

无线电爱好者丛书

《无线电爱好者读本》

习题解答

(修订本)

本书编写组 编



人民邮电出版社

中国电子学会

《无线电爱好者丛书》编委会

主 副 编	任： 主 任： 委：	牛田佳		
		宁云鹤	李树岭	
		刘宪坤	王明臣	刘 诚
		孙中臣	安永成	郑凤翼
		聂元铭	郑春迎	孙景琪
		寇国华	蔡仁明	陈有卿
		陈国华	徐士毅	于世均
		王锡江	张兰芬	张国峰
		李树岭	刘宪坤	孙中臣
		宋东生	张爱华	朱 凯
执 行 编 委： 本书编写人员：		许茂祖	杨克威	朱 凯
	李 璜	张蔚元		

内 容 提 要

本书是与《无线电爱好者读本》(修订本)(以下简称《读本》)配套的习题解答。书中用精练的语言,按原有的章节顺序,依次对各章后的习题进行了解答。结合本书的学习,广大读者可以更好地掌握《读本》中的重点内容。

无线电爱好者丛书
《无线电爱好者读本》习题解答
(修订本)

-
- ◆ 编 者：本书编写组
责任编辑：唐素荣
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街14号
北京朝阳隆昌印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本：787×1092 1/32
印张：10.25
字数：235千字 1997年7月第2版
印数：20 501—28 500册 1997年7月北京第4次印刷
- ISBN7-115-06482 2/TN·1194
-

定价：13.00 元

前 言

《无线电爱好者读本》(上、中、下册)自1983年出版后,深受无线电爱好者的欢迎,10多年来,多次重印,仍畅销不衰。为了适应无线电与电子技术的飞速发展,1994年对原书进行了全面修订,更新了大部分内容,因此,1986年出版的与《读本》配套的习题解答,也必须根据修订本重新编写。本书就是将修订本各章新编的习题由原作者进行了详细的解答,它不仅可以帮助读者全面复习《读本》的重点内容,而且在习题解答中补充了许多新的知识。本书可供《读本》的读者学习阅读,也可供广大无线电爱好者参考。

编 者

目 录

第一章	绪论	1
第二章	半导体器件与电真空器件	11
第三章	声频放大器	36
第四章	电子电路中的电源	54
第五章	高频放大器	80
第六章	正弦波振荡器	96
第七章	调制与解调电路	117
第八章	混频器与变频器	132
第九章	运算放大器	141
第十章	脉冲与数字电路	154
第十一章	扩音机	182
第十二章	收音机	208
第十三章	磁带录音机	219
第十四章	黑白电视机	232
第十五章	彩色电视机	266
第十六章	录像机与摄像机	281
第十七章	微型计算机基础知识	302
第十八章	无线电遥感、遥测和遥控	308

第一章 绪 论

1. 简述无线电的诞生过程。为什么说麦克斯韦是无线电通信的报春人？

解 无线电，是无线电技术的简称，是一门专门研究利用无线电波传送各种信息的技术学科。

早在两千多年前，人们就发现了电现象和磁现象。我国早在战国时期（公元前 475-211 年）就发明了司南。而人类对于电和磁的真正认识和广泛应用，迄今还只有一百多年历史。

在第一次产业革命浪潮的推动下，许多科学家对电和磁现象进行了深入细致的研究，从而取得了重大进展。人们发现带电的物体同性相斥、异性相吸，与磁学现象有类似之处。1785 年，法国物理学家库仑在总结前人对于电磁现象认识的基础上，提出了后人所称的“库仑定律”，使电学与磁学现象得到了统一。1800 年，意大利物理学家伏特研制出化学电池，用人工方法获得了连续电池，为后人电和磁关系的研究创造了重要条件。1822 年，英国的法拉第在前人所做大量工作的基础上，提出了电磁感应定律，证明了“磁”可以产生“电”，这就为发电机和电动机的原理奠定了基础。科学家们在这段时间里所作的对电磁学基本规律的研究，为后来无线电的诞生起到了重要的孕育作用。

电磁学的发展，首先引起了通信方式的变革。1837 年美国画家莫尔斯在前人的基础上设计出比较实用的、用电码传送信息的电报机，之后，又在华盛顿与巴尔的摩城之间建立了世界上

第一条电报线路。1876年,美国的贝尔发明了电话,实现了人类最早的模拟通信。1880年以后,用有线电报和有线电话来传送信息已开始得到应用,人类进入了有线电通信时代。

