

OHM 电子电气入门丛书

电子电路讲座 3

图解

振荡 / 调制解调电路

〔日〕 雨宫好文 小柴典居 主编
小柴典居 植田佳典 著



科学出版社 OHM社

7N76

Y79

461436

OHM 电子电气入门丛书

图解

电子电路讲座 3

振荡 / 调制解调电路

〔日〕雨宫好文 小柴典居 主编

小柴典居 植田佳典 著

李 平 译 白玉林 校



00461436

科学出版社 OHM 社

2000 北京

图字: 01 - 1999 - 1536 号

Original Japanese edition

Toranjisuta Kairo Nyuumon Koza 3: Hasshin, Henfukucho Kairo no Kangakata (Kaitei 2-han)

Supervised by Yoshifumi Amemiya and Tsuneori Koshiba

Written by Tsuneori Koshiba and Yoshinori Ueda

Copyright © 1991 by Tsuneori Koshiba and Yoshinori Ueda

published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is 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

振荡/调制解调电路基础

小柴典居 植田佳典 才一ム社 1983

图书在版编目(CIP)数据

振荡/调制解调电路/(日)雨宫好文等著;李平译.

- 北京:科学出版社,2000.1

ISBN 7-03-008215-X

I. 振… II. ①雨… ②李… III. ①振荡回路②解调技术

IV. TN76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 75502 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

科地亚印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

2000 年 1 月第 一 版 开本: 850 × 1168 1/32

2000 年 1 月第一次印刷 印张: 6 3/4

印数: 1—5 000

字数: 178 000

定 价: 16.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

目 录

1 振荡电路的设计方法

1.1 振荡的基本概念	12
1.2 LC 振荡器的设计方法	15
1.3 晶体振荡器的设计方法	33
1.4 CR 振荡器的设计方法	43
1.5 稳定振荡器的设计方法	54

2 振幅调制的设计方法

2.1 什么是调制、解调	64
2.2 根据调制方式对调制波分类	66
2.3 调幅波的生成	66
2.4 调幅电路	73
2.5 抑制载波的振幅调制方式	85
2.6 什么是超调	98

3 调幅波解调的设计方法

3.1 非线性解调	102
3.2 线性解调	104
3.3 包络线解调	104
3.4 同步解调	108
3.5 与调制解调相关的问题	112

4 调频与调相的设计方法

4.1 调频和调相的特征	122
--------------------	-----

4.2	调频波的生成	122
4.3	调相波的生成	124
4.4	调频波与调相波的比较	125
4.5	调角波的频谱和占有频带宽度	130
4.6	调角波的向量表示	135
4.7	调频电路	137
4.8	调相电路	142
4.9	从调相波变换到调频波	147
4.10	FS 调制和 PS 调制	148

5 调频波和调相波的解调设计方法

5.1	鉴频器的设计方法	154
5.2	鉴相器的设计方法	163
5.3	使用 PLL 鉴相	168
5.4	调频方面的各种问题	190

参考文献	203
------------	-----

附 录

1.	通过线性调制器波形进行动作说明 ...	205
2.	通过抑制载波的平衡调制器波形进行 动作说明	206
3.	引入第 1 种贝塞尔函数展开式(4.16) ...	207
4.	整理式(4.17)	209
5.	贝塞尔函数的近似式	209
6.	式(5.34)的解法	209
7.	仿真用的等价模型	211
8.	秋千与振荡器的对比	214

7N76

Y79

461436

OHM 电子电气入门丛书

图解

电子电路讲座 3

振荡 / 调制解调电路

〔日〕雨宫好文 小柴典居 主编

小柴典居 植田佳典 著

李 平 译 白玉林 校



00461436

科学出版社 OHM 社

2000 北京

图字: 01 - 1999 - 1536 号

Original Japanese edition

Toranjisuta Kairo Nyuumon Koza 3: Hasshin, Henfukucho Kairo no Kangakata (Kaitei 2-han)

Supervised by Yoshifumi Amemiya and Tsuneori Koshiba

Written by Tsuneori Koshiba and Yoshinori Ueda

Copyright © 1991 by Tsuneori Koshiba and Yoshinori Ueda

published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is 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

振荡/调制解调电路基础

小柴典居 植田佳典 才一ム社 1983

图书在版编目(CIP)数据

振荡/调制解调电路/(日)雨宫好文等著;李平译.

