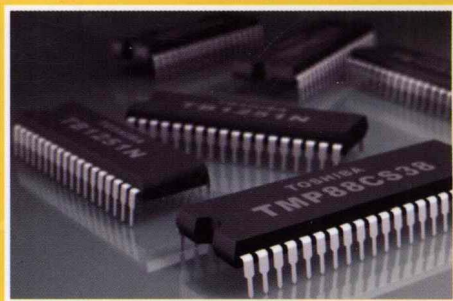
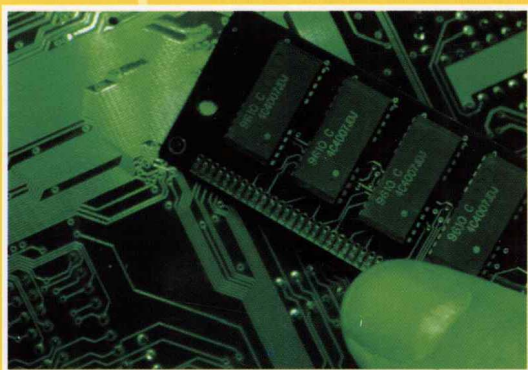


XINXING
JICHENGDIANLU
YINGYONG

新型集成电路应用 300例

何希才 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

新型集成电路应用 300例

何希才 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



内容提要

本书介绍了新型集成电路应用的十大功能电路,即控制功能、测量功能、驱动功能、转换功能、传感功能、定时功能、信号发生功能、放大功能、电源功能和充电功能电路的应用实例近 300 例。这些电路设计新颖、结构合理、性能优良、实用性强,读者可根据需要稍加修改,应用到自己的电子电路设计中去,能使系统设计性能达到最佳。

本书可供电子工程的技术人员、维护人员、管理人员和电子爱好者使用,也可作为大专院校学生进行电子电路实践和毕业设计的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

新型集成电路应用 300 例/何希才编著. —北京:中国电力出版社, 2009

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8072 - 8

I. 新… II. 何… III. 集成电路-应用 IV. TN409

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 169210 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 4 月第一版 2009 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 346 千字

印数 0001—3000 册 定价 26.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

电子技术的应用范围非常广，它已经渗透到人类生活的方方面面。对于现代人来说，无论从事何种工作，都要与电子技术打交道。本书正是为普及电子技术而编写的，目的是帮助电子爱好者更好地掌握电子电路的设计与制作技术。应用电子电路设计工作者通过阅读此书，既能节省大量查阅资料时间，又能设计功能更佳的电路。本书还可为电子设备维护人员提供参考电路。

本书参考了国外最新资料，在编者多年来实践基础上提供了近 300 例实用电路，这些电路设计新颖、结构合理、性能优良、实用性强，对其稍加修改就可用于读者的实践。本书力求使编入的电路体现最新成果和功能，器件参数准确，调试方法得当，对各种电路均给出了原理图与参数，并对性能特点和应用范围都进行了说明，非常方便读者使用。

本书分为 10 章。第 1 章控制功能电路，主要有电动机控制电路、温度控制电路、开关电路、晶闸管的触发电路等。第 2 章测量功能电路，主要包括电流监视电路、电流测量电路、电压测试电路、电容测量电路等。第 3 章驱动功能电路，主要介绍 LED 驱动电路、MOSFET 驱动电路、IGBT 驱动电路等。第 4 章转换功能电路，主要有电压/频率转换电路、频率/电压转换电路、电压/电流转换电路等。第 5 章传感功能电路，包括热释电传感器应用电路、霍尔传感器应用电路、光敏传感器应用电路、温度传感器应用电路等。第 6 章定时功能电路，主要有 555 构成的定时电路、定时报警电路、定时控制电路等。第 7 章信号发生功能电路，主要介绍 ICL8038 构成的函数发生器电路、NE555 构成的多谐振荡器电路、CD4046 构成的信号发生器电路等。第 8 章放大功能电路，主要包括隔离放大器电路、D 类放大器电路、变压器耦合的放大器电路等。第 9 章电源功能电路，包括电源电路、逆变器电路、直流/直流变换器电路等。第 10 章充电功能电路，主要介绍恒流充电电路、电池电压监视电路等。

在本书编写过程中，编者参考了王桂琴、徐茜、王慧艳、侯春明、何涛、徐天福、张明莉、薛永毅、尤克、侯莉、孙德文、苏文平、任力颖等人的资料，在此一并表示感谢。由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 控制功能电路	1
1. NE556 构成的电动机控制电路	1
2. 单相电动机的逆变器控制电路	1
3. 电动机的 PWM 转速控制电路	1
4. OPA541 构成的电动机转速控制电路	2
5. 直流电动机的桥式控制电路	3
6. OPA511 构成的电动机控制电路	5
7. IR2151 构成的电动机转速控制电路	5
8. CD4046 构成的电动机控制电路	6
9. SG3731N 构成的定位控制电路	7
10. 电动机的定位控制电路	7
11. 电动机的正反转控制电路	8
12. NE555 构成的温度控制电路	8
13. 洗衣机的电子控制电路	11
14. NE555 和光敏元件构成的开关电路	11
15. NE555 构成的游戏电路	12
16. 汽车的电子控制电路	14
17. 电话的遥控振铃电路	16
18. 电子熔断丝电路	18
19. 开关电容滤波器的应用电路	19
20. CD40174 构成的通道选择电路	20
21. 低电压开关电路	20
22. 声控开关电路	20
23. 简单的声光报警电路	21
24. 视频信号的传输电路	22
25. 晶闸管的触发电路	23
26. 电子色子电路	23
27. 摩托车气缸套加热器的控制电路	24
28. 随机存取存储器 RAM 的简单编程电路	25

