تصميم دوائر متكاملة، الفصل الأول

س١: عرف الدوائر المتكاملة؟

هي عبارة عن دائرة إلكترونية مصغرة (تقنية ميكروئية) وتعتبر جزء من الصناعة الإلكترونية.
لصغر حجم العنصر

أو

هي تصميم دائرة تؤدي وظيفة كاملة بعدد أقل من المكونات أو العناصر وتكون موجودة على شريحة واحدة أو Chip واحدة.

س٢: ما هي مميزات وعيوب استخدام الدوائر المتكاملة؟

أولاً: المميزات

① صغر الحجم صغير الذي يصل إلى 0.1 بوصة مربعة
② استهلاك قدرة ضعيف
③ تكلفة أقل
④ الحرارة الناتجة عنها بسيطة
⑤ تعمل الدوائر المتكاملة بكفاءة عالية
⑥ تعمل بسرعة عالية
⑦ عدم وجود لحامات داخلية يقلل من حدوث فصل داخلي للأطراف.
⑧ أي جهاز مصنع من الدوائر المتكاملة يتمتع بالمميزات الآتية:
١- عدد المكونات الداخلية أقل
٢- توصيلات أقل وبالتالي زمن تصنيع أقل.

ثانياً: العيوب

① لا يمكنها العمل بتيارات كهربائية عالية بسبب صغر حجمها.
② بعض المكونات لا يمكن تصنيعها داخل الدوائر المتكاملة مثل الملفات وتطبيقاتها.
③ تصنيع المقاومات والمكثفات ذات القيم الكبيرة بالغ الصعوبة.
④ لا يمكن إصلاح الدوائر المتكاملة عند تلف أي جزء منها.

س: اذكر تصنيف الدوائر المتكاملة ؟

تصنيف حسب عدد البوابات أو العناصر [صغير، كبير، كبير جداً]

" " طبيعة العمل (خطية، رقمية) حسب نوع الـ Common التي تقبلها من مدخلاتها.

س: ما هي خصائص الدوائر المتكاملة ؟ + تعريفاتهم

① سرعة التشغيل
② الحماية ضد الضوضاء
③ عدد تفرعات الدخل fan in
④ عدد تفرعات الخرج fan out
⑤ القدرة المستهلكة
⑥ جهد التغذية
⑦ التكلفة
⑧ التميز

س: ما هي أسباب استخدام عائلات TTL و CMOS في الحياة العملية بكثرة ؟

١ سهولة جهد التغذية ٢ القدرة المستهلكة
٣ سرعة التشغيل ٤ عدد تفرعات الدخل والخرج مناسبة لغيرها
٥ رخص ثمنها ٦ سهولة توصيلها وربطها بالدوائر.

س٦: ما هي العلاقة بين الدوائر المتكاملة ومستوى الأنظمة الإلكترونية؟

هو التطور يشمل صغر الحجم وسرعة الأداء

مميزات الدوائر المتكاملة أدت إلى:

① صغر الحجم المادي (التليفزيون والتليفون).
② استهلاك قدرة أقل
③ خفض التكلفة. (عدد المكونات أقل - عدد مصادر القدرة وقدرة أقل)

س٧: ما هو زمن تأخير النشر؟

هو العلاقة بين الزمن الذي يحدث بين إشارة الدخل وإشارة الخرج ويتراوح ما بين 25-50 nsec، ويختلف باختلاف مصدر الجهد وتركيب التيار.

س٨: عرف الـ (Fanin) عدد تفرعات الدخل؟

س٩: ما هو درجة حرارة التشغيل؟

هو درجة الحرارة التي تعمل فيها الدائرة المتكاملة وتكون آمنة.

س١٠: عرف الـ Fanout (عدد تفرعات الخرج)؟

س١١: عرف القدرة التي تبددها الدوائر المتكاملة؟

س١٢: ما هو الغرض من كتاب التعليمات Data sheet؟

الدراسة :
موضوع الدرس :
Subject : تصميم دوائر متكاملة Date : 20/2/2020

الفصل الأول"
مقدمة عن الدوائر المتكاملة "

- مقدمة :
- تعريف الدوائر المتكاملة :-
- سلبيات استخدام العناصر المنفصلة في بناء الدوائر الالكترونية :-
- أهمية تصميم الدوائر المتكاملة :-
- مميزات استخدام الدوائر المتكاملة :-
- عيوب استخدام الدوائر المتكاملة :-
- خصائص الدوائر المتكاملة :- (+ التعريفات)
- تصنيف الدوائر المتكاملة :-

