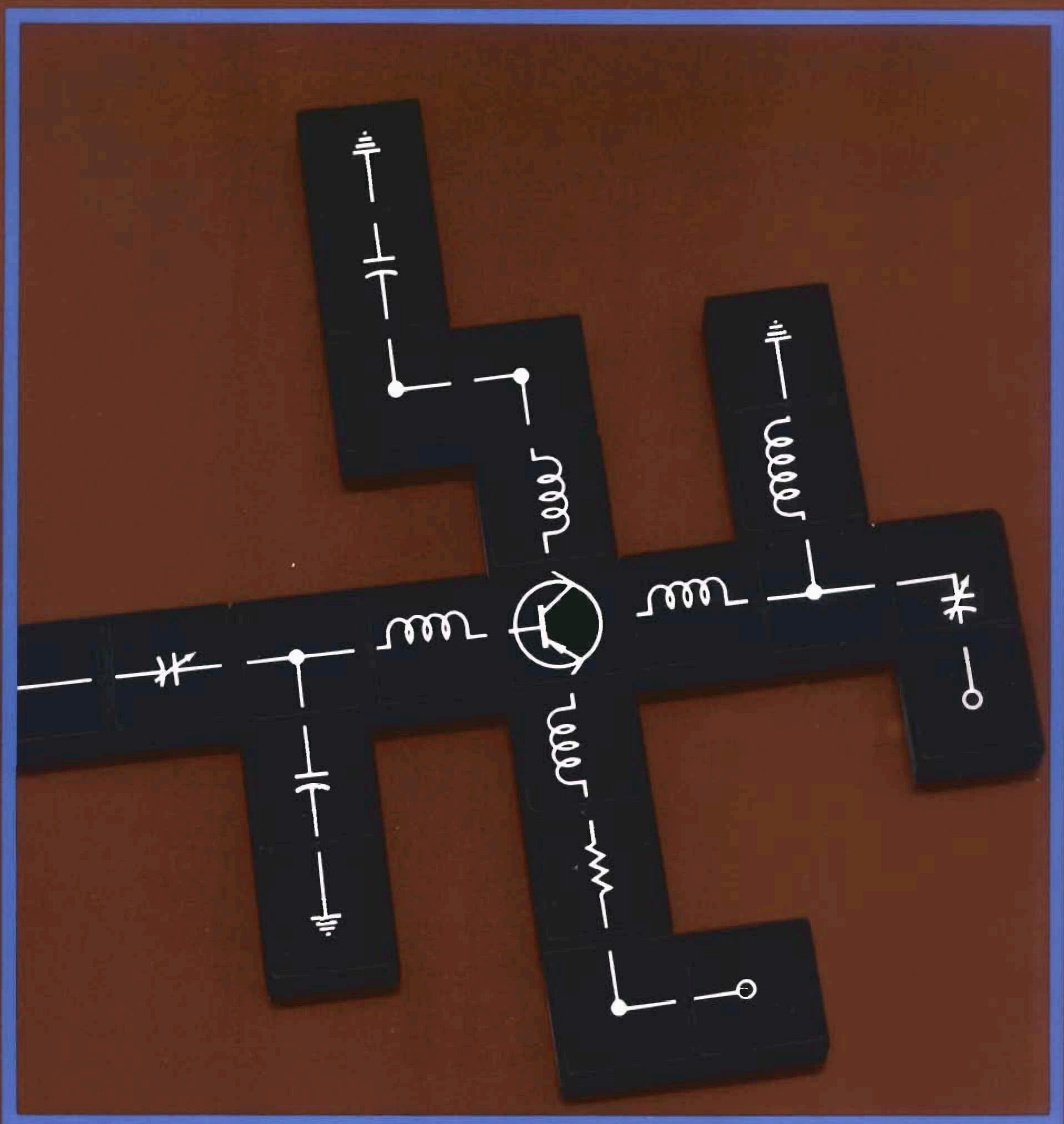




Newnes

تصميم الدوائر الكهربائية للراديو

المترجم Chris Sevak



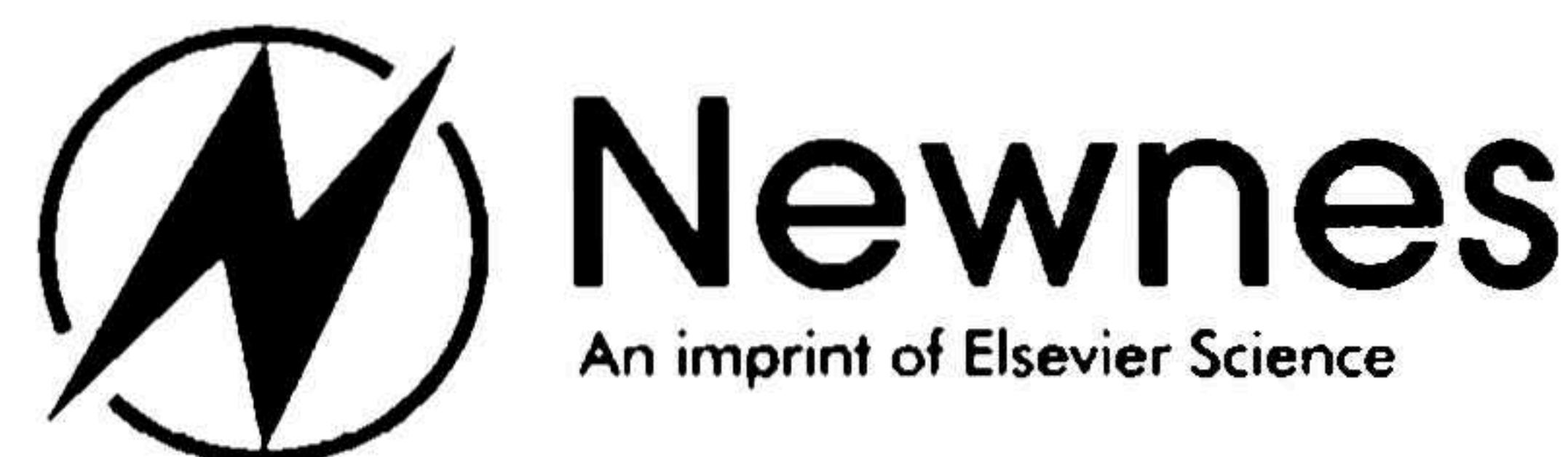
RF CIRCUIT DESIGN

كريس بويك حاليا موظف كمدير هندسة المنتجات لمنتجات المهيند في قسم الاتصالات الفيديو العلمية التابع لشركة ساينتفيك أتلانتا، الموجودة في نوركروس، جورجيا. مسؤولياته تشمل تصميم وتطوير منتجات محطات استقبال الأقمار الصناعية ومعدات المهيند للاستخدام في صناعة التلفزيون الكابلي. سابقا، كان مرتبطا بشركة روكيول الدولية، قسم الأفيونيات كولينز، حيث كان مهندس تصميم في معدات الملاحة الجوية. خبرته في التصميم تشمل أيضا تصميم مستقبلات VHF، مركب تردد HF، تصميم مكبرات النطاق العريض، وتصميم راديومنتر موجات المليمتر. السيد بويك حاصل على درجة البكالوريوس في الهندسة الكهربائية من جورجيا تك، وفي وقت فراغه، يعمل نحو الحصول على درجة الماجستير في الهندسة الكهربائية من جورجيا تك، مع التركيز على تصميم دوائر الراديو الترددية. هو مؤلف لعدة مقالات في مجلات هوايات مختلفة. هواياته تشمل الطيران، والراديو التخاطبي (WB4UHY)، وراكيت الكرة.

RF CIRCUIT DESIGN

by

Chris Bowick



نيونز هو علامة تجارية لشركة إلسيفر ساينس. حقوق النشر © 1982 بواسطة
كريس بويك. جميع الحقوق محفوظة.

لا يجوز استنساخ أي جزء من هذا النشر، أو تجزيئه في نظام استرجاع، أو نقله بأي شكل أو وسيلة، سواء إلكترونية، ميكانيكية، نسخ فوتوغرافي، تسجيل،
أو غير ذلك، دون الحصول على إذن مسبق مكتوب من الناشر.