第 2 章 测量功能电路	27
1. LT6101/LT6100 构成的电流监视电路	27
2. 与非门和运算放大器构成的电流监视电路	28
3. 微小电流测量电路	28
4. 交流电流测量电路	30
5. 1.5V 干电池端电压测试电路	30
6. 数字相位差计电路	31
7. 数字计时计电路	32
8. 晶体管简易测试电路	32
9. 电容简易测试电路	34
10. 多量程电容测量电路	34
11. NE555 构成的电容测量电路	35
12. NE555 构成的电路测试器	37
13. 水溶液电导率的测量电路	39
14. 无功功率/功率因数测量电路	39
15. NJM4200 构成的功率测量电路	39
16. NE555 构成的多线电缆测试电路	42
17. NE555 构成的频率计/转速表电路	43
18. 简单的频率计电路	44
19. NE555 构成的电感测量电路	45
20. LM311 构成的电压检测电路	46
21. 采样/保持电路	48
22. 示波器增设的差动放大路电路	48
23. 限流电路	49
24. 三相电源的相序监视电路	50
25. 遥控开关状态的检测电路	51
26. 信号包络检波电路	52
27. 四态逻辑测试电路	52
28. 电极接触电阻的测量电路	53
29. 线性相位检测电路	54

30. 射频信号测量电路	55	3. 模拟开关构成的电压/频率转换 电路	77
31. 交流电源监视电路	55	4. MAX942 构成的电压/频率转换 电路	77
32. 自行车速度表电路	56	5. LM10 和 LM311 构成的电压/频率转换 电路	78
33. 全谐波失真的测量电路	58	6. HC4052 构成的零偏移电压/频率 转换电路	78
34. 示波器附加电路	58	7. μ PC811 构成的电压/频率转换 电路	79
第 3 章 驱动功能电路	60	8. 74HC74 构成的电压/频率转换 电路	80
1. LED 的高效驱动电路	60	9. 模拟开关构成的频率/电压 (周期) 转换电路	81
2. 显示器的动态驱动电路	60	10. NE555 构成的频率/电压转换 电路	82
3. 激光二极管的驱动电路	60	11. NJM4151 构成的电压/频率和频率/ 电压转换电路	82
4. 白色 LED 驱动电路	61	12. LM331A 构成的电压/频率和频率/ 电压转换电路	82
5. 功率 MOSFET 的脉频调制驱动 电路	63	13. 允许负载接地的电压/电流转换 电路	83
6. NE555 构成的显示器驱动电路	63	14. TL082 构成的电压/电流转换 电路	85
7. 大功率闪光警示灯驱动电路	64	15. 电压/电流与电流/电压转换电路 ...	85
8. 窗口比较器驱动双色 LED 的 电路	64	16. LM311 构成的电压/周期转换电路 ...	85
9. 高效率的灯泡驱动电路	64	17. 绝对值电路	86
10. CD4047 构成的荧光灯驱动电路	65	18. 共模抑制比非常高的方均根转换 电路	89
11. 高效率的螺旋管驱动电路	66	19. 简单的全波整流电路	90
12. 远程表头驱动电路	66	20. 电阻/电压转换电路	90
13. 功率 MOSFET 的 NE555 驱动 电路	67	21. 单相/三相转换电路	90
14. I ² C 总线的接口电路	67	22. 光通量/频率转换电路	91
15. 伺服机构简单的驱动电路	68	23. 加速度/频率转换电路	92
16. CD4047 构成的步进电动机驱动 电路	69	24. 低输出阻抗多路转换器电路	92
17. 采用光耦合器与晶体管构成的 IGBT 驱动电路	69	25. SL6652 的应用电路	93
18. 采用 TLP250 的 IGBT 驱动电路 ...	70	26. 高频 (HF)/甚高频 (VHF) 转换 电路	93
19. 带有过电流保护功能的 IGBT 驱动 电路	71	27. 模拟输入和数字数据相乘的 $R\sin\theta$ 转换器电路	94
20. 采用 IR2110 的 IGBT 驱动电路	72		
21. 采用 M57996L 的 IGBT 驱动 电路	73		
22. 采用 IR2130 的 IGBT 驱动电路	73		
第 4 章 转换功能电路	76		
1. 简单的电压/频率转换电路	76		
2. NE555 构成的电压/频率转换 电路	76		

第 5 章 传感功能电路	96	11. SN7490 构成的延时脉冲发生 电路	116
1. 热释电传感器的应用电路	96	12. 自动浇灌的多级定时控制电路	116
2. 磁敏电阻的微弱信号放大器电路	96	13. CD4538 构成的延时脉冲发生 电路	118
3. 霍尔元件串联驱动电路	97	14. 采用 TC9160 构成的定时电路	118
4. 电子罗盘电路	97	15. DS1602 构成的记录微机运行时间的 计数器	119
5. 霍尔传感器构成的报警电路	98	第 7 章 信号发生功能电路	120
6. 差动变压器输出信号检测电路	98	1. ICL8038 构成的函数发生器 电路	120
7. 光敏电阻和 NE555 构成的 LED 显示 电路	99	2. ICL8038 构成的单周期正弦波/猝发 脉冲电路	120
8. S3599 光敏集成电路的应用电路	99	3. NE555 构成的单稳态多谐振荡器 电路	120
9. 光电断续器在里程表中的应用 实例	101	4. NE555 构成的无稳态多谐振荡器 电路	124
10. 采用光敏元件的测量电路	102	5. NE555 构成的波形发生器电路	126
11. 二极管温度传感器构成的温度测量 电路	102	6. NE555 构成的方波发生器电路	127
12. NE555 构成的电子恒温槽电路 ...	102	7. NE555 构成的顺序信号发生器 电路	128
13. 热敏电阻构成的温度测量电路	103	8. 简易示波器的触发扫描电路	128
14. 数字式温度计电路	104	9. 精确的信号发生器电路	129
15. 采用 AD590 的数字温度计	105	10. 双臂电桥信号发生器电路	130
16. 有害气体报警电路	105	11. 方波和三角波信号发生器电路	130
17. NE555 构成的报警器电路	105	12. 数字信号中噪声消除电路	131
18. 水位检测报警电路	106	13. 伪随机序列发生器电路	132
19. 数字风速表电路	106	14. 锁相环锁定状态显示电路	132
20. 4027B 构成的超声波传感器接收 电路	107	15. 具有锁相功能的信号发生器 电路	133
21. 红外线控制电路	108	16. CD4046 构成的脉冲信号发生器 电路	134
22. 防盗报警电路	108	17. 窄脉冲观测电路	135
第 6 章 定时功能电路	110	18. 脉冲延时/展宽电路	135
1. NE555 构成的三级定时电路	110	19. 精确的脉冲发生器电路	136
2. 恒流二极管构成的定时电路	110	20. 正交输出的振荡器电路	136
3. 定时报警器电路	111	21. 二进制电压发生器电路	136
4. 定时控制电路	111	22. 电子节拍器电路	137
5. 特殊要求的定时电路	112	23. 音调节拍器电路	138
6. 可编程定时器电路	113	24. 实用计数器电路	138
7. 随机定时控制电路	113		
8. 74192 构成的可编程定时器 电路	114		
9. TC4013 构成的定时电路	114		
10. NE555 构成的顺序定时器	116		

