

OHM 电子电气入门丛书

电子电气读本系列

2



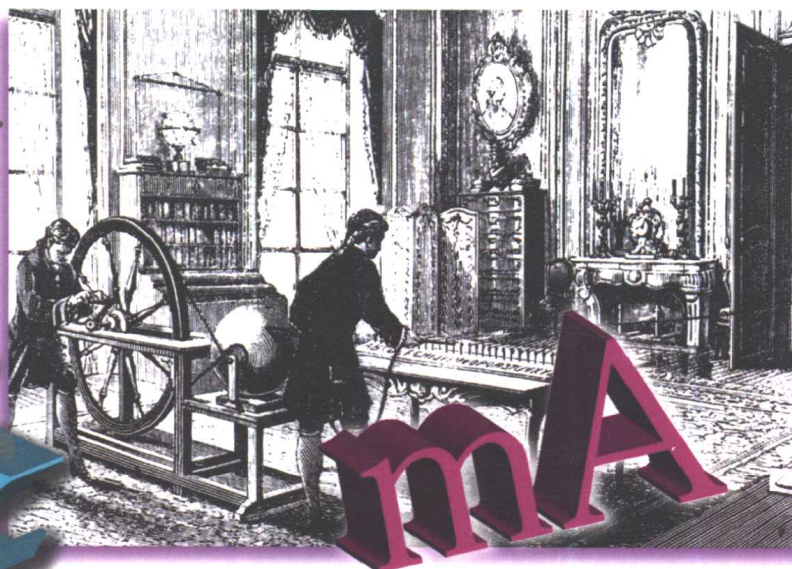
解

电子学入门

〔日〕 OHM社 编

μV

CHZ



mA

科学出版社

OHM社

图解

OHM 电子电气入门丛书
电子电气读本系列 2

电子学入门

〔日〕 OHM 社 编
薛培鼎 王友功 崔东印 译
薛培鼎 校

科学出版社 OHM 社

2001 北京

图字：01 - 1999 - 2502 号

Original Japanese edition

Etoki Denshigaku Nyuumon Hayawakari (Kaitei 3-han)

by Tsutomu Fukuda, Takashi Iochi and Hiroshi Iwamoto

Copyright © 1996 by Ohmsha, Ltd.

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press

Copyright © 1999

All rights reserved.

本书中文版权为科学出版社和 OHM 社所共有

絵とき

電子学入門早わかり(改訂3版)

オーム社 編 オーム社 1996 改訂3版第1刷

图书在版编目(CIP)数据

图解电子学入门 / [日] OHM 社编; 薛培鼎等译.

- 北京: 科学出版社, 2001

ISBN 7 - 03 - 008911 - 1

I. 图… II. ①日…②薛… III. 电子学 - 图解

IV. TN01 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 55001 号

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2001 年 2 月第 一 版

开本: A5

2001 年 2 月第一次印刷

印张: 10 1/4

印数: 1 - 5 000

字数: 237 000

定 价: 25.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈科印〉)

前言

电子学与我们的生活有着极为密切的关系。举例来说,听广播用的收音机、看电视用的电视机,以及我们日常工作、生活中经常使用的计算器、电子手表、摄像机、微型计算机、微波炉、家用空调等都是电子设备;在光纤通信、宇宙通信、机器人、自动化工厂等通信和生产领域,到处都使用着电子设备;医疗领域中,借助电子设备进行诊断、治疗也已越来越普遍。而且,这些设备中所使用的电子元器件,正在被不断开发出的优质新产品所取代。电子学与我们的生活如此密不可分,因而,对于准备学习电子学的人或工程技术人员来说,掌握电子学基础知识就显得越来越重要。

本书就是根据这种现状,为了给初学者架设一座跨进电子学领域的桥梁而规划的。书中既讲述电子学的基础知识,又介绍这些知识的应用。编写过程中,作者特意构思设计了丰富多彩的插图,力图用图解这一生动形式使读者学习起来更加轻松愉快。作者相信,本书对于已经活跃在各个领域的工程技术人员也是非常有用的。尽管从学习最新技术的角度看,从头学习电子学基础知识似乎是本末倒置,但实际上,可能反而是最好的捷径。

