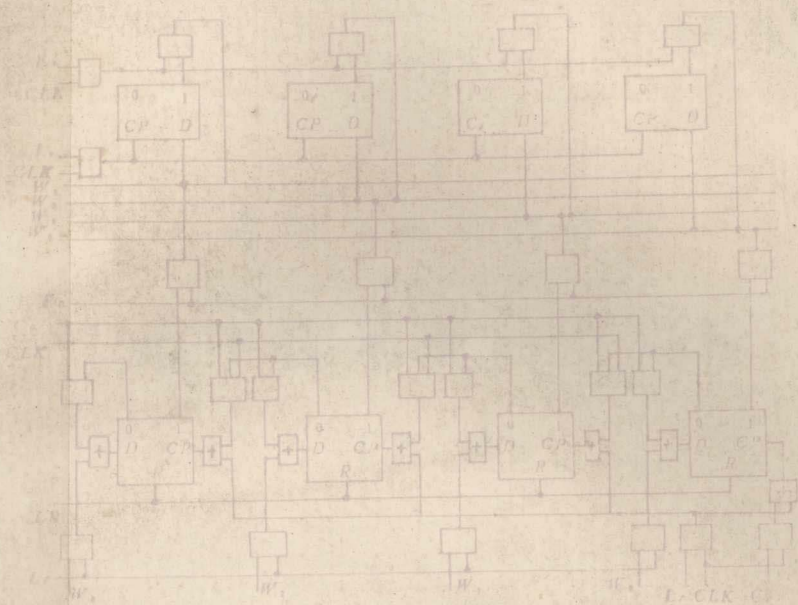




电子技术基础及实验

下册 泰安师范专科学校

目 录

第七章 正弦波振荡器

7-1 振荡器的工作原理	1
一、振荡条件	1
二、起振和稳定振荡	3
7-2 LC振荡器	4
一、变压器反馈式振荡器	4
二、电感反馈式振荡器	7
三、电容反馈式振荡器	9
7-3 RC振荡器	1 ₁ 2
一、RC桥式振荡器	1
二、RC移相振荡器	15
*7-4 石英晶体振荡器	17
一、石英晶体的特性	18
二、石英晶体振荡器	20
7-5 实验 正弦波振荡器安装	21
思考题和习题七	24

第八章 无线电广播

8-1 发射原理	26
一、无线电广播的组成	26
二、调制器	29
三、无线电波的发射与传播	35
8-2 接收原理	39

一、输入调谐电路.....	63
二、检波器.....	43
8-3 超外差式收音机.....	49
一、超外差原理—变频.....	52
二、三点统调.....	57
三、检波和自动增益控制 (AGC) 电路.....	62
8-4 实验 收音机安装.....	6
8-5 调频广播.....	7
一、调频.....	71
二、鉴频.....	78
三、调频式收音机.....	86
8-6 实验 无线话筒安装.....	88
思考题和习题八.....	90

第九章 脉冲电路

9-1 脉冲波形变换电路.....	93
一、限幅电路.....	93
二、箝位电路.....	96
三、RC波形整形电路.....	98
9-2 晶体管开关 (反相器).....	102
一、晶体管的开关条件.....	103
二、晶体管的开关速度.....	105
9-3 多谐振荡器.....	110
一、双稳态多谐振荡器.....	110
二、单稳态多谐振荡器.....	116
三、无稳态多谐振荡器.....	118
9-4 间歇振荡器.....	121
一、典型间歇振荡器.....	122
二、变形间歇振荡器.....	125
9-5 时基发生器.....	128
一、锯齿波电压发生器.....	128

二、锯齿波电流发生器.....	131
9-6 实验 脉冲单元电路测试.....	135
思考题和习题九.....	138

第十章 电 视

10-1 电视信号的形成.....	140
一、图象分解.....	140
二、摄像管.....	144
三、全电视信号.....	147
10-2 电视信号的发送.....	149
一、图象信号调幅.....	149
二、伴音信号调频.....	151
三、残留边带发送高频电视信号.....	153
四、电视信号的传播.....	156
五、电视接收天线.....	157
10-3 黑白电视接收机.....	163
一、电视接收机的组成和频率特性.....	164
二、信号通道.....	170
三、AGC电路.....	189
四、同步分离电路.....	197
五、行扫描电路.....	203
六、场扫描电路.....	214
10-4 实验 电视机调试.....	218
*10-5 彩色电视机.....	222