25. 电子秒表电路	141	22. 变压器耦合型双极性输入电压/ 电流隔离放大器	160
26. PWM 信号发生器电路	141	23. 变压器耦合的电流/电流隔离放大器 电路	161
27. 4 个正交正弦波信号发生器 电路	142	24. 变压器耦合型无电源的电流/电压隔离 放大器电路	161
第 8 章 放大功能电路	143	25. 采用开关电容滤波器构成的放大器 电路	162
1. 采用光耦合器的隔离放大器 电路	143	第 9 章 电源功能电路	164
2. 低噪声充电泵放大器电路	143	1. LT1936/LT1933 构成的电源 电路	164
3. 典型的 D 类放大器电路	144	2. LTC3703—5 构成的电源电路	165
4. LF356 和晶体管构成的 D 类放大器 电路	145	3. LT1943 构成的电源电路	166
5. 采用 IR2010 构成的 D 类放大器 电路	145	4. LT3470 构成的电源电路	167
6. NJU8752 构成的 D 类功率放大器 电路	147	5. LTC3428 构成的电源电路	167
7. LX1710/1711 构成的 D 类功率放大器 电路	148	6. LTC1871—7/LT3782 构成的电源 电路	168
8. LM4651N 构成的 D 类功率放大器 电路	148	7. LT3463 构成的电源电路	170
9. TA1101B 构成的 D 类功率放大器 电路	150	8. LT3464 构成的电源电路	170
10. TDA8920J 构成的 D 类功率放大器 电路	152	9. LT3477 构成的电源电路	171
11. HIP2100B 构成的 D 类功率放大器 电路	152	10. LT3434 构成的电源电路	173
12. 可编程增益放大器的误差减小 电路	152	11. LT3467 构成的开关电源	173
13. 增益自动调整的测量桥式输出的放大器 电路	154	12. LTC4267/LTC4055 构成的电源 电路	174
14. 单电源工作的光敏二极管放大 电路	154	13. LTC3725/LTC3706 构成的电源 电路	175
15. 低电压音频功率放大器电路	155	14. FA76 系列集成控制器构成的电源 电路	175
16. 实际的电容倍增电路	156	15. SG3524 集成控制器构成的电源 电路	178
17. 快速音频功率放大器电路	156	16. CD4017 构成的家用逆变器 电路	180
18. 放大器输入信号源的选择电路	156	17. μ A723 构成的开关稳压电源 电路	181
19. 电阻倍增电路	158	18. 正负输出的稳压电源电路	181
20. FET 斩波型变压器耦合的隔离放大器 电路	158	19. 精密稳压电源电路	181
21. PWM 调制型光耦合器隔离的放大器 电路	159	20. μ PC1933 构成的直流/直流变换器 电路	183
		21. NE555 构成的正输出直流/直流变换器 电路	183

22. NE555 构成的负输出直流/直流变换器电路	185	5. 运算放大器构成的充电电路	197
23. NE555 构成的双路输出的电源电路	186	6. 电池故障警示电路	198
24. 基准电压电路	187	7. 开关式恒流充电电路	198
25. 比较器构成的直流/直流变换器电路	187	8. 镉镍电池充放电电路	199
26. AD680 构成的低噪声稳压电路 ...	187	9. CMOS555 构成的充电电路	199
27. 输出 40W 的升压式直流/直流变换器电路	188	10. 带有监视功能的充电电路.....	200
28. 低电压降稳压电路	189	11. LTC4011 构成的充电电路	201
29. CS3805 构成的谐振式直流/直流变换器电路	190	12. UC3843 构成的充电电路	201
30. IR2151 构成的开关稳压电源电路	191	13. bg24010 构成的充电电路	202
31. LT3800 构成的直流/直流变换器电路	191	14. bp2002 构成的充电电路	202
32. LTC3808 构成的直流/直流变换器电路	192	15. MAX1879 构成的充电电路	203
33. 后备电池转换电路	193	16. LT1510 构成的充电电路	204
第 10 章 充电功能电路	195	17. DS2711 构成的充电电路	204
1. 简易型恒流充电电路	195	18. SM6781BV 构成的充电电路.....	206
2. 晶闸管构成的 10A 恒流充电电路.....	196	19. MAX713 构成的充电电路	209
3. NE555 构成的充电电池电压监视电路.....	196	20. MB3759 构成的充电电路	209
4. LM3420 构成的充电电路	197	21. MB3813A 构成的充电电路	210
		22. TB1004F 构成的充电电路	210
		23. NJM2340 构成的充电电路	212
		24. TL496 构成的充电电路	213
		25. TA8532P/F 构成的充电电路	214
		26. LM317 构成的充电电路	216
		27. SI8050S 构成的充电电路	216
		28. LT1620 构成的充电电路	217
		29. LM8365 构成的充电电路	217
		参考文献	221

第 1 章

控制功能电路

1. NE555 构成的电动机控制电路

图 1-1 是 NE555 构成的电动机控制电路。电路中，NE555 (1) 构成无稳态多谐振荡器， R_3 和 C_3 构成微分电路； VD_1 为限幅二极管，作用是吸收微分电路产生的正尖峰脉冲电压；NE555 (2) 构成单稳态多谐振荡器，NE555 (2) 的输出经 R_5 和 VT_2 激励达林顿晶体管 VT_1 ，使其通/断工作，从而驱动电动机。RP₁ 用于调节激励 VT_1 的周期，RP₂ 用于控制电动机的转速， VT_1 采用额定工作电流为 10A 的 BDX33C 达林顿晶体管。

