كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : الكترونيات١

المحاضرة: السابعة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

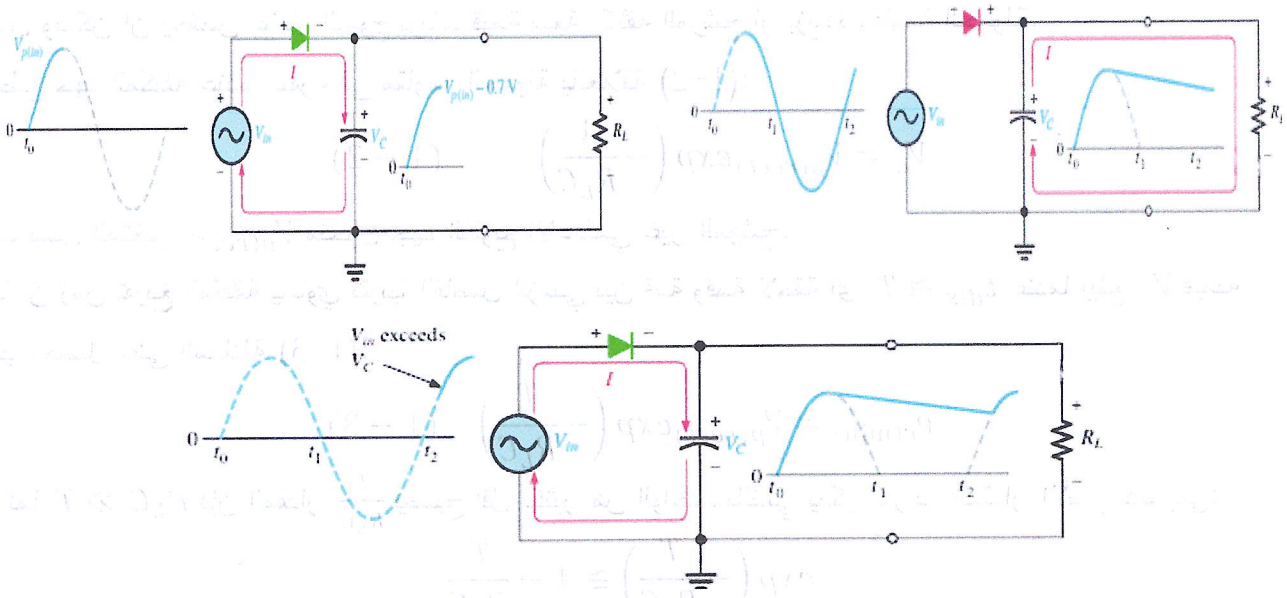
يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

مرشحات منابع التغذية:

تتطلب الدارات الالكترونية منبعاً ثابتاً للجهد والتيار المستمرين بهدف تأمين الاستطاعة والتحييز اللازمين لعملية محددة ويتم ذلك باستخدام مرشحات تقوم بهذا العمل، حيث يعمل المرشح في الحالة المثالية على إزالة الترجحات الناتجة في جهد الخرج للمقوم (نصف الموجة وللموجة الكاملة)، وتحويل الموجة النبضية المقومة المستمرة إلى جهد مستمر أكثر نعومة (بقيمة مستقرة (ثابتة)).

معظم تطبيقات منابع التغذية تحول الجهد المتناوب إلى جهد مستمر تقريباً ويحصل تموج في إشارة الخرج المقومة لذا يجب أن يخضع المنبع لعملية ترشيح لتقليل التغيرات في الجهد.

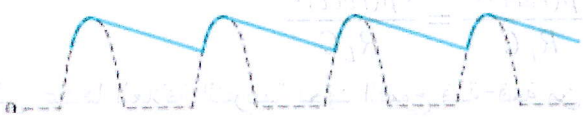
يبين الشكل (1) دارة مقوم نصف موجة مع مرشح سعوي ويعبر عن المرشح بمكثفة تصل خرج المقوم بالأرضي وعند تطبيق إشارة متناوبة على مدخل دارة الترشيح ينحاز الديود خلال الربع الموجب الأول من دورة الدخل أمامياً فتشحن المكثفة حتى $0.7V$من قمة الدخل وعندما يبدأ الدخل بالتناقص ويصبح تحت القمة تحتفظ المكثفة بشحناتها ويصبح الديود منحاز عكسياً لأن المهبط يكون أكثر إيجابية من المصعد وخلال الجزء المتبقي من الدورة يمكن للمكثفة أن تتفرغ فقط عبر مقاومة الحمولة بثابت زمني يمثل ب $\tau = R_L C$ وعادة يكون أكبر من دور الدخل وخلال الربع الأول من الدورة اللاحقة سوف ينحاز الديود أمامياً من جديد عندما يتجاوز جهد الدخل جهد المكثفة بمقدار $0.7V$.