يمكن الحصول على إذن مباشرة من قسم حقوق العلوم والتكنولوجيا التابع لشركة Elsevier في أكسفورد، المملكة
المتحدة، هاتف: 00441865843830، فاكس: 00441865853333، البريد الإلكتروني:
يمكنك أيضاً إكمال طلبك عبر الإنترنت عبر صفحة البداية لشركة
.permissions@elsevier.co.uk
Elsevier عن طريق اختيار "دعم العلامة" ثم "الحصول على إذن".

♾ This book is printed on acid-free paper.

بيانات تصنيف المكتبة الكونغرس للنشر بويك، كريں. تصميم دواوين الراديو الترددى بواسطة كريں بويك. ص. س. نشرت أصلاً
في إنديابوليس؛ H.W. سامر، 1982. يتضمن مراجع ببلوغافية وفهرس. رقم الإذن 0750699469 (ورق الكتب
الخامس) 1. تصميم وبناء دواوين الراديو. 2. التردد الراديوى. آنا. العنوان. CIP 1997 9651612 621.384°12dc20 TK6553.3633

الناشر يقدم خصومات خاصة على الطلبيات الجماعية لهذا الكتاب. لمزيد من المعلومات، يرجى الاتصال بمدير المبيعات الخاصة
في إلسيفر ساينس على العنوان التالي: 200 Wheeler Road, Burlington, MA 01803. الهاتف: 7813134700
الفاكس: 7813134802

للحصول على معلومات حول جميع النشرات الجديدة المتاحة، يرجى الاتصال بصفحتنا الرئيسية على شبكة الإنترنت على الرابط التالي:
<http://www.newnespress.com>

15 14 13 12 11 10

Printed in the United States of America

مقدمة

تصميم الدوائر الراديوية مكتوب لأولئك الذين يرغبون في نهج عملي لتصميم مكبرات الإرسال الراديوية، وشبكات تطابق الانطباعات، والمرشحات. إنه موجه تماماً للمستخدم. إذا كنت فرداً لديك خبرة قليلة في تصميم الدوائر الراديوية، يمكنك استخدام هذا الكتاب كدليل للدوائر، باستخدام قيم المكونات المصممة لتطبيقك. من ناحية أخرى، إذا كنت مهتماً بالنظيرية وراء تصميم الدوائر الراديوية، يمكنك استخدام المعلومات المفصلة التي تم توفيرها للدراسة العميقـة. سيد الخير في مجال تصميم الدوائر الراديوية أن هذا الكتاب يعتبر دليلاً مرجعياً ممتازاً، يحتوي على معظم الصيغ المستخدمة بشكل شائع في تصميم الدوائر. ومع ذلك، سيد طالب هندسة كهربائية أن هذا الكتاب يعتبر جسراً فيما بين الدراسات الصافية والعالم الحقيقي. وأخيراً، إذا كنت مهتماً بتصميم معداتك الخاصة، سيوفر تصميم الدوائر الراديوية أمثلة عديدة لتجسيده في كل خطوة. يبدأ الفصل الأول ببعض الأساسيات حول المكونات وكيفية سلوكها عند ترددات الراديو؛ كيف تصبح المكثفات ملفات، والملفات تصبح مكثفات، والأسلاك تصبح ملفات، مكثفات، ومقواتمات. يتم تقديم الترددات وتغطية تصميم الملف الهرمي بالتفصيل. يقدم الفصل الثاني استعراضاً للدوائر الاهتزازية وخصائصها بما في ذلك مناقشة حول Q ، تمويج نطاق التردد، النطاق الترددي، والتزاوج. تتعلم كيفية تصميم دوائر اهتزازية فردية ومتحدة الاهتزازات، بالـ Q المحمل الذي ترغب فيه. فهم الدوائر الاهتزازية يؤدي بشكل طبيعي إلى المرشحات وتصميماها. لذا، يقدم الفصل الثالث إجراءات تصميم كاملة لمرشحات Butterworth، Bessel، Chebyshev، وغيرها من المعايير. ستكون قادراً على تصميم مرشحات متعددة لتلبية مواصفاتك. لم يكن تصميم المرشحات أسهل من ذلك. يغطي الفصل الرابع تطابق الانطباعات لكل من المقاومات الحقيقة والمعقدة. يتم ذلك عددياً وبمساعدة مخطط Smith. يتم تغطية شبكات التطابق عالية Q ومنخفضة Q بتفاصيل. يتم مناقشة سلوك الترانزستور عند ترددات الراديو في الفصل الخامس. يتم تحديد المقاومة الداخلية، المقاومة الخارجية، سعة التغذية الراجعة، وتغيراتها عبر التردد. يتم شرح ورقات بيانات الترانزستور بالتفصيل، ويتم تقديم معلمات S و Z . يوضح الفصل السادس إجراءات تصميم كاملة لمكبرات الإشارة الصغيرة للراديو، باستخدام كل من معلمات S و Z . يتم تغطية توجيه الترانزستور، الاستقرار، تطابق الانطباعات، وتقنيات التحفيز بالتفصيل، مع أمثلة عملية. يتم تقديم دوائر الثبات ودوائر الاستقرار، كما ترسم على مخطط Smith، بينما يتم شرح إجراءات تصميم مكبر الإرسال للحد الأدنى من الضوضاء أيضاً.

موضوع الفصل 7 هو مكبرات الطاقة الراديوية. يصف هذا الفصل الفروقات بين مكبرات الإشارة الصغيرة والكبيرة، ويوفر إجراءات خطوة بخطوة لتصميم الأخيرة. تتضمن أقسام التصميم التي تناقض تطابق معاوقة خط التغذية المحوري ومحولات النقل عريضة النطاق. المرفق A هو دليل رياضي على التلاعيب بالأعداد المركبة مع التركيز على علاقتها بالمعاوقات المركبة. يوصى بقراءة هذا المرفق لأولئك الذين ليسوا على دراية بحساب الأعداد المركبة. ثم، يقوم المرفق B نهجاً نظامياً لتصميم الضوابط من خلال فحص معامل الشكل الضوضائي وعلاقته بتصميم الدوائر وتصميم الأنظمة الكلية. وأخيراً، في المرفق C، يتم تقديم قائمة مراجع للأوراق الفنية والكتب ذات الصلة بتصميم الدوائر الراديوية بحيث يمكنك، كقارئ، زيادة فهمك لإجراءات تصميم الدوائر الراديوية. كريس برويك

ACKNOWLEDGMENTS

المؤلف يود أن يعبر عن امتنانه للمساهمات التي قدمها العديد من الأفراد في إتمام هذا المشروع. أولاً وقبل كل شيء، شكر خاص يذهب إلى زوجتي، مورين، التي لم تقم فقط بكتابه المخطوط بلأكملها مرتين على الأقل، ولكنها أيضاً قامت بواجبات كل من محرر ومصدر تشجيع رئيسي للمؤلف طوال المشروع. من الواضح أنه بدون مساعدتها، لم يكن سيتم الانتهاء من هذا الكتاب. شكر إضافي يذهب إلى الأفراد والشركات التالية على مساهماتهم في شكل معلومات وورقات بيانات؛ بيل أميدن وجيم كوكس من شركة أميدن أسوشييتس، ديف ستيلوارت من شركة بيزو تكنولوجى، إيرفينغ كاديش من بيكتنيكس، براين برايس من إنديانا جنرال، ريتشارد باركر من فير رايت بروكتس، جاك جودمان من سبراج جودمان إلكترونيكس، فيليب سميث من آنالوج إنسترومنتز، لوثار شتيرن من ماتيريلا، ولاري وارد من مايكروويف أسوشييتس.

To my wife, Maureen, and daughter, Zoe . . .