*第十一章 数字电路

11-1 门电路.....	233
一、非门.....	234
二、或门.....	235

三、与门·····	236
四、与非门和或非门·····	237
五、DTL和TTL与非门·····	239
六、逻辑电路与逻辑代数·····	241
11-2 集成电路触发器·····	244
一、基本R-S触发器·····	244
二、可控R-S触发器·····	247
三、D触发器·····	248
11-3 数字部件·····	251
一、加法器·····	251
二、寄存器·····	257
三、计数器·····	260
四、译码器·····	264

**第十二章 电子计算机

12-1 电子计算机的组成和工作原理·····	270
一、组成方框图·····	270
二、计算机的主要性能指标·····	273
三、简单模型微计算机的整机结构·····	274
12-2 程序和指令·····	276
一、指令格式·····	276
二、指令系统·····	277
三、节拍和时序信号·····	281
12-3 存储器·····	286
12-4 控制器·····	290
一、指令计数器·····	292
二、内存地址寄存器·····	293
三、指令寄存器·····	294
四、操作码译码器·····	295
五、操作控制部件·····	296
12-5 运算器·····	297

一、累加器.....	298
二、操作数寄存器.....	299
三、全加器.....	301
12-6 实验 计算机的构造原理.....	302
12-7 指令系统的扩充.....	305
一、传送类指令.....	306
二、算术运算类指令.....	307
三、比较类指令.....	311
四、跳转类指令.....	312
五、调用, 返回类指令.....	313
六、输入, 输出类指令.....	315
七、CPU控制类指令.....	317
12-8 实验 程序设计练习.....	317

*第十三章 电子管

13-1 电子管.....	324
一、二极管.....	324
二、三极管.....	326
三、四极管和五极管.....	329
四、束射四极管和复合管.....	332
13-2 电子管电路.....	334
一、电压放大电路.....	334
二、功率放大电路.....	340
13-3 电子管扩音机.....	343
一、扩音部分.....	343
二、收音部分.....	345
思考题和习题十三.....	349

**第十四章 电子测量仪器

14-1 概述.....	350
--------------	-----

14-2 学生示波器.....	352
一、示波管.....	352
二、垂直放大器.....	354
三、扫描发生器.....	355
四、水平放大器.....	357
五、电源及示波器显示电路.....	358
六、学生示波器的使用方法.....	358
14-3 教学信号源.....	360
一、高频正弦波发生器.....	361
二、低频正弦波发生器.....	361
三、方波发生器.....	362
四、锯齿波发生器.....	362
五、超低频正弦波发生器.....	364
14-4 实验 电子管示波器扫描电路测试.....	365
14-5 晶体管特性图示仪.....	367