الشكل (1)

في بداية الدورة تشحن المكثفة بسرعة وتتفرغ ببطء في مقاومة الحمولة بعد القمة الموجبة لجهد الدخل وتسمى هذه التغيرات التي تظهر في جهد المكثفة نتيجة عمليتي الشحن والتفريغ بجهد التموج وغير مرغوب بالتموج ولذا يكون الترشيح أفضل كلما كان التموج أقل. كلما كان التموج كبير تكون فعالية عملية الترشيح ضعيفة ويمكن الحصول على تموج أقل من أجل جهد الدخل نفسه والحمولة نفسها باستخدام سعة مكثفة كبيرة.

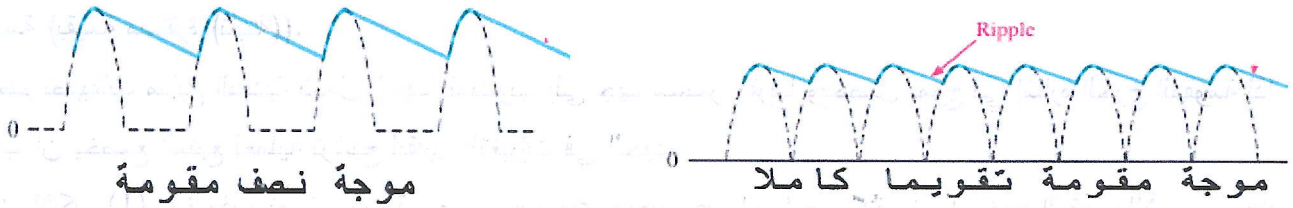
يوضح الشكل (2) عملية الشحن والتفريغ التي تحصل في دارة المرشح.



الشكل (2)

يستخدم مقوم الموجة الكاملة (تردد خرجه أكبر بمرتين من تردد المقوم نصف الموجة) بفعالية أكبر في الترشيح من مقوم نصف موجة وذلك بسبب قصر الفاصل الزمني بين القمم. ويكون تموج الجهد المرشح أقل من أجل نفس مقاومة الحمولة والمكثفة، كما نعلم أن المكثفة تتفرغ بدرجة أقل خلال الفاصل الزمني الأقصر بين نبضات الموجة الكاملة.

يوضح الشكل (3) مقارنة بين جهدي التموج من أجل مقومين نصف موجي وموجة كاملة لنفس دارة الترشيح.



الشكل (3)

ويعبر عن فعالية المرشح من خلال مقدار يسمى بعامل الترشيح ويعبر عنه بالعلاقة (1−1):

$$r = \frac{V_{r(pp)}}{V_{DC}} \qquad (1-1)$$

يمثل المقدارين $V_{r(pp)}$ و V_{DC} جهد التموج المعرف ك فرق بين الجهد الموافق للقمة العظمى والجهد الموافق للقمة الدنيا، والقيمة المستمرة الوسطية لجهد خرج المرشح على الترتيب. وكلما كان عامل التموج أقل كلما كان المرشح أفضل ويمكن أن يخفض عامل التموج بزيادة قيمة سعة مكثفة المرشح أو بزيادة مقاومة الحمولة.

ويعطى جهد المكثفة عندما تتفرغ في مقاومة الحمولة بالعلاقة (1−2):

$$V_C = V_{p(rect)} exp\left(-\frac{1}{R_L C}\right) \qquad (1-2)$$

حيث يمثل المتغير $V_{p(rect)}$ متحول جهد التقويم الأعظمي غير المرشح.

وبما أن زمن تفريغ المكثفة يساوي تقريباً الفاصل الزمني بين قمة وقمة لاحقة أي $t_{dis} \cong T$ عندما يبلغ V_C قيمته الدنيا نحصل على المعادلة (1−3):

$$v_{c(\min)} = V_{p(rect)} exp\left(-\frac{T}{R_L C}\right) \quad (1-3)$$

وطالما $R_L C \gg T$ فإن المقدار $\frac{T}{R_L C}$ يصبح أقل بكثير من الواحد وبالتالي يمكن تقريب المقدار الأسي كما يلي:

$$exp\left(-\frac{T}{R_L C}\right) \cong 1 - \frac{T}{R_L C}$$

ومنه نحصل على العلاقة (1−4):

$$v_{c(\min)} = V_{p(rect)}\left(1 - \frac{T}{R_L C}\right) \qquad (1-4)$$

وتصبح علاقة جهد التموج قمة-قمة من الشكل (1−5):

$$V_{r(pp)} = V_{p(rect)} - v_{c(\min)}$$

$$= V_{p(rect)} - V_{p(rect)} + \frac{V_{p(rect)} T}{R_L C} = \frac{V_{p(rect)} T}{R_L C}$$