CONTENTS

الفصل 1: المكونات - الأسلاك - المقاومات - السعات - الملفات اللولبية - الموصلات - تصميم الملف
اللولبي الثلاثي الأبعاد - نصائح عملية لتفاف الأسلاك الفصل 2: الدوائر الرنينية

تعريفات بعض المصطلحات - الرنين (المكونات غير المفقودة) - محمل 0-إدراج الخسارة - تحويل المعاوقة
- اقتران الدوائر الرنانة

CHAPTER 3

تصميم الفلتر © 44 الخلفية - تصميم فلتر حديث - التطبيع ونوع الفلتر المنخفض المرور - أنواع الفلتر -
تحجيم التردد والمقاومة - تصميم فلتر عالي المرور - الشبكة المزدوجة - تصميم فلتر مرور النطاق -
ملخص لإجراء تصميم فلتر مرور النطاق - تصميم فلتر رفض النطاق - تأثير Q المحدود

CHAPTER 4

مطابقة الانتقال. 66 الخلفية - شبكة L- التعامل مع الأحمال المعقدة - مطابقة العناصر الثلاثة - مطابقة
منخفضة الجودة أو واسعة النطاق - مخطط سميث - مطابقة الانتقال على مخطط سميث - ملخص

CHAPTER 5

المكون الإلكتروني عند ترددات الراديو. 98 الدائرة المكافئة للترانزستور - معلمات 7 - معلمات S - فهم ورقات
بيانات الترانزستور لترددات الراديو - ملخص

CHAPTER 6

مكبر الطاقة RF SmarLSicnar وصف تشويش ترانزستور ثنائي — التصميم باستخدام معلمات 7
— التصميم باستخدام معلمات S

CHAPTER 7

RF POWER AMPLIFIERS

خصائص ترانزستور الطاقة - توجيه الترانزستور - تصميم مكبر الطاقة - مطابقة خطوط التغذية المحورية - دوائر إيقاف تلقائي - نقل عريض

150

Transformers — Practical winding units — Summary

الملحق A

الجبر الخطي

164

APPENDIX B

NOISE CALCULATIONS

Types of Noise - Noise Figure - Receiver Systems Calculations

الملحق C

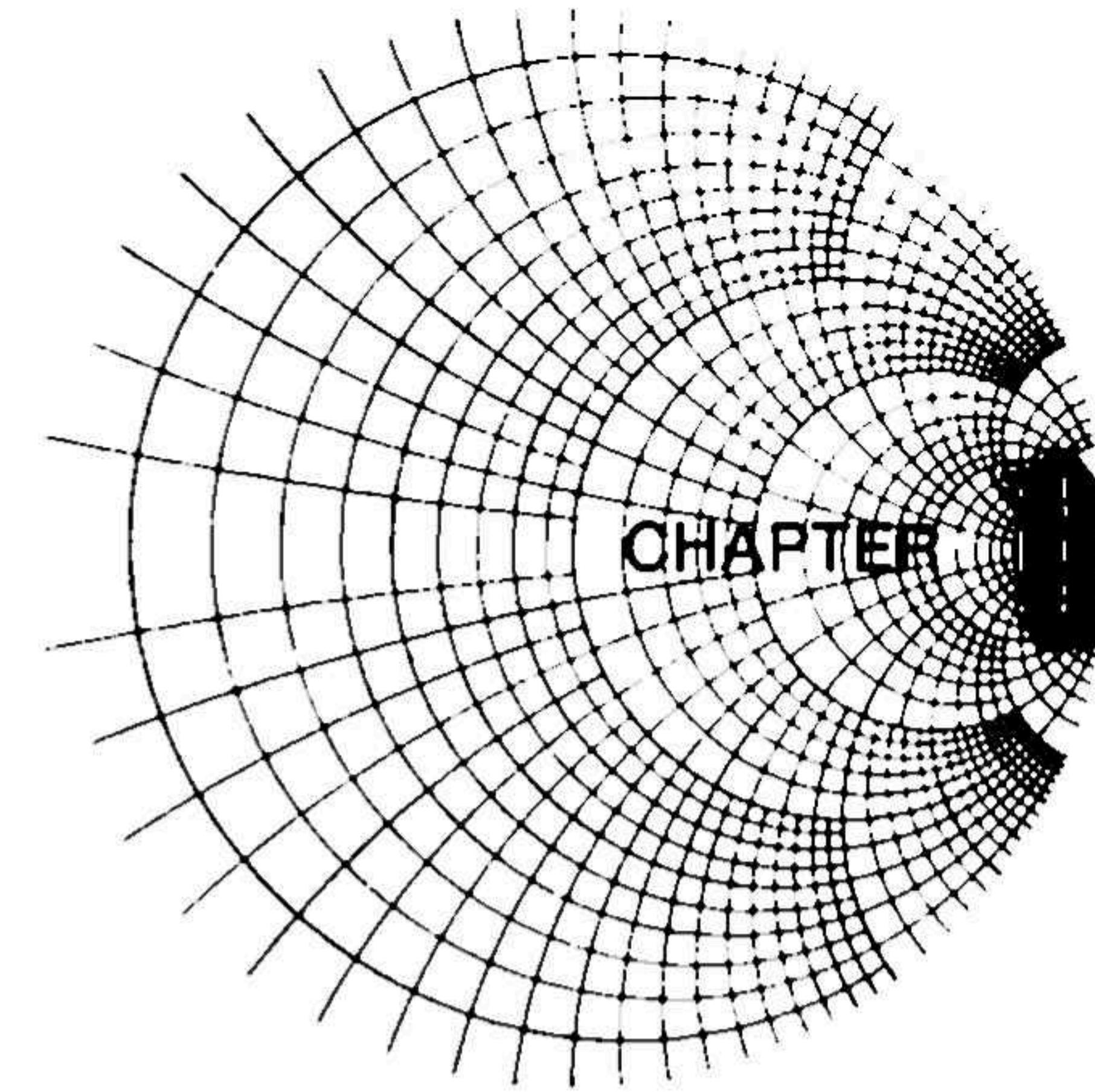
BIBLIOGRAPHY

Technical Papers - Books

170

INDEX

172



COMPONENTS

المكونات، تلك القطع والأجزاء التي تشكل دائرة التردد الراديوية، يبدو في بعض الأحيان أنها توخذ بشكل مفروض. فالمكثف، في النهاية، هو مكثف — أليس كذلك؟ مقارنة بقيمة 1 ميجا أمبير معاوقة على الأقل، بقيمة 1 ميجا أمبير، أليس كذلك؟ الرد فعل لفائف الإنديكتور يزيد دائماً مع التردد، صحيح؟ حسناً، كما سترى لاحقاً في هذا النقاش، الأمور ليست دائماً كما تبدو. المكثفات عند ترددات معينة قد لا تكون مكثفات على الإطلاق، بل قد تكون ذات طبيعة إنديكتيفية، بينما قد تبدو لفائف الإنديكتور مكثفات، والمقاومات قد تكون تميّل إلى أن تكون قليلاً من كليهما. في هذا الفصل، سنناقش خصائص المقاومات، المكثفات، والإندكتورات عند ترددات الراديو كما تتعلق بتصميم الدوائر. ولكن، أولاً، دعونا نلقي نظرة على أبسط مكون في أي نظام ونفحص مشكلاته عند ترددات الراديو.

يمكن حفظ القياسات وقطراتها من الجدول، ويمكن تحديد جميع قطرات الأسلاك الأخرى بدون الحاجة إلى الجدول (مثلاً 11).

تأثير الجلد

يسخدم الموصل، عند ترددات منخفضة، كامل مساحته العرضية كوسيلة نقل لحمل الشحنة. مع زيادة التردد، يؤدي زيادة الحقل المغناطيسي في وسط الموصل إلى تقديم معاوقة لحمل الشحنة، مما يقلل من كثافة التيار في وسط الموصل ويزيد من كثافة التيار حول حافته. هذه الزيادة في كثافة التيار بالقرب من حافة الموصل تعرف باسم تأثير الجلد. يحدث هذا التأثير في جميع الموصلات بما في ذلك أسلاك المقاومة وأسلاك السعة وأسلاك الملف. العمق داخل الموصل الذي تتخفض فيه كثافة تيار حامل الشحنة إلى $1/e$ أو 37% من قيمته على السطح، يعرف بعمق الجلد وهو دالة للتتردد والفناء والتوصيلية للوسط. وبالتالي، تختلف الموصلات المختلفة، مثل الفضة والألومنيوم والنحاس، في أعمق الجلد. النتيجة الصافية لتأثير الجلد هي انخفاض فعال في المساحة العرضية للموصل وبالتالي زيادة صافية في مقاومة التيار المتردد للسلك كما هو موضح في الشكل 1.1. بالنسبة للنحاس، يكون عمق الجلد حوالي 0.85 ميكرومتر عند 60 هرتز و 0.007 سم عند 1 ميجاهرتز. أو، لنعبر عنه بشكل آخر، 63% من تيار التيار العالي التردد الذي يتتفق في سلك نحاسي سيدفع على مسافة 0.007 سم من الحافة الخارجية للسلك.

