

新概念模拟电路学习

目录

8/

目录

| | |
|----------------------------------|------------|
| 0. 绪言 | 1 |
| 晶体管对世界的影响 | 1 |
| 什么是电子技术？ | 3 |
| 模拟信号和数字信号 | 4 |
| 模拟电子技术 | 5 |
| 模拟电子技术的学习方法 | 6 |
| 1. 晶体管基础 | 7 |
| 1.1. 双极性晶体管的工作原理及放大电路 | 7 |
| Section1. 电压信号如何放大——晶体管的引入 | 7 |
| Section2. NPN 型晶体管的伏安特性 | 13 |
| Section3. 用 NPN 晶体管构建一个放大电路 | 18 |
| Section4. 静态和信号耦合 | 19 |
| Section5. 晶体管的 4 种工作状态 | 22 |
| Section6. 给定电路求解静态——包括状态判断 | 24 |
| Section7. 图解法，对晶体管工作状态的加深理解 | 34 |
| Section8. 两部件串联的图解方法 | 37 |
| Section9. 动态求解方法——以硅稳压管为例 | 41 |
| Section10. 双极型晶体管的动态模型——微变等效模型 | 45 |
| Section11. 双极型晶体管放大电路的动态分析 | 47 |
| Section12. 实验测量法 | 56 |
| Section13. 共基极、共集电极放大电路和 PNP 管电路 | 58 |
| Section14. 大信号情况下的失真分析 | 68 |
| Section15. 放大电路的综合分析 | 78 |
| Section16. 多级放大电路 | 90 |
| 1.2. 场效应晶体管的工作原理及应用电路 | 101 |
| Section24. 场效应管分类和管脚定义 | 102 |
| Section25. JFET | 104 |
| Section26. MOSFET | 110 |
| Section27. FET 放大电路的静态电路和信号耦合 | 115 |
| Section28. FET 的微变等效模型 | 126 |
| Section29. FET 放大电路的动态分析 | 128 |
| 2. 晶体管提高 | 136 |
| 2.1. 晶体管的其它应用电路 | 136 |
| Section30. 恒流源实现高增益放大 | 137 |
| Section31. 差动放大器 1：差分信号的来源 | 141 |

| | | |
|------------|------------------------------------|------------|
| Section32. | 差动放大器 2: 差动放大器锥形 | 150 |
| Section33. | 差动放大器 3: 标准差动放大器 | 150 |
| Section34. | 差动放大器 4: 共模抑制比及其提高方法 | 150 |
| Section35. | 电流镜(Current Mirror)基本原理 | 165 |
| Section36. | 比例电流镜和 Widlar 微电流源 | 171 |
| Section37. | 威尔逊电流镜—Wilson Current Mirror | 179 |
| Section38. | 电流源的顺从电压和输出阻抗 | 185 |
| Section39. | 恒流源(Constant Current Source) | 188 |
| Section40. | 模拟开关(Analog Switch) | 190 |
| Section41. | 晶体管是组成集成电路的基础 | 193 |
| Section42. | 扩流电路 | 194 |
| Section43. | 超高频放大电路 | 195 |
| Section44. | 负载开关(Load Switch) | 196 |
| Section45. | 晶体管产品 | 199 |
| 2.2 | 晶体管放大电路的频率响应 | 207 |
| Section46. | 频率响应概述 | 207 |
| Section47. | 阻容基本单元的频率响应 | 211 |
| Section48. | 基本单元变形的频率响应 | 213 |
| Section49. | 基本单元串联的频率响应 | 217 |
| Section50. | 晶体管放大电路的非杂散频率响应 | 220 |
| Section51. | 晶体管的高频等效模型 | 235 |
| Section52. | 共射极电路的高频响应 | 236 |
| Section53. | 共基极和共集电极放大电路的高频响应 | 240 |
| Section54. | 利用晶体管的数据手册估算上限截止频率 | 244 |
| | 负反馈和运算放大器基础 | 246 |
| 3.1 | 理想运算放大器和负反馈电路 | 246 |
| Section56. | 理想运算放大器 | 246 |
| Section57. | 理想运算放大器组成的负反馈放大电路 | 247 |
| 3.2 | 负反馈理论 | 248 |
| Section58. | 反馈的概念引入 | 248 |
| Section59. | 认识电路中的反馈 | 251 |
| Section60. | 负反馈放大电路的方框图分析法 | 256 |
| Section61. | 利用方框图法求解电路 | 258 |
| Section62. | 负反馈对放大电路性能的影响 | 261 |
| Section63. | 负反馈对失真度的影响 | 270 |
| 3.3 | 负反馈放大电路的分析方法 | 274 |
| Section64. | 虚短的来源 | 274 |
| Section65. | 负反馈电路分析方法二: 虚短虚断法 | 278 |

| | | |
|-------------|----------------------|------------|
| Section66. | 负反馈电路分析方法三：大运放法 | 312 |
| Section67. | 负反馈电路分析方法四：环路方程法 | 317 |
| 3.4. | 实际运算放大器 | 321 |
| Section68. | 用晶体管自制一个运算放大器 | 321 |
| Section69. | 运算放大器的内部构造 | 326 |
| Section70. | 运放的关键参数 | 328 |
| Section71. | 运放的噪声参数 | 351 |
| Section72. | 全差分运算放大器 | 357 |
| Section73. | 运放电路设计实践 | 369 |
| 4. | 运放电路的频率特性和滤波器 | 388 |
| 4.1. | 运放电路的频率特性 | 388 |
| Section74. | 从开环到闭环 | 388 |
| Section75. | 负反馈放大电路的稳定性分析 | 399 |
| Section76. | 频率失真 | 409 |
| Section77. | 频率特性的分析方法 | 412 |
| 4.2. | 滤波器概述 | 414 |
| Section78. | 滤波器的一些常识 | 414 |
| Section79. | 从运放组成的一阶滤波器入手 | 422 |
| Section80. | 思考 | 432 |
| Section81. | 二阶滤波器分析——低通和高通 | 440 |
| Section82. | 二阶滤波器分析——带通、带阻和全通 | 445 |
| Section83. | 群延时——Group Delay | 451 |
| 4.3. | 运放组成的低通滤波器 | 453 |
| Section84. | 4 元件二阶 SK 型低通滤波器 | 453 |
| Section85. | 6 元件二阶 SK 型低通滤波器 | 459 |
| Section86. | 易用型二阶 SK 型低通滤波器 | 464 |
| Section87. | MFB 型低通滤波器 | 469 |
| Section88. | 高阶低通滤波器 | 473 |
| Section89. | 单电源低通滤波器 | 479 |
| Section90. | 滤波器设计中的注意 | 488 |
| 4.4. | 运放组成的高通滤波器 | 492 |
| Section91. | 4 元件二阶 SK 型高通滤波器 | 492 |
| Section92. | 6 元件二阶 SK 型高通滤波器 | 495 |
| Section93. | 易用型二阶 SK 型高通滤波器 | 499 |
| Section94. | MFB 型高通滤波器 | 506 |
| Section95. | 高阶高通滤波器 | 513 |
| Section96. | 单电源高通滤波器 | 517 |
| 4.5. | 运放组成的带通滤波器 | 522 |

| | | |
|-------------|------------------------------------|------------|
| Section97. | 双频点带通滤波器——宽带通 | 522 |
| Section98. | 单频点选频放大器——窄带通 | 523 |
| 4.6. | 运放组成陷波器 | 548 |
| Section99. | 双频点带阻滤波器——宽带阻 | 548 |
| Section100. | 陷波器——窄带阻滤波器 | 549 |
| 4.7. | 运放组成全通滤波器 | 581 |
| Section101. | 二阶全通滤波器 | 581 |
| 4.8. | 其它类型的模拟滤波器 | 591 |
| Section102. | 状态可变型滤波器分析 | 591 |
| Section103. | Biquad 滤波器分析 | 604 |
| Section104. | Fleischer-Tow 滤波器 | 617 |
| Section105. | 椭圆滤波器——有源 | 631 |
| Section106. | 椭圆滤波器——无源 | 667 |
| 4.9. | 开关电容滤波器 | 715 |
| Section107. | 开关电容滤波器- Switched Capacitor Filter | 715 |
| 5. | 信号处理电路 | 726 |
| 5.1. | 峰值检测和精密整流电路 | 726 |
| Section108. | 峰值检测电路和精密整流电路 | 726 |
| 5.2. | 功能放大器 | 731 |
| Section109. | 有效值检测芯片 | 731 |
| Section110. | 程控增益放大器 | 736 |
| Section111. | 压控增益放大器 | 742 |
| 5.3. | 比较器 | 747 |
| Section112. | 运放实现的比较器 | 747 |
| Section113. | 集成比较器及其关键参数 | 754 |
| Section114. | 比较器的应用 | 764 |
| 5.4. | 功率放大电路 | 782 |
| Section115. | 功放电路的功率和效率 | 783 |
| Section116. | 甲类功放 | 785 |
| Section117. | 乙类功放和甲乙类功放 | 788 |
| Section118. | 关于功放的其它知识 | 795 |
| 5.5. | 测量系统的前端电路 | 808 |
| Section119. | 仪表放大器及其应用电路 | 808 |
| Section120. | 仪表放大器使用注意事项 | 818 |
| Section121. | 多种类型的仪表放大器 | 837 |
| Section122. | 其他常见传感器前端电路 | 849 |
| Section123. | 电阻一二三 | 855 |
| 5.6. | ADC 驱动电路 | 858 |

| | | |
|-------------|-------------------------|------|
| Section124. | 为什么要给 ADC 前端增加驱动电路..... | 858 |
| Section125. | 单电源标准运放 ADC 驱动电路..... | 863 |
| Section126. | 全差分运放形成的 ADC 驱动电路..... | 890 |
| Section127. | 基于全差分运放的滤波器..... | 913 |
| 5.7. | 杂项..... | 919 |
| Section128. | 复合放大器..... | 919 |
| Section129. | 用程序控制增益和自动增益控制..... | 932 |
| Section130. | 电荷放大器和锁定放大器..... | 956 |
| Section131. | 继电器和模拟开关..... | 968 |
| 6. | 源电路—信号源和电源..... | 990 |
| 6.1. | 基于蓄积翻转思想的波形产生电路..... | 991 |
| Section132. | 蓄积翻转和方波发生器..... | 991 |
| Section133. | 方波三角波发生器..... | 994 |
| Section134. | 独立可调的方波三角波发生器..... | 999 |
| Section135. | 压控振荡器..... | 1003 |
| 6.2. | 基于自激振荡的正弦波发生器..... | 1007 |
| Section136. | 自激振荡产生正弦波的原理..... | 1007 |
| Section137. | RC 型正弦波发生器..... | 1008 |
| Section138. | LC 型正弦波发生器..... | 1013 |
| Section139. | 晶体振荡器..... | 1018 |
| 6.3. | 直接数字合成技术-DDS..... | 1021 |
| Section140. | DDS 核心思想..... | 1021 |
| Section141. | 常用 DDS 芯片..... | 1028 |
| Section142. | DDS 的外围电路..... | 1030 |
| 6.4. | 线性稳压电源..... | 1033 |
| Section143. | 线性稳压电源结构..... | 1033 |
| Section144. | 串联型稳压电路..... | 1037 |
| Section145. | 集成三端稳压器..... | 1040 |
| Section146. | 低跌落电压稳压器——LDO..... | 1048 |
| Section147. | 基准电压源..... | 1058 |
| Section148. | 基准电流源..... | 1063 |

