实验课程名称：\_高频电子线路

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **实验项目名称** | **模拟乘法器的综合应用设计实验** | | | **实验成绩** |  |
| **实 验 者** | **秦天** | **专业班级** | **信息sy1901** | **组 别** |  |
| **同 组 者** | **无** | | | **实验日期** | **2021年5月26日** |
| **一．实验目的、意义**  （1）了解模拟乘法器的电路组成结构与工作原理。  （2）学会利用模拟乘法器完成振幅调制（AM/DSB）、混频、倍频及同步检波等功能。  （3）学会综合地、系统地应用已学到模、数电与高频电子线路技术的知识，掌握对振幅调制、同步检波、混频和倍频等单元电路的设计与仿真技能，提高独立解决问题的能力。  **二．设计任务与要求**  （1）实验任务：  用模拟乘法器实现振幅调制(含AM与DSB)、同步检波、混频、倍频等频率变换电路的设计。  已知：模拟乘法器为1496，采用双电源供电，Vcc=12V，Vee=-8V.  （2）实验要求：  ① 全载波振幅调制与抑制载波振幅调制电路的设计与仿真：  基本条件：高频载波：1MHz/100mV， 调制信号：1-3KHz/200mV， 模拟乘法器采用LM1496。  并按信号流程记录各级信号波形。计算此条件时的AM调制信号的调制度m= , 分析AM与DSB信号m＞100%时，过零点的特性。  ② 同步检波器电路设计与仿真：  实现对DSB信号的解调。  基本条件；载波信号UX：f=1MHZ /50-100mV,调制信号Uy：f=2KHz/200mV，并按信号流程记录各级信号波形。  ③ 混频器电路设计与仿真  实现对信号的混频。  基本条件：AM信号条件：（载波信号UX：f=1MHz /50mV ，调制信号Uy：f=2KHz/200mV，M=30%）中频信号：465KHz，本地载波：按接收机制式自定。记录各级信号波形。  ④ 整理所测数据及波形，认真分析各种频率变换电路工作原理，画出所测波形，写出符合规范的综合设计性实验报告，并谈谈自己的体会。  **三．实验原理**  1.**集成模拟乘法器 1496 的内部结构**  根据双差分对模拟相乘器基本原理制成的单片集成模拟相乘器MC1496是四象限的乘法器。其内部电路如图1所示：其中V1、V2与V3、V4组成双差分放大器，V5、V6组成的单差分放大器用以激励V1～V4； V7、R1、V8、R2、V9、R3和R5 等组成多路电流源电路；V7、R5、R1为电流源的基准电路；V8、V9分别供给V5、V6管恒值电流Io,R5为外接电阻，可用以调节Io的大小；由V5、V6 两管的发射极引出接线端 2和3，外接电阻R4，利用 R4的负反馈作用，以扩大输入电压VS的动态范围；Rc为外接负载电阻。引脚8与10接输入电压VC，1与4接另一输入电压VS。  各引脚功能如下：  1:SIG+ 信号输入正端 2: GADJ 增益调节端 3：GADJ 增益调节端 4: SIG- 信号输入负端  5:BIAS 偏置端 6: OUT+ 正电流输出端 7: NC 空脚 8: CAR+ 载波信号输入正端  9: NC 空脚 10: CAR- 载波信号输入负端 11: NC 空脚 12: OUT- 负电流输出端  13: NC 空脚 14: V- 负电源  图1 MC1496内部电路图  图2 MC1496内部引脚图  **2.Multisim 建立 MC1496 电路模块**  启动Multisim11 程序，Ctrl+N 新建电路图文件，按照MC1496 内部结构图，将元器件放到电子工作平台的电路窗口上，按住鼠标左键拖动，全部选中。被选择的电路部分由周围的方框标示，表示完成子电路的选择。为了能对子电路进行外部连接，需要对子电路添加输入/输出。单击Place / HB/SB Connecter 命令或使用Ctrl+I 快捷操作，屏幕上出现输入/输出符号，将其与子电路的输入/输出信号端进行连接。带有输入/输出符号的子电路才能与外电路连接。