أسئلة على الوحدة الأولى

س1 اذكر مميزات الدوائر المتكاملة ؟

س2 ما المقصود بكل من :

1 - الدوائر المتكاملة SSI

2 - الدوائر المتكاملة VLSI

3 - عائلة TTL هي عائلة تتكون من ترانزستورات ثنائية القطبية

4 - وجود الحروف LS الى ارقام IC

س3 كيف تصنع العناصر في الدوائر المتكاملة؟

س4 اذكر عيوب الدوائر المتكاملة؟

س5 أكمل الفراغ

الدائرة المتكاملة عبارة عن شريحة من مادة السليكون تدعى Chip وتصنف حسب طريقة عملها الى رقمية و تماثلية كما يعبر عن عائلة TTL عن طريق المتسلسلة 54XXX او 74XXX حيث تستخدم الأولى في التطبيقات العسكرية وتستخدم الثانية في التطبيقات الصناعية

س6 ما هو الغرض من كتاب التعليمات؟

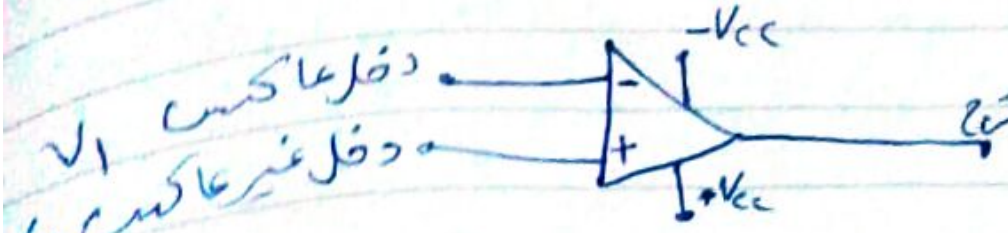
س1 عرف الدوائر المتكاملة ؟

س2 : ما هي مميزات وعيوب الدوائر المتكاملة ؟

س3 : اذكر تصنيف الدوائر المتكاملة ؟ كيف تصنع العناصر في الدوائر المتكا

س4 : خطوات تصنيع

س: تركيب مكبر العمليات ؟



$V_{out} = A_o (V_2 - V_1)$

+ التعريف ـــــــ

at $\rightarrow$ $V_1 = zero$

$\therefore V_{out} = A_o V_2$

at $\rightarrow$ $V_2 = zero$

$\therefore V_{out} = -A_o V_1$

س: ما هي أنواع مكبرات التشغيلية ؟

① مكبر العمليات العاكس
② " " الغير عاكس
③ " الوصلة
④ المكبر الجامع
⑤ " الفرق
⑥ مقارن الجهد
⑦ المكبر التكاملي
⑧ " التفاضلي

Section ③

Date 20/3/2018

الجلسة الثانية والعشرون

أوجد AcL كسب الجهد للدائرة المغلقة

$R_f = 100K\Omega$

$R_i = 4.7K\Omega$

الحل

$$\therefore A_{cL} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

وإذا تغيرت R_f إلى 150KΩ

س٢: ما هو الفرق بين المكبر المثالي والمكبر العملي؟ أو ما هي الشروط التي تجعل المكبر مكبر مثالي؟

س٣: الدوائر المتكاملة الرقمية عائلة TTL مميزاتها وعيوبها؟

س٤: الدوائر المتكاملة الرقمية عائلة MOS مميزاتها وعيوبها؟

Section (4)

تابع الوحدة الثالثة والوحدة الرابعة "

س1/ ماهي خصائص ومميزات الدوائر المتكاملة الرقمية ؟

س2/ ماهي مميزات الدوائر المتكاملة الرقمية عن الدوائر الرقمية ذات العناصر المنفصلة ؟