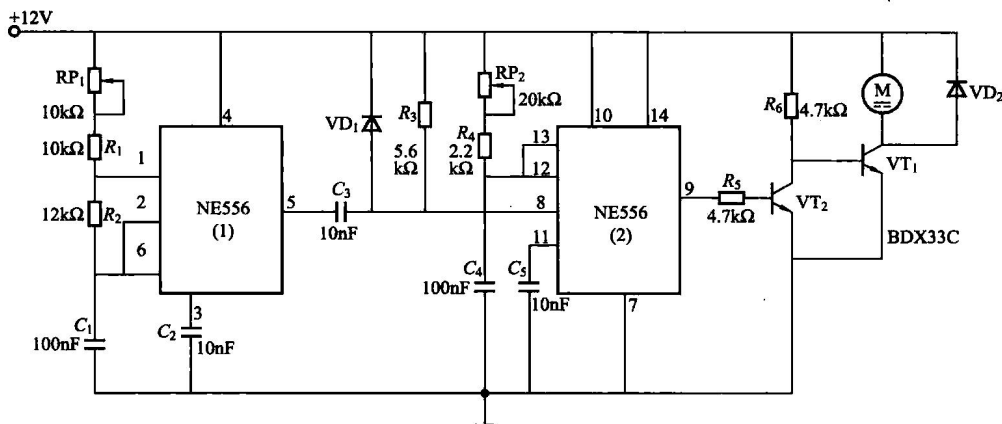


图 1-1 NE555 构成的电动机控制电路

2. 单相电动机的逆变器控制电路

图 1-2 是单相电动机的逆变器控制电路。电路中的 $VT_1 \sim VT_4$ 采用功率 MOSFET 构成桥式电路，4 个管子轮流通/断工作，将输入的直流 160V 电压变换为交流电压。改变控制信号的频率就可改变交流电压的频率，电动机中流经电流的频率也随之改变，电动机的转速得到改变，这种方式即为逆变器控制方式。 U_{CC1} 、 U_{CC3} 与 U_{CC2} 、 U_{CC4} 各自为独立的隔离电源， U_{CC2} 和 U_{CC4} 为共用电源，而 U_{EE2} 和 U_{EE4} 也可作为共用电源。

3. 电动机的 PWM 转速控制电路

图 1-3 是电动机的 PWM 转速控制电路。施密特电路 A_1 和积分电路 A_2 构成信号发生电路，产生三角波通过 A_2 输出加到比较器 A_3 的同相输入端， A_3 将该电压与由 RP₂ 调节的直流电压进行比较，其输出对直流电动机的转速进行控制，这种方式称为 PWM 控制方式。RP₁ 用于调节三角波的周期，RP₂ 用于调节电动机的转速。

