

可调式精密稳压集成电路 TL431 及应用

潘玉成

(宁德职业技术学院,福建 福安 355000)

摘要:介绍了 TL431 三端可调精密并联稳压器内部结构、工作原理和主要特点,分析了其典型应用电路,并总结了该器件应用时应注意的几个问题.

关键词:TL431;稳压基准;性能;典型应用

中图分类号:TN 453

文献标识码:A

文章编号:1004-2911(2008)01-0051-05

TL431 是美国德州仪器公司(Texas Instrument)开发的一个有良好热稳定性能的三端可调精密电压基准集成电路,其全称是可调精密并联稳压器,也称为电压调节器或三端取样集成电路.该器件犹如上世纪 70 年代诞生的 555 时基芯片一样,价廉物美、参数优越、性能可靠,因而广泛应用于各种电源电路中.此外,TL431 与其它器件巧妙连接,还可以构造出具有其它功能的实用电路.现在 TL431 已成为用途很广、知名度很高的通用集成电路之一,越来越受到电路设计者的欢迎.

1 内部结构和工作原理

TL431 有三个引出脚,分别为阴极(CATHODE)、阳极(ANODE)和参考端(REF),应用中将这三个引脚分别用 K、A、R 表示,其中, K 为控制端, A 为接地端, R 为取样端,有些电路图中用 1、2、3 分别代表 R、A、K,在电路中的表示符号如图 1 所示. TL431 有两种封装形式:一种为 TO-92 封装,它的外型和小功率塑封三极管一模一样;另一种为双列直插 8 脚塑封结构.

TL431 内部电路如图 2 所示,它由多极放大电路、偏置电路、补偿和保护电路组成.其中晶体管 V_1 、 V_2 构成输入极, V_3 、 V_4 、 V_5 构成稳压基准, V_6 、 V_7 、 V_8 、 V_9 构成差分放大器, V_{10} 、 V_{11} 形成复合管,构成输出极,其它一些电阻、电容、二极管分别起偏置、补偿和保护作用,在原理上它是一个单端输入、单端输出的多级直流放大器.其等效功能框图如图 3 所示,由一个 2.5V 的精密基准电压源、一个电压比较器和一个输出开关管等组成,参考端 R 的输出电压与 2.5V 的精密基准电压源相比较,当 R 端电压超过 2.5V

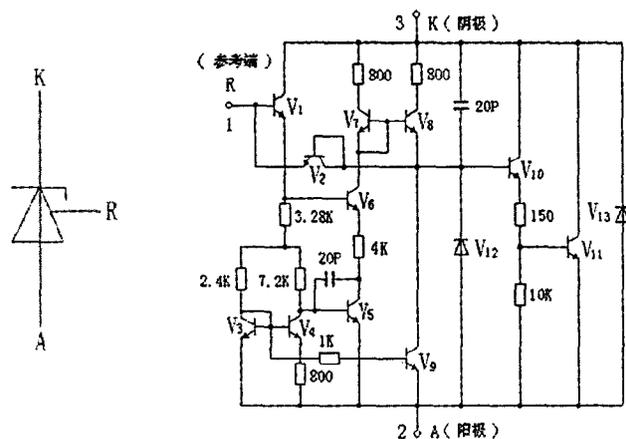


图 1 TL431 电路符号

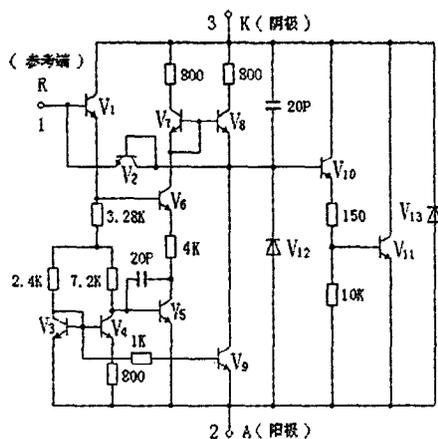


图 2 TL431 内部电路结构

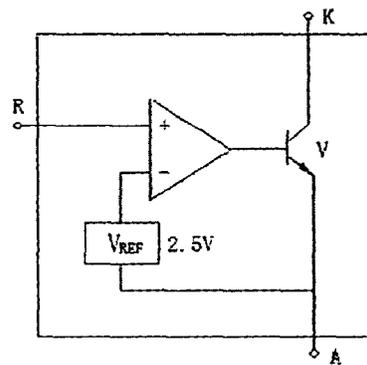


图 3 TL431 等效功能框图

收稿日期:2007-12-10

作者简介:潘玉成(1964-),男,高级讲师,福建福州人,现从事高校物理教学及研究.

