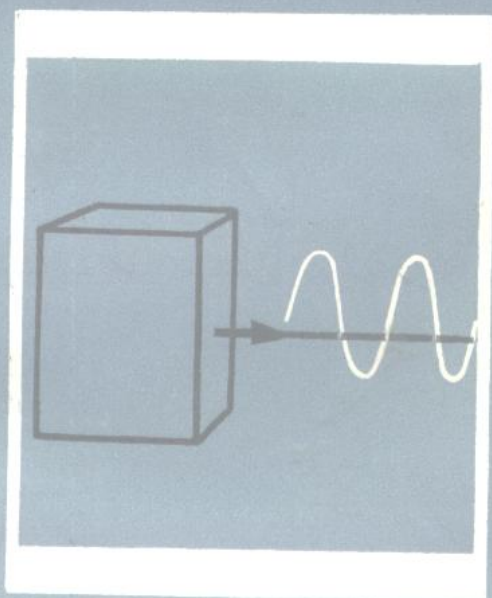


电 子 学 丛 书 第 六 册

振荡器及调制解调器

〔美〕哈里·米瑞夫 主编

邓肃然 朱甫正 译



中国铁道出版社

75-67
411
电子学丛书

第六册

振荡器及调制解调器

[美] 哈里·米瑞夫 主编

邓肃然 朱甫正 译

中国铁道出版社

1989年·北京

8910220

DL16/24
内 容 简 介

这套丛书译自美国海登图书有限公司出版的《电子学》丛书1~7册合订本。该丛书内容极其丰富，概括了过去常用的和目前最新的电子学方面的应用技术，在内容编排上新颖独特，一页一题，循序渐进，见解精辟，将电子学中比较高深的理论用浅显的文字、生动形象的黑蓝两色插图创造性地表现了出来，是一套比较独特的电子学方面的学习课本，适合读者自学和作为简明的工具书。该丛书在国外拥有广大的读者，曾多次修订再版。

该丛书分《电子信号》、《电子电路的功能》、《电真空器件》、《电源及放大器》、《振荡器及调制解调器》、《辅助电路及天线》等七册出版。本书为这套丛书的第六册。

本书介绍了各种振荡器、调制解调器的电路及工作原理。内容主要包括：各种LC振荡器、晶体振荡器、RC振荡器、耿振式振荡器、高频振荡器、震激振荡器、弛张振荡器、多谐振荡器、调制器、混频器、变频器、检波器、解调器、鉴频器等。

本书1~11节由邓肃然译，12~19节由朱甫正译。

ELECTRONICS

ONE - SEVEN

NARRY MILEAF • EDITOR - IN - CHIEF

HAYDEN BOOK COMPANY, INC, 1978

电子学丛书 第六册

振荡器及调制解调器

[美] 哈里·米瑞夫 主编

邓肃然 朱甫正 译

海登图书有限公司 1978

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 魏京燕 封面设计 刘景山

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：850×1168毫米 $\frac{1}{32}$ 印张：5 字数：126 千

1989年3月 第1版 第1次印刷

印数：1—2,200册 定价：3.65元

译者序

这套丛书共有7个分册，是以教学的形式编写的。为了适应读者的学习，本丛书作了符合学习规律的安排。每册书中，各个主题都是按照循序渐进的要求安排的，前面的内容为后面的学习作好了准备。这套丛书在编排上的独特之处在于：每一页中只介绍一个主题，同时在一页上都配有彩色插图和说明，图文并茂。读者可以通过文字和插图来配理解每一页的内容。正因为每一个主题都既有文字讲解，又有插图说明，因而可使学习效益大为增加。此外，为了进一步帮助读者巩固所学的知识，各插图及说明已就相应的重点作了总结。有了这种独具特色的编排，就可使读者有效地利用本丛书进行复习和总结。书中的彩色套印不只是起装饰的作用，它还起到了突出重点、使插图能够更有效地说明问题的作用。各册书中都根据内容安排有段落小结，小结之后附有复习题。读者通过这些复习题，可以进行学习情况的自我检测。