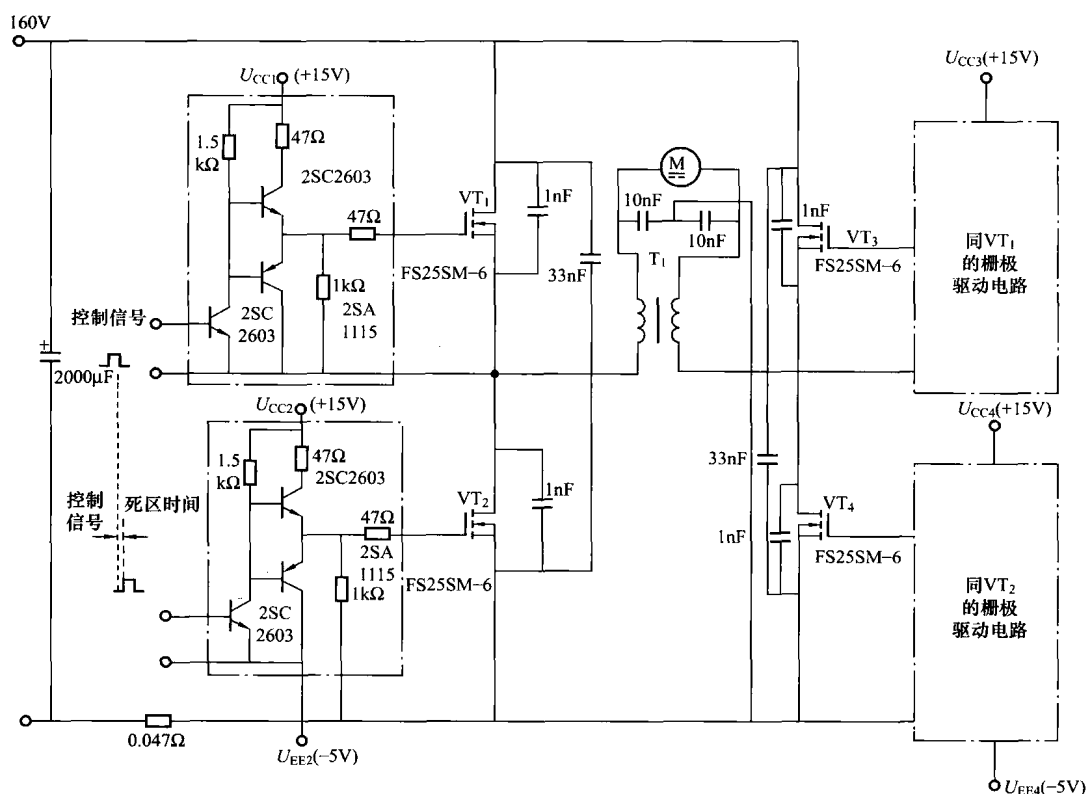


图 1-2 单相电动机的逆变器控制电路

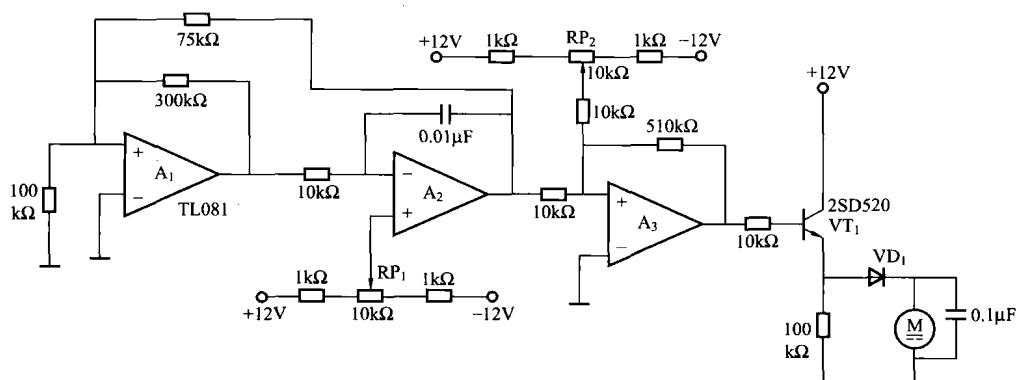


图 1-3 电动机的 PWM 转速控制电路

4. OPA541 构成的电动机转速控制电路

图 1-4 是采用 OPA541 运算放大器构成的电动机转速控制电路。A₁ 采用 OPA541 运算放大器，工作时要安装相应散热器。转速指令电压为 0~±5V 时，电动机相应转速为 0~±3000r/min，即 1V 时为 600r/min，5V 时为 3000r/min。TG 为安装在电动机转轴上的测速发电机，电动机 1000r/min，TG 产生 7V 直流电压，该电压经 R₁ 和 R₂ 分压作为负反馈电压加到 A₁ 的反相输入端。A₁ 构成差动放大器，将转速指令电压与反馈电压的差值进行放大。R_s 为限流的电流检测电阻，A₁ 最大输出电流 $I_{Omax} = [(0.813R_s) - 0.02]A$ ，根据电路

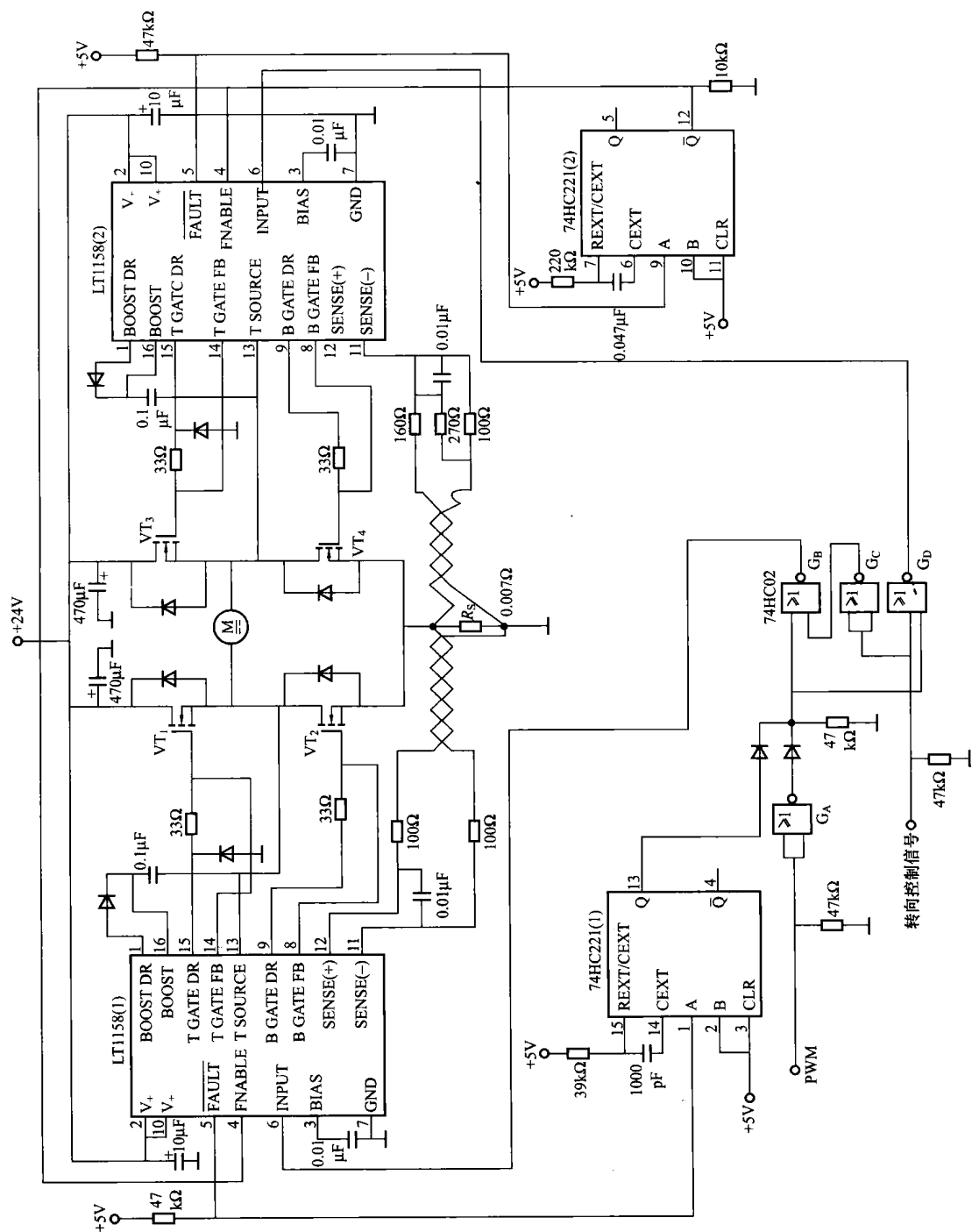


图 1-5 直流电动机的桥式控制电路

6. OPA511 构成的电动机控制电路

图 1-6 是采用 OPA511 运算放大器构成的电动机控制电路。 R_S 为电流检测电阻, 其两端电压反馈到 OPA511 的输入端, 这样, 使 R_S 中电流, 即输出电流保持为 $I_S = (U_{IN} / R_S) (R_2 / R_1)$ 。当 $R_3 = R_1 = 10\text{k}\Omega$, $R_1 = R_2 = 100\text{k}\Omega$, $U_{IN} = 6.25\text{V}$, $R_S = 0.25\Omega$ 时, 输出电流为 2.5A 。 $R_1 \sim R_4$ 要选用精度为 $\pm 1\%$ 的 0.25W 电阻。OPA511 要安装相应散热器。