英国的麦克斯韦在总结前人工作基础上,提出了一套完整的“电磁理论”,表现为四个微分方程。这就是后人所称的“麦克斯韦方程组”。麦克斯韦得出结论:运动着的电荷能产生电磁辐射,形成逐渐向外传播的、看不见的电磁波。他虽然并未提出“无线电”这个名词,但他的电磁理论却已经告诉人们,“电”是可以“无线”传播的。

此后,德国物理学家赫兹于1887年第一次用人工方式产生了电磁波,以实验证实了电磁波的存在。

意大利的马可尼和俄国的波波夫在不同的国度里,几乎在相同的时间(1895和1896)获得了无线电通信的成功,他们创造性的劳动,揭开了电磁学发展的新篇章,无线电技术作为一门新科学从此诞生了。

今天,利用无线电波传送声音和图像节目的广播和电视,已经深入到社会生活的各个角落,成了亿万人民的伴侣。

无线电并不是一、二个人发明出来的,它是人类文明逐步发展的结果,但是,有些人在其中起到了较为重要的作用。

麦克斯韦之所以被称为无线电通信的报春人,是因为在当时,人们虽然已经知道“电”能生“磁”,“磁”能生“电”;知道利用电磁原理来制造电机和变压器;但是对于电与磁相互关系的本质还并不清楚,对于伴随某些电现象和磁现象而存在的电磁波还没有认识。可以说,麦克斯韦是一名非常杰出的电磁理论学家。他在总结前人经验的基础上,用非常精辟而微妙的数学方程式,阐明了电场与磁场的基本关系,建立了严谨的电磁场理论。麦克斯韦根据他所作的数学分析指出:只要存在着交变的电场,

就能在其周围产生交变的磁场;反之,只要存在交变的磁场,就能在其周围产生交变的电场。这样一来,变化的电场在其周围产生变化的磁场,变化的磁场又在其附近产生变化的电场,如此循环下去,电场和磁场不就会越传越远了吗?据此,麦克斯韦认为:运动着的电荷能产生电磁辐射,形成逐渐向外传播的看不见的电磁波(简称电波)。

这一结论公布于一百多年前是个了不起的结论,这个结论告诉人们:“电”是可以“无线”传播的。后来的事实证明,麦克斯韦的电磁波理论是完全正确的。除此之外,他还推导出电磁波有和光波相同的传播速度,从而揭示了光与电磁现象在本质上的统一性。

2. 为什么说电与磁息息相关? 试举例说明。

解 电与磁的关系是丹麦物理学家奥斯特在一次实验时发现的。当导体通上电流时,导体附近的指南针发生偏转;当改变电流方向时,指针方向也随之改变。这一现象说明,在通电导体周围存在着磁场,电和磁有着密切相关的联系,即电流的磁效应,所谓的电能生磁。后来,法拉第经过反复实验后又证实:利用导线在磁场中作切割磁力线的相对运动可以获得电流,即法拉第电磁感应定律。因此,电可以生磁;磁也可以生电。可以说,如果没有电与磁息息相关的性质,就没有无线电。

在日常生活中可以见到大量的电生磁的实际应用。比如:电铃、各种电磁继电器、电磁式起重机、电动机等,都是利用导体通电后产生的电磁力来工作的。磁生电的应用也很多,比如:发电机就是最好的例子,还有像动圈式传声器(麦克风)也是磁生电的具体应用。

3. 什么是电磁波？电磁波有哪些特点？为什么说电磁波是人类社会生活不可缺少的重要资源？试比较一下电磁波、无线电波和光波的概念。

解 电磁波是在空间传播的交变电磁场，或者说，电磁波就是电和磁交变的振动和能量的传播形式。它占据空间，具有能量、动量和质量，是物质的一种特殊形式。

电磁波主要具有三个特点：

~ (1) 电磁波是高速运动着的物质，它在真空中的传播速度为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

(2) 电磁波没有静止的质点，看不见，摸不着，嗅不到。

(3) 同一空间可以有无限多的电磁波同时存在。

电磁波是大自然赐予人类的一种极为宝贵的资源。电磁波给人类社会带来了深刻而又巨大的变化，现代人类文明前进的步伐，无不伴随着电磁波的情影。很难想象，如果没有电磁波的话，人们将会怎样生活和工作。