这套丛书，着重于物理概念的阐述，回避了繁琐的数学推导过程，深入浅出，易于理解，是一套较好的电子学方面的普及读物。

在翻译过程中，已对原书中个别疏漏作了修正。书中出现的一些数据，均属美国的情况，仅供读者参考。由于译者水平有限，不妥和错误之处，敬请读者批评指正。

译者

1987年3月

目 录

1. 振荡器.....	1
振荡器.....	1
产生振荡的必要条件.....	2
正弦振荡器.....	3
正弦振荡器的种类.....	4
基本的两管式振荡器.....	5
基本的变压器式振荡器.....	6
频率、反馈和相位.....	7
小结和复习题.....	8
2. LC振荡器.....	9
LC振荡器.....	9
反 馈.....	10
阿姆斯特朗(调板调栅)振荡器.....	11
阿姆斯特朗振荡器的工作过程.....	12
栅漏偏压的作用.....	13
阿姆斯特朗振荡器电路的变型.....	14
阿姆斯特朗振荡器电路的变型(续).....	15
基极调谐振荡器.....	16
场效应晶体管栅极调谐振荡器.....	17
小结和复习题.....	18
3. LC振荡器(续).....	19
哈特利振荡器.....	19
哈特利振荡器电路的变型.....	20
迈斯纳振荡器.....	21
莱因纳茨振荡器.....	22
科耳皮兹振荡器.....	23
克拉普振荡器.....	24
板极调谐-栅极调谐振荡器.....	25

板极调谐—栅极调谐振荡器(续)	26
电子耦合振荡器	27
小结和复习题	28
4. 晶体振荡器	29
晶体振荡器	29
晶体谐振频率	30
晶体的等效电路	31
皮尔士振荡器	32
晶控哈特利振荡器	33
巴特勒振荡器	34
其它几种晶体振荡器	35
小结和复习题	36
5. 阻容式正弦波振荡器	37
阻容式(RC)正弦波振荡器	37
阻容式(RC)正弦波振荡器(续)	38
晶控阻容式(RC)振荡器	39
移相式振荡器	40
移相式振荡器(续)	41
维恩—桥式振荡器	42
桥式网络的工作原理	43
负阻振荡器	44
隧道二极管振荡器	45
隧道二极管振荡器(续1)	46
隧道二极管振荡器(续2)	47
负阻管	48
其它类型的负阻振荡器	49
小结和复习题	50
6. 耿振式振荡器	51
耿振式振荡器	51
外部耿振式振荡器	52
7. 高频振荡器	53
高频振荡器	53
超再生振荡器	54

调谐线式振荡器.....	55
微波管.....	56
巴克豪森-库兹振荡器.....	57
磁控管振荡器.....	58
速调管振荡器.....	59
8. 震激振荡器.....	60
小结和复习题.....	61
9. 弛张振荡器.....	62
非正弦振荡器.....	62
充气二极管振荡器.....	63
充气二极管用作线性锯齿波发生器.....	64
闸流管锯齿波发生器.....	65
闸流管锯齿波发生器(续)	66
间歇(阻塞)振荡器.....	67
间歇(阻塞)振荡器的波形.....	68
小结和复习题.....	69
10. 多谐振荡器.....	70
多谐振荡器.....	70
自激(无稳态)多谐振荡器.....	71
自激(无稳态)多谐振荡器(续)	72
同步作用.....	73
双稳态多谐振荡器(触发器)	74
双稳态多谐振荡器的工作情况.....	75
触发脉冲的控制作用.....	76
触发脉冲控制电路的工作过程.....	77
单稳态多谐振荡器.....	78
11. 频率和波形.....	79
弛张振荡器的频率和波形.....	79
弛张振荡器的频率和波形(续)	80
小结和复习题.....	81
12. 调制器.....	82
调制器.....	82
调幅器.....	83