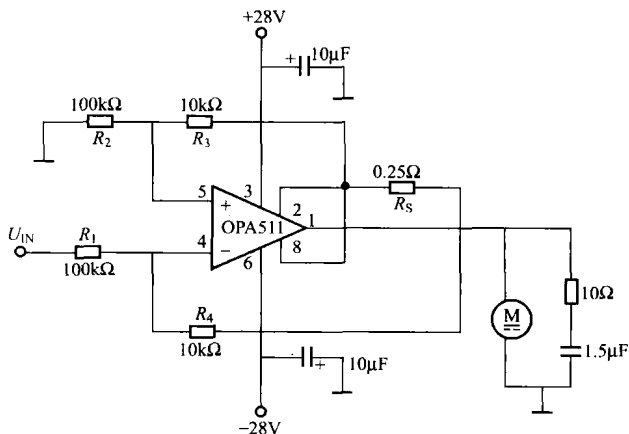


图 1-6 OPA511 构成的电动机控制电路

7. IR2151 构成的电动机转速控制电路

图 1-7 是 IR2151 构成的电动机转速控制电路。图 1-7 (a) 电路中, 电位器 RP_1 调节电动机的转速, R_3 和 C_3 构成软起动电路, 使电动机逐渐加速运行。 A_3 输出方波时, 它构成电压控制振荡器。 A_2 为积分电路, 同相输入端积分电流的方向取决于 A_3 输出电平的高低。 R_{11} 与 VD_4 和 VD_5 将 A_2 输出的三角波变为正弦波, 频率为 70Hz 。 A_4 用于调节 IR2151 片内振荡器输出波形的占空比, IR2151 的调节对元件允许误差与稳定电压比较敏感, 因此, 采用负反馈使输出稳定。IR2151 的 RT 端 (2脚) 输出经 R_{14} 和 C_7 滤波, 通过 R_{13} 反馈到 A_4 的同相输入端。由 RT 端馈送给定电容 C_8 的电流改变充放电的斜率与占空比。 C_6 和 R_{20} 进行滤波使电路工作稳定。感应电动机需要的驱动电压随频率而增大, 而电容 C_5 为此提供电压与频率之间很好的线性关系, R_{12} 提供使电动机从低速到额定转速的所需要的电压。这些元件参数随电动机与负载不同而改变。

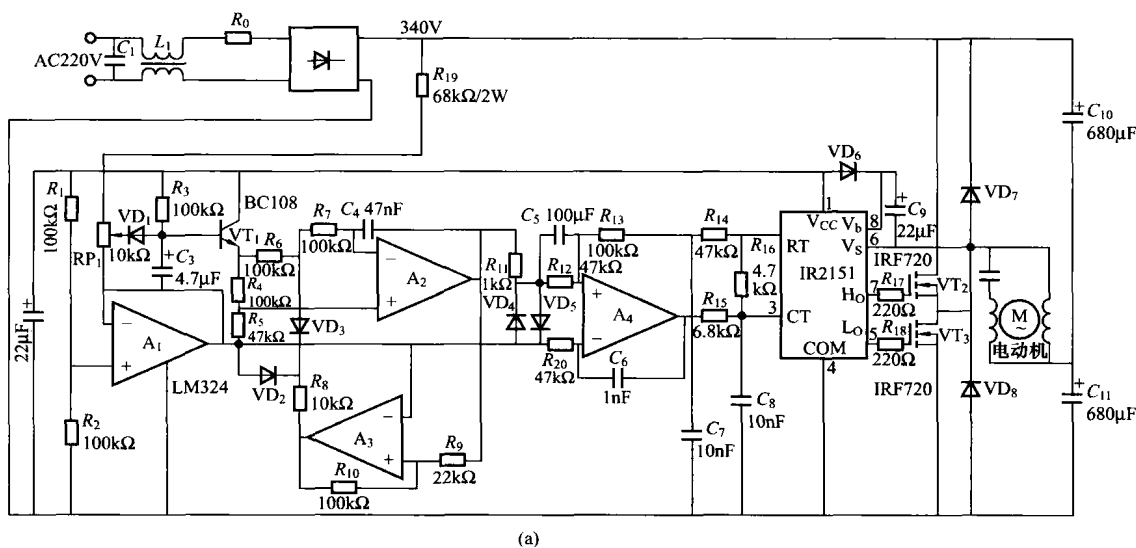


图 1-7 IR2151 构成的电动机转速控制电路 (一)

(a) 使用一个 IR2151 的电路

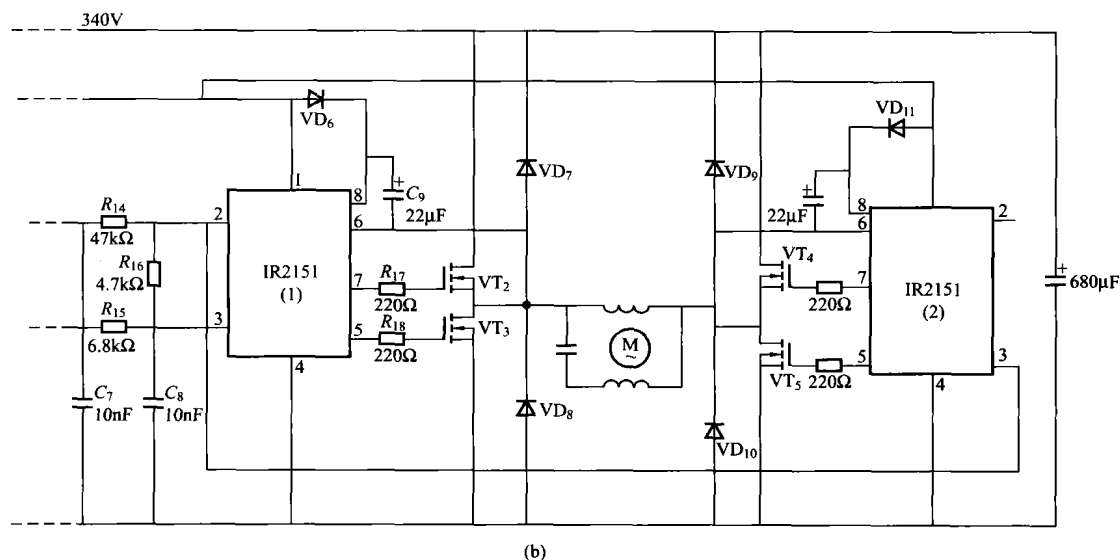


图 1-7 IR2151 构成的电动机转速控制电路 (二)