第七章 正弦波振荡器

振荡器可以自动地输出交变信号，它在电子技术中有着广泛的应用。例如，在实验室里使用的各种高低频信号发生器，都是振荡器。

振荡器按其输出波形来分，有正弦波振荡器和非正弦波振荡器（如脉冲波、矩形波、锯齿波等）。本章主要讨论正弦波振荡器，非正弦波振荡器将在脉冲电路一章研究。

7-1 振荡器的工作原理

一、振荡条件

振荡器实际上是一个加有适当正反馈的放大器，它不需要外加输入信号，就能自动地将直流电能转变为交流电能，在输出端输出交流信号。

振荡器的基本组成部分和振荡过程可由图7-1来说明。

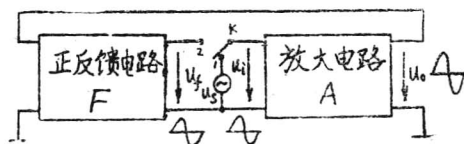


图7-1 振荡器原理图

设放大电路的电压放大倍数为 A ，当把开关扳在“1”处，给放大器输入交流信号

$$u_i = U_{im} \sin(\omega t + \phi) \quad (7-1)$$

时，则输出端便得到输出电压为

$$u_o = Au_i = AU_{im} \sin(\omega t + \phi') \quad (7-2)$$

将此电压加到反馈电路的输入端，若反馈电路的反馈系数（即反馈电路输出电压与输入电压之比值为 F ），则反馈电路的输出电压为

$$u_f = Fu_o = FAU_{im} \sin(\omega t + \phi'') \quad (7-3)$$

一般来说，输入信号经过放大电路和反馈电路后，会产生一定的相移，如果事先适当调整电路参数，使 $u_f = u_i$ ，即

$$U_{fm} = FAU_{im} = U_{im} \quad (7-4)$$

$$\phi'' = \phi \pm 2\pi n \quad (7-5)$$

$$(n=0, 1, 2, \dots)$$

则反馈信号就可代替原输入信号 u_i ，此时若将开关 K 扳向“2”的位置，则电路将继续维持输出电压 u_o 不变。这样，带正反馈电路的放大器就变成振荡器了。

公式（7-4）和（7-5）分别是产生自激振荡的幅度条件和相位条件。只要同时满足了这两个条件，就一定能产生自激振荡。

由式（7-4）可得

$$FA = 1 \quad (7-6)$$

此式为幅度条件的另一种表达形式。不过这仅仅是维持自激振荡的起码条件，实际上为了使振荡器能够起振，在振荡器刚开始工作的起振阶段，应使

$$FA > 1 \quad (7-7)$$

一般地，电路中的相位关系是随频率而变的。如果在很多频率上，电路都能满足振荡条件而产生振荡，则得到的振荡电压就不是单一频率的正弦波，而是含有很多频率分量的非正弦波了。为了使振荡器输出为单一频率的正弦波，在振荡器里应设置一个选频电路，即只让振荡器在某一个频率上满足自激振荡条件。这时，振荡器就成为一个正弦波振荡器。

利用含有电抗元件的电路对不同频率的信号产生不同相移的特点，即可组成上述选频电路。根据选频电路的组成形式，正弦波振荡器可分为 LC 振荡器、 RC 振荡器和石英晶体振荡器等。

二、起振和稳定振荡

如上所述，振荡器是把反馈电压作为输入电压，以维持一定的输出电压。这里就有一个问题，既然输出电压是由输入电压放大得到，而输入电压又是通过反馈电路由输出电压来提供，那么最初的输入电压又是怎么得到的呢？换句话说，振荡器是怎样起振的呢？

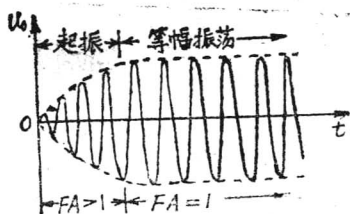
这是因为，在接通振荡器的电源时，电路中总会不可避免地有微小的电扰动。例如接通直流电源的瞬间所产生的电脉冲，以及电路的热噪声等，而振荡器是一个闭合的正反馈系统，因此，不管电扰动发生在电路的那一部分，最终总是要传送到放大器输入端，成为最初的输入电压。这些电扰动一般包含有丰富的频率分量，但由于选频电路的作用，只有某一特定频率 f_0 才可以通过选频、反馈电路形成正反馈，并且满足 $FA > 1$ 的条件，从而这一分量便得到放大、反馈，

再放大……，不断循环的结果，使其输出电压迅速增大，于是在输出端就得到了频率为 f_0 的振荡电压（如图7-2所示的起振阶段）。

起振后，振荡幅度是否会无限制地增长下去呢？不会的，这是因为晶体管的特性曲线从整个来看是非线性的。

当振荡开始时，由于振荡器中放大电路的静态

工作点，是设在晶体管特性曲线的线性区，这时输出电压很小，但电压放大倍数却比较大， $FA > 1$ ，输出振幅迅速增大。当输出电压增大到使得放大器静态工作点进入晶体管特性曲线的非线性区时（例如截止区或饱和区），则 A 下降。而 F 是固定的，所以 FA 下降，最后达到 $FA = 1$ ，刚好满足振荡的幅度条件。这时输出电压就不再增大，而维持相对稳定的振幅值（如图7-2所示的等幅振荡阶段）。



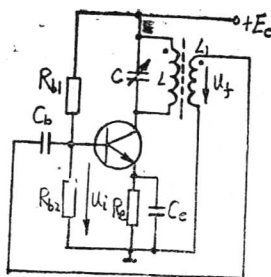
7-2 振荡器起振过程

7-2 LC 振荡器

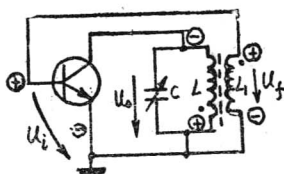
LC振荡器的选频电路是由电感 L 和电容 C 组成的并联谐振电路。按其反馈方式，LC振荡器又可以分为变压器反馈，电感反馈和电容反馈等几种类型。

一、变压器反馈式振荡器

1. 典型电路和工作原理



(a) 电路图



(b) 交流通路

图 7-3 共射调集式变压器反馈振荡器

图 7-3(a)所示是变压器反馈振荡器的典型电路。其中 R_{b1} 、 R_{b2} 和 R_e 是直流偏置电阻。在振荡频率上, C_b 、 C_e 的阻抗很小, 可视为短路。图 7-3(b) 是它的交流等效电路。 LC 并联谐振电路接在晶体管的集电极, 通过线圈 L 与 L_1 之间的互感耦合, 将集电极电压的变化反馈到基极。谐振电路电容 C 通常是可变的, 调整 C 可以改变振荡频率, 所以这种电路常称为共射调集振荡电路, 其振荡频率近似等于 LC 并联谐振电路的谐振频率, 即

