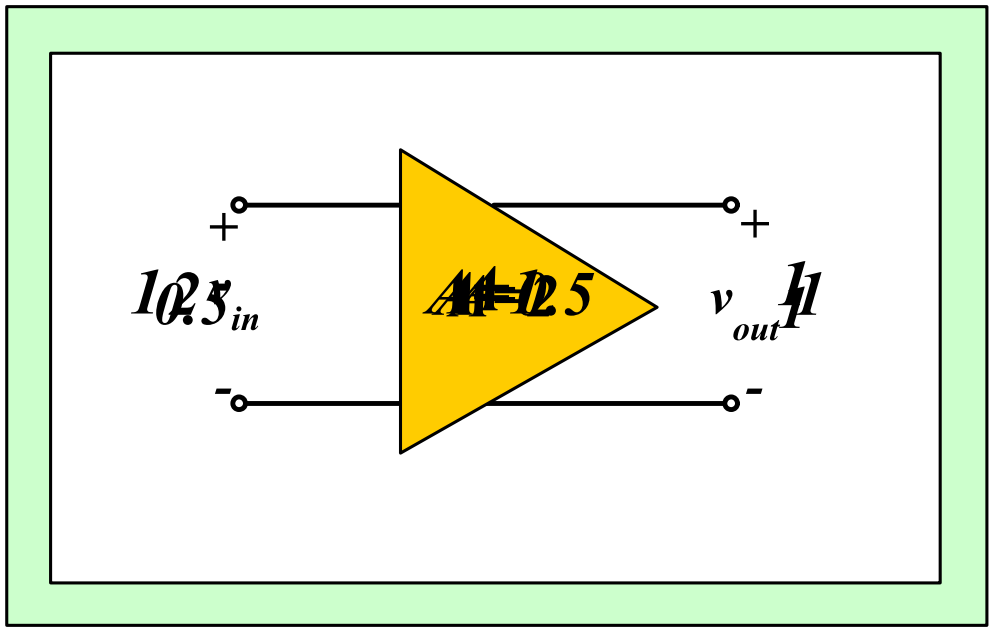
- วงจรขยายในระบบอิเล็กทรอนิกส์
  - วงจรขยายทั่วไป (amplifier)
  - วงจรขยายที่ปรับอัตราขยายได้ (variable gain amplifier,VGA)

กล่าวนำ

- วงจร VGA
  - ขยายสัญญาณ (amplifier)
  - ลดทอนสัญญาณ (attenuator)

กล่าวนำ

- ทำไมต้องใช้ VGA
  - สัญญาณที่คาดเดาไม่ได้
  - สามารถนำไปใช้งานในภาคถัดไปได้โดยไม่ต้องมีวงจรเพิ่ม

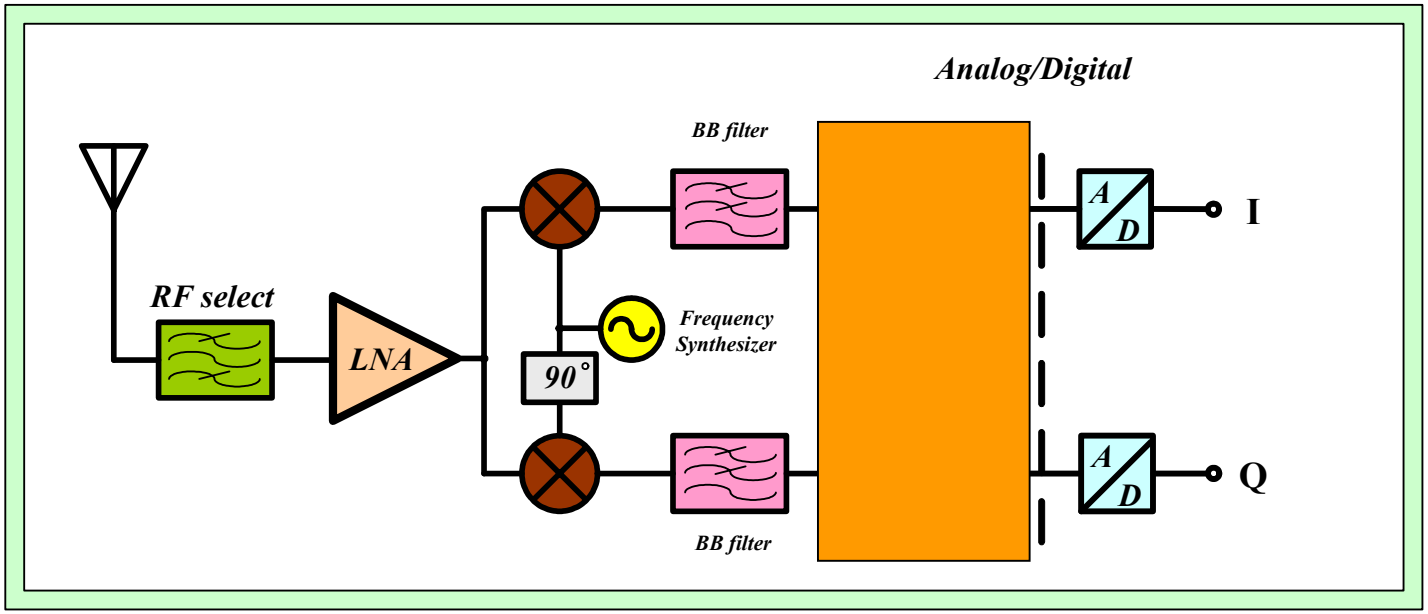


กล่าวนำ

- การประยุกต์ใช้งาน VGA
  - ระบบหัวอ่านดิสไดร์ฟ
  - ระบบเครื่องช่วยฟังสำหรับคนหูพิการ
  - ระบบการสื่อสารไร้สาย

กล่าวนำ

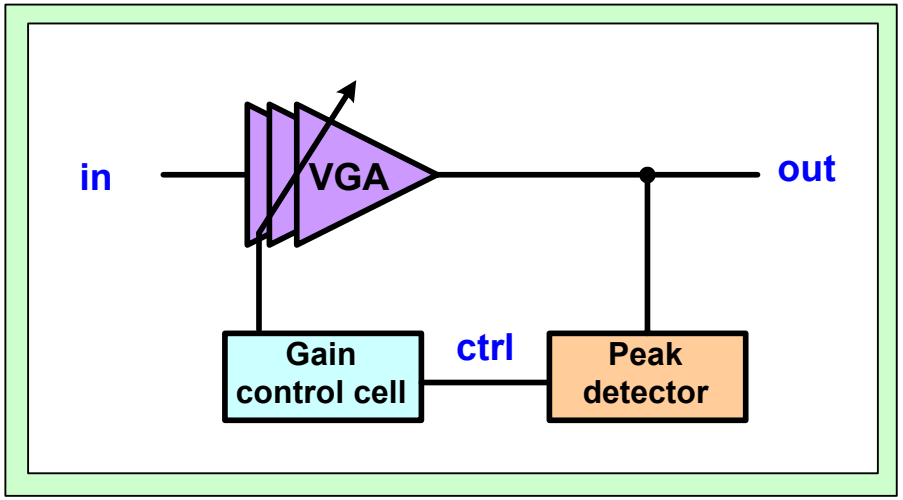
- วงจร VGA ที่ใช้ในระบบสื่อสารไร้สาย



โครงสร้างระบบสื่อสารไร้สาย

กล่าวนำ

- วงจร VGA ใน วงจรควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (AGC)

