الاشارة بواسطة المكثفة عندما يكون جهدها اعلى من جهد انهيار الدياك . تفرغ عند ذلك المكثفة خلال بوابة الترياك، عندما يقدح الترياك ، فان هبوط الجهد عبر (AR) سوف يساوي الصفر تقريبا وسوف يذهب جهد المكثفة الى الصفر . يحدث عمل مماثل في نصف الدورة السالبة ،وسوف تلتقط نبضة بوابة سالبة عندما ينهار الدياك في الاتجاه المعاكس . بتغيير المقاومة (R) ،يمكن تغيير معدل شحن المكثفة (C) ويمكن بذلك التحكم بزاوية الاشتعال او القدح.

مسألة (١-٢)

يفرض لدينا دياك diac من نوع (ST_2) يستخدم لقدح ترياك (SC 245) في دارة التحكم بالطور المبينة بالشكل السابق (2.1-15°) . اوجد القيمة العظمى المسموح بها لـ(R) وزاوية الاشتعال الموافقة . الدياك المستخدم له الخواص التالية :

V_{BR} = 30V I_{BR} =100 μA

حيث V_{BR} و I_{BR} هما جهدوتيار الانهيار للدياك . يفترض بان المكثفة (C) ان يكون جهدها يساوي الصفر عند نهاية كل نصف دورة . الترياك المستخدم لديه معدل جهد(400V) ومعدل تيار Current rating(10A)جهد قدح البوابة الاعظمي هو (2.5 V) وتيار قدح البوابة (50mA) . بالنسبة لهذه المعطيات ،يمكن استخدام مكثفة (0.1μF) ومقاومة بوابة تسلسلية (R_g=1kΩ) وذلك لتزويد القدح الملائم يشترط ان

جهد الدخل مأخوذ من منبع احادي الطور متناوب (230V, 50Hz)AC.

الحل :

ان زاوية الاشتعال العظمى تعطى كما يلي :

$$E_m \sin\alpha = V_{BR}$$

حيث E_m المطال الاعظمي لجهد الدخل المتناوب (AC) . لذلك نكتب :

$$\alpha_{max} = \pi - \sin^{-1}\left(\frac{30}{230\sqrt{2}}\right) = 174.5^\circ$$

قيمة المقاومة (R) بالنسبة لزاوية الاشتعال هذه تعطى كمايلي:

$$R_{max} = \frac{2E_m}{WC\,V_{BR}}$$

حيث (W) توافق تردد دخل المنبع المتناوب . وبذا نكتب :

$$R_{max} = \frac{2\times230\sqrt{2}}{314\times0.1\times16^{-6}\times30} = 690\ K\Omega$$

٢-٢) الترانزيستور وحيد الوصلة The unijunction transistor(UJT)

٢-٢-١) مقدمة :-

ان الترانزيستور وحيد الوصلة (UJT) يتميز ،كما هو مبين من اسمه ،بوصلة(PN) وحيدة . يقدم خواص مقاومة سالبة التي تجعله مفيدا كدارة مهتز استرخاء ،يتصف هذا الترانزيستور بالصفات التالية :

١) قيمة جهد القدح له هي نسبة ثابتة من جهد التغذية .

٢) وجود منطقة مقاومة سالبة في منحني خواصه ،يمكنه من ان يستخدم في دارات القدح والاهتزاز .

٣) سهولة تصميم داراته .

٤) مقاومته الداخلية بحالة القطع (off) عالية جدا ،لهذا فانه لايستهلك الا استطاعة ضئيلة في هذه الحالة .

٥) تيار القدح له ضئيل (2-10μA) .

٦) كلفته الاقتصادية ضئيلة .

٧) تيار التسريب له عند الدخل منخفض جدا (1-10nA)

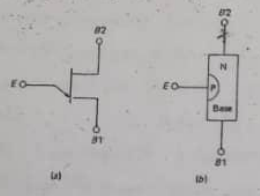
يستخدم الـ (UJT) بدارات التوقيت والقدح (قدح التايريستور) والتحسس (في القياس) وتوليد الاشارات (مهتزات الاسترخاء) .