E-mail:FAPYC@163.com

时,TL431立即导通.因为R端控制电压误差为±1%,所以R端能精确地控制TL431的导通与截止^[1].

2 性能测试实验

按图4所示电路进行连接,分为输入电压发生变化、负载电阻发生变化、确定稳压值的分压电阻发生变化等三种情况,对TL431的性能指标测试如表1、2、3所示.

由表1数据可见:输入电压发生变化,只要在IK阴极电流不小于0.6mA的情况下,对输出电压无明显影响,即V₀几乎不变.由表2数据可见:负载电阻发生变化,只要在IK阴极电流不小于0.6mA的情况下,对输出电压无明显影响.由表3数据可见:确定稳压值的分压电阻同时发生变化.但R₁阻值在几十千欧以下时,对输出电压无明显影.

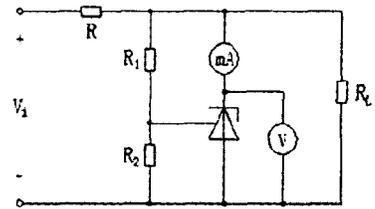


图4 性能测试电路

表1 V_i变化对V₀的影响
(R₁ = R₂ = 2K, R_L = 1K)

V _i (V)	R(Ω)	I _k (mA)	V ₀ (V)
15	100	104	4.988
12	100	72.2	4.985
9	100	37.3	4.983
15	470	16.8	4.980
12	470	10.2	4.980
9	470	2.44	4.978
8.5	470	1.43	4.978
8.2	470	0.61	4.976
8.0	470	0.34	4.818
7.5	470	0.26	4.562

表2 R_L变化对V₀的影响
(V_i = 12V, R₁ = R₂ = 2K, R = 1K)

RL(Ω)	I _k (mA)	V ₀ (V)
10k	32.6	4.984
2k	30.5	4.984
620	25.2	4.983
300	17.1	4.982
200	8.29	4.982
180	5.82	4.981
155	1.33	4.980
151	0.63	4.979
143	0.28	4.811
118	0.15	4.318

表3 R₁、R₂同时变化对V₀的影响
(V_i = 12V, R = 200Ω, R_L = 1K)

R ₁ (Ω)	R ₂ (Ω)	IREF(μA)	V ₀ (V)
100	100	1.3	4.977
500	500	1.3	4.980
1k	1k	1.3	4.983
10k	10k	1.3	4.991
20k	20k	1.3	5.008
50k	50k	1.3	5.047
100k	100k	1.3	5.106
500k	500k	1.3	5.631
1M	1M	1.3	6.276

综合以上测试分析,可得如下结论:

- (1) TL431的动态稳压效果很好,稳压精度特别高.输入电压V_i、负载电阻R_L在一定范围内变化,对输出电压无明显影响.
- (2) 在设计电路时必须保证TL431工作的必要条件,就是通过阴极的电流要大于0.6mA,通常取大于1mA.
- (3) 确定稳压值的分压电阻取值不能太大,可取几百欧~几十千欧,一般取几千欧~十几千欧为好.

对于第3点,原因是稳压值的精确计算公式应为:V₀ = (1 + R₁/R₂)V_{REF} + R₁I_{REF}, I_{REF}是参考端的输入电流,在0.8 ~ 1.5μA间,当R₁的值不太大时,R₁ × I_{REF}的值极小,可忽略不记,简化为平常使用的公式:V₀ = (1 + R₁/R₂)V_{REF}.但当R₁很大时,R₁ × I_{REF}的值已不可忽略,公式V₀ = (1 + R₁/R₂)V_{REF}即不适用了^[2].