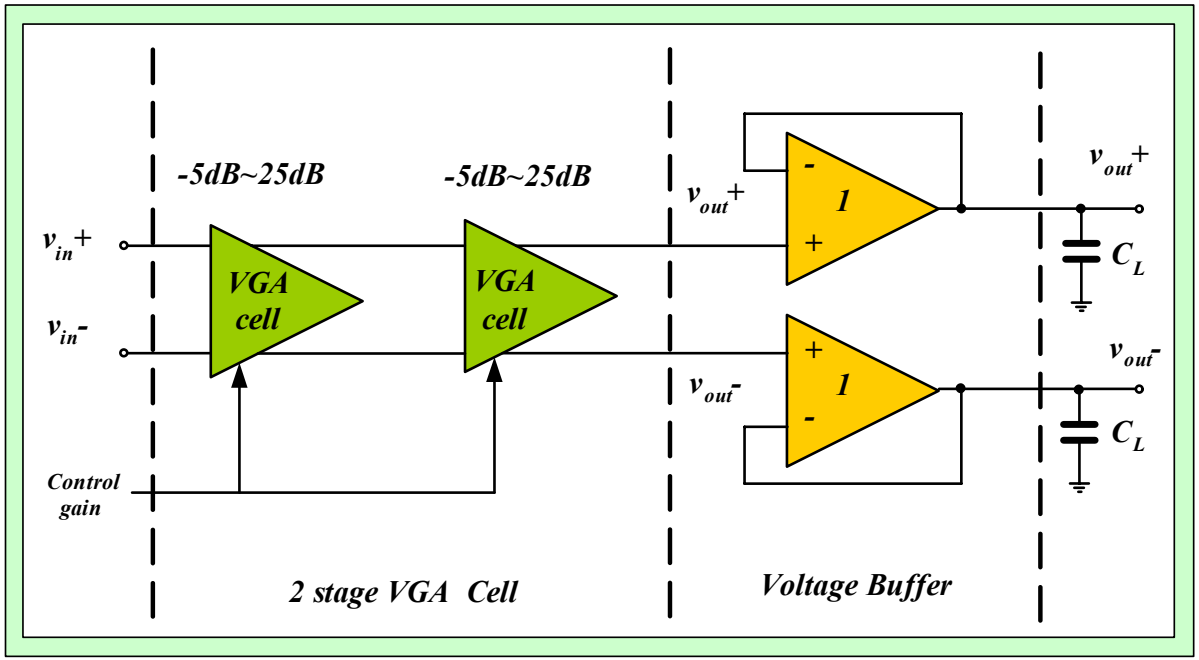


กล่าวนำ

- **คุณสมบัติที่สำคัญของการออกแบบ VGA**
  - ช่วงความถี่ (bandwidth)
  - ช่วงการปรับอัตราขยาย (gain tuning range)
  - ความเป็นเชิงเส้น (linearity)
  - สัญญาณรบกวน (noise)
  - สิ้นเปลืองกำลังงานต่ำ (low power)