٢-٢-٢) تركيب ونظرية عمل الـ (UJT) :

يبين الشكل (2.2-1a) رمز الترانزيستور وحيد الوصلة (UJT) . نلاحظ بأنه يوجد للترانزيستور ثلاثة نهايات : القاعدة (B_1) ، القاعدة (B_2) ، الباعث (E) . يمكن ان يشرح التكوين الفيزيائي للترانزيستور حسب الشكل (2.2-1b) حسب هذا الشكل فان قضيبا سليكونيا من النوع (N) يعمل كقاعدة، ثوائب من النوع (P) تدخل الى القاعدة ،منتجة بذلك وصلة (PN) وحيدة ،تقدم هذه الوصلة خواص ثنائي عادي ،لذلك يكون الباعث عبارة عن تماس تقويم ،و (B_1 ، B_2) يكونان تماسات اومية .

يبين الشكل (2.2-2) دارة مكافئة مبسطة للترانزيستور (UJT) . (V_{BB}) عبارة عن منبع التغذية الذي يوصل بين (B_1 ، B_2) . لو كان الباعث مفتوحا فان المقاومة الكلية

بين (B_1 ، B_2) تكون بشكل بسيط عبارة عن مقاومة القضيب السليكوني . هذه المقاومة تدعى مقاومة مابين القاعدتين (R_{BB}) .



الشكل (2.2-1)

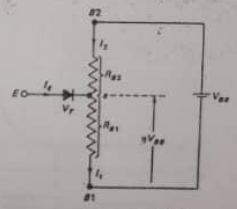
(R_{B2}) هي المقاومة بين (B_2) والنقطة (a) ،بينما (R_{B1}) هي المقاومة بين النقطة (a) و(B_1) ،لذلك فان مقاومة مابين القاعدتين تكتب كما يلي :

$$R_{BB} = R_{B1} + R_{B2} \quad .... \quad (2.2-1)$$

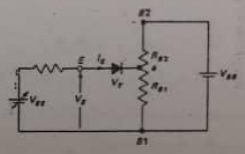
الوصلة (PN) لها خواص التقويم حيث يكون فيها (V_T) عبارة عن جهد العتبة لثنائية التقويم . عندما يكون الباعث مفتوحا فان ، $I_E = 0$ وبالتالي $I_1 = I_2$. يعطى تيار مابين القاعدتين حسب قانون أوم :

$$I_1 = I_2 = \frac{V_{RB}}{R_{BB}} \quad .... \quad (2.2-2)$$

مثلا اذا كانت $V_{BB} = 20V$ و $R_{BB}=10K\Omega$ و $I_1=I_2=2mA$.



الشكل (2.2-2)



الشكل (2.2-3)

نلاحظ ان جزءا من (V_{BB}) يهبط عبر (R_{B2}) بينما يهبط الباقي عبر (R_{B1}) . نسمي الجزء من (V_{BB}) الهابط عبر (R_{B1}) بـ (V_a) . حسب قاعدة مجزىء الجهد نكتب :

$$V_a = V_{BB} \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \quad .... (2.2-3)$$

ان معامل تجزيء الجهد يعطى برمز خاص (η) يدعى النسبة

النقية :

$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \quad ... \quad (2.2-4)$$

بحيث يمكننا ان نكتب :

$$V_a = \eta V_{BB} \quad .... (2.2-5)$$

ان النسبة النقية (η) هي خاصية الترانزيستور وحيد الوصلة UJT وهي تكون دوما اقل من الواحد ، عادة تتراوح بين (0.4-0.85) . لو كان ($V_{BB}=20V$) و($\eta=0.6$) ، فان الجهد الظاهر عند النقطة (a) بالنسبة الى (B_1) يساوى : $V_a=\eta V_{BB}=12\ V$

الجهد المتبقي من وحدة التغذية (8V) يهبط عبر (RB_2) .

