اسم التجربة (1): مرشحا المرور العالي و الواطي

الغاية من التجربة:

التعرف على اهمية و مبدأ عمل دوائر مرشحات المرور العالي و الواطي و رسم منحنى الاستجابة و إيجاد تردد القطع.

الأدوات المستعملة:

مولد إشارة، جهاز راسم الإشارة (الاوسليسكوب)، متسعة، مقاومة، لوح توصيل، واسلاك توصيل.

نظرية التجربة:

في العديد من الدوائر الالكترونية تكون عرضة لتواجد مدى واسع الإشارات بترددات مختلفة، بعض تلك الترددات تكون مفيدة و ضرورية (كاشارات الارسال و الاستقبال في أجهزة الاتصالات والبث الراديوي والتلفزيوني) والبعض الآخر قد يكون ضارا او غير مرغوبا مثل إشارات الشوشرة (الضوضاء noise signals) مما يؤثر سلبا على أداء الدائرة الالكترونية بالإضافة لذلك ، وعندها يكون ضروريا وجود دوائر تعمل على منع او تقليل تأثير الإشارات غير المرغوبة بها.

تعرف دوائر الترشيح الإشارة بانها دوائر تعمل على امرار إشارات بمدى (او نطاق) ترددات معينة و تمنع مرور إشارات بمدى ترددات او نطاق من ترددات أخرى، وتوجد أربعة أنواع رئيسية من دوائر الترشيح وهي:

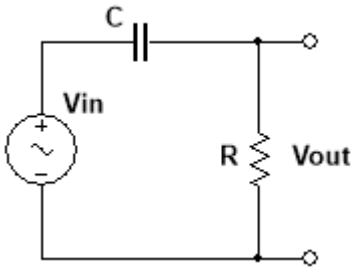
1- دائرة مرشح المرور الواطي (Low-pass Filter): و هي دوائر تسمح بمرور الترددات المنخفضة و تمنع مرور الترددات العالية.
2- دائرة مرشح المرور العالي (High-pass Filter): و هي دوائر تسمح بمرور الترددات المنخفضة و تمنع مرور الترددات العالية.
3- دائرة مرشح حزمة (Band-pass Filter): وهي دوائر تسمح بمرور حزمة معينة من الترددات وتمنع مرور الترددات الأخرى (الأقل والاعلى من مدى الحزمة).
4- دائرة مرشح منع حزمة (Notch Filter): وهي دوائر تمنع مرور حزمة معينة من الترددات وتسمح بمرور الترددات الأخرى خارج نطاق الحزمة.

بالإضافة لتصنيف مرشحات الإشارة بحسب تردد الإشارة، هناك تصنيف آخر للمرشحات يعتمد على طبيعة مكونات دائرة الترشيح، حيث تقسم المرشحات الى نوعين

1- مرشحات غير فعال (Passive Filters): وهي مرشحات تتكون من عناصر غير فعالة (مقاومة، متسعة، محث) وتعتمد في مبدأ عملها على تغيير الرادة السعوية و الرادة الحثية بتغير التردد.
2- مرشحات فعالة (Active Filters): وهي مرشحات تحتوي دوائرها على عناصر فعالة مثل الدايود و الترانزستور مرتبطة مع بعضها و ومع عناصر غير فعالة في قطعة الكترونية واحدة تسمى مضخم العمليات (Operation Amplifier) و تضاف لها دائرة ملحقة لتقوم بالتحكم بنوع و خصائص دائرة الترشيح.

ستقتصر دراستنا حاليا على المرشحات غير الفعالة من نوع مرشح مقاومة-متسعة (RC Filter) ويكون على نوعين:

أولا: مرشح المرور العالي



تتكون دائرة مرشح المرور العالي من مقاومة و متسعة مربوطة على التوالي و يكون اخراج الدائرة على طرفي المقاومة كما هو موضح بالشكل المجاور.

