

电学基础讲座 第六册

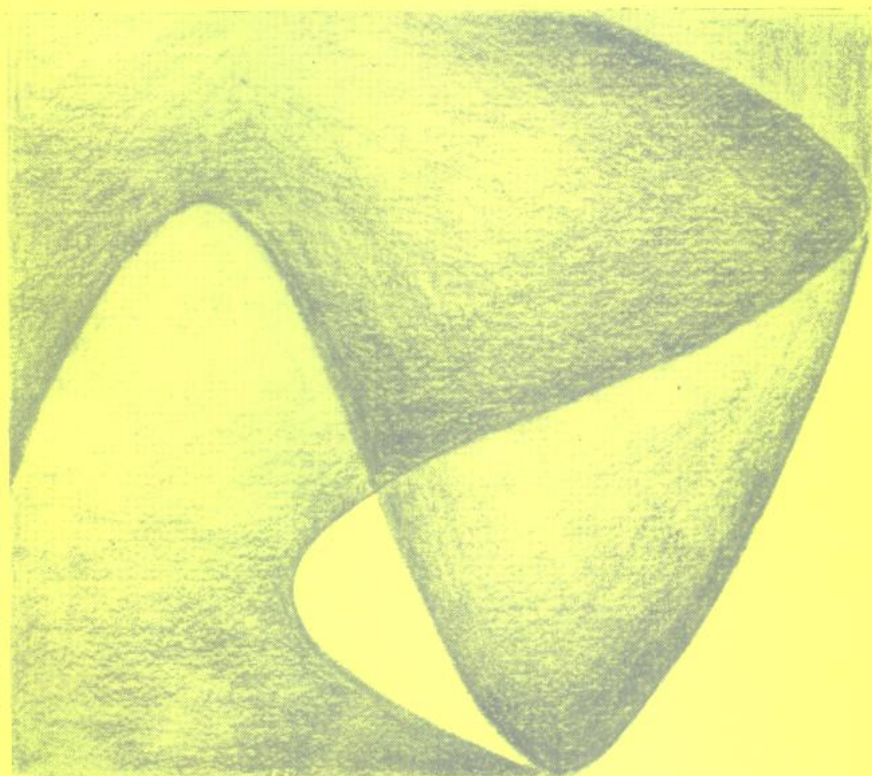
程序式学习法

基础电子学

电子电路(二)

〔日〕末武国弘 主编

松下电器工学院 编著



机械工业出版社

73.76
153
2

程序式学习法
电学基础讲座 第六册

基础电子学

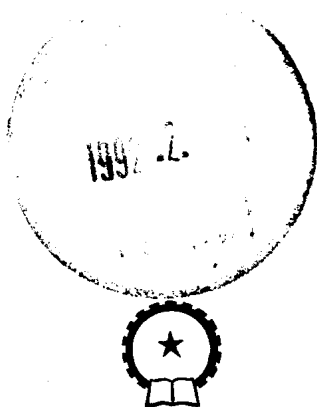
电子电路(二)

〔日〕末武国弘 主编

松下电器工学院 编著

萧鸿猷 张先权 译

陈松阮 婴 校



机械工业出版社

9310012

(京) 新登字054号

本书是日本松下电器公司的职工培训教材,全套教材共分六册(书目附后),这是第六册《电子电路(二)》。主要讲述各种基本放大电路的工作原理及其特性,并对振荡、调制、解调亦作了简明的介绍,还使用 Λ 参数讨论了晶体管的等效电路。本书共分十四章,每章均有练习题及题解,书末还编写了测验题并附有答案,以便读者检查自己的学习效果。

本书是采用当前世界流行的程序式教学法进行编写的。内容由浅入深,概念清晰,喻比新颖,引人入胜;叙述深入浅出,通俗易懂;有问有答,便于自学。特别适合作工矿企业职工的培训教材和工人、干部及中学生的自学读物。也可作为技工学校和职业中学的教学参考书。

電気基礎講座 6

プログラム学習による

基礎電子工学〔電子回路編Ⅱ〕

監修 末武国弘

編著 松下電器工学院

発行 松下電器産業株式会社

昭和51年6月1日初版発行

昭和56年5月1日13刷発行

* * *

程序式学习法

电学基础讲座 第六册

基础电子学 电子电路(二)