1.1 BJT工作原理和放大电路

Section1

学习了BJT的形式,感受它作为电流控制电流元件的优势,了解关于其热水器式的模拟

Section2

NPN BJT伏安特性曲线,明白BJT伏安特性曲线实际上就是科学家人为刻意划分成两种玩意,输入和输出,其中输入是二极管式的,输出的理想和非理想也了解了

对于静态和非静态理解的更深了,关于电阻和 β ,不过 β 静态和非静态近似相等

Section3

学习了用NPN搭建一个NPN共射级基本放大电路

信号加偏置,电阻加电压

Section4

了解静态工作点的作用,对耦合有了更深的认识,耦合电容是很大的电容,当信号快速改变时,时间常数大,电容充电速度慢,电容电压保持相对的不变,则信号耦合了进去

Section5

了解BJT的四种状态,有截止,饱和,放大,倒置

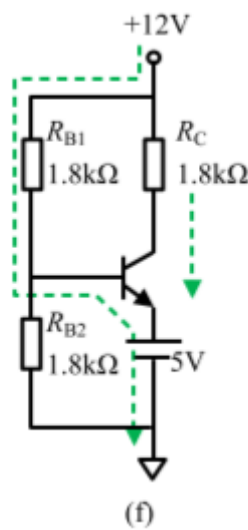
我们平常用的是放大,截止就是指发射结反偏的时候或0的时候, I_{BQ} 非常小,就像管子没有导通一样,饱和是指的增大 I_{BQ} 而 I_{CQ} 基本不变的时候,其实是 U_{CE} 偏小的时候,倒置是ce插反了嘻嘻

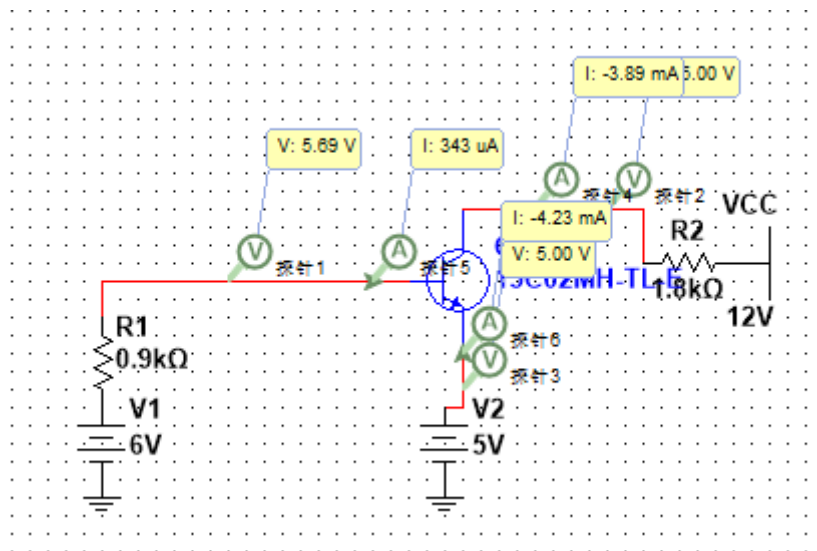
Section6

BJT求解静态,首先掌握了怎么判断**四种状态**,齐次对于戴维南定理等等运用更为合理了呢并熟练了呢,对于如何求解静态工作点也有了自己的想法嘻嘻

Exercise

p44





Section7

对图解法有了了解,所谓图解法,其实是更为准确的一种方法,因为其实 U_{BEQ} 不是单纯的0.7V,用图解法可以得到更准确的电流值,不过它有一点就是 U_{ceQ} 不会影响输入伏安特性曲线罢了

同时对饱和区截止区也了解更多了

Section8

对两部件串联的图解法有了了解,尤其是

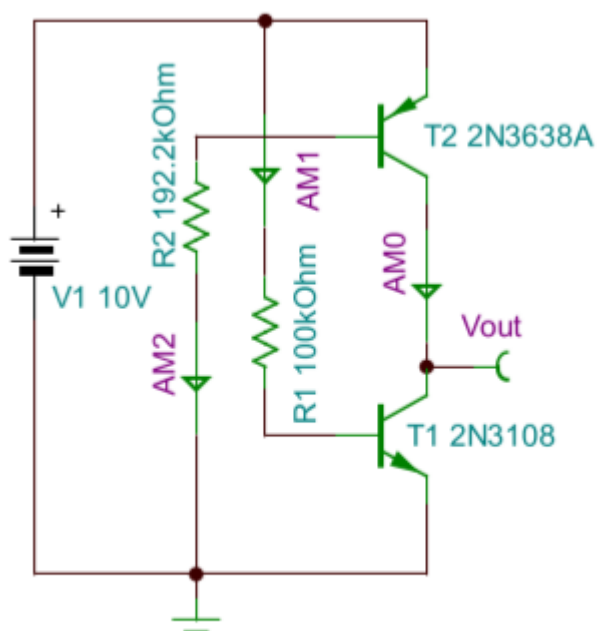


图 Section8-6 两个晶体管串联电路

这种结构右侧的串联方式

Exercise

1) 图 Section8-6 中,需要小心遴选电阻 R_2 ,才能保证两个晶体管都处于放大状态。这在实际应用中很难做到。有什么办法能够让 V_{out} 自动保持在 5V 左右?

Section9

对动态求解方法有更清晰的认识,尤其是它为什么成立,由于线性性

Section10

对BJT微变等效低频模型有了了解,尤其是 r_{be} 的来历

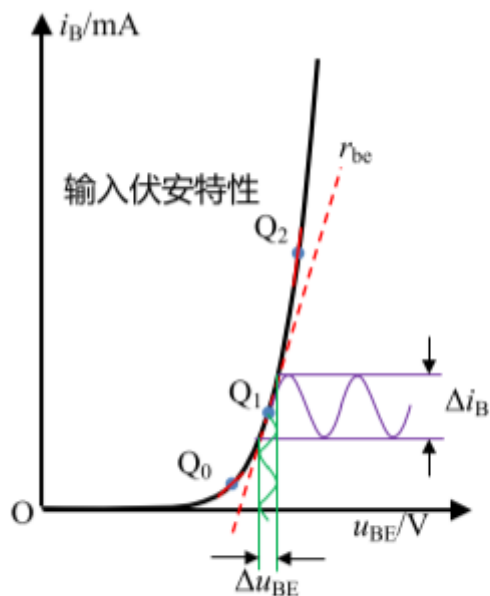


图 Section10-2 输入伏安特性的微变等效

知道了 $r_{be} = r_{bb'} + \frac{U_T}{I_{BQ1}}$

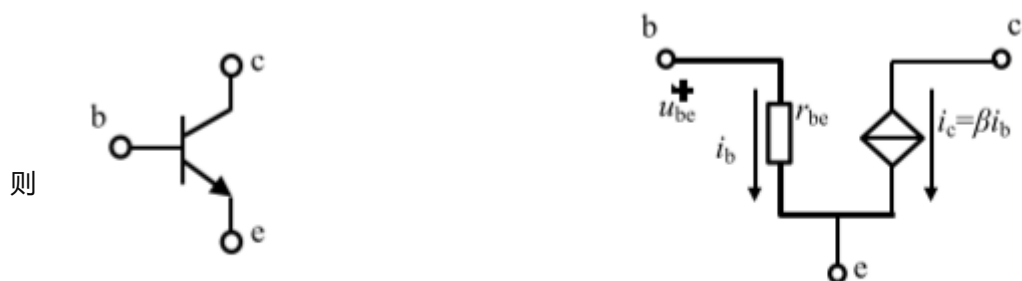


图 Section10-3 晶体管简化微变等效模型—低频

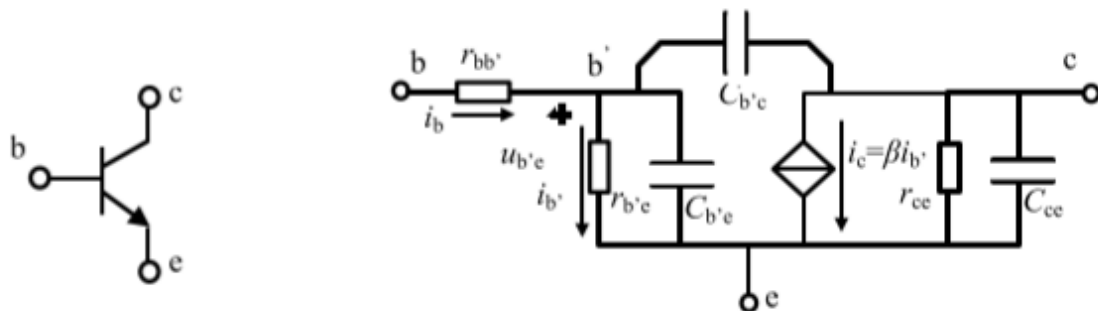


图 Section10-4 晶体管等效模型 (含高频)

