



北京工业学院电视教育小组 编

半导体电路基础

(第三册)

第二分册

科学出版社

73.769
163
22

半导体电路基础

(第三册 第二分册)

北京工业学院电视教育小组 编

科学出版社

1981

DL29 / 12
内 容 简 介

本书是为教育部和中央广播事业局共同举办的电视教育讲座编写的电子技术教材。

本书共分四册。第一、二册为半导体低频放大电路，第三、四册为脉冲及数字电路。

第三册分二个分册，内容包括二极管和三极管的开关特性，限幅和箝位电路，双稳态和单稳态触发电路，自激多谐振荡器和同步分频电路，间歇振荡器，锯齿波发生器，负阻器件及其在脉冲电路中的应用等。

本书可供具有中等文化程度的工人、知识青年阅读，也可供大专院校、中等专业学校有关专业的师生参考。

半 导 体 电 路 基 础

(第三册 第二分册)

北京工业学院电视教育小组 编

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981 年 1 月 第 一 版

开本：787×1092 1/32

1981 年 1 月 第 一 次 印 刷

印张：5 7/8

印数：0001—137,000

字数：130,000

统一书号：15031·315

本社书号：1546·15—7

定 价： 0.50 元

前 言

EDI 是按照协议,经通信网络对具有标准结构化的信息,与贸易伙伴在电子计算机系统之间进行交换和自动处理。EDI 有效地改善了整个社会的贸易方式,提高了工作效率和竞争能力,在工业、商业、贸易、金融等方面发挥着重大的作用。特别是在激烈的经济竞争中,各国为了保持自己的优势,保护本国的商业利益和经济地位,都非常重视 EDI 业务的发展。EDI 已成为一个国家、一个地区乃至一个企业,在国际、国内市场上竞争能力大小的重要的制约因素。为适应我国 EDI 发展和改革开放的需要,我们收集了 EDI 的有关资料,并结合从事 EDI 研究工作中的体会撰写了本书,供从事 EDI 研究、开发和应用的管理人员及管理、使用人员参考。

本书从物理概念和实际应用出发,尽量避免繁琐的数学公式推导,力求论证简明、条理清楚、通俗易懂、便于自学。

全书共分八个部分:第一部分从何谓 EDI,为何开展 EDI 出发,阐述了 EDI 的概念。第二部分从开放式 EDI 概念模型出发,阐述了 EDI 标准体系,着重介绍了 EDIFACT 应用级语法规则。第三部分从 EDI 通信要素、EDI 通信方式、EDI 与 OSI 关系、EDI 与 MHS 和电子号码簿等方面描述了 EDI 通信支撑环境。第四部分是 EDI 通信系统,介绍了 EDI 通信的功能模型、EDI 消息结构、EDI 责任与转发、EDI 操作、EDI 通信协议、EDI 与其它业务互连等。第五部分介绍了 EDI 提供的业务,它包括消息传送业务、EDI 业务、EDI 消息存储业务和物理投递业务。第六部分是 EDI 的编码体系,介绍了 EDI 所用的代码体系结构,图形字符集和控制功能;为使 EDI 的各类设备互通,规定了代码扩充、代码转换、图形字符集的指明调用,字符集的缺省安排,等

级通信所需的控制功能,EDI 汉字字符集的使用规则及汉字处理和汉字传输。第七部分是 EDI 的安全保密,分析了 EDI 的不安全因素、EDI 的安全模型、密码加密技术和数字签名技术。第八部分介绍了 EDI 消息处理系统的性能要求和设备要求。为了便于读者阅读,书末列出了 EDI 缩略语的汉英对照表和 EDI 术语。

本书的第一至六部分和第八部分由邮电部数据通信技术研究所主任高工陈淑仪编写,第七部分由邮电部数据通信技术研究所主任高工殷元昌编写。由于时间仓促、经验不足,特别是 EDI 发展十分迅速,书中难免有不妥之处,恳请广大读者赐教。

作 者

1993. 11

目 录

第十三章 射极耦合双稳态触发电路	171
第一节 工作原理	172
第二节 稳定工作条件	175
一、 BG_2 饱和, BG_1 截止的条件	175
二、 BG_2 截止, BG_1 饱和的条件	177
第三节 射耦双稳电路的用途	178
一、波形变换	178
二、幅度鉴别	180
三、整形	181
第四节 回差特性	182
一、回差产生的原因	182
二、回差对电路性能的影响	187
三、控制回差电压的方法	188
第五节 射耦双稳态电路举例	189
一、计算公式	189
二、计算举例	190
三、调试	194
小结	194
思考题	195
练习题	196
第十四章 单稳态触发电路	198
第一节 集-基耦合单稳态电路	199
一、工作原理	199
二、稳态工作条件	202
三、暂态工作条件	204