وتعطى عندها العلاقة التقريبية لجهد التموج قمة-قمة من أجل مقوم موجة كاملة بالعلاقة:

$$V_{r(pp)} \cong \left(\frac{1}{fR_LC}\right)V_{p(rect)} \qquad (1-5)$$

ونحصل على القيمة المستمرة لجهد الخرج المرشح V_{DC} من العلاقة:

$$V_{DC} = V_{p(rect)} - \frac{V_{r(pp)}}{2}$$

$$V_{DC} = V_{p(rect)} - \left(\frac{1}{2fR_LC}\right)V_{p(rect)}$$

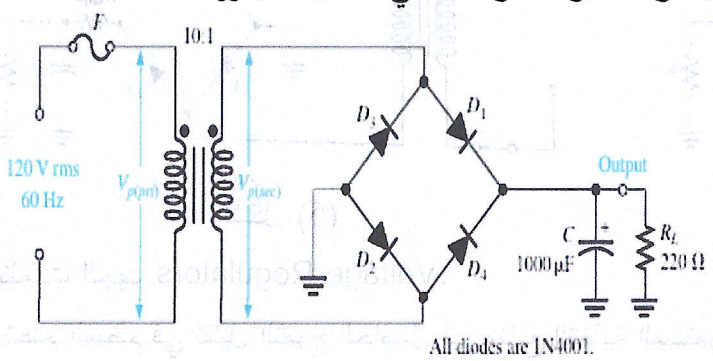
$$V_{DC} = (1 - \frac{1}{2fR_LC})V_{p(rect)}$$

ومنه نحصل على العلاقة التقريبية التالية ل V_{DC} المعبر عنها بالمعادلة (6-1):

$$V_{DC} \cong \left(1 - \frac{1}{2fR_LC}\right)V_{p(rect)} \quad (1-6)$$

تطبيق:

أوجد عامل التموج من أجل دارة مقوم جسري ومرشح بمقاومة حمولة الموضحة في الشكل المجاور.



نحسب $V_{p(rect)}$ وفق مايلي:

نحسب الجهد الأعظمي للأولية:

$$V_{p(pri)} = 1.414V_{rms} = 1.414(120) = 170V$$

ويعطى جهد الثانوية بالعلاقة:

$$V_{p(sec)} = nV_{p(pri)} = 0.1(170) = 17V$$

ويحسب الجهد المقوم تقويماً كاملاً وغير مرشح بالعلاقة:

$$V_{p(rect)} = V_{p(sec)} - 1.4 = 15.6V$$

ويساوي جهد التموج قمة-قمة التقريبي (5-1) عند الخرج إلى:

$$V_{r(pp)} = \left(\frac{1}{fR_LC}\right)V_{p(rect)}$$

$$= \left(\frac{1}{fR_LC}\right)V_{p(rect)} = \left(\frac{1}{(120Hz)(220k\Omega)(1000\mu F)}\right)15.6 = 0.591\text{V}$$

وتحسب القيمة المستمرة التقريبية لجهد الخرج المرشح V_{DC} من العلاقة (6-1):

$$V_{DC} \cong \left(1 - \frac{1}{2fR_LC}\right)V_{p(rect)} = 15.3\text{V}$$

وتسجل قيمة عامل التموج وفق (1-1) إلى:

$$r = \frac{V_{r(pp)}}{V_{DC}} = \frac{0.591}{15.3} = 0.039$$

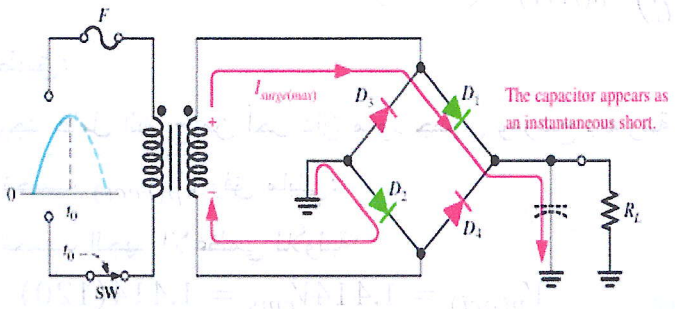
وتبلغ نسبة التموج 3.9%.

تفسير التيار الفجائي في دارة المرشح السعوي:

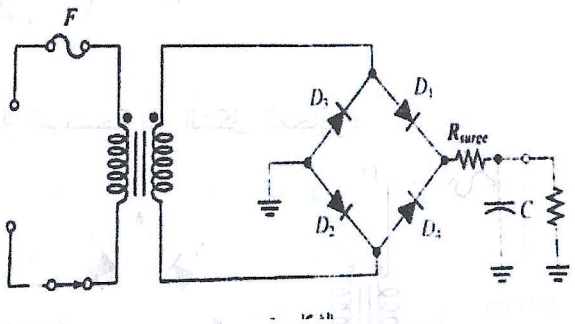
يبين الشكل (4) دارة المقوم الجسري مع مرشح سعوي. عند وصل الجهد بين طرفي القنطرة الديودية تسلك المكثفة سلوك دارة قصر وهذا ما يكون موجة أولية عالية من التيار ويسمى بالتيار الفجائي I_{FSM} يتدفق عبر الديودين الأول والثاني المنحازين أمامياً وعندما يكون جهد الثانوية في قمته ممكن أن يحصل تيار فجائي أعظمي يخرب الديودات لهذا السبب توصل مقاومة صغيرة للحد من التيار الفجائي تعطى بالعلاقة (7-1):

$$R = \frac{V_{p(sec)} - 1.4}{I_{FSM}}$$

يوضح الشكل (5) الدارة بعد إضافة المقومة لتقليل التيار الفجائي في الدارة.