من المعلوم ان قيمة الرادة السعوية للمتسعة تعتمد على سعة المتسعة (C) وتردد الفولتية وفق العلاقة: $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$

يلاحظ من العلاقة الأخيرة ان الرادة السعوية للمتسعة تتناسب عكسيا من التردد، ويمكن التعبير عن الفولتية الخارجة (Vout) في دائرة مرشح المرور العالي (الفولتية على طرفي المقاومة R) بدلالة فولتية الادخال (Vin) باعتماد قانون مجزء الجهد في دوائر التيار المتردد والتي تعطى بالعلاقة:

$$V_{out} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} V_{in}$$

العلاقة الأخيرة يمكن كتابتها بدلالة كسب الفولتية (النسبة بين فولتية الإخراج الى فولتية الادخال):

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{X_C}{R}\right)^2}}$$

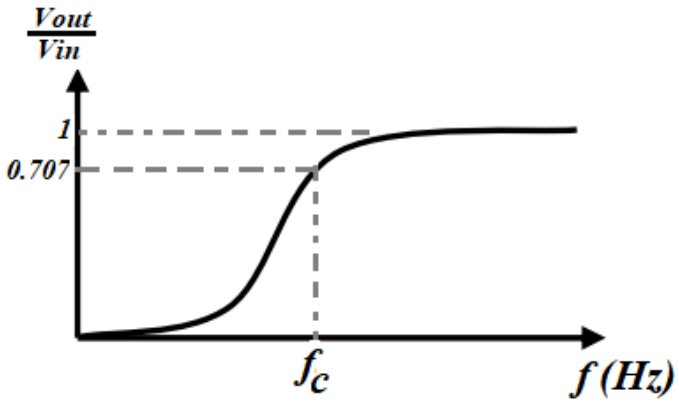
يلاحظ من العلاقة الأخيرة ان النسبة بين فولتية الإخراج الى الادخال تكون صغيرة جدا في الترددات الواطئة، وتزداد النسبة بزيادة التردد وفي الترددات العالية جدا تكون قيمة الرادة السعوية صغيرة جدا وعندها تقترب النسبة من الواحد (أي تصبح فولتية الإخراج مساوية او قريبة جدا من فولتية الاخراج)، أي ان دائرة مرشح المرور العالي تمنع مرور الترددات الواطئة وتسمح بمرور الترددات العالية.

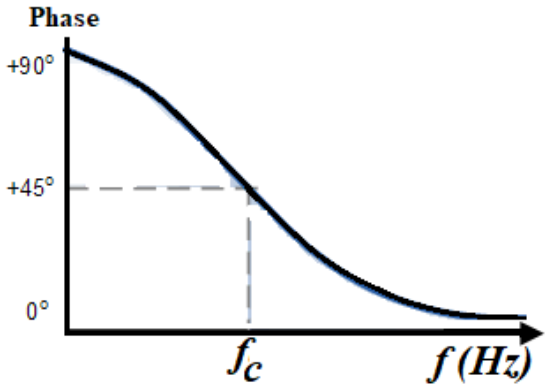
يسمى التردد الذي تصبح فيه الرادة السعوية مساوية لقيمة المقاومة بتردد القطع (cut-off frequency) ويرمز له بالرمز (f_c) ويعرف على انه التردد الذي تكون فيه فولتية الإخراج مساوية الى $(1/\sqrt{2})$ من فولتية الإخراج، وتعطى بالعلاقة:

$$for\ f = f_c\ ,\quad X_C = R\ ,\qquad \frac{1}{2\pi f_c C} = R \quad \xrightarrow{yields} \quad f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

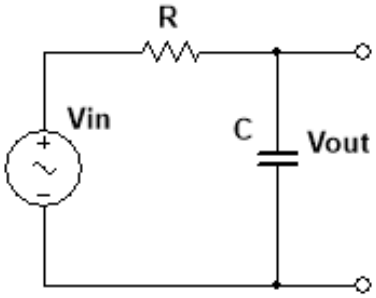
اما زاوية فرق الطور بين الفولتية الداخلة والخارجة تساوي: $\theta = 90^o - \tan^{-1}\left(\frac{R}{X_C}\right)$

يسمى الرسم البياني بين الكسب والتردد بمنحى الاستجابة، وعادة ما يكون محور التردد بالمقياس اللوغارتمي، الشكل التالي يوضح منحنى الاستجابة لمرشح المرور العالي وكذلك الرسم البياني الخاص بزاوية فرق الطور مع التردد.





ثانيا: مرشح المرور الواطي



تتكون دائرة مرشح المرور الواطي من مقاومة و متسعة مربوطة على التوالي و يكون اخراج الدائرة على طرفي المتسعة كما هو موضح بالشكل المجاور.