3 典型应用电路

3.1 基准电压源电路

由TL431构成的基准电压温漂小,又有相当的负载能力,且输出电压连续可调.其典型电路如图5所示,当R₁和R₂的阻值确定时,两者对V₀的分压引入反馈,若V₀增大,反馈量增大,TL431的分流也就增加,从而又导致V₀下降.显见,这个深度的负反馈电路必然在参考端的电压等于基准电压处稳定,此时V₀ = (1 + R₁/R₂)V_{REF}.选择不同的R₁和R₂的值可以得到从2.5V到36V范围内的任意电压输出.图中R为限流电阻.特别地,当取R₁ = R₂时,输出电压V₀ = 5V.若使R₁短路,R₂开路,即把R端与K端短接,此时则有输出电压V₀ = 2.5V,最适合用于DVM或其它ADC作基准电压源.

当负载电流较大时,可采用三极管扩流,组成大电流基准电压源,电路如图 6 所示. 图中的晶体管 V 可根据负载电流的大小选用不同功率的晶体管,这时限流电阻 R 也要相应增加其功率.

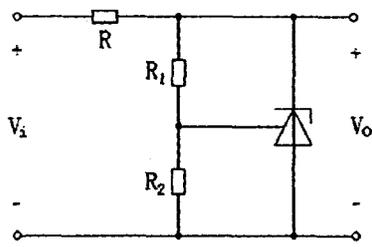


图 5 基准电压源

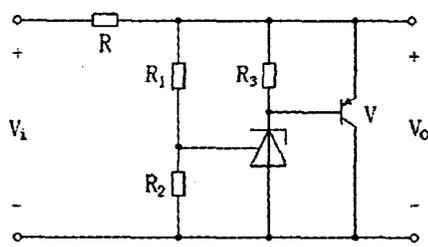


图 6 大电流基准电压源

3.2 恒流源电路

由前面的分析可见,器件作为分流反馈后,参考端的电压始终稳定在 2.5V,那么当接在参考端和地之间的电阻一定时,流过它的电流就应该是恒定的. 利用这个特点,可以将 TL431 应用很多恒流电路中. 如图 7 就是一个实用的恒流源电路,由于 TL431 的温度系数为 50ppm/°C,所以输出恒流的温度特性要比普通镜像恒流源或恒流二极管好得多.

上述恒流电路中,由于没有电流反馈环节,所以当输出电流因某种原因发生变化时,不能通过自身的调节作用使输出电流近似不变. 图 8 给出了一种改进型电路. 图中晶体管 V_1 接成二极管,用于补偿 V_{bc2} 的温漂, R_2 为 V_1 提供了合适的电流,使其温度系数与 V_{bc2} 相同,从而使电路的温度特性得到改善. R_3 为负载电流的取样电阻,当输出电流 I_L 增加时, R_3 两端的电压也增加,致使 V_2 管的基极电压减小, I_{C2} 减小,从而使输出电流减小.

3.3 电压比较器电路

图 9 是利用 TL431 构成的一种典型的电压比较器电路,该电路的比较电压为: $2.5 \times (1 + R_1/R_2) V$. 当 $V_i > 2.5 \times (1 + R_1/R_2) V$ 时,TL431 导通, $V_o = 2V$; 当 $V_i < 2.5 \times (1 + R_1/R_2) V$ 时,TL431 截止, $V_o = V_{cc}$. 由于 TL431 的动态输出阻抗很小,因此,该电路的输入输出波形跟踪良好.