วงจร VGA

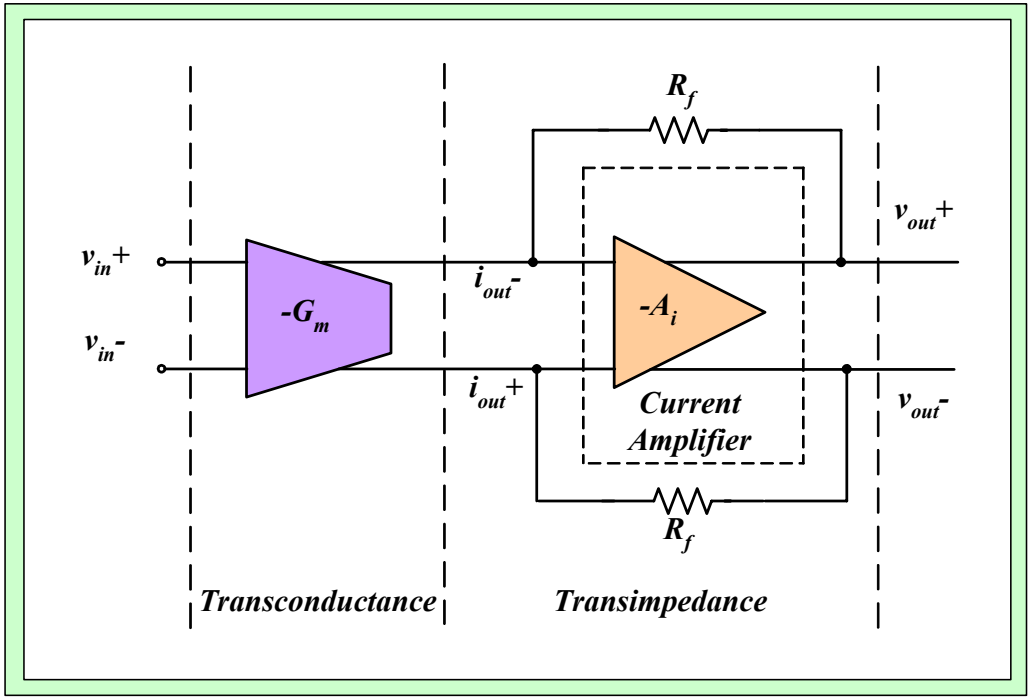
- บล็อกไดอะแกรมของวงจร VGA



บล็อกไดอะแกรมของวงจร VGA ทั้งหมด

วงจร VGA

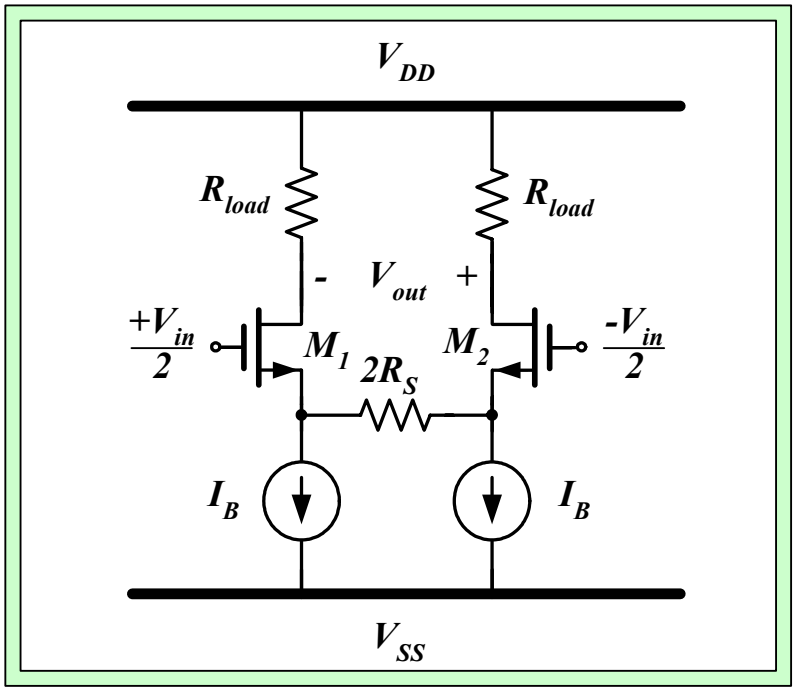
- โครงสร้างวงจร VGA



โครงสร้างวงจร VGA 1 เซล

วงจรขยายทรานส์คอนดักแตนซ์

- วงจรซอส-ดีเจนเนอเรชั่นอย่างง่าย



$$G_{md} = -\frac{1}{R_{s1} + R_s}$$

$$R_{s1} = \frac{1}{g_{m1}}$$

□□□□□ $R_{S1} << R_s$

$$G_{md} = -\frac{1}{R_s}$$

วงจรขยายทรานส์คอนดักแตนซ์

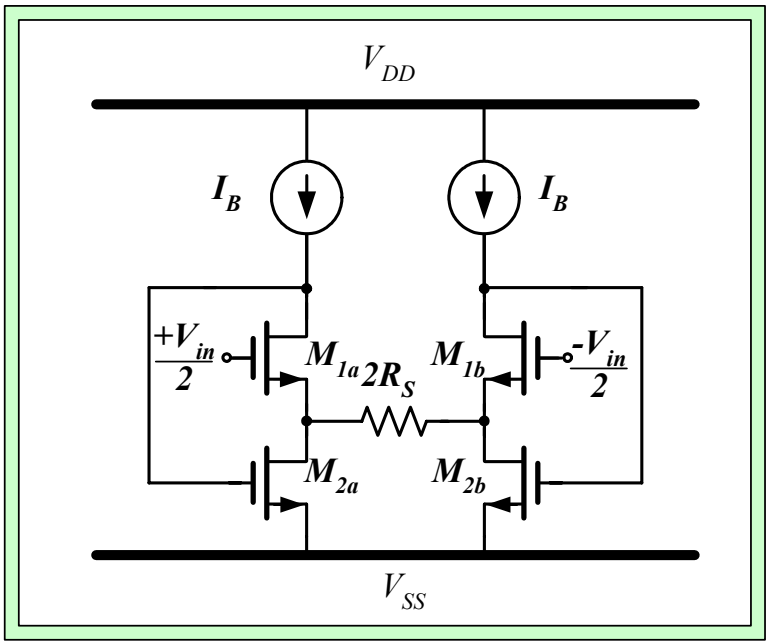
- วงจรซอส-ดีเจนเนอเรชั่นแบบใช้แรงดันต่ำ

$$G_{md} = -\frac{1}{R_{s1} + R_s}$$

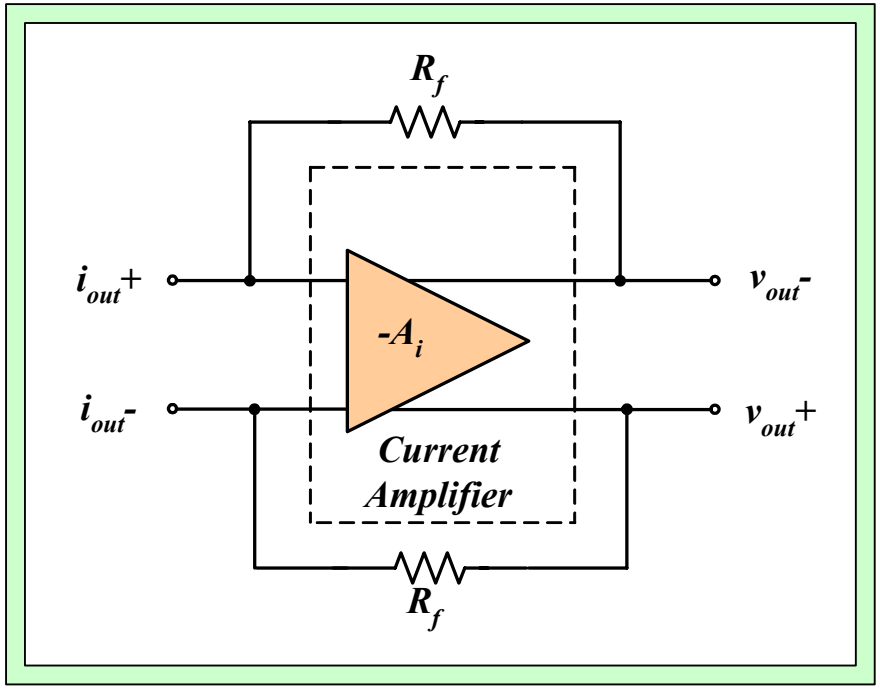
$$R_{s1} = \frac{g_{o1}}{g_{m1} g_{m2}}$$

□□□□□ $R_{S1} << R_s$

$$G_{md} = -\frac{1}{R_s}$$



วงจรขยายทรานส์อิมพีแดนซ์



$$R_m = -\left(\frac{R_f A_i - R_{in}}{1 + A_i}\right)$$

$$A_i >> 1$$

$$R_m = -R_f$$

วงจรทรานส์อิมพีแดนซ์ที่มีการป้อนกลับกระแส

วงจรขยายทรานส์อิมพีแดนซ์

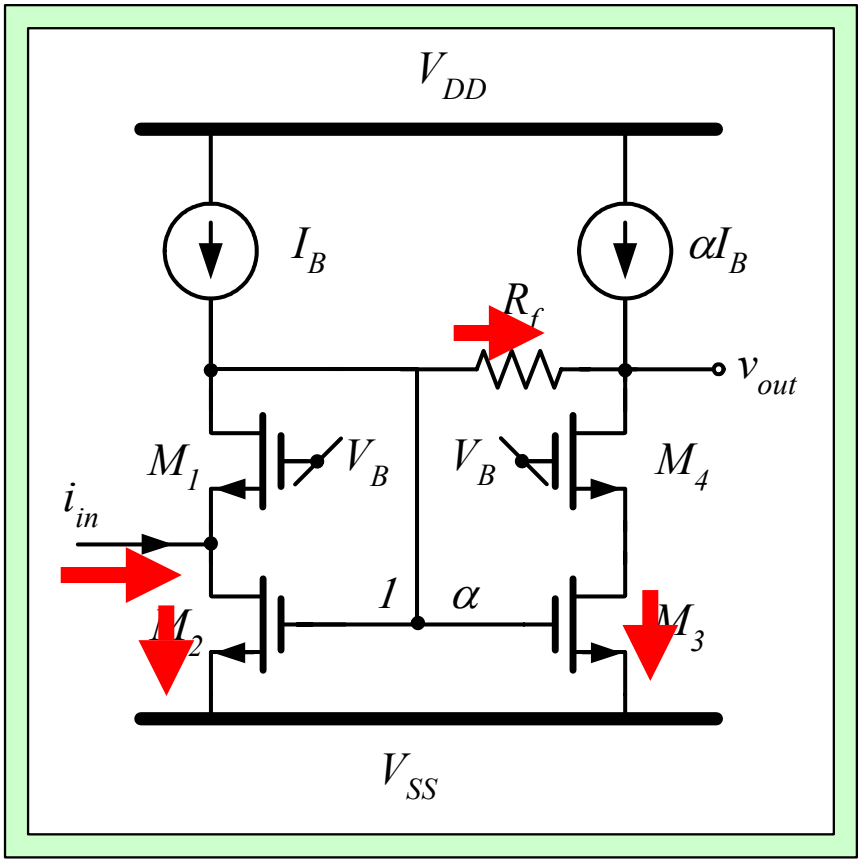
- วงจรขยายทรานส์อิมพีแดนซ์แรงดันไฟเลี้ยงต่ำ