本书的第一版发表于1982年《新电工》杂志的增刊上,其后,为适应电子技术的发展,于1991年又出版了修订版(第二版),并成为受读者欢迎的一本书。

这次,在进行第二次修订的时候,对第6章“音响设备及图像通信”和第7章“多媒体”进行了全面修订,并根据学习信息技术的需要,新增加了“3级信息技术基础等级考试教程”一章。

本书内容丰富,既具知识性,又有趣味性,期待着读者能从中汲取尽可能多的知识和技术。

欧姆社新电工编辑部

本书的第1章~第7章由“电子基础研究会”的成员执笔,他们是:

福田 务

伊落 崧和岩本 洋

目 录

前 言

图解电学发展史

1. 电子电路元件

学习指南 28

半导体 30

自由电子与空穴 32

载流子的行为 34

p-n 结 36

二极管的构造 38

各种各样的二极管 40

晶体管的结构 42

晶体管的静态特性 44

晶体管的额定参数 46

FET 的结构及工作原理 48

太阳电池、CdS、热敏电阻 50

可控硅、双向可控硅 52

集成电路的奥秘 54

电子管的原理 56

2. 电子电路基础

学习指南 60

放大的原理 62

h_{FE} 和 h_{fe} 64

放大电路的基本工作

原理(1) 66

放大电路的基本工作

原理(2) 68

晶体管的静态特性 70

放大倍数的计算 72

h 参数和等效电路 74

偏置电路 76

小信号放大电路 78

负反馈电路 80

功率放大的方法 82

B 类推挽放大器 84

高频放大电路 86

场效应管(FET)放大电路 88

3. 各种电子线路

学习指南 92

二极管的作用 94

稳压电源电路 96

振荡电路(1) 98

振荡电路(2) 100

多谐振荡器 102

积分电路和微分电路 104

脉冲的产生 106

整形电路 108

模拟与数字 110

逻辑电路 112

数字集成电路(IC) 114

“与”+“非”=“与非”电路 116

A-D、D-A 转换器 118

运算放大器 120

4. 电子测量

学习指南 124

测量及测量误差 126

动圈式仪表 128

万用表 130

高频电流的测量 132

电子电压表 134

频率计 136

示波器 138

李萨育图 140

X-Y 记录仪 142

万用电桥 144

Q 表 146

高频功率的测量 148 传感器与温度测量 150 各种应用测量简介 152

5. 自动控制

学习指南 156 反馈控制实例 166 顺序控制的检测装置 176
电磁继电器 158 求传递函数 168 反馈控制的检测装置 178
顺序控制的原理 160 增益与相位 170 过程控制 180
顺序控制实例 162 波特图与矢量轨迹 172 机电一体化 182
什么是反馈控制 164 框图与传递函数 174 压力、流量和液位控制 184

6. 音响设备及图像通信

话筒的原理 188 调频接收机 198 隔行扫描原理 208
喇叭的原理 190 立体声的使用方法 200 天线与高频头 210
电波的传播方式 192 盒式磁带录音机原理 202 高清晰度电视 212
单管收音机 194 三基色 204 卫星通信和卫星广播 214
无线电接收机的原理 196 彩色电视 206 压缩光盘 216

7. 多媒体

多媒体究竟是什么 220 个人计算机 230 汽车导航 240
IC卡、数据库、电子货币 222 个人计算机通信 232 传真 242
信息高速公路 224 移动通信 234 电视会议 244
互联网 226 无绳电话 236 有线电视 CATV 和 VOD 246
ISDN 228 汽车电话 238 CD-ROM 248

8. 3 级信息技术基础等级考试教程

学习指南 252 逻辑电路基础(3) 274 READ-DATA 语句(1) 292
计算机的历史 254 编程步骤 276 READ-DATA 语句(2) 294
计算机的应用 256 流程图基础 278 GOTO 语句 296
计算机的构成(1) 258 直线型流程图 280 ON-GOTO 语句 298
计算机的构成(2) 260 分支型流程图 282 IF-THEN 语句 300
外部设备 262 循环型流程图 284 FOR-NEXT 语句(1) 302
数字的表达和计算(1) 264 四则运算程序 286 FOR-NEXT 语句(2) 304
数字的表达和计算(2) 266 顺序执行型 BASIC 数组 306
数字的表达和计算(3) 268 编程(1) 288 综合问题 308
逻辑电路基础(1) 270 顺序执行型 BASIC 编程(2) 290
逻辑电路基础(2) 272

