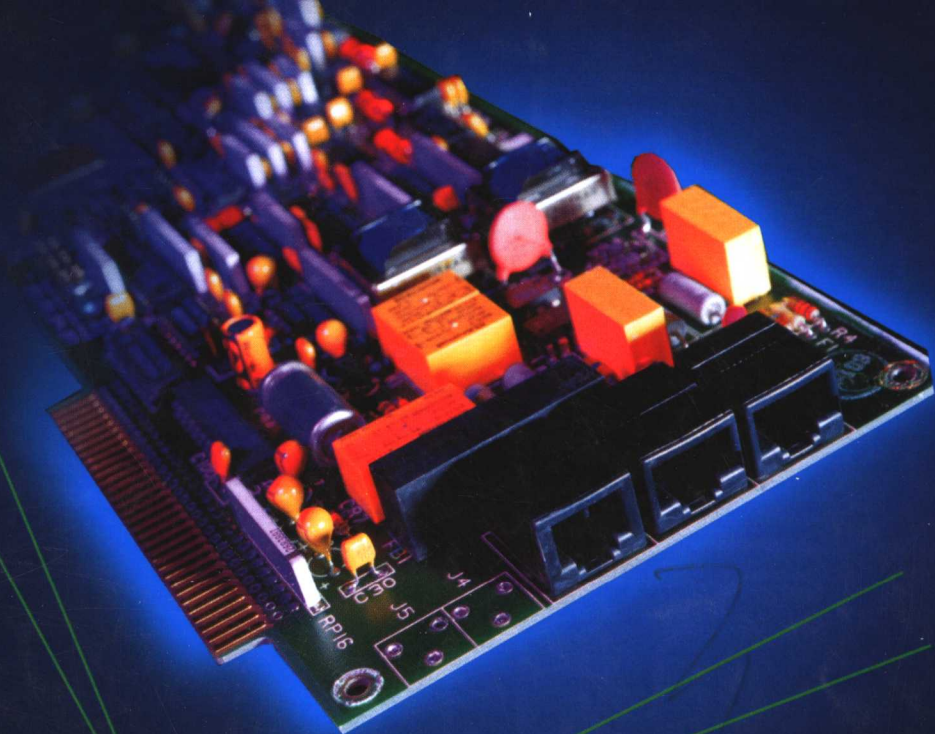




何希才 编著

新型电子电路 应用实例



科学出版社
www.sciencep.com

新型电子电路应用实例

何希才 编著

科学出版社

北 京

1

内 容 简 介

本书参考了国内外最新资料及编者多年实践,提供了 400 多例实用电路。内容包括转换电路、控制电路、传感器应用电路、放大器电路、定时电路、信号发生电路、解调/调制电路、报警与监视电路及电源电路等。这些电路设计新颖、结构合理、性能优良、实用性强。本书还汇集了历届全国大学生电子设计竞赛试题。

本书可供电子工程技术人员、维护人员、管理人员和电子爱好者使用,也可作为对大专院校学生进行电子电路实践、毕业设计提供选择和参考的依据。

图书在版编目(CIP)数据

新型电子电路应用实例/何希才编著. —北京:科学出版社,2005
ISBN 7-03-015403-7

I. 新… II. 何… III. 电子电路 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 036238 号

责任编辑:马长芳/文案编辑:刘学芹/责任校对:刘小梅
责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年8月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2005年8月第一次印刷 印张:19 1/2

印数:1—3 000 字数:386 000

定价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

电子技术的应用范围非常广泛,已经渗透到人类生活的各个方面。作为现代人,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,帮助电子爱好者更好地掌握电子电路的设计与制作技术,使应用电子电路设计工作者能节省大量查阅资料的时间而设计功能更佳的电路,为维护电子设备人员提供参考电路。

本书参考了国内外最新资料及编者多年来的工作实践,提供了 400 多例实用电路。这些电路设计新颖、结构合理、性能优良、实用性强,稍加修改就可用于实践中去。本书精选电路,力求使编入的电路体现最新功能,器件参数准确,调试方法得当,对各种电路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,对读者使用非常方便。

本书分为 10 章。第一章转换电路,主要包括频率/电压、电压/频率、温度/频率、温度/电流、电流/电压、电压/电流、湿度/电压、湿度/频率、交流/直流、电阻/电压、三角波/正弦波及模拟信号/数字信号等各种转换电路。第二章控制电路,主要有实用控制电路、交流功率控制电路、控制系统中常用的施密特电路、比较器电路和模拟开关以及驱动电路和电机控制电路等。第三章传感器应用电路,主要是常用的光电传感器、磁敏传感器、压力传感器、温度与湿度传感器、超声波传感器等应用电路。第四章放大器电路,包括直流放大器、功率放大器、特殊放大器、隔离放大器等电路。第五章定时电路,主要是晶体管和 555 构成的定时电路、计数器电路等。第六章信号发生电路,主要是频率合成器电路、振荡器电路和信号分配与产生电路等。第七章解调/调制电路,包括解调与调制电路及检波电路。第八章报警与监视电路,主要有报警电路、显示和检测电路以及监视和保护电路等。第九章电源电路,主要包括稳定电源实用电路、恒流源与基准电压电路、变换器电路、新型集成稳压器应用电路以及充电器电路。第十章全国大学生电子设计竞赛试题,汇集了第一届(1994 年)至第六届电子设计竞赛试题(2003 年),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。

本书在编写过程中,参考了何川、王桂琴、徐茜、王慧艳、侯春明、何涛、侯玉军、张明莉、薛永毅、尤克等作者的资料,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,欢迎读者批评指正。