ที่ความถี่ต่ำ

$$R_{m0} = \frac{g_f - \alpha g_{m2}}{g_f g_{m2}(1+\alpha)} = \frac{g_f - \alpha g_{m2}}{g_f g_{m2}} \cdot \frac{1}{(1+\alpha)}$$

กำหนดให้ $\alpha >> 1$

$$R_{m0} \approx -\frac{1}{g_f} \approx -R_f$$

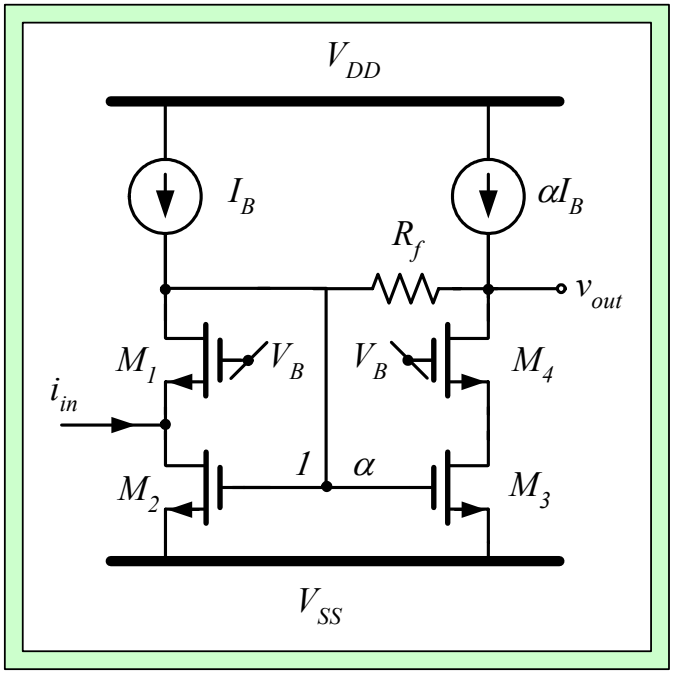


วงจรขยายทรานส์อิมพีแดนซ์

- วงจรขยายทรานส์อิมพีแดนซ์

ที่ความถี่สูง

$$R_m \approx \frac{\frac{g_{m1}}{C_{gs1}}\left(1-\frac{1}{g_f}\frac{\alpha g_{m2}}{C_2}\right)}{s^2+s\left(\frac{\alpha g_{m2}}{C_2}+\frac{g_{m1}}{C_{gs1}}\right)+\frac{g_{m1}}{C_{gs1}}\cdot\frac{\alpha g_{m2}}{C_2}}$$

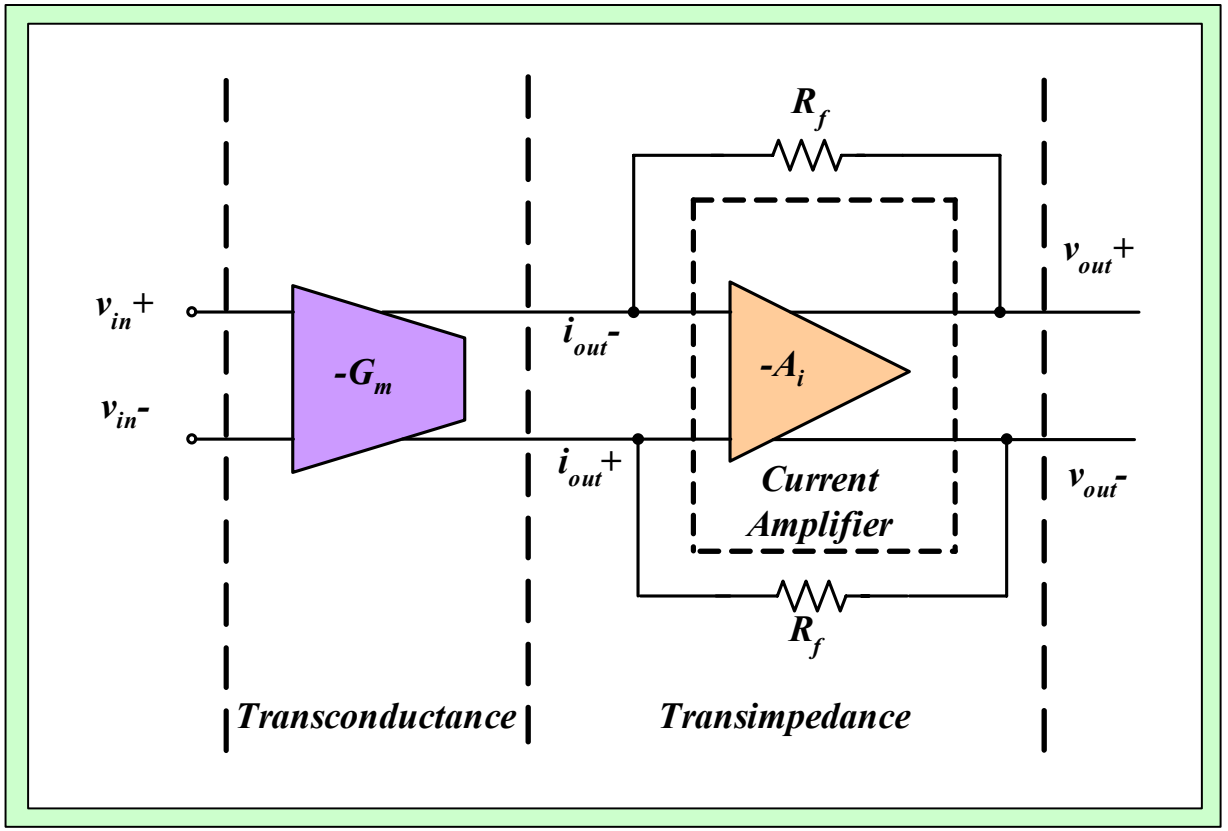


ตำแหน่งโพล

$$\omega_{p1} = -g_{m1}/C_{gs1}\ ,\omega_{p2} = -\alpha g_{m2}/C_2 \approx -g_{m2}/C_{gs2}$$