调幅器 (续)	84
板极调制器	85
板极调制器 (续)	86
栅偏压调制器	87
其它的调幅调制器	88
平衡调制器	89
调频调制器	90
机械式调制器	91
电抗调制器	92
电抗调制器 (续)	93
相位调制器	94
小结和复习题	95
13. 混频器和变频器	96
混频器和变频器	96
混频器和变频器 (续 1)	97
混频器和变频器 (续 2)	98
振荡器的分析	99
振荡器的分析 (续)	100
14. 混频器	101
三极管混频器	101
三极管混频器 (续)	102
阴极耦合的三极管混频器	103
五极管混频器	104
二极管混频器	105
半导体二极管混频器	106
平衡混频器	107
五栅管混频器	108
晶体三极管混频器	109
小结和复习题	110
15. 变频器	111
变频器	111
晶体管变频器	112
16. 检波器和解调器	113

检波器和解调器	113
调幅检波器	114
二极管检波器	115
二极管检波器 (续)	116
栅漏检波器	117
栅漏检波器 (续)	118
板极或漏极检波器	119
无限阻抗检波器	120
小结和复习题	121
17. 检波器和解调器 (续)	122
再生检波器	122
超再生检波器	123
拍频检波器	124
超外差接收机中连续等幅波的检波	125
视频检波器	126
内载波检波器	127
单边带检波器	128
晶体三极管检波器	129
小结和复习题	130
18. 鉴频器	131
鉴频器	131
斜率鉴频器	132
斜率鉴频器 (续)	133
三重调谐鉴频器	134
三重调谐鉴频器 (续)	135
鉴频器的频率响应曲线	136
福斯特-西利鉴频器	137
福斯特-西利鉴频器的相位关系	138
福斯特-西利鉴频器的相位关系 (续 1)	139
福斯特-西利鉴频器的相位关系 (续 2)	140
小结和复习题	141
19. 鉴频器 (续)	142
比例鉴频器	142

比例鉴频器 (续)	143
选通电子束 (五极管) 检波器	144
选通电子束检波器的工作原理	145
选通电子束检波器的工作原理 (续 1)	146
选通电子束检波器的工作原理 (续 2)	147
半导体管的配对	148
小结和复习题	149

1. 振 荡 器

振 荡 器

振荡器是一种产生连续重复输出信号的电路。其输出信号可以是交流信号，也可以是脉动的直流信号。应当注意的是，振荡器产生的是它自己的特定的输出信号，而许多其他的电路虽然产生的是如同振荡器的输出那样的信号，但就这些电路而言，电路的输出是把输入信号放大或加以整形，而振荡器却没有必要接受输入信号。振荡器产生输出，只需要电源提供直流电即可。因此，可以认为振荡器是一种把直流电转换成交流或脉动直流信号的电路。