طالما ان ($I_E=0$) فان الدارة المبينة بالشكل (2.2-2) تملك كمجزىء جهد . لنفترض الان ان (V_E) تزايد تدريجيا من الصفر ، وذلك باستخدام وحدة تغذية للباعث (V_{EE}) كما يبين ذلك الشكل (2.2-3) . يبقى الثنائي منحازا عكسيا ، وفيما عدا تيار التسريب ، فلن يتدفق اى تيار باعث حتى يصبح (V_E) موجبا بشكل كاف ليجعل الثنائي منحازا اماميا . يبدأ تيار باعث واضح بالتدفق عندما يكون :

$$V_E = V_T + V_a \quad .....(2.2-6)$$

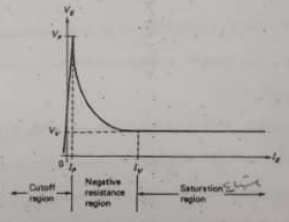
حيث (V_T) هو جهد العتبة للثنائي ، $V_a= \eta V_{BB}$.

ان قيمة (V_E) التي تجعل الثنائي يبدأ بالتوصيل تدعى بجهد نقطة القمة (V_p) ونكتب :

$$V_p = V_T + \eta V_{BB} \quad .... (2.2-7)$$

ان المنحني المبين بالشكل (2.2-4) يظهر العلاقة المتبادلة

بين جهد وتيار الباعث .



الشكل (2.2-4)

تدعى المنطقة من ($V_E=0$) الى ($V_E=V_P$) بمنطقة القطع ، بحيث لايمر خلالها اى تيار باعث (باستثناء بعض التسريب) .

عندما يتجاوز (V_E) جهد القمة (V_p) ،فان تيار (I_E) يأخذ بالتزايد ، لكن عندها يتناقص (V_E) . الترانزيستور يكون الآن ضمن منطقة المقاومة السالبة ،التي تمتد حتى نقطة الوادي Valley (V_v, I_v). ماوراء نقطة الوادي تتزايد (I_E) مع زيادة (V_E) ،هذه تكون منطقة الاشباع ،التي تقدم خواص مقاومة موجبة .

ان العملية الفيزياوية المسؤولة عن خواص المقاومة السالبة تدعى بتعديل الناقلية Conductivity modulation عندما يتم

تجاوز جهد نقطة القمة (V_p) ،تحقن ثقوب من الباعث ذى المادة نصف الناقلة (p) الى القاعدة ذات المادة نصف الناقلة (N) .تتحرك هذه الثقوب باتجاه (B_1) لتكمل مسارها بالدخول في النهاية السالبة لـ (V_{EE}) . ان منطقة القاعدة بين (a) و(B_1) تملك الآن ثقوبا فائضة بشحناتها الموجبة الملازمة لها في محاولة لحفظ هذه المنطقة المحايدة كهربائيا .تنتشر الكترونات حرة باتجاه (B_1) . هذا يعني ان عدد حوامل الشحنات في هذه المنطقة (الكترونات وثقوب) قد تزايد . تمثل الزيادة في حوامل الشحنة تناقصا في المقاومة . لذلك تعتبر (R_{B1}) كمقاومة متغيرة حيث ناقليتها معدلة (متغيرة) بواسطة التيار(I_E). كلما تزايد (I_E) ، تتناقص (R_{B1}) . ان القيم النموذجية لـ (R_{B1}) تتراوح بين (5Kn) عندما يكون ($I_E=0$) حتى (50n) عندما يكون (I_E) في قيمته العظمى .

بما ان (η) تابعة لـ(R_{B1}) (معادلة (2.2-4) ، ينتج ان نقصان (R_{B1}) يسبب نقصانا مقابلا للنسبة النقية (η) . لذلك عندما يتزايد (I_E) ،فان (R_{B1}) تتناقص و(η) تتناقص وبالتالي يتناقص (V_a) ايضا . ان التناقص في (V_a) يسبب تدفقا اكثر لتيار الباعث ، الذى يسبب نقصانا اكثر لـ(R_{B1}) و(η) و (V_a) . هذه العملية هي تزايدية regenerative و(V_a) مثل (V_E) يهبط سريعا بينما (I_E) تزيد . نلاحظ ان على الرقم من تناقص قيمة (R_{B1}) ، فانها تبقى دوما مقاومة

موجبة . مقاومتها الديناميكية في المنطقة بين نقاط القمة والوادى هي التي تكون سالبة فقط .