س3/ اذكر العلاقة بين الدوائر المتكاملة ومستوى الأقطاب الالكترونية ؟

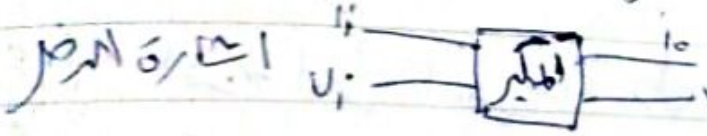
الوحدة الرابعة

الترانزستور

تأثير المجال

ثنائي القطبية ← يكون من موصلين

* مهما كان نوع الترانزستور فانه يعمل كمكبر او كمفتاح



A_v كسب الجهد = جهد اشارة الخرج / جهد اشارة الدخل

ليس له وحدة ← Gain

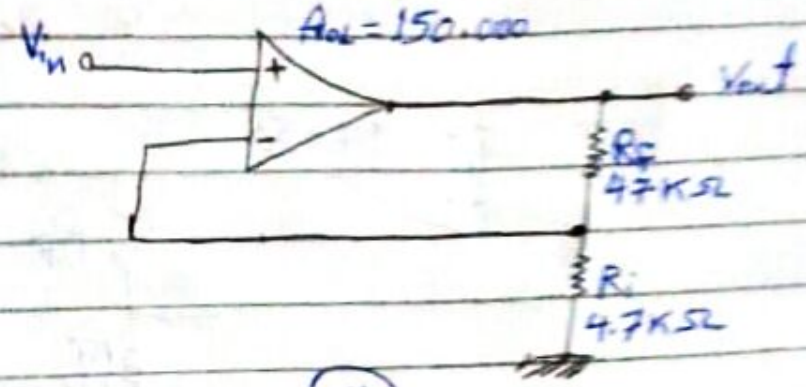
A_i كسب التيار = تيار اشارة الخرج / تيار اشارة الدخل

الوحدة الثانية :- " الدوائر المتكاملة الخطية "

وأسئلة الوحدة الثانية :

س : أوجد معامل الكسب لكل العمليات في الدوائر التالية :-

(أ)



(ب)

ملاحظة : المكبر مكبر غير عاكس

$$\therefore A_V = A_{CL} = 1 + \frac{R_F}{R_i} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$= 1 + \frac{47K\Omega}{4.7K\Omega} = 11$$

معامل الكسب المطلوب هو B يتم إيجاده مباشرة من القانون

$$A_{CL} = \frac{A_{OL}}{1 + B A_{OL}}$$

بضرب طرفين × وسطين

$$11 = \frac{150}{1 + B*11}$$

$$150 = 11 + 11*11B$$

$$150 - 11 = 121B \Rightarrow 139 = 121B$$

$$B = \frac{139}{121} = 1.15$$

$$\therefore B = 1.15$$

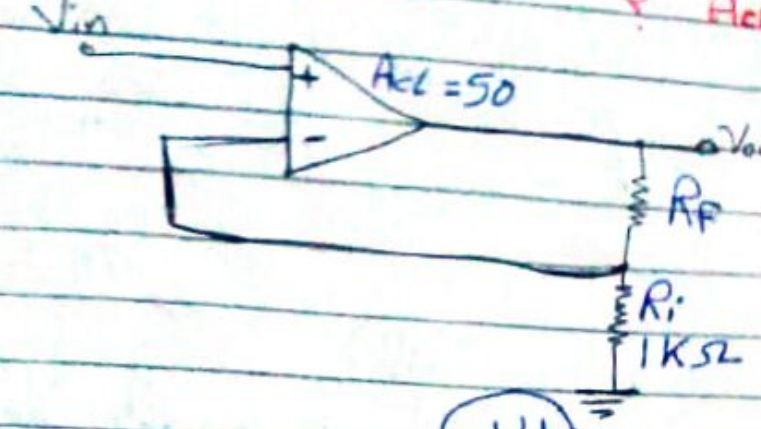
فرق بين المكبر المثالي والمكبر العملي

	المقارنة	المثالي	العملي
1	كسب الجهد Av	∞	20000 ← 200000
2	مقاومة الدخل Rinp	∞	8MΩ ← 10MΩ
3	نطاق العرض الترددي BW	∞	∞ أو مليون وحدة أو مليون جاما
4	معدل الإماله SR	∞	أي قيمة 400000
5	مقاومة الخرج Rout	0	10Ω ← 100Ω
6	الجهد المعادل Vos	0	أي قيمة
7	نسبة الرفض لنمط المشترك CMRR	0	أي قيمة
8	الممانعة عند الضوضاء	0	أي قيمة

(ب) نفس خطوات (أ) مع اختلاف الأرقام

(أ)

س3: أوجد قيمة المقاومة R_f لكي يعطي مكبر العمليات الكسب المطلوب A_{CL} ؟



(الحل)