من المعلوم ان قيمة الرادة السعوية للمتسعة تعتمد على سعة المتسعة (C) وتردد الفولتية وفق العلاقة: $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$

وبنفس الطريقة السابقة و باعتماد قانون مجزء الجهد في دوائر التيار المتردد يمكننا التعبير عن فولتية الإخراج (الفولتية على طرفي المتسعة) في مرشح المرور الواطي بالصيغة:

$$V_{out} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} V_{in}$$

العلاقة الأخيرة يمكن كتابتها بدلالة كسب الفولتية (النسبة بين فولتية الإخراج الى فولتية الادخال):

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{X_C}\right)^2}}$$

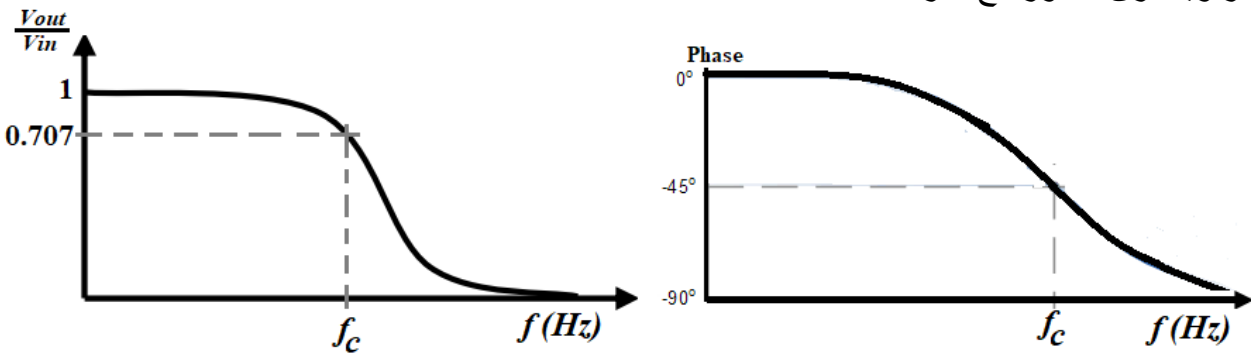
من العلاقة الأخيرة الخاصة بكسب الفولتية لمرشح المرور الواطي نجد انه في حالة الترددات الواطئة تكون الرادة السعوية اكبر بكثير من قيمة المقاومة، وعليه يمكن اهمال الحد $\left[\left(\frac{R}{X_C}\right)^2 \ll 1\right]$ بالمقارنة مع الواحد وعندها تكون النسبة مساوية او قريبة من الواحد، وهذا يعني ان فولتية الإخراج تكون قريبة من فولتية الادخال في الترددات الواطئة (الترددات الواطئة تمر)، وفي حالة الترددات العالية يبدأ تأثير الحد مما يقلل من قيمة فولتية الإخراج وفي حالة الترددات العالية جدا تقل فولتية الإخراج الى ان تساوي او تكون قريبة من الصفر.

وبنفس الطريقة يمكننا إيجاد التردد القطع في حالة مرشح المرور الواطي:

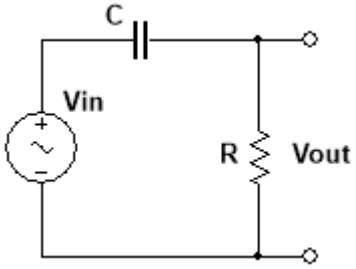
$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

اما زاوية فرق الطور بين الفولتية الداخلة والخارجة تساوي: $\theta = -\tan^{-1}\left(\frac{R}{X_C}\right)$

الشكل التالي يوضح منحنى الاستجابة لمرشح المرور الواطي وكذلك الرسم البياني الخاص بزاوية فرق الطور مع التردد.