يبين المنحني في الشكل (2.2-4) منحنيا يتبع قيمة معينة لـ (V_{BB}) . يمكن الحصول على مجموعة منحنيات بنفس الوقت وذلك لقيم مختلفة لـ (V_{BB}) .

هنالك معاملان للترانزيستور (UJT) يعتمدان على درجة الحرارة. يتناقص جهد العتبة للثنائي مع درجة الحرارة . بسبب من المعامل الحرارى الموجب للسيليكون ، فان مقاومة مابين القاعدتين (R_{BB}) تتزايد مع درجة الحرارة . يمكن تعويض هذه Compensate التغيرات باستخدام مقاومة خارجية .

مسألة (٢-١)

ترانزيستور وجد الوصلة له مقاومة مابين القاعدتين تساوى (8KΩ) . $R_{B1}=6K\Omega$ عندما $I_E=0$ حدد كلا من :

a) تيار الترانزيستور بفرض ان $V_{BB}=16V$ و V_E اقل من جهد نقطة القمة .

b) - النسبة النقية Intrinsic stand off Ratio ، V_a.

c) جهد نقطة القمة .

الحل :

$$R_{B2} = R_{BB} - R_{B1} = 8-6 = 2K\Omega$$

a) عندما $V_E < V_P$ فان $I_E = 0$ ومنه

$$I_1 = I_2 = \frac{V_{BB}}{R_{BB}} \quad \frac{16}{8 \times 10^3} = 2mA$$

b)- $$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

$$= \frac{6}{6 + 2} = 0.75$$

$$V_a = \eta V_{BB}$$

$$= 0.75 \times 16 = 12V$$

c)- $$V_p = V_T + \eta V_{BB}$$

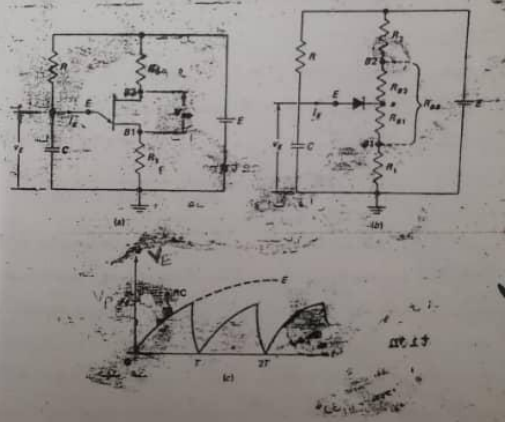
لنفرض ان جهد العتبة للثنائي يساوى (0.6 V) ومنه نكتب :

$$V_P = 0.6 + 12 = 12.6\ V$$

٢-٢-٣) استخدام الترانزيستور (UJT) كمهتز استرخاء :-

لنعتبر دارة مهتز الاسترخاء الذى يستخدم ترانزيستور (UJT) والمبين بالشكل (2.2-5a) . يوصل بشكل خارجي مقاومتين (R_1 , R_2) لفرض الانحياز . يمكن لـ (R_2) ان تكون ذات قيمة بحدود بضعة مئات من الاوم ، بينما (R_1) تكون صغيرة عادة واقل من (50Ω) وهي غالبا ماتهمل في الحسابات . يقدم المنبع المستمر (E) الانحياز الضروري للترانزيستور . ان جهد مابين القاعدتين (V_{BB}) هو عبارة عن الفرق بين جهد المنبع (E) وهبوط الجهد عبر المقاومتين (R_1,R_2) . عادة تكون مقاومة مابين القاعدتين Interbase resistance (R_{BB}) اكبر بكثير من (R_1,R_2) بحيث يمكن الاعتبار وبشكل تقريبي ان $V_{BB} \approx E$. يجب الانتباه الى عدم الخلط بين المقاومات الداخلية للترانزيستور (R_{B1},R_{B2}) وبين المقاومات الخارجية

(R_1 , R_2) الموضوعة لقرني الانحياز . في الدارة المكافئة



الشكل (2.2-5)

الكاملة المبينة بالشكل (2.2-5b) يظهر ان (R_2) هي على التسلسل مع (RB_2) و(R_1) على التسلسل مع (R_{B1}) .