(b) 使用两个 IR2151 的电路

图 1-7 (b) 电路中, 采用两个 IR2151 和四个功率 MOSFET, IR2151 (1) 和 (2) 驱动 $VT_2 \sim VT_5$ 构成的桥路, 控制电动机运行。

8. CD4046 构成的电动机控制电路

图 1-8 是 CD4046 构成的电动机控制电路。电路中 CD4046 是锁相环 (PLL) 集成电路, L4962 是脉宽调制 (PWM) 集成电路。这是根据输入频率控制 6V 直流电动机的电路, 在电动机的输出功率增大时降低其转速。输入是振幅大于 0.5V 的正弦信号。A 为缝隙圆盘, 通过 A 将电动机转速转换为脉冲信号反馈到 CD4046 的 CIN 端 (3 脚), 输入信号与反馈脉冲之间频率差改变 CD4046 的输入电压, 从而改变 L4962 驱动电动机的脉宽, 即改变电动机的转速。脉宽调制器的开关频率由 R_1 和 C_1 确定, 按照图 1-8 中 R_1 、 C_1 的常数, 开关

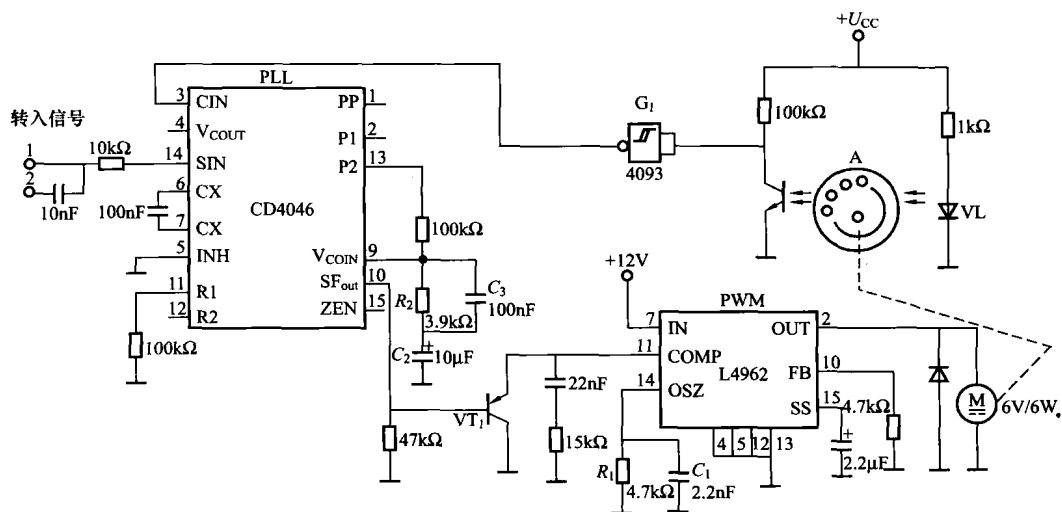


图 1-8 CD4046 构成的电动机控制电路

频率为 100kHz。R₂ 和 C₂ 滤波电路的常数一定要根据使用的电动机进行选择，C₃ 用于平滑脉冲和减少噪声。

9. SG3731N 构成的定位控制电路

图 1-9 是 SG3731N 构成的定位控制电路。电路中 SG3731N 构成脉宽调制电路，场效应晶体管构成桥式电路驱动 12V/380W 的直流电动机，从而构成简单的定位控制系统。BUZ11A 和 RFP30P05 互补型场效应晶体管对管采用共漏极连接方式，各自并联从而得到需要的输出电流。采用两个 6V/100A·h 的铅酸蓄电池供电。

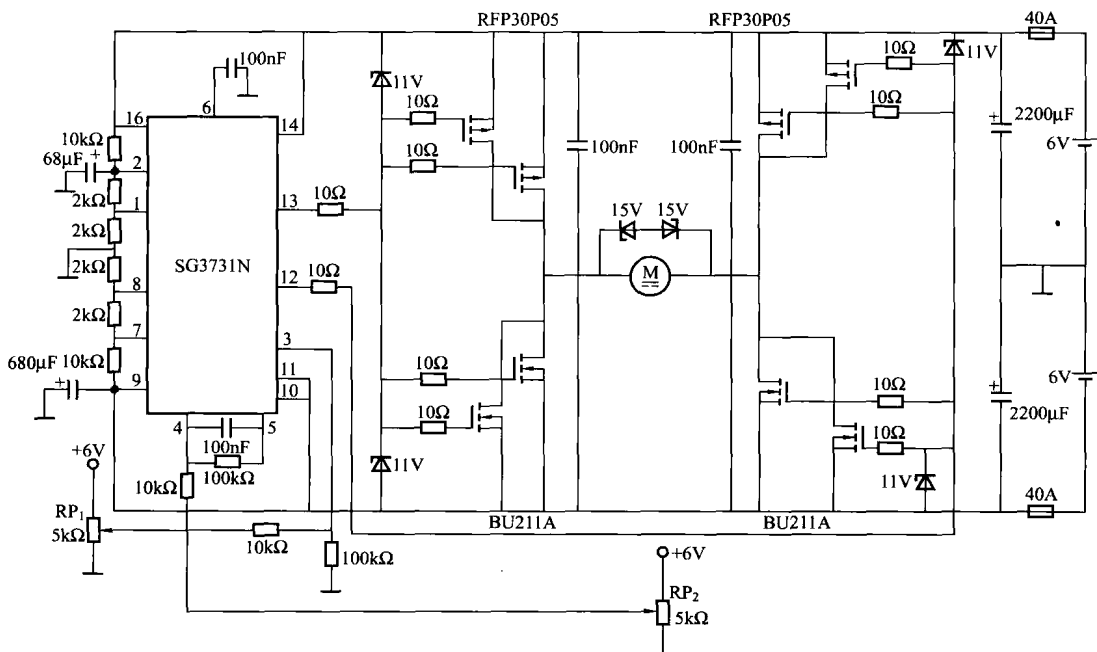


图 1-9 SG3731N 构成的定位控制电路

RP₁ 用于设定定位的基准信号，RP₂ 为伺服电位器，它的滑动端与电动机的转轴为联动装置，得到的电动机转动信号与定位的基准信号由 SG3731N 进行比较，其输出控制桥式电路中场效应晶体管的导通与截止，这样，可使电动机进行精确的定位。