الشكل (4)

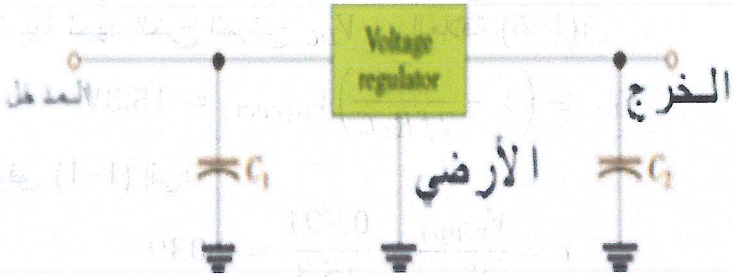


الشكل (5)

منظمات الجهد Voltage Regulators:

يستخدم المنظم في تقليل التموج الحاصل في منابع التغذية المستمرة حيث يوصل منظم الجهد بخرج دارة الترشيح ويقوم بالاحتفاظ بجهد خرج (تيار) ثابت بصرف النظر عن التغيرات في الدخل أو تيار الحمولة او درجة الحرارة. (الغاية من منظم الجهد الحصول على إشارة مرشحة تكون فيها المركبة المستمرة ثابتة القيمة خلال كامل فترة عمل الدارات الكهربائية والالكترونية).

يبين الشكل (6) منظم الجهد بمكثفتي دخل وخرج حيث تتشكل معظم المنظمات من دارات تكاملية فيها ثلاثة أطراف (أقطاب): طرفي الدخل والخرج والطرف الثالث طرف مرجعي (أرضي). فالإشارة عند مدخل المنظم تكون مرشحة بمكثفة (مرشح المدخل السعوي يخفض تموج الدخل إلى مستوٍ مقبول بالنسبة للمنظم) وذلك بهدف تخفيض التموج حتى أقل من 10% ومن ثم يخفض المنظم التموج إلى قيمة صغيرة جداً مهملة تقريباً.

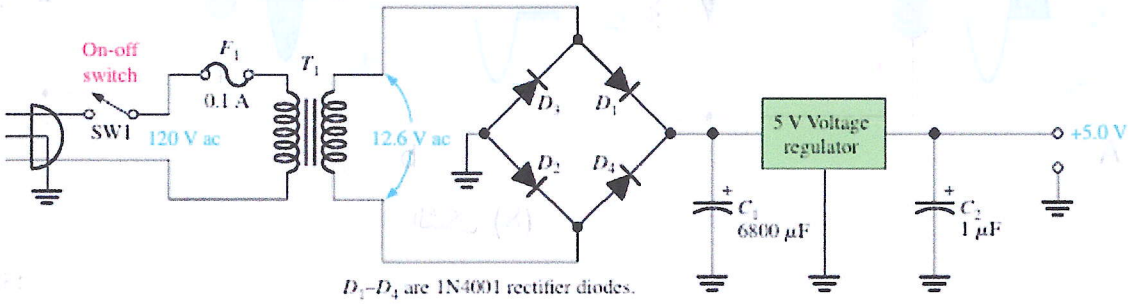


الشكل (6)

تمتلك معظم المنظمات جهد داخلي مرجعي ودارة قصر للحماية ودارة إغلاق حرارية.

تصمم دارة المنظمات ثلاثية الأقطاب من أجل تأمين جهود خرج ثابتة تحتاج لمكثفات خرج لإتمام الجزء المنظم في منبع التغذية وتتحقق عملية الترشيح بإضافة مكثفة سعتها كبيرة تربط بين مدخل المنظم (خرج دارة المرشح) والأرضي تؤخذ بسعة نموذجية تقدر ب $[0.1 - 1]\mu A$ وتوصل بين الخرج والأرضي لتحسين الاستجابة الانتقالية للدارة.

يبين الشكل (7) دارة منظم الجهد في دارة شاحن 5V.