WIRE

السلك في دائرة الراديو التردودية يمكن أن يأخذ العديد من الأشكال. مقاومات السلك الملفوفة، الملفات الولبية، والمكثفات ذات الأطراف المحورية والشعاعية تستخدم جميعاً سلكاً من نفس الحجم والطول إما في أطرافها، أو في الجسم الفعلي للمكون، أو في كليهما. يستخدم السلك أيضاً في العديد من التطبيقات التوصيلية في الطيف الراديو المنخفض. سلوك السلك في الطيف الراديو يعتمد إلى حد كبير على قطر السلك وطوله. تقوم الجدول 11 بتسجيل، في نظام القياس الأمريكي للأسلاك (AWG)، كل مقياس للسلك، قطره المقابل، وخصائص أخرى مثيرة لاهتمام المصمم الدوائر الراديوية. في نظام AWG، يتضاعف قطر السلك تقريراً كل ستة مقاييس للأسلاك. وبالتالي، إذا كانت الستة الأخيرة

Straight-Wire Inductors

في الوسط المحيط بأي موصل يحمل تياراً، يوجد حقل مغناطيسي. إذا كان التيار في الموصل متناوباً، فإن هذا الحقل المغناطيسي يتعدد وينكمش بشكل متناوب، وبالتالي، ينتج جهداً في السلك يعارض أي تغيير في تدفق التيار. هذا التعارض للتغيير يسمى الذاتي الانديكتانس، وتسمى أي شيء يمتلك هذه الخاصية منديكتور. الانديكتانس للسلك المستقيم قد يبدو تافهاً، ولكن كما سيرى لاحقاً في هذا الفصل، كلما زادت الترددات، كلما زاد أهميته. الانديكتانس لسلك مستقيم يعتمد على طوله وقطره، ويحسب بواسطة

EXAMPLE 1-1

بما أن قطر سلك AWG 50 هو 1.0 ميل (0.001 بوصة)، فإن قطر سلك AWG 14 يمكن حسابه باستخدام العلاقة التالية بين قطر الأسلاك وارقام AWG: $d_{\text{AWG}} = 0.005 \times \frac{92}{36-n}$. حيث: -

$$d_{\text{AWG}} = 0.005 \times \frac{92}{36-14} = 0.01558 \text{ ميل}$$

هو القطر بالبوصة لرقم AWG المحدد. (n) هو رقم AWG. لذا، سنقوم بحساب قطر السلك

$$d_{\text{AWG}} = 0.01558 \times 3.116 = 0.0479 \text{ بوصة}$$

$$0.0479 \text{ بوصة} = 0.064 \text{ ميل}$$

$$0.064 \text{ ميل} = 16 \text{ ميل}$$

$$16 \text{ ميل} = 2 \times 8 \text{ ميل}$$

$$2 \times 8 \text{ ميل} = 16 \text{ ميل}$$

$$16 \text{ ميل} = 2 \times 4 \text{ ميل}$$

$$2 \times 4 \text{ ميل} = 8 \text{ ميل}$$

$$8 \text{ ميل} = 2 \times 2 \text{ ميل}$$

$$2 \times 2 \text{ ميل} = 4 \text{ ميل}$$

$$4 \text{ ميل} = 1 \text{ ميل}$$

بوصة إذا، قطر سلك AWG 38 = 2 ميل AWG 44 = 2 ميل AWG 50 = 1 ميل

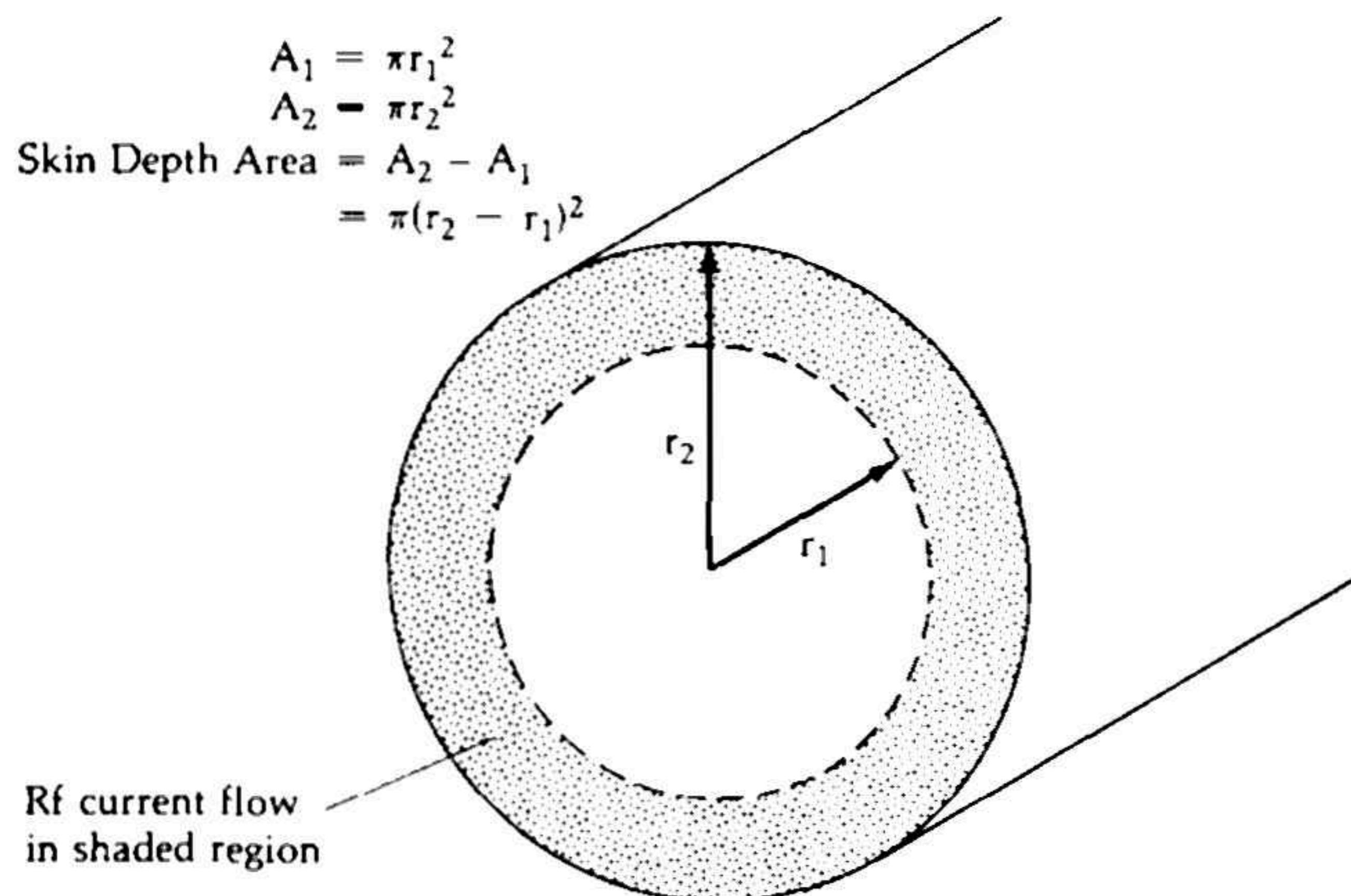


Fig. 1-1. Skin depth area of a conductor.

$$0.0021 \cdot 2.3 \lg(4 - 0.075) \text{ pH} \quad (\text{Eq. 1-1})$$

أين؟
قطر السلك بالسنتيمتر = d، طول السلك بالسنتيمتر = l، الاعتدال في
ميکروهندري $L =$

This is shown in calculations of Example 1-2.

EXAMPLE 1-2

Find the inductance of 5 centimeters of No. 22 copper wire.

