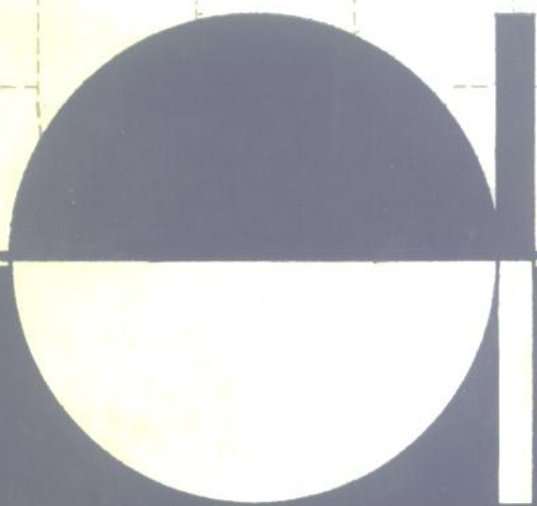


恒流源及其应用电路

HENGLIUYUAN
YINGYONGDIANLU



陈凯良 竺树声 编著

浙江科学技术出版社

TM 44
C 45

恒流源及其应用电路

陈凯良 竺树声 编著

浙江科学技术出版社

(浙)新登字第3号

内 容 提 要

本书是国内外首次系统介绍恒流器件和恒流电路的专著，重点阐述了新型场效应恒流器件和集成恒流电路的原理、特性、设计和应用。

全书分五章，以恒流器件为主线索。除第一章概述恒流源的基本知识外，依次介绍电真空器件恒流源、双极型晶体管恒流源、场效应器件恒流源和集成电路恒流源。为方便读者引用和研究，全书选编了180多个应用实例和150余篇参考文献，并在书末附录中给出了国内外主要恒流器件的参数规范。

本书主要部分是作者近十多年来研制工作的总结，一定程度上反映了当前国内外恒流技术的最新进展。

恒流源在电子、电化学、电光源、半导体测量以及激光、超导、近代通讯和传感器技术等领域均有广泛应用。本书可供这些部门的工程技术人员阅读，也可作为大、中专院校有关专业师生的参考书。

恒流源及其应用电路

陈凯良、竺海平 著

浙江科学技术出版社出版

浙江新华印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

开本850×1168 1/32 印张17.625 字数426,000

1992年8月第一版

1992年8月第一次印刷

印数：1—5,000

ISBN 7-5341-0437-8/TN·6

定 价：9.00 元

责任编辑：任路平

封面设计：孙 菁

序

电压与电流都是基本的物理量。稳定电压源、恒定电流源在仪器仪表、电子设备及高新科学技术中均占有重要地位。但长期以来,人们更多地致力于对稳压源的研究,有关的著作也较多见。至今,稳压源的品种之多、性能之优令人欣喜。相比之下,恒流电源的设计、应用以及参考书籍、情报资料等都远不能满足各方面的要求。杭州大学陈凯良、竺树声两同志十多年来从事恒流器件、集成电路的研究与推广应用,积累了丰富的经验。《恒流源及其应用电路》一书是他们在总结自己工作的同时,又广泛收集了散见在国内外专业杂志上的有关资料撰写而成的。

本书内容全面、充实。从镇流管电路开始到集成恒流源都有较详细的介绍。阐述简洁准确,取材也较实际,是一本具有一定学术水平的好书。就我所知,这是迄今国内第一本系统介绍这方面知识的专业书。因此,我相信,该书的出版发行不仅有助于科技工作者解决恒流源应用中的实际问题,而且对恒流技术本身的发展也会起着促进作用。

清华大学 李志坚

前 言

恒流源作为稳定电源的一个分支,在近二三十年间得到迅速发展。构成恒流源的核心器件已由早期的电真空结构的镇流管跨入到半导体集成电路阶段。恒流源涉足的范围也由传统的稳定电磁场、校正电流表等扩展至激光、超导、近代通信和传感技术等新兴科技领域,并展示了广阔的应用前景。

但是,迄今为止,却未见有一本关于恒流源的专著来反映这种变化。有关技术资料分散在各类专业期刊和会议文集中,而在稳定电源的著作中也往往只占一章、一节的篇幅,这对恒流源的研究和应用都带来不便。

有鉴于此,作者在十多年来从事新颖恒流器件研制和应用开发的基础上,广泛收集了国内外资料,撰写成本书,以期渴求了解该技术的读者从中得到启示和借鉴。如果本书能为恒流源的研究和应用开发作出一点贡献,也就达到了作者的初衷。