单击Place/Replace by Subcircuit 命令，屏幕上出现Subcircuit Name 对话框，在对话框中输入MC1496，单击OK，完成子电路的创建选择电路复制到用户器件库，同时给出子电路图标。双击子电路模块，在出现的对话框中单击Edit Subcircuit 命令，屏幕显示子电路的电路图，可直接修改该电路图。MC1496 内部结构Multisim 电路图和电路模块如图3、4所示。  图4 MC1496电路模块  图3 MC1496内部电路图  **四．电路设计仿真**  **1、振幅调制器电路设计**  在振幅调制过程中，根据所取出已调信号的频谱分量不同，可分为普通调幅（AM）、抑制载波的双边带调幅（DSB）和抑制载波的单边带调幅（SSB）。  调幅就是用低频调制信号去控制高频振荡（载波）的幅度，使高频振荡的振幅按调制信号 的规律变化。 把调制信号和载波同时加到一个非线性元件上(例如晶体二极管或晶体三体管)， 经过非线性变换电路，就可以产生新的频率成分，再利用一定带宽的谐振回路选出所需的频率 成分就可实现调幅。幅度调制信号按其不同频谱结构分为普通调幅（AM）信号，抑制载波的双边带（DSB）信号，抑制载波和一个边带的单边带（SSB）信号。  利用模拟乘法器相乘原理实现调幅是很方便的，工作原理如下：在乘法器的一个输入端输入载波信号，另一输入端输入调制信号,则经乘法器相乘，可得输出抑制载波的双边带调幅信号的表达为：  若要输出普通调幅信号，只要调节外部电路的平衡电位器，使输出信号中有载波即可。输出信号表达式为：  普通振幅调制电路的原理框图与抑制载波双边带振幅调制电路的原理框图如图 5 所示  **(1)AM 与 DSB 电路的设计**  图5 乘法器实现普通条幅与双边调制框图  查集成模拟乘法器 MC1496 应用资料，得典型应用电路如图 4 所示  图6 1496 构成的振幅调制电路电原理图  图中载波信号经高频耦合电容 C1 输入到 Uc⑩端，C3 为高频旁路电容，使⑧交流接地。调 制信号经高频耦合电容 C2 输入到 UΩ④端，C5 为高频旁路电容，使①交流接地。调制信号 UAM 从⑿脚单端输出。电路采用双电源供电，所以⑤脚接 Rb 到地。因此，改变 R5也可以调节 I0的 大小，则：当 VEE=-8V，I5=1mA 时，可算得：（MC1496 器件的静态电流一般取 I0＝I5＝1mA 左右） R5={（8-0.75）/（1X10-3）}-500=6.75KΩ 取标称电阻，则 R5=6.8KΩ MC1496 的②③脚外接电阻 RB，对差分放大器 T5、T6 产生电流负回授，可调节乘法器的增益，扩展输入信号 UΩ动态范围。因为：UΩ≤I5RB 式中 I5为 5 脚的电流，当选 I5=1mA，Uy=1V(峰值)时，由上式可确定 RB： RB≥UΩ/I5=1/1X10-3=1KΩ   1. 负载电阻 RC 的选择：   由于共模静态输出电压为：U6=U12=VCC-I5RL 式中 U6、U12是 6 脚与 12 脚的静态电压。当选 U6=U12=8V，VCC=12V，I5=1mA 时， RL=（VCC-U6）/I5=(12-8)/(1X10-3)=4KΩ，取标称电阻 RL=3.9KΩ。 电阻 R1、R2、R3 与 RC1、RC2 提供芯片内晶体管的静态偏置电压，保证各管工作在放大状 态。阻值的选取应满足如下关系：  所以取：R1=R2=1KΩ R3=51Ω R4=R5=750Ω，R6=R7=1KΩ，WR1=10 KΩ 电阻 R4、R5、WR1、R6 和 R7 用于将直流负电源电压分压后供给 MC1496 的 1、4 脚内部的差分对三极管基极偏置电压。通过调节 RP，可使 MC1496 的 1、4 端的直流电位差为零，即 UΩ输入端只有调制信号输入而没有直流分量，则调幅电路的输出为抑制载波的双边带调幅波；若调节 RP，使 MC1496 的 1、4 端的直流电位差不为零，则电路有载波分量输出，为普通调幅波。   1. 耦合电容与高频电容的选择：   电容 C1 与 C2 应选择得使其电抗在载波频率上低于 5Ω，即： 1/ωC1=1/ωC2≤5Ω  所以取C1=C3=0.1uf,C2=C5=4.7uf, 由此得到实际的模拟乘法器 1496 构成的振幅调制电路与测量系统电原理图，如图7。  