Solution

من الجدول 11، قطر سلك النحاس رقم 22 هو 25.3 ميل. نظراً لأن 1 ميل يساوي 2.54×10^{-3} سم، فإن هذا يساوي 0.0843 سم. بوضعها في المعادلة 11 يعطي:

$$075) (0.002) (5) EE Jg (2k 075) \\ - 0.002) (5) EE Jg (2k$$

مفهوم التوصيل هو مهم لأن جميع الموصلات عند ترددات الرadio (بما في ذلك أسلاك الاتصال، وأسلاك السعة، إلخ) تظهر خاصية التوصيل. سيتم مناقشة الملفات اللولبية بتفصيل أكبر لاحقاً في هذا الفصل.

RESISTORS

المقاومة هي الخاصية للمادة التي تحدد معدل تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية لتيار كهربائي معين. بحسب التعريف.

$$1 \text{ volt across } 1 \text{ ohm} = 1 \text{ coulomb per second} \\ = 1 \text{ ampere}$$

The thermal dissipation in this circumstance is 1 watt.

$$P = EI \\ = 1 \text{ volt} \times 1 \text{ ampere} \\ = 1 \text{ watt}$$

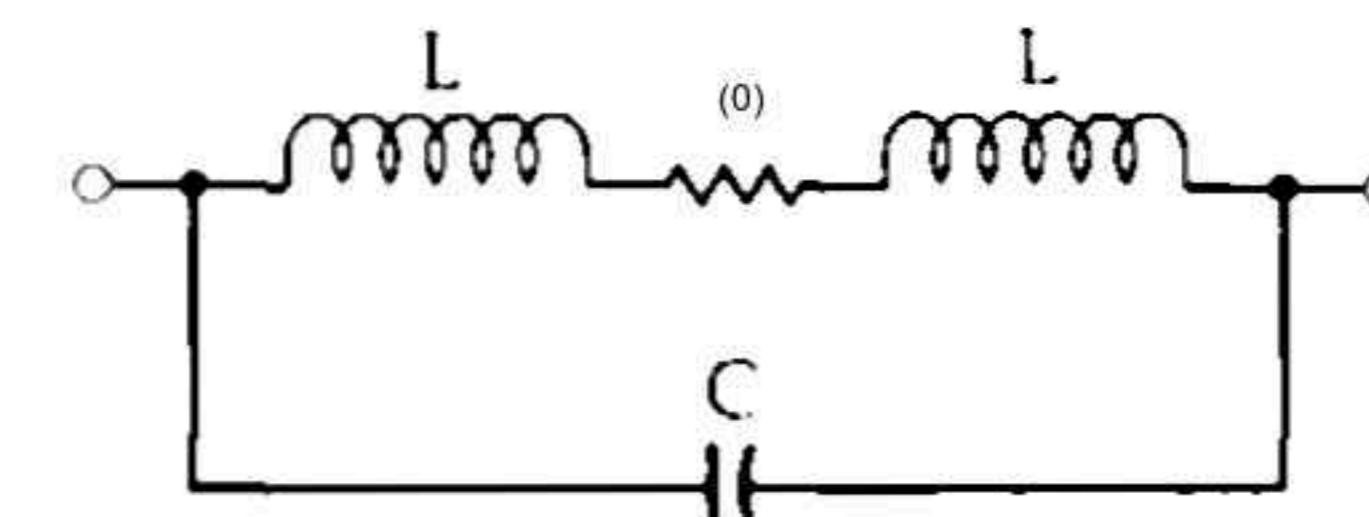


Fig. 1-2. Resistor equivalent circuit.

المقاومات تستخدم في كل مكان في الدوائر، كشبكات توجيه الترانزستورات، والأقراص، ومجموعات الإشارات. ومع ذلك، نادرًا ما يتم إيلاء أي اهتمام لكيفية سلوك المقاومة فعليًا عندما تبتعد عن عالم التيار المباشر (التيار المستمر). في بعض الحالات، مثل في شبكات توجيه الترانزستورات، ستستمر المقاومة في أداء وظيفتها في الدائرة التيار المستمر، ولكن قد تعطل نقطة التشغيل للترددات الراديوية في الدائرة أيضًا.

Resistor Equivalent Circuit

الدائرة المكافئة لمقاومة في ترددات الرadio موضحة في الشكل 12. R هو قيمة المقاومة نفسها، L هو التردد الذي ينتمي، وC هو مجموعة من السعات الطيفية التي تتغير من مقاومة إلى أخرى اعتماداً على هيكل المقاومة. المقاومات من تركيب الكربون تعتبر أداءً عاليًّاً على التردد. يمكن أن تكون مقاومة تركيب الكربون من حبيبات عازلة معبأة بلحكم أو حبيبات كربون. بين كل زوج من حبيبات الكربون يوجد سعة طيفية صغيرة جدًا. هذه السعات الطيفية، في مجموعها، ليست غير مهمة، وهي المكون الرئيسي للدائرة المكافئة للجهاز. المقاومات السلكية لها مشاكل عند ترددات الرadio. كما يمكن توقعه، تظهر هذه المقاومات مقاومات متغيرة بشكل واسع عبر ترددات مختلفة. وهذا ينطوي بشكل خاص على القيم المنخفضة للمقاومة في نطاق التردد من 10 ميجاهرتز إلى 200 ميجاهرتز. الملف L، الموضح في الدائرة المكافئة في الشكل 12، أكبر بكثير لمقاومة سلكية منه لمقاومة تركيب الكربون. يمكن حساب قيمته باستخدام صيغة التقرير للملف الهوائي ذو الطبقية الواحدة. سيتم مناقشة هذه الصيغة لاحقًا في هذا الفصل. لأن المقاومات السلكية تبدو مثل الملفات، فإن مقاوماتها ستزيد أولاً مع زيادة التردد. في تردد معين (Fr)، ومع ذلك، ستترنح الاندكتانس (L) مع السعة الموازية.