本书在编排上,以恒流器件为主线索,除第一章概述恒流源的基本知识外,以后各章依次介绍电真空器件恒流源、双极型晶体管恒流源、场效应器件恒流源和集成电路恒流源。重点阐明新颖半导体恒流器件的结构、原理、特性、设计和应用。本书的主要部分是作者和同事们多年来研制工作的总结,一定程度上反映了当前国内外恒流技术的新进展。

本书各章内容前后连贯,又相对独立,读者可直接选读其中感兴趣的章节。书中恒流器件和恒流电路交织,器件原理和应用实例互补,在充分阐明器件原理、特性、设计方法的同时,又给出了大量应用电路。因而本书不仅具有恒流电路集锦的特点,又

可使读者在掌握各类恒流器件原理、特性的基础上举一反三自行设计。

总之，作者在取材和编排上，力求使本书具有先进性和较强的实用性。

在成书过程中，中国科学院学部委员李志坚教授、浙江大学陈启秀教授，杭州大学范雅俊副教授和袁贞丰副教授曾给予热情的帮助和支持，在此谨表衷心感谢，并向杭州大学电子工程系一起参加新颖恒流器件研制和应用开发工作的同事们，以及被引用文献的作、译、编者们的致谢。

书中谬误之处，敬请批评指正。

陈凯良 竺树声

于杭州大学电子工程系

目 录

第一章 恒流源概述	(1)
第一节 恒流源应用	(1)
第二节 恒流源表述	(4)
一、理想稳压源和实际稳压源	(5)
二、理想恒流源和实际恒流源	(7)
三、恒流源的各种表述	(10)
第三节 恒流源构成	(12)
一、用稳压源和电阻构成的恒流源	(13)
二、用恒流器件构成的恒流源	(15)
三、用负反馈放大器构成的恒流源	(16)
第四节 恒流源分类	(17)
一、直接调整型恒流源	(18)
二、间接调整型恒流源	(19)
1. 连续调整型恒流源	(19)
2. 开关调整型恒流源	(20)
3. 组合调整型恒流源	(21)
第五节 恒流源的主要质量参数	(22)
一、主要质量参数的定义	(23)
1. 稳流系数 S_I	(24)
2. 输出电阻 R_o	(24)
3. 电流温度系数 α_I	(26)

二、主要质量参数的具体表达式及其物理意义	(27)
第二章 电真空器件恒流源	(31)
第一节 镇流管的特性和工作原理	(31)
一、镇流管的特性	(32)
二、镇流管的工作原理	(34)
第二节 镇流管的使用方法和应用实例	(36)
一、镇流管的使用方法	(36)
1. $I_H > I_L$ 的接法	(36)
2. $I_H < I_L$ 的接法	(37)
3. $U_i > U_L + U_H$ 的接法	(38)
二、镇流管应用实例	(38)
第三节 电子管恒流源电路	(41)
一、二极管和五极管恒流源电路和特性	(41)
二、有反馈作用的电子管恒流源电路	(45)
三、带放大器的电子管恒流源电路	(47)
第四节 电子管恒流源的设计和应用实例	(49)
一、电子管恒流源的设计	(49)
二、电子管恒流源应用实例	(54)
1. 一种用于库仑电解池的恒流源	(54)
2. 折迭式二氧化碳激光器恒流源	(55)
第三章 双极型晶体管恒流源	(59)
第一节 双极型晶体管恒流运用时的特性分析	(59)
第二节 两端恒流源电路	(62)
一、两端恒流源基本电路	(62)
二、带放大器的两端恒流源电路	(64)
三、互补型两端恒流源电路	(66)
四、有温度补偿的两端恒流源电路	(68)

第三节 四端恒流源电路	(69)
一、四端恒流源基本电路	(70)
二、稳压管偏置的四端恒流源电路	(72)
三、减小晶体管功耗的四端恒流源电路	(74)
四、改善电压调整率的四端恒流源电路	(75)
五、扩大输出电流的四端恒流源电路	(77)
第四节 反馈型恒流源电路	(78)
一、反馈型恒流源的基本型式和电路分析	(79)
1. 反馈型恒流源的基本型式	(79)
2. 反馈型恒流源输出电流的一般表达式	(81)
3. 反馈型恒流源不稳定因素的分析	(83)
二、改善反馈型恒流源性能的措施	(86)
1. 改善恒流源输入电压稳定性的措施	(86)
2. 改善放大器漂移和噪声的措施	(90)
3. 改善基准电压稳定性的措施	(95)
4. 改善采样装置稳定性的措施	(98)
三、扩展反馈型恒流源功能的措施	(102)
1. 扩展反馈型恒流源的工作电流	(102)
2. 扩展反馈型恒流源的工作电压	(104)
3. 输出电流可调的反馈型恒流源	(105)
4. 组合式恒流源	(107)
5. 反馈型稳压-稳流源	(109)
四、反馈型恒流源的设计	(112)
1. 确定设计指标	(112)
2. 电路选择	(113)
3. 误差分配	(113)
4. 基准电压选择	(114)
5. 确定采样电阻	(114)
6. 放大器设计	(115)