Section11

学习了BJT放大电路的动态分析,构成了一个基本操作,就是先算静态工作点,再算 r_{be} ,再画小信号电路图,再算 A_{ui} ,再算 r_o ,再算其它的各种增益

主要学了一点,就是关于黑箱的认识,尤其是输出端加负载和不加负载的区别,只是相差一个比例系数罢了,但是可能会改变输入电阻

Section12

一个放大电路的输入电阻,可能与输出是否带负载有关

学习了实验测量法测量 A_v R_i R_o

Section13(important)

对共基极,共集极,PNP电路进行学习

首先了解了BJT的本质, u_{be} 变化,引起 i_B 变化,映射出 i_C 变化,那么,能改变 u_{be} 的都能作为输入,能反应 i_C 的都能作为输出,所以有bc,be,ec三种组合

R_c 是用来把电流变化显示成电压变化的,同理,在ce中就需要 R_E 来做此操作了

求解方式和BJT共射级基本相同,见Section11

be是射极跟随器,不具备电压放大能力,输入电阻大,输出电阻小,扩流,阻抗匹配好用

ec是电流跟随器

需要特别指出的是,共射级、共基极电路都有如下特点:输入电阻与负载无关,输出电阻与信号源内阻无关。但共集电极电路却不是如此。它的输入电阻与负载大小有关,而输出电阻与信号源内阻有关,在多级电路级联时,需要特别注意。

面对ec,输入电阻与负载大小有关,输出电阻与信号源内阻有关!!!面对级联一定要考虑哦

Section14

主要学习了失真,有饱和失真和截止失真,学习了静态负载线和动态负载线,并根据此学习了失真电压裕度的求法

$U_{CEQ}-U_{CES}$,饱和失真

$I_{CQ} \cdot R_L'$,截止失真

Section15

学习了BJT放大电路的一些偏置的好处,如为什么用4电阻偏置,怎样选择静态工作点,静态和动态分离以及增益如何改变,怎么合理的用电容来消除影响,T型偏置电路的灵活使用等等

Section16

多级放大电路

主要学习电容耦合形式,静态工作点分立,注意动态分析里共集电极的区别,它的输入输出电阻和负载和 R_{si} 有关,则需要先算其他的输出电阻输入电阻再算它,而且算出每一个的 A_{ui} (不管负载信号源内阻的那种)然后乘衰减因子就行(共集除外)

直接耦合放大电路,主要麻烦的是共射共基放大电路,主要是两个0.7V用好就能很方便的求静态工作点,动态反而是好做的,直接画图求就行,直接耦合放大电路就是静态工作点麻烦

NPN和PNP交替使用的好处

1.2 场效应管工作原理及应用电路

Section24

了解FET的定义和分类和管脚,对FET压控有了了解

Section25

了解JFET,但是我决定不去认真学他,因为MOSFET更重要免得记混

但是有几个想法还是很好的,比如转移特性曲线和输出伏安特性曲线其实是冗余的

Section26

学习了MOSFET,知道了几个伏安特性的关键,开启电压 U_{GSTN} ,转移特性曲线的数学表达式,可变电阻区和恒流区的分界线,知道如何去判断Mos的工作状态

Section27

对FET静态电路做了了解,知道了四电阻对于稳定辅助维持静态工作点的好处

学习关于MOSFET的静态分析

Section28

了解MOSFET的微变等效模型,尤其是 g_m 的来源是 i_D 对 v_{GS} 做偏导

Section29

学习了MOSFET的动态电路,主要是先算静态,再算 g_m ,再画小信号,再算 A_{ui} , R_i , R_o

2.1 晶体管其它应用电路

Section41-Section45开阔眼界,不要求读懂

Section30

首先了解 $A_u \sim U_{RC}/U_T$,与RC上的压降关系较大,于是用恒流源代替RC可以大幅提高电压增益,所谓恒流源负载,静态电阻小,动态电阻极大,也就是说不怎么改变静态工作点,却能hold住较大变化的电压

Section31

差分信号,对于差分信号抵消外界电场干扰做了了解

Section32

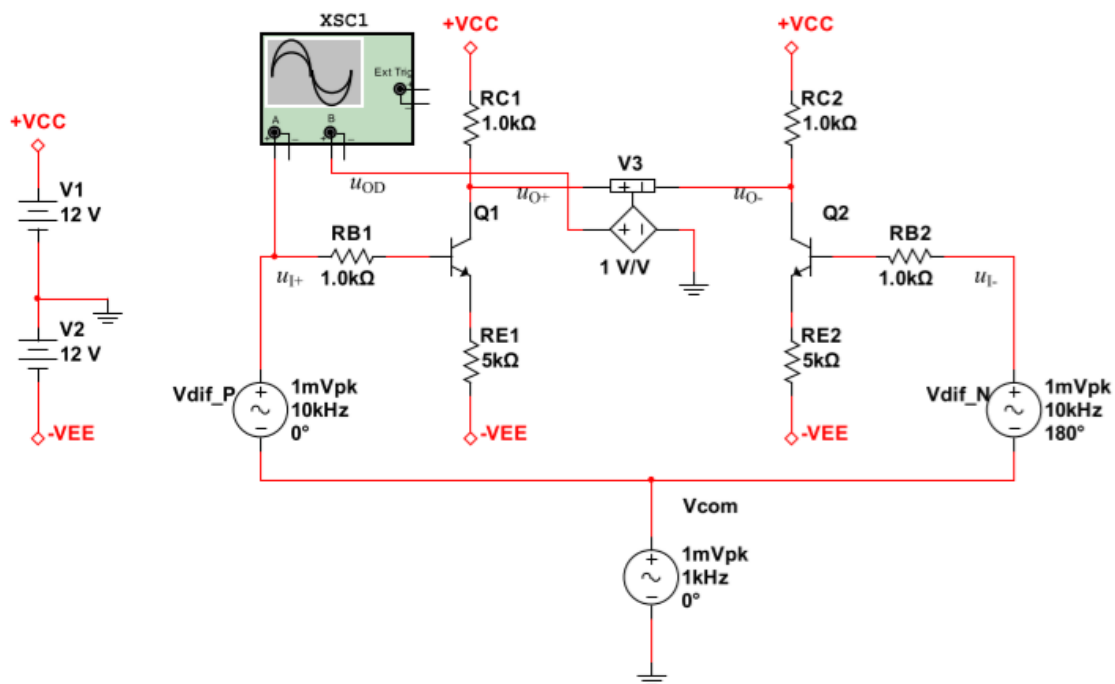
两个共射放大器输出电压差可以消除共模保留差模,但是,它对差模和共模都起到了衰减相同倍数的作用

Section33(important)

学习了差动放大器,跟上面的区别主要是把RE并到一起,从而起到抵消共模促进差模的作用

同时考虑到之间接负载的情况,如果负载直接连的话可以想见它不会影响静态工作点和共模情况,将它分开,找中间的对称地,从而和RC并联化简运算,单向负载会改变静态工作点,从而改变它对差模和共模的A,但是认为其不改变RE的情况.RE仍然可以看作是两个分开的 $2RE$

输入电阻和输出电阻



计算方法:

1. 把RE拆分成两个 $2RE$ 并联
2. 计算直流工作点
3. 无需画等效电路图, 可以直接脑袋里想
4. 计算共模, 共差增益, 计算CMRR

Section34

主要学习了共模抑制比CMRR, 了解到用恒流源提高CMRR的方法, 学习了怎么算恒流源的输出电阻和知道了它确实非常大的事实, 知道了怎么去算一些一般电路

记得去学计算哦~我还是先把Section33的计算学一遍吧qwq

恒流源在RC位置, 获得大电压增益, 在RE位置, 获得小电压增益

Section35

学习了电流镜，电流镜本质上是相同的 V_{gs}/V_{be} 产生相同的电流 I ，由带短路线的那一只去控制另外一边，其实在BJT中还是有微小的差别的， $i_{OUT} = \beta i_{B2} = \beta i_{B1} = \frac{\beta}{\beta + 2} i_{IN}$ However，由于Early效应的存在， i_C 与 u_{CE} 还有关系，所以需要更为复杂的操作

对于BJT电流镜：知道 V_{AF} ，以及 i_{Co} ，就可以得到 r_{CE} ，再知道 U_{CE} 就能知道实际电流

对于MOSFET电流镜：使用 $i_{OUT} = K(u_{GS} - U_{GSTH})^2(1 + \lambda u_{DS})$ 公式就可以知道实际电流。两边是可以不一样的