目 录

前言

第一章 转换电路	1
1-1 频率/电压与电压/频率转换电路	1
1-2 温度/频率与温度/电流转换电路	11
1-3 电流/电压和电压/电流转换电路	15
1-4 湿度/电压和湿度/频率转换电路	20
1-5 交流/直流转换电路	22
1-6 电阻/电压与三角波/正弦波转换电路	26
1-7 模拟信号/数字信号转换电路	28
第二章 控制电路	32
2-1 实用控制电路	32
2-2 交流功率控制电路	35
2-3 控制系统中常用的施密特电路、比较器电路和模拟开关	42
2-4 驱动电路	53
2-5 电机控制电路	68
第三章 传感器应用电路	87
3-1 光电传感器应用电路	87
3-2 磁敏传感器应用电路	99
3-3 压力传感器应用电路	106
3-4 温度与湿度传感器应用电路	108
3-5 超声波传感器应用电路	115
第四章 放大器电路	121
4-1 直流放大器电路	121
4-2 功率放大器电路	123
4-3 特殊放大器电路	128
4-4 隔离放大器电路	148
第五章 定时电路	155
5-1 晶体管构成的定时电路	155
5-2 555 构成的定时电路	156

5-3	计数器电路	160
5-4	实用定时电路	163
第六章	信号发生电路	170
6-1	频率合成器电路	170
6-2	振荡器电路	178
6-3	信号分配与产生电路	188
第七章	解调/调制电路	198
7-1	解调电路	198
7-2	调制电路	199
7-3	检波电路	205
第八章	报警与监视电路	212
8-1	报警电路	212
8-2	显示和检测电路	214
8-3	监视和保护电路	216
第九章	电源电路	221
9-1	稳定电源实用电路	221
9-2	恒流源与基准电压电路	234
9-3	变换器电路	241
9-4	新型集成稳压器应用电路	249
9-5	充电器电路	268
第十章	全国大学生电子设计竞赛试题	273
10-1	第一届电子设计竞赛试题(1994 年)	273
10-2	第二届电子设计竞赛试题(1995 年)	275
10-3	第三届电子设计竞赛试题(1997 年)	278
10-4	第四届电子设计竞赛试题(1999 年)	282
10-5	第五届电子设计竞赛试题(2001 年)	287
10-6	第六届电子设计竞赛试题(2003 年)	294
附录	常用晶体管代换表	304

第一章 转换电路

1-1 频率/电压与电压/频率转换电路

对于机械控制系统,输入的大多是电机等相对应的转速信号,这时要将这些信号变换为直流信号,即模拟电压信号。例如,将电机转速相对应的频率信号变换为模拟电压,由此控制直流电机的转动等。另外,为使机械控制系统稳定,就要施加负反馈电路,这需要将该系统的输出模拟电压信号变换为转速相对应的频率信号等。这样,在实际中要使用频率/电压或电压/频率转换电路,本节简要介绍这类电路的工作原理。图 1-1 是晶体管构成的频率/电压转换电路,其中,图 1-1(a)是频率/电压转换电路,图 1-1(b)是输入级采用运放的频率/电压转换电路。图 1-1(a)中,VT₁ 和 VT₂ 构成施密特电路,其作用是对输入波形进行整形。R₁ 和 C₁ 构成积分电路,

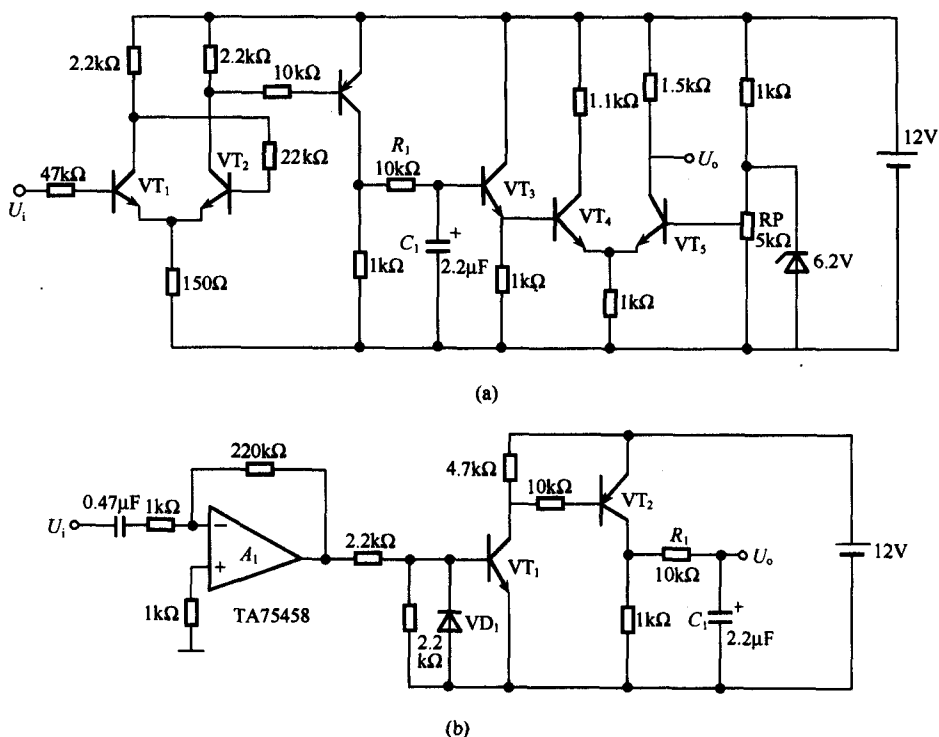


图 1-1 晶体管构成的频率/电压转换电路

(a) 频率/电压转换电路 (b) 输入级采用运放的频率/电压转换电路

VT_3 为缓冲器电路, VT_4 和 VT_5 构成放大器电路。该电路的主要特征是抗噪声能力强、信号电平与电路常数可自由设定, 它是基本的频率/电压转换电路。图 1-1 (b) 中, 晶体管 VT_1 和 VT_2 用于隔离运放 A_1 的直流信号, 积分常数由 R_1 和 C_1 决定。