A History of Electrical technology

图解 电学发展史

1 公元前的琥珀和磁石

公元前 600 年
发现静电
泰勒斯

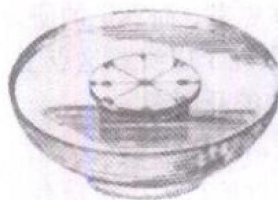
希腊七贤中有一位名叫泰勒斯的哲学家。公元前 600 年前后,泰勒斯看到当时的希腊人用摩擦琥珀吸引羽毛、用磁铁矿石吸引铁片,曾对其原因进行过一番思考。据说他的解释是:“万物皆有灵。磁吸铁,故磁有灵。”这里所说的“磁”就是磁铁矿石。

希腊人把琥珀叫做“电”(elektron)。他们从波罗的海沿岸进口琥珀,用来制作手镯和首饰。当时的宝石商人们也知道摩擦琥珀能吸引羽毛,不过他们认为那是神灵或者魔力的作用。

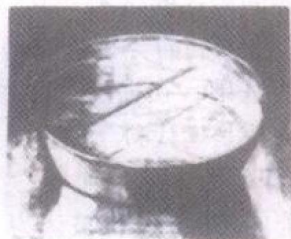
指南针的应用
中国

在东方,中国人早在公元前 2500 年前后就已经具有天然磁石的知识。据《吕氏春秋》一书记载,中国在公元前 1000 年前后就已经有了指南针,他们在古代就已经用磁针来辨别方向了。

2 磁、电和伏打电池



浮在水面上的磁针



14 世纪
发明
航海罗盘

通常所说的摩擦起电,在公元前人们只知道它是一种现象。很长时间里,关于这一现象的认识并没有进展。

而罗盘则在 13 世纪初就已经在航海中得到了应用。那时的罗盘是把加工成针形的磁铁矿石放在秸秆里，使之能浮在水面上。到了 14 世纪初，又制成了用绳子把磁针吊起来的航海罗盘。

这种罗盘在 1492 年哥伦布发现美洲新大陆以及 1519 年麦哲伦发现环绕地球一周的航线时发挥了重要作用。

(1) 磁、静电与吉尔伯特

英国人吉尔伯特是伊丽莎白女王的御医，他在当医生的同时，也对磁进行了研究。他总结了多年来关于磁的实验成果，于 1600 年出了一本取名为《磁说》的书。书中指出地球本身就是一块大磁石，并且阐述了罗盘的磁倾角问题。

吉尔伯特还研究了摩擦琥珀吸引羽毛的现象，指出这种现象不仅存在于琥珀上，而且存在

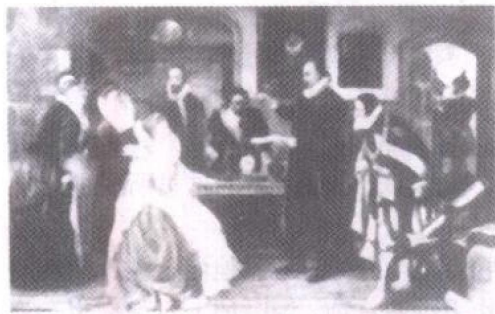
于硫磺、树脂、玻璃、水晶、钻石等物质。现在，人们已经知道，毛皮、绒布、陶瓷、火漆、玻璃、纸、丝绸、琥珀、金属、橡胶、硫磺、赛璐珞等是个摩擦带电物质系列。把这个系列中的两种物质互相摩擦，系列中排在前面的物质将带正电，排在后面的物质将带负电。

为了做静电力实验，吉尔伯特还设计过一种叫做贝鲁索利姆旋转器的老式验电器。

那时候，主要的研究方法就是靠思考，而真正的研究应该以实验为基础，在提出这种主张并予以实践这点上，可以说吉尔伯特是近代科学研究方法的开创者。

(2) 雷和静电

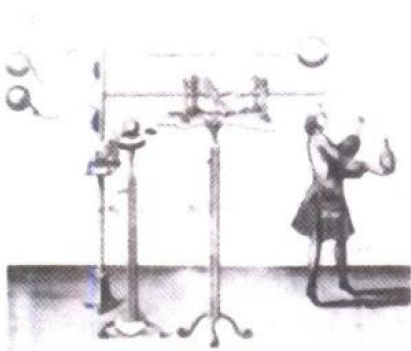
在公元前的中国，打雷被认为是神的行为。说是有五位司雷电的神仙，其长者称为雷祖，雷祖之下是雷公和电