طريقة العمل:



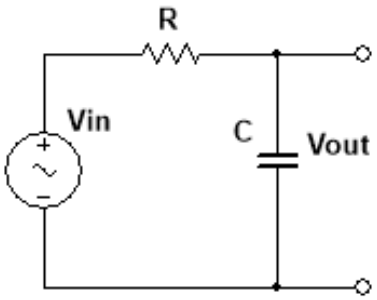
أولا: دراسة دائرة مرشح المرور العالي

1- اربط دائرة مرشح المرور العالي كما في الشكل المجاور.
2- ثبت قيمة المقاومة سعة المتسعة المستخدمة في التجربة.
3- باستعمال مولد الإشارة و جهاز الاسليسكوب ثبت قيمة فولتية الادخال عند $(10\ V_{P-P})$ و ثبتها عند تلك القيمة طيلة اجراء التجربة.
4- غير تردد فولتية الادخال بخطوات وسجل قيمة فولتية الإخراج و قيمة (V_{out}/V_{in}) و فرق الطور بين فولتية الادخال و فولتية الإخراج لكل تردد كما في الجدول ادناه.
5- ارسم بياني بين قيم V_{out}/V_{in} على المحور العمودي و قيمة التردد على المحور الافقي باستعمال ورقة بياني شبه اللوغارتمية المرفقة.
6- باستعمال الرسم البياني اوجد تردد القطع عمليا وقارنها بالقيمة النظرية ثم اوجد نسبة الخطأ.

مرشح مرور الواطي $V_{in} = 10V_{p-p}$, $R =$ Ω , C = F			
$f\ (Hz)$	V_{out}	θ فرق الطور	$\frac{V_{out}}{V_{in}}$
20			
40			
60			
80			
100			
200			
400			
600			
800			
1000			
2000			
4000			
6000			
8000			
10000			

تردد القطع نظريا $\boldsymbol{f_c = \frac{1}{2\pi RC}}$ ، نسبة الخطأ $= \left|\frac{\text{القيمة النظرية} - \text{القيمة العملية}}{\text{القيمة النظرية}}\right| \times \mathbf{100\%}$

ثانيا: دراسة دائرة مرشح المرور الواطي



1- اربط دائرة مرشح المرور الواطي كما في الشكل المجاور.
2- ثبت قيمة المقاومة سعة المتسعة المستخدمة في التجربة.
3- باستعمال مولد الإشارة و جهاز الاسليسكوب ثبت قيمة فولتية الادخال عند $(10\ V_{P-P})$ و ثبتها عند تلك القيمة طيلة اجراء التجربة.
4- غير تردد فولتية الادخال بخطوات وسجل قيمة فولتية الإخراج و قيمة (V_{out}/V_{in}) و فرق الطور بين فولتية الادخال و فولتية الإخراج لكل تردد كما في الجدول ادناه.
5- ارسم بياني بين قيم V_{out}/V_{in} على المحور العمودي و قيمة التردد على المحور الافقي باستعمال ورقة بياني شبه اللوغارتمية المرفقة.
6- باستعمال الرسم البياني اوجد تردد القطع عمليا وقارنها بالقيمة النظرية ثم اوجد نسبة الخطأ.

مرشح مرور العالي $V_{in} = 10V_{p-p}$, $R =$ Ω , C = F			
$f\ (Hz)$	V_{out}	فرق الطور θ	$\frac{V_{out}}{V_{in}}$
20			
40			
60			
80			
100			
200			
400			
600			
800			
1000			
2000			
4000			
6000			
8000			
10000			

ملاحظات حول المناقشة:

في فقرة المناقشة على الطالب ان يذكر أولا اسم والغاية من اجراء تجربته، مع إعطاء فكرة مبسطة عن تركيب ومبدأ عمل الدائرتين، ويتطرق بايجاز لخطوات العمل التي اتبعها، ثم يناقش النتائج التي تحصل عليها وبالأخص الرسم البياني الذي توصل اليه، والذي من خلاله يشرح كيفية تغير فولتية الإخراج مع تغير تردد إشارة الادخال ويفسر ذلك السلوك بالاعتماد على الأسس النظرية، ثم يناقش مصادر الأخطاء المحتملة في التجربة.