7. 主回路设计	(118)
第五节 双极型晶体管恒流源应用25例	(120)
1. 稳定发光二极管亮度的两端恒流源	(120)
2. 多档标准电压发生器	(121)
3. 白银回收器中的恒流源电路	(122)
4. 电表内阻测量电路	(122)
5. 高传真放大器电路	(123)
6. 直流钳形表电路	(124)
7. 具有恒流源负载的稳压电源	(125)
8. 线性锯齿波发生器	(126)
9. 低量程欧姆表	(128)
10. 电视机显象管灯丝保护电路	(129)
11. 恒流充电器	(130)
12. 4A步进电机驱动恒流源	(130)
13. 简易稳压-稳流源	(131)
14. 标准稳压管测试用恒流源	(133)
15. YJ-10A型晶体管恒流源	(135)
16. 恒流式钨灯电源	(137)
17. 10A/40V电磁铁励磁恒流源	(140)
18. DDZ-I系列自动化仪表中的温度变送器和恒流 给定器	(141)
19. 50mA/15V磁调制放大器型恒流源	(147)
20. 10mA光电放大器型恒流源	(150)
21. 管式高温电炉可控硅恒流电源	(154)
22. 开关型稳压-稳流源	(155)
23. JW系列稳压-稳流源	(157)
24. WLZ1000W/10A感光仪恒流源	(161)
25. 组合式多功能稳定电源	(163)

第四章 场效应器件恒流源 (172)

第一节 场效应晶体管恒流源电路 (73)

一、结型场效应晶体管 (JFET) 的恒流特性 (173)

二、结型场效应晶体管恒流源电路 (177)

1. 自偏置 JFET 恒流源电路 (177)

2. 两管双向恒流源电路 (180)

3. 对称 JFET 恒流源电路 (181)

4. 串联型 JFET 恒流源电路 (181)

5. 链式 JFET 恒流源电路 (182)

第二节 恒流二极管和恒流三极管 (184)

一、恒流二极管的结构和工作原理 (184)

二、恒流二极管的特性 (186)

1. 恒流二极管的伏安特性 (186)

2. 恒流二极管的温度特性 (189)

3. 恒流二极管的频率特性 (190)

4. 恒流二极管的噪声特性 (191)

5. 恒流二极管的抗辐射特性 (192)

三、恒流二极管的设计和制造工艺 (192)

1. 恒流二极管主要参数的设计公式 (192)

2. 恒流二极管的设计程序 (197)

3. 恒流二极管的制造工艺和测试结果 (198)

四、恒流二极管电流和电压的扩展 (200)

1. 恒流二极管串、并联运用 (200)

2. 恒流二极管电流、电压扩展电路 (203)

五、恒流三极管 (213)

第三节 恒流管的测试方法 (215)

一、图示仪测试法 (215)

二、直流测试法 (216)

三、脉冲测试法	(220)
第四节 国外恒流二极管简介	(222)
一、美国 Motorola 公司	(222)
二、美国 Siliconix 公司	(225)
三、日本石塚电子公司	(226)
第五节 场效应恒流器件应用100例	(230)
1. 用 JFET 恒流源供电的稳压管稳压器	(230)
2. α 粒子计数器供电电路	(231)
3. 采用 CRD 的基准电压源	(232)
4. 标准毫伏输出器	(232)
5. 链式 JFET 恒流源供电的电压基准	(233)
6. 1.018600 V 标准电压源	(234)
7. 袖珍式数字超声测厚仪供电电路	(236)
8. 光电倍增管用高压小电流稳压电源	(237)
9. WLD 型电位差计专用电源	(238)
10. 采用 JFET 恒流源负载的稳压电源	(239)
11. 采用改进型 JFET 恒流源的稳压电源	(240)
12. 使用 CRD 的稳压电源	(242)
13. 不用保护电路的实验型稳压电源	(242)
14. 用 CRD 点燃充气稳压管的高压稳压电源	(243)
15. 12V/1A 稳压电源	(244)
16. 示波器中的 12 V、24 V 稳压电源	(245)
17. 简单的高精度稳压电源	(246)
18. 12 V/1.5 A 稳压电源	(247)
19. 15 V/0.5 A 精密稳压电源	(247)
20. ± 12 V 稳压电源	(248)
21. 稳压电源功能块	(249)
22. 薄膜混合集成稳压电源	(250)
23. 3 V/1 A 高精度稳压电源	(252)
24. WDY 系列低压直流稳压电源	(254)