* نلاحظ أن المكبر مكبر غير عاكس لأن الدخل على +

$$A_{CL} = A_V = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

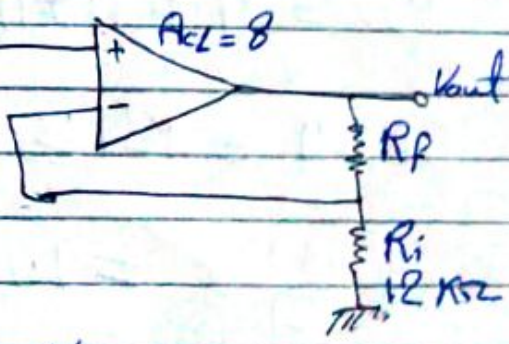
$$A_V - 1 = \frac{R_f}{R_i} \Rightarrow R_f = R_i(A_V - 1) \quad \star$$

$$\therefore R_f = 1K\Omega(50-1) = 49K\Omega$$

$$\boxed{\therefore R_f = 49K\Omega} \quad \#$$

(ب)

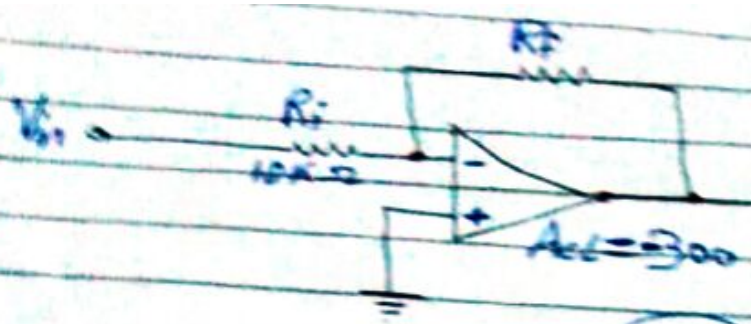
نلاحظ أن المكبر غير عاكس ← (الحل)



$$\therefore R_f = R_i(A_V - 1) \quad \star$$

$$\therefore R_f = 12(8-1) = 84K\Omega$$

$$\boxed{\therefore R_f = 84K\Omega} \quad \#$$



(ا)

- ملاحظة: المكبر عاكس لأن الدخل على

$$\therefore A_v = \frac{-R_F}{R_i} \rightarrow (\text{بالتعويض})$$

$$-A_v = \frac{R_F}{R_i} \Rightarrow \therefore R_f = -A_v R_i \quad \bigstar$$

$\bigstar$ بالتعويض في المعادلة

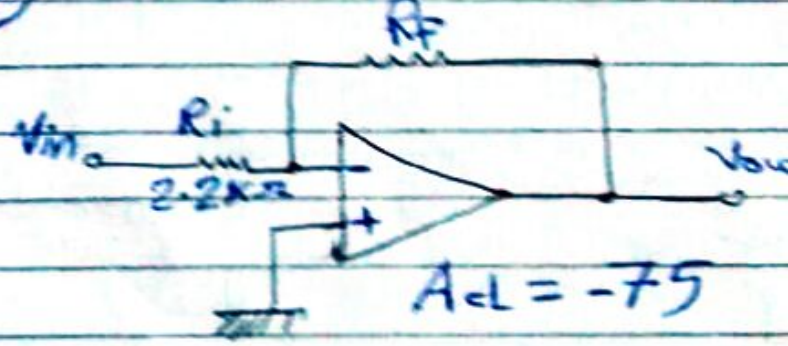
$$\therefore R_f = -*-300 * 10K\Omega = 3000K\Omega$$

$$\boxed{\therefore R_f = 3M\Omega = 3000K\Omega = 3*10^6\Omega}$$

#

(ج)