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

下面分析一下这种电路是如何满足振荡条件的。首先看相位条件, 如图 7-3(b) 所示, 设输入电压 u_i 的瞬时极性是基极为正, 发射极为负。对于频率为 f_0 的分量, 晶体管集电极的并联谐振电路产生谐振, 其谐振阻抗为纯电阻性, 即相角为 0, 所以输入电压经晶体管放大器放大后得到的输

出电压 u_o 与 u_i 反相，即集电极端对地为负，感应到线圈 L_1 的反馈电压 u_f 的极性由同名端判定，从图上可以看出，此电压送回输入端恰好与原输入电压同相位。因此这是一个正反馈，满足了相位条件。要满足振荡条件，可以选择适当的晶体管和它的工作点，使放大器有足够的放大倍数，再调节变压器初、次级线圈的圈数比，或调整变压器的磁芯改变初级与次级间耦合的松紧，以得到一定的反馈系数 F ，就能够做到 $FA > 1$ 。

对于 f_o 以外的其他频率，由于 LC 回路失谐，则集电极输出电压 u_o 与放大器输入电压 u_i 的相位差不再是反相关系，以致使相位条件得不到满足。同时对于偏离 f_o 的频率， LC 回路所呈现阻抗的模值也迅速下降，使放大器的放大倍数变小，振荡条件也得不到满足。这样，振荡器只在单一频率 f_o 上产生振荡，因此输出为单一频率的正弦波。

2. 变压器反馈式振荡器的其他电路形式

变压器反馈式振荡器除了共射调集式电路外，常见的还有共射调基（图7-4）和共基调射（图7-5）等电路形式，其振荡原理和分析方法基本与共射调集式电路相同，可自行分析。

如图7-4所示，共射调基振荡器的特点是， LC 并联谐振电路接在基极电路，由于晶体管输入电阻 r_{be} 很小，如果将谐振回路直接并接在谐振电路的1~3两端，则 r_{be} 将对谐振阻抗很高的 LC 谐振电路产生严重的分流作用，从而大大降低了谐振电路的 Q 值，使振荡减弱，波形变坏，甚至不能起振。为此，可采用所谓部分接入式电路，如图7-4所示，把晶体管基极接到线圈 L 的抽头之上。如果线圈 L 总

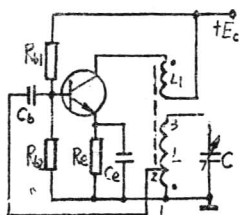


图7-4 共射调基式振荡器

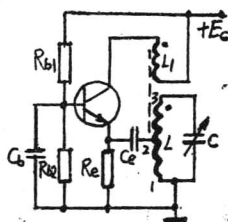


图7-5 共基调射式振荡器

匝数 N_{13} 与 1~2 部分匝数 N_{12} 之比为 n ，即 $n = \frac{N_{13}}{N_{12}}$ ，则

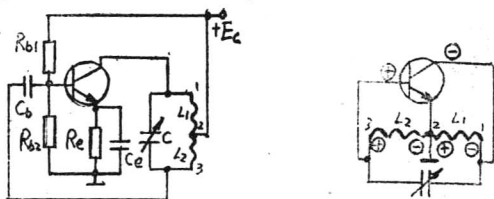
根据阻抗变换关系，接到 1~2 线圈间的晶体管输入电阻 r_{be} ，折算到 1~3 线圈间的等效电阻为 $n^2 r_{be}$ ，提高了 n^2 倍，从而减小了晶体管输入电阻 r_{be} 对 LC 谐振电路的分流影响。

共基调射振荡器的特点是放大器接成共基电路形式。为了减小晶体管输入电阻和发射极电阻 R_e 对 LC 谐振电路的分路影响，所以也采用了部分接入式电路法。

共射式与共基式这两种变压器反馈振荡器各有特点。共射电路因其放大倍数比共基电路高，容易满足振荡条件，所以易于起振。而共基电路的晶体管截止频率比共射电路高得多，故它的振荡频率可以做得比较高，并且由于共基接法时，晶体管内部反馈比较小，振荡器比较稳定，所以在振荡器中，如一般收音机中的振荡器，较多应用共基振荡电路。