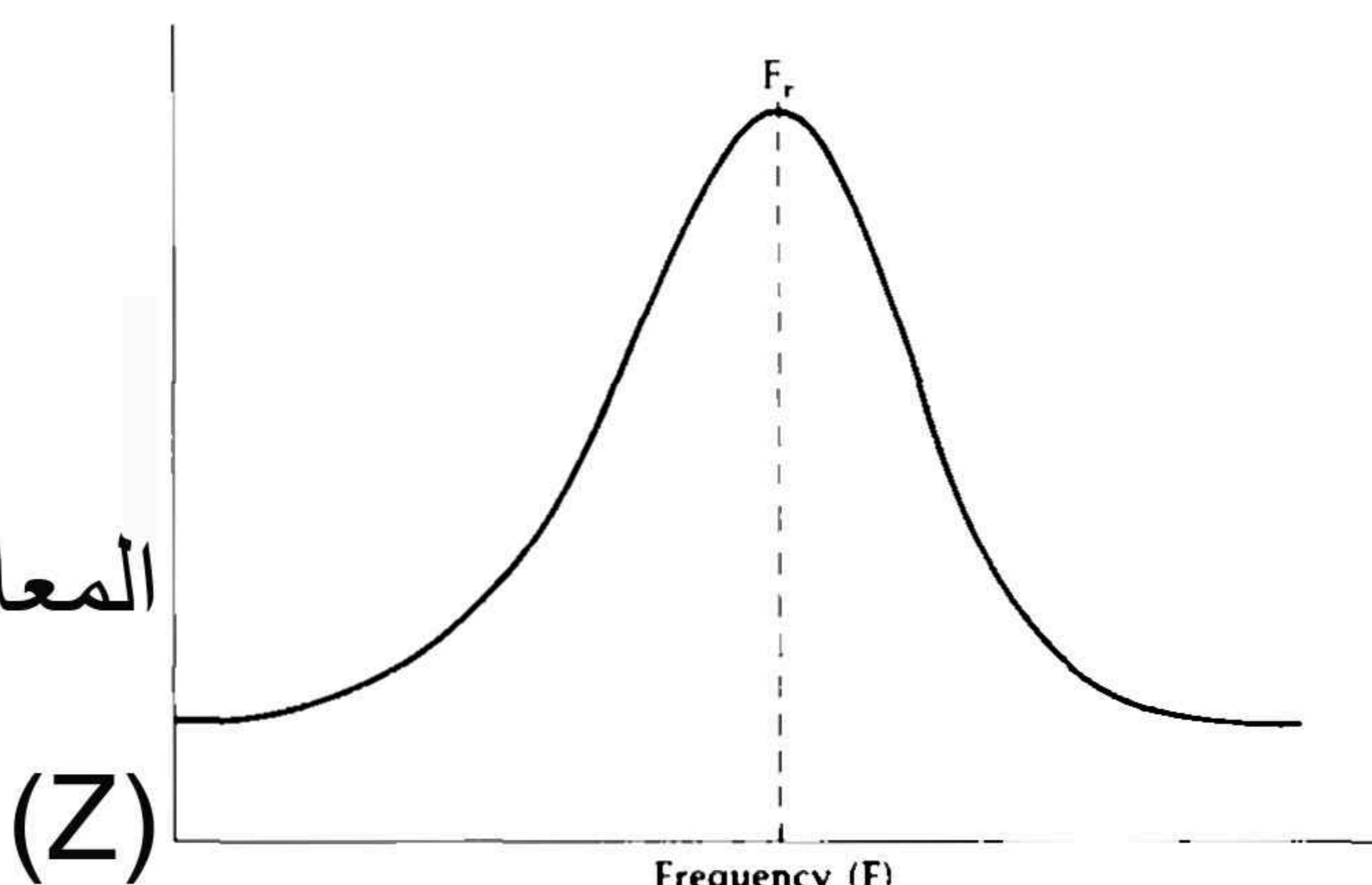
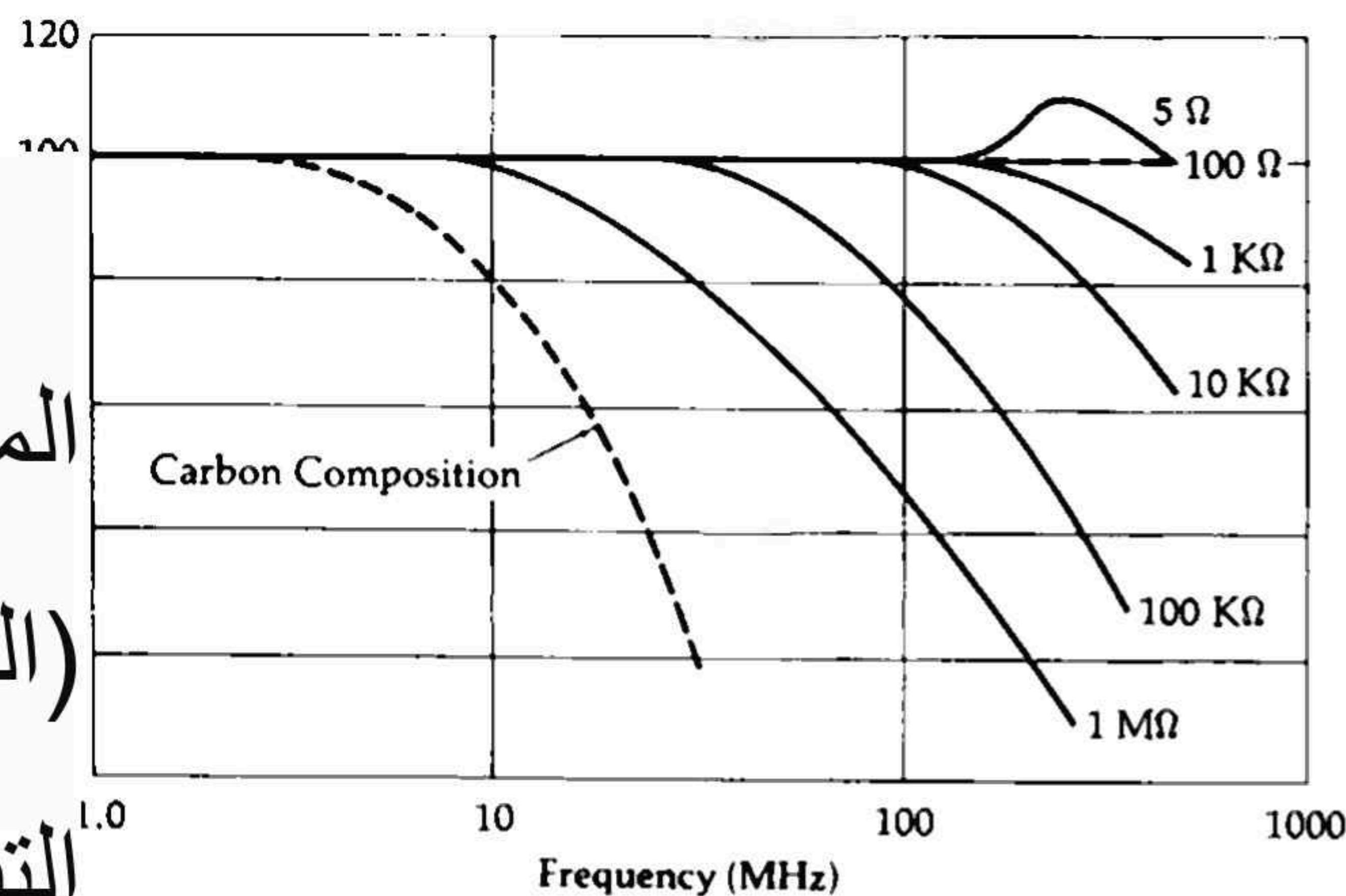


Fig. 1-3. Impedance characteristic of a wirewound resistor.

COMPONENTS

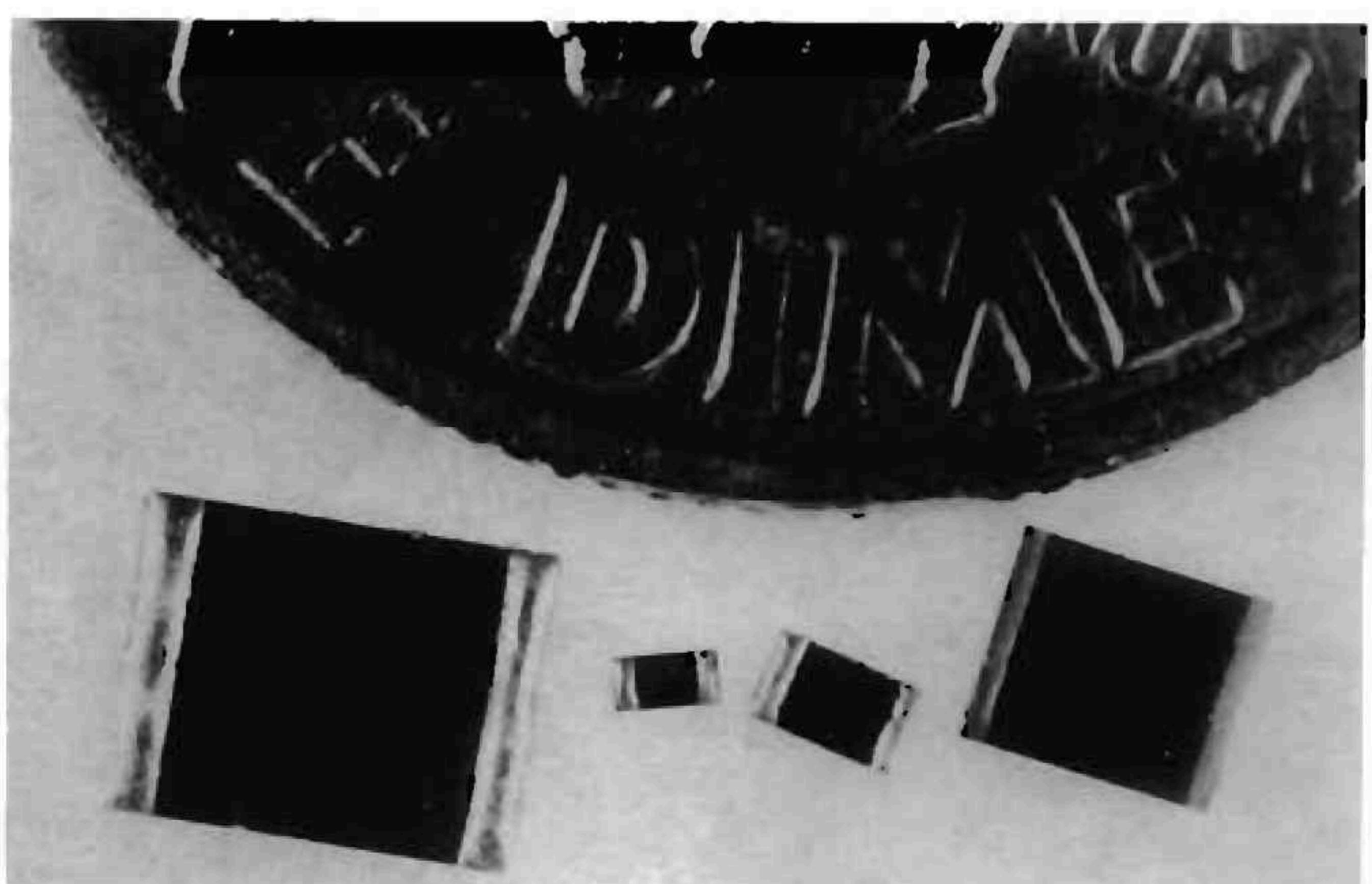
(0)