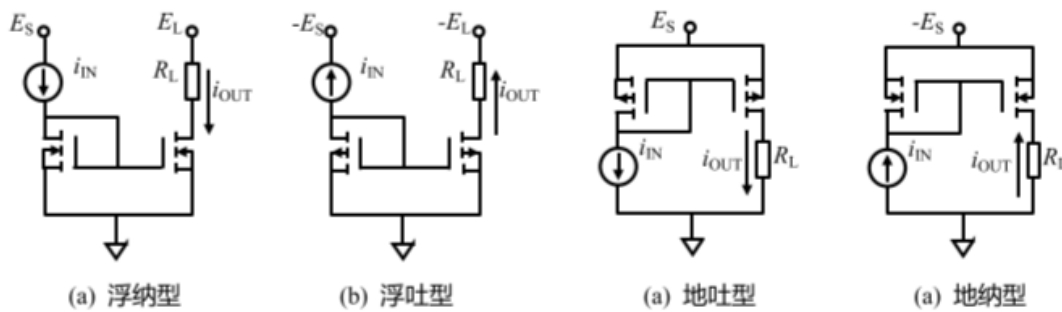


图 Section35-6 MOSFET 组成的电流镜

Section36

学习了比例电流镜和Widlar微电流源

比例电流镜就是再加两比例电阻构成了新的伏安特性曲线

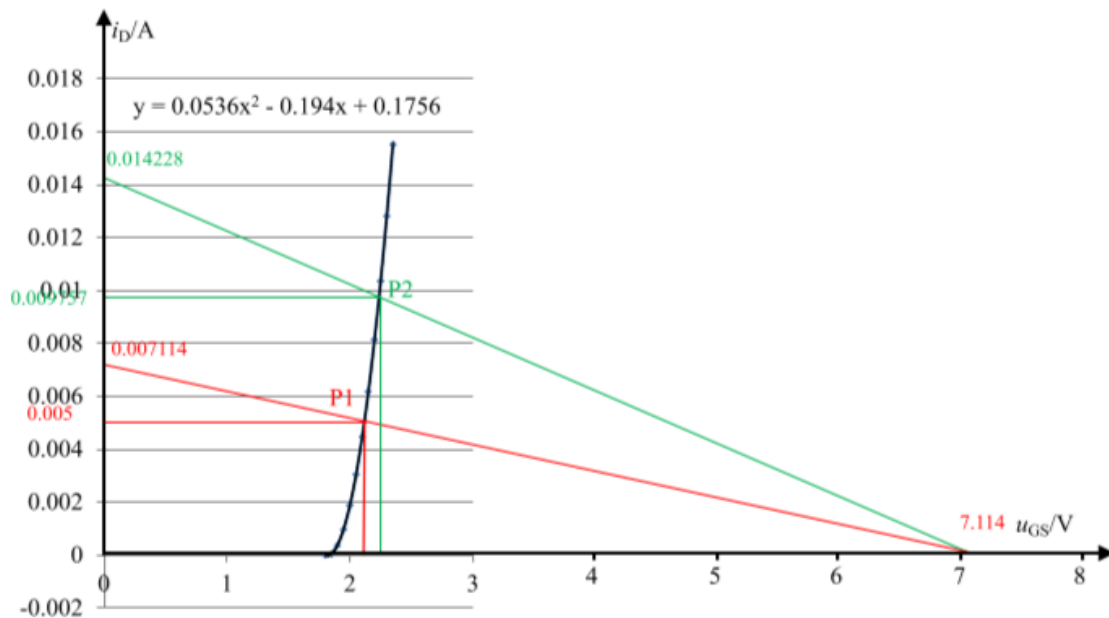


图 Section36-2 MOSFET 组成的浮纳型比例电流镜工作原理图解

Widlar电流源是用小电阻实现一些输出电阻

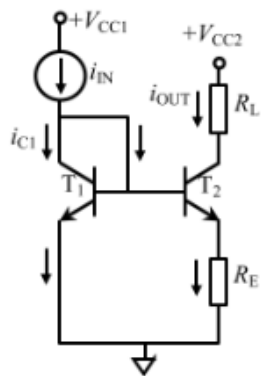


图 Section36-5
BJT 浮纳型微电流源

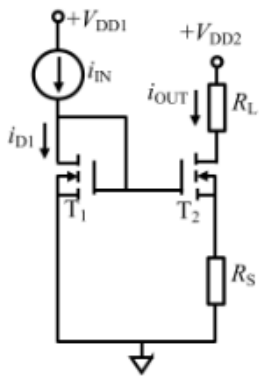


图 Section36-6
MOSFET 浮纳型微电流源

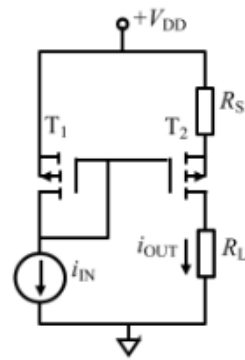


图 Section36-7
MOSFET 地吐型微电流源

记两个公式：

$$\text{BJT} \quad R_E = \frac{U_T}{i_{OUT}} \times \ln\left(\frac{i_{IN}}{i_{OUT}}\right)$$

$$\text{MOS} \quad R_S = \frac{\sqrt{\frac{i_{IN}}{K}} - \sqrt{\frac{i_{OUT}}{K}}}{i_{OUT}}$$

也可以用图解法来想，会简单一些

Section37

学习了Wilson Current Mirror，威尔逊电流镜，其主要是做到了降低Uce，减少Early效应，同时使输入输出电流比更接近于1

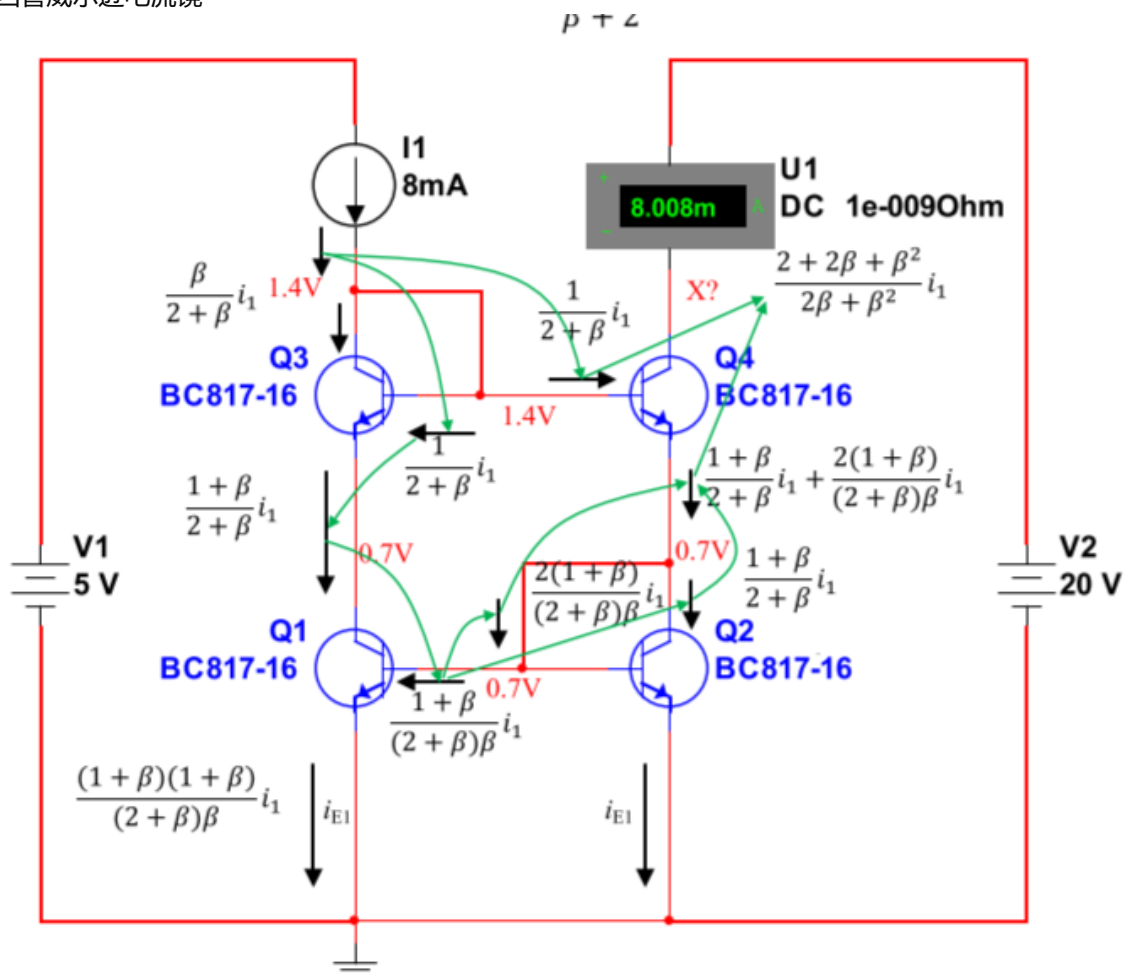


图 Section37-2 4 晶体管威尔逊电流镜

Section38

顺从电压和输出阻抗，没看懂也没认真看

Section39

学习了恒流源，主要是简易恒流源

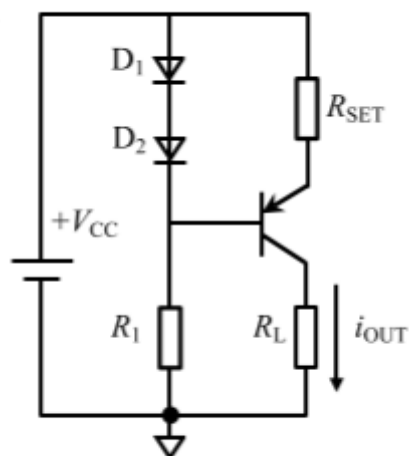
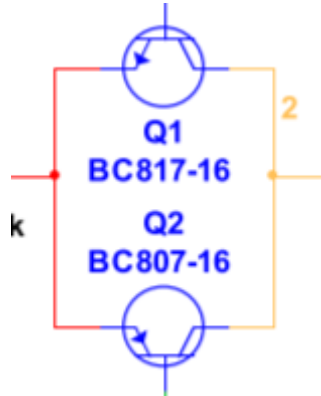


图 Section39-1 简易恒流源

Section40

科普了一些有关模拟开关的知识



Section41

晶体管是组成集成电路的基础：晶体管组成运放，晶体管组成数字电路基础单元

Section42

扩流电路

Section43

超高频放大电路

Section44

负载开关

Section45

晶体管产品

达林顿管等等

2.2 晶体管放大电路的频率响应

Section46

元件仅在高频时有有意义的较小并联电容串联电感有了更深认识

了解增益大小相位图

Section47

学习RC 低通高通

Section48

学习了复杂频率分析，对于频率如何分析有了了解，尤其是独立性原理，学习了高中低频，低通高通的定义等

Section49

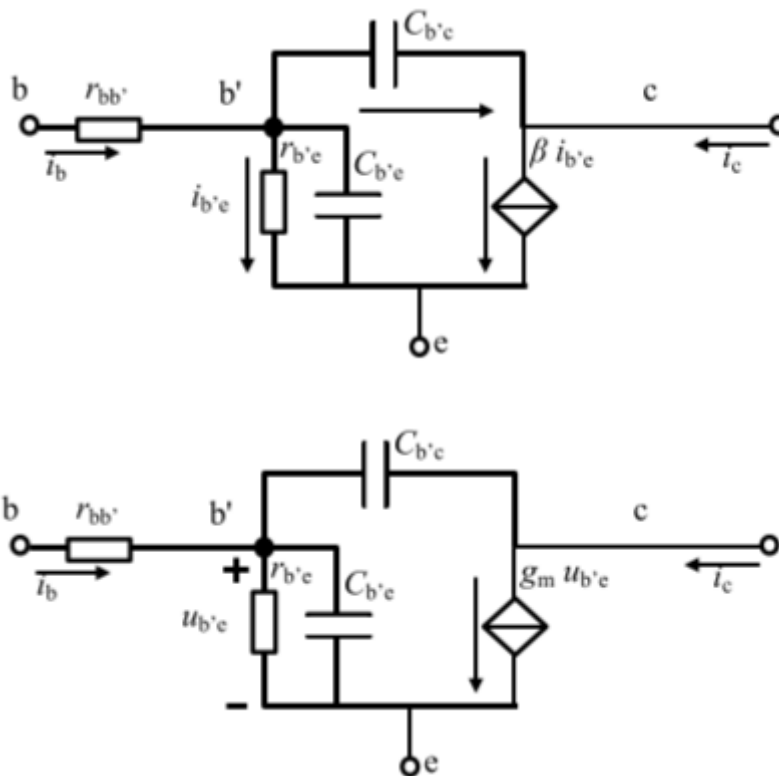
学习高通低通串并联形式如何得到，记得有一个K

Section50 (important)