二、电感反馈式振荡器

图7-6(a)所示为电感反馈式振荡器。图中 R_{b1} 、 R_{b2} 和 R_e



(a) 电原理图

(b) 交流等效电路

图 7-6 电感反馈式振荡器

为偏置电阻, C_e 为射极旁路电容, C_b 为基极隔直电容, 它们的电容很大, 在振荡频率附近可看作短路。由此得出它的交流等效电路如图 7-6(b) 所示, 可以看出它是共射形式, 利用一个自耦变压器, 将集电极振荡电压信号反馈到基极, 所以有电感反馈之称。又由于谐振线圈的三个接线头分别和晶体管的三个电极相接, 因此也称为电感三点式振荡器 (又称为哈特来振荡器)。

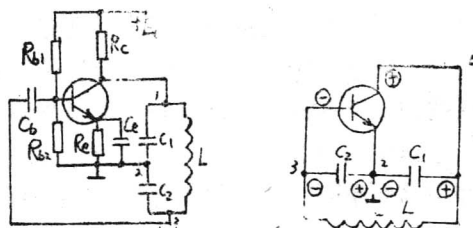
现在来看振荡器是否满足相位条件。设振荡信号的瞬时极性是基极对地为正。由于共发射极电路中集电极与基极反相, 因而集电极对地瞬时电位为负。由于 L_1 和 L_2 构成的自耦变压器中 2 端接地, 3 端与 1 端反相, 因而 3 端的感应信号为正, 与原假定基极信号的相位一致, 所以满足振荡相位条件。只要再适当选取 L_1 和 L_2 的圈数比, 使反馈系数与放大器的放大倍数的乘积大于 1, 使振幅条件得到满足, 则振荡器就可振荡, 其振荡频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2 + 2\sqrt{L_1 L_2})C}}$$

电感反馈式振荡器的优点是容易起振，这是由于自耦变压器的耦合很紧，此外，改变谐振电容 C 就可进行频率的调节，比较方便。缺点是振荡波形较差。这是因为利用电感 L_2 反馈，它对高次谐波来讲是高阻抗，频率愈高反馈愈大，因而输出波形中将会有较大的高次谐波分量。

电感反馈式振荡器的起振和波形好坏，可依靠调节电感抽头来获得最佳结果。一般在线圈的 $\frac{1}{4}$ 到 $\frac{1}{8}$ 处移动抽头位置，分别接入电路进行调试，使电路既有足够的反馈，以利于起振和得到较大的振荡幅度，又不至反馈过强，以使谐波失真增加，波形变坏。

三、电容反馈式振荡器



(a) 电原理图

(b) 交流等效电路

图7-7 电感反馈式振荡器

图7-7(a)所示为电容反馈式振荡器。其中 L 、 C_1 和 C_2 组成谐振电路。由 C_1 和 C_2 对振荡电压分压，把 C_2 上的

电压反馈到基极。图 7-7(b) 所示为其交流等效电路。与电感反馈式振荡器相对应，此电路的电容支路中的三点，分别与晶体管三个极相接，故也称为电容三点式振荡器。此外还称为考毕兹振荡器。

设集电极的对地瞬时极性为正，即 C_1 上的电压极性是 1 端为正 2 端为负，这一电压同时加于 L 和 C_2 所组成的支路两端，当回路谐振时， LC_2 所组成的支路呈电感性，支路中流过的电流落后于端电压（即 C_1 两端的电压） 90° ，这一电流流过 C_2 时，在 C_2 上产生的电压又落后于电流 90° ，因此 C_2 上的电压落后于 C_1 上的电压 180° ，即 3 端，为负 2 端为正。当 C_2 上的电压加于基极时，正好满足正反馈的相位条件。只要调节 C_1 与 C_2 的分压比，即可满足振幅条件，使振荡器产生振荡。其振荡频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

电容反馈式振荡器的优点是振荡波形良好，因为反馈通过电容来实现，而它对于高次振荡谐波来讲是低阻抗通路，能使高次谐波的正反馈减弱。缺点是频率调节不方便。这是由于谐振电路中的电容量大小与反馈量有关。当通过调节电容来改变振荡频率时，还必须同时保持 C_2 与 C_1 的比值不变，否则就会影响到正反馈的强弱，甚至破坏了振荡的振幅条件，造成停振。所以，这种振荡电路宜于作为固定频率的振荡器，或频率调节范围很窄的振荡器。

在电容三点式电路中，晶体管的结电容 C_{be} 、 C_{bc} 、 C_{ce} 实际上也是谐振回路电容的一部分，这些电容的变化会引起