图 1-2 是采用集成电路 SN74121 的电路实例, 电路中时间常数由 C_1 和 RP_1 决定, R_2 和 C_2 用于相位补偿, 改善系统的特性。

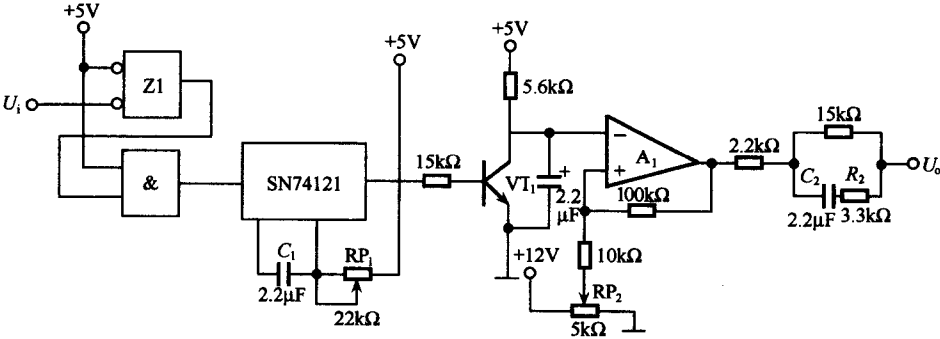


图 1-2 采用集成电路 SN74121 的电路实例

图 1-3 是电机控制专用集成电路应用实例, 输入 U_i 为数字信号, 输出 U_o 为模拟信号。该电路的特征是, 频率/电压转换电路采用 8 位 D/A 转换器 TC9142P。它与上述电路采用的 RC 积分方式不同, 将频率变化转换为直流电平的变化, 直流变换效率高, 尤其是构成伺服系统时, 响应速度快, 因此, 广泛用于高精度的电机控制系统。电路中运放 A_1 是起缓冲作用的缓冲器。

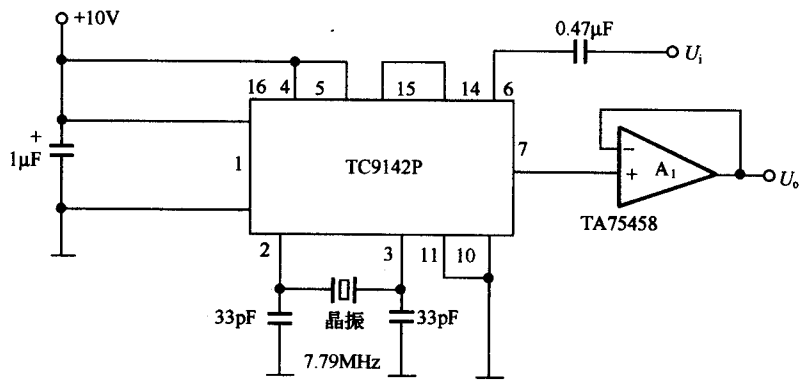


图 1-3 电机控制专用集成电路应用实例

图 1-4 是采用 NJM4151 的频率/电压转换电路。电路中, NJM4151 是频率/电压转换电路, A_1 等构成低通滤波器, A_2 为反相放大器。输入 U_i 是 0~10 kHz 的峰值为 5 V 的方波, 输出 U_o 为 0~10V 的直流电压。

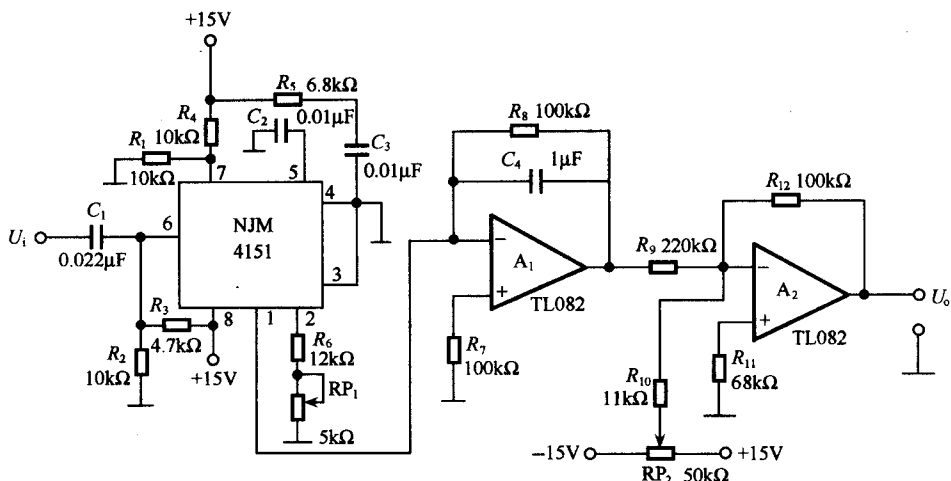


图 1-4 采用 NJM4151 的频率/电压转换电路

图 1-5 是采用 TC4538 的频率/电压转换电路。TC4538 是单触发电路, 它将输入脉冲进行展宽。电路的输入与输出之间的关系为 $U_o = f_i \times 5 \times R_5 (C_4 + C_5)$, 式中, 5 为 5 V 参考电压。通常选定 $C_4 = C_5$, 响应时间由 R_5 和 C_6 决定, 但频率较低时, 纹波电压较大, 因此, 要在 TC4538 的输出接入低通滤波器。但为了提高响应速度, 即使纹波较大, C_6 也要选用较小容量电容。但还要防止由于微分电压的增大使输出饱和。微分电容 C_4 和 C_5 由最大输入频率相对应的输出电压决定, 要选用温度系数小而具有温度补偿的陶瓷片电容。