学习了晶体管放大电路的非杂散频率响应，这个挺难的qwq，主要是低频和高频，对于BJT算法还稍微简单一些，对于MOS真的好难qwq（因为不能直接想了，要用前后的 A_v 来做），一定要先画小信号模型，再来画几个方框，分别来想，尤其是中间的控制部分，要仔细思考qwq，而且是用了那个 $\min(f_H \text{串联}) \max(f_L \text{并联})$ 的思想呢

Section51 晶体管高频等效模型

单纯的学习了晶体管高频等效模型,主要是 $C_{b'e}$ $C_{b'c}$



Section52

学习了共射级电路的高频响应,尤其是密勒效应,把跨接在输入输出的电容 $C_{b'c}$ 等效成输入输出上两个电阻,输入上乘 A_0+1 ,输出上1倍

如果 $r_{be} < r_{bb'} \beta$ 或者 R_s 较大时, f_{H1} 起决定性作用

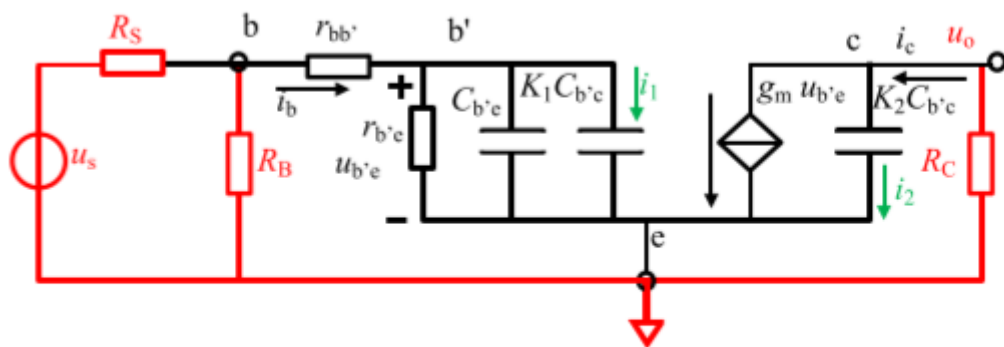


图 Section52-2 密勒等效后的动态电路

Section53

学习了共基极放大电路的高频响应和共集电极放大电路的高频响应,

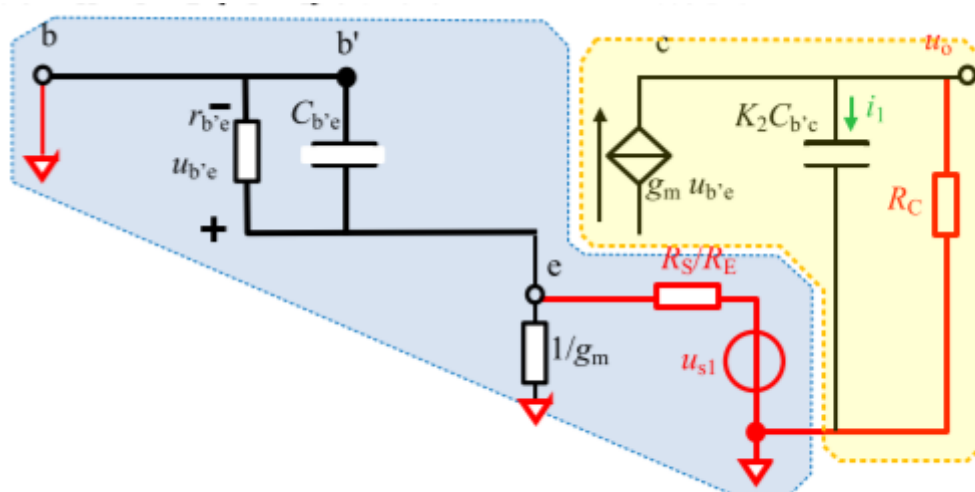


图 Section53-2 输入和输出独立回路等效电路

决定共基极电路上限频率的主要是输出回路参数;一是内部的 $C_{b'e}$,二是外部电阻 R_C ,与输入端参数选择几乎无关

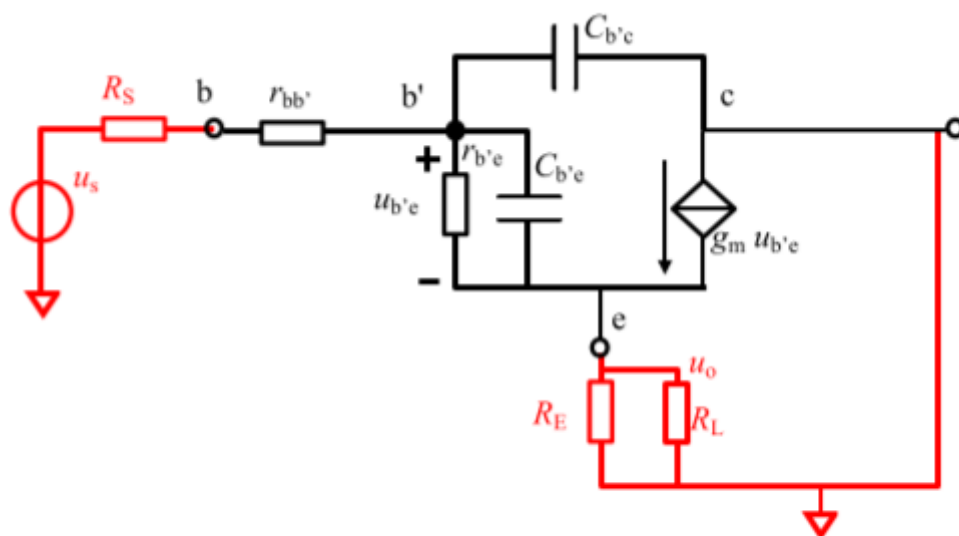


图 Section53-3 共集电极放大电路动态等效电路

在大多数情况下,上限截止频率只受到信号源内阻的影响,信号源没有内阻时上限截止频率非常大

Section54

学习了如何读数晶体管数据手册,尤其是了解了特征频率 f_T

$$f_T \approx \frac{\beta}{2\pi r_{b'e}(C_{b'e} + C_{b'c})}$$
$$C_{b'e} \approx \frac{\beta}{2\pi r_{b'e} f_T} - C_{b'c} \approx \frac{\beta}{2\pi r_{b'e} f_T}$$

输出电容 $C_{bo} = C_{b'c}$ 等

上述所有放大电路,一是开环的,二是分立电路,当电路功能复杂,需要大量分立元器件时,体积大,设计复杂,能耗大成本高

3.1 理想运放和负反馈电路

Section56

学习理想运放

A大

输入阻抗无穷大

输出阻抗为0

$$u_o = A(u_+ - u_-)$$

Section57

理想运放通过外部合适的电阻连接(负反馈)可以实现指定的电压放大倍数

3.2 负反馈理论

Section58

了解反馈的原理,尤其是通过生活中的例子更好理解了反馈

Section59

学习了怎么通过环路极性法判断正反馈和负反馈

Section60

学习了负反馈放大电路的方框图分析法

输入阻抗无穷大

输出阻抗为0

此时只有这两项成立

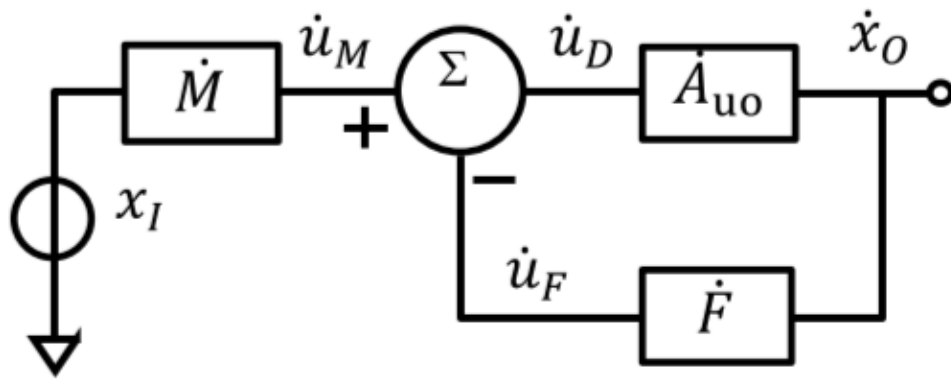


图 Section60-1 方框图

同时学习如何求解F和M

Section61

学习用方框图求解电路,注意一定要弄清楚输入和输出分别是什么

Section62

首先记住 $C=1+AF$ 这个数字,及其常用,C是我定义的一个符号,方便书写而已

增益稳定性提高,改变比例为原来的 C^{-1}

上限截止频率提高C倍,下限截止频率为 C^{-1} 倍

串联输入电阻提高C倍,并联输入电阻降低

学习如何计算负反馈输出电阻,牢记去掉负载电阻,把内部源置零,在输出端认为加激励u计算i

Section63

了解失真度

3.3 负反馈放大电路分析方法

方框图法,虚短虚断法,大运放法,环路方程法

Section64

理解虚短的来历和运放的平衡过程,知道延迟时间和压摆率的概念

Section65

学习了虚短虚断法,看了特别特别多的例子,给我一种感觉,就是真的好太多qwq,基本上有负反馈构成或者负反馈大于正反馈就可以使用虚短虚断法(如果不考虑截止电压情况下)