〔日〕末武国弘 主编

松下电器工学院 编著

萧鸿猷 张先权 译

陈松 阮婴 校

*

责任编辑:董保申 版式设计:霍永明

责任印制:路琳 责任校对:熊天荣

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $10^{5/8}$ · 字数 364 千字
1992年8月北京第1版·1992年8月北京第1次印刷

印数 00,001—1,650 · 定价: 9.50元

*

ISBN 7-111-02807-4/TM·355

主 编 者 的 话

有这样的成语：“明珠暗投”或“马耳东风”。这就是说，无论给谁多么好的东西，总要对方对那件东西感兴趣才行，如果他本人不喜欢，就会无动于衷。上述的成语所比喻的最能表明这种情况。学习也是如此，如果学习者对其所学习的不感兴趣，即使内容再精彩也是枉然。

就是说，如果没有学习的欲望，而是漫不经心地学习，必然会毫无成效。

如果，学习者从一开始就具有学习的欲望，那当然最好，但也有这种情况，就是在学习开始之后才产生兴趣的。对于学校教学的情况，从其效果来看就与后者相当，所以，教师就应千方百计地想办法来激发学生学习的积极性。

程序式学习法的课本是以自学自习为主的，对于没有学习欲望的人本来是不适用的；但是，现在我们从教育工程学的角度对以往的程序式学习法的课本加以研讨，对它进行了改革，从而编写成这套世界上少有的新程序式学习法的课本。我们把这种形式命名为：

“模仿家庭教师形式”

这种形式与传统的程序式学习法的课本基本相同，所不同的只是它增加了解答栏。

在解答栏中，除了普通的答案之外，还加上了模仿“家庭教师的批语”。有时提问、有时提示；有时评论、有时鼓励。根据情况从学习者的角度出发有问有答，作到共同学习，从而使人产生一种感觉，宛如在学习者的身边有老师和同学在一起上课似的。

这种形式，从教育工程学上说，就是给予学习者的一种有效信息的反馈方法，或者叫做效果认识法(Knowledge of Results)，随时巩固学习所得成果。

3100180

发 行 前 言

这套讲座是松下电器产业有限公司的教育训练机构——松下电器工学院用作对公司人员进行电学基础知识教育的教材，它一方面参考了中等工业学校及各职业训练学校的教学大纲，一方面参考历来的学校教科书与程序式学习法的课本，但不拘泥于以往的教学方法，而是总结教学经验以新程序式学习法的形式编写而成的。

因此，本书可望适用于下列目的：

1. 可供中等工业学校、中等职业训练学校，其它各类技术学校及企业内教育机构用作电学基础课的教科书或参考书。

2. 对于机械、化工、经营管理等非电专业的技职人员，为了适应在现代社会活动中对科学知识的需要，可用作学习有关电工、电子技术知识的读物。

3. 对于从事高级电器产品、自动化装置、自动车床及工业测量仪表操作的技术工人，为了理解所操作的设备，可作为学习必要的电学基础知识的读物。

4. 可用作电化教育设备的软件。

5. 可用作通俗的自学读物。

本册是《电学基础讲座》的第六册基础电子学《电子电路(二)》，是为初学电气知识的人编写的。书中引用人们身边经常遇到的事物现象进行解说，使学习者获得电子技术的基本概念和进行计算与运用的技能。

本书的缺点，如蒙读者批评指正，则不胜荣幸。

编著者代表

本书的特色和目的

1 本书各章由下列几部分构成：

- ① 学习目标
- ② 内容提要
- ③ 学习内容
- ④ 练习题
- ⑤ 试题（及格测验）

- 2 在“学习目标”中，简单地叙述了该章进行学习的目标。
- 3 在“内容提要”中，对该章的学习内容进行归纳，并作出简要的概括，也可用作学习的小结。
- 4 在“学习内容”中，学习内容以新程序式学习的教学方法展开；在解答栏中，除答案之外，还采用了效果认识法（Knowledge of Results），加上了模仿“家庭教师的批语”，这是教育工程学上用以提高读者学习积极性和巩固学习所得成果的一种新的方法。
- 5 “练习题”是为了使读者充分掌握学习内容中所学到的概念、定律，以及提高计算能力而选择的广泛内容，并附有详细解答。
- 6 “试题”可用作检查学习者对各章学习成效的测验题目。每章出10题，100分为满分。
- 7 曾在学校里学过的人，在走向社会后获得再受教育的机会、打算再一次学习时，如嫌本书学习内容过分详细，则可采取以内容提要为主和做练习题入手进行学习的方法。
- 8 在集体教学的单位采用本书作教材时，可根据内容提要进行讲授。
- 9 若把试题的内容选取一些给与学习者作为测验题目，就可以对学习者的学习成果作出评价。
- 10 在企业内的教育培训机构中，举办在职培训、短期集训、函授教育及组织自学等采用本书进行教学时，可根据内容提要讲授，并可把试题作为及格测验和汇报学习成果的试题。