四、输出脉冲宽度和幅度	205
五、瞬时击穿问题	207
六、恢复时间	208
七、计算举例	209
第二节 射极耦合单稳态电路	213
一、工作原理	214
二、稳态工作条件	216
三、暂态工作条件	217
四、输出脉冲宽度和幅度	219
五、恢复时间	222
六、计算举例	222
小结	227
思考题	227
练习题	228
第十五章 自激多谐振荡器与同步分频	231
第一节 集-基耦合自激多谐振荡器	232
一、工作原理	232
二、主要参数	234
三、提高上升边沿上升速率的措施	235
第二节 射极耦合自激多谐振荡器	237
一、工作原理	238
二、工作周期	240
第三节 自激多谐振荡器的计算与调试	243
一、计算公式	243
二、计算举例	243
三、调试	245
第四节 脉冲的同步与分频	246
一、单稳态电路的同步与分频	248
二、自激多谐振荡器的同步与分频	249
三、影响分频系数稳定的因素	250

小结	252
思考题	253
练习题	253
第十六章 间歇振荡器	256
第一节 脉冲变压器	257
一、脉冲电流通过变压器的物理过程	257
二、等效电路	258
三、等效参数	258
第二节 工作原理	260
第三节 自激间歇振荡器的电路参数	264
一、脉冲宽度	264
二、影响脉冲宽度的因素	266
三、前沿对波形的影响	268
四、后沿对波形的影响	269
五、休止期和重复周期	270
第四节 他激间歇振荡器	271
一、工作原理	271
二、电路参数	273
三、输入电路	275
第五节 解耦电路和阻尼电路	276
一、解耦电路	276
二、阻尼电路	277
小结	278
思考题	278
练习题	279
第十七章 锯齿波产生电路	281
第一节 锯齿波电压的特点和产生的方法	283
第二节 简单锯齿电压产生电路	286
一、工作原理和波形图	286
二、波形分析和计算	287

三、简单锯齿电压产生电路的非线性系数	288
第三节 通过恒流元件充电的锯齿电压产生电路	290
一、电路组成和工作原理	291
二、电路非线性系数和稳定性	293
三、参数选择原则	294
四、电路举例	295
第四节 正向补偿锯齿波电路	297
一、电路构成和工作原理	298
二、非线性系数	303
三、正向补偿锯齿波电路参数选择原则	306
四、电路举例	307
第五节 负向补偿锯齿波电路	309
一、电路的构成和工作原理	310
二、非线性系数	312
三、电路举例	314
四、密勒原理	317
小结	320
思考题	321
练习题	322
第十八章 负阻器件及其在脉冲电路中的应用	323
第一节 单结晶体管	323
一、单结晶体管工作原理	324
二、单结晶体管伏安特性	325
第二节 单结晶体管的应用	326
一、单结晶体管工作点的稳定性	326
二、单结晶体管自激振荡器	328
第三节 可控硅	334
一、可控硅工作原理	335
二、可控硅特性曲线	337
三、电压增长率对转折电压 U_{BO} 的影响	339

四、控制极特性	340
五、可关断可控硅	342
第四节 可控硅应用	342
一、可控硅作开关	342
二、可关断可控硅构成的双稳态电路	344
第五节 实用电路举例	344
一、单结晶体管振荡器	344
二、可控硅实用电路	345
小 结	347
复习思考题	348
练习题	348

第十三章 射极耦合双稳态触发电路

图 13-1 所示的电路是射极耦合双稳态触发电路,也称为施密特电路(以后简称为射耦双稳电路)。射耦双稳电路也是一种双稳态电路。如它有二个稳定状态;必须在外脉冲作用下才能转换以实现开关作用,输出为矩形脉冲等等。但是,它和集-基耦合双稳态触发电路有许多不同。首先,在电路组成上出现了一个射极耦合电阻 R_e ;其次,它没有负压电源;第三,需靠外信号才能维持另一个稳定状态;第四,输出与输入间无直接耦合关系,输出对电路的转换影响很小。