吉尔伯特向伊丽莎白女王展示实验

1600 年
磁的研究
吉尔伯特

1748 年
发明避雷针
富兰克林



莱顿瓶实验

母。打雷就是雷公在天上敲大鼓，闪电就是电母用两面镜子把光射向下界。

到了亚里斯多德时代就已经比较科学了。认为雷的发生是由于大地上的水蒸气形成雷雨云，雷雨云遇到冷空气凝缩而变成雷雨，同时伴随出现强光。

认为雷是因静电而产生的是英国人沃尔，那是亚里斯多德之后很久的1708年的事。1748年，富兰克林基于

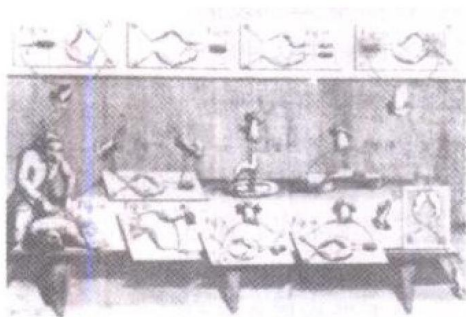
同样的认识设计了避雷针。

前面曾提到摩擦带电有正电和负电两种，给出正电和负电这两个名字的正是富兰克林(1747年)。

能不能用什么办法把这种静电收集起来？这个问题很多科学家都考虑过。1746年，莱顿大学教授缪仙布鲁克发明了一种蓄积静电的瓶子，这就是后来很有名的“莱顿瓶”。

缪仙布鲁克本想像往瓶子里装水那样把电装进瓶子里，他首先在瓶子里灌上水，然后用一根金属丝把摩擦玻璃棒通到水里。就在他手接触到瓶子和棒的一瞬间，他被重重地“电击”了一下。据说他曾这样说过：“就算是国王下命令，我也不想再做这种可怕的实验了”。

1746年
发明莱顿瓶
缪仙布鲁克



伽伐尼的青蛙实验

富兰克林联想到往莱顿瓶里蓄电的事，于1752年6月做了一个把风筝放到雷雨云里去的实验。其结果，发现了雷雨云有时带正电有时带负电的现象。这个风筝实验很有名，许多科学家都很感兴趣，也跟着做。1753年7月，俄罗斯科学家利赫曼在实验中不幸遭电击而身亡。

1800 年
发明电池
伏打

电击曾被用于治疗疾病,1700 年以后,电击疗法一度很流行。意大利波洛尼亚大学教授伽伐尼在解剖青蛙时发现,当手术刀一碰到青蛙腿的肌肉,肌肉就发生痉挛。当时正是电击疗法盛行的时代,于是他就想,青蛙肌肉痉挛的原因就是电吧?此后,他给这种电起了个“动物电”的名字,并于 1791 年以同一名称为题发表了论文。

意大利帕比亚大学教授伏打在重复伽伐尼实验的过程中,对“动物电”产生了疑问,经过进一步研究,于 1800 年发表了题为“论不同导电物质接触起电问题”的论文,阐明了两种不同金属接触带电的现象。通过用各种金属进行实验,他证明了锌、铅、锡、铁、铜、银、金、石墨是个金属电压系列,当这个系列中的两种金属相互接触时,系列中排在前面的

金属带正电,而后面的金属带负电。他把铜和锌作为两个电极置于稀硫酸中,从而发明了伏打电池。电压的单位“伏特”就是以他的名字命名的。

19 世纪初,法国继法兰西革命后进入拿破仑时代。拿破仑从意大利归来,在 1801



伏打在拿破仑面前做实验

年把伏打召到巴黎,让他做电学实验,伏打也因此而获得了拿破仑授予的金牌和莱吉诺 - 多诺尔勋章。

(3) 伏打电池的利用与电磁学的发展

伏打电池发明之后,各国利用这种电池进行了各种各样的实验和研究。德国进行了电解水的研究,英国进行了从氯化钾中提取钾、从氯化钠中提取钠的研究,英国化学家戴维把 2000 个伏打电池连在一起,进行了电弧放电实验。戴维的实验是在正负电极上安装上木炭,通过调整电极间距离使之产生放电而发出强光,这就是电用于照明的开始。

