高频电子线路 实验报告

**实验日期** 2021年11月5日

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **基本信息** | | | | | |
| **学院** | 计算机与通信工程学院 | | **专业** | 电子信息工程 | |
| **班级** | 电信1903 | **学号** |  | **姓名** |  |
| **实验编号** | □01、02 √03、04 □05 | | **实验名称** | 电容三点式振荡器和石英晶体振荡器 | |
| **报告正文** | | | | | |
| 1. **实验目的与课程内容** | | | | | |
| 1. 实验目的 2. 熟悉电子元器件和高频电子线路实验系统； 3. 掌握电容三点式振荡电路的基本原理，熟悉其各元件功能； 4. 熟悉静态工作点、耦合电容、反馈系数、等效 Q 值对振荡器振荡幅度和频率的影响 5. 掌握石英晶体振荡器、串联型晶体振荡器的基本工作原理，熟悉其各元件功能。 6. 熟悉静态工作点、负载电阻对晶体振荡器工作的影响。 7. 感受晶体振荡器频率稳定度高的特点，了解晶体振荡器工作频率微调的方法。 8. 实验内容 9. 用万用表进行静态工作点测量。 10. 用示波器观察振荡器输出波形，测量振荡电压峰峰值 Vp-p，和振荡频率 f。 11. 通过测量分别画出两种改进型电容反馈振荡器的幅频特性，分别计算两种振荡器的频率覆盖系数。 12. 简单操作频谱仪，定性画出频谱仪所示图谱。 13. 观察并测量静态工作点对晶体振荡器振荡幅度和频率的影响。 | | | | | |
| 1. **实验设备（环境）** | | | | | |
| 1. 实验设备（含芯片名称、功能简介）   1）双踪示波器、  2）MD01振荡器模块 ---LC振荡器模块和石英晶体振荡模块  3）频谱仪---对信号的频谱特性分析显示  4）万用表---测量各点电压等，此实验用来调节基极电压即静态工作点时使用  5）实验环境  软件环境Chengtectool，该软件环境可控制实验所用的各种模块，完成数据传送或者显示 | | | | | |
| **三、实验原理**（实验所用到的知识点及相关内容） | | | | | |
| 1.概述  LC振荡器实质上是满足振荡条件并带有正反馈的放大器电路。LC振荡器的振荡回路是由LC元件组成。 从交流等效电路可知：由LC振荡回路引出三个端子，分别接通振荡管的三个电极，而构成反馈式自激振荡 器，因而又称为三点式振荡器。 如果反馈电压取自分压电感，则称为电感反馈LC振荡器或电感三点式振荡器；  如果反馈电压取自分压电容，则称为电容反馈LC振荡器或电容三点式振荡器。 在几种基本高频振荡回路中，电容反馈LC振荡器具有较好的振荡波形和稳定度，电路形式简单，适于在较高的频段工作，尤其是以晶体管极间分布电容构成反馈支路时其振荡频率可高达几百 MHz ～ GHz。  2. LC振荡器的起振条件  一个振荡器能否起振，主要取决于振荡电路自激振荡的两个基本条件，即：振幅起振条件和相位平衡条件。  3. LC振荡器稳定条件  频率稳定度表示：在一定时间或一定温度、电压等变化范围内振荡频率的相对变化程度，常用表达式： Δf0／f0来表示（f0为所选择的测试频率；Δf0为振荡频率的频率误差，Δf0＝f02－f01；f02和f01为不同时刻的f0），频率相对变化量越小，表明振荡频率的稳定度越高。  由于振荡回路的元件是决定频率的主要因素，所以要提高频率稳定度，就要设法提高振荡回路的标准性，除了采用高稳定和高Q值的回路电容和电感外，其振荡管可以采用部分接入，以减小晶体管极间电容和分布电容对振荡回路的影响，还可采用负温度系数元件实现温度补偿。  4.改进型电容反馈振荡器——克拉泼振荡器  以实验采用改进型电容反馈振荡电路为例（克拉泼振荡器），电路图如下图所示：    交流等效电路图：    （1）静态工作点的调整  合理选择振荡管的静态工作点，对振荡器工作的稳定性及波形的好坏，有一定的影响，偏置电路一般采用分压式电路。当振荡器稳定工作时，振荡管工作在非线性状态，通常是依靠晶体管本身的非线性实现 稳幅。若选择晶体管进入饱和区来实现稳幅，则将使振荡回路的等效Q值降低，输出波形变差，频率稳定 度降低。因此，一般在小功率振荡器中总是使静态工作点远离饱和区，靠近截止区。  （2）振荡频率f的计算  f，式中C为C1、C2和C3的串联值，因C1(301p)>> C3(101p)，C2(102P) ≈ C3(101p)，故C≈ C3， 所以克拉泼振荡器振荡频率主要由C3决定。  （3）反馈系数F的选择  F  5. 改进型电容反馈振荡器——西勒振荡电路,以实验采用改进型电容反馈振荡电路为例（西勒振荡电路）如下图所示：    交流等效电路如下图所示：    对克拉泼振荡器进行再次改进后，通过在电路中并联电容C4，实现振荡器输出展频的作用。   1. 振荡频率f的计算   f≈, 实际应用中C4>>C3，故西勒振荡器振荡频率主要由C4决定   1. 反馈系数F的选择   6．电容三点式振荡器实验电路  本次实验用到的电容三点式振荡器实验电路图如下图所示：    根据实验电路图可知：   * 接通W00可完成对实验电路的供电； * 改变W01阻值，可调整振荡电路中三极管的静态工作点； * 改变W02阻值，可调整振荡电路输出波形幅度； * K1、K2、K3悬空，电路构成克拉泼振荡器； * K1、K2、K3按需接通上端点，可以改变克拉泼振荡器中C3的电容值； * K1、K2、K3按需接通下端点，可构成西勒振荡器，并改变C4的电容值。 | | | | | |
| 1. **实验步骤**（包括步骤、实验截图及其必要说明） | | | | | |
| 1、实验准备  准备好02号小信号调谐放大器模块。插装好LC振荡器模块，接通开关W00，保证直流电源电压为12V，为实验电路供电。调整跳帽位置，使电路构成C3=101pF的克拉泼振荡器。调整振荡电路中三极管的静态工作点，使Vb=2.8V。调节W02，保证输出波形为若干完整不失真的正弦波。在信号输出短接通示波器，使用CH2通道，查看此时输出波形及相关参数。  2、克拉泼振荡器幅频特性的测量  通过改变克拉泼振荡器C3的值得到频率输出，首先三个单刀双掷开关均不闭合，得到此时的电压峰峰值输出值和频率输出值；闭合K1（向上闭合），再次测量；打开K1闭合K2再次测量；闭合K1，再次测量；之后闭合K3（保证了电容值是增大的），调节可变电容的值取几个测量点再次记录。分别得到最大和最小的频率输出；   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 电容C3(pF) | 101 | 140 | 611 | 650 |  |  | | 振荡频率 f (MHz) |  |  |  |  |  |  | | 输出电压VP-P(V) |  |  |  |  |  |  |   由表格数据得到克拉泼振荡电路幅频特性图  3、西勒振荡电路幅频特性的测量  通过改变西勒振荡器C4的值得到频率输出，首先三个单刀双掷开关均不闭合，得到此时的电压峰峰值输出值和频率输出值；闭合K1（向下闭合），再次测量；打开K1闭合K2再次测量；闭合K1，再次测量；之后闭合K3（保证了电容值是增大的），调节可变电容的值取几个测量点再次记录。分别得到最大和最小的频率输出；   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 电容C4 (pF) | 39 | 510 | 550 |  |  |  | | 振荡频率 f (MHz) |  |  |  |  |  |  | | 输出电压VP-P(V) |  |  |  |  |  |  |   由表格数据得到西勒振荡器幅频特性示意图   1. 频率覆盖系数计算   频率覆盖即调谐振荡器的频率范围，此范围的大小，通常以频率覆盖系数K表示：  由公式分别求出K值，再从两种振荡器的幅频特性曲线中标出临界点对应的幅度与频率值  4、石英晶体振荡器  利用万用表调整基极电压，接通示波器，测量不同基极电压条件下，输出信号的幅度和频率的变化，记录表格；   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Vb（V） |  |  |  |  |  |  | | 振荡频率 f (MHz) |  |  |  |  |  |  | | 输出电压VP-P(V) |  |  |  |  |  |  | | | | | | |
| 1. **实验结果（现象）** | | | | | |