又学习了采集电流的方法,采样电阻高测法和低测法,两者有利有弊

Section66

大运放法,遇到一种玄学方法,主要针对的是多级高增益放大电路和反馈网络的集合,重点是高增益本身不重要了,只需要搞清楚它的反馈就能看懂状态,把其中的高增益放大电路用一个大运放代替,从而化简其中的复杂电路,简化分析

Section67

学习了环路方程法,换句话说就是在小信号等效模型中使用结点/网孔方程

学习了电流反馈型运算放大器,CFA,其与VFA不同,不同点不仔细再说了

3.4 实际运算放大器

Section68

学习了运放内部电路的设计,学习如何用晶体管做运放

需要学习晶体管的推挽

Section69

了解了运放的内部结构

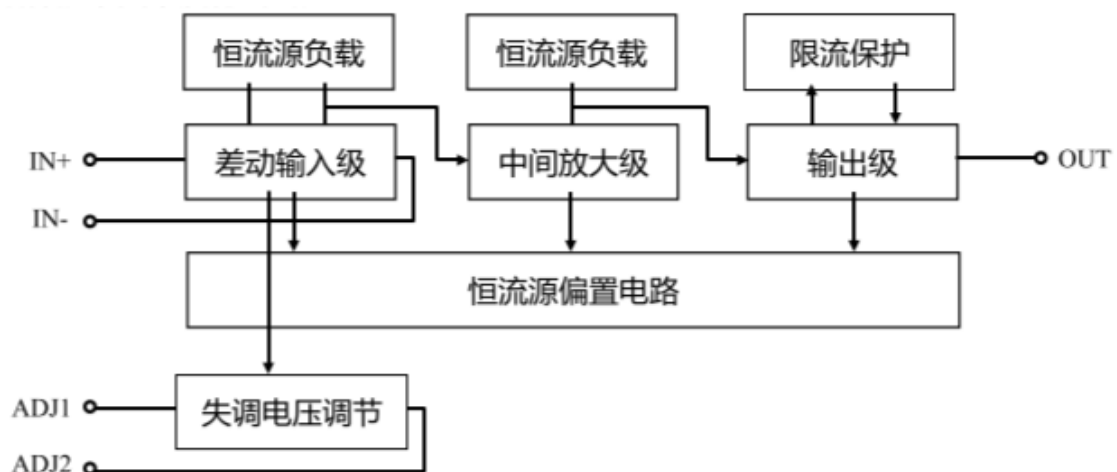


图 Section69-4 普通运放内部框图

Section70

学习了很多运放的关键参数

- 输入失调电压
- 输入偏置电流
- 输入失调电流

此三项会影响输出失调电压

因此,本书认为,降低输出失调电压的核心在于以下三点:选择输入失调电压 V_{OS} 小的芯片;选择输入偏置电流 I_B 小的芯片;选择小的外部电阻。

- 等效输入失调电压

- 输入电压范围
- 输出电压范围
- 共模抑制比
- 开环电压增益
- 压摆率
- 增益带宽积GBW，开环增益上指定频率处增益和频率值乘积
- 单位增益带宽积UGBW
- -3dB带宽（闭环增益带宽）fHf
- 满功率带宽
- 至稳时间
- 相位裕度,φm和增益裕度
- 电源电压抑制比
- 热阻

典型值和最大值

Section71

噪声,略看,反正没看懂

Section72

跳过它,全差分

Section73

设计电路,暂且跳过,学了更深的再回来看

4.1运放电路频率特性

Section74

$$\dot{A}_{uo}(f) = -j \times A_{uom} \times \frac{f_H}{f} = -j \times \frac{GBW}{f}$$

- 闭环增益带宽fHf
- 闭环增益ydB平坦带宽

Section75

分析负反馈放大电路的稳定性

当增加电容时会产生相位差，当反相时变成正反馈，自激振荡

Section76

非线性失真

线性失真

Section77

频率特性的分析方法

4.2 滤波器概述

Section78

学习了滤波器的一些知识

滤波器有有源滤波器和无源滤波器

对模拟滤波器的传函和阶数有了了解

Section79

各种计算，一阶滤波器，就是在复频域上正常去算就好了

Section80

思考一些有关运放构成滤波器的一些东西

Section81-83

这个等我学了书写点题再回过头来看，直接看没什么感触

5.3 比较器

Section112

学习运放实现的比较器

Section113

集成比较器，反正我没看

5.4 功率放大电路

Section115

功放电路的功率和效率

Section116

讲了甲类运放，失真小，效率低，始终处于放大区

Section117

学习乙类运放，主要是推挽输出，学习甲乙类运放，相当于是抵消那个交越失真

Section118

讲了D类运放，PWM调制控制

5.5 测量系统前端电路

Section119

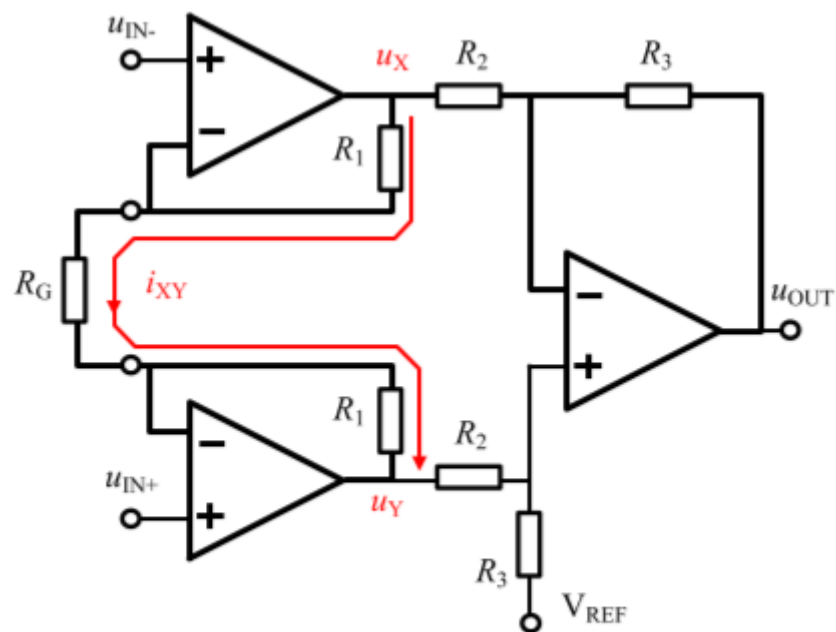


图 Section119-5：三运放仪表放大器内部简图

学习有关仪表放大器的知识

Section120

学习仪表放大器的注意事项

仪表放大器输入端不能承载高共模电压（失效图）

有合适的输入端直流通路

Section121

跳

Section122

跳

Section123 (maybe important For STIers)