(ا) المكبر عاكس ←



$$\therefore R_f = -A_v R_i$$

$$= -*-75 * 2.2K\Omega$$

$$= 165K\Omega$$

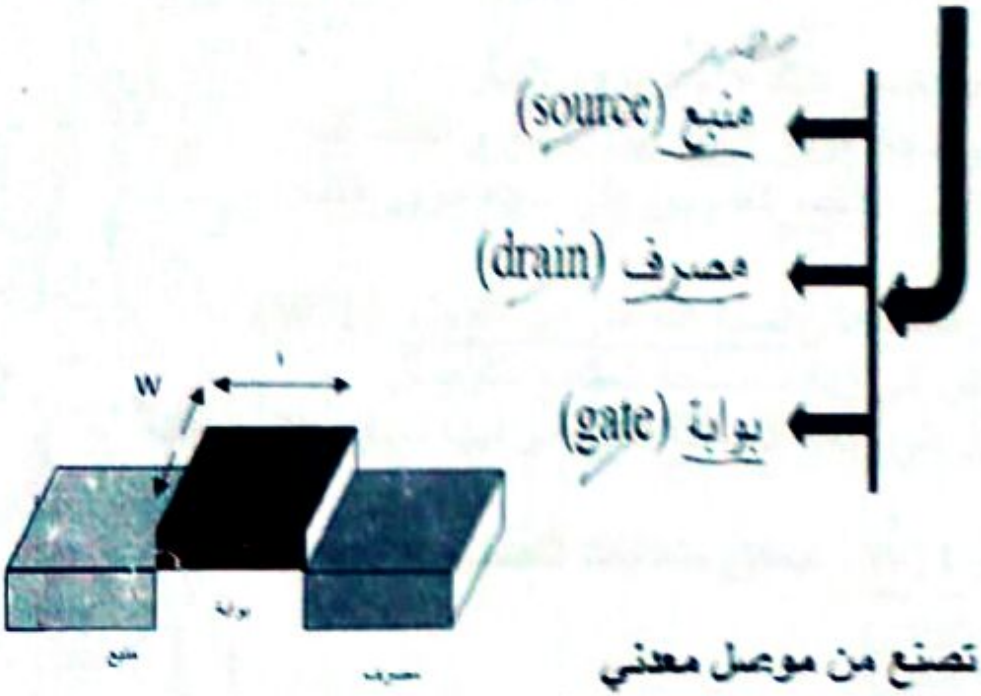
$$\boxed{\therefore R_f = 165K\Omega}$$

#

تصميم دوائر متكاملة

الترانزستورات

تركيب الترانزستور:



بوابة الترانزستور تصنع من موصل معدني
وفى هذه الحالة يشبه الترانزستور السانديتش (موصل معدنى – ثانى اكسيد السيليكون - البولى سليكون)
وتسمى منطقة الجزء المتداخل بالبوابة وهى المنطقة التى تحدد عمل الترانزستور
البوابة (P -type) تصل بين المنبع و المصرف (n - type)
يعمل الترانزستور كمفتاح الكترونى

لان فرق الجهد بين البوابة و المنبع V_{gs}
يتحكم فى كمية التيار التى يمكن ان تمر بين المصرف و المنبع

عندما يكون $V_{gs} = 0$

تكون منطقة البوابة ممتلئة ب holes بينما منطقة المنبع و المصرف تحتوى على الالكترونات
تكون وصلة P-n عند اطراف المنبع دايود
وتكون وصلة P-n عند اطراف المصرف دايود فى الانحياز العكسى
ولذلك لا يمر تيار كهربى من المنبع الى المصرف

عندما يكون $V_{gs} > 0$

تحتوي منطقة البوابة على holes وعلى الكترونات
عند قيمة معينة من V_{gs} تسمى الجهد الماسك V_t
تتجمع كمية كافية من الالكترونات عند حدود البوابة
هذه الالكترونات تعمل على مرور التيار الكهربي بين المنبع و المصرف

حجم منطقة البوابة يسمى طبقا لاتجاه مرور التيار
طول البوابة L في اتجاه مرور التيار بين المنبع و المصرف
عرض البوابة W في الاتجاه العمودي على اتجاه مرور التيار

كمية مرور التيار تعتمد على نسبة العرض الى الطول (W/L) $\left(\frac{W}{L}\right)$
- يؤدي زيادة العرض الي زيادة مساحة المقطع للتوصيل
- يؤدي زيادة الطول الي زيادة المسافة التى يمر فيها التيار خلال البوابة

لذلك يجب اختيار W, L ليحقق متطلبات التصميم

خواص الترانزستور:

- بعض المتغيرات التى تصف خواص الترانزستور:

V_{gs} الجهد بين البوابة و المنبع = جهد إشارة التشغيل
V_{ds} الجهد بين المصرف و المنبع
I_d التيار بين المصرف و المنبع

- بعض الثوابت التى تحدد قيمة التيار بين المصرف و المنبع :

V_t جهد الترانزستور الماسك = جهد بدء التشغيل
K موصلية الترانزستور = هى Constant
W/L نسبة العرض الى الطول فى الترانزستور

