

应用电路
百例丛书

新型集成电路 应用实例

何希才 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

应用电路百例丛书

新型集成电路应用实例

何希才 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了新型集成电路应用 300 多例,涉及面广,包括电机控制电路、放大器电路、555 集成电路、定时器应用电路、测量电路和密码锁电路等。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,能使系统设计性能达到最佳。本书还汇集了历届全国大学生电子设计竞赛试题。

本书主要供电子工程技术人员、管理人员、大专院校相关专业师生和电子技术爱好者阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

新型集成电路应用实例/何希才编著. —北京:电子工业出版社,2002.6

(应用电路百例丛书)

ISBN 7-5053-7598-9

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(2002)第 029816 号

责任编辑:杨逢仪

印 刷:北京兴华印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:17.25 字数:440 千字

版 次:2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:24.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010) 68279077

前 言

集成电路由于体积小、功能齐全、可靠性高,越来越受到电子设计人员的关注。如何设计出高质量的电子产品,除了总体方案最佳外,还离不开由集成电路构成的性能优良的单元电路。基于此,本书汇集了国内外杂志上介绍的以及编著者多年来实践的新型集成电路应用300多例。这些电路设计新颖,结构合理,性能优良,实用性强。

本书共分为8章。第1章电机控制电路应用实例,主要是小功率电机的控制电路,其中包括桥式伺服电路、直流电机的转速控制电路、直流电机正反转控制电路、采用PLL集成电路的电机控制电路、步进电机的控制电路、无刷电机的驱动电路、电机的PWM控制电路等。第2章“放大器应用实例”,包括音响前置放大器电路、宽带放大器电路、电压控制放大器电路、可编程增益放大器电路、模拟运算电路、信号切换电路、隔离放大器电路、功率放大器电路等。第3章“555集成电路应用实例”,包括报警电路、测试电路、信号发生器电路、控制电路等。第4章“定时器应用实例”,包括定时专用集成电路、实用定时器电路、简单定时器电路、电子表定时器电路等。第5章“测量与振荡电路实例”,包括电容测量电路、逻辑测试电路、频率测试电路、振荡电路等。第6章“数字集成电路的应用实例”,主要介绍了CD4017、CD4013及门电路等应用实例。第7章“密码锁与转换电路应用实例”,主要介绍密码锁芯片的应用及电话密码锁电路等。第8章“全国大学生电子设计竞赛试题”,汇集了历届电子设计试题,这些试题是由一些专家经过精心设计的,涵盖了高等院校电子技术(主要是硬件)有关课程的教学内容,可作为课程设计等参考题。

在编写本书过程中,参考了周兴华、吴文波等提供的资料,并得到丁原志、金茂椿、胡根贵、徐善根、陈刚、赵恩儒、郑孝运、姜复兴、程志发、强文义和刘双岁等的帮助与支持,在此表示感谢。

由于编著者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,欢迎读者批评指正。

编著者
2001年11月

1-4653/11

目 录

第 1 章 电机控制电路应用实例	(1)
1.1 桥式伺服电路	(1)
1.2 直流电机的转速控制电路	(2)
1.3 直流电机正反转控制电路	(7)
1.4 采用 PLL 集成电路的电机控制电路	(10)
1.5 步进电机的控制电路	(14)
1.6 无刷电机的驱动电路	(18)
1.7 电机的 PWM 控制电路	(31)
第 2 章 放大器应用实例	(34)
2.1 音响前级放大器电路	(34)
2.2 宽带放大器电路实例	(35)
2.3 电压控制放大器电路	(41)
2.4 可编程增益放大器电路	(42)
2.5 模拟运算电路实例	(46)
2.6 信号切换电路实例	(54)
2.7 隔离放大器电路实例	(55)
2.8 集成功率放大器电路	(56)
2.9 厚膜功放的应用实例	(64)
2.10 最新功放集成电路应用实例	(68)
第 3 章 555 集成电路应用实例	(73)
3.1 报警电路实例	(73)
3.2 测试电路实例	(84)
3.3 信号发生器电路实例	(87)
3.4 控制电路实例	(90)
3.5 定时电路实例	(107)
第 4 章 定时器应用实例	(112)
4.1 定时专用集成电路应用实例	(112)
4.2 实用定时器电路	(124)
4.3 简单定时器电路	(137)
4.4 电子表定时器电路	(145)