- 北京:科学出版社,2000.1

ISBN 7-03-008215-X

I. 振… II. ①雨… ②李… III. ①振荡回路②解调技术

IV. TN76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 75502 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

科地亚印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

2000 年 1 月第 一 版 开本: 850 × 1168 1/32

2000 年 1 月第一次印刷 印张: 6 3/4

印数: 1—5 000

字数: 178 000

定 价: 16.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

关于中文版最新更改的说明

当我们在空前炎热的 1999 年盛夏，正准备翻译出版本书的中文版时，收到了欧姆社 (OHMSHA) 紧急传真过来的原著者对本书 5.3 节的最新全面更改稿。显然这是根据小柴教授在 1999 年 7 月最新发表的有关论文修订的 (见参考文献 [5.3]、[5.5])，由此可见日本有关方面对本书中文版的重视。

译者谨记

主 编 的 话

本讲座所面向的是正准备学习电子电路的读者,或是曾经学过但还想从头系统地整理一下这方面知识的读者。也可用于大学、高等专科学校相关专业师生的教学参考和公司新员工的教育培训。

自初版发行以来,已过了十多年时间,始终深受各方面读者的厚爱。随着世界上科学技术的进步,此次决定修订增补。对初版中叙述不充分的内容予以补充,对冗长部分予以割爱,从而完成了全面修订和大幅度增补。

在本系列讲座修订过程中,我们仍然忠实沿袭以下4点初版的编辑方针

(1) 只要具备高中毕业的数学知识,再综合本书每章各节所介绍的基础知识,就能读懂全文。

(2) 用简洁的粗线条组成技术骨架,着重于基本原理的阐述,对其最新应用方面则不作重点叙述。

(3) 文章叙述简洁平易,尽力避免冗长。

(4) 灵活使用脚注、例题、插图、附录等,使全书主干清晰,避免分散主题。

作者植田佳典先生发扬了吃苦耐劳的精神,书中大部分实验验证工作都得益于他的劳动。从而完成了这本具有实验验证特色的著作,并在初版即获好评,担任部分策划工作的我深感满意。

通过这次改版,本书内容更加充实,尤其是用计算机仿真表现了波形观测中无法看到的过渡状态,使本书更易理解。作为主编,我们十分高兴。如果能对读者有所裨益,主编者将格外荣幸。最后谨为本系列讲座改订出版而尽力的欧姆社(OHMSHA)出版部各位深表谢意。

主编谨记

前 言

本书是图解电子电路讲座振荡和调制解调电路部分。笔者长期在大学执教电子电路,发觉很多学生对电子电路感到很棘手,起初以为是自己教学方法不当,遂潜心研究,对教学方法进行了大力改革。可是后来却发现这种现象不仅仅在我们一所学校存在,于是调查的重点才得以明确。

不久我发现产生这一现象的最大原因在于:授课必须在限定的时间内,靠快速“填鸭式”方法让学生接受较高水平的内容,学生一旦落后就很难赶上。那些很早就开始跟不上进度的学生,后来对学习内容的主干及枝叶都无法辨清。总之,对于那些仅靠死记硬背公式、机械运用公式去争取学分的人而言,电子电路无疑是一门性质完全不同的学问。

注意到这一点以后,我决定向学生力陈死记硬背的害处,使他们认识到理解的重要性,并且只将主要知识用平易的方式透彻地介绍给他们,而不去讲解那些不重要的,这些可以靠学生通过试验或工作实践来领会。因为我觉得与其让学生讨厌电子电路,不如在课堂上不讲那些无关紧要的知识。

另外,我注意到,社会上有很多非电工专业的人,工作中迫切需要学习电子电路知识,却苦于无从学习。

因此,笔者认为需要出版一本以初学者为对象、可以自学的教材,并从1974年开始着手准备。由于欧姆社打算编辑出版入门讲座的计划与笔者不谋而合,故有此机会担任本书的编写。

