

振荡电路实践

青少年电子入门快车

王乃成 何守斌



福建科学技术出版社



● 青少年电子入门快车

振荡电路实践

王乃成 何守斌

福建科学技术出版社

(闽)新登字 03 号

青少年电子入门快车

振荡电路实践

王乃成 何宇斌

*

福建科学技术出版社出版、发行

(福州市东水路 76 号)

福建省新华书店经销

福建省科发电脑排版服务公司排版

福州屏山印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 5.25 印张 2 插页 119 千字

1998 年 9 月第 1 版

1998 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—8 000

ISBN 7-5335-1287-1/TN · 176

定价:8.70 元

书中如有印装质量问题,可直接向承印厂调换



编辑的话

近 20 年来，电子技术得到了飞速的发展，从航天飞机的发射升空、“火星探路者”号的成功登陆，到卫星全球定位系统 (GPS)、巨型计算机的研制，从海湾战争、抗震救灾、维和行动，到与我们生活息息相关的大屏幕高清晰度彩色电视机、VCD、DVD 视盘机、手提电话……我们无不感受到电子技术的无穷魅力以及对我们社会生活的巨大影响。同时，电子技术又是那么地“平易近人”。一把烙铁、几个元件、一本书，迷得一代代的青少年“乐不思蜀”……谁能否认当今的电子大师们不正是从这条路上走来的？谁又敢说今天的“小电子迷”不能成为明日的电子大师？即便是平平凡凡，他们也乐此不疲，沉迷于电子世界，增长知识，陶冶情操，服务社会。

“青少年电子入门快车丛书”是一套面向青少年朋友的电子入门读本。丛书将电子学知识分成各个相对独立的专题，分册论述。各个分册大致包括了基本知识、元器件特性、基本电路原理与分析、实用电路制作等内容，并注重反映电子科学发展的最新技术及其应用。丛书力求通俗易懂，同时强调知识性、实用性、系统性，让青少年

朋友们能够在较短时间内掌握电子技术的基本知识及制作技能。

在丛书出版之际，特别要感谢参加本丛书编写的专家们，他们大都来自全国各大院校。在为国家培养高级电子人才之余，他们仍不忘普及科技知识的社会责任，百忙之中，天南海北，共同为本丛书的出版而辛劳。国家信息产业部吕新奎副部长、清华大学的李鹤轩教授、中国电子科技大学的过璧君教授、浙江大学的陈曾济教授、大连海事大学的吕健先生以及福州市少年宫的林正山高级工程师等，也为全书的策划组稿提出了宝贵的建议，福建师范大学的许瑞珍老师为丛书编写了生动有趣的电子知识短文，在此一并致谢。

我们诚恳地希望全国电子行业的专家们能继续关注“青少年电子入门快车丛书”的成长，并希望广大青少年朋友能将学习中遇到的问题及萌发的建议告诉我们，让我们一起为普及电子知识而努力。

前 言

在各种各样电子电路中，振荡电路作为一个功能单元电路占有十分重要的位置。

振荡电路是一种能自动地将直流电源所提供的直流电能转换为交流电能的能量转换电路。这就是说振荡电路不需外加输入信号就能自动地产生一定波形、一定频率和振幅的交流信号。

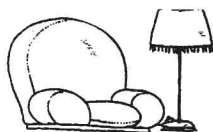
振荡电路的这一功能，对于各种各样的电子电路是十分重要的，在各行各业的电子设备中得到了广泛应用。在家用电器中如门铃、收音机、电视机等，在医疗设备中如电子治疗仪、心电图机、CT 机等，在通信行业中如电话机、BP 机、无线电通讯等，在安全报警装置中，在电脑中……都有振荡电路。振荡电路应用极为广泛，不论是电专业的学生，还是电子爱好者都应掌握振荡电路。但是，振荡电路相对于其他功能单元电路要复杂些，而且振荡电路的理论根据及其所用的器件都在不断地发展、丰富、完善，因而对于读者来讲，掌握了振荡电路的分析、设计和应用就会大大充实自己的电子学知识。

本书为了帮助读者快速、有效地达到这一目的，从内容上作了如下安排，首先讲述振荡电路的基本原理和构成振荡电路的基本器件如分立件、晶振以及集成电路，使

读者从器件和振荡理论两方面认识各种振荡电路。在这部分的分析过程中，采用工程估算和定性分析相结合的方法，避免了一些理论书、教科书复杂的数学计算。其次精选若干个典型电子设备中使用的振荡电路，结合原理部分分析其工作原理，从而将振荡电路从抽象分析过渡到实际电路，从书本过渡到所熟悉的实物。最后引导读者制作一个成功的振荡电路“产品”，以及如何选择器件，如何制作电路板，如何焊接、安装，如何调试（包含排除故障）。相信读者在面对自己一个成功的“产品”时，一定会对振荡电路以至于电子技术有一个深刻的认识。这就是作者衷心希望的。