关于电阻选型的一些东西

其实没讲什么，只是冰山一角罢了

6.1 基于蓄积翻转思想的波形产生电路

Section132

方波发生器，迟滞比较器+阻容充电电路

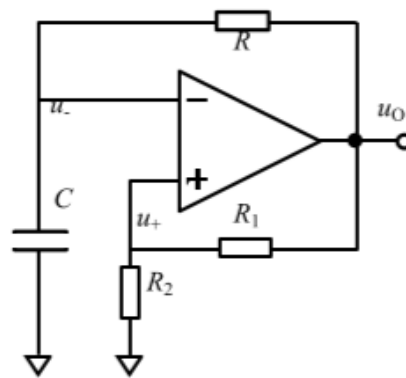


图 Section132-2 方波发生器

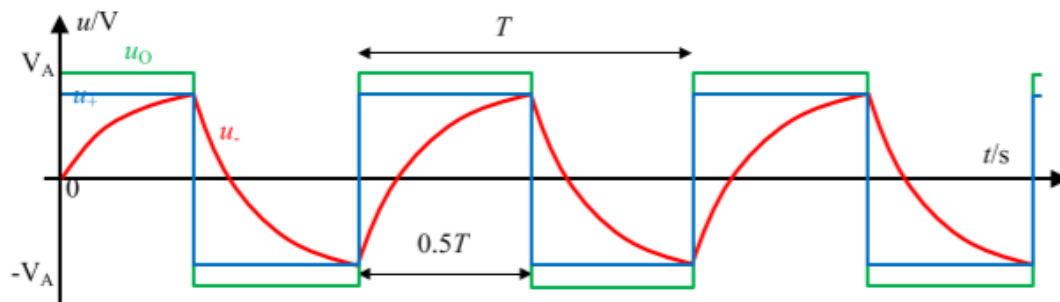


图 Section132-3 方波发生器关键点波形

对于蓄积翻转也有了理解

Section133

学习了三种方波三角波发生器

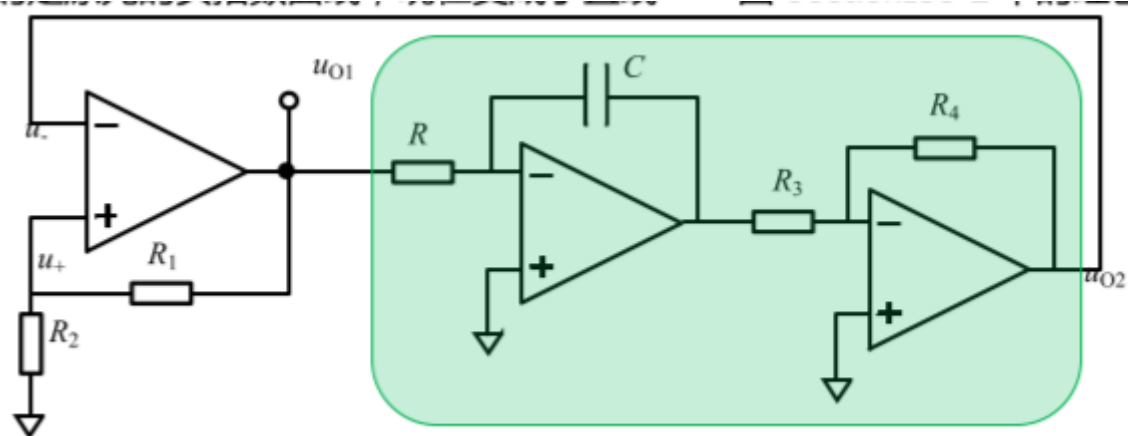


图 Section133-1 方波三角波发生器一

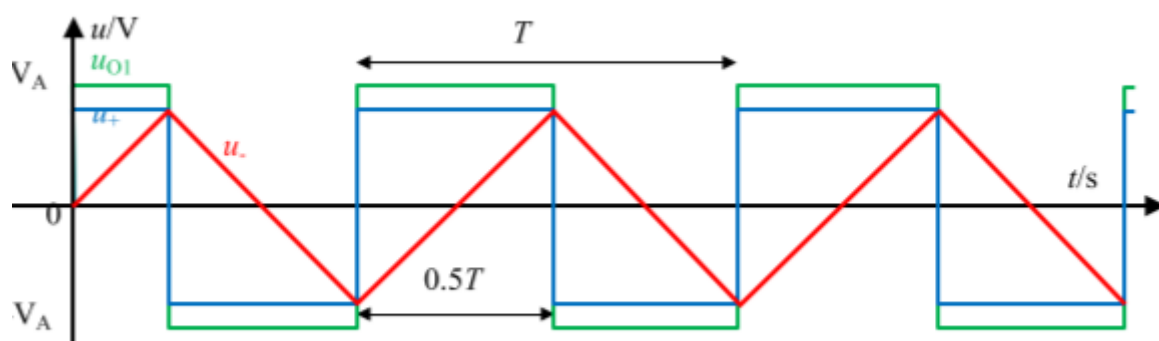


图 Section133-2 方波三角波发生器一关键点波形

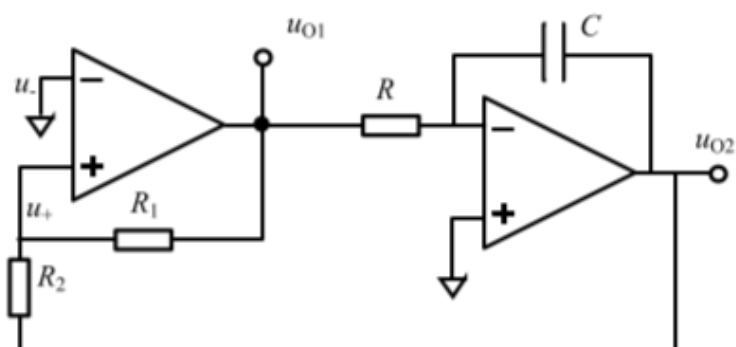


图 Section133-3 方波三角波发生器二

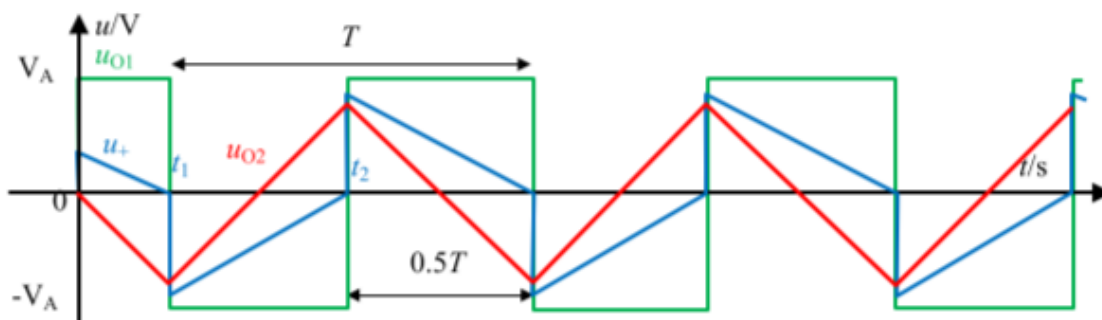
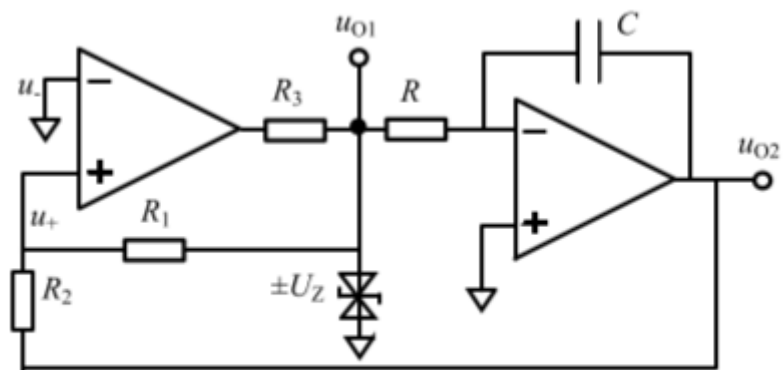