كل من V_t و K يمكن قياسها مباشر او غير مباشر أثناء عملية التصنيع
و W/L تحدد اثناء عملية تخطيط
الترانزستور ولا تتغير أثناء التشغيل

المعادلات

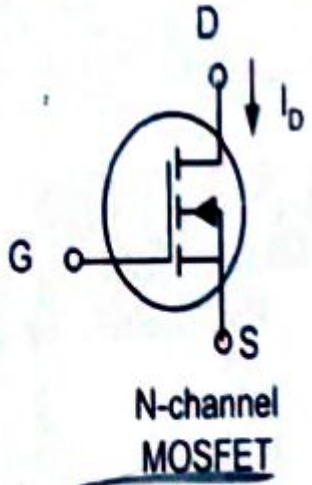
المعادلات التي تحدد خواص الترانزستور :

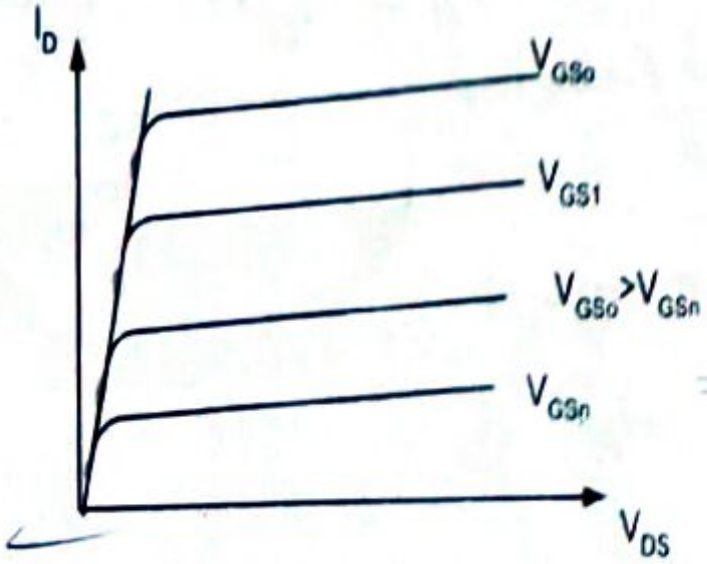
١- المنطقة الخطية $V_{ds} < V_{gs} - V_t$

$$I_d = K' \times \frac{W}{L}\left[(V_{gs} - V_t)V_{ds} - \frac{1}{2}V_{ds}^2\right]$$

٢- منطقة التشبع $V_{ds} \geq V_{gs} - V_t$

$$I_d = \frac{1}{2}K' \times \frac{W}{L}(V_{gs} - V_t)^2$$





ثوابت الترانزستور فى حالة 0.5 µm

	K' معاملة ترانزستور	V_t
n-type	73 µA/V²	0.7 V
p-type	21 µA/V²	-0.8 V

مثال:

اقل حجم للترانزستور طبقا لقواعد SCMOS يكون عندما $L=2\lambda$ و λ

$W=3$

هذا الحجم يعطى خواص الترانزستور $0.5\ \mu A$ فى حالة (n-type)

١ـ احسب التيار بين المصرف و المنبع بين المنطقة الخطية و منطقة التشبع عندما تكون V_{gs} = ٢ V

٢ـ احسب التيار بين المصرف و المنبع فى منطقة التشبع عندما تكون V

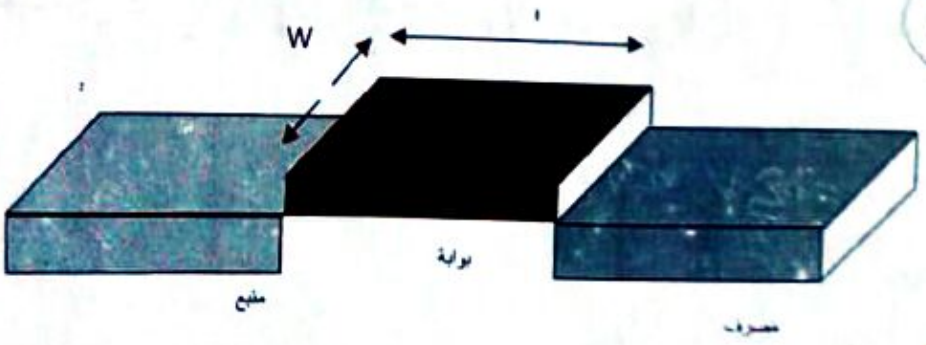
V_{gs} = ٥

$$I_d = \frac{1}{2} K' \times \frac{W}{L} (V_{gs} - V_t)^2$$

$$I_d = \frac{1}{2} \times 73 \frac{\mu A}{V^2} \times \frac{3\lambda}{2\lambda} (2 - 0.7)^2 = 93\ \mu A$$

$$I_d = \frac{1}{2} \times 73 \frac{\mu A}{V^2} \times \frac{3\lambda}{2\lambda} (5 - 0.7)^2 = 1.0\ mA$$