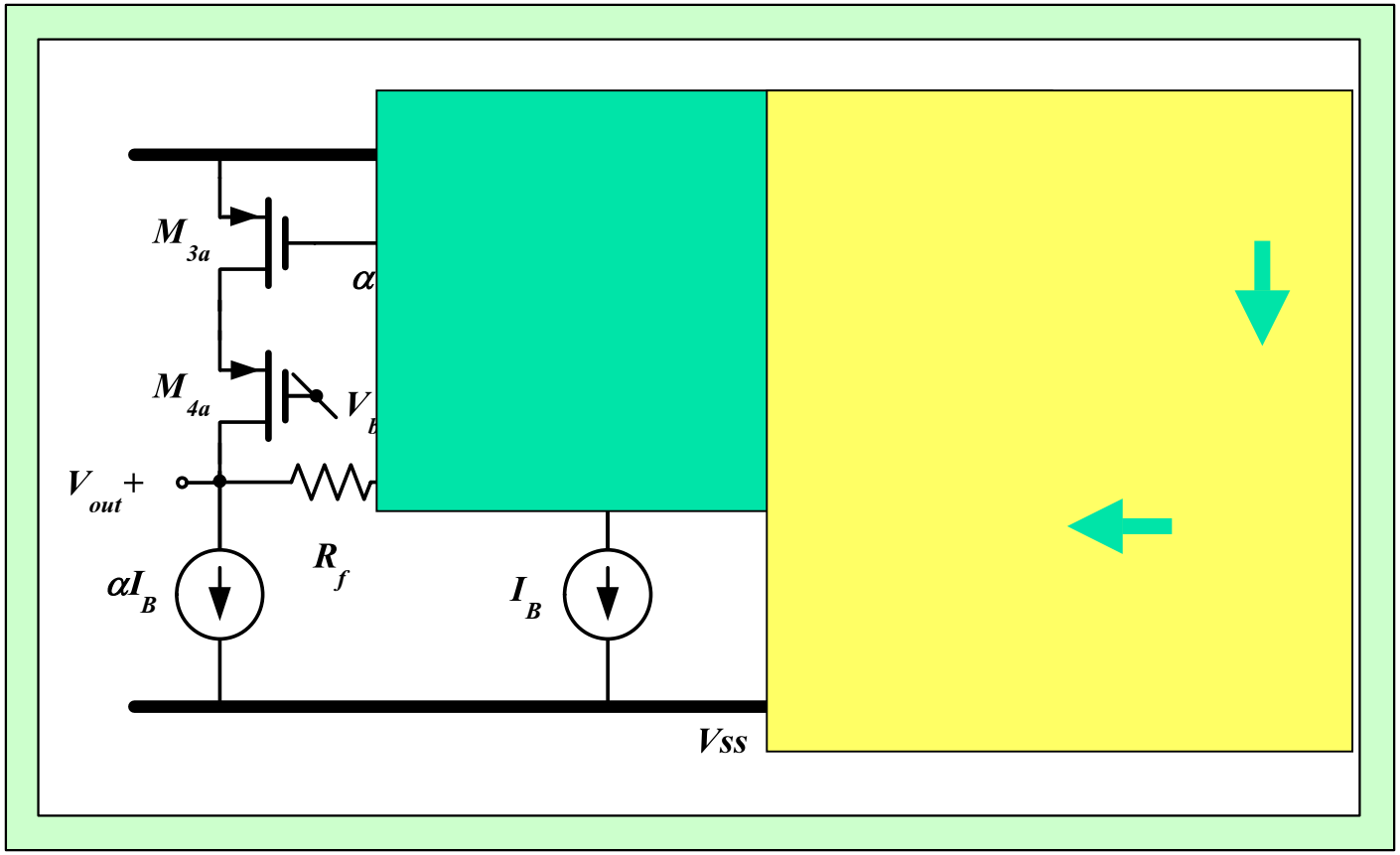
วงจร VGA

- โครงสร้างวงจร VGA

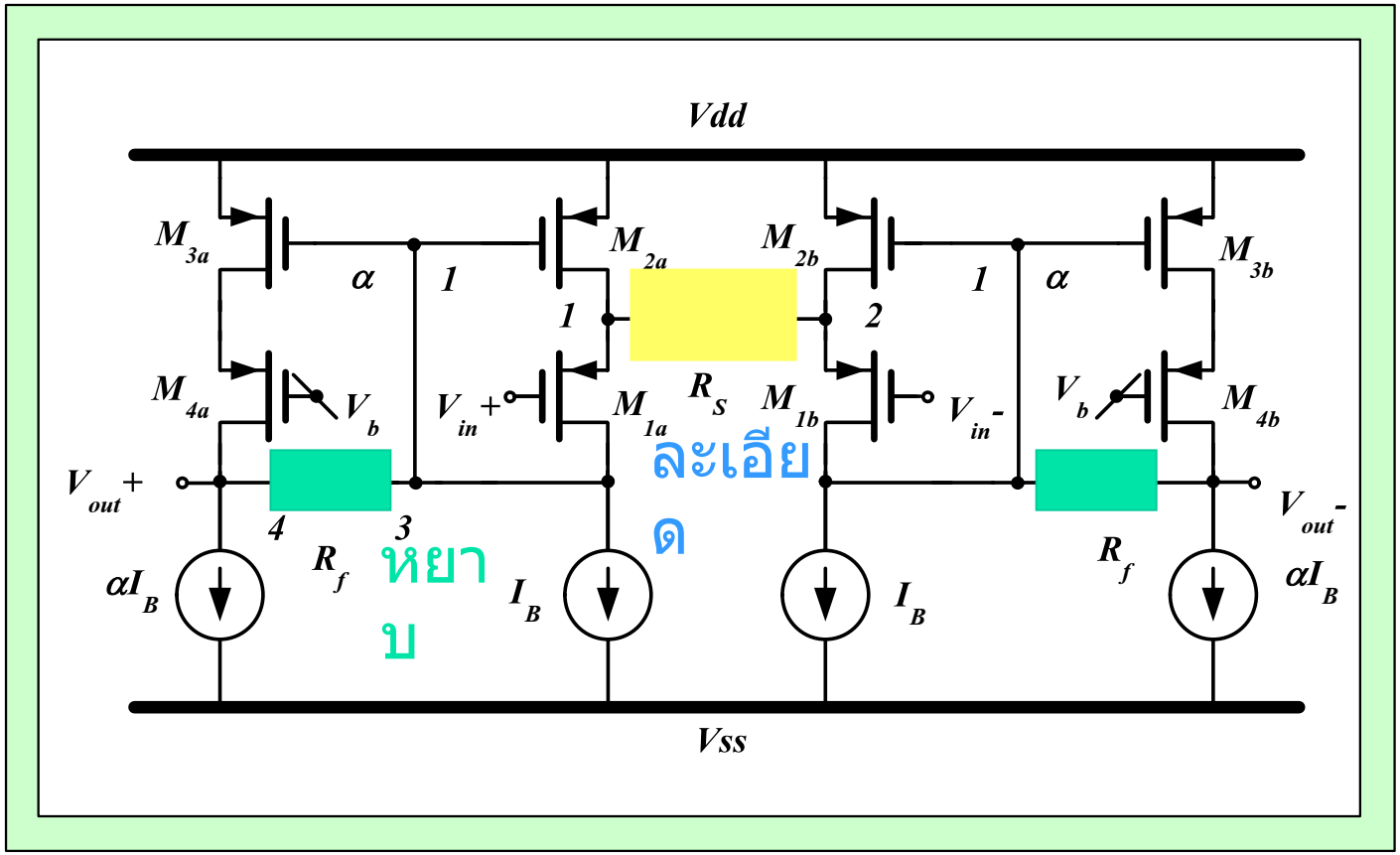


$$A_V = -\left(\frac{R_f}{R_S}\right)$$

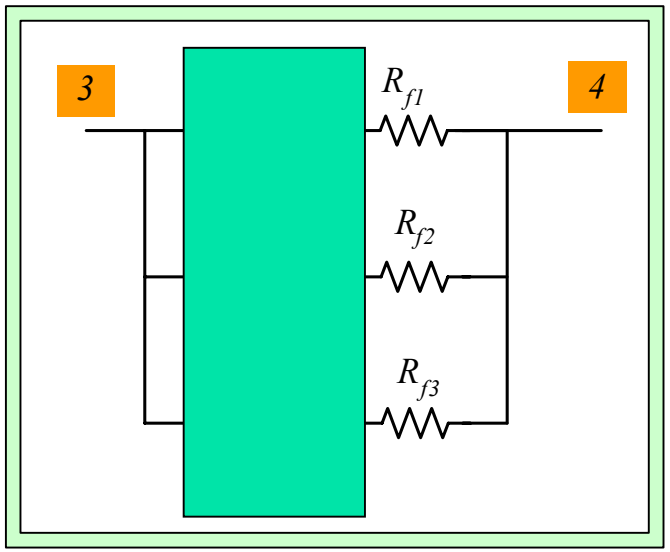
วงจรปรับอัตราขยายแบบแรงดันต่ำ



วงจรปรับอัตราขยายแบบแรงดันต่ำ

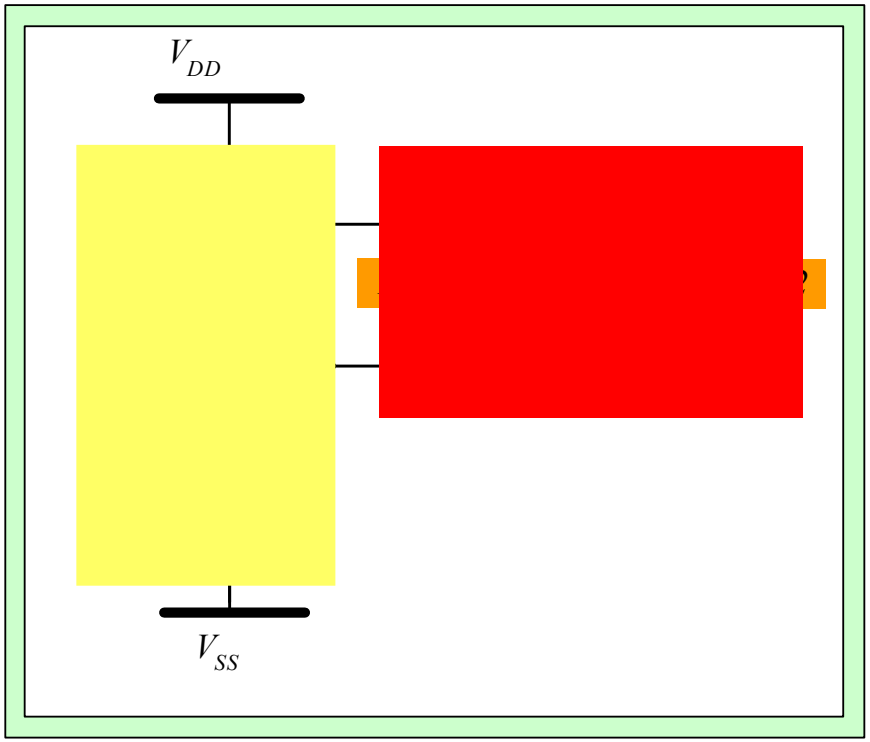


วงจรปรับอัตราขยายแบบแรงดันต่ำ

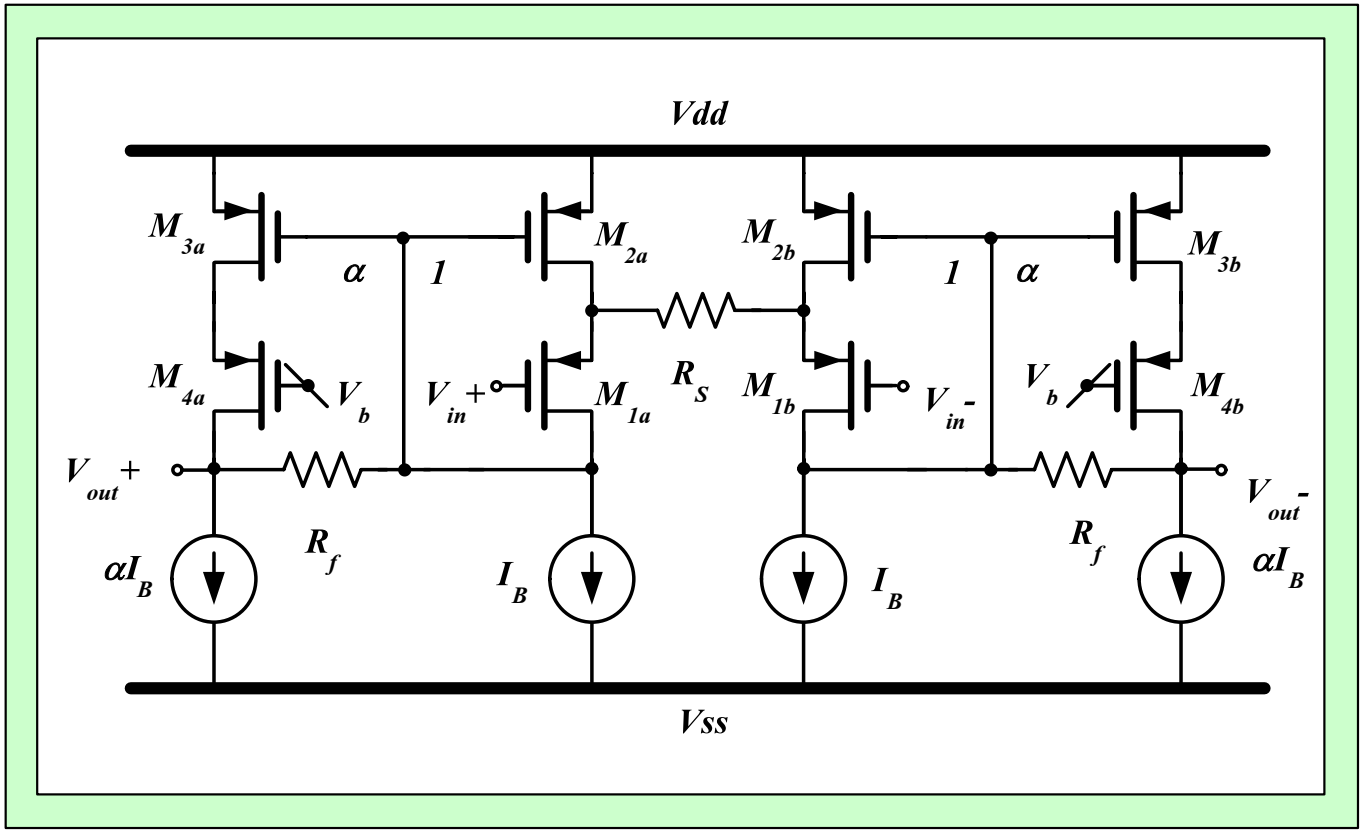


วงจรสำหรับการควบคุม R_f

วงจรสำหรับการควบคุม R_S



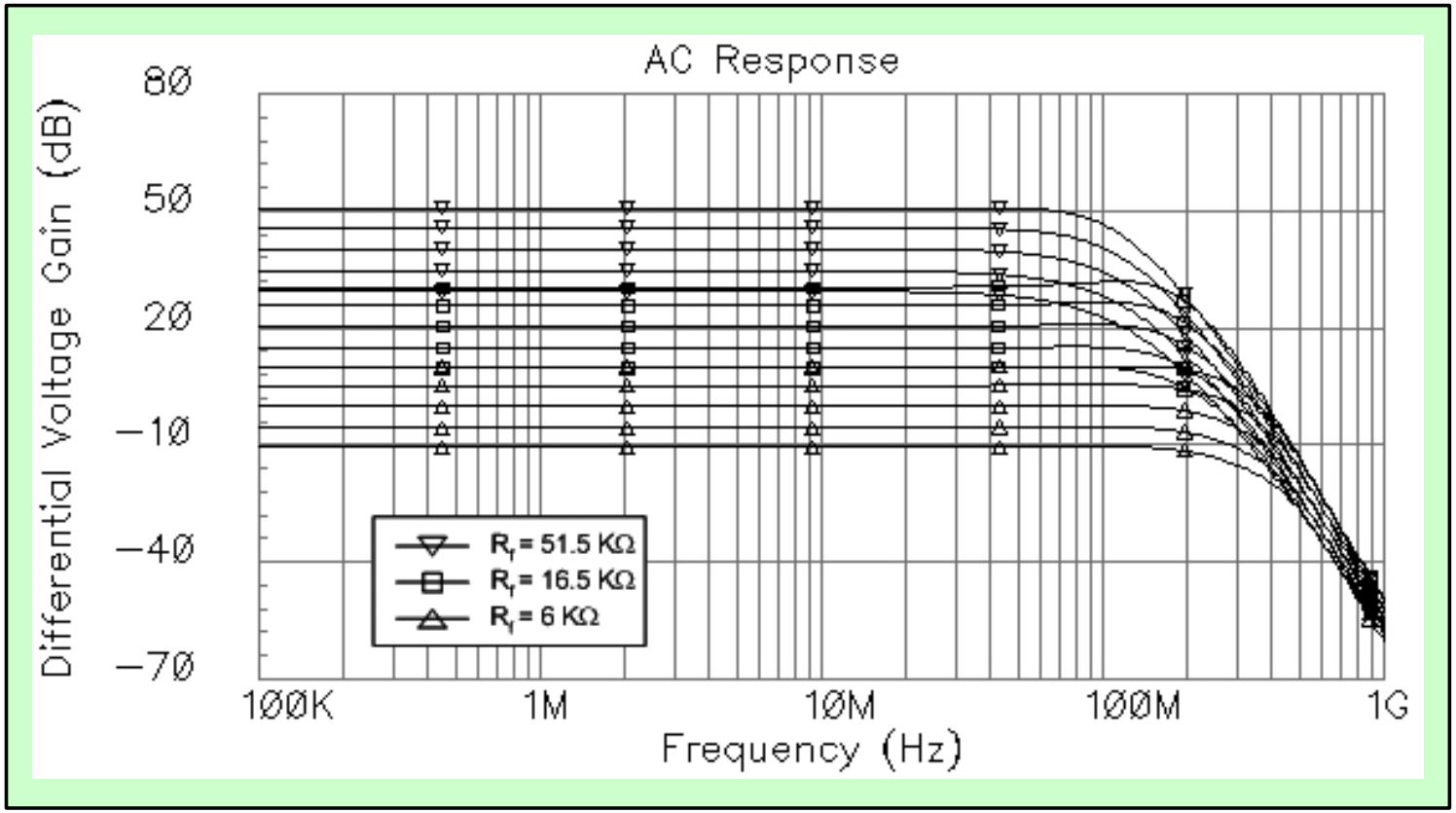