本书的使用方法

- 1 初学电学知识的人请从“学习内容”开始学习。
- 2 “学习内容”是根据新程序式学习的教学方法与教师的讲授一样地展开的。

先用一块特别配制的盖板(如下图粗线隐格所示),把解答栏遮盖起来,这样,读者先不看答案,仔细阅读内容,认真思考,并在____处填空。

第一格 →	1. 本书依内容提要、____内容、练习题、然后为试题的次序构成。	(学习)
第二格 →	2. 内容____是对该章的学习内容作简洁的叙述。	(提要)
	3. 学习____中,学习内容根据程序式学习的教学方法简单易懂地展开着。	

- 3 仔细阅读每格的内容,如果弄清了应填入____中的答案,就把它记在笔记本上。
- 4 如对自己思考的答案有把握了,就挪一挪盖板,与解答栏中的答案对照,判定是否正确。
- 5 如果自己思考的解答正确,就进行到下一格;如果错了,就再仔细阅读一遍,直至掌握并理解正确解答时为止。不必追求速度,最重要的是一格一格地充分理解并稳步前进。
- 6 最后,请对书后所附的“试题”作出解答,以便检验学习的成效。

目 录

第一章	放大电路的分类	1
第二章	交流负载线	19
第三章	RC耦合放大电路	37
第四章	功率放大电路	57
第五章	直流放大电路	85
第六章	负反馈放大电路	109
第七章	高频放大电路	129
第八章	振荡	149
第九章	调幅(AM)	165
第十章	调频(FM)	187
第十一章	解调	203
第十二章	电源电路	229
第十三章	h 参数	251
第十四章	等效电路	275
各章练习题解答		299
试题(及格测验)		311
测验题答案		332
本书所用单位名称中英文对照表		333

第一章 放大电路的分类

——学 习 目 的——

1. 掌握将放大电路按其被放大信号的类别和电路构成方式等进行分类的方法。
2. 根据放大电路所放大信号的类别和电路的结构, 弄清放大电路按下列情形分类时的电路名称:
 - (1) 按信号频率分;
 - (2) 按信号大小分;
 - (3) 按频带分;
 - (4) 按耦合方式分;
 - (5) 按接地方式分;
 - (6) 按工作点分。
3. 了解由于分类方法的不同, 即使是同一放大电路, 也会有各种不同的名称。

内 容 提 要

1 放大电路按其输入信号的类别和电路构成方式, 可作如下几种分类:

(1) 按信号频率分

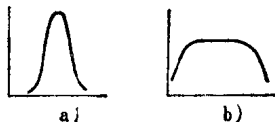
- 低频放大电路 $\Longrightarrow$ 是对音频信号进行放大的电路;
- 高频放大电路 $\Longrightarrow$ 是对广播和电视等高频信号进行放大的电路;
- 直流放大电路 $\Longrightarrow$ 主要是对含有直流成分的信号进行放大的电路。

(2) 按信号大小分

- 小信号放大电路 $\Longrightarrow$ 是对诸如话筒输出的微小信号进行放大的电路;
- 大信号放大电路 $\Longrightarrow$ 是产生能推动扬声器等所需大功率的放大电路;

(3) 按频带分

- 窄带放大电路 $\Longrightarrow$ 是对图 a 所示的窄频带信号进行放大的电路。
- 宽带放大电路 $\Longrightarrow$ 是对图 b 所示的宽频带信号进行放大的电路。



(4) 按电路耦合方式分

- RC 耦合放大电路 $\Longrightarrow$ 是把负载电阻 R 上所产生的输出信号通过电容 C 传送到下一级的放大电路;
- 变压器耦合放大电路 $\Longrightarrow$ 是利用变压器使信号通过电磁感应传送到下一级的放大电路;
- 直接耦合放大电路 $\Longrightarrow$ 是从直流的观点看、使电路直接进行耦合的放大电路。