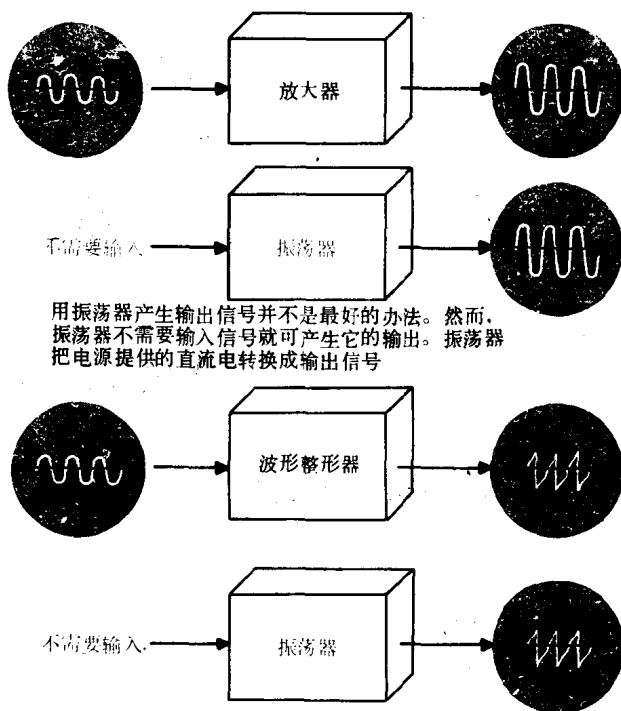


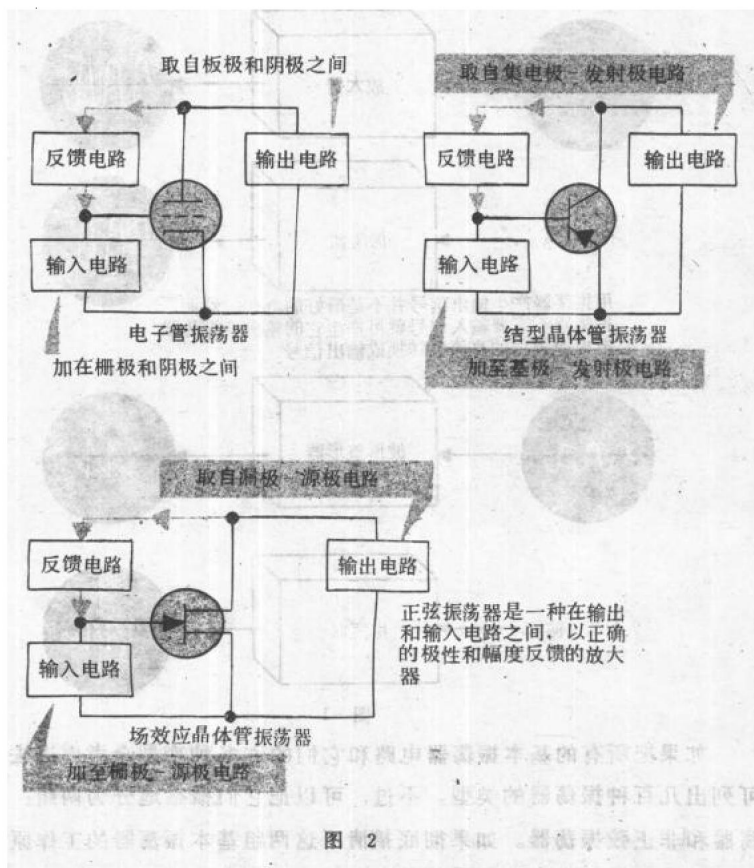
图 1

如果把所有的基本振荡器电路和它们的许多种变型全考虑进去的话，可列出几百种振荡器的类型。不过，可以把它们概括地分为两组：正弦振荡器和非正弦振荡器。如果彻底搞清了这两组基本振荡器的工作原理，那么以后遇到的基本电路几乎都是它们的改进型电路，则对它们的工作原理就都能够分析研究了。

8910220

产生振荡的必要条件

正弦振荡器实质上是一种将少量的输出信号反馈到输入电路的放大器。因此，这种振荡器是要为自己提供输入的，并以此而产生可用的输出。这样，产生振荡首先要有两个必要条件：是放大电路；并把输出的一部分反馈到输入端。为了发生振荡并使之持续下去，反馈的电压必须是正反馈的。也就是说，在输入电路中，反馈电压一定要与原来的激励电压同相位。就发生振荡而言，还要有第三个条件，那就是反馈到输入端一定要有足够的能量或功率，以克服在输入电路中的能量损耗。正反馈也称为再生反馈。



正弦振荡器

正弦振荡器如同其名称那样，产生的是正弦波输出。某些振荡器的输出波形是理想的正弦波，而某些振荡器所产生的输出波形，会含有一定的失真，不过失真较小的话，在实际应用中，还是可以当作理想的正弦波的。

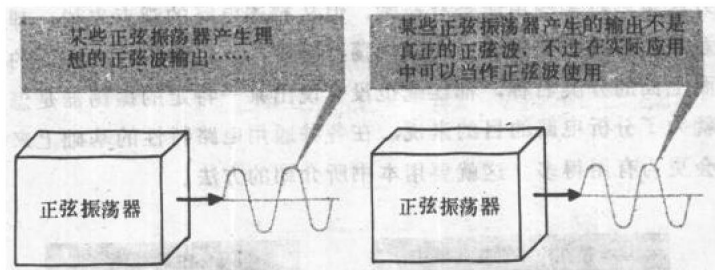


图 3 (a)

