محاضرات مادة الفيزياء /2/

لطلاب السنة الأولى

(ميكاترونيكس)

الأستاذ الدكتور جبُّور نوفل جبُّور

2025 - 2024

الفصل السابع

استخدامات المتصل الثنائي (الديود) PN

(التقويم، الترشيح، والاستقرار)

PN junction Diode

(Redressement, filtrage et stabilization)

1- التقويم

1-1- تعريف

1-2- تقويم بسيط أو تقويم نصف موجي

1-2-1- مخطط الدارة

1-2-2- مبدأ العمل

1-3- تقويم موجي كامل باستخدام متصلين ثنائيين بنقطة متوسطة

1-3-1- مخطط الدارة

1-2-2- مبدأ العمل

1-4- تقويم موجي كامل باستخدام جسر غريتز-Graetz

1-4-1- مخطط الدارة

1-4-2- مبدأ العمل

2- الترشيح
2-1- تعريف
2-2- مخطط الدارة
2-3- مبدأ العمل
2-4- نسبة التموج
2-5- تحديد سعة الترشيح
3- الاستقرار
3-1- تعريف
3-2- الاستقرار بواسطة ديود زينر
3-2-1- مخطط الدارة
3-2-2- مبدأ العمل

استخدامات المتصل الثنائي (الديود) PN

(التقويم، الترشيح، والا ستقرار)

1- التقويم:

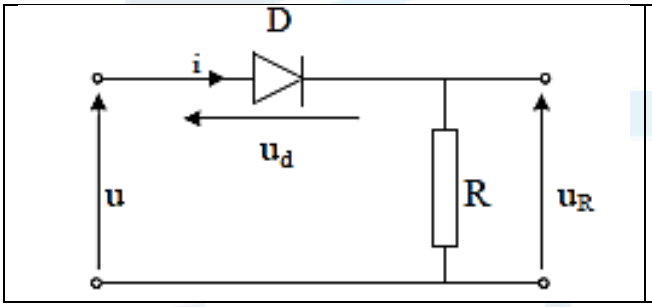
1-1- تعريف:

إن التقويم يقتضي تحويل جهد باتجاهين أي جهد متناوب إلى جهد باتجاه واحد يُطلق عليه اسم جهد مقوم.

1-2- تقويم بسيط أو تقويم نصف موجي:

1-2-1- مخطط الدارة:

إن الدارة أو المخطط المستخدم في التقويم مُعطى في الشكل (1).



$$u = U_M \sin \omega t$$
$$\omega = 2\pi f$$

شكل (1): تقويم نصف موجي أو تقويم بسيط.

1-2-2- مبدأ العمل:

نفرض أن الديود أو المتصل الثنائي مثالي.

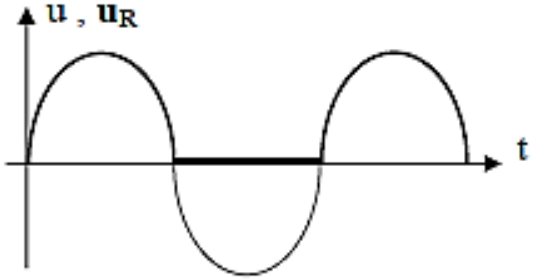
أثناء النبضة الموجبة للجهد u حيث $(u > 0)$، الديود يكون في حالة تغذية أمامية أي (استقطاب مباشر)، إذاً هو يمرر التيار، أي أن $(i > 0 \; and \; u_d = 0)$، إذاً:

$$u_R = u - u_d = u$$

أثناء النبضة السالبة للجهد u حيث $(u < 0)$، الديود يكون في حالة تغذية عكسية أي (استقطاب غير مباشر عكسي)، إذاً هو لا يمرر التيار (مغلق)، أي أن $(i = 0 \; and \; u_d < 0)$، إذاً:

$$u_R = 0$$

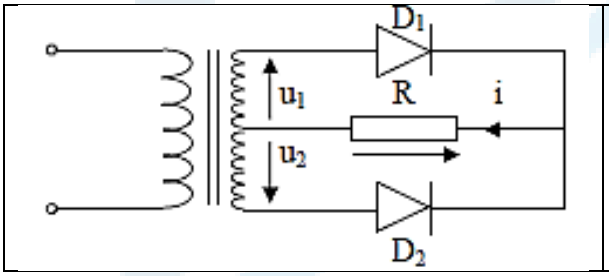
انظر الشكل (2).



شكل (2): شكل الجهدين u و u_R.

1-3- تقويم موجي كامل باستخدام محولة بنقطة وسطية أو متوسطة:

1-3-1- مخطط الدارة:



$$u = u_1 - u_2 = U_M \sin \omega t$$
$$\omega = 2\pi f$$
$$u_1 = \frac{u}{2} \quad and \quad u_2 = -\frac{u}{2}$$

شكل (3): تقويم موجي كامل بديودين باستخدام محولة بنقطة وسطية.

1-3-2- مبدأ العمل:

نفرض أن الديودات هي ديودات مثالية.