图7 1496 构成的振幅调制电路电原理图  ① 全载波振幅调制（AM）  (1)按设计电路设置元件参数并用 Multisim 完成电路连接。  (2) 调 R15（2%），使模拟乘法器①④脚间电压为+200mV,即电路不平衡。按设计要求加入信号  载波信号 UX：f=1MHZ /100mV 调制信号 Uy：f=2KHz/200mV，此时实现 AM 调制。  信号时域波形和频域图形如图8所示。此条件时，M= 55%    （3）调 R15 使 AM 信号过调制，即使 M＞100%。当 M＞100%时，过零点为一条直线。实验测  得信号波形如图 9 所示。    图9 AM过调制  ② 抑制载波振幅调制（DSB）  图8 AM调制时域频域波形   1. 令 UΩ=0，调 WR1，使模拟乘法器①④脚间电压为 0V,即电路平衡。   按设计要求加入信号，载波信号 UX：f=500KHZ /100mV 调制信号 Uy：f=2KHz/200mV  此时实现 DSB 调制。信号的时域和频域波形如图 10 所示。  图10 DSB调制  实验测得DSB 过零点信号波形如图9 所示。为M 曲线。实验测得DSB 过零点信号波形如图11所示。为M曲线。  图11 DSB过零点  **2、同步检波器电路设计与仿真**  **(1)同步检波器电路设计**  振幅调制信号的解调过程称为检波。常用方法有包络检波和同步检波两种。由于普通调幅波（AM）信号的包络直接反映了调制信号的变化规律，可以用二极管包络检波的方法进行解调。而双边带或单边带振幅调制信号的包络不能直接反映调制信号的变化规律，所以无法用包络检波进行解调，必须采用同步检波方法。  MC1496 模拟乘法器构成的同步检波解调器电路原理框图12所示。其中 y 端输入同步载波信号 UC，x 端输入已调波信号 US。解调器输出信号经低通后输出解调信号。其 1496 构 成的同步检波电路与外接元件参数与 AM 调制电路无异，仅需接一低通滤波器实际设计电路如图13所示；  图13 低通滤波器实际设计电路  图12 同步检波解调器电路原理框图  **(2) 同步检波器电路仿真**  1、按设计电路设置元件参数并用 EWB 完成电路连接。  2、调 RW1 使电路平衡时，即 Uc=UΩ=0,Uo=0  3、按设计要求加入信号，（载波信号 UX：f=1MHZ /100mV 调制信号 Uy：f=2KHz/200mV）  a．按已知条件产生 DSB 信号  b. 按同步检波工作原理加入信号，得实验数据如图14所示。  图14 同步检波器电路仿真波形  调制信号  DSB信号  解调信号  **3、混频器电路设计与仿真**  混频电路的作用是在本地振荡电压的作用下，将载频为 fc 的高频已调信号不失真地变换为载频为 f 的中频已调信号。  由于乘法器可以产生只包含两个输入信号之和频及差频分量的输出信号，所以用模拟乘法 器和带通滤波器可以方便地实现混频功能。其原理框图如图 15 所示：用模拟乘法器实现混频，就是在端和相差一中频，再经过带通滤波器取出中频信号。  图15  **(1)混频器电路设计**  由 1496 模拟乘法器构成混频电路和外接元件参数与 AM 调制电路无异，仅输出端需接465KHZ谐振回路，其设计的电路如图14 所示。但必须保证模拟乘法器工作在平衡状态。  **(2)混频器电路仿真**  图16 混频器电路设计图  1、按设计电路设置元件参数并完成电路连接。  2、调 RW1 使电路平衡时，即 Uc=UΩ=0,Uo=0  3、按设计要求加入信号，得实验数据如图17所示:  图17 混频器波形  **五．体会与建议**  通过这次高频实验，我学习了调制与解调的基本原理，明白了其中振幅调制的一些方法，与注意事项。掌握了普通振幅调制（AM）、抑制载波双边带（DSB）调制的调制与解调的基本原理及实现方法，学会了各种线性调制信号的时域和频域的测试方法，了解用MC1496模拟乘法器组成的同步检波器来实现AM波和DSB波解调的方法。这次实验中，我还学会了如何使用仿真软件进行实验的仿真，并对实验结果进行了分析。本次实验也让我明白，调制解调技术在通信领域的重要地位。  教师签名 | | | | | |
|  | | | | | |