正弦波振荡器的一个重要特性是它的输出频率特性。振荡器不仅要产生所期望的频率，而且还必须在一定的限度内保持这一频率。换句话说，在振荡器工作期间，其输出频率一定要没有明显的漂移。一台振荡器的输出频率漂移很小，就说明它是稳定的。若其输出频率变化很大，就是不稳定的。某种类型的振荡器其固有特性就决定了它们比其他类型的振荡器更稳定。

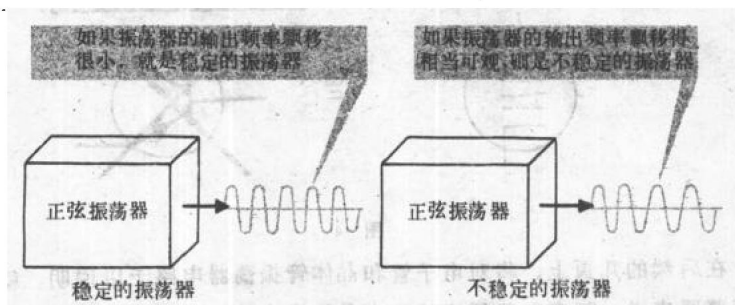


图 3 (b)

振荡器是由一个或几个电子管或晶体管以及若干有关电路元件组成的。这些电子管或晶体管本身并不是振荡器。但是，当在它们的输入和输出之间发生某些相互作用时，它们才起振荡器的作用，并且产生连续的正弦输出信号。

正弦振荡器的种类

正弦振荡器可按多种方式分类。一种是按输出频率分类，例如，音频（a-f）振荡器、射频（r-f）振荡器和超高频（UHF）振荡器等。另一种是按功能分类，例如，本机（本地）振荡器、拍频振荡器等。这些分类方法虽然对某些用途是有益的，但从描述电路的观点来说，却不能令人满意。因为音频振荡器、本机振荡器等等，可以采用许多不同的电路结构，而上面的分类名称，都丝毫也没有说出某一特定的振荡器是怎样工作的。就为了分析电路的目的来说，在各种通用电路特性的基础上来分类，必定会更为有用得多。这就要用本书所介绍的方法。