حالما تطبق التغذية على الدارة المبينة بالشكل (2.2-5a) فان المكثفة (C) تبدأ بالشحن باتجاه قيمة التغذية (E)،يرتفع الجهد عبر المكثفة (C) ،والمسمى (V_E) ،بشكل اسي بثابت زمني يساوى :

$$\tau = RC$$

طالما ان $V_E < V_p$ فان $I_E = 0$ شكل (b) ،يوجد بشكل بسيط فرعان متوازيان مرتبطان مع التغذية E : واحد يكون عبارة عن الدارة التسلسلية (RC) ، والاخر عبارة عن التركيبة التسلسلية المؤلفة من (R_1, R_{BB}, R_2) . يبقى الثنائي منحازا عكسيا طالما بقي $V_E < V_p$.

عندما يرتفع جهد المكثفة الى كفون الاشتعال للترانزيستور Firing potential ، فان الثنائي يوصل وتبدأ (R_{B1}) بالتناقص . لدينا الآن في الواقع مقاومة منخفضة موصولة مع المكثفة (C) التي تفرغ خلالها . يهبط الجهد عبر المكثفة V_E بسرعة كبيرة الى جهد الوادى Valley Voltage (V_v) بسبب من الثابت الزمني السريع الناتج عن القيمة المنخفضة ($R_{B1}+R_1$). حالما يهبط (V_E) الى قيمة اقل من ($V_a + V_T$) ، فان الثنائي لن يعود منحازا اماميا ،ويتوقف بالتالي عن التوصيل ، يعود الترانزيستور الان الى حالة السابقة قبل التوصيل حيث تبدأ المكثفة (C) بالشحن مرة ثانية باتجاه القيمة (E) .

. يبين الشكل (2.2-5c) شكل موجة جهد الباعث . نلاحظ انه عند الزمن $t=0$ ، فان (V_E) يرتفع بشكل اسي باتجاه الجهد E

مسألة (٢-٢) :

تهتز دارة المهتز الترانزيستوري وحيد الوصلة المبينة بالشكل (2.25a) عند تردد (1KHz) . فاذا كانت (R = 10KΩ) و (η = 0.65) ، احسب قيمة المكثفة (C) .

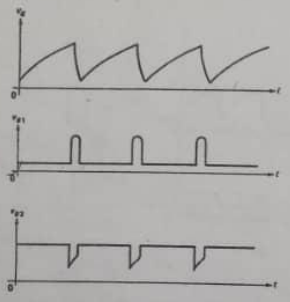
الحل :

من المنحني المبين بالشكل (2.2-6) نجد انه عند القيمة لـ (η =0.65) فان K = 1.05 . تحدد المكثفة اللازمة للاهتزاز من المعادلة (2.2-9) :

$$C = \frac{1}{Fo\,R\,K} = \frac{1}{10^{3} \times 10^{4} \times 1.05} \approx 0.095\ \mu F$$

يوجد مخرجان اضافيان ممكنان للمهتز (UJT) المدروس في الشكل (2.2-5a) . احد هذين المخرجين هو الجهد الموجود عند القاعدة (B_1) والهابط عبر المقاومة (R_1) والناتج عن تفريغ المكثفة ، بينما الاخر هو الجهد الموجود عند القاعدة (B_2) . يبين الشكل (2.2-7) مجموعة موجات الخرج الثلاثة . عندما يقدح الـ (UJT) عند الزمن ($t=T$) ، فان (V_a) يهبط ، صبيا هبوطا موافقا للجهد عند (B_2) . يحدد فترة دوام النبضات عند (B_1 , B_2) بواسطة زمن تفريغ المكثفة (C) . اذا كانت المقاومة (R_1) صغيرة جدا ، فان المكثفة (C) تفرغ بسرعة كبيرة ، وتصبح النبضات المولدة عند كل قاعدة ضيقة جدا . اذا كانت ($R_1 \approx 0$) ، فلن يظهر اى