| (1)克拉泼振荡器  克拉泼振荡器幅频特性的测量   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 电容C3(pF) | 101 | 140 | 611 | 650 |  |  | | 振荡频率 f (MHz) | 13.88 | 12.43 | 12.2 | 11.37 | 11 | 10.93 | | 输出电压VP-P(V) | 0.601 | 0.86 | 0.911 | 1.11 | 1.2 | 1.25 |   2）=11.24MH，=7.8MHZ  计算频率覆盖系数  K≈1.44   1. 克拉泼振荡器幅频特性曲线   (2)西勒振荡器  1）西勒振荡电路幅频特性的测量   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 电容C4 (pF) | 39 | 510 | 550 |  |  |  |  | | 振荡频率 f (MHz) | 11.24 | 10.68 | 9.33 | 8.94 | 8.32 | 7.83 | 7.8 | | 输出电压VP-P(V) | 1.32 | 1.35 | 0.681 | 0.658 | 0.633 | 0.61 | 0.609 |   在实际操作中为了得到最大的频率调节范围，在不接通K1,K2，只接通K3时，单独调节可变电容的值，得到以下数据：   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | | 13.22 | 12.66 | 11.24 | | 1.24 | 1.27 | 1.32 |   2）=13.22MH，=7.8MHZ  计算频率覆盖系数  K≈1.69  3）西勒振荡器幅频特性曲线    (3)电路图作图：    频谱仪观察输出端的信号的频谱：  C:\Users\ddjsj\AppData\Roaming\Tencent\Users\2587615578\QQ\WinTemp\RichOle\838OJZOVD$Y$9~FT1)7$8BS.png  所测量的为克拉泼振荡器最大输出频率下的频谱图，实验结果测得为13.88MHZ，和频谱图中测量结果相一致；  (4)石英晶体振荡器  改变基极电压的大小，记录相应振荡频率大小和输出电压的峰峰值：   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Vb（V） | 1.861 | 1.915 | 2 | 2.166 | 2.265 | 2.408 | 2.67 | 2.808 | 3.031 | | 振荡频率 f (MHz) | 14.74 | 14.74 | 14.74 | 14.74 | 14.74 | 14.74 | 14.74 | 14.74 | 14.74 | | 输出电压VP-P(V) | 0.445 | 0.46 | 0.513 | 0.58 | 0.607 | 0.635 | 0.692 | 0.702 | 0.715 |   通过实验结果可以看出石英晶体振荡器的振荡频率稳定度很高，几乎不受外界影响；同时在调节基极电压时，随着基极电压的增大，输出电压峰峰值也增大，这和三极管的放大特性是相一致的。  串联型石英晶体振荡器的工作原理：这种电路的特点是把石英谐振器作为串联谐振电路使用。L、C1和C2组成的振荡回路调谐于晶体串联谐振频率附近处，在此频率上，晶体呈现很低阻抗，反馈信号很强，振荡电路振荡。对于其他频率由于晶体的阻抗迅速增加，反馈减弱，不能产生振荡。所以，振荡频率由晶体控制，稳定性高。晶体置于由两级共发放大器组成的正反馈电路，可构成适于低频的串联晶体振荡电路。 | | | | | |
| 1. **实验心得、疑问、建议** | | | | | |
| 1. 通过本次实验复习回顾并熟悉电容三点式振荡器工作原理，学习熟悉两种改进型电容三点式振荡电路的构成，通过实验，分别改变克拉泼振荡器和西勒振荡器的参数设置，得到他们的幅频特性和频率覆盖系数；克拉泼振荡器在普通三点式电容振荡器中加入很小的可调电容，降低了三极管级间电容的影响，提高了振荡器的稳定性;  2．进一步学习晶体振荡器工作原理，通过实验可以直观看出当基极电压改变时，振荡器振荡频率不变，这是石英晶体振荡器性质决定。  3. 学习使用频谱仪，直观的观察输出信号的频谱。 | | | | | |

**注意事项：**

1. 实验报告框架不可变，可根据报告正文各部分内容篇幅自行调整行高。
2. **电子版报告：**撰写完毕后由各班学委收齐后以学号命名，分别汇总至各次实验对应文件夹，待本门课程全部实验结束后一周内压缩提交给指导教师。
3. **纸质版报告：**每次实验完成后撰写实验报告，使用A4纸打印，连同实验报告封皮左侧装订，由学委收齐后排序，实验课后一周内交至指导教师处。