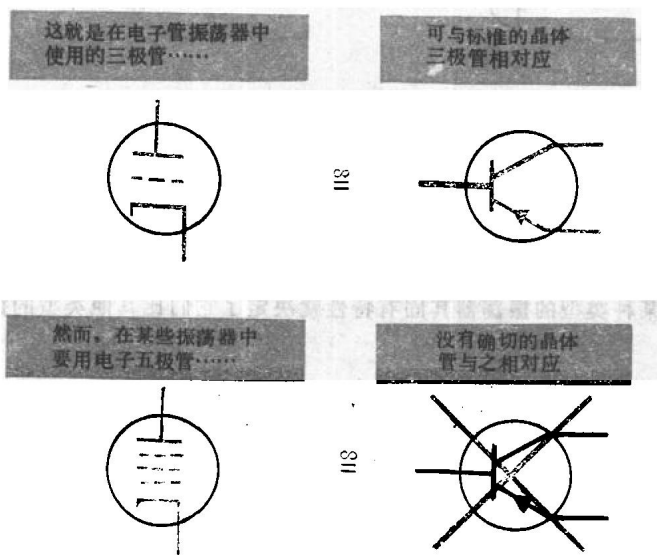


图 4

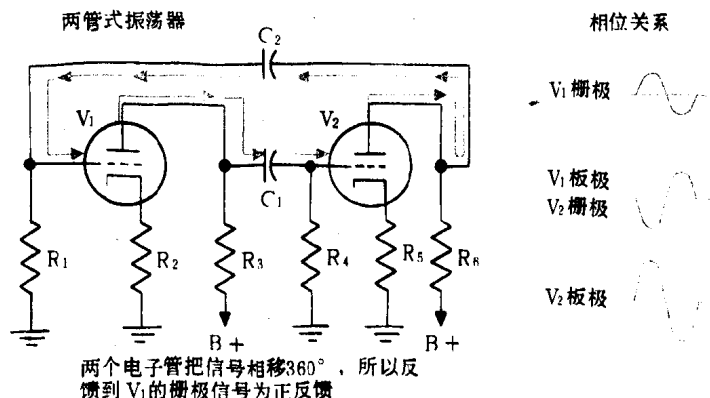
在后续的几页上，将对电子管和晶体管振荡器电路予以说明。就许多种振荡器来说，既有电子管式的又有晶体管式的，两者的工作原理十分相似。然而，常见的晶体管振荡器使用的是标准的晶体三极管，电子管振荡器使用的却是电子五极管，场效应晶体管（FET）虽然呈现五极管的特性，但还是没有确切的晶体管可与之相对应。虽然有四极管型的晶体管，但它们并没有被普遍采用。

基本的两管式振荡器

基本的振荡器只是以其本身的信号进行正反馈(再生)的放大器电路。图5为简单的两级放大器电路。第一级把信号馈送给第二级,而第二级又反馈给第一级。如果把 V_1 栅极上的任一信号看作是零参考相位,则 V_1 将使信号相移 180° ,该信号依次又被 V_2 相移另一个 180° 。而后,第二级的输出信号与 V_1 栅极上的信号相位相同,于是这两个电子管就发生了振荡。

这种电路的工作过程是:通电后 V_1 、 V_2 第一次被激励时,电容器 C_1 和 C_2 充电至 $B+$ 电位。由于两个电子管的性能不会完全相同,假定 V_1 的传导电流稍大,则 V_1 的板极电压下降,于是电容器 C_1 通过 R_4 放电,激励 V_2 的栅极为负的。这样, V_2 的板极电流下降,导致它的板极电压上升。 V_2 上升着的板极电压以正向增长的信号通过电容器 C_2 耦合到 V_1 的栅极,从而引起 V_1 的板极电流又有所增加,并且使 V_1 板极电压再次下降,激励 V_2 栅极负电压更高。这就使 V_2 的板极电压又有增高,激励 V_1 栅极仍为更高的正电压。这种正反馈作用一直持续到 V_1 接近饱和、 V_2 接近截止为止。这就完成了周期的一半。

然后, V_1 的板极电压停止下降,并且 C_2 放电也很少。在 V_2 栅极上的负电压接着亦降低,于是通过 V_2 的电流增加了,而 V_2 的板极电压随之下降。这就导致 C_2 通过 R_1 放电,激励 V_1 的栅极为负。 V_1 的板极电流下降,而 V_1 的板极电压上升,以激励 V_2 栅极为正电压。这种正反馈作用,一直持续到 V_1 接近截止、 V_2 接近饱和为止。这样就完成了整个周期,而后,上述过程周而复始地重复下去。



译注: 本书图中电流的箭头指向均为电子流动的方向, 后不再注

图 5

基本的变压器式振荡器

实际上, 由于第二个电子管的主要用途不过是使信号相移另一个 180° 以得到正反馈, 那么, 在它的位置上采用变压器亦可取得同样的结果。倘若采用图 6 所示的晶体管电路, 则当此电路第一次被激励时, 通过三极管的集电极电流就开始上升。该电流通过变压器的初极绕组之后, 在次极绕组中感应出正向上升的电压, 经电容耦合之后是与基极电压同相位的。这样就会使正向偏压增高, 从而导致集电极电流再度增长。于是在次级绕组中感应出更高的电压, 激励基极具有更高的正向偏压。这种正反馈作用, 一直持续到三极管接近饱和为止。这样就完成了周期的一半。

此后, 集电极电流缓慢地上升, 变压器的磁力线在次级绕组中感应出的电压也就更小。耦合到基极的正向电压更小, 从而使总的基极正向偏压下降。集电极电流随之开始下降, 这时变压器耦合到基极的是负电压, 这样它的正向偏压就降得更低了。这种正反馈的作用, 一直延续到三极管接近截止。这样就完成了另外半个周期。随后集电极电流降低下降的速率, 从而使耦合到基极的电压更小, 紧接着开始重复整个正弦周期。