(5) 按接地方式分

- 基极接地放大电路 $\Longrightarrow$ 是高频特性最好的电路;
- 发射极接地放大电路 $\Longrightarrow$ 是功率增益最大的电路;
- 集电极接地放大电路 $\Longrightarrow$ 是输入阻抗很大、输出阻抗很小的电路。

(6) 按工作点分

- 甲类放大电路 $\Longrightarrow$ 是将工作点选定在负载线中心附近的放大电路;
- 乙类放大电路 $\Longrightarrow$ 是使基·射极之间的偏压大体为零的放大电路;
- 丙类放大电路 $\Longrightarrow$ 是在基·射极之间加上反向偏压、使集电极电流的流动时间不足半个周期的放大电路。

2 即使是同一放大电路, 由于分类的标准不同, 也会有各种不同的名称。

〔例〕 当利用发射极接地的 RC 耦合放大电路来放大话筒的输出信号时,

- 按信号频率分 $\Rightarrow$ 低频放大电路；
- 按信号大小分 $\Rightarrow$ 小信号放大电路；
- 按频带分 $\Rightarrow$ 宽带放大电路；
- 按电路耦合方式分 $\Rightarrow$ RC 耦合放大电路；
- 按接地方式分 $\Rightarrow$ 发射极接地放大电路；
- 按工作点分 $\Rightarrow$ 甲类放大电路。

9310012

内 容 展 开

1 关于偏置电路，我们在“电子电路（一）”中已经学过了，还记得吗？

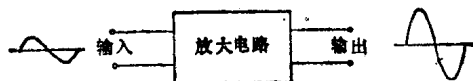
偏置电路，就是为了使晶体管产生放大作用而向其提供所需“直流”电流的电路。

因此，偏置电路设置以后，如在输入端加上信号，就可以由输出端取出被放大的信号。

“《电子电路（一）》学完了吗？”

“那我们就开始一起学习本书吧。”

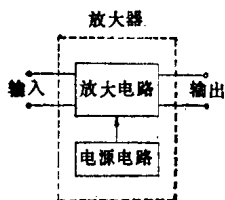
2 以产生放大作用为目的而构成的电路，称为放大电路（amplifier circuit）。



“有时也把整个放大电路总称为‘放大器’。”

3 另外，有时也把这种放大电路以及用来提供“直流”电流的电源电路一起通称为放大器。

但是，由于放大电路没有____就不能工作，所以，一般不加区别地、笼统地把它们称为放大电路或放大器。



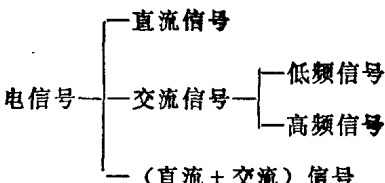
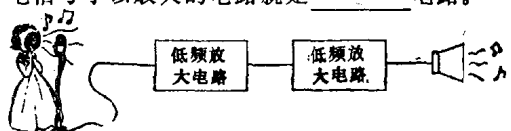
电 源

“不要那样拘谨，事实上，无论用哪个名称都一样。”

4 放大电路可以根据输入信号的类别或电路的构成方式进行分类。

因此，即使是同一放大电路，由于分类标准不同，也会有许多不同的名称。

本书所采取的分类方法是按输入信号的频率把放大电路大致分为两类；另外，也按输入信号的大小进行分类。本章作为学习放大电路的准备，我们先粗略地学习一下各种分类方法。

(1) 按信号频率分; (2) 按信号大小分; (3) 按频带分; (4) 按耦合方式分; (5) 按接地方式分; (6) 按工作点分。	这么多类别呀? “不过是很不同 的分类方法罢了, 请记住这些分 类。”
5 按信号频率分 放大电路所处理的电信号大体上可分为直流信号和交流信号两类。 交流信号再按其频率的不同, 又大致可分为低频信号和高频信号, 即:  <pre> graph LR A[电信号] --- B[直流信号] A --- C[交流信号] C --- D[低频信号] C --- E[高频信号] F["(直流 + 交流) 信号"] </pre>	“晶体管也有低 频管和高频管。”
6 这样, 所放大的信号有直流信号和(a) 交流 信号之分, 而交流信号又可大体上分为(b) 低频 信号和高频信号。 于是, 放大电路也可以按照它们各自所处理的信号频率进行分类。	(a) 交流 (b) 低频 “这些已经清楚 了吧?”
7 低频, 一般也称为音频 (audio-frequency), 是人耳所能听到的频率范围, 大约为20[Hz]~20[kHz]。 而处理这个频率范围内的信号的电路, 则称为低频放大电路。	它是处理声音和 音乐等信号的电 路, 对吧? “是的, 也叫作音 频电路。”
8 例如, 通过话筒将音频信号变换成电信号, 并把这个电信号予以放大的电路就是 低频放大电路。 	低频放大 是这样的。