从人类第一次采用无线电通信至今，人们已经完成了几 km 至几千 km 甚至亿万 km 的无线电通信，电话、电报、广播、电视、传真、雷达、导航、遥测、数据传输等各式各样的信息传输设备相继问世，并且开发了从超长波到微波这么宽范围的无线电频谱。虽然电磁波可以“取之不尽，用之不竭”，但是无线电频谱这个大自然赐予人类的宝贵资源是有限度的。因此，如何科学地开发和利用无线电频谱，成为人类现实生活中一个非常重要的问题。为此，人们制定出了各种对电磁波加以管理的规则，把无线电频谱进行科学而细致的划分，使不同业务所发射的电磁波“各行其道”，互不干扰。对于无线电爱好者来说，应严格遵守国际规定的业余无线电频率范围，还应严格遵守国内无线电频率的管理要求。

在空间传播的交变电磁场统称为电磁波。频率较低的,即波长在 100km 到 0.75mm 之间的电磁波称为无线电波。频率较高的,即波长在 0.75mm 以下的电磁波,统称为光波。

4. 中央人民广播电台的频率之一是 640kHz,试计算一下它的波长。有一个频率为 1026kHz 的广播电台,这个频率的天线如果是 1/2 波长,天线的长度是多少米?

解 (1) 已知无线电波传播速度 $c=3 \times 10^8 \text{m/s}$

$$\therefore \lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \frac{3 \times 10^8}{6.4 \times 10^5} = 468.75 (\text{m})$$

$$(2) \lambda_2 = \frac{c}{f_2} = \frac{3 \times 10^8}{1.026 \times 10^6} \approx 292.4 (\text{m})$$

$$\text{天线长度} = \lambda_2 / 2 = 292.4 \div 2 = 146.2 (\text{m})$$

5. 一个人在广州听中央人民广播电台报时,他坐的地方距离喇叭 10m,计算一下,在电台的播音室发出声音以后多少秒钟他才听见? 这段时间,有多少时间花在从北京传到广州,有多少时间花在从喇叭传到他耳朵(北京到广州的距离是 1870km)?

解 已知声速 $v=340 \text{m/s}$; 无线电波传播速度 $c=3 \times 10^8 \text{m/s}$; $S_1=10 \text{m}$; $S_2=1.87 \times 10^6 \text{m}$ 。设声波传送所用时间为 t_1 , 电波传送所用时间为 t_2 , 则有

$$t_1 = \frac{S_1}{v} = \frac{10}{340} \approx 0.0294 (\text{s})$$

$$t_2 = \frac{S_2}{c} = \frac{1.87 \times 10^6}{3 \times 10^8} \approx 0.0062 (\text{s})$$

$$\begin{aligned} t &= t_1 + t_2 = 0.0294 + 0.0062 \\ &= 0.0356 (\text{s}) \end{aligned}$$

由计算结果可知,在电台的播音室发出声音以后 0.0356s

钟他才听见。在这段时间里,仅有 0.0062s (即 6.2ms)花在从北京传到广州,却有 0.0294s (即 29.4ms)花在从喇叭传到他耳朵里。

6. 无线电广播和电视都是用哪个波段的无线电波传播的? 都是靠什么方式传播的?

解 目前,调幅制的无线电广播分做长波、中波和短波三个大波段,分别由相应波段的无线电波传送信号。我国只有中波和短波两个大波段的无线电广播。中波广播使用的频段大致为 $550\text{kHz}\sim 1600\text{kHz}$,主要靠地波传播,也伴有部分天波;短波广播使用的频段约为 $2\text{MHz}\sim 24\text{MHz}$,主要靠天波传播,近距离内伴有地波。

调频制无线电广播多用超短波(甚高频)无线电波传送信号,使用频率约为 $88\text{MHz}\sim 108\text{MHz}$,主要靠空间波传送信号。

目前,地面的广播电视分做 VHF(甚高频或称米波)和 UHF(特高频或称分米波)两个频段。在我国,VHF 频段电视使用的频率范围是 $48.5\text{MHz}\sim 223\text{MHz}$,划分成 $1\sim 12$ 频道;UHF 频段使用的频率范围是 $470\text{MHz}\sim 956\text{MHz}$,划分成 $13\sim 68$ 频道。它们基本上都是靠空间波传播的。

国际上规定的卫星广播电视有 6 个频段,主要频段是 12kHz ,也是靠空间波传播。

7. 什么是“窗口频率”?