编著者

1998年6月



目 录

第一章 概述

一、振荡电路的作用.....	(1)
二、振荡电路的分类.....	(3)
三、振荡电路的基本原理.....	(5)
(一) 正反馈振荡器.....	(7)
(二) 负阻振荡器.....	(9)
四、振荡电路的技术指标.....	(9)
(一) 波形质量	(10)
(二) 振幅的稳定性及振幅的可调节性	(11)
(三) 频率大小、频率可调及频率稳定性	(11)
(四) 可靠性	(12)
(五) 性价比	(12)

第二章 LC 正弦波振荡器

一、LC 网络的电路特性	(14)
(一) LC 回路的自激振荡和谐振	(14)
(二) 加有选频网络的放大器	(21)
二、变压器耦合反馈式振荡器	(24)
三、电感三点式振荡器	(28)
四、电容三点式振荡器	(30)

五、LC 正弦波分立件振荡电路设计	(31)
(一) 技术指标分析	(32)
(二) 技术指标的实现	(36)
(三) 设计和调试	(42)
(四) LC 正弦波分立件振荡器实例分析	(45)
六、集成 LC 正弦波振荡器	(48)
(一) 由 $\mu A733$ 构成的 LC 正弦波振荡器	(49)
(二) 由 E1648 构成的 LC 正弦波振荡器	(50)

第三章 RC 正弦波振荡器

一、RC 选频网络的特性	(54)
(一) RC 超前移相网络	(54)
(二) RC 滞后移相网络	(55)
(三) RC 串并联网络	(56)
二、RC 正弦波振荡器的特点	(57)
三、RC 移相振荡器	(58)
(一) 超前型 RC 移相振荡器	(58)
(二) 滞后型 RC 移相振荡器	(60)
四、RC 桥式振荡器	(61)

第四章 负阻型 LC 正弦波振荡器

一、负阻器件	(69)
(一) 负阻器件的伏安特性	(69)
(二) 负阻器件对直流电源的要求	(70)
(三) 负阻器件与 LC 振荡回路的连接	(70)
(四) 起振条件, 平衡条件和稳幅条件	(71)
二、隧道二极管 LC 正弦波振荡器	(72)

第五章 石英晶体振荡器

一、石英晶体的基本特性与等效电路	(74)
二、并联型晶体振荡器	(77)
三、串联型晶体振荡器	(77)
四、石英晶体多谐振荡器	(78)
五、石英晶体谐振器的使用注意事项	(79)
(一) 正确地选择负载电容	(79)
(二) 适当安排激励电平	(80)
(三) 保持一定的工作环境温度	(80)
(四) 预先老化	(80)

第六章 非正弦波发生电路

一、方波发生器	(82)
(一) 三极管方波发生器	(82)
(二) 运算放大器方波发生器	(84)
(三) 集成 555 定时器组成方波发生器	(88)
(四) RC 环形多谐振荡器	(93)
二、三角波发生器	(95)
(一) 简单三角波电压发生器	(95)
(二) 运算放大器组成的三角波发生器	(96)
(三) 555 定时器组成的三角波发生器	(100)
三、彩色电视机开关电源电路	(101)
(一) 开关电源方框图	(101)
(二) 自激振荡过程	(101)
(三) 稳压控制过程	(104)
四、黑白电视机行扫描电路	(105)

（一）黑白电视机图像显示原理·····	（105）
（二）行扫描电路工作原理·····	（106）

第七章 实用电路制作

一、振荡电路的制作步骤·····	（112）
二、实用电路制作·····	（115）
（一）三点式 LC 正弦波振荡器·····	（115）
（二）晶体稳频振荡器·····	（119）
（三）方波发生器·····	（123）
（四）负阻器件振荡电路·····	（126）
（五）闪烁灯·····	（129）
（六）“叮一咚”门铃·····	（131）
（七）无线卡拉 OK 话筒·····	（134）
（八）接近开关·····	（137）
（九）冰箱除臭器·····	（141）
三、振荡电路制作中的问题及对策·····	（144）
（一）制作印制电路板的一般考虑·····	（144）
（二）振荡电路中的故障排除·····	（148）
（三）寄生振荡产生的原因及消除方法·····	（150）