ผลจำลองการทำงาน



ผลจำลองการทำงาน

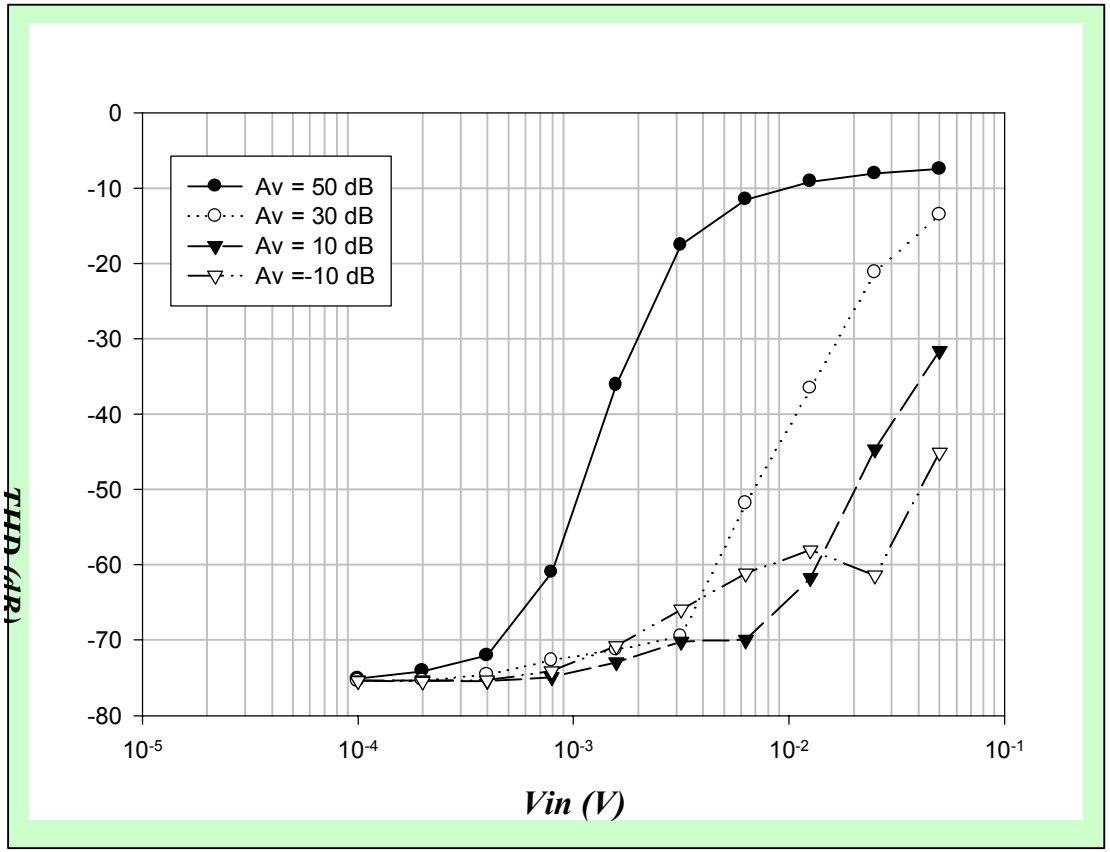
พารามิเตอร์	ค่า	พารามิเตอร์	ค่า
$(W/L)_1$ และ $(W/L)_4$	60 mm/0.2 mm	$(W/L)_{RS}$	120 mm /0.2 mm
$(W/L)_2$ และ $(W/L)_3$	9 mm /0.4 mm	V_{DD} - V_{SS}	1 V
อัตราสะท้อนกระแส (a)	4	I_B	50μA
$(W/L)_{cont1}$	5 mm /0.2 mm	V_B	0.5 V
$(W/L)_{cont2}$	2.5 mm /0.2 mm	Technology	0.13mm

ผลจำลองการทำงาน



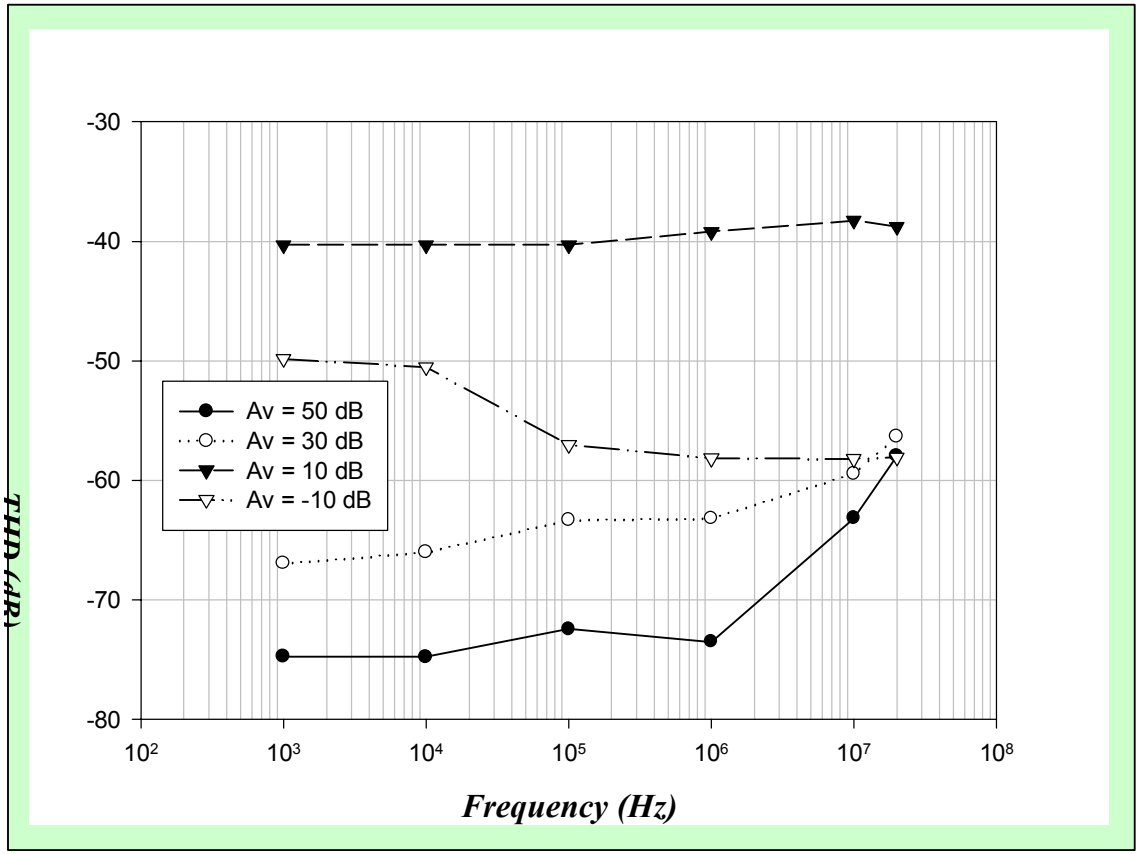