第 5 章 测量与振荡电路实例	(150)
5.1 电容测量电路	(150)
5.2 逻辑测试电路	(155)
5.3 频率测试电路	(159)
5.4 其他测试电路	(162)
5.5 振荡电路实例	(170)
第 6 章 数字集成电路的应用实例	(177)
6.1 CD4017 的应用实例	(177)
6.2 CD4013 的应用实例	(193)
6.3 门电路的应用实例	(200)
第 7 章 密码锁与转换电路应用实例	(208)
7.1 密码锁芯片的应用	(208)
7.2 电话密码锁电路	(211)
7.3 实用密码锁电路	(218)
7.4 转换电路实例	(232)
7.5 时分制编译码电路	(244)
第 8 章 全国大学生电子设计竞赛试题	(253)
8.1 第一届电子设计竞赛试题(1994 年)	(253)
8.2 第二届电子设计竞赛试题(1995 年)	(254)
8.3 第三届电子设计竞赛试题(1997 年)	(257)
8.4 第四届电子设计竞赛试题(1999 年)	(260)
8.5 第五届电子设计竞赛试题(2001 年)	(265)

第 1 章 电机控制电路应用实例

1.1 桥式伺服电路

采用桥接方式可巧妙地获取电机本身产生的感应电压，通过将该电压同内部基准电压比较，对电机进行控制，使电机转速保持恒定，电路如图 1-1 所示，桥接电路也包括电机的内阻 R_a 。电路中，电机转速 $N = (R_1 + R_2) / R_1 U_z / K_e$ ，式中 K_e 为电机的感应电压常数，单位为 $V / (r / \min)$ 。RP 为转速微调电阻， U_z 为 VD_{w1} 的稳定电压，与 R_1 、 R_2 一起设定转速。晶体管 VT_1 和二极管 VD_2 构成比较电路，晶体管 VT_2 构成功率放大电路，提供控制电机所需的驱动电流。 R_D 、 VD_1 、 VD_{w1} 构成启动电路，确保电源开关接通时，电机能正常启动运行。

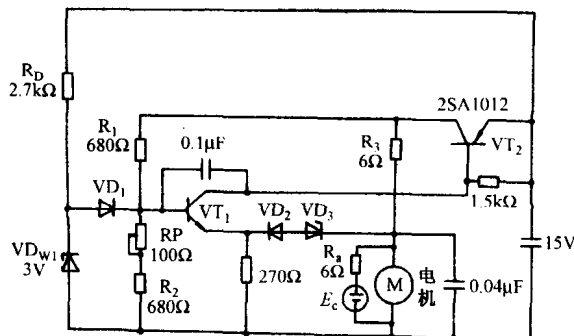


图 1-1 简单的桥接伺服电路

这种桥接方式的伺服电路不适用于多级调速系统，原因是若经常保持电阻桥的平衡状态，则不能获得最佳的控制特性，但由于电路简单，应用比较广泛。

图 1-2 示出转速调节范围较宽的桥接伺服电路，该电路控制电机以 2000 r/min 恒速运行，通过改变电位器 RP_2 可连续在 1000~5000 r/min 范围内设定电机转速。该电路的特征是预先用电位器 RP_1 使电桥达到平衡状态。当为了设定转速而改变 RP_2 时，电桥还会经常保持平衡。所以，保持电机的控制特性不变，在宽范围内可改变电机的转速。

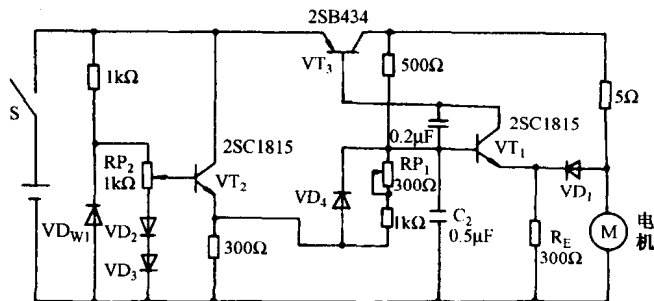


图 1-2 转速调节范围较宽的桥接伺服电路

对于该电路,设定电机转速低于 1000 r/min 时, VD_1 和接在 VT_1 发射极电阻 R_E 可对应接到 3 V 左右的正电源上。设定电机转速高于 5000 r/min 时,要提高电源电压, $\text{VD}_{\text{W}1}$ 也要采用稳定电压高的稳压管。若电源电压提高到 16 V 左右,则转速到 6000 r/min 时电机可稳定运行。 C_1 和 C_2 是使电机平滑运转的电容,必须根据设定的转速作适当调整。

图 1-3 是采用运放 A_1 的桥接方式的伺服电路。电路中, RP 是转速设定用电位器,对基准电压 6 V 分压获得设定转速相应电压 U_r ,运放 A_1 将 U_r 与 U_c 的差电压 U_{ab} 进行比较放大,激励功率控制晶体管 VT_2 ,再通过 VT_1 进行功率放大,从而控制电机的转速,这里 U_c 是电机感应反电动势相应的电压。空载时,对 VT_1 加适当的偏置电压,即保持 $U_r = U_c$ 的状态。若电机加载运行,电机转速降低, U_c 也降低,于是 A_1 的输出电平也降低,通过 VT_2 控制 VT_1 的导通程度,供给电机功率,使电机转速升高,然后使 $U_{ab} = 0$,使电机以设定的转速运行。改变转速设定电压 U_r 时其调节过程也是一样,调节 RP 使电压 U_r 较低时, U_r 小于 U_c , A_1 输出变为高电平, VT_1 供给桥路的功率减少,于是电机转速降低,同时, U_c 也降低,最终 $U_r = U_c$,电机以设定转速运行。