نبضات عند (B_1) ، وبشكل مماثل اذا كانت ($R_2 = 0$) فلن تتولد



الشكل (2.2-7)

اى نبضات عند (B_2) . لذلك فان (R_1) تخدم فقط لتوليد جهد متناسب مع التيار . لو اننا لانحتاج لنبضات الجهد هذه عند ذلك يمكن حذف المقاومة (R_1) . لو كانت المقاومة (R_1) كبيرة جدا ، فان قيمتها الموجبة يمكن ان تطغى على المقاومة السالبة لـ (UJT) وتمنع الترانزيستور من القطع بعد ان يكون قد قدح . ان المقاومة (R_2) بالاضافة لتزويدنا بمنبع نبضات

عند (B_2) فانها تعتبر لزمن الاستقرار الكهربائي لجهد نقطة القمة والمعطى بالمعادلة : $V_p = V_T + \eta V_{BB}$

الحـــل :

$$V_p = V_T + \eta V_{BB}$$
$$= 0.7 + 0.7 \times 12 = 9.1V$$
$$R = \frac{1}{F_O C K}$$

لنختار المكثفة $C = 0.1\mu F$

$$R = \frac{1}{10^3 \times 10^{-7} \times 1.4} = 7.14K\Omega$$

لنتحقق فيما اذا كانت قيمة (R) المحسوبة تحقق المتراجحة (2.2-12) وبالتالي تحقق الاهتزاز .

$$\frac{V_{BB}-V_P}{I_P} = \frac{12-9.1}{2\times10^{-6}} = 1.45\,M\Omega$$

$$\frac{V_{BB}-V_V}{I_V} = \frac{12-3}{2\times10^{-3}} = 4.5K\Omega$$

اذ المقاومة (R) المحسوبة تحقق المتراجحة وبالتالي الاهتزاز

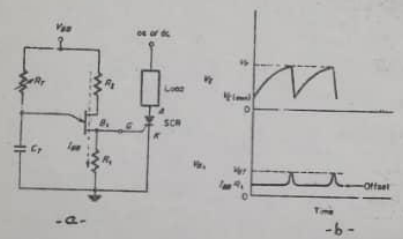
حيث :

$$1.45M\Omega > R = 7.14K\Omega > 4.5K\Omega$$

٢-٢-٤) استخدام الترانزيستور (UJT) في قدح دارات التايرستور :

يبين الشكل (2.2-9) دارة قدح التايريستور (SCR) باستخدام مهتز استرخاء يستخدم الترانزيستور وحيد الوصلة (UJT) والذي يعتمد تردد اهتزازه على قيمتي (R_T) و (C_T) . في هذه الحالة تؤمن القاعدة (B_1) للترانزيستور وحيد الوصلة (UJT) النبضات اللازمة لقدح بوابة التايريستور (SCR) . ان هذا يستدعي اختيارا ملائما لجهد التغذية المستمرة (V_{BB})

للترانزيستور وحيد الوصلة بحيث تكون استطاعة النبضة كافيـــة عند (V_{OB1}) .



-a- -b-

الشكل (2.2-9)

تؤمن المقاومة (R_1) ممرا للتيار بين القاعدتين (I_{BB}) ، والذي يمر قبل قدح الترانزيستور (UJT) . ولو سمح لهذا التيار بالمرور عبر البوابة لاصبح التايريستور (SCR) بحالة وصل دائم . وسيئتها الوحيدة هي تحديد التغير الاعظمي لـ (V_{B1}) والذي يحدد بواسطة الانحياز ($I_{BB} \cdot R1$) .

تختار قيمة (R_1) بحيث تكون قيمة (V_{GK}) تحت قيمة الجهد الادنى لقدح التايريستور (V_{GKmin}) والتي تكون عادة