文章编号:1002-4026(2006)01-0050-03

精密电压调节器 TL431 三种应用电路设计

贺桂芳

(山东交通学院信息工程系,山东 济南 250023)

摘要:介绍了三种精密电压调节器 TL431 的应用电路:不平衡直流电桥输出信号的稳定和线性化电路,恒流源电路,4～20mA/0～5V 电流/电压转换电路。分析了电路工作原理,给出了电路设计方法。所设计的电路简单、新颖、实用。可广泛用于模拟电子电路,特别是传感器的信号调理电路中。由于采用了精密电压调节器 TL431 做基准电压源,因此电路精度高,稳定性能好。

关键词:电压调节器;线性化;恒流源;I/V 转换

中图分类号:TN43　　**文献标识码**:A

1　TL431 简介

TL431 是精密电压调节器,利用两只外部电阻可设定 2.5～36V 范围内的任何基准电压值。其电压温度系数很小,为 $30\times10^{-6}/℃$,动态阻抗低,典型值为 0.2Ω。TL431 的等效电路如图 1 所示。图中 A 为阳极,使用时需接地,K 为阴极,需经限流电阻接正电源;V_{REF} 是输出电压 U 的设定端,外接电阻分压器。其中误差放大器 A 同相输入端接从电阻分压器得到的取样电压,反相输入端则接内部 2.5V 基准电压 U_{REF},V_{REF} 端的电压常态下应为 2.5V,因此也称基准端。晶体管 VT 在电路中起到调节负载电流的作用[1]。

TL431 性能优良,价格低廉,现广泛用于开关电源或线性稳压电源中,本文用 TL431 构成输出稳定和线性化的电桥电路、精密恒流源电路、I/V 转换电路。

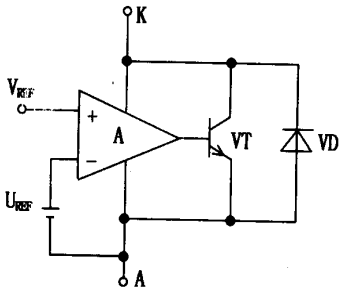

图 1　TL431 等效电路

2　电桥输出信号的稳定和线性化电路

传感器的信号调理电路经常要用到单臂不平衡直流电桥,如图 2(a)所示[2]。某一非电量,例如压力或温度引起桥臂电阻变化 ΔR,电桥失去平衡,产生输出电压 ΔU_0,通过测量该不平衡输出电压可以求得 ΔR,从而求出非电量的大小。图 2(a)中 ΔU_0 为

$$\Delta U_0 = \frac{U}{2} - \frac{R}{2R+\Delta R}U = \frac{\Delta R}{2(2R+\Delta R)}U$$

由于电桥输出 ΔU_0 与 ΔR 是非线性关系,需作线性化处理。在测控技术中通常的硬件处理办法是增加非线性校正电路,结果使信号调理电路变得很复杂。图 2(b)所示电路,利用 TL431 设计了线性化的不平衡直流电桥,很简单地解决了非线性的问题。图 2(b)中 ΔU_0 为

$$\Delta U_0 = V_C - V_D = \frac{U}{2} - V_{REF} = \frac{1}{2}\left(1+\frac{R+\Delta R}{R}\right)V_{REF} - V_{REF} = \frac{\Delta R}{2R}V_{REF}$$

收稿日期:2005-07-15
作者简介:贺桂芳(1963-),女,副教授,现主要从事电子技术和传感器技术的教学和科研工作。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

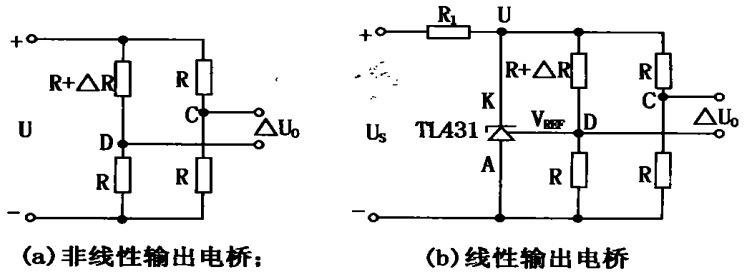

图 2　不平衡直流电桥电路

可见电桥输出 ΔU_0 与 ΔR 成线性关系。从上式还可以看到输出与供桥电压无关,供桥电压的变化不会影响输出电压。也即,电桥采用四线制长电缆的长短、导线周围的环境温度以及供桥电压的变化不会影响电桥的输出。因此图 2(b)所示电桥电路输出电压稳定,并且实现了线性化输出。