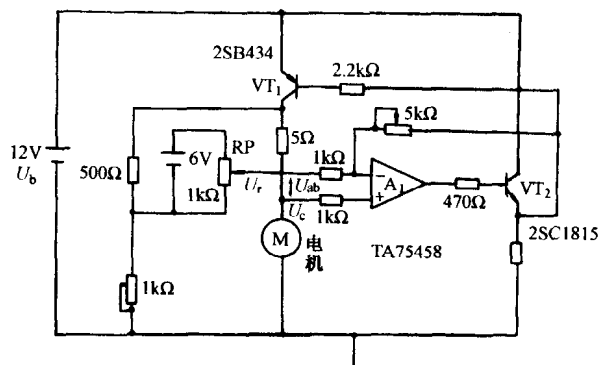


图 1-3 采用运放 A_1 的桥接方式的伺服电路

1.2 直流电机的转速控制电路

图 1-4 是直流电机恒速控制的基本电路,由测速发电机 A、基准电压 B、比较器 C、功率放大器 D 和电机旋转 E 等部分构成。基准电压 B 是比较控制的基准,因此需要提供稳定的直流

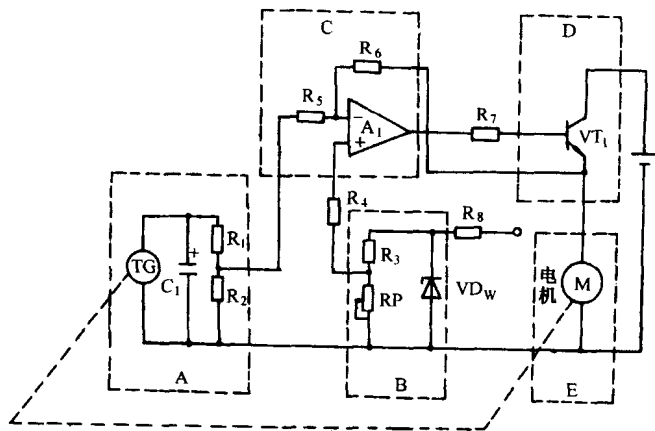


图 1-4 直流电机恒速控制的基本电路

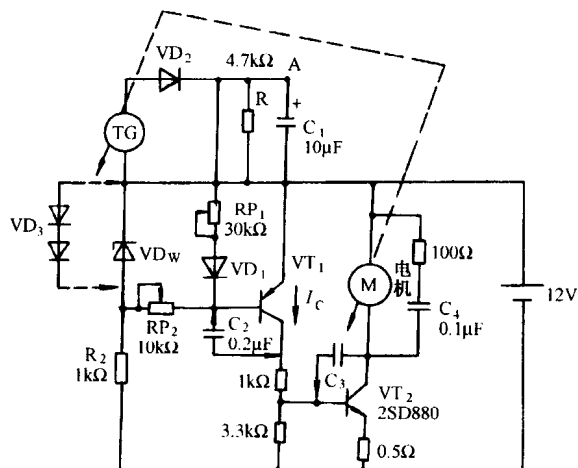


图 1-6 带交流测速发电机的直流电机的控制电路

065 内部频率/电压变换器变换为电压,再通过与基准电压比较,从 6 端输出模拟电压,加到 VT 基极,从而控制电机。转速设定由电机每转 1 圈时频率发生器产生的脉冲数目、R 与 RP 阻值以及电容 C 的容量决定。对于该电路常数,实现的特性为:电源电压 10V~17V,工作温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$,负载转矩 $0\sim 0.5\text{N}\cdot\text{m}$,设定转速 2000r/min 。