通常不是用晶体管(或电子管)的饱和或截止特性来终止每半个周期, 而是利用变压器磁化曲线的磁通饱和和截止特性来产生同样的作用。此时, 变压器必须具有比晶体管更窄的工作范围。这样, 随着流过变压器的电流以正反馈的关系上升时, 就会产生更多的磁通, 当达到了饱和点以后, 磁通的增加就会减缓, 并且在次级绕组中的感应电压也会下降。加到基极上的正电压减小, 使流过变压器的集电极电流下降, 从而开始了下半周期, 它与变压器的磁通接近于零所发生的作用类似。

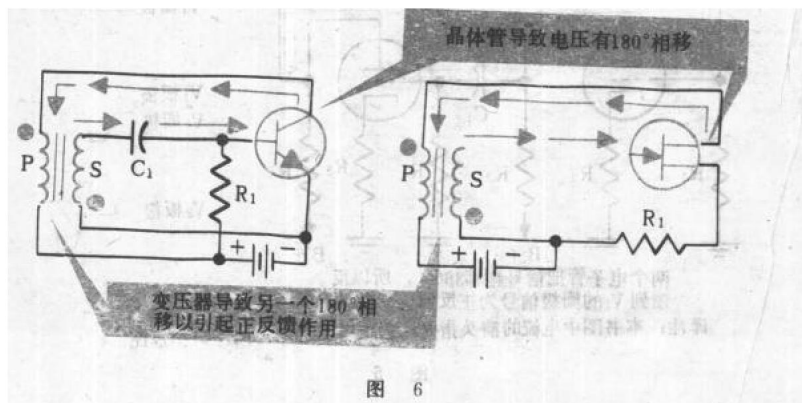


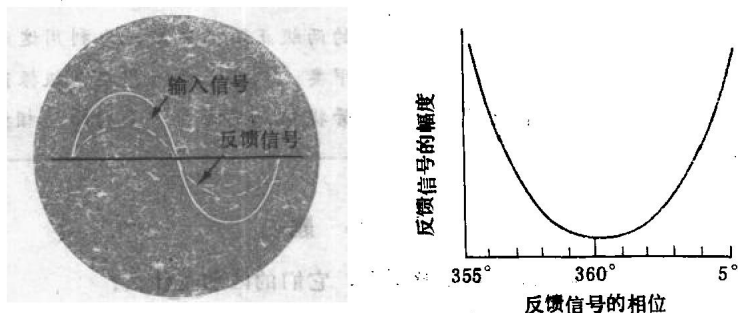
图 6

频率、反馈和相位

前述电路振荡于什么频率，决定于该频率是否导致 360° 的相移。这是由振荡器本身所具有的各个有效部分来实现的，而耦合网络并不产生相移。因为RC网络会依据它们的时间常数而使相位移动或一定的频率移动，所以只有引起零度相移的频率，才会发生振荡。再者，如果把变压器设计成在某些频率下要比在其他频率下工作得更好些，那是会有助于频率控制的。

实际上，虽然上述的两个例子是用了 360° 的反馈信号，可是它们并没有精确地实现上述的要求。任何一个方法，度数上的几度之差仍然会引起振荡。当然，反馈恰好是 360° 时，为了维持振荡所需要的反馈幅度就可以小一些，而反馈信号相位偏离得多的，它的幅度就必须要大一些。

为了克服电路损耗并维持振荡，在反馈正好是 360° 时，只需要较小的反馈。偏离 360° 时，则需要更大的反馈。



过度反馈将使频率飘移

图 7

为了保持电路振荡，实际上所需的反馈量仅仅是恰好用以克服电子管或晶体管电路中信号的损耗量。在过度反馈的情况下，振荡频率就会有明显的漂移，而反馈太小时，振荡作用也会不稳定，可能反复地振振、停停，并使振幅发生变化。

在基本的振荡器中，RC网络的时间常数应当较长，以防止相位的偏移，但是它们也不应长到足以建立栅漏偏压的程度。基本的振荡器必须工作在甲类，以便利用饱和和截止特性。在后述的有关RC振荡器的讨论中，将就此事作更详细的解释。