1820 年,丹麦哥本哈根大学教授奥斯特在一篇论文中公布了他的一个发现:在连接着伏打电池的导线旁边放上

1820 年
发现电流
产生磁场
奥斯特



斯林格的单针电报机

1826 年
发现欧姆定律
欧姆

1831 年
发现电磁感
应现象
法拉第

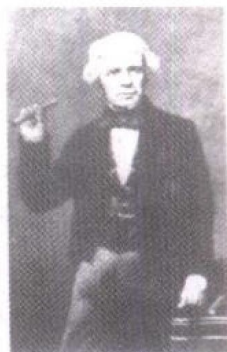
定律(1820 年), 法拉第发现了划时代的电磁感应现象(1831 年), 电磁学得到了飞速发展。

另一方面, 关于电路的研究也在进步。欧姆发现了关于电阻性质的欧姆定律(1826 年), 基尔霍夫发现了关于电路网络的定律(1849 年)等, 从而确立了电工学。

一个磁针, 磁针马上就发生偏转。

俄罗斯的斯林格读了这篇论文, 他把线圈和磁针组合在一起, 发明了电报机(1831 年), 这可说是电报的开始。

其后, 法国的安培发现了关于电流周围磁场方向问题的安培



法拉第

3 有线通信的历史

有人说科学技术是由于军事方面的需要而发展起来的, 这种说法有一定的历史事实根据。

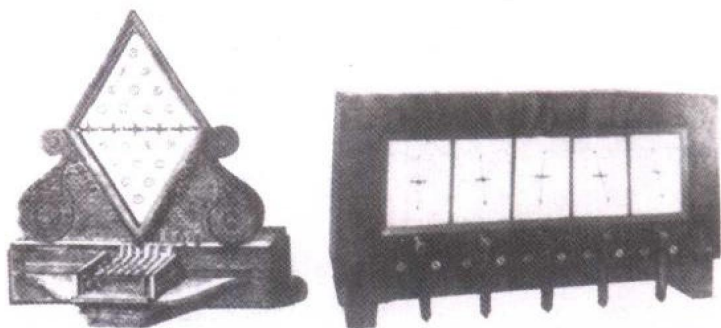
英国害怕拿破仑进攻, 曾用桁架式通信机向主体部队通报法国军队的动向。瑞典、德意志、俄罗斯等国家也以军事为目的, 架设了由这类通信机组成的通信网, 据说都曾投入了庞大的预算。

将这种通信机改造成电通信方式的构想大概就是有线通信的开始。

(1) 有线通信的原理

除了前面所讲到的斯林格所发明的电磁式电报机以外, 还有德国的简梅林格发明的电化学式电报机、高斯和韦伯(德国)的电报机、库克和惠斯登(英国)的 5 针式电报机





库克和惠斯登的 5 针式电报机

等。电报机的形式也是各种各样的,有音响式、印刷式、指针式、钟铃式等。

其中,库克和惠斯登的 5 针式电报机最为有名。1837 年,这种电报机曾通过架设在伦敦与西德雷顿之间长达 20 公里的 5 根电线而投入实际使用。

(2) 莫尔斯电报机

1837 年,莫尔斯电报机在美国研制成功,发明人就是以莫尔斯电码而闻名的莫尔斯。莫尔斯电码是一种以点、划来编码的信号。

莫尔斯本来想当一名画家,他为此在伦敦留学。1815 年,他在回美国的船上听了波士顿大学教授杰克逊关于电报的一席谈话,萌发了莫尔斯电码和电报机的构想。为了铺设电报线,莫尔斯成立了电磁—电报公司,并于 1846 年在纽约—波士顿、费城—匹兹堡、多伦多—布法罗—纽约之间开通了电报业务。

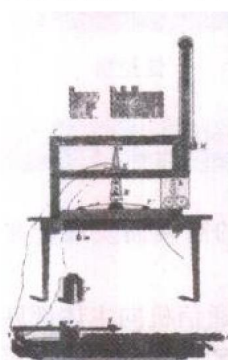
莫尔斯的事业获得了极大成功,于是就在美国各地创办电报公司,电报业务逐渐扩大起来。