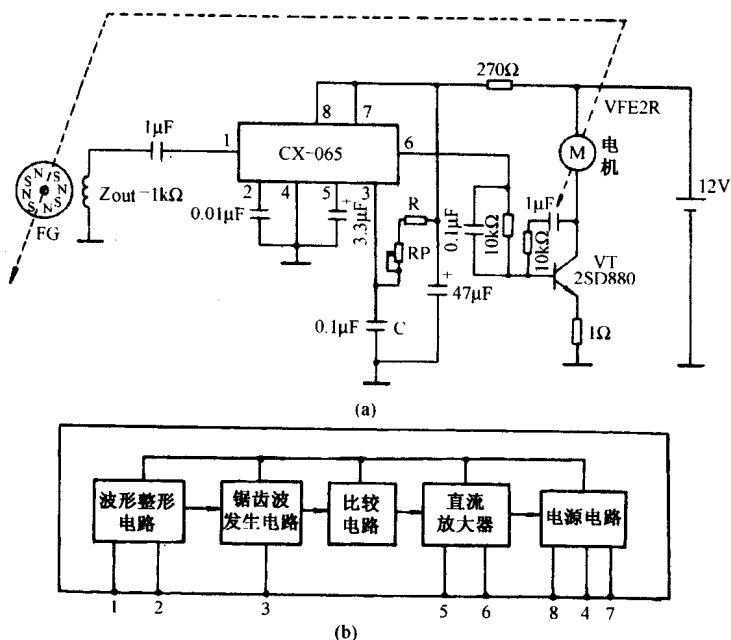


图 1-7 采用 CX-065 的直流电机恒速控制电路

(a) 恒速控制电路; (b) CX-065 内部等效电路

图 1-8 是采用 M51970L 的直流电机转速控制电路。其中 VT 为电机驱动用晶体管,可根据电机的功率进行选用。电机转速的设定由电阻 R_1 、电位器 RP 以及电容 C_1 等决定,转速由 $N=1/[(1.17(R_1+RP)C_1P)]$ 表达式给出,式中 P 为电机每转 1 圈产生的脉冲数目。根据使用电机特性的不同,电阻 R_2 和电容 C_2 要作适当调整。

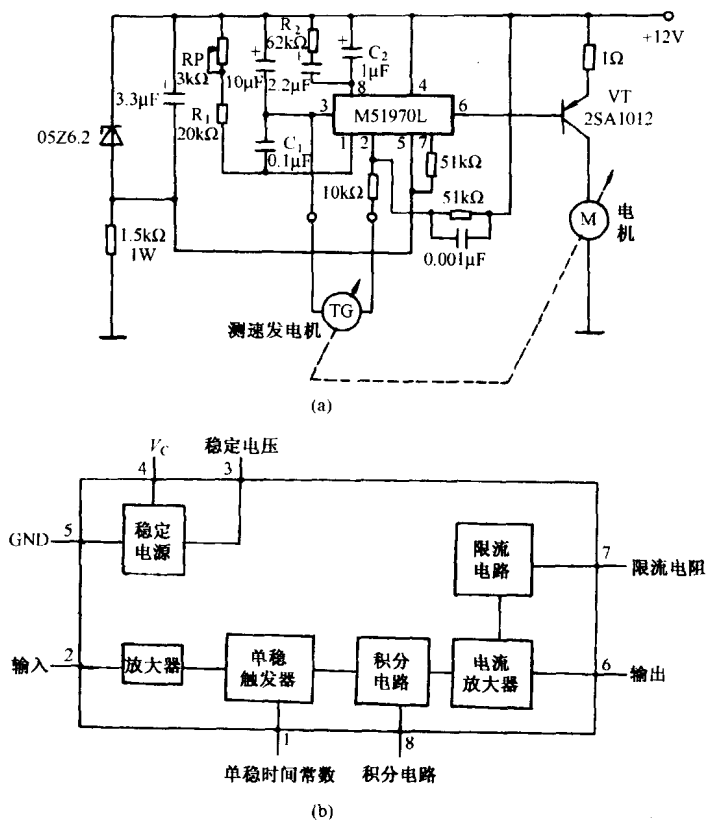


图 1-8 采用 M51970L 的直流电机转速控制电路

(a) 转速控制电路; (b) M51970L 内部等效电路

图 1-9 是采用 M51970L 的电机控制电路。其电机转速为 $450\text{r/min} \sim 3600\text{r/min}$, 转速稳定度为 $\pm 0.01\% \sim 0.1\%$, 负载转矩约为 $9.8 \times 10^{-3} \text{N} \cdot \text{m}$ 。电路中, C_1 和 $(R_1 + R_2)$ 用于设定电机转速, 要采用温度特性良好的元件; $S_1 \sim S_4$ 为转速转换开关, 可设定电机转速为 450r/min ($R_1 + R_2 = 190\text{k}\Omega$)、 900r/min ($95\text{k}\Omega$)、 1800r/min ($47\text{k}\Omega$)、 3600r/min ($24\text{k}\Omega$); $RP_1 \sim RP_4$ 为转速设定微调电位器; C_2 和 R_3 为相位补偿电路, 提高控制系统的稳定性; 用相当于 FG 功能的缝隙圆盘和光电耦合器 ON1105 接在电机转轴上构成的旋转编码器检测电机的转速, 产生与转速相应的脉冲电压加到 M51970L 的 2 脚, 由其控制电机的转速。