9 另外, 由广播电台发射的无线电广播和电视等电波, 其频率是非常高的。

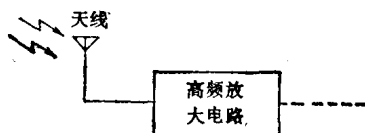
因此, 通过天线接收到的这些电波, 其信号频率就比音频信号的频率要高得多。

〔例〕 无线电广播→535〔kHz〕~1605〔kHz〕……
标准广播电视→90〔MHz〕~222〔MHz〕……
VHF (甚高频) 电视。

当然是人耳所听不见的!

10 象广播和电视等信号频率 (电波频率) 那样远比音频频率为_____的频率, 称为**高频**或者**射频**。(radio frequency)

而放大这种高频信号的电路则称为**高频放大电路**。



高

“有时, 也取射频英文字的第一个字母而简记为 RF。”

要是音频的话, 就记为 AF 啰!

“是的。”

11 此外, 也常有这种情形, 即需要放大比低频 (音频) 的频率更低的 (超低频) 信号, 或者是放大含有**直流成分**的信号。

放大这类频率极低的信号或者是放大包含直流成分的信号的电路, 有**直流放大电路**。

嘿! 还有放大直流成分的电路呀?
“这在控制工程等领域里是经常遇到的!”

12 这样, 如果将放大电路按其输入信号的频率分类, 那末, 就有: 主要放大包含有直流成分信号的 (a) _____ 放大电路; 放大音频信号的 (b) _____ 放大电路; 以及放大无线电广播和电视等高频信号的 (c) _____ 放大电路。

(a) 直流

(b) 低频

(c) 高频

13 按信号的大小分

放大电路中的输入信号, 其大小虽然有千差万别, 各不相同, 但是, 我们可以根据其信号的大小将放大电路大体上分为两类, 即**小信号放大电路**和**大信号放大电路**。

“下面是按信号的大小来分类的。”

14 让我们以将话筒的输出信号放大去推动扬声器工作为例来考虑;

在一般的使用状态下, 话筒的输出功率通常在几十[μW]以下, 其信号是极其微小的。

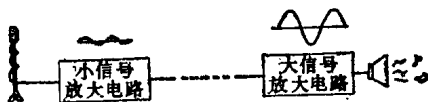
但是, 要驱动扬声器, 即使是小型的扬声器也得有几十[mW]以上的功率, 至于大型扬声器就要有几[W]以上的功率了。

要是能直接用话筒使扬声器发声就好了...

“要能这样, 学习也就比较容易了。”

15 因此, 我们不能直接用话筒的输出信号去驱动扬声器, 而必须将话筒的输出信号加以放大以获得驱动扬声器所必需的信号。

这时, 直接对话筒的输出信号进行放大的电路就是(a) _____ 放大电路, 而接受被放大了的信号并提供驱动扬声器所需大信号功率的电路则为(b) _____ 放大电路。



(a) 小信号

(b) 大信号

嗯, 是这样的。

16 如果放大电路按其输入信号的大小分类, 那末, 就有(a) _____ 电路和(b) _____ 电路。前者是对诸如话筒的输出信号进行放大的电路, 而后者则用来产生驱动扬声器等负载的信号。

由于后者是为了获得大的信号电流和电压的电路, 故通常也把这种电路称为**功率放大电路**。

(a) 小信号放大

(b) 大信号放大

“大不兼小, 各有各的用途!”

17 按频带分

往往有这样两种情形, 即希望通过放大电路只对某一特定频率的信号有选择地进行放大, 或者与此相反, 要通过放大电路对频率范围很宽的信号都一致地进行放大, 这时就应分别采用与之相应的电路。

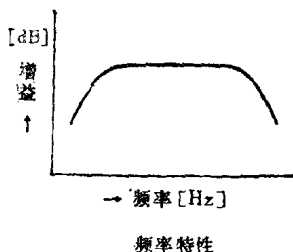
因此, 我们将根据放大电路能够放大大频率范围内的信号来区别其类型, 也就是按它的频带分类。

这就是调节收音机或电视机选听自己喜爱的广播吧!