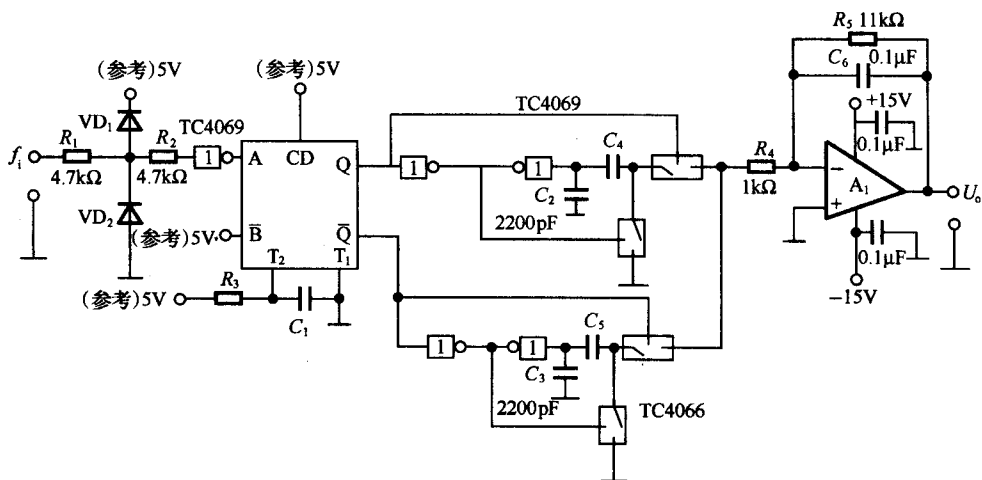


图 1-5 采用 TC4538 的频率/电压转换电路

图 1-6 是采用开关电容滤波器构成的频率/电压转换电路。LTC1013 的 16 脚为频率输入,若开始时 16 脚为高电平,则 12 脚与 13 脚短接, C_2 瞬时充电。若 16 脚变为低电平,下降沿使 12 脚与 14 脚短接, C_2 电荷放电,其放电电流流经 A_1 的反馈环的电容 C_3 流通。其瞬间 A_1 输出变负,因是负反馈作用, A_1 的反相输入端为 0 之前,输出为正。重复以上操作, A_1 输出电压与 LTC1013 的 16 脚输入频率成正比。

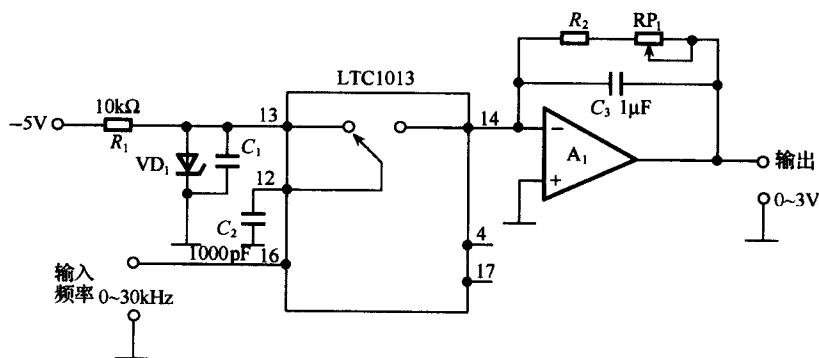


图 1-6 采用开关电容滤波器构成的频率/电压转换电路

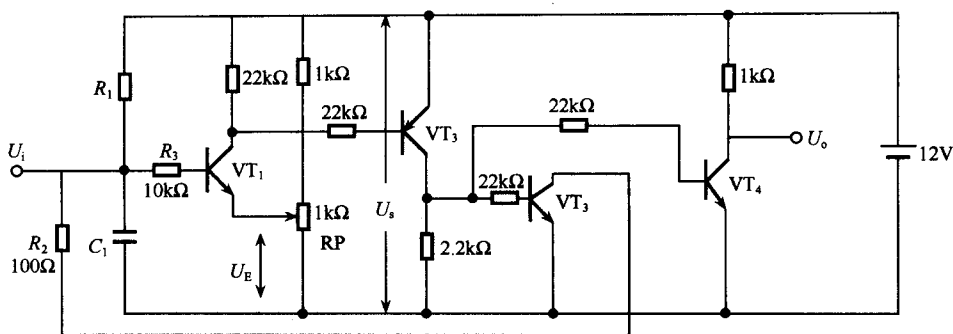
A_1 的反馈电阻决定其直流增益。调整电位器 RP_1 ($10k\Omega$),使输入频率为 $30kHz$ 时, A_1 输出为 $3V$,这样对于输入 $0\sim 30kHz$ 频率,可得 $0\sim 3V$ 输出电压,线性度为 0.005% 左右。

温漂取决于电容 C_2 、 A_1 的反馈电阻以及基准电压(13 脚电压)。为此, C_2 采用温度系数为 $-120\text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 的聚苯乙烯电容, R_2 ($75k\Omega$) 采用温度系数为 $+120\text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 的电阻,基准电压电路的稳压二极管 VD_1 采用 LT1004。

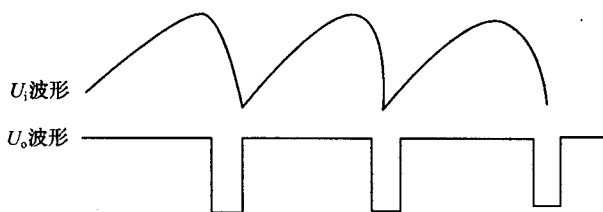
本电路开关电容滤波器采用 LTC1043, A_1 采用 LF356,也可用其他公司类似产品代替。

图 1-7 是 NE555 构成的电压/频率转换电路。电路中, A_1 和 A_2 构成同相积分器, VT_1 和 A_3 构成恒流源,NE555 构成单稳多谐振荡器。 VT_2 是受 NE555 控制使其开关工作,对恒流源实行通/断控制。