السعة العشوانية



$$C_g = 0.9\ fF/\mu m^2$$

$$C_g = (W * L) * C_g$$

$$C_{gs} = C_{oL} * W$$

مثال:

افرض ان V_{gs}= ٣,٣ V

احسب التيار بين المصرف و المنبع

عندما تكون V_{ds}= 1V, 2V, 3.3 V, 5V

هذا الحجم يعطى خواص الترانزستور 0.5 µA فى حالة (n-type)

وعند كل الحالات الآتية:

١- $\frac{W}{L}=\frac{5}{2}$

٢- $\frac{W}{L}=\frac{8}{2}$

٣- $\frac{W}{L}=\frac{12}{2}$

٤- $\frac{W}{L}=\frac{25}{2}$

حل المثال

$V_{gs} = 3.3V$

$I_d = ?$

$V_{ds} = 1V \; ; \; 2V, 3.3V, 5V$

n-type

$K' = 73 \mu A/V^2$

$V_t = 0.7V$

$\frac{W}{L} = \frac{5}{2}$ ، $V_{ds} = 1V$ ، $V_t = 0.7V$ ، $V_{gs} = 3.3V$

$V_{ds} < V_{gs} - V_t$

$1 < 3.3 - 0.7$

$1 < 2.6$

المنطقة الخطية :

$$I_d = K' * \frac{W}{L} \left[(V_{gs} - V_t) V_{ds} - \frac{1}{2} V_{ds}^2 \right] = 3.823 * 10^{-4} A$$

$\frac{W}{L} = \frac{5}{2}$ ، $V_{ds} = 3.3V$ ، $V_t = 0.7V$ ، $V_{gs} = 3.3V$

$V_{ds} \geq V_{gs} - V_t$

$3.3 \geq 3.3 - 0.7$

$3.3 \geq 2.6$

المنطقة التشبع :

$$I_d = \frac{1}{2} K' * \frac{W}{L} (V_{gs} - V_t)^2 = 6.169 * 10^{-4} A$$

note ونلاحظ عند زيادة النسبة $\frac{W}{L}$ تزيد قيمة التيار I_d

* الوحدة الرابعة والترانزستور *

" أسئلة الوحدة الرابعة " ص 59

* الترانزستور ثنائي القطبية *

س: لماذا يكون التيار المار في القاعدة أقل بكثير من التيار المار في المجمع ؟

الاجابة:

لأن $B = \frac{I_C}{I_B}$ وهي معامل التكبير أو الكسب فإذا زادت قيمة I_B عن I_C أصبح لا يوجد تكبير مما يجعل الترانزستور يفقد أهم خواصه وهي التكبير.

← بالإضافة إلى الإجابة في الكتاب ص 45 في بداية الصفحة ...

س: ما هي قيمة I_C عندما يكون $I_E = 5.34mA$ و $I_B = 475\mu A$ ؟

الحل:

$$\therefore I_E = I_B + I_C$$

$$\therefore I_C = I_E - I_B = 5.34 * 10^{-3} - 475 * 10^{-6}$$

$$\boxed{\therefore I_C = 4.865\,mA}$$

س: عندما يمر تيار قاعدة مقداره $50\mu A$ كان هناك هبوط جهد على المقاومة R_C يساوي 5V ، ما هي قيمة B ؟