المعاوقة (المقاومة) التيار (المستمر)



الشكل رقم 14. الخصائص التردودية لمقاومات الأفلام المعدنية مقابل تركيب المقاومات الكربونية. (معدل من كتاب مكونات الإلكترونيات، مكروهيل).

المعاؤقة تنتج قمة ارتجاعية، كما هو موضح للمقاومة 5 أوم في الشكل 14، وتقل ظاهرة الجلد من انحدار المنحني مع انخفاض التردد. العديد من الشركات المصنعة ستقدم بيانات عن سلوك المقاومة عند التردودات الراديوية ولكن قد تكون مضللة في كثير من الأحيان. بمجرد فهمك للآليات المعنية بسلوك المقاومة، لن يهمك كيفية تقديم البيانات. يوضح المثال 13 هذه الحقيقة. الاتجاه الحديث في تكنولوجيا المقاومات كان تقليل أو القضاء على التفاعلات العابرة المرتبطة بالمقاومات. هذا أدى إلى تطوير مقاومات رفائية رقيقة الطبقة، مثل تلك الموضحة في الشكل 16. عادة ما يتم إنتاجها على قواعد من الألومنيوم أو البريليا وتقدم قليلاً جداً من التفاعل الطيفي عند تردودات تتراوح من التيار المستمر إلى 2 جيجاهرتز.



شكرا لك على النص. شكل 18. مقاومات رفائية ذات طبقة رقيقة. (بموافقة شركة بيكلينكس، شركة)

في الشكل 1.2، طول الأسلاك الراددة على مقاومة الفيلم المعنى هو 1.27 سم (0.5 بوصة)، وتكون من سلك رقم 14. السعة الكلية للتثبيث الجانبي (C) هي 0.3 بيكوفاراد. إذا كانت قيمة المقاومة 10,000 أوم، فما هي معاؤقتها المكافئة عند 200 ميجاهرتز؟

الدائرة المكافئة لهذا المقاومة، عند 200 ميجاهرتز، موضحة في الشكل 15. من هذا الرسم، يمكننا أن نرى أن، في هذه الحالة، التردد الرادن غير مهم بالمقارنة مع المقاومة السلسلية 10 كيلو أوم وقد يكون

Solution

من الجدول 11، قطر سلك AWG رقم 14 هو 64.1 ميل (0.1628 سم). لذلك، باستخدام المعادلة 11:

$$X_{L} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 200 \times 10^6 \times 0.3 \times 10^{-12}} = 10.93 \Omega$$

$$Z_{eq} = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{10000^2 + 10.93^2} = 10.93 \Omega$$

$$L = \frac{1}{\omega X_L} = \frac{1}{2\pi f X_L} = \frac{1}{2\pi \times 200 \times 10^6 \times 10.93 \times 10^{-12}} = 8.7 \text{ nH}$$

$$= 0.002(1.27) \times 10^{-9} = 0.002544 \times 10^{-9} = 2.544 \times 10^{-12} \text{ H}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$= \frac{1}{2\pi \times 200 \times 10^6 \times 0.3 \times 10^{-12}} = 10.93 \Omega$$

2653 ساعه ودقيقه وثانية

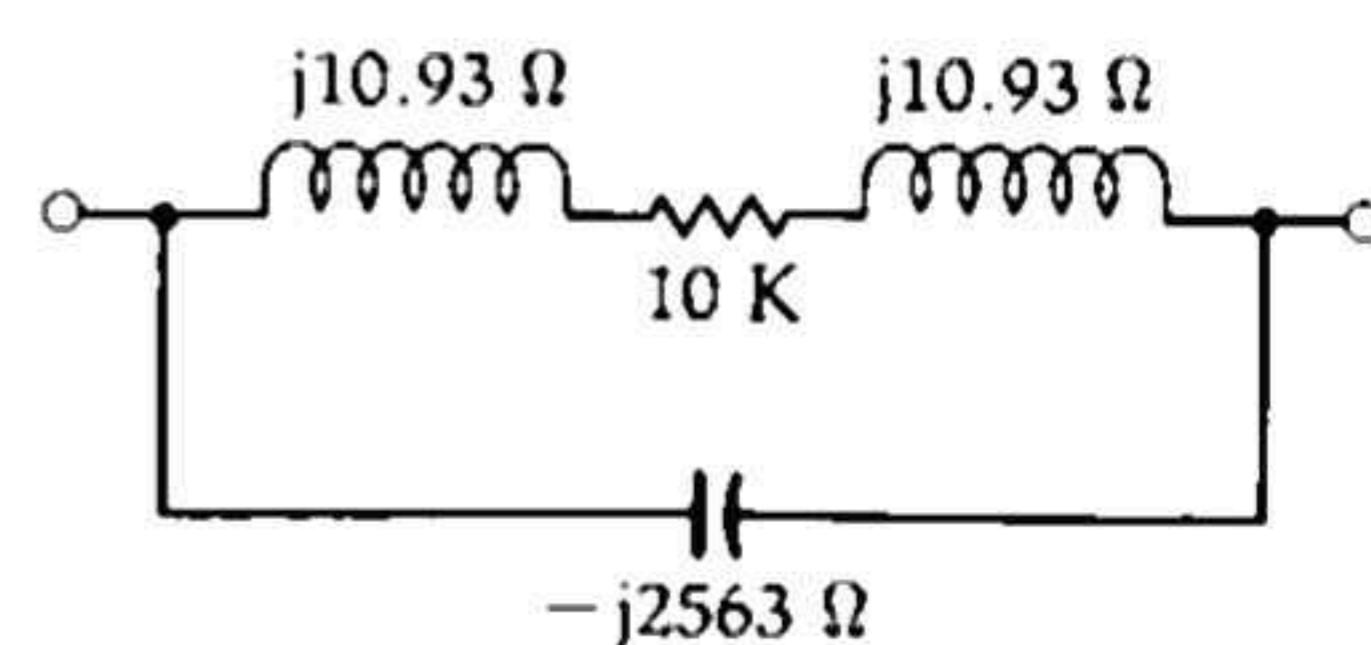


Fig. 1-5. Equivalent circuit values for Example 1-3.

السعة الطيفية لا يمكن تجاوزها. مالدينا الآن، في الواقع، هو معاؤقة بقيمة 25630 أوم موازية مع مقاومة بقيمة 10,000 أوم. قيمة المعاؤقة المكافئة هي

تبدو كـ 1890 هـ عند 200 ميجاهرتز كـ 10K، المقاومة 10

$$X_C = (10K)(2563) = V(10K)24 = (2563)2 = 1890.5$$

RX. VR2

CAPACITORS

المكثفات تستخدم على نطاق واسع في تطبيقات الراديو التردية، مثل التجاوز، والتوصيل بين المراحل، وفي الدوائر الرنانة والمرشحات. من المهم أن نذكر، ومع ذلك، أن ليس جميع المكثفات تصلح بنفس القدر لكل من التطبيقات المذكورة أعلاه. المهمة الأساسية لمصمم الدوائر الراديوية، فيما يتعلق بالمكثفات، هي اختيار أفضل مكثف لتطبيقه الخاص. تكلفة الحل تكون عادة عالياً رئيسيًا في عملية الاختيار، وبالتالي، يحدث العديد من التنازلات. في هذا القسم، سنلقي نظرة على الدائرة المكافنة للمكثف وسنفحص بعض أنواع المكثفات المستخدمة في ترددات الراديو لنرى أيها الأنسب لبعض التطبيقات. ولكن أولاً، دعونا نقوم بمراجعة سريعة.