A_1 和 A_2 构成同相积分器,即同相输入电位较高,则输出上升;反之,同相输入电位较低,则输出下降。恒流源电流对 C_1 进行充电,由于 A_1 的同相输入为零,致使 A_2 输出向负方向变化。由于 A_2 为反相器,因此, A_1 的输出当然是向正方向上升。若恒流源切断,则积分电流仅是与恒流源反向的输入电流对 C_1 反向充电,又使 A_2 的输出电压向正方向变化,同理 A_1 的输出向负方向变化。由此可知,积分电流受 VT_2 的控制改变方向,从而实现了 A_1 的积分输出改变方向。 A_1 的输出送至 NE555 的 2 脚,只要 7 脚内部晶体管开路, C_2 就由 R_4 充电使其电压上升,当 6 脚电平达到 $(2/3)U_{CC}$ 时就会使片内触发器翻转,3 脚变为低电平,同时 C_2 通过 7 脚放电返回到零电位。由于 3 脚为低电平, VD_1 导通使 VT_2 截止,这就切断了恒流源



(a)



(b)

图 1-8 晶体管构成的电压/频率转换的基本电路

(a) 电路 (b) 工作波形

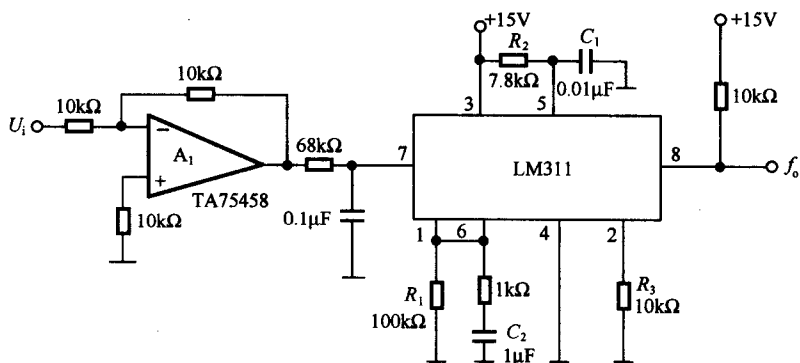


图 1-9 比较器 LM311 构成的电压/频率转换电路

$(R_1 + RP_1)$, 通常设定为 $100 \sim 150 \mu A$ 。另外, 电流开关输出端(1 脚)的电流平均值 I_0 与输入电流 I_N 相等。

当充电电压等于电源电压的 $2/3$ 时, 片内充放电回路复位, 因此, 脉宽 $t = 1.1 R_4 C_3$, 平均电流 $I_0 = I_R \times 1.1 R_4 C_3 f_0$, 即与频率 f_0 成比例, 于是, $f_0 = I_0 / (I_R \times 1.1 R_4 C_3) = (-U_N / R_5) \times [(R_1 + RP_1) / (2.09 R_4 C_3)]$ 。由此可见, 调节 R_1 、 R_4 、 R_5 电阻就可改变输出脉冲的频率, 电路中, 用 RP_1 改变频率。时间常数 $R_4 C_3 = (I_0 / I_R) \times$

$$(1/1.1f_o) \approx 4/4f_o \leq 2.5 \mu s (f_o = 100 \text{ kHz})。$$

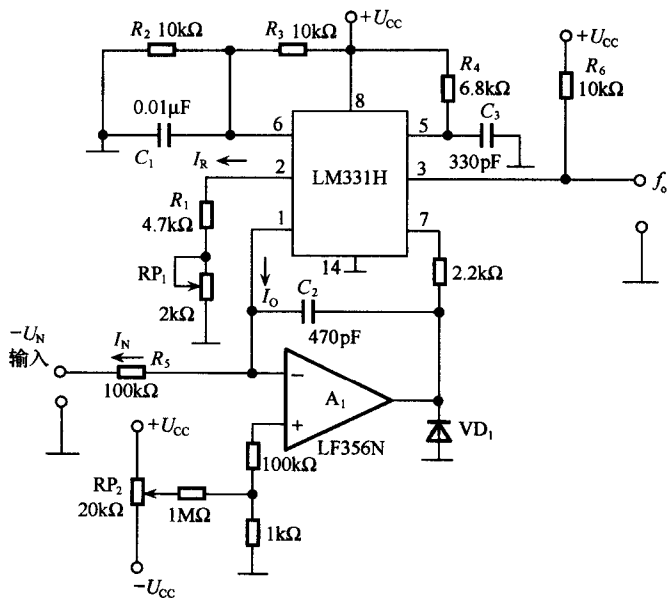


图 1-10 采用 LM331H 的电压/频率转换电路

C_2 为平滑电容,容量大,则对输入电压的响应速度慢,应选用最佳值。 VD_1 为箝位二极管,以免负电压加到 LM331H 的 7 脚上。 R_2 和 R_3 对电源进行一半的分压作为芯片的基准电压。LM331H 的输出为集电极开路方式,驱动逻辑电路时要接上拉电阻 R_6 ,直接驱动光电耦合器时要接限流电阻。

图 1-11 是两个运放构成的电压/频率转换电路。其中,运放 A_1 为积分电路,运放 A_2 为比较器电路,晶体管 VT_1 为放电电路。电路中, VT_1 和 VT_2 采用 2SC945, VT_3 采用 2SA1015,运放 A_1 和 A_2 采用 TA75458。输出频率 $f_o \approx U_i /$