25. 12V/1A高性能直流稳压电源.....	(256)
26. 高效并联型稳压电源.....	(260)
27. 降压型开关稳压电源.....	(262)
28. 升压型开关稳压电源.....	(262)
29. 2~30V低压开关电源.....	(263)
30. 用VMOS作调整管的稳压电源.....	(265)
31. 校准电表用的简易场效应管恒流源.....	(266)
32. 高精度恒流源.....	(267)
33. 治疗“骨不连”的恒流电刺激器.....	(268)
34. 电缆电阻数字测量仪中的精密恒流源.....	(269)
35. 扩大CRD使用电流的实用电路.....	(271)
36. 扩展CRD使用电压的实用电路.....	(271)
37. 采用CRD的恒流附加器.....	(272)
38. 240V/0.5~30mA高压可调恒流源.....	(273)
39. 电池自动充电器.....	(273)
40. 恒流充放电装置.....	(274)
41. 袖珍调频收发机用小型镍镉电池充电电路.....	(276)
42. 井下通信系统镍镉电池恒流充电电路.....	(277)
43. 简单的溴钨灯恒流源.....	(277)
44. 高压小电流可调恒流源.....	(281)
45. 库仑滴定恒流源.....	(281)
46. PCM30/32路通信设备远供电源.....	(281)
47. 300路、60路、12路载波机远供电源.....	(284)
48. 采用JFET恒流源的差分放大器.....	(285)
49. 放大器电路中的JFET恒流源负载.....	(288)
50. 收音机功放级的稳定偏置.....	(290)
51. 单端晶体管放大器的恒流源偏置.....	(290)
52. 采用CRD的AGC放大器.....	(292)
53. 高增益高稳定放大器.....	(292)
54. 用CRD—VRD直接耦合的放大器.....	(293)

55. 采用 CRD 的差动放大器	(293)
56. 源极跟随器中使用 CRD 的高输入阻抗电路	(293)
57. CRD 作负载的 RIAA 均衡放大器	(294)
58. 红外线探头中的前置放大器	(295)
59. 低噪声前置放大器	(297)
60. ZF-Ⅱ型照度计	(299)
61. 无线话筒厚膜电路	(300)
62. LW 型涡轮变送器中的放大器	(300)
63. 袖珍光功率计	(302)
64. 采用 CRD 的高精度温度调节器	(304)
65. 采用 CRD 的温度开关	(304)
66. 野外使用的高精度恒温控制器	(305)
67. PN 结测温电路	(306)
68. 晶体管地温计	(307)
69. 钟控恒流放电的 V—F 变换器	(309)
70. 简单的锯齿波发生器	(310)
71. 采用 CRD 的波形变换电路 (I)	(312)
72. 采用 CRD 的波形变换电路 (II)	(313)
73. CRD 在高速电路驱动器中的应用	(313)
74. 慢扫描锯齿波发生器	(314)
75. 压控脉冲发生器	(315)
76. 采用 CRD 的脉冲系列发生器	(316)
77. 用 CRD 和 UJT 的低漂移比较电路	(317)
78. 慢扫描示波器中的锯齿波产生电路	(318)
79. 空地靶靶仪寄存器中的积分电路	(318)
80. 自动扫描电路	(319)
81. 单 T 电桥振荡器	(320)
82. 高压锯齿波发生器	(320)
83. 线性上升宽度为 240° 的锯齿波发生器	(321)
84. 可控硅励磁装置中的触发电路	(323)