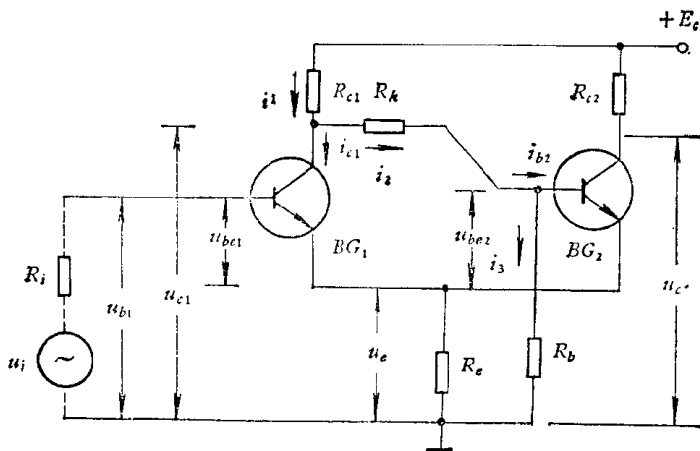


图 13-1 射耦双稳电路原理图

由于这些特点,射耦双稳电路常用作开关、幅度鉴别器、脉冲整形器等。

1109171

第一节 工作原理

我们仍然用电路各电极的波形图来分析电路的工作原理。假设输入的 u_i 为正弦波, u_i 加入以前, 由图 13-1 可做到 BG_2 饱和, BG_1 截止。这时, $u_c = U_{c0} = I_{c02}R_c$, $u_{c1} = U_{c01}$, $u_{c2} = U_{c02}$ 。 u_i 加入后:

1. $t < t_0$

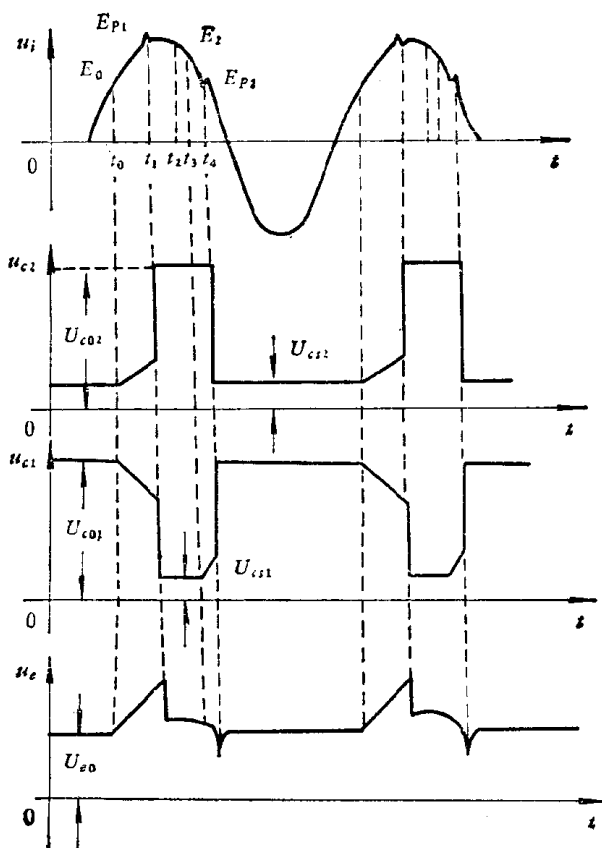


图 13-2 射耦双稳态电路各极波形图

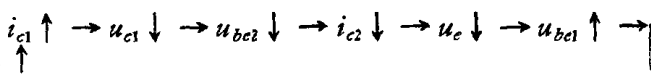
$u_i < U_{c0} + U_{ber1}$, 仍维持 BG_1 截止, BG_2 饱和. 各极电压不变.

$$2. t_0 \leq t < t_1$$

$E_{p1} > u_i \geq E_0$. 设 $E_0 > U_{c0} + U_{ber1}$, 则 $u_{b1} > U_{c0} + U_{ber1}$, U_{ber} 为管子导通必需的基射极电压. 于是 BG_1 导通, i_{c1} 产生, 它并随着 u_i 的上升而上升. i_{c1} 上升使 u_{c1} 下降, 引起 i_{b2} 下降, u_{c2} 上升. 由于 i_{b2} 还不够小, 不足以使 BG_2 马上远离饱和区 (因为 BG_2 原来处于过饱和状态), 因而 i_{c2} 减小很少. 既然 i_{c1} 上升, i_{c2} 又减小很少, 所以 u_e 仍随 i_{c1} 上升, 见图 13-2.