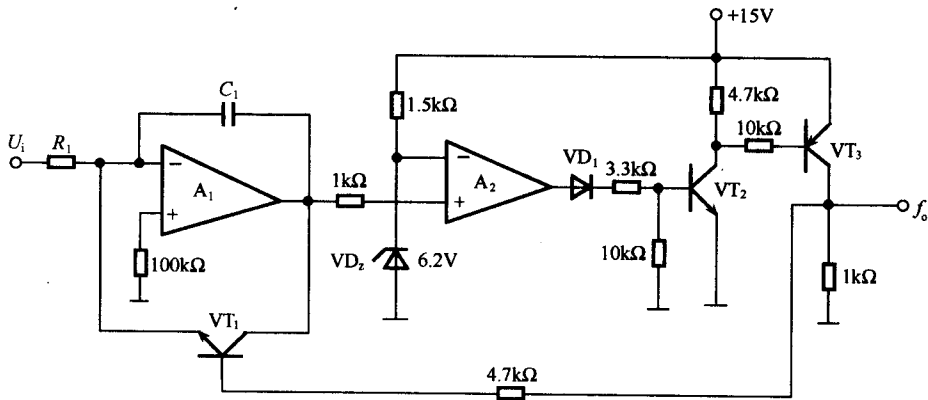


图 1-11 两个运放构成的电压/频率转换电路

$(R_1 C_1 U_z)$, 式中, U_z 为稳压管 VD_z 的稳定电压。

图 1-12 是集成比较器芯片构成的电压/频率转换电路。该电路采用 M51207L 集成芯片, 基本构成与图 1-8 类似, 但设定电压 U_s 范围较宽, 不受环境温度变化的影响。电压/频率转换方法作为模拟电路与数字电路的接口也非常方便。

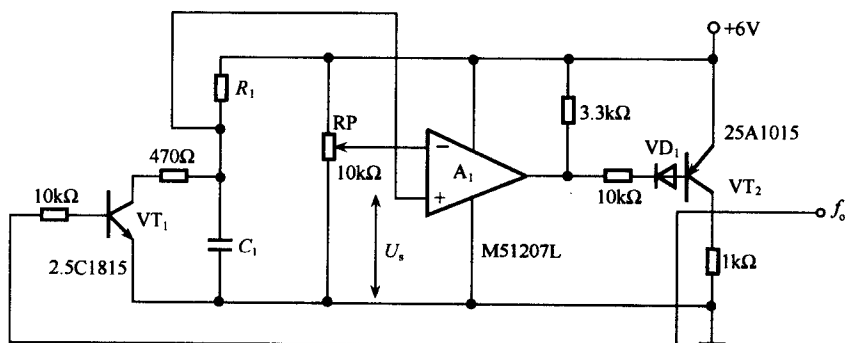


图 1-12 集成比较器芯片构成的电压/频率转换电路

图 1-13 是运放和模拟开关构成的电压/频率转换电路。电路中, 输入电压 U_i 为 $1 \sim 5$ V, 输出频率 f_o 为 $0 \sim 100$ Hz。

$$f_o = \frac{U_o}{4 \times 5 \times (RP_2 + R_7) \times (C_5 + C_6)} \quad (1-2)$$

式中, 4 为常数, 5 为参考 5V 电压, $(RP_2 + R_7) \times (C_5 + C_6)$ 为时间常数, U_o 为 A_1 的输出电压, 其数值等于输入电压减去输入 1V 偏置电压, 由 A_1 进行减法运算, 电路的参数是 A_1 对于输入 $1 \sim 5$ V 转换为 $0 \sim 5$ V。这样, 根据 U_o 为 5 V 时 $f_o = 100$ Hz 选用时间常数, 同时也要考虑 A_2 的偏置电流和稳定性, 电阻选用 200 kΩ 左右,

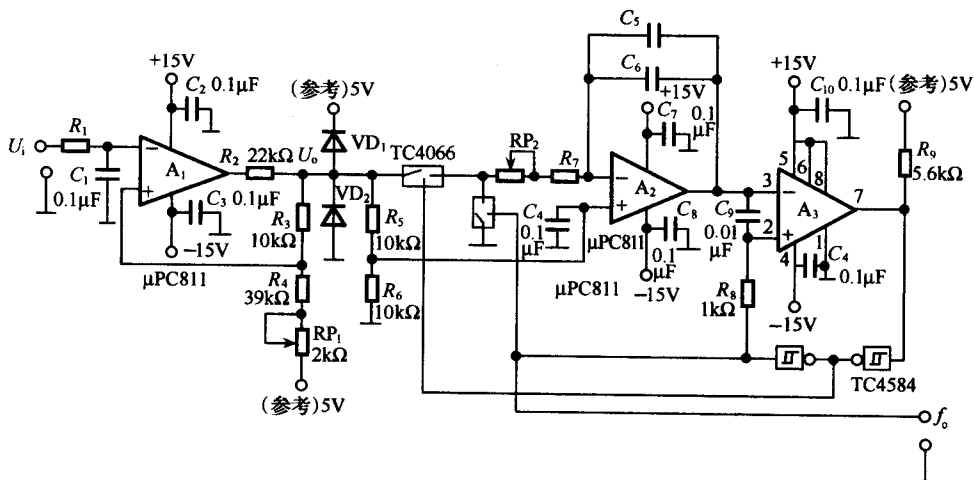


图 1-13 运放和模拟开关构成的电压/频率转换电路

若 $R_7=180\text{ k}\Omega$, 则 $RP_2=20\text{ k}\Omega$ 。由上式计算的时间常数为 2.5 ms , 电容 $(C_5+C_6)=2.5\text{ ms}/190\text{ k}\Omega=0.013\text{ }\mu\text{F}$ 。为了减小电容的温度系数, C_5 和 C_6 选用温度特性互为相反的聚苯电容和聚酯电容并联, $C_5=8200\text{ pF}$, $C_6=4700\text{ pF}$ 。调整时, 输入设为 1.400 V , 调电位器 RP_1 , 使输出为 10 Hz ; 输入设为 5.000 V , 调电位器 RP_2 , 使输出为 100 Hz 。