الشكل (7)

نسبة التنظيم:

يستخدم للتعبير عن آداء منظم الجهد بنسبة مئوية ويعبر عنه بدلالة تنظيم الدخل أو تنظيم الحمولة ويعبر تنظيم خط النقل عن مقدار التغير الذي يحدث في جهد الخرج من أجل تغير معلوم في جهد الدخل ويعبر عنه بالعلاقة:

$$\text{تنظيم خط النقل} = \frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}} 100\%$$

ويعبر تنظيم الحمولة عن مقدار التغير الذي يحدث في جهد الخرج من أجل مجال محدد لقيم تيار الحمل ويعبر عنه بالعلاقة التالية:

$$\text{تنظيم الحمولة} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} 100\%$$

حيث تمثل كل من V_{NL} و V_{FL} جهد الخرج عند عدم وجود حمل وجهد الخرج بوجود حمل كلي أعظمي على الترتيب.

دارات التحديد أو المحددات Limiters:

تستخدم دارات الديودات كدارات تحديد أو دارات قص لقص أجزاء من إشارات الجهد فوق مستويات معينة أو تحتها.

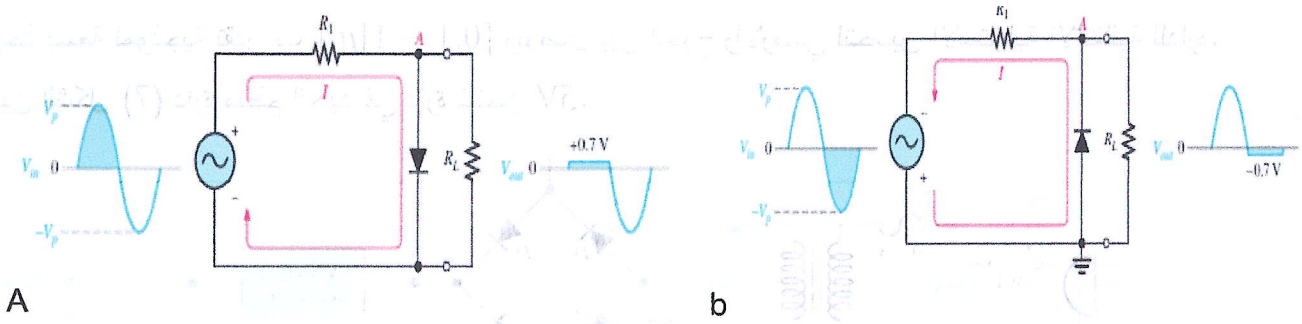
يبين الشكل (8a) دارة محدد ديودي الذي يحدد القسم الموجب من جهد الدخل وتتم العملية وفق مايلي:

عندما يكون جهد الدخل موجباً يصبح الديود في حالة انحياز أمامي ويمرر التيار ويكون كمون الديود صغيراً في هذه الحالة وبما أن المهبط عند الكمون الأرضي 0V فإن المصعد لا يستطيع أن يتجاوز القيمة 0.7V إذن عندما يتجاوز جهد الدخل هذه القيمة وعندما يصبح جهد الدخل تحت القيمة 0.7V يكون الديود في حالة انحياز عكسي ويبدو كدارة مفتوحة وجهد الخرج الناتج يشبه الجزء السالب من جهد الدخل.

يبين الشكل (8b) دارة محدد ديودي الذي يحدد القسم السالب من جهد الدخل. في حال قلبنا الديود فإن الجزء السالب من جهد الدخل يتعرض للقص فعندما ينحاز الديود أمامياً خلال الجزء السالب من جهد الدخل تكون النقطة واقعة عند الجهد 0.7V− وعندما يتجاوز جهد الدخل القيمة 0.7V−.لم يعد الديود منحازاً أمامياً ويظهر الجهد بين طرفي R_L متناسباً طرداً مع جهد الدخل. ولكن بقيمة يحددها مقسم الجهد بالمقاومتين R_1 و R_L وفق العلاقة :

$$V_{out} = \left(\frac{R_L}{R_L + R_1}\right) V_{in}$$

إذا كانت R_1 صغيرة بالمقارنة مع R_L فإن $V_{out} = V_{in}$.



الشكل (8)

المحددات المنحازة:

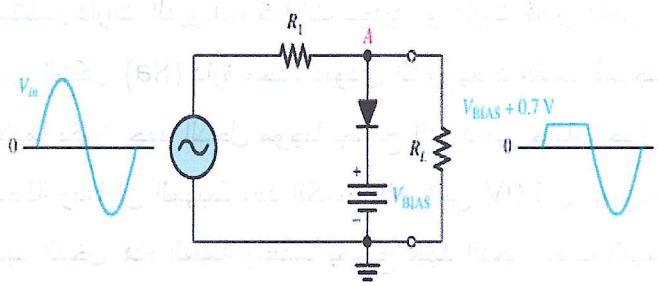
يمكن تعديل مستوى تحديد الجهد المتناوب بإضافة جهد انحياز V_{Bia} على التسلسل مع الديود.