第一章 概 述

振荡电路是通过自激方式把直流电压变换为按一定规律变化的电压（如正弦波、方波、锯齿波等）的一种电子线路。

一、振荡电路的作用

振荡电路是千千万万电路中的一种，其作用同样可以归纳为两点：一是能量的传递；二是信号的处理，如图 1-1 所示。现分别举例加以说明。

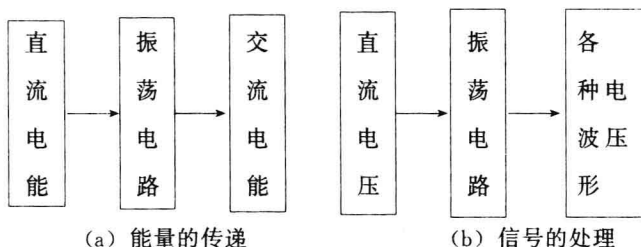


图 1-1 振荡电路的作用

微波炉是新一代厨房用具，目前正逐渐进入家庭，原因是微波炉具有效率高、操作简便、功能多和干净卫生等突出优点。微波炉是如何烹调食品的呢？它是用 2450MHz 频率的微波来达到加热食品的目的，所以称之为微波炉。我们都知道，微波炉使用的是 220V 50Hz 的工频交流电。因此，微波炉必然需要这样的电路，即吸取电网电能产生微波的电路，然后将微波送入炉内烹调

食品。可以看出，微波炉的核心是产生微波的电路，这种电路便是振荡电路。在微波炉中有一个专门设计的器件称为磁控管，它可以用等效电感 L 和等效电容 C 描述。图 1-2 所示是磁控管的等效电路。磁控管的中央部位有一根电丝充当阴极，发热时产生大量电子，这些电子在 4000V 的高压作用下在磁场中高速环状运动，形成环状电流流向阳极，源源不断的电子流犹如直流电源一样提供电能给 LC 并联谐振电路，使 LC 并联谐振电路产生连续振荡，其振荡频率由谐振频率决定。由于电感量 L 和电容量 C 都非常小，因此谐振频率就很高，能够达到 2450MHz 的微波频率，从而发出微波能量，经天线提取和导波装置送至炉腔内。

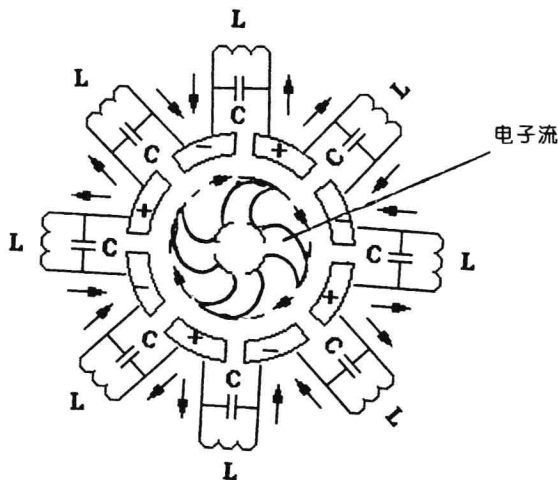


图 1-2 微波炉产生微波等效电路图

电子钟与机械钟相比，电子钟结构简单、价格便宜、体积小而走时却又相当精确。我们都知道，机械钟是通过定期上发条储存机械能然后再慢慢释放驱动指针走动。而电子钟一般使用的是 1.5V 直流干电池提供能源，由振荡电路产生频率精确的方波，驱动步进电机，电机再带动指针转动，如图 1-3 所示。可见，振荡电

路的振荡频率将直接影响走时的精确。现代电子钟依靠不断发展的电子器件和电路理论已经能比较容易地使电子钟精确到 10^{-5} 秒/小时，也就是说电子钟一年误差不到 1 秒。

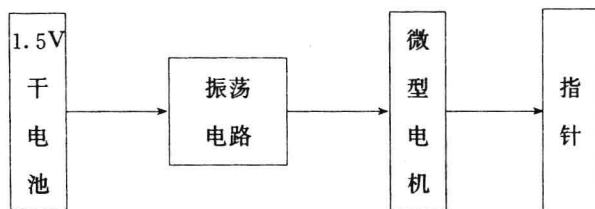


图 1-3 电子钟原理方框图

事实上，振荡电路在电子学的领域内有着广泛的用途。在无线电技术发展的初期，它就在发射机中（如电台）用来产生高频载波电压，发射信号；在超外差接收机中（如收音机）用作本机振荡电路，以接收无线电信号；在教学实验、科学研究仪器中，振荡电路产生各种频率的信号（如正弦信号发生器）作为信号源；在自动控制中，振荡电路用来完成监控、报警、无触点开关控制以及定时控制；在遥控技术中，振荡电路产生各种频率的振荡电压，接收后经过识别，达到遥控目的；在医学领域内，振荡电路可以产生脉冲电压用于消除疼痛，疏通经络，在机械加工中可用振荡电路产生的超声波进行材料探伤；在热处理中振荡电路产生大功率高频电能对负载加热等等。随着电子学的不断发展，振荡电路已作为一个极为实用的功能电路应用到各种各样的仪器设备中，从而进入了社会的各个领域。