图 1-10 是采用 TCA955 的直流电机转速控制电路。它采用脉冲电流驱动的方式, 因此驱动用电晶管的消耗电流较小, 可采用小功率晶体管。

图 1-11 是采用晶闸管的直流电机转速控制电路。该电路用来控制 $180\text{W}/120\text{V}$ 的直流电机, 稳定性高。采用带有中间抽头的变压器 T_1 , 用 2 个 6A 的晶闸管 VS_1 和 VS_2 提供电机的驱动电流, 单结晶体管 VT_1 控制 VS_1 和 VS_2 的门极, 二极管 VD_2 和 VD_3 为 VT_1 提供工作电压, VD_w 使 VT_1 的工作电压稳定为 12V , RP_1 调节 VT_1 的分压比, 控制 VS_1 和 VS_2 的导通角, 从而控制电机的转速。

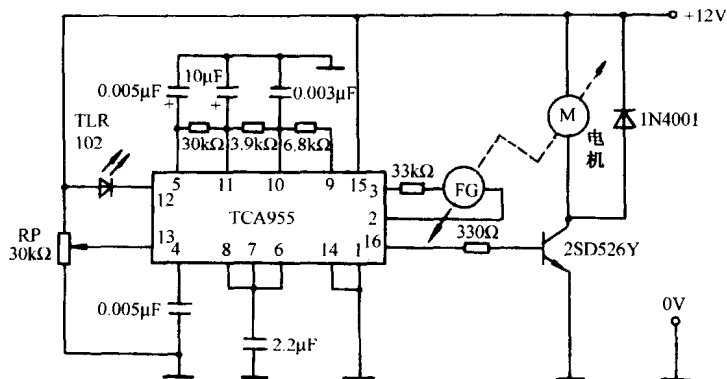


图 1-10 采用 TCA955 的直流电机转速控制电路

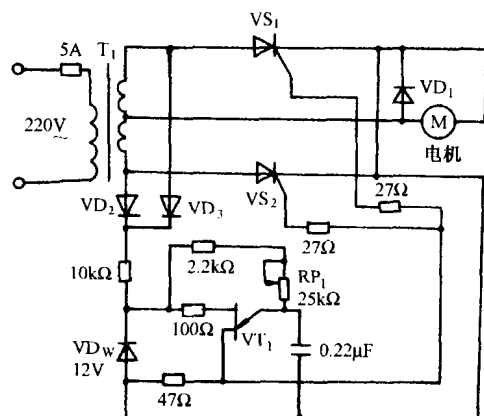


图 1-11 采用晶闸管的直流电机转速控制电路

1.3 直流电机正反转控制电路

图 1-12 是运放反馈环内接有功率晶体管的控制电路。该电路的特征是不必考虑功率晶体管的偏置电压变化带来的影响, 因此电路设计简单方便。

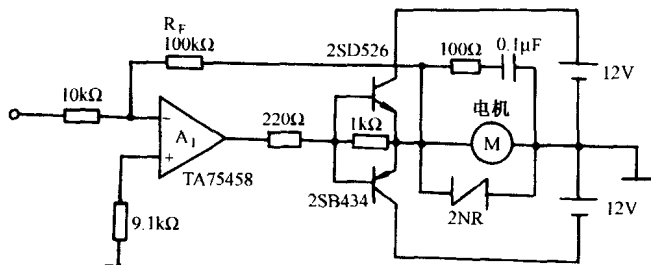


图 1-12 反馈环内接有功率晶体管的控制电路

图 1-13 是采用大功率交流放大器的控制电路。电路中,将运放 A_1 输出电压的变化适当变换为 a 点电压 U_a 。这样,电机中流经双向电流。工作原理简述如下:当 U_a 小于 U_b 时,电流流通的方向如图中实线箭头所示;当 U_a 大于 U_b 时,电流方向如图中虚线箭头所示;当 U_a 等于 U_b 时,任何方向上均无电流流通,电机停转。

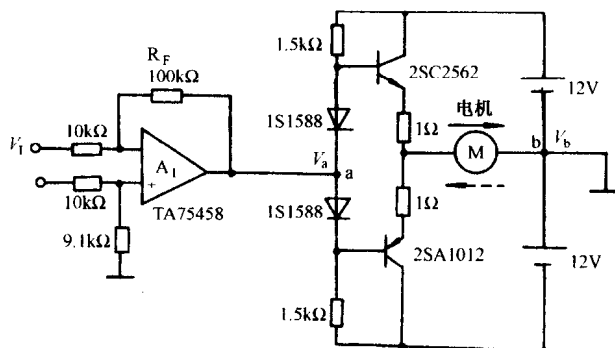


图 1-13 采用大功率交流放大器的控制电路

图 1-14 采用 4 只功率晶体管接成桥式,使电机双向通电的控制电路。这种电路基本上图 1-12 电路采用双输入信号 (V_{i1} 和 V_{i2}) 的控制方式。电路中, VT_1 和 VT_2 选用 2SC2562 晶体管; VT_3 和 VT_4 选用 2SA1012 晶体管。