يوضح الشكل (9) دارة محدد ديودي مع جهد انحياز في هذه الحالة يجب أن يساوي الجهد عند النقطة A إلى $V_{Bia} + 0.7$ قبل أن يصبح الديود في حالة انحياز أمامي ويمرر التيار. وبما أن الديود في هذه الحالة يبدأ بنقل التيار فإن الجهد عند النقطة A يكون محدوداً بالقيمة $V_{Bia} + 0.7$ بحيث يحذف (يقص) كامل جهد الدخل فوق هذا المستوى.

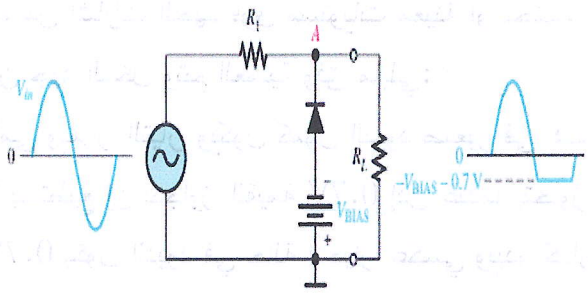
ولتقييد جهد ما بمستوى سالب معين يجب وصل الديود وجهد الانحياز كما في الشكل (10) ويكون الجهد عند النقطة A يكون محدوداً بالقيمة $-V_{Bia} - 0.7$.

بقلب الديود يمكن التحكم بمحدد الجزء الموجب بهدف تقييد جهد الخرج بجزء من موجة جهد الدخل الواقع فوق القيمة $V_{Bia} - 0.7$ كما يتضح من شكل موجة جهد الخرج في الشكل (11a)

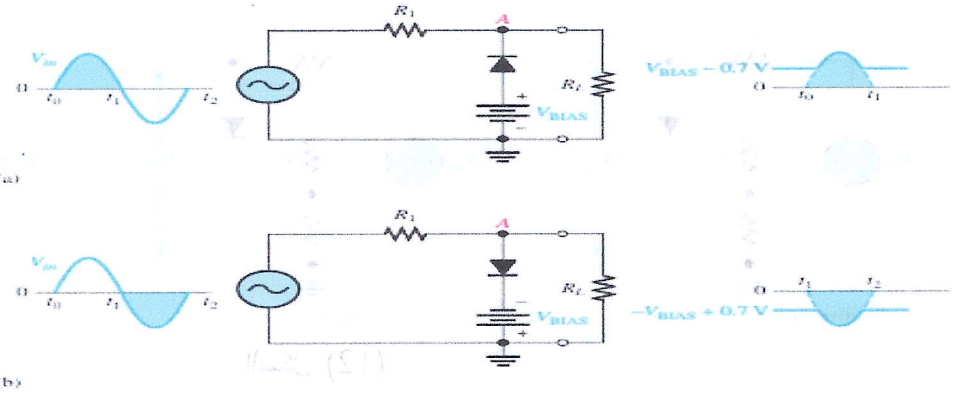
وبشكل مشابه يمكن التحكم بالمحدد السالب لتقييد جهد الخرج بجزء من موجة جهد الدخل الواقع تحت القيمة $-V_{Bia} + 0.7$ كما هو موضح في شكل موجة الخرج في الشكل(11b).



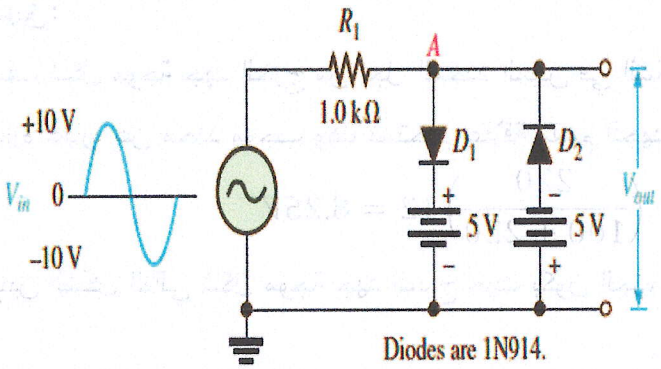
الشكل (9)



الشكل (10)

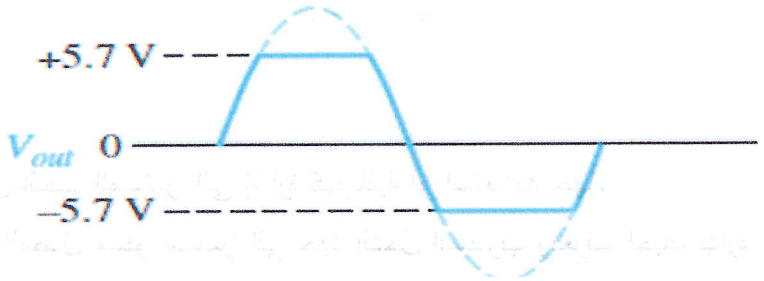


الشكل (11)



يمثل الشكل المجاور دارة مؤلفة من محدد موجب وآخر سالب.