3　恒流源电路

恒流源是模拟集成电路中广泛使用的一种单元电路,传感器的信号调理电路也经常要用到恒流源。采用 TL431 可以构成精密恒流源电路。电路如图 3 所示。输出电流为

$$I = \frac{\beta}{1+\beta} I_R \approx I_R = \frac{U - V_{REF}}{R} = \frac{2.5\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right) - 2.5}{R} = \frac{2.5R_1}{RR_2}$$

式中 β 为三极管的电流放大倍数。应选取 β 较大的三极管,例如 9015,其 β 约为 150,也可以选用复合管。β 值越大,温漂系数越小,恒流值越稳定。运放 A 应选用高输入阻抗的运算放大器,例如 CA3140。

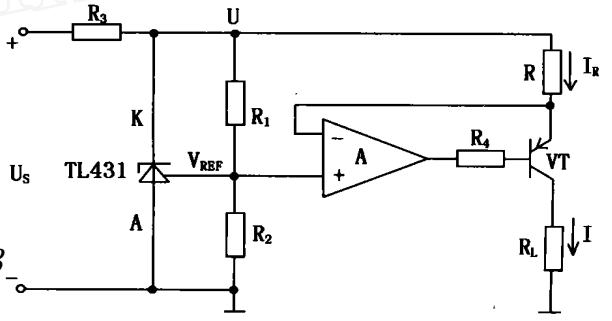

图 3　恒流源电路

4　I/V 转换电路

在计算机自动测控系统的设计中,经常选用具有一定功能的电动组合单元作为系统的一部分,对于电动组合单元 DDZ - Ⅱ型,其输出信号的标准为 4～20mA DC。而一般单片机应用系统信号输出只是电压信号,它能处理的也只有电压信号,因此需要电流/电压转换[3]。

图 4 为采用 TL431 设计的 4～20mA/0～5V 电流/电压转换电路。该电路设计思路如下:

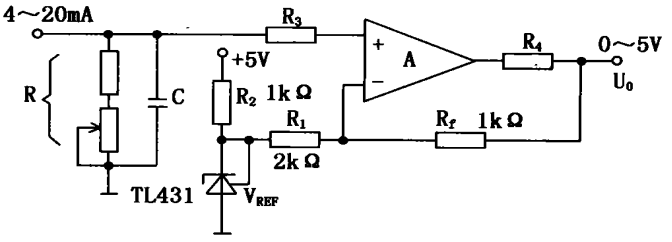

图 4　4～20mA/0～5V 转换电路

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

首先 4～20mA 电流经过电阻 x 变为(4～20mA) x 的电压,再减去基准电压 y,得到输出电压 U_O = (4～20mA) x(kΩ) - y(V)。因为 4mA 电流对应输出电压 0V,20mA 电流对应输出电压 5 V,所以

$$\begin{cases} 4x - y = 0 \\ 20x - y = 5 \end{cases}$$

解上述两个方程,得到 $x = 5/16$kΩ, $y = 5/4$V

于是输出电压 U_0 = (4～20mA) ×5/16(kΩ) - 5/4 (V)

图 4 中 $U_0 = (4\sim20\text{mA})\, R(1 + R_f/R_1) - R_f/R_1 V_{REF} = (4\sim20\text{mA})\, R \times 1.5 - 0.5 \times 2.5$,式中 $R = (5/16)/1.5 = 208.33\Omega$, R 采用 200Ω 固定电阻和 10Ω 微调电阻串联。

5 结束语

本文采用 TL431 设计了输出电压稳定的线性不平衡电桥、精密恒流源和 I/V 转换电路,电路结构设计简单、新颖、实用,可广泛用于模拟电子电路,特别是传感器的信号调理电路中。由于精密电压调节器 TL431 在电路中做基准电压,因此电路精度高,稳定性能好。

参考文献:

[1] 何希才,张明莉. 新型稳压电源及应用实例[M]. 北京:电子工业出版社,2004. 82 - 83.

[2] 贾伯年,俞朴. 传感器技术[M]. 南京:东南大学出版社,2000. 53 - 54.

[3] 李华. MCS - 51 系列单片机实用接口技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1993. 588 - 592.

Three practical circuits design of precision voltage conditioner TL431

HE Gui-fang

(*Department of Information Engineering*, *Shandong Jiaotong University*, *Jinan* 250023, *China*)

Abstract: Three practical circuits of precision voltage conditioner TL431 are introduced: The steady and linear output circuit of imbalance DC bridge, the constant current source, 4～20mA/0～5V converter. The circuit principle is analyzed, and the design method is given. The designed circuit is simple and novel and practical, and it can be used extensively in analogue circuits, special in signal condition circuits of sensor. Because precision voltage conditioner TL431 is used for voltage reference, the circuit is precise and steady.

Key words: voltage conditioner; linearzation; constant current source; I/V converter

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net