1846 年,莫尔斯电报机装上了音响收报机,使用也更为方便。

(3) 电话和交换机

1876 年 2 月 14 日,美国的两位发明家贝尔和格雷分别

1837 年
发明电报机
库克与惠斯登



莫尔斯电报机

1837 年
发明莫尔斯
电报机
莫尔斯

1876 年
发明电话
贝尔和格雷

1891 年
发明自动
交换机
史端乔

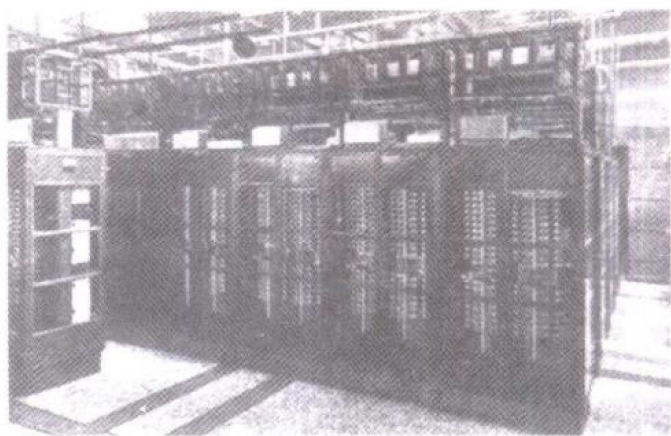
递交了电话机专利的申请，贝尔的申请书比格雷的申请书早 2 个小时到达，因而贝尔得到了专利权。

1878 年，贝尔成立了电话公司，制造电话机，全力发展电话事业。

从发展电话业务开始，交换机就担负着重要任务。1877 年前后的交换机称为传票式交换机，话务员收到通话请求得把传票交给另一个话务员。

其后，经过反复改进，开发出了块图式交换机，进而又开发出了能自动进行交换的方式（1879 年）。

1891 年，史端乔式自动交换机告成。至此，自动交换的愿望就算实现了。研究仍在继续，又经过了几个阶段才达到了现在的电子交换机。



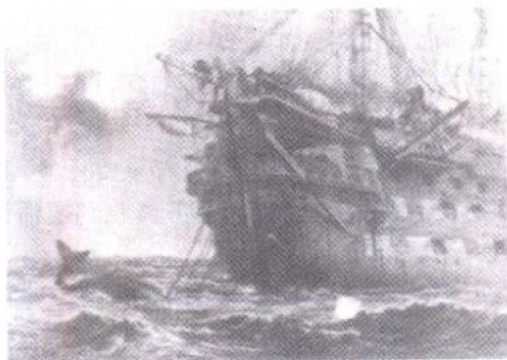
史端乔式自动交换机

（4）海底通信电缆

陆上通信网日渐完备，人们开始考虑在海底敷设通信电缆来实现跨海国家之间的通信。1840 年前后，惠斯登就已经考虑到了海底电缆的问题。

海底电缆有很多课题需要解决，电线的机械强度、绝缘、敷设方法等都与陆上电缆不同。

1845 年
敷设海底电缆
英国



亚加米依号敷设电缆船

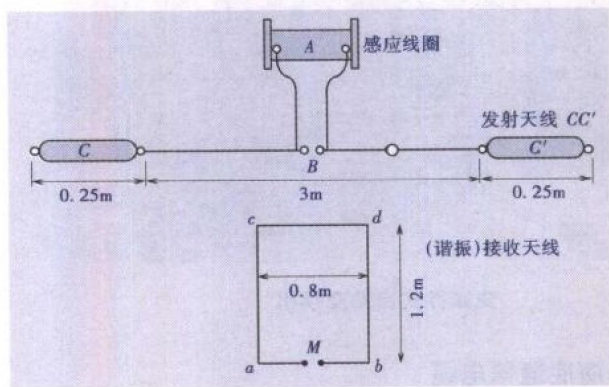
1845 年,英吉利海峡海底电报公司成立,开始了从英国到加拿大并跨过多佛尔海峡到达法国的海底电缆敷设工程。