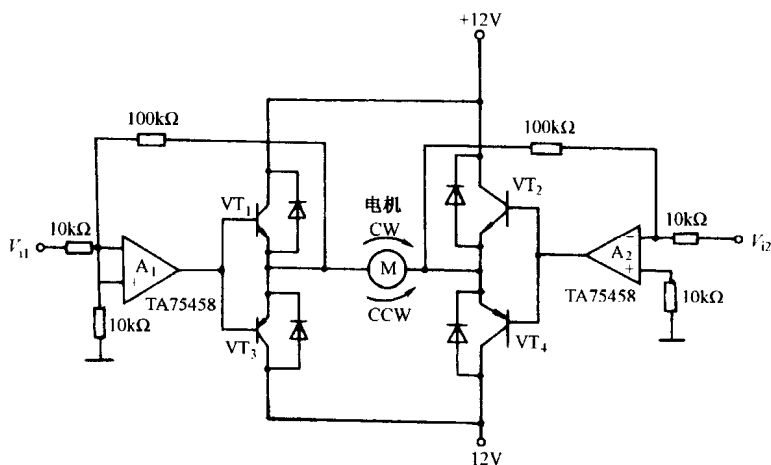


图 1-14 电机双向通电的控制电路

图 1-15 是采用磁敏传感器 H 的直流电机正反转控制电路。这里采用的磁敏传感器不仅能感受到磁通的强弱,而且还能识别磁极的极性。因此,若磁转子的极性改变,就可任意控制

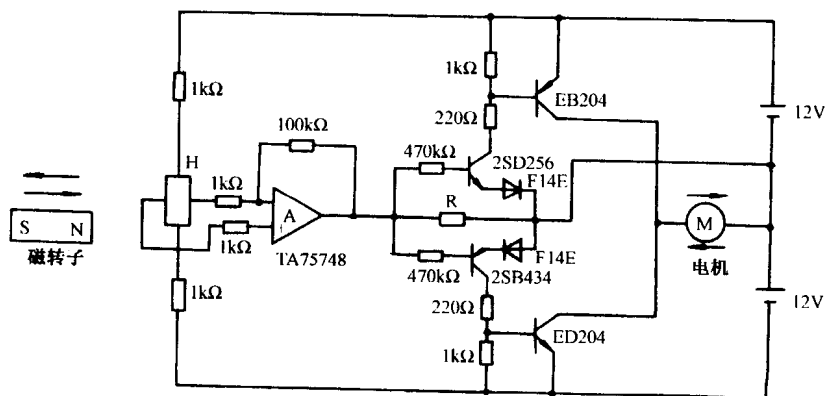


图 1-15 采用磁敏传感器 H 的直流电机正反转控制电路

直流电机的旋转方向。电路中,磁敏传感器 H 靠近磁转子的 N 极时,电机正转;靠近 S 极时,电机反转。

图 1-16 是大功率电机的正反转控制电路。采用中间抽头的变压器,构成正负两路电源,功率放大器 VT_1 和 VT_2 分别采用 EB204 和 ED204 功率管,能输出几安的驱动电流。改变 RP 可控制电机的正反转。若要自动控制电机正反转,则在图中的 a 点输入伺服系统的控制信号即可。

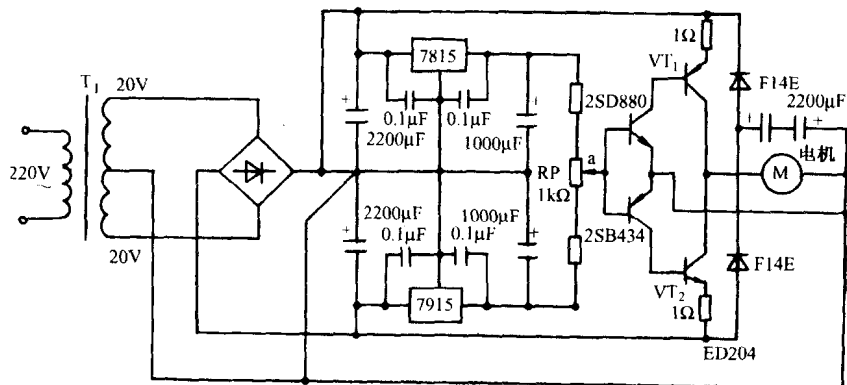


图 1-16 大功率电机的正反转控制电路

图 1-17 是采用电机控制专用集成电路 L293 的直流电机正反转控制电路。L293 片内有双系统电机控制的正反转电路,因此也可以用于驱动步进电机。若装上足够大的散热器,L293 可以输出几瓦的功率,适用于驱动较小功率的电机。电路中,A 和 B 为通道 1 的信号输入端,C 和 D 为通道 2 的信号输入端。