解 在微波波段中一定频率范围的电波,由于受到大气层中氧分子和水分子吸收作用的影响较少,因而可以顺利地穿透电离层,人们称这种能穿过电离层的频率为“窗口频率”。

8. 什么是调幅波？什么是调频波？简述无线电通信的发送和接收过程。

解 使载波振幅按照调制信号改变的调制方式叫调幅。经过调幅的电波叫调幅波。它保持着高频载波的频率特性，但包络线的形状则和信号波形相似。调幅波的振幅大小，由调制信号的强度决定。调幅波用英文字母 AM 表示。

使载波频率按照调制信号改变的调制方式叫调频。已调频率变化的大小由调制信号的大小决定，变化的周期由调制信号的频率决定。已调波的振幅保持不变。调频波的波形，就像是个被压缩得不均匀的弹簧。调频波用英文字母 FM 表示。

下面以大家较熟悉的无线电调幅广播为例，简述发送和接收的过程。

广播节目的发送是在广播电台进行。广播节目的声波，经过电声器件转换成声频电信号，并由声频放大器放大，振荡器产生高频等幅振荡信号；调制器使高频等幅振荡信号被声频信号所调制；已调制的高频振荡信号经放大后送入发射天线，转换成无线电波辐射出去。

无线电广播的接收是由收音机实现的。收音机的接收天线收到空中的电波；调谐电路选中所需频率的信号；检波器将高频信号还原成声频信号（即解调）；解调后得到的声频信号再经过放大获得足够的推动功率；最后经过电声转换还原出广播内容。

综上所述，可以把无线电通信（广播也属于无线电通信范畴）的发送和接收概括为互为相反的三个方面的转换过程，即：传送信息—低频信号、低频信号—高频信号、高频信号—电磁波。

9. 电波干扰有哪几种?观察一下你身边的收音机和电视机,有哪些干扰现象?试分析一下都属于什么干扰?

解 电波干扰按其特点可分为脉冲干扰和起伏干扰。

例如,在雷雨天时,随着天空中的闪电,收音机里会发出喀拉声,电视机的屏幕上也会出现不规则的横道干扰。当我们开灯或关灯时,也会在收音机里听到喀拉声,电视机的图像会产生跳动或闪烁。当附近有人使用电吹风机时,在电视屏幕上也会产生许多横道干扰,电视伴音里也会夹有杂音,收音机里也会发出连续的杂音等等。以上这些干扰现象都属于脉冲干扰。

收音机在空台处时发出的沙沙声,也就是所谓“静态噪声”,一般是属于起伏干扰。电视机屏幕上的噪点,往往也和起伏干扰有关。

10. 数字通信有什么优点?为什么说光纤通信开辟了通信的新时代?

解 数字通信与传统的模拟通信相比较,具有明显的优点。主要表现在:可通过对数字脉冲信号的再生处理来消除传输过程中产生的干扰和畸变,有利于远距离和弱信号的传输;由于数字通信是按一定的规律将模拟信号转换成了由“1”和“0”构成的一系列数字信号后送出,因此便于用计算机对信息进行存储和处理,有利于提高传输速度;数字信号比模拟信号便于保密,有利于保密通信。此外数字通信比较容易做到标准化、系列化、固体化、小型化,并且具有设备体积小、重量轻、耗电少、成本低和便于生产等优点。当各种通信系统都实现数字化后,可以把它们联成数字通信网;如果再将数字通信网和电子计算机结合起来,那么不仅可进行人与人之间的通信,还可进行人与机器之间乃至机器与机器之间的通信。

由于通信容量和载波频率有关,一路电话就要占几 kHz 的频带,一路电视则要占 10kHz 的频带。尽管微波波段能容纳几百万路电话和几十路电视,但仍满足不了通信事业迅猛发展的需求。激光作为载频的应用,给通信技术开辟了一个新天地。激光的基频在 $10^{13}\text{Hz}\sim 10^{15}\text{Hz}$ 之间,是微波频率的成千上万倍,因此,它的频带极宽,有巨大的通信容量。如果把激光频率全部用上的话,能容纳 100 亿路电话。一根头发丝那样细的光导纤维,从理论上讲,可传输成百万路电话或成千套彩色电视节目,那么,如果是一条由若干根光导纤维组成的光缆,其传输容量将是非常巨大的。

光纤通信还具有传输损耗小、抗干扰能力强、所需发射功率小、保密性好、便于架设等众多优点,光导纤维还有丰富的材料来源,因而逐步成为现代通信的支柱。用光纤将电视节目传输到一般家庭已经成为现实,频率“高不可攀”的光波被人类征服,象征着一个崭新的光通信时代已经悄悄来临。

11. 什么是移动通信? 它有什么特点?