图 Section133-4 方波三角波发生器二关键点波形



Section 134

学习独立可调的方波三角波发生器

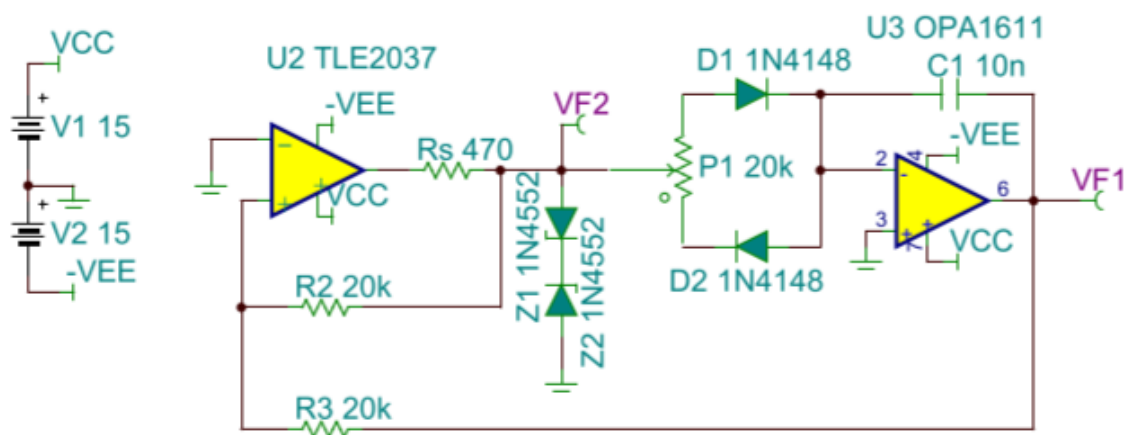


图 Section134-3 独立改变占空比电路

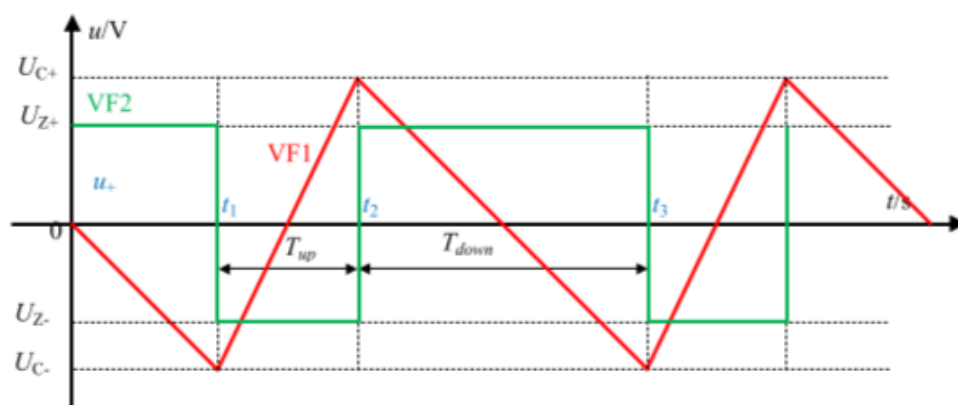


图 Section134-4 独立改变占空比电路关键点波形

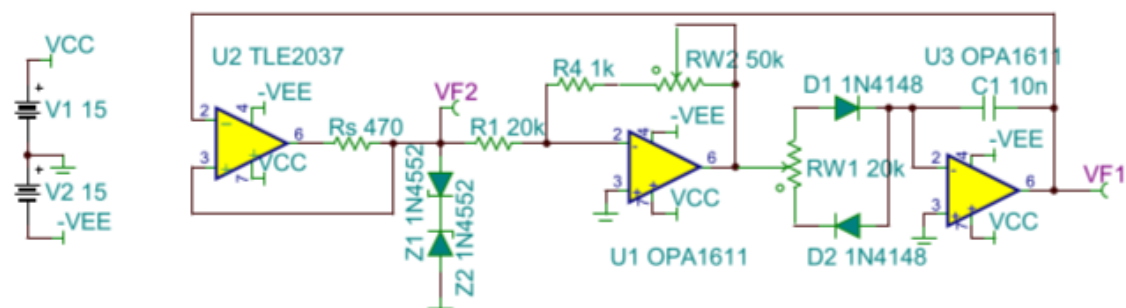


图 Section134-5 可独立调节频率、占空比的电路

改变电压来改变积分速率来改变频率

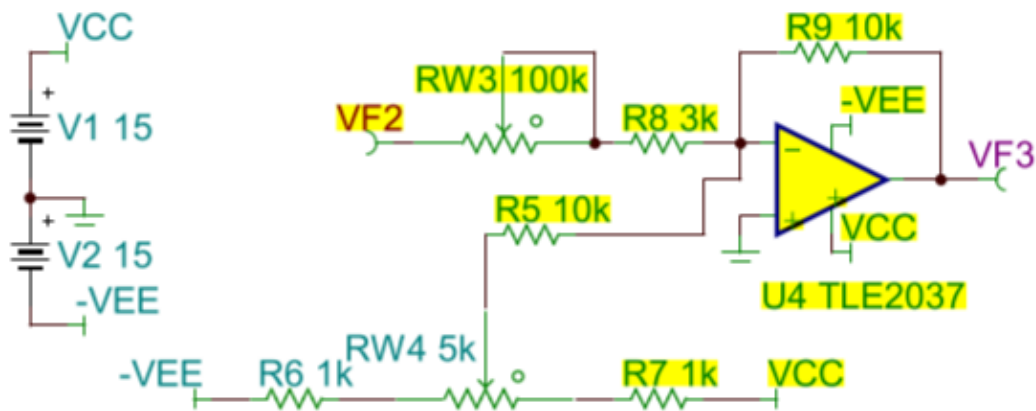


图 Section134-6 独立调节幅度和直流偏移量电路

再加一路

Section135

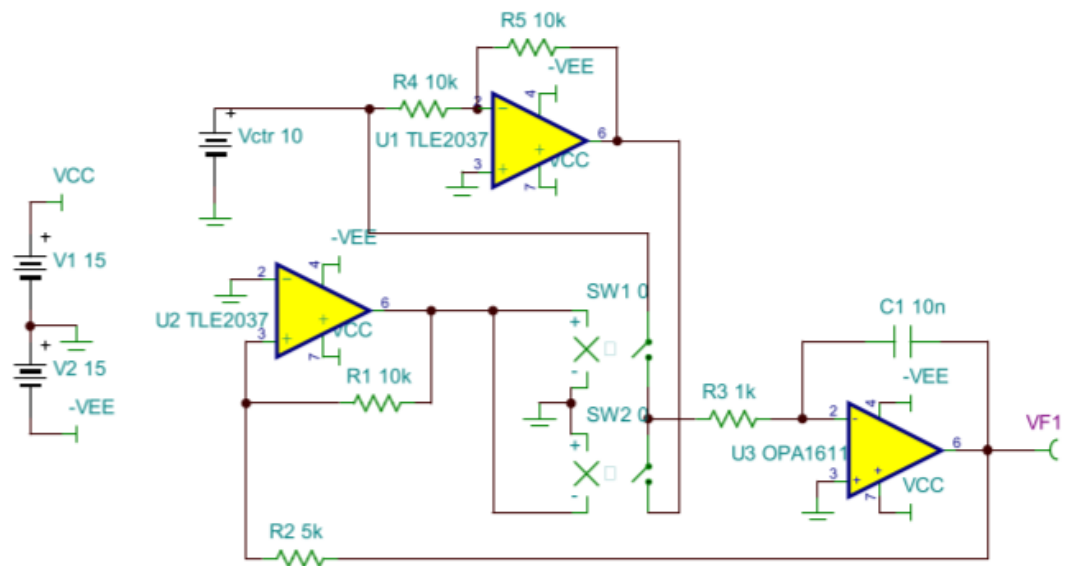


图 Section135-1 一种压控振荡器（方波）

6.2 基于自激振荡的正弦波发生器

Section136

学习了自激振荡产生正弦波的原理

- 相位条件
- 幅度条件
- 环路条件
- 种子条件

稳幅电路

Section137

主要学习了文氏电桥原理和自激振荡电路

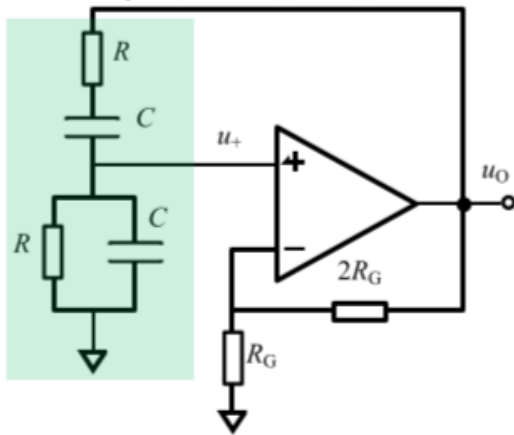


图 Section137-1 文氏电桥自激振荡电路原理

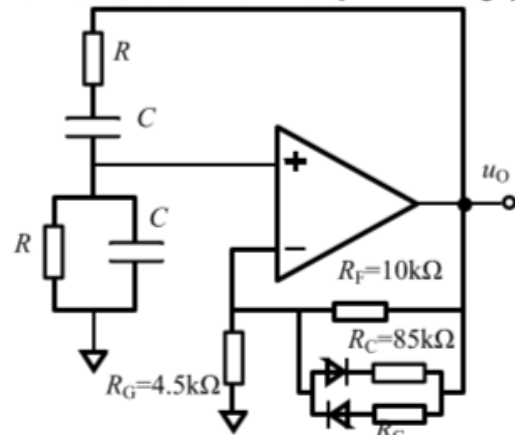


图 Section137-2 文氏电桥自激振荡电路的稳幅

选频网络的增益表达式为：

$$\dot{A}_{\text{选频}} = \frac{\dot{u}_+}{\dot{u}_O} = \frac{R // \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C} + R // \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{3 + j(\omega RC - \frac{1}{\omega RC})}$$

Section138

LC正弦波发生器

忽略此章

Section139

晶体振荡器-压电效应

6.4 线性稳压电路

Section143

学习了线性稳压电源的结构

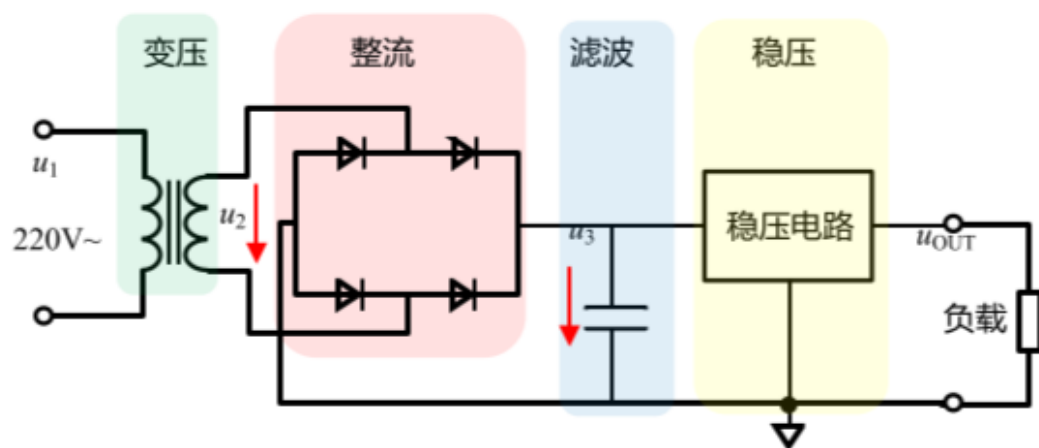


图 Section143-1 线性稳压电源结构

Section144

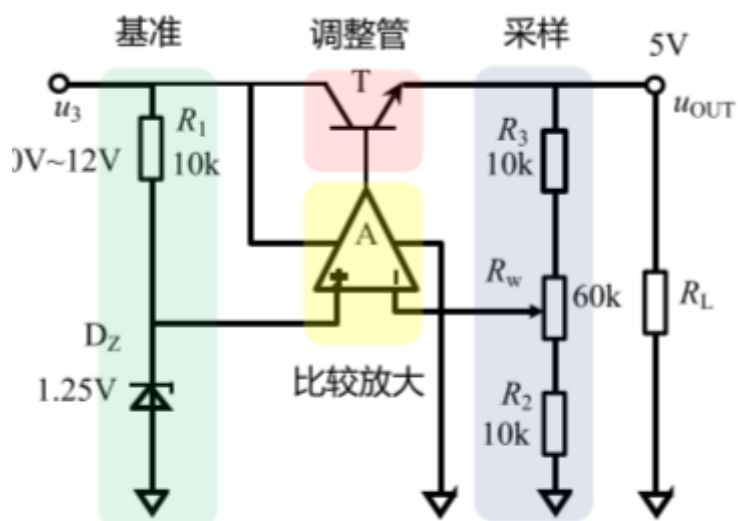


图 Section144-2 串联型稳压电路的分块

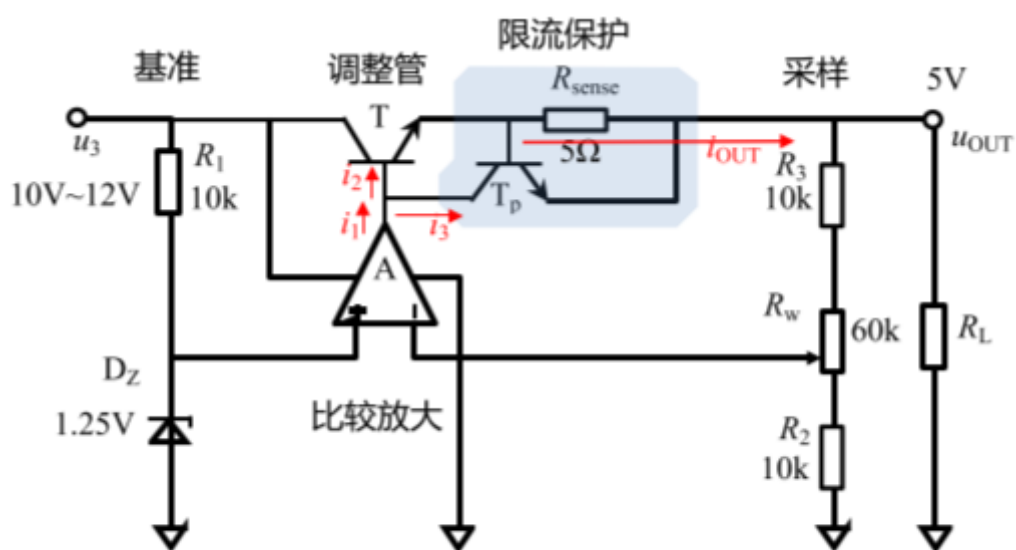


图 Section144-4 串联型稳压电路的限流保护

Section145

忽略

感动，终于把我觉得需要看的看完了

前面看的认真，后面更草率一些，因为后面的更多是应用，而我对原理看的更重视一些

那么就可以开始做题了嘻嘻嘻，做到不会的再对着教材和新概念模拟电路学习对着看