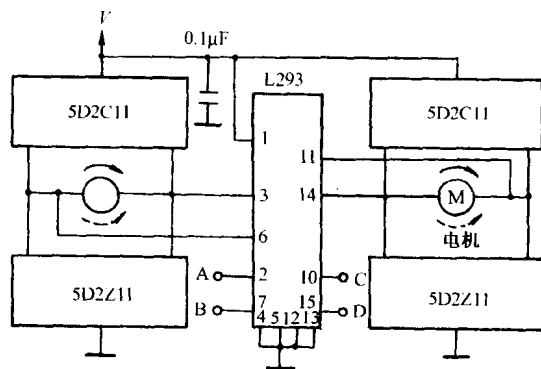


图 1-17 采用 L293 的直流电机正反转控制电路

图 1-18 是采用电机控制专用集成电路 L298 的直流电机正反转控制电路。L298 基本上与 L293 相同,但输出功率达 25W,输出电流可达 2A,工作电压可为 35V。电路中, R_1 和 R_2 为电流检测电阻,转换的电压信号也可以送入控制系统中对其电流进行控制。

图 1-19 是采用 MPC17A28SVM 的电机正反转控制电路。MPC17A28SVM 是电机正反转专用集成电路,其特征是:带有与微机的接口,可连接微机进行控制;片内包含有双系统功能,因此也可用于驱动步进电机;可有 4 种驱动方式,即正转、反转、制动以及加减速运行;片内有功率 MOS FET 管,工作频率可达 100 kHz。

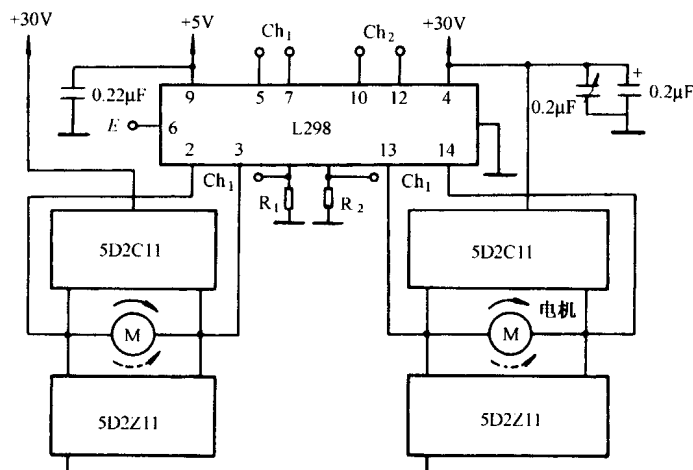


图 1-18 采用 L298 的直流电机正反转控制电路

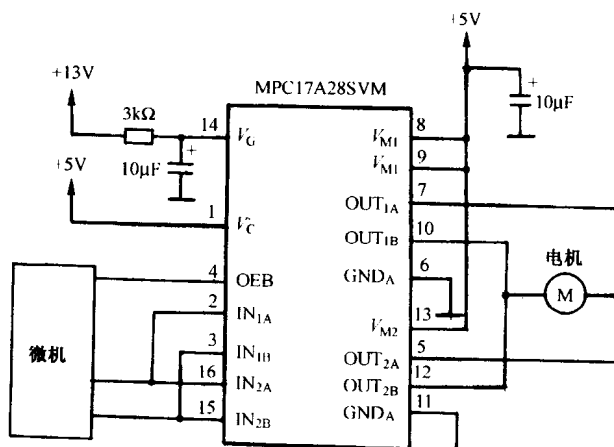


图 1-19 采用 MPC17A28SVM 的电机正反转控制电路

1.4 采用 PLL 集成电路的电机控制电路

图 1-20 是采用 BA802 构成的电机控制电路，结构简单，外接元件少。电路中， R_1 和 RP 及 C_1 用以设定振荡频率，决定电机的转速，也可采用晶振电路。 R_1 和 C_1 产生的基准频率信号加到 BA802 的 4 端，由频率发生器 FG 将电机转速转换的频率信号送到 BA802 的 2 端，并与基准频率信号比较，从而控制电机的转速。

图 1-21 是采用 M51728L 构成的电机控制电路。电路中，若设电机转速为 2000r/min，采用的频率发生器 FG 每 1 转产生 24 周期的交变电压，则这时 FG 产生的信号频率为 $24 \times 2000 / 60 = 800(\text{Hz})$ 。该信号送入 M51728L 的 7 和 8 输入端，经其片内二分频，信号频率变为 $800\text{Hz} \times 2 = 1600\text{Hz}$ ，并与基准振荡频率进行比较，从而控制电机转速。电路中，基准振荡频率由 R_1 和 R_2 以及 C 等决定，即 $f_1 = 1 / [0.693C(R_1 + 2R_2)]$ 。