海底电缆敷设中碰到了电缆断裂等大难题,但敷设海底电缆是时代的要求,各国都为此投入了力量。

1851 年,最早的加来—多佛尔海底电缆敷设完毕,成功地实现了通信。以此为契机,欧洲周边和美洲东部周边也敷设了许多电缆。

现在,世界上的大海里遍布着电缆,供通信使用。

4 无线通信的历史



赫兹的电磁波传播实验

世界上任何地区的信息都能显现在电视机上,这种方便是电波带给我们的。

最早的电波实验是德国的赫兹在 1888 年进行的。通过实验,赫兹弄清了电波和光一样,具有直线传播、反射和折射现象。

频率的单位 Hz

就是来自他的名字。

(1) 马可尼的无线电装置

曾经在杂志上读过赫兹实验的意大利人马可尼,在



马可尼和他的无线电装置

1895 年研制出了最早的无线电装置,利用这一装置在大约 3 公里远的距离上进行了莫尔斯电码通信实验。他想到了要把无线通信企业化,就成立了一个无线电报与信号公司。

1899 年,跨越多佛尔海峡的通信得以成功,1901 年又成功地在距离英国 2700 公里的纽芬兰收到了莫尔斯信号。

尽管马可尼在无线通信领域获得了诸多成功,但由于与海底电缆公司的利益相冲突,

他想在纽芬兰设立无线电报局的事遭到了反对,马可尼的反对者还不在少数。

(2) 高频波的产生

要实现无线通信,首先得产生稳定的高频电磁波。

达德尔采用由线圈和电容器构成的电路产生出了高频信号,但频率还不到 50kHz,电流也只有 2~3A。

1903 年,荷兰的包鲁森利用酒精蒸气电弧放电产生出了 1MHz 的高频波,彼得森又对其进行了改进,制成了输出功率达到 1kW 的装置。

其后,德国设计出了机械式高频发生装置,美国的斯特莱和费森丁、德国的哥德施米特等人开发出了用高频交流机产生高频波的方法等,很多科学家和工程师都曾致力于高频波发生器的研究。

(3) 无线电话

如果传送的不是莫尔斯信号而是人的语言,那就需要有运载语音信号的载波。载波必须是高频波。

1906 年,美国通用电气(GE)公司的亚历山大逊制成了 80kHz 的高频信号发生装置,首次成功地进行了无线电话实验。

用无线电话传送语音,并且要收听它,这就需要有发送所需的高频信号发生装置和接收所需的检波器。费森丁设计了一种外差式接收装置,并于 1913 年试验成功。

1895 年
发明无线电报
高频应用
马可尼

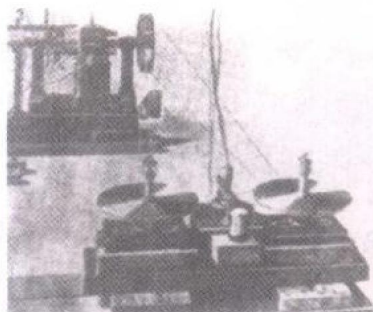
1903 年
高频应用
包鲁森

1906 年
发明
无线电话
亚历山大逊

1913 年
发明外差式
接收机
费森丁

达德尔设计出了以包鲁森电弧发送器为发送装置、以电解检波器为接收装置的受话器方式。在当时，由于都是采用火花振荡器，所以噪音很大。实验阶段可说是成功了，但离实用化还很远。

要想使产生的电波稳定、接收到的噪音小，还得等待电子管的出现。



达德尔的高频发生装置

(4) 二极管和三极管

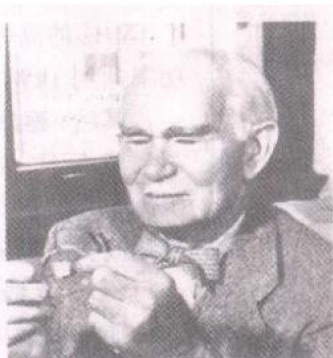
1883年，爱迪生发现从电灯泡的热丝上飞溅出来的电子把灯泡的一部分都熏黑了，这种现象被称为爱迪生效应。

1904年，弗莱明从爱迪生效应得到启发，造出了二极管，用它来进行检波。

1907年，美国的D. 福雷斯特在二极管的阳极和阴极之间又加了一个叫做栅极的电极，发明了三极管。

这种三极管既可用于放大信号电压，也可配以适当的反馈电路产生稳定的高频信号，可说是一个划时代的电路元件。

三极管经过进一步改进，能够产生短波、超短波等高频信号。此外，三极管具有能控制电子流的机能，随后出现的示波管和示波器与此有密切的关系。



D. 福雷斯特和三极管

1904年
发明二极管
弗莱明

1907年
发明三极管
福雷斯特