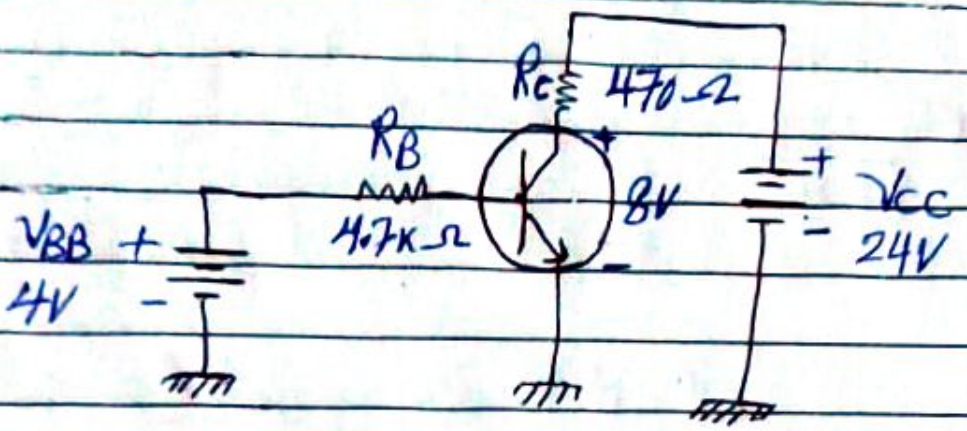
الحل:

$$I_C = \frac{V_{cc}}{R_C}$$

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

← في هذه المسألة نقوم بفرض قيمة R_C ثم التعويض في القوانين ...

احسب أصغر قيمة I_B و I_C و V_{BC} للدائرة التالية عند معامل التكبير $\beta = 100$ ؟



الحل ← نوع الترانزستور npn

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{4 - 0.7}{4.7 * 10^3} = 702\ \mu A$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \Rightarrow I_C = \beta I_B = 100 * 702 * 10^{-6}$$

$$\therefore I_C = 70.2\ mA$$

$$V_{CE} = V_{BE} + V_{CB}$$

$$V_{BC} = V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 8 - 0.7 = 7.3\ V$$

$$\therefore V_{CB} = 7.3V$$

I_C

الباب السادس في الموقت 555 ص 73

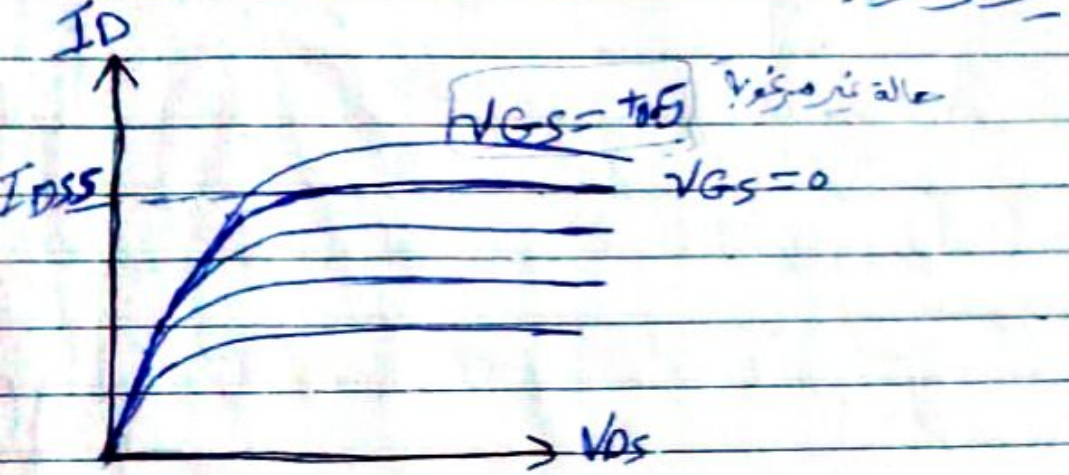
وظيفة كل طرف من الأطراف

الأسئلة 60

* ترانزستور تأثير المجال *

س١: الاجابة:
أ- تضيق القناة وتتسع منطقة الاستنفاذ.
ب- تزداد مقاومة القناة.

س٢: لأنه إذا كانت قيمة موجبة فإن القناة قد تمرر قيمة كبيرة جداً من التيار I_D الذي قد لا تتحمله وقد يؤدي لاختراق الترانزستور وهي حالة غير مرغوبة.



س٣: الحل:-
جهد التضييق = V_{DS} = 5 Volt .

س٤:
الاجابة:
إذا كان الـ $V_{GS(off)}$ وهو جهد يكون فيه الـ I_D تقريباً أو يقترب من الصفر
إذن عندما الـ V_{GS} يساوي 8V بالتالي I_D يساوي صفر تقريباً.
(تقريباً صفر أو يقترب من الصفر).