10. 电动机的定位控制电路

图 1-10 是带有测速发电机的定位控制电路。RP₁ 的滑动端电压为定位指令电压，RP₂ 滑动端电压为定位反馈电压，A₁ 输出为转速反馈电压，A₁、A₂ 和 A₃ 均构成电压跟随器。若定位指令电压为 5V，定位反馈电压为 3V，则其差电压为 2V。电动机停转时，转速反馈电压为零，对 2V 差电压无影响。若将 2V 差电压由 A₄ 与 VT₁~VT₄ 放大 10 倍，则得到 20V 电压驱动电动机使其转动。RP₂ 与电动机为联动连接方式，这样，电动机转动时能自动调节 RP₂ 使其滑动端电压为 5V。

图 1-11 是不带测速发电机的定位控制电路。电路中采用电位器 RP₁ 获得电动机的转速信息，这里 RP₁ 与电动机为联动连接方式。A₁ 为电压跟随器，A₂ 为微分电路，A₄ 为反相放大电路，A₃ 为差动放大电路，A₅ 为功率放大电路。

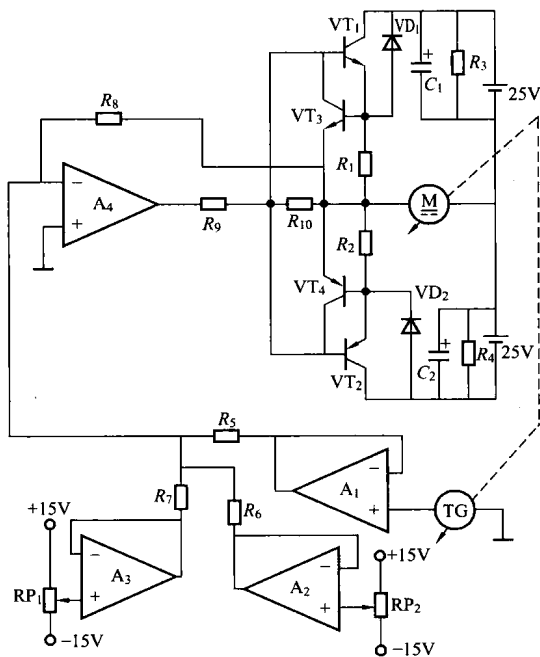


图 1-10 带有测速发电机的定位控制电路

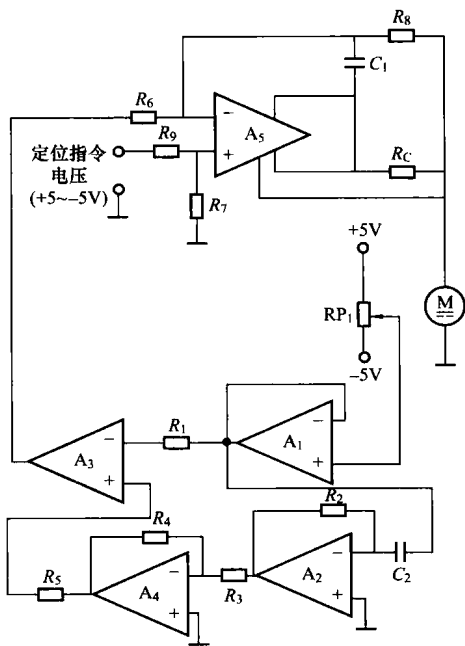


图 1-11 不带测速发电机的定位控制电路

11. 电动机的正反转控制电路

图 1-12 是电动机的正反转控制电路。图 1-12 (a) 是晶体管构成的电路，当开关 S_1 接 1 时， VT_1 和 VT_3 导通，电流 I_1 经电动机流通，电动机正转。当 S_1 接 3 时， VT_2 和 VT_4 导通，电流 I_2 经电动机流通，电动机反转。当 S_1 接 2 时， $VT_1 \sim VT_4$ 都截止，电动机停转。因此，通过开关 S_1 可以控制电动机的转动方向。

图 1-12 (b) 是带有运算放大器 A_1 的电路，基本工作原理与图 1-12 (a) 相同，但由于采用高增益的运算放大器，正反转电路的增益非常高，微弱的控制信号也能使电动机进行正反转。实际中，多采用这种电路。

图 1-12 (c) 是采用 1468 功率运算放大器的电动机正反转控制电路，其电路结构与一般运算放大器相同。但 1468 输出电流较大，要接限流电阻 R_{CL} ，正负都可以限流，限流值由外接电阻 R_{CL} 确定，即限流电流 $I_L = 0.65V/R_{CL}$ 。功率运算放大器为高电压、大电流的一种特殊器件，除了输出功率较大以外，可以与一般小信号运算放大器同样处理，广泛用于电动机驱动、程控电源、音频放大器等。

图 1-12 (d) 是采用功率 FET 的电动机正反转控制电路。这是桥式控制电路，桥的上段采用功率晶体管，下段采用功率 FET。控制信号 A 和 D 作用时，电流 I_1 流通，电动机正转 (CW)。B 和 C 作用时，电流 I_2 流通，电动机反转 (CCW)。

12. NE555 构成的温度控制电路

图 1-13 是 NE555 构成的温度控制电路。图 1-13 (a) 是 NE555 和晶体管构成的温度控制电路，这是 NE555 常规无稳态多谐振荡电路中的电容充放电电阻采用晶体管 VT_1 和负温度系数热敏电阻 R_T 的电路。由于晶体管 VT_1 饱和导通时等效电阻近似为零，截止时