编写本书时,喜安善市博士(原东北大学教授)及许斐贡博士(原九州工业大学校长)在原稿阶段给予了许多直接或间接的宝贵指导,在此深表谢意。

另外,主编雨宫好文博士(名古屋大学教授)也提出了宝贵意

见,在此一并致谢。

还有对担任计算机绘图的水野贤资博士(群馬大学教授)及木间顺一(群馬大学),对调频广播部分的内容提供意见的斋藤泰治(冲电气公司,原 NHK 就职)、在实验及准备阶段给予帮助的峰岸教子、铃木庸弘、大关武、小岛幸夫、铃木毅、大野秀幸、浅川弘、柴田敬久诸位,及对部分原稿插图给予协助的间岛礼子、支持本书出版的欧姆社(OHMSHA)各位,表示衷心感谢。

本书如能对读者有所裨益,我将不胜欣幸。

著 者

关于改版

本书经欧姆社出版后,转眼已过去十多年了。其间就细微之处做了很多小的更正及补充。特别是对双平衡调制器及外差检波做了很多的补充。

伴随着整套讲座进行补充改订计划的实施,此次本书严格修改了那些叙述不够严密之处,同时也补充了一些说明。

特别是关于 LC 振荡器中振荡过程及 PLL 的同步过程,此次采用计算机仿真手段,使叙述简单易懂。

向为本书准备仿真实验的森哲弘、奥泉雅子、惠美、三浦幸一郎、栗生田悦子、上条千佳、增渊仁美、春日靖成、小岛浩等表示深深的谢意。并向计划改订的欧姆社(OHMSHA)出版部的各位表示感谢。顺致改版的问候。

著 者

关于改版第 3 次印刷

关于 PLL 的动作原理,一直说明得不够充分。而已出版的其它著作也未对此做出明确说明。

最近笔者通过计算机仿真成功地解释了同步牵引的原理,因此在第 3 次印刷时全面改写了 5.3 节。对协助仿真工作的高畑一夫、三浦幸一郎、横山睦夫及鹭明日香表示感谢。

著 者

谨将此书献给喜安善市博士及许斐贡博士

追溯到 1945 年战争结束后,当笔者回国时,我的任务是制造先进的雷达。于是我进入原明治工业专门学校即现在的九州工业大学学习。

许斐老师给我出的毕业论文题目是:制作一个调频的发送、接收终端。当时连一个中频变换器都必须自己制作,所以完成这篇论文笔者花费了很多心血。

在我来电气通信研究所时,面试的喜安先生问我的第一个问题就是毕业论文做些什么,我回答说调频,他立刻就同意接收我了,于是一切万事大吉。因为调频属于当时最前沿的研究课题。

进入电气通信研究所后,我在喜安先生指导下从事脉冲调相的研究。做毕业论文的经验成为我宝贵的基础知识,但另一方面也因自己写的毕业论文可能离正式论文相差甚远,而心存遗憾。

今天终于有机会在此总结一下振荡和调制解调。追本溯源,一切都得益于许斐先生给我出的毕业论文的题目。另外,在电气通信研究所得到了一直从事脉冲调相研究的喜安先生的诸多指导。

在此将本书献给两位老师,对他们的教诲深表感谢。

小柴典居

目 录

1 振荡电路的设计方法

1.1 振荡的基本概念	12
1.2 LC 振荡器的设计方法	15
1.3 晶体振荡器的设计方法	33
1.4 CR 振荡器的设计方法	43
1.5 稳定振荡器的设计方法	54

2 振幅调制的设计方法

2.1 什么是调制、解调	64
2.2 根据调制方式对调制波分类	66
2.3 调幅波的生成	66
2.4 调幅电路	73
2.5 抑制载波的振幅调制方式	85
2.6 什么是超调	98