ผลตอบสนองความถี่ของวงจร VGA เมื่อทำการปรับอัตราขยาย

ผลจำลองการทำงาน



ผลการจำลองการทำงานความผิดเพี้ยนรวม (THD) เมื่อปรับระดับสัญญาณอินพุต ที่ความถี่ 1 เม็กกะเฮิร์ต

ผลจำลองการทำงาน



ผลการจำลองการทำงานความผิดเพี้ยนรวม (THD) เมื่อปรับความถี่ กำหนดแรงดันเอาต์พุทที่ 100 โวลท์พีค

สรุป

วงจร VGA	[4]	[5]	[6]
เทคโนโลยี	0.18mm	0.25mm	0.35mm
ช่วงความถี่ (MHz)	350	210	246
ช่วงปรับอัตราขยาย (dB)	-42~42	-35~55	-15~45
แหล่งจ่ายแรงดัน	1.8 V	2.5 V	3 V
กระแส	3 mA	11mA	9 mA
กำลังงานสูญเสีย	5.4 mW	27.5mW	27 mW

สรุป

วงจร VGA

- ทำงานได้ที่แรงดันไฟเลี้ยงต่ำ
- ใช้การออกแบบวงจรแบบ
  - ซอสดีเจนเนเรชั่นแบบไฟเลี้ยงต่ำ
  - วงจรทรานส์อิมพีแดนซ์แบบป้อนกลับกระแส
- ตอบสนองความถี่สูง
- สามารถปรับอัตราขยายกว้าง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนจาก

- สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) (grant # RSA4680027)
- สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (project #NT-B-22-T2-38-47-13, grant #13/2547