$$3. t = t_1$$

这时 u_i 上升到 $u_i = E_{p1}$, u_{c1} 已降至 U_1 . 它使 i_{b2} 小到足以使 BG_2 进入较大增益的放大区, 这时两管同时进入放大区. 如果 i_{c2} 下降得比 i_{c1} 上升还多, 则 u_e 下降, 它使 u_{be1} 加大, 这样, i_{c1} 上升更快, u_{c1} 下降更快, i_{b2} 从而进一步减小. i_{b2} 的减小又使 i_{c2} 进一步下降, 使 u_e 更下降. 于是 u_{be1} 又进一步加大, i_{c1} 进一步加大, ……这样一个反复发展的正反馈过程, 和集-基耦合双稳态触发电路一样, 使电路进入“雪崩过程”. 最后导致 BG_1 饱和, BG_2 截止. 这一过程我们以符号表示如下:



“雪崩过程”结束后, BG_1 饱和, BG_2 截止. u_{c1} 突降到 U_{cs1} , u_{c2} 突升到 U_{cs2} . 电路转换到另一稳态.

$$4. t_1 < t < t_2$$

u_i 继续上升, u_{be1} 也上升, 但因 BG_1 已饱和, i_{c1} 不再变, u_e 也不再变, u_{c1} 与 u_{c2} 皆不变.

$$5. t_3 > t > t_2$$

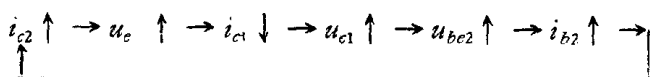
u_i 下降, u_{be1} 也下降, 但因它还不足以使 BG_1 退出饱和, 所以电路状态仍维持原状。

6. $t_4 > t \geq t_3$

u_i 继续下降, 到 u_i 降到 E_2 时, BG_1 开始退出饱和区, i_{c1} 开始下降, u_{c1} 开始缓慢上升。 i_{c1} 的下降还导致 u_e 的下降, 因而 u_{be2} 上升, 但这时 u_{be2} 的上升还不足以使 BG_2 退出截止区, 因此 u_{c2} 仍维持 U_{o02} 不变。

7. $t = t_4$

u_i 下降到 E_{p2} 。这时, u_{c1} 上升较大, u_e 也下降较多, 它们使 u_{be2} 大到足以使 BG_2 退出截止区, 于是 i_{c2} 产生。如果 i_{c2} 的增加比 i_{c1} 的减小还大, 则 u_e 停止下降并转而上升。 u_e 的上升导致 i_{c1} 进一步下降 (即使这时 u_i 不再下降), u_{c1} 进一步上升, u_{be2} 进一步加大, i_{c2} 再加大, u_e 再上升, ……这样产生了另一次“雪崩过程”。最后 BG_2 饱和, BG_1 截止。这一段过程与上一过程相反, 以符号表示:



“雪崩过程”结束后, 电路恢复到原来状态, u_{c2} 突降至 u_{cs2} , u_{c1} 突升至 U_{o01} , u_e 也回复到 U_{e0} 。此后, 即使 u_i 再下降, 电路的状态也不会发生变化。

由上述射耦双稳电路的工作原理及其波形图可见:

(1) 射耦双稳电路必须靠外加脉冲才能维持另一稳态: BG_2 截止, BG_1 饱和。若在时间 $t > t_1$, 外加脉冲消失, 则电路将回复到原有稳态: BG_1 截止, BG_2 饱和。这是和集-基耦合双稳电路不同的。

(2) 电路有回差现象, 也称滞后现象。所谓回差现象是指外信号从某个值达到另一值 (如从 0 到 E_{p1}) 时, 电路发生第一次转换, 但当信号从反向 (如从最大值下降) 回到同一值

(E_{p1})时,电路不转换,只有再往下降(如降到 E_{p2})电路才发生第二次转换, E_{p1} 称为接通电压, E_{p2} 称为断开电压, $\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$ 称回差电压。

(3) 从 BG_1 集电极输出的脉冲波形,它与输入脉冲无关,前后沿较陡直。

第二节 稳定工作条件

射耦双稳电路也有两个稳态,一是 BG_2 饱和, BG_1 截止;另一是 BG_2 截止, BG_1 饱和。前一节已讨论,后一稳态需外加信号电压超过接通电压 E_{p1} 和 E_{p2} 才能维持;前一稳态又需外加信号电压低于断开电压 E_{p2} 才能回复。这一节我们来讨论电路在不同的两种稳态时,元件参数间应具有什么样的关系,这为我们设计计算和分析电路性能打下必要的基础。