عندما يبلغ الجهد عند النقطة A القيمة +5.7V فإن الديود الأول يمرر التيار ويحد شكل الموجة بالقيمة +5.7V والديود الثاني لايمرر تيار مالم يبلغ الجهد القيمة 5.7V – وبناءً عليه يتم قص أو حذف الجهود الموجبة فوق +5.7V والسالبة الواقعة تحت 5.7V – ويظهر شكل موجة جهد الخرج الناتج كما في الشكل المرفق.

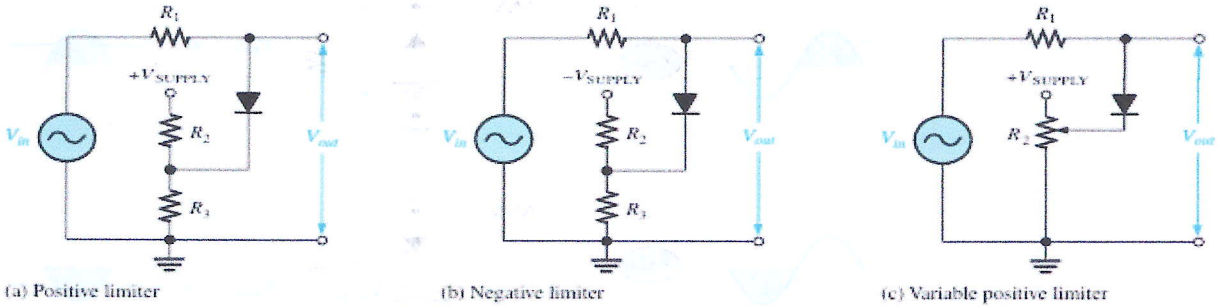


الانحياز بمقسم الجهد:

يمكن استبدال منابع جهد الانحياز لمحددات الديود بمقسم جهد–مقاومة الذي يعطي جهد الانحياز المطلوب من منبع التغذية المستمر ويتعين جهد الانحياز بقيم المقاومات وفق علاقة مقسم الجهد المعبر عنها بالمعادلة (8–1):

$$V_{Bia} = \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) V_{sup} \qquad (1-8)$$

يبين الشكل (12) المحدد المنحاز إيجابياً والمحدد المنحاز سلبياً ودارة الانحياز المتغير باستخدام مقسم الجهد ويجب أن تكون مقاومات الانحياز صغيرة نسبياً بالمقارنة مع R_1 بحيث لا يؤثر التيار المار في الديود على جهد الانحياز.



الشكل (12)

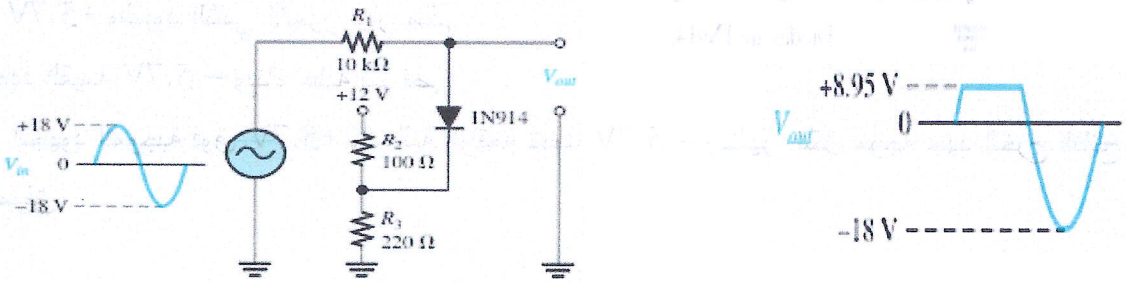
تطبيق:

صف شكل موجة جهد الخرج من أجل المحدد المبين في الشكل المجاور.

الدارة عبارة عن محدد موجب وهنا نستخدم علاقة مقسم الجهد لتعيين جهد الانحياز:

$$V_{Bia} = \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) V_{sup} = \left(\frac{220}{100 + 220}\right) 12 = 8.25V$$

ويبين الشكل التالي شكل موجة جهد الخرج حيث يكون الجزء الموجب منه محدوداً بالقيمة $V_{Bia} + 0.7$