图 1-22 是采用 MSM5816 构成的电机控制电路。MSM5816 片内有启动电路、FG 信号放大器、采样保持方式的比较器等，将采样保持的相位差输出，通过运放 A_1 构成的阻抗变换电

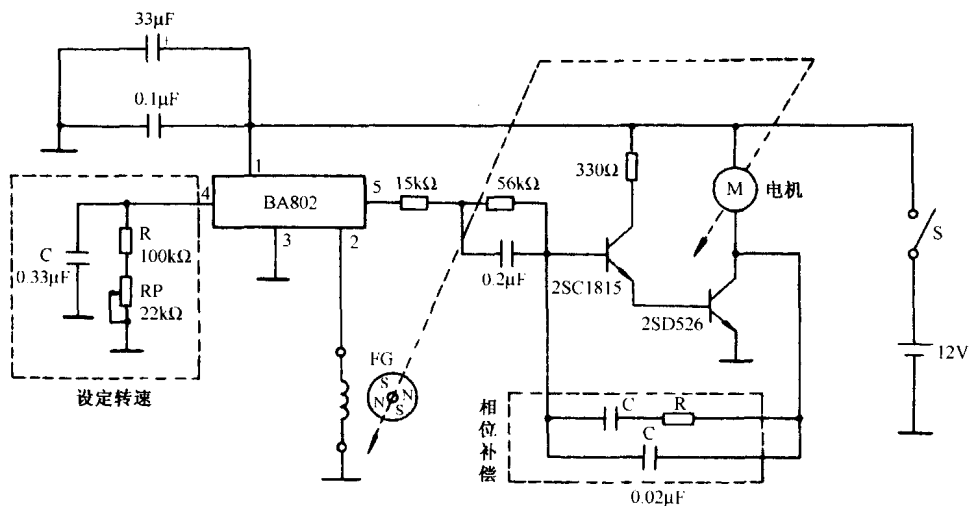


图 1-20 采用 BA802 构成的电机控制电路

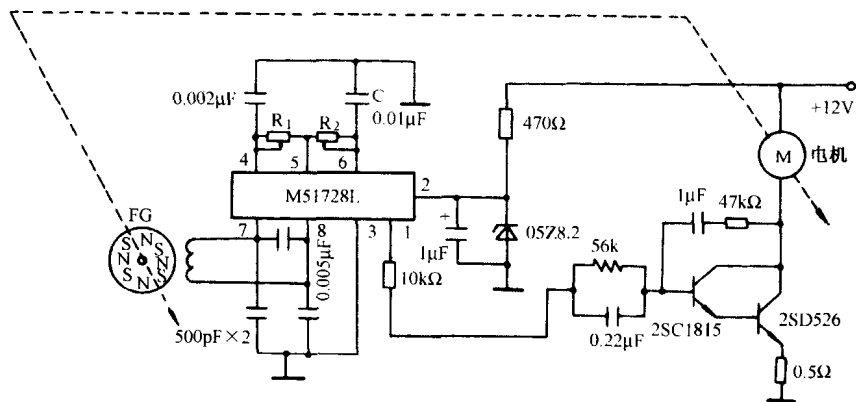


图 1-21 采用 M51728L 构成的电机控制电路

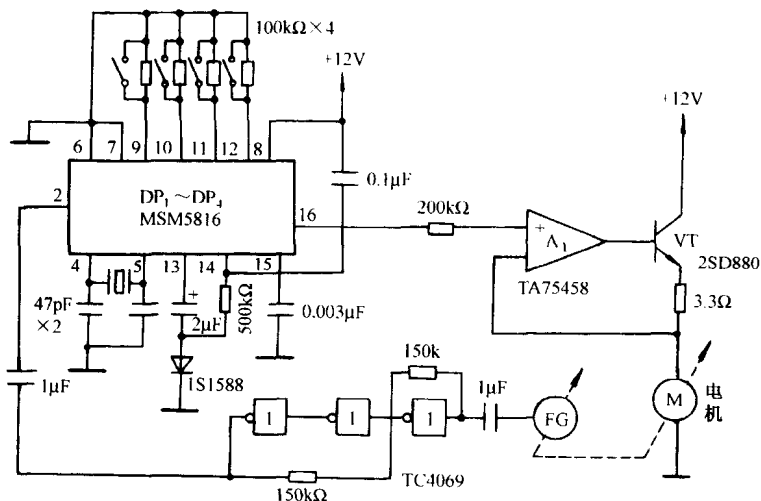


图 1-22 采用 MSM5816 构成的电机控制电路