解 移动通信是指移动体的通信(主要是指移动电话)。移动通信时,通信各方至少有一方处于运动之中或暂时停留在一个随意的地方。这种通信方式包括一个移动台(如汽车、火车、飞机、轮船甚至行人)与另一个移动台之间的通信、移动台与固定台之间的通信、移动台通过中转台与另一个移动台(或固定台)之间的通信。

移动通信按用途大致可分为汽车电话、无线电调度、无线寻呼和无绳电话四类。

移动通信今后的发展趋势是:频段由短波向超短波、微波方向发展;业务以通话为主同时开拓传真、静止图像、数据传输等

领域;通信由陆地、水面、空中至陆海空一体化;总体上朝着集群化、数字化、微型化和综合化方向发展。移动通信作为一种新型的通信业务,在国民经济和社会生活中的作用将日益显著。

第二章 半导体器件与电真空器件

1. 半导体材料在导电性能方面有哪些特性？

解 半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。它的重要特性表现在以下几个方面：

(1) 热敏特性 半导体材料的电阻率与温度有密切的关系。温度升高，半导体的电阻率会明显变小。例如纯锗(Ge)，温度每升高 10°C ，其电阻率就会减少到原来的一半。

(2) 光电特性 很多半导体材料对光十分敏感，无光照时，不易导电；受到光照时，就变得容易导电了。例如，常用的硫化镉半导体光敏电阻，在无光照时电阻高达几十 $\text{M}\Omega$ ，受到光照时电阻会减少到几十 $\text{k}\Omega$ 。半导体受光照后电阻明显变小的现象称为“光电导”。利用光电导特性制作的光电器件还有光电二极管和光电三极管等。

近年来广泛使用着一种半导体发光器件——发光二极管，它在通过电流时能够发光，把电能直接转换成光能。目前已制作出能发黄、绿、红、蓝几色光的发光二极管，以及发出不可见光红外线的发光二极管。

另一种常用的光电转换器件是硅光电池，它可以把光能直接转换成电能，是一种方便而清洁的能源。

(3) 掺杂特性 纯净的半导体材料电阻率很高，但掺入微量的“杂质”元素后，其导电能力会发生极为显著的变化。例如，纯硅的电阻率为 $214 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ ，若掺入百万分之一的硼元素，

电阻率就会减小到 $0.4\Omega\cdot\text{cm}$ 。因此,人们可以给半导体掺入微量的某种特定的杂质元素,精确控制它的导电能力,用以制作形形色色的半导体器件。

2. 什么是 PN 结? PN 结为什么具有单向导电性?

解 在一块半导体片上,通过特殊的工艺操作,使它的一边成为 P 型(空穴导电型),另一边为 N 型(电子导电型),则在 P 型和 N 型半导体的交界面两侧,会形成一个带电薄层(图 2-1),称为 PN 结。

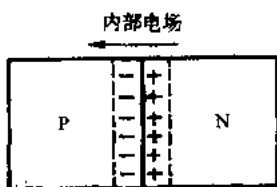


图 2-1

PN 结是怎么形成的呢? 大家知道, P 型半导体中空穴是多数载流子,电子是少数载流子; N 型半导体中,电子是多数载流子,空穴是少数载流子。P 型和 N 型两个区域存在着多数载流子浓度的明显差异。于是,空穴就要从浓度大的 P 型区域向浓度小的 N 型区域扩散;电子

就要从浓度大的 N 型区域向浓度小的 P 型区域扩散。在靠近交界面的地方, P 区失去了一部分电子,留下了不能移动的负离子; N 区失去了一部分电子,留下了不能移动的正离子。交界面两侧的离子薄层称为空间电荷区,它们形成了内部电场(图 2-1)。电场力对继续扩散过来的多数载流子起到排斥作用,驱使它们向着相反的方向运动,这种由于电场力的作用使多数载流子进行的运动称为漂移运动。这样,由于载流子的浓度差引起的载流子扩散运动与内部电场推动下载流子的漂移运动就构成了矛盾的双方。随着扩散运动的进行,空间电荷区不断加宽,内部电场逐渐加强,直到漂移运动增强到与扩散运动处于动态平衡时,