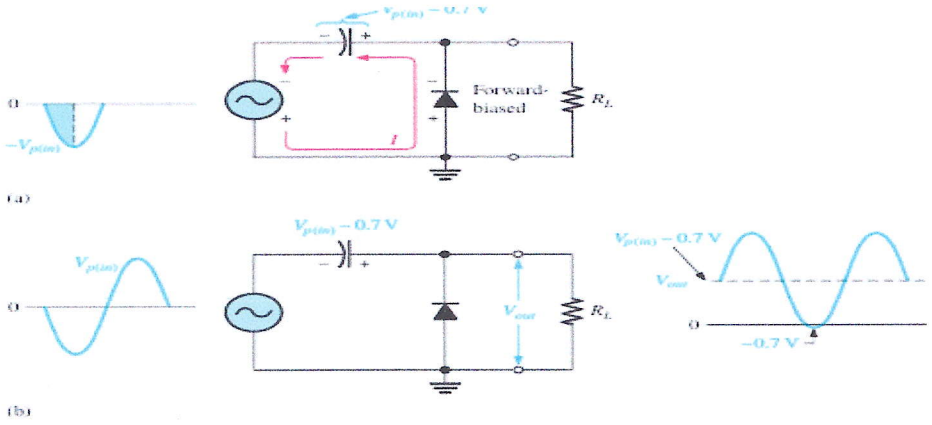
دارات الإلزام Diode Clampers:

تستخدم الديودات في دارات الإلزام لإضافة مستوى الجهد المستمر إلى إشارة كهربائية أو استعادته منها.

حيث تضيف دارة الإلزام أو ما يسمى بدارة إزاحة المطال مستوياً مستمراً إلى جهد الدخل المتناوب وتعرف أحياناً بدارة المعوضات المستمرة.

ولفهم عمل هذه الدارة ندرس الدارة الموضحة في الشكل (13) والتي تمثل دارة إلزام تدخل المستوى المستمر الموجب في موجة الخرج وبدراسة النصف السالب من جهد الدخل نلاحظ عند ازدياد الجزء السالب من جهد الدخل يكون الديود في حالة انحياز أمامي ويسمح بشحن المكثفة حتى قيمة قريبة من $V_{p(in)} - 0.7$ وبعد القمة السالبة يصبح الديود في حالة انحياز عكسي لأن جهد المهبط يكون عند القمة $V_{p(in)} - 0.7$ تقريباً والناتجة عن شحن المكثفة وبمقدور المكثفة أن تفرغ شحنتها في المقاومة العالية ولهذا السبب تفرغ المكثفة شحنتها خلال المجال الفاصل بين قمة نصف الدورة السالبة والقمة اللاحقة بشكل ضعيف جداً. وتتعلق كمية التفريغ بقيمة مقاومة الحمولة ولكي تعمل دارات الإلزام جيداً يجب أن يكون ثابت الزمن RC أصغر بعشر مرات على الأقل من دور تردد الدخل.

يتجلى التأثير الكلي لعمل دارة الإلزام في أن المكثفة تحتفظ بشحنة مساوية تقريباً ل $V_{p(in)} - 0.7$ فجهد المكثفة يعمل كمدخرة موصولة على التسلسل مع جهد الدخل ويضاف الجهد المستمر للمكثفة إلى جهد الدخل المتناوب بطريقة التراكب.

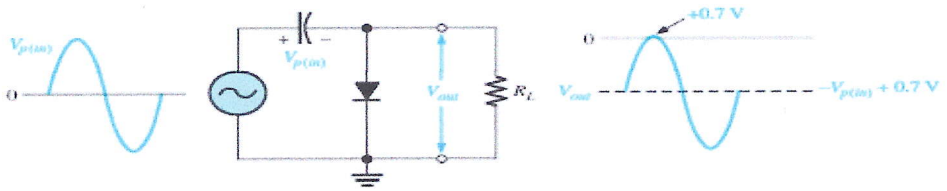


الشكل (13)

يوضح الشكل (14) عمل دارة الإلزام وشكل إشارة الخرج.

إذا قلبنا الديود فإن الجهد المستمر السالب هو الذي يضاف إلى جهد الدخل لإنتاج جهد خرج كما في الشكل ().

تستعمل عادة دارة الإلزام في مستقبلات الإشارة التلفزيونية كمعوض للجهد المستمر. فإشارة الفديو المركبة القادمة إلى المستقبل تعالج بشكل طبيعي بمضخات مترابطة فيما بينها بمكثفات تزيل المركبة المستمرة وتفقد بالتالي مستويات السواد والبياض المرجعية ومستوى الحجب ويجب استعادة هذه المستويات قبل البدء بتطبيقها على أنبوب التصوير التلفزيوني.



الشكل (14)

تطبيق: ما هو جهد الخرج الذي تتوقعه بين طرفي الحمولة في دارة الإلزام الموضحة في الشكل المجاور؟ على افتراض أن الثابت الزمني كبير كفاية كي يمنع التفريغ الكبير للمكثفة.

يتم إدخال القيمة المستمرة السالبة التي تساوي مثالياً للقيمة الموافقة لقمة الدخل على الأقل من جهد الديود باستخدام دارة الإلزام:

$$V_{DC} \cong -(V_{p(in)} - 0.7) = -23.3V$$

المكثفة ستفرغ شحنتها ببطء خلال المجال الفاصل بين القمم وبالنتيجة سيملك جهد الخرج قيمة وسطية أقل بقليل من المحسوبة ويذهب جهد الخرج من القيمة 0.7.