3 调幅波解调的设计方法

3.1 非线性解调	102
3.2 线性解调	104
3.3 包络线解调	104
3.4 同步解调	108
3.5 与调制解调相关的问题	112

4 调频与调相的设计方法

4.1 调频和调相的特征	122
--------------------	-----

4.2	调频波的生成	122
4.3	调相波的生成	124
4.4	调频波与调相波的比较	125
4.5	调角波的频谱和占有频带宽度	130
4.6	调角波的向量表示	135
4.7	调频电路	137
4.8	调相电路	142
4.9	从调相波变换到调频波	147
4.10	FS 调制和 PS 调制	148

5 调频波和调相波的解调设计方法

5.1	鉴频器的设计方法	154
5.2	鉴相器的设计方法	163
5.3	使用 PLL 鉴相	168
5.4	调频方面的各种问题	190

参考文献	203
------------	-----

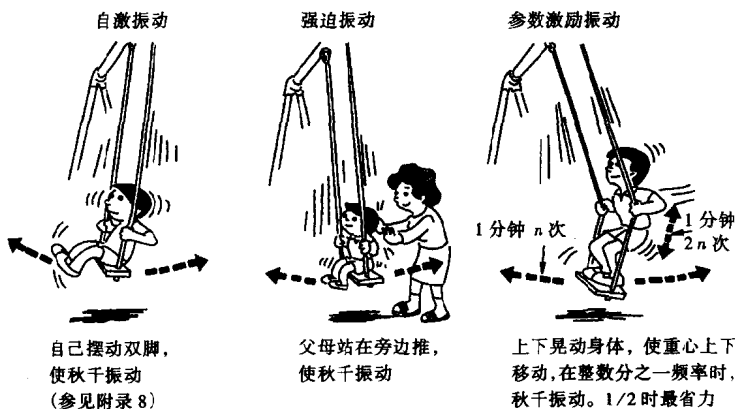
附 录

1.	通过线性调制器波形进行动作说明 ...	205
2.	通过抑制载波的平衡调制器波形进行 动作说明	206
3.	引入第 1 种贝塞尔函数展开式(4.16) ...	207
4.	整理式(4.17)	209
5.	贝塞尔函数的近似式	209
6.	式(5.34)的解法	209
7.	仿真用的等价模型	211
8.	秋千与振荡器的对比	214

振荡电路的设计方法

本章学习目的与内容

振荡电路大致分为正弦波振荡电路和弛张振荡电路。本书只介绍正弦波振荡电路，关于弛张振荡电路及其它振荡电路请参见第4分册《脉冲电路》。



1.1 振荡的基本概念

下面首先介绍振荡器的基本概念, 然后进入各部分具体讨论。

1.1.1 什么是振荡

振荡 (oscillation) 是指连续地发生振幅一定、频率一定的振动现象。发生振动的电路称为振荡器 (oscillator)。

振动具有能量, 振荡器需要能源为之提供能量, 该能量通过使振荡器动作的直流电源提供。换言之, 如图 1.1 所示, 振荡器也可称为将直流电源能量转换为振动能量的装置。

振动电路大致分为自激振动电路、强迫振动电路和参数激励振动电路^[1.1], 如表 1.1 所示。

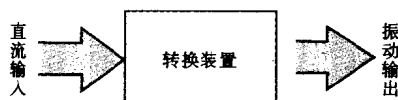


图 1.1 什么是振荡

表 1.1 振动电路

激励种类	频率	电路分类	波形	备 注
自激振动电路	固有频率	调谐振荡电路	正弦波	以电路常数决定的频率持续振动
		弛张振荡电路	方波、脉冲	
强迫振动电路	基频不变的振动	放大电路	与输入相同	严格地讲, 不称为振荡
		波形变换电路	方波、脉冲	单稳电路也属于这种情况
	基频可变的振动	倍频电路	正弦波、脉冲	整数倍频率的电路
		分频电路	正弦波、脉冲	整数分之一频率的电路
		频率变换电路	正弦波、脉冲	将频率变换成其它频率
		自激振动电路的强迫同步	正弦波、脉冲	将自激振动电路的频率牵引到外部输入频率上
参数激励振动电路	激励频率的整数分之一	参数激励子	正弦波	在频率为激励频率的整数分之一时振荡, 1/2 时最省力