Parallel-Plate Capacitor

المكثف هو أي جهاز يتكون من سطحين موصلين بمادة عازلة أو مادة عازلة. المادة العازلة عادة ما تكون سيراميك، هواء، ورق، ميكا، بلاستيك، فيلم، زجاج، أو غير ذلك. السعة الكهربائية للمكثف هي تلك الخاصة التي تسمح بتخزين شحنة عندما يكون هناك فرق جهد بين الموصلين. يتم قياس السعة الكهربائية بوحدة الفاراد. عند شحن مكثف بسعة فاراد واحد، يرتفع جهده بمقدار فولت واحد عندما يتلقى شحنة بمقدار كولوم واحد.

$$C = \frac{Q}{V}$$

الجهد بالفولت = V ، الشحنة بالكولومب = Q ، السعة

بالفاراد

ومع ذلك، الفاراد هو وحدة غير عملية للعمل معها، لذا تم تصميم وحدات أصغر.

$$1 \text{ ميكروفاراد} = 1 \text{ ميكروفاراد} = 1 \times 10^{-12} \text{ فاراد} = 1 \text{ فاراد} = 1 \text{ بيكوفاراد}$$

كما ذكر سابقاً، فإن المكثف في شكله الأساسي يتكون من لوحتين معدنيتين موصلتين بمادة عازلة من نفس النوع. إذا كانا ينبع مساحة (A) كل لوح معدني، والمسافة (d) بين اللوح (بالإنجليزية)، وثابت العزل (ε) للمادة العازلة بوحدة فاراد لكل متر (فاراد/متر)، يمكن إيجاد سعة المكثف الكهربائي لمكثف موازي الألوان بواسطة

$$\text{المعادلة (12)} \text{ حيث، } \epsilon_0 = \text{ثابت العزل في الفراغ} = 8.854 \times 10^{-12} \text{ فاراد/متر.}$$

في المعادلة 12، يجب أن تكون المساحة (A) كبيرة بالنسبة لمسافة (d). نسبة ϵ/ϵ_0 ، تعرف باسم الثابت الكهربائي (κ) للمادة. الثابت الكهربائي هو عدد يوفر مقارنة بين المادة العازلة المعطاة والهواء (انظر الشكل 1.7). النسبة ϵ/ϵ_0 للهواء هي، بالطبع، 1. إذا كان الثابت الكهربائي لمادة ما أكبر من 1، فإن استخدامها في مكثف عازل سيسمح بكمية أكبر من الشحنات.

العزل الهوائي 1 البوليستيرين 2.5 الورق

4 الميكا 5 الخزف (معامل العزل) 10

Ceramic (mica) 100-10,000

Fig. 1-7. Dielectric constants of some common materials.

السعة لفونس سمك المادة العازلة كما في الهواء. لذلك، إذا كان ثابت المادة العازلة 3، فإنه سينتج سعة ثلاثة مرات سعة واحدة تحتوي على الهواء عازل لها. بالنسبة لقيمة معينة من السعة، فإن المواد ذات الثابت العازل الأعلى ستنتج سعات أصغر حجماً بشكل فعلي. ولكن، نظراً لأن المادة العازلة تلعب دوراً كبيراً في تحديد السعة لمكثف، فإنه يتبع أن تأثير المادة العازلة في مكثف يعمل عبر التردد ودرجة الحرارة، غالباً ما يكون مهمًا.

Real-World Capacitors

استخدام المكثف يعتمد في المقام الأول على خصائص المادة المتعاملة معها. خصائص المادة المتعاملة تحدد أيضاً مستويات الجهد والحدود الحرارية التي يمكن استخدام الجهاز عندها. وبالتالي، أي خسائر أو عيوب في المادة المتعاملة لها تأثير هائل على عمل الدائرة. يظهر الدائرة المكافنة للمكثف في الشكل 1.8، حيث يعبر C عن السعة، ويعبر R عن الخسارة في التحويل الحراري المعبر عنها بما معامل القراءة (PF) أو معامل التحويل (DF)، ويعبر R عن المقاومة العازلة، ويعبر L عن التوصيل الذاتي للأطراف والألوان. هناك بعض التعريفات المطلوبة الآن. معامل القراءة -في مكثف مثالي، سيقود التيار المتناوب التيار المطبق بزاوية 90 درجة. ستكون هذه الزاوية الفازية (ϕ) أصغر في مكثف حقيقي بسبب المقاومة الكلية في التسلسل (R, L, R) التي تظهر في الدائرة المكافنة. وبالتالي،

الرجاء تقديم سياق أو

عامل الطاقة هو دالة لدرجة الحرارة والتردد ومادة العازل. مقاومة العزل -هذا هو قياس لكمية التيار المستمر الذي يمر من خلال العازل لمكثف مع تطبيق الجهد. لا يوجد مادة عازلة مثالية؛ لذا، يجب أن يتدفق بعض التيار التسربى. يتمثل هذا المسار الحالى بـ R في الدائرة المكافنة وعادة ما يكون له قيمة تبلغ 100,000 ميجا أوم أو أكثر. المقاومة السلسلية الفعالة -تحضر بـ ESR ، هذه المقاومة هي المقاومة المكافنة المجمعة لـ R و L ، وهي المقاومة المتناوبة لمكثف.

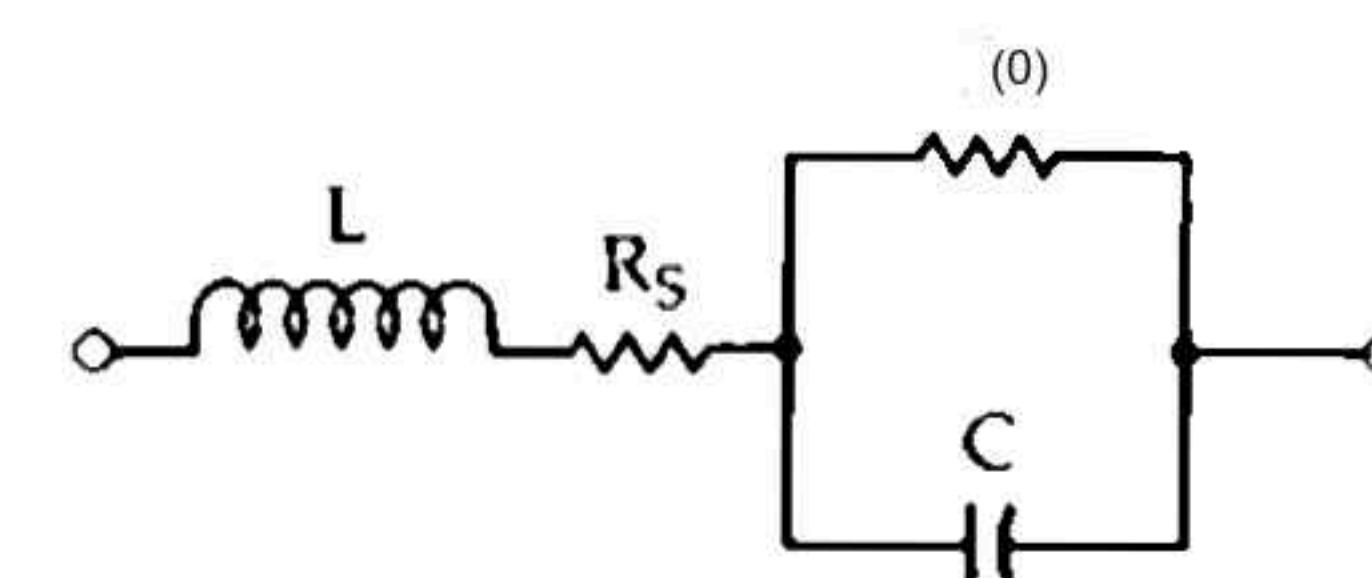


Fig. 1-8. Capacitor equivalent circuit.