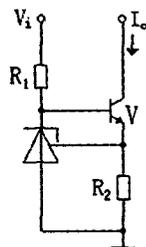


图 7 恒流源电路

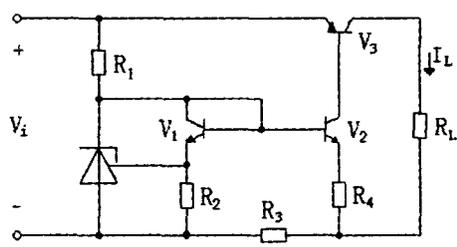


图 8 改进型恒流源电路

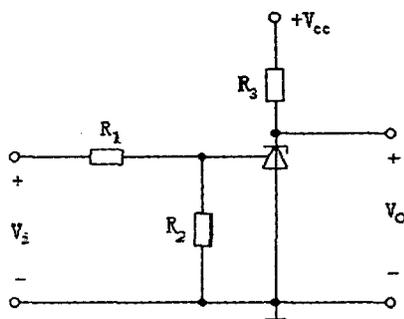


图 9 电压比较器

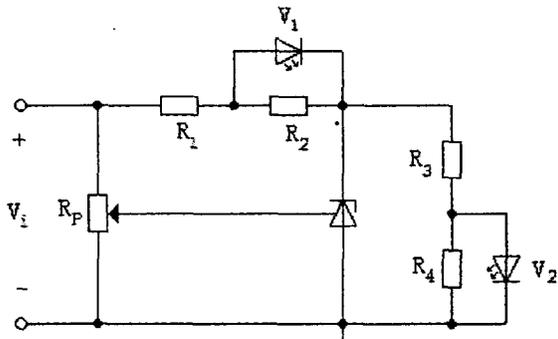


图 10 电压监视器

3.4 电压监视器电路

图 10 是利用 TL431 参考端对输入电压的鉴别灵敏度高的特性,构成的一种电池电压监视电路. 图

中 TL431 用作电压比较器,其内部 V_{REF} 作为比较器的基准电压,调节电位器 R_p 可适应不同电压的电池组.当电池电压正常时,电位器的中点电位大于 TL431 的 V_{REF} 而使其导通,电流 I_k 经电阻 R_2 产生压降,绿色发光二极管 V_1 发光,这时 $V_k = 2V$, R_4 两端的电压小于 V_2 的导通电压而熄灭, V_2 为红色发光二极管.当电池组电压低于正常值时, R_p 的中点电位低于 TL431 的 V_{REF} 并使其截止, V_k 升高, R_4 两端的电压大于 V_2 的导通电压而使其发光.同时,由于 TL431 截止,通过 R_2 的电流减小,使其两端的电压小于 V_1 的导通电压而熄灭.

3.5 过压保护电路

图 11(a)、(b) 是采用 TL431 实现的过压保护电路,当电子整机的供电电压由于某种原因超过额定电压值时,使 TL431 的基准电压达到 2.5V,阴阳极间呈低阻抗态,立即触发双向可控硅 V_1 (a 图) 或单向可控硅 V_2 (b 图) 导通.强大的短路电流瞬间即可将保险丝熔断,切断电源,实现电子整机的过压保护.