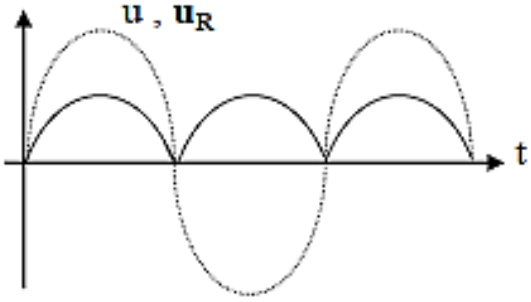
أثناء النبضة الموجبة للجهد u

- u_1 موجب، و D_1 يمرر التيار إذاً: $u_R = u_1 = \frac{u}{2}$.
- u_2 سالب، و D_2 مغلق لا يمرر التيار.

أثناء النبضة السالبة للجهد u

- u_2 موجب، و D_2 يمرر التيار إذاً: $u_R = u_2 = -\frac{u}{2}$.
- u_1 سالب، و D_1 مغلق لا يمرر التيار.

انظر الشكل (4).

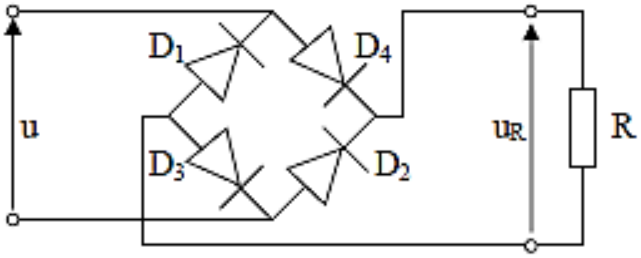


شكل (4): شكل الجهدين u و u_R.

1-4- تقويم موجي كامل باستخدام جسر غريتز-Graetz:

1-4-1- مخطط الدارة:

انظر الشكل (5).



شكل (5): تقويم مضاعف أو تقويم موجي كامل بواسطة جسر غريزي.

1-4-2- مبدأ العمل:

نفرض أن الديودات هي ديودات مثالية.

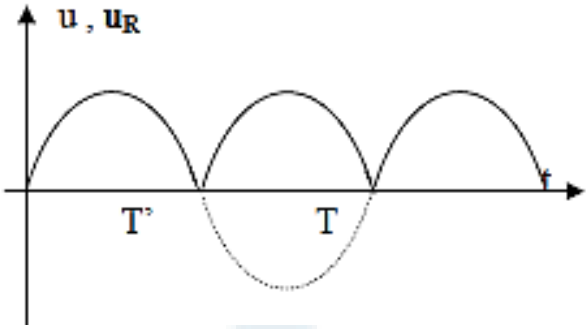
أثناء النبضة الموجبة للجهد u:

- D_1 و D_3 يمرران التيار، D_2 و D_4 مغلقان لا يمرران التيار، إذاً: $u_R = u$.

أثناء النبضة السالبة للجهد u:

- D_2 و D_4 يمرران التيار، D_1 و D_3 مغلقان لا يمرران التيار، إذاً: $u_R = -u$.

انظر الشكل (6).



شكل (6): شكل الجهدين u و u_R.

دور الجهد المقوم يساوي ضعف النبضة، أي أن: $T' = \frac{T}{2}$.

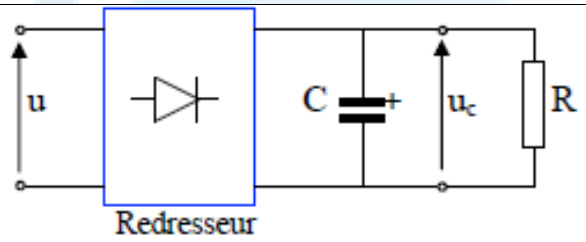
2- الترشيح (الفلترة):

2-1- تعريف:

ترشـيح جهد مقوم يقتضـي تقليص التموج الأعظمي (القيمة العظمى للتموج) وذلك من أجل الحصول على جهد ثابت بقدر الإمكان. ويمكن تحقيق هذا باستخدام **مكثفة**.

2-2- مخطط الدارة:

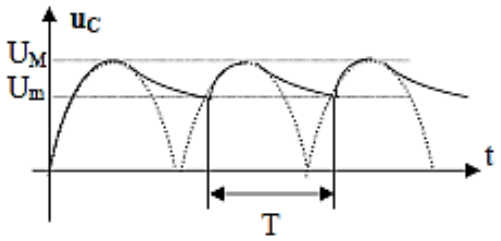
انظر الشكل (7).

	u جهد جيبي تردده f
مقوم	

شكل (7): ترشيح (فلترة) جهد مقوم.

2-3- مبدأ العمل:

ابتداءً من أول نبضة، المكثفة C تُشحن، وما أن يصبح الجهد بين طرفيها أعلى من الجهد المقوم، تبدأ بتفريغ شحنتها عبر المقاومة R. والشكل (8) يبين أشكال الجهد من أجل تقويم مضاعف (تقويم نبضتين).



شكل (8): مظهر الجهد المرشح u_C.