85. 由 CRD 馈电的人工失灵电路	(325)
86. 机床坐标运动的变速控制电路	(327)
87. 集成运算放大器的限流保护电路	(330)
88. CRD 应用于各种器件的保护	(331)
89. 电子熔断器 (I)	(331)
90. 电子熔断器 (II)	(333)
91. 用 CRD 的交流保护电路	(334)
92. 有保护电路的稳压电源	(334)
93. 在定电压下点亮指示灯的电路	(335)
94. 采用 CRD 和 VRD 指示电压电路	(336)
95. CRD 在晶体管测试中的保护作用	(338)
96. 集成稳压器的测试保护电路	(339)
97. 乳化液液位自动控制器	(339)
98. 采用 CRD 的雷管监控电路	(340)
99. 稳压电源减流型保护电路	(341)
100. 计算机电源中的过流保护电路	(343)

第五章 集成电路恒流源

(349)

第一节 集成运算放大器型恒流源

(350)

一、集成运放型恒流源的分类

(351)

1. 浮置负载恒流源

(351)

2. 接地负载恒流源

(355)

二、集成运放型恒流源实用电路

(360)

1. 简单的集成运放型恒流源

(360)

2. 单电源供电的集成运放型恒流源

(361)

3. 采用 CRD 和 VRD 作基准的集成运放型恒流源

(363)

4. 大电流恒流源

(365)

5. 可控双向恒流源

(366)

三、集成运放型恒流源的设计

(368)

1. 浮置负载恒流源的设计公式

(368)

2. 接地负载恒流源的设计公式	(370)
第二节 用集成稳压器构成的恒流源	(372)
一、集成稳压器概述	(372)
二、用集成稳压器构成恒流源的方法	(376)
1. 用多端可调式集成稳压器构成恒流源的方法	(377)
2. 用三端固定式集成稳压器构成恒流源的方法	(378)
3. 用三端可调式集成稳压器构成恒流源的方法	(379)
三、恒流参数和稳压参数的关系	(381)
1. 恒流源的工作参数	(381)
2. 恒流源的质量参数	(383)
四、用集成稳压器构成恒流源的设计	(387)
1. 用多端可调式集成稳压器构成恒流源的设计实例	(387)
2. 用三端固定式集成稳压器构成恒流源的设计实例	(392)
3. 用三端可调式集成稳压器构成恒流源的设计实例	(398)
五、恒流源组成部份的选择	(405)
1. 集成稳压器的选择	(405)
2. 基准电压值选择	(406)
3. 采样电阻选择	(407)
4. 调整管选择	(408)
5. 其他设计	(408)
第三节 集成恒流源	(409)
一、模拟集成电路中的恒流源	(409)
1. 基本恒流源	(409)
2. 比例恒流源	(411)
3. 小电流恒流源 (Widlar 恒流源)	(413)
4. 高输出电阻恒流源 (Wilson 恒流源)	(415)
5. 抗电源变化恒流源	(416)
二、3DH 型三端可调恒流源	(417)
1. 3DH 型三端可调恒流源概述	(417)

2. 3DH 型可调恒流源的典型特性曲线	(420)
三、4DH 型集成恒流源	(425)
1. 4DH 型集成恒流源概述	(425)
2. 4DH 型集成恒流源的特性参数	(427)
3. 4DH 型集成恒流源电路分析	(428)
四、3CR3H、HVC2 型高压集成恒流源	(435)
1. 3CR3H、HVC2 型高压集成恒流源概述	(435)
2. HVC2 型集成恒流源的耐压扩展	(438)
五、其他集成恒流源	(440)
1. LM134 电路原理分析	(440)
2. LM134 恒流源电路	(443)
第四节 集成电路恒流源应用 54 例	(446)
1. 稳定可调的 nA 级恒流源	(446)
2. 10nA—10mA 可调精密恒流源	(447)
3. 2 μ A—100mA 恒流源	(448)
4. 高输出阻抗小电流恒流源	(449)
5. 10 ⁻⁶ 量级稳定度恒流源	(450)
6. 1ppm/小时低漂移恒流源	(452)
7. 1mA/V 压控恒流源	(454)
8. 100mA/V 压控开关恒流源	(455)
9. 4mA—20mA 程控恒流源	(456)
10. 10 ⁻¹¹ A—3A 数控恒流源	(458)
11. ± 10 mA 压控双极性恒流源	(459)
12. 多用途恒流附加器	(460)
13. 微安表内阻测量电路	(461)
14. 二极管测量电路	(462)
15. HJX-1 型固态压阻传感器专用恒流源	(463)
16. 显示器用偏转线圈恒流源	(464)
17. 固体微波磁调振荡器励磁恒流源	(465)
18. 高线性 1.5MHz 三角波发生器	(465)