二、振荡电路的分类

振荡电路发展、完善至今，形式已是多种多样。侧重点不同，

其分类也不一样，列表如下：

表 1-1 按振荡器工作原理分类

类别		说明
反馈振荡器	正弦波振荡器	幅度平衡，相位平衡的正反馈
	张弛振荡器	定时强行正反馈
负阻振荡器	正弦波振荡器	用器件的负阻效应维持振荡
	弛张振荡器	

表 1-2 按振荡器输出波形分类

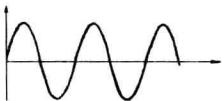
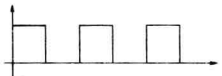
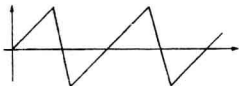
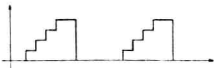
类别		输出波形
正弦波振荡器		
非正弦波振荡器 (弛张振荡器)	矩形波振荡器	
	锯齿波振荡器	
	尖脉冲振荡器	
	梯形波振荡器	
	阶梯波振荡器	

表 1-3

按振荡器输出频率分类

类别	说明
超低频振荡器	1Hz 以下
低频振荡器	1Hz 至 3kHz
高频振荡器	3kHz 至 3MHz
超高频振荡器	3MHz 以上

表 1-4

按电路元件分类

类别	说明
分立件振荡器	由 R、L、C、三极管，变压器等分立件构成
集成振荡器	模拟集成振荡器
	数字集成振荡器
晶体振荡器	物理器件

三、振荡电路的基本原理

振荡电路在不断应用新的电子器件如场效应管、负阻器件和集成电路等组成各种形式的各种用途的振荡电路的同时，也完善了自身的理论。任何一个振荡电路都要实现没有输入却有输出的功能，这也是振荡电路与放大电路的一个明显的区别，如图 1-4 所

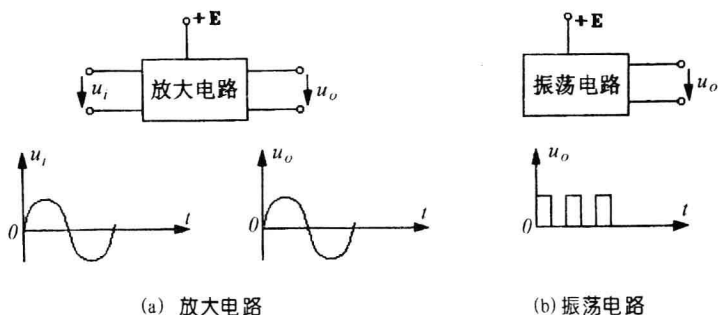


图 1-4 放大电路与振荡电路的比较

示。图中+E 为直流电源。

那么，振荡电路为什么能“无中生有”、“无风起浪”呢？其基本原理是什么？

为了更好地理解振荡的基本原理，我们举一个日常生活中大家都熟悉的例子——单摆，如图 1-5 所示。单摆在自由摆动时（A-O-B），如果我们顺着单摆的摆动（比如在 A 处或 B 处）不断地给

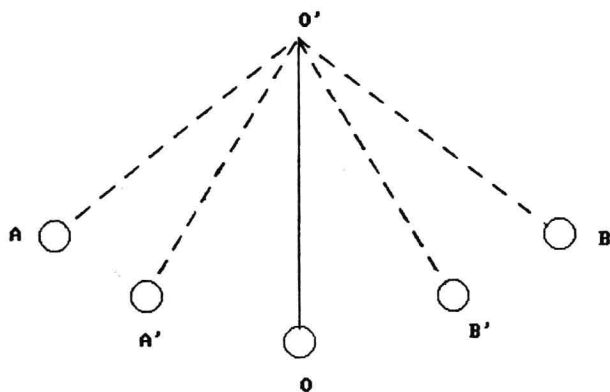
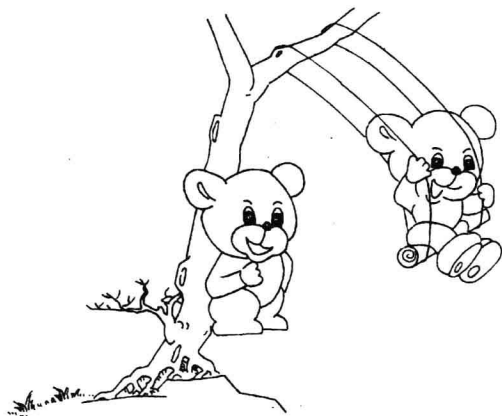


图 1-5 单摆