2-4- نسبة التموج:

تعرف نسبة التموج بالنسبة الآتية:

حيث: ΔU_c **تموج الجهد المُرشح،** $2\Delta U_c = U_M - U_m$ **تموج من قمة إلى قمة،** U_{cmoy} **الجهد المرشح الوسطي.**	$\theta = \frac{\Delta U_c}{U_{cmoy}}$

ومن أجل التموجات الضعيفة يكون لدينا:

$$U_{cmoy} \cong \frac{U_M + U_m}{2}$$

2-5- تحديد سعة الترشيح:

أثناء شحن المكثفة، الجهد المرشح يمر من U_m إلى U_M، إذاً:

$$Q = C(U_M - U_m)$$

وهذه الشحنة ستعاد للمقاومة R خلال زمن التفريغ t_d، أي أن $Q = I_{moy}t_d$ حيث:

$$I_{moy} = \frac{U_{cmoy}}{R}$$

ومنه:

$$C = \frac{I_{moy}t_d}{U_M - U_m} = \frac{U_{cmoy}t_d}{2\Delta U_c\, R}$$

وإذا أهملنا زمن الشحن أمام زمن التفريغ، إذاً $t_d \cong T$. إذاً، نستطيع أن نكتب:

$$C = \frac{U_{cmoy}\, T}{2\Delta U_c\, R\theta}$$

حيث دور الجهد المرشح يساوي:

- $1/f$ من أجل مقوم نبضة واحدة (تقويم نبضة واحدة)،
- $1/2f$ من أجل مقوم مضاعف النبضة (تقويم نبضتين).

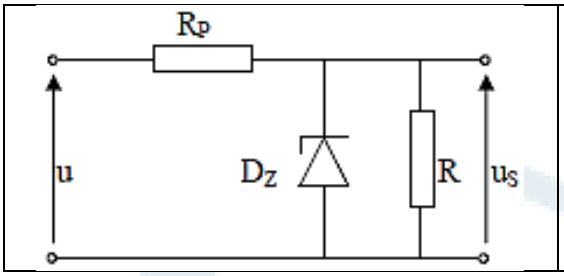
3- الاستقرار:

3-1- تعريف:

استقرار جهد متموج يقتضي الحصول على جهد عملياً ثابت. ويمكن تحقيق هذا بواسطة ديود زينر.

3-2- الاستقرار بواسطة ديود زينر:

3-2-1- مخطط الدارة:



حيث:

u الجهد المتموج،

R_p مقاومة الاستقطاب لديود زينر.

شكل (9): دارة استقرار جهد بواسطة ديود زينر.

3-2-2- مبدأ العمل:

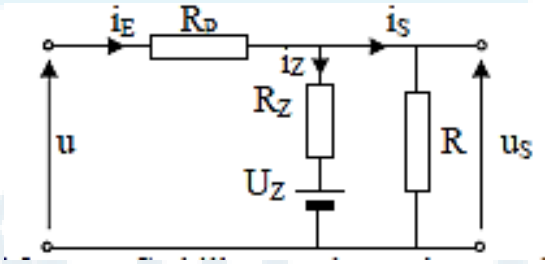
نفترض أن المقاومة R مفصولة وأن المقاومة R_Z لديود زينر مهملة $(R_Z = 0)$،

وإذا كان $u > U_z$ فإن $u_s = U_z$

وإذا كان $u < U_z$ فإن $u_s = u$

إذاً، يجب أن يكون $u > U_z$ لكي يكون جهد الخرج ثابت (مستقر)

وبافتراض أن المقاومة R موصولة وأن المقاومة R_Z لديود زينر غير مهملة، وعندما يكون u أعلى بشكل كافي من U_Z، فالدارة المكافئة (مخطط الدارة المكافئة) يكون على النحو الآتي، انظر الشكل (10):



شكل (10): دارة استقرار جهد بواسطة ديود زينر.

المعادلات هي:

$$u = R_p i_E + u_S \quad , \quad i_E = i_Z + i_S$$

حيث:

$$i_Z = \frac{u_S - U_Z}{R_Z} \quad , \quad i_S = \frac{u_S}{R}$$

وهذا يؤدي إلى:

$$u_S = \frac{1}{1 + R_p\left(\frac{1}{R_Z} + \frac{1}{R}\right)} u + \frac{\frac{R_p}{R_Z}}{1 + R_p\left(\frac{1}{R_Z} + \frac{1}{R}\right)} U_Z$$

ونعرف ثابت التنظيم $K = \frac{\Delta u_S}{\Delta u}$ من أجل i_S ثابت، إذاً:

$$K = \frac{1}{1 + R_p\left(\frac{1}{R_Z} + \frac{1}{R}\right)}u \quad \rightarrow \quad K = \frac{R_Z}{R_Z + R_p} \;\; if \; R_Z \ll R$$

والمقاومة الداخلية للاستقرار تساوي $\rho = -\frac{\Delta u_S}{\Delta i_S}$ من أجل u ثابت، إذاً:

$$\rho = R_Z // R_p = \frac{R_Z . R_p}{R_Z + R_p}$$