الاسئلة:

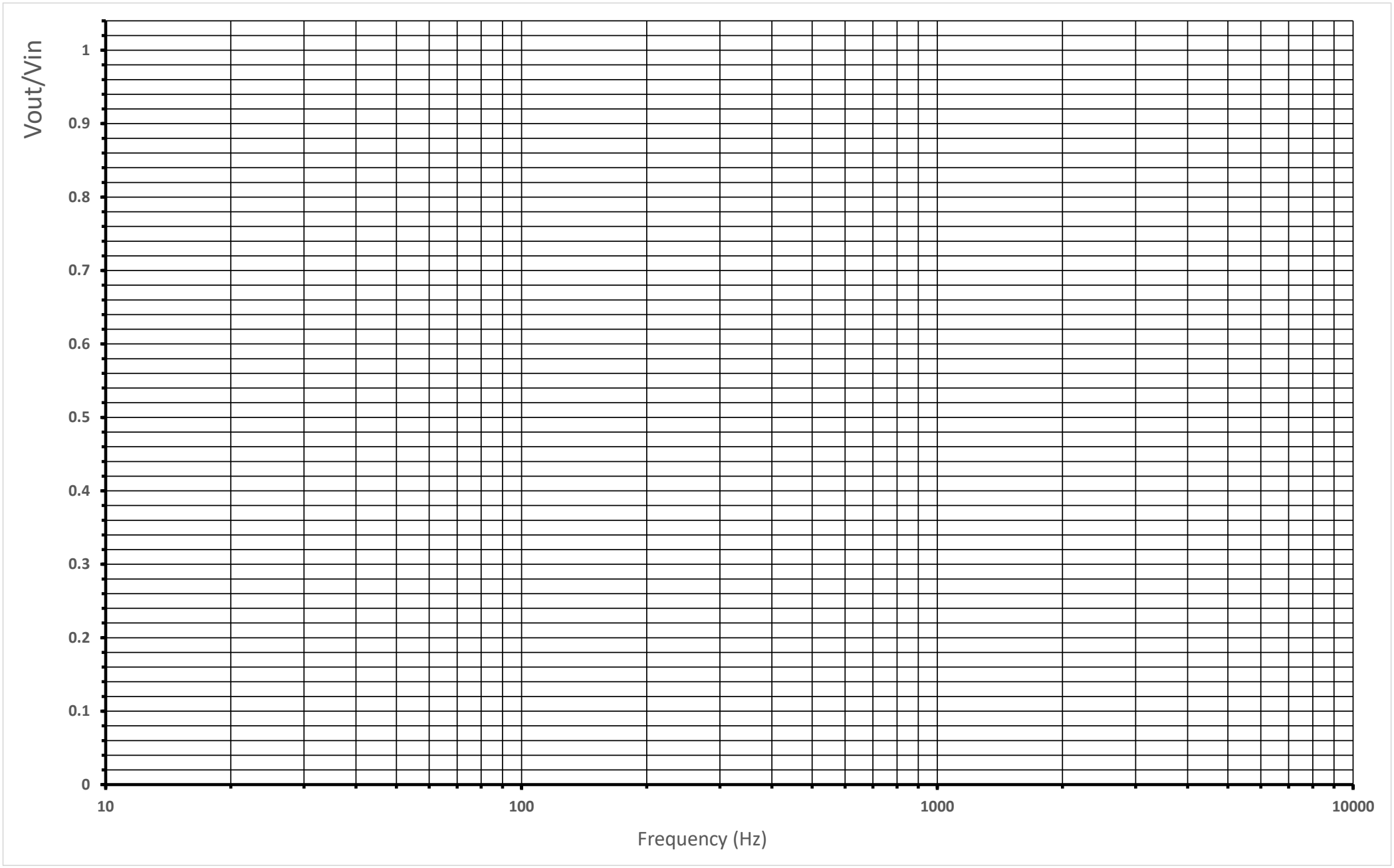
1- قارن بين مرشح المرور العالي والواطي من حيث: الوظيفة، التركيب، منحنى الاستجابة.