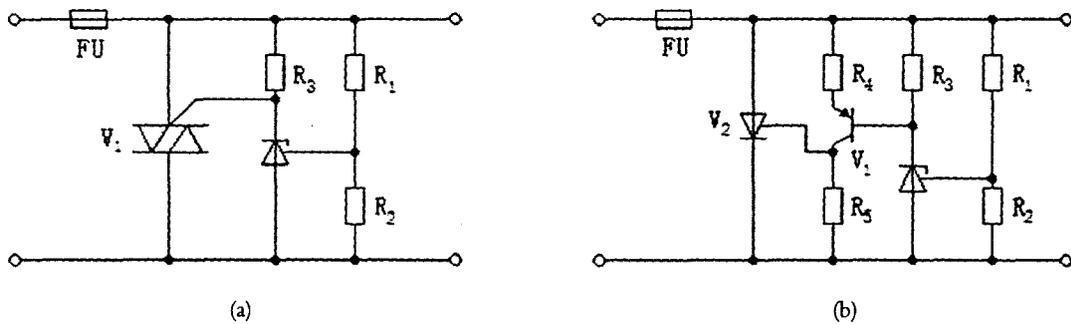


图 11 过压保护电路

3.6 大功率可调稳压电源

利用 TL431 作电压基准和驱动外加场效应管 V_1 (K790) 作调整管构成的输出电流大(约 6A)、稳定性好的稳压电源电路,如图 12 所示. 220V 的交流电压经变压器 T 降压、桥式整流、 C_1 滤波.此外, V_3 、 V_4 、 C_2 、 C_3 组成倍压电路 ($V_{dc} = 60V$), R_p 、 R_{3k} 组成分压电路, TL431、 R_1 组成取样放大电路, V_2 (9013)、 R_2 组成限流保护电路,场效应管 V_1 作调整管(可直接并联使用), C_5 是输出滤波器电路.稳压过程是:当输出电压降低时, f 点电位降低,经 TL431 内部放大使 e 点电位增高,经 V_1 调整后, b 点电位升高;反之,当输出电压增高时, f 点电位增高,当 e 点电位降低,经 V_1 调整后,电 b 点电位降低.当输出流大于 6A,三极管 V_2 饱和,使输出电流被限制在 6A 以内,从而达到限流的目的.该电路除电阻 R_1 选用 2W、 R_2 选用 5W 外,其它元件无特殊要求.

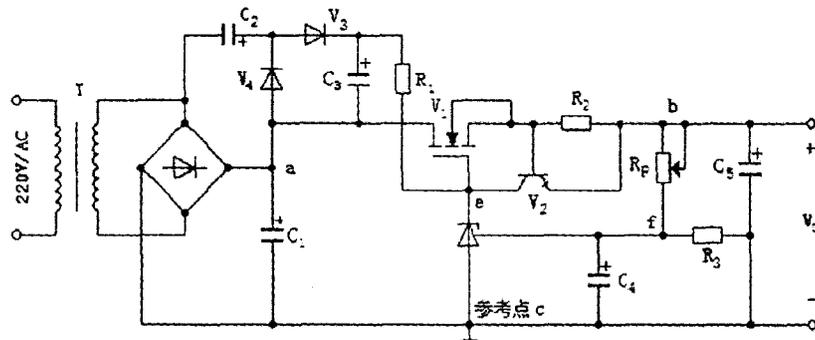


图 12 可调稳压电源

4 应用注意事项

(1) 应注意电流大小问题.流过 TL431 的最小电流必须大于 1mA, 否则失去稳压性能,最大不能超过 100 mA, 否则就会损坏 TL431.

(2) 应注意功耗问题. 常见 TO-92 封装的 TL431 最大功耗为 0.775W, TL431 在电路的实际消耗为 $P_o = V_o I_k$, V_o 为输出电压, I_k 为通过 TL431 的电流. 因此, TL431 只有在输出不超过 7.75V 时才可输出 100 mA 电流, 输出电压为 15V 时, 只能输出 50 mA 电流, 这是因为受功耗限制的缘故.

(3) 应防止 TL431 发生振荡的问题. 当 TL431 输出接有容性负载时, 且当电容量在 $0.01\mu\text{F} \sim 1\mu\text{F}$ 之间, 可能会发生振荡, 但当输出电压大于 15V, I_k 大于 10mA 可完全避免振荡的发生.

(4) 应注意取样电阻的选择问题. 取样电阻的选材及布放, 直接影响到稳压精度和温度特性, 因此必须选用温度系数小、噪声小、功率裕量大的同型号精密电阻.

5 结语

本文根据 TL431 三端可调精密并联稳压器的内部结构及特点, 从不同角度介绍了该器件一些典型的应用例子. 大量实验和长期应用证明, TL431 确是一片设计精巧、应用方便、性能可靠、性价比较高的稳压基准, 应用前景广阔.

参考文献:

- [1] 雷开卓. TL431 的原理及应用研究[J]. 电源技术应用, 2001(4): 34-36.
- [2] 冯 玮. WLAN 技术的应用及其发展趋势[J]. 宁德师专学报(自然科学版)2005(3): 281-283.
- [3] 薛居宝. 性能优良的 TL431[J]. 电子制作, 2005(1): 52-53.
- [4] 李 杰. 精密可调基准电压源及其应用[J]. 电子与仪表, 1990(4): 33-37.

Characteristics and application of TL431 adjustable precision voltage regulator IC

PAN Yu - cheng

(Ningde Vocational and Technical College, Fuan Fujian 355000, China)

Abstract: This paper introduces the internal structure of the TL431 three-terminal adjustable precise parallel regulator, working principles and main features. And it also presents the analysis of the typical application circuits, and summarizes some issues that this device should be paid attention to while employing.

Key words: TL431; voltage-reference; performance; typical application