图 1-14 是电压/频率(正比例)转换电路。采用开关电容滤波器(SCF)作为反馈元件。设开始运放 A_1 的反相输入端为负, 输出端为正。 A_1 的输出接到 LTC1043 的 16 脚, 16 脚为正电压时, 其 12 脚与 13 脚短接, 14 脚与 12 脚断开, 则 C_4 接到 -2.5 V 的 (VD_1) 基准电压, 瞬时充电。而这时 A_1 的反相输入端的电容 C_1 进行充电。当 A_1 的反相输入端电压大于零瞬间, A_1 的输出为负, 则 LTC1043 的 12 脚与 14 脚又短接。 C_4 为负电压充电, 把 C_1 的电压也抑制为负电压。重复以上操作, 则产生持续振荡。因 LTC1043 的 11 脚, 7 脚和 8 脚与 12 脚, 13 脚和 14 脚为同步开关状态, 结果 11 脚输出频率 f_o 与输入电压 U_i 成正比例。按图中电路参数, 输入

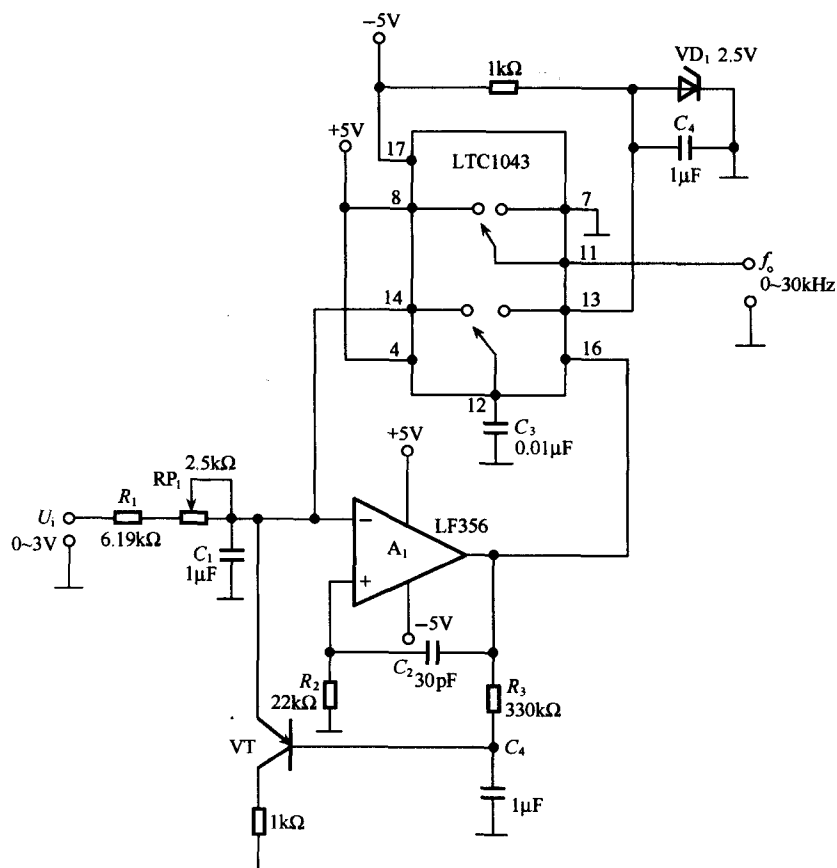


图 1-14 电压/频率(正比例)转换电路

电压 U_i 为 $0 \sim 3 \text{ V}$, 输出频率 f_o 为 $0 \sim 30 \text{ kHz}$ 。

A_1 的输出端与同相输入端连接的 C_2 和 R_2 构成正反馈电路, 把 A_1 的反相输入抑制为负电压, 保证该电路正常工作。如果无正反馈 C_2 和 R_2 , 则反相输入端不能为负电压, 输出返回到正, 有可能不持续产生振荡。

晶体管 VT 在正常工作时不起作用, 它可防止电源接入时产生的冲击。假设电源接入时, A_1 的反相输入端为正电压, 则输出为负, LTC1043 的 12 脚与 14 脚短接, 不接 VT, 则不能产生振荡。如果这时接 VT, A_1 的反相输入端强制为负, 则开始产生振荡。

RP_1 ($2.5 \text{ k}\Omega$) 用于调整输入增益, 使 $U_i = 3 \text{ V}$, 输出 $f_o = 30 \text{ kHz}$ 。这样 $U_i = 0 \sim 3 \text{ V}$, $f_o = 0 \sim 30 \text{ kHz}$, 线性度为 0.005% 。温漂取决于电阻 R_1 和 RP_1 、 C_4 、基准电压。为此, C_4 采用温度系数为 $120 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 的聚苯乙烯电容, R_1 采用温度系数为 $+120 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 的电阻, 基准电压 VD_1 采用温度系数为 $150 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 的 LT1009, A_1 采用 LF356。

图 1-15 是电流/频率转换电路。电路中, A_1 等构成电流/电压转换电路, $4 \sim 20 \text{ mA}$ 的输入电流经电阻 R_1 变换为 $1 \sim 5 \text{ V}$ 的电压, 再用 A_1 将其变换为 $0 \sim -10 \text{ V}$ 的输出电压, 反相放大器的放大倍数应设为 2.5 倍。电流为 4 mA 时, 为了使 A_1 输出为零, 应加偏置电路, 这里, 在 A_1 的同相输入端增设偏置电路, 即由 RP_1 、 VD_1 和 VD_2 等构成。LM331 等构成电压/频率转换电路, 为了改善其线性, 接入电流输入型 A_2 运放, 根据输入电压范围, R_2 阻值选用 $100 \text{ k}\Omega$ 。 C_2 用于保持环路稳定, 其容量要根据输入信号的范围选定。LM331H 的 6 脚用于设定阈值电压, 将电源电压 $+U_{CC}$ 对半分。电压/频率转换器的最高振荡频率由 C_3 和 R_3 决定, 可用 RP_3 改变基准电压或与 R_3 并联电阻来改变振荡频率。输出 3 脚为集电极开路方式, 可直接驱动光电耦合器。光电耦合器中发光二极管导通的电流由 R_4 决定, 约为 8.6 mA 。