“如对所有的电波都放大, 信号就混杂起来了”。

18 要了解放大电路能够放大多大频率范围内的信号, 可以利用放大电路的频率特性。

所谓频率特性, 是指信号频率和放大电路增益之间的关系曲线, 通常也称为增益——频率特性。



一般说来, 在信号频率较高或较低时, 放大电路的增益都会有所下降, 即所能放大的信号____范围是有限的, 如图所示。

“立体声广播的放大器与一般专用广播站的放大器相比其频率范围要宽得多。”

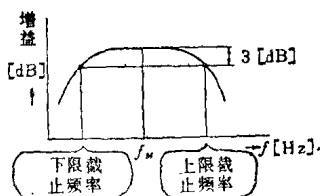
嗯, 是这样的。

频率

19 在《电子电路(一)》中也曾学过: 确定放大电路所能放大的信号频率范围的大致标准是截止频率。

如图所示, 在所能放大的频率范围内, 以其中心频率 f_M 的增益为基准, 比该增益下降 3 [dB] 所对应的信号频率即为 (a) 频率。

截止频率一般出现在低频侧和高频侧, 如图所示。低频侧的截止频率称为下限截止频率; 而高频侧的截止频率则称为 (b) 截止频率。



嘿, 任何事情都是有限度的呀!

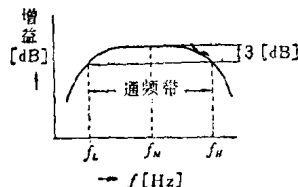
“人的能力可没有限度哇!”

(a) 截止

(b) 上限

20 在如图所示的频率特性中, f_L 就是 (a) 截止频率, 而 f_H 则为 (b) 截止频率。

而且, 两者之差、即频率范围 ($f_H - f_L$) 称为放大电路的通频带。通频带可以作为确定放大电路所能放大的信号频率范围的量度标准。

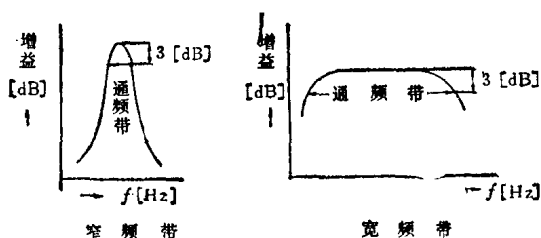


(a) 下限

(b) 上限

21 这样,当放大电路的频率特性为已知时,则该电路所能放大的信号____范围即可根据截止频率和通频带来确定。

只能对某一特定的狭窄频带进行放大的电路称为**窄带放大电路**,而与此相反,能对很宽的频带进行放大的电路则称为**宽带放大电路**。



频率

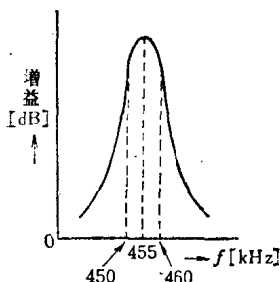
“只电子电路这一门课成绩好,而其它科目不行的,就是窄带型!”

所有科目都好的才是宽带型啰!

22 例如,无线电接收机中的中频放大电路,必须以 455[kHz] 为中心、上下 10[kHz] 左右的频率范围内进行放大,如图所示。

因此,像这样的电路即为____电路。

在窄带放大电路中,通常采用由线圈 L 和电容 C 构成的**谐振电路**作为输出回路的负载。



窄带放大

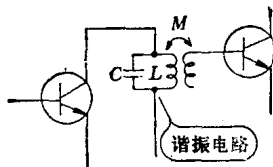
酷似谐振电路的谐振特性呀!

“是的”

23 通过适当地选择此谐振电路中 L 和 C 的大小,并使之在希望放大的信号

____时发生谐振,就能只对所需的频率成分进行放大。

也就是说,利用谐振电路所具有的选择性,仅选取谐振频率为中心的狭窄范围内的信号,通过电磁感应将信号加到下一级放大电路上。



频率

“各位读者,现在你的学习已与电子电路发生谐振了吧!”

唉,

还经常有点干扰……