一、 BG_2 饱和, BG_1 截止的条件

由于 BG_1 截止,电路可以等效画作图 13-3。因硅管的

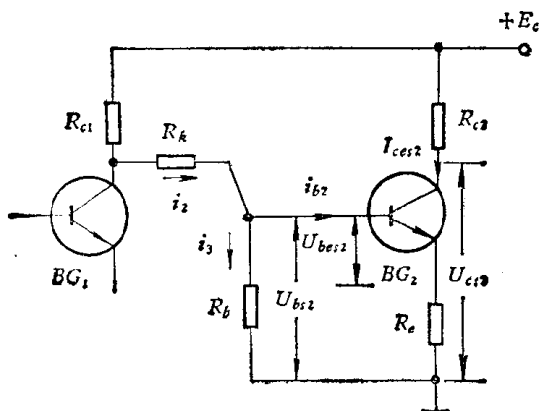


图 13-3 射耦双稳电路在 BG_1 截止, BG_2 饱和时的等效电路

I_{cbo} 很小,图中已忽略此值。

1. BG_2 饱和条件

为使 BG_2 饱和,其最小的基流应满足:

$$I_{bes2} \geq \frac{I_{ces2}}{\beta_{\min}} \quad (13-1)$$

忽略 BG_2 的饱和压降,

$$I_{ces2} \approx \frac{E_c}{R_{c2} + R_c} \quad (13-2)$$

$$U_{cs2} \approx I_{ces2} R_c = U_{c0} \quad (13-3)$$

由图 13-3 可见,这时 BG_2 的基极电压为

$$U_{bs2} = I_{ces2} R_c + U_{bes2} \quad (13-4)$$

式中, U_{bes2} 为 BG_2 基射间饱和电压。

而

$$i_2 = i_3 + i_{b2} = \frac{E_c - U_{bs2}}{R_{c1} + R_k}$$

要使 BG_2 饱和,应使

$$i_{b2} \geq I_{bes2}$$

亦即 BG_2 的饱和条件还可以写为

$$\frac{E_c - U_{bs2}}{R_{c1} + R_k} \geq i_3 + I_{bes2} \quad (13-5)$$

又

$$i_3 = \frac{U_{bs2}}{R_b} \quad (13-6)$$

将(13-1), (13-2)和(13-6)式代入(13-5)式得, BG_2 的饱和条件为

$$\frac{E_c - U_{bs2}}{R_{c1} + R_k} - \frac{U_{bs2}}{R_b} \geq \frac{I_{ces2}}{\beta_{\min}} = \frac{E_c}{\beta_{\min}(R_{c1} + R_c)} \quad (13-7)$$

由此可见, R_k 越小, R_b 越大, BG_2 饱和越深。

2. BG_1 截止条件

由图 13-1 可见, BG_1 截止条件应为

$$u_{b1} - u_e \leq U_{bec1} \quad (13-8)$$

式中, U_{bec1} 为 BG_1 基射间截止电压,

忽略触发源内阻 R_{is} , $u_i \approx u_{b1}$, 上式也可写成

$$u_i - I_{ces2}R_e \leq U_{bec1} \quad (13-9)$$

二、 BG_2 截止, BG_1 饱和的条件

图 13-1 可等效为图 13-4.

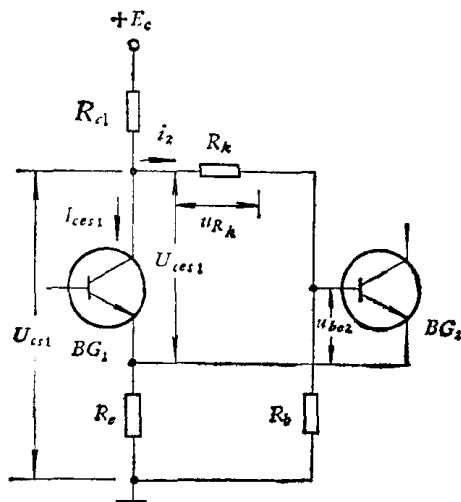


图 13-4 射耦双稳电路 BG_1 饱和, BG_2 截止时的等效电路

1. BG_1 饱和条件

为使 BG_1 饱和, 其最小的基流应满足

$$I_{bes1} \geq \frac{I_{ces1}}{\beta_{min}} \quad (13-10)$$