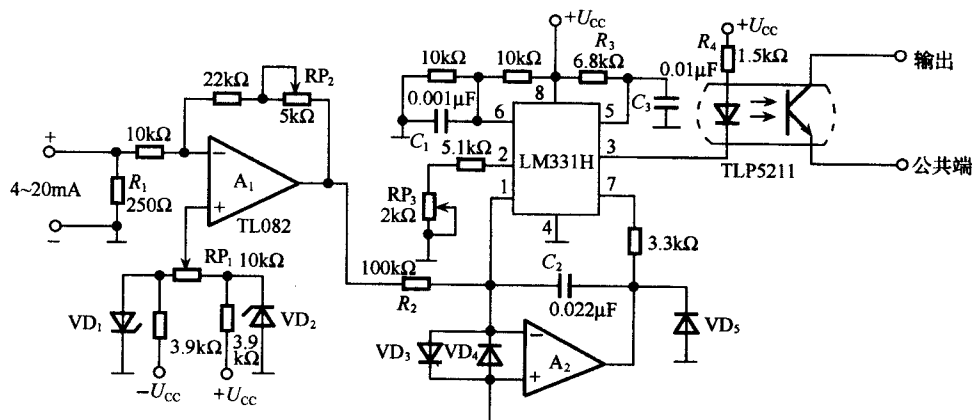


图 1-15 电流/频率转换电路

1-2 温度/频率与温度/电流转换电路

图 1-16 是温度传感器采用二极管的温度/频率转换电路, 这种电路广泛用作将温度变化的信号传送到远方的遥控系统。电路中, A_1 与 VT_1 等构成恒流源电路, 为温度传感器 VD_1 的正向提供恒定电流; A_2 是放大器, 将与温度相应的 VD_1 的变化电压进行放大; LM331 是电压/频率转换器, 将 A_2 的输出电压转换为频率 f_o 输出, 即完成温度/频率的转换工作。若将 f_o 输入到数字设备进行数字处理, 这样, 可构成数字式温度监测系统。

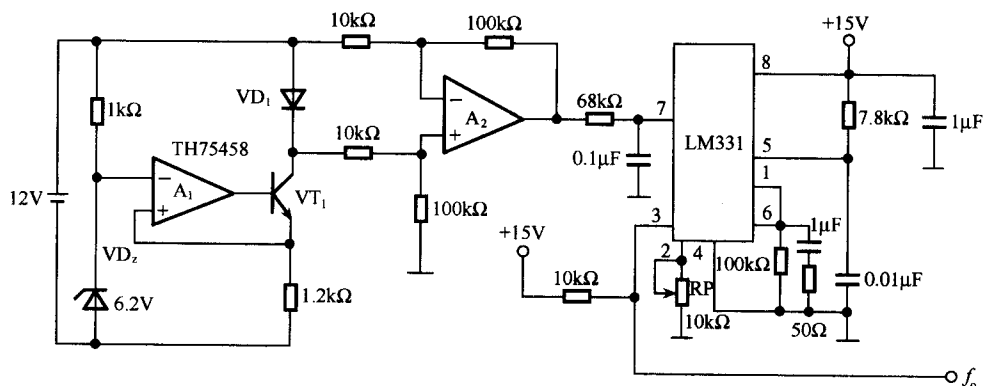


图 1-16 温度传感器采用二极管的温度/频率转换电路

图 1-17 是将 $20\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的温度变换为 $200\sim 1500\text{ Hz}$ TTL 电平的输出频率信号的电路, 温度传感器采用 LM35D, 它的测量温度范围为 $-55\sim +150^{\circ}\text{C}$, 灵敏度

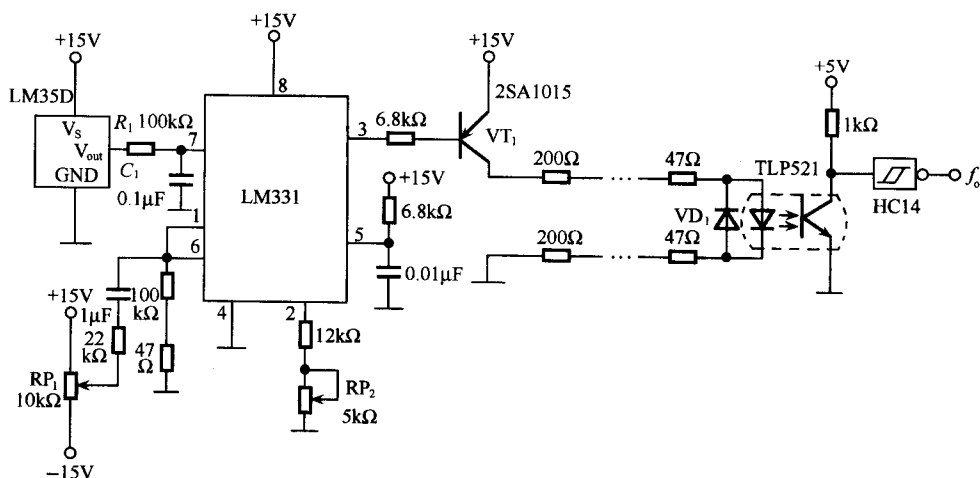


图 1-17 将 $20\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的温度变换为 $200\sim 1500\text{ Hz}$ TTL 电平的输出频率信号的电路