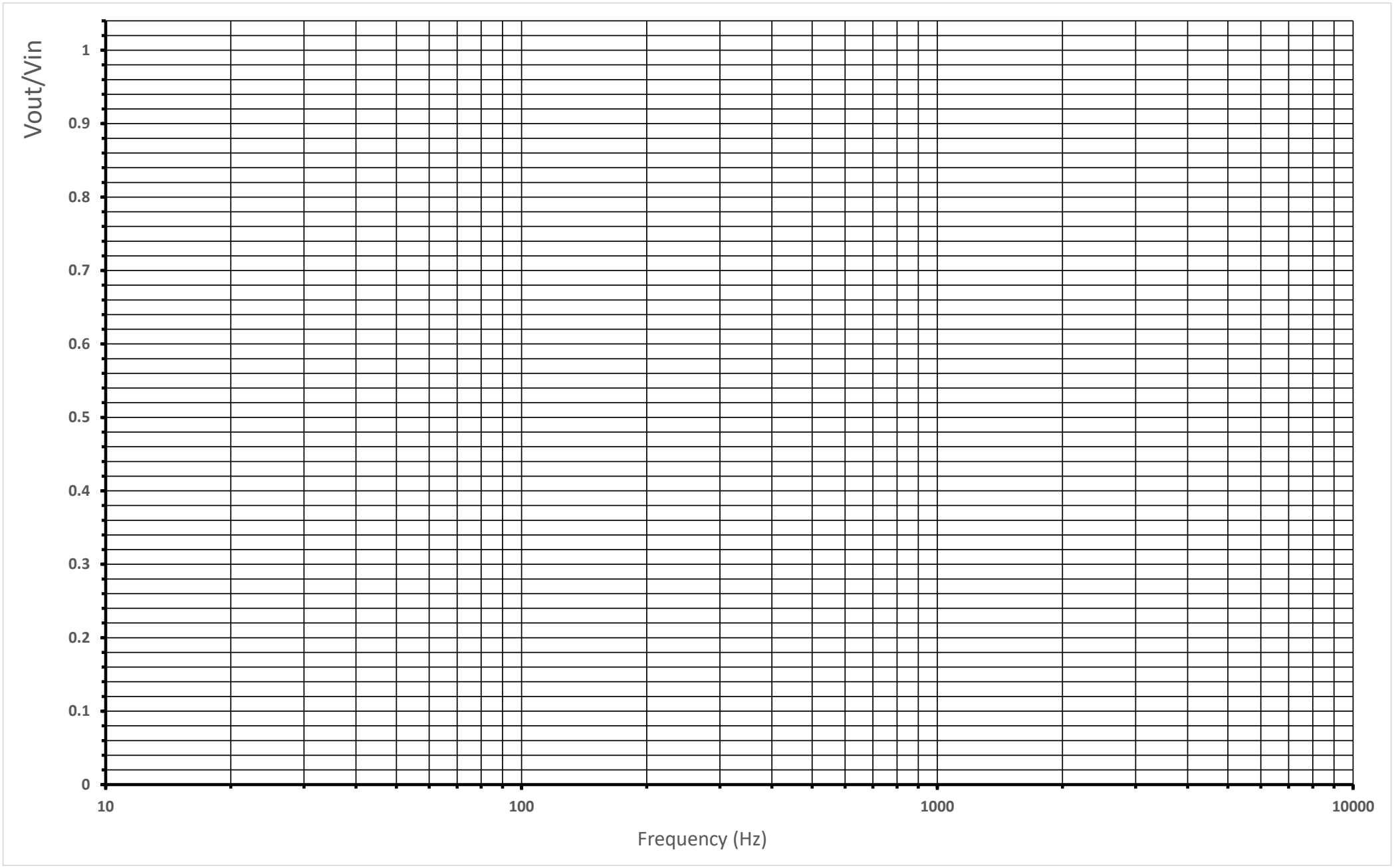
2- في دائرة مرشح المرور العالي ، عرف تردد القطع (f_c)، ثم اذكر العوامل التي تحدد قيمتها، ولماذا يسمى أيضا بتردد نصف القدرة.

3- في تجربة مرشح المرور الواطي وبالاعتماد على جدول نتائجك، فسر تغير زاوية فرق الطور بين الفولتية الخارجة والداخلة لمدى ترددات إشارة الادخال، و ما هي القيمة المتوقعة لزاوية فرق الطور عند تردد القطع ولماذا.

4- على افتراض انه تم استبدال مولد الإشارة المستعمل بالتجربة بمصدر جهد مستمر يجهز فولتية مستمرة قيمتها ($6\ V_{dc}$)، اذكر قيمة فولتية الإخراج في الحالتين (مع تفسير اجابتك):

أ- مرشح المرور العالي. ب- مرشح المرور الواطي.


Vout/Vin
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
10
100
1000
10000
Frequency (Hz)


Vout/Vin
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
10
100
1000
10000
Frequency (Hz)