

TL431C	TL431AC	TL431I	TL431AI	TL431M	TL431Y
--------	---------	--------	---------	--------	--------

## 可调精密并联稳压器

### 一、概述

#### 1.1 一般说明

TL431和TL431A是三端可调并联稳压器，在应用工业、商用、军用温度范围内具有规定的热稳定性。输出电压可用两个外部电阻设置至 $V_{ref}$ （约2.5V）和36V之间的任何值（见图16）。器件的输出阻抗典型值为0.2。有源输出电路提供非常尖锐的导通特性，使器件成为许多应用如片内稳压、可调电源及开关电源中齐纳二极管的良好替代品。

TL431可提供包括SOT-89封装（后缀为PK）在内的多种高密度封装供用户选择。

TL431C和TL431AC的工作温度范围为0 至70，TL431I和TL431AI的工作温度范围为-40 至85，而TL431M则工作在全军事温度范围-55 至125。

#### 可选项

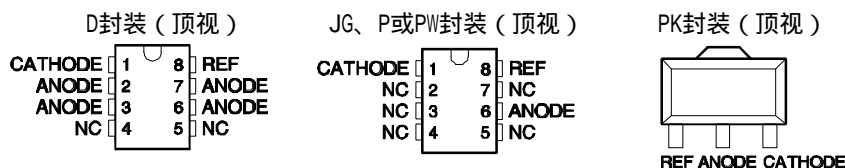
$T_A$	已封装器件							芯片形式 (Y)
	小型 (D)	芯片载体 (FK)	陶瓷DIP (JG)	T0-226AA (LP)	塑料DIP (P)	SOT-89 (PK)	TSSOP (PW)	
0 至70	TL431CD TL431ACD			TL431CLP TL431ACL	TL431CP TL431ACP	TL431CPK	TL431CPW	TL431Y
-40 至85	TL431ID TL431AID			TL431ILP TL431AILP	TL431IP TL431AIP	TL431IPK		
-55 至125		TL431MFK	TL431MJG					

D和LP封装可捆扎与卷绕。在器件型号上加后缀R（例如，TL431CDR）。PK封装仅可捆扎与卷绕使用（不需要后缀R）。芯片形式在 $T_A=25$  时测试。

#### 1.2 特点

- 全范围温度系数：30ppm/
- 0.2 典型输出阻抗
- 吸收电流能力：1mA至100mA
- 低输出噪声
- 可调输出电压： $V_{ref}$ 至36V
- 多种高密度封装可供选择：小型 (D)  
T0-226AA (LP)  
SOT-89 (PK)  
TSSOP (PW)

#### 1.3 引脚排列



### P&S武汉力源电子股份有限公司

地址：湖北武汉市卓刀泉路15号

信箱：武汉市70020信箱

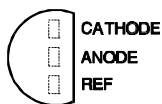
电话：(86) (027) 87493500 ~ 87493506

P&S网网址：<http://www.p8s.com>

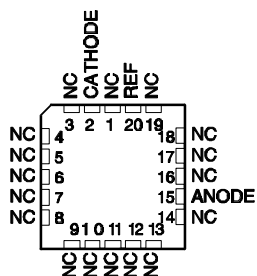
邮编：430079

传真：(86) (027) 87491166, 87493493

LP封装 (顶视)



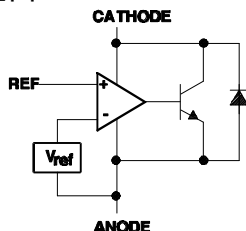
FK封装 (顶视)



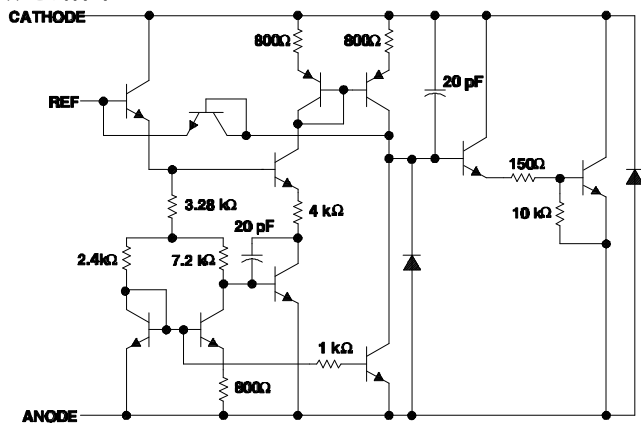
## 1.4 电路符号



## 1.5 功能方框图

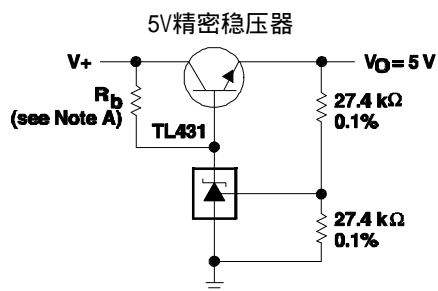


## 1.6 等效电路图



注A: 所有元件值均为额定值。

## 1.7 应用电路图



## P&amp;S武汉力源电子股份有限公司

地址: 湖北武汉市卓刀泉路15号

信箱: 武汉市70020信箱

电话: (86) (027) 87493500 ~ 87493506

P&S网网址: <http://www.p8s.com>

邮编: 430079

传真: (86) (027) 87491166, 87493493

注A：R<sub>0</sub>应对TL431提供不小于1mA的阴极电流。

## 二、特性

### 2.1 在自然通风工作温度范围内的极限参数（除非另有说明）+

阴极电压，V <sub>KA</sub> （见注1）	37V
连续阴极电流范围，I <sub>KA</sub>	-100mA至150mA
基准输入电流范围	-50 μA至10mA
连续总功耗	见功耗额定值表1及表2
工作温度范围（自然通风），T <sub>A</sub> ：C后缀	0 至70
I后缀	-40 至85
M后缀	-55 至125
储存温度范围，T <sub>stg</sub>	-65 至150
外壳温度，60秒：FK封装	260
引线温度，离外壳1.6mm（1/16英寸），10秒：D、P或PW封装	260
引线温度，离外壳1.6mm（1/16英寸），60秒：JG、LP或PK封装	300

+ 强度超出所列的极限参数可能导致器件的永久性损坏。这些仅仅是极限参数，并不意味着在极限参数条件下或在任何其他超出推荐工作条件中所示参数的情况下器件能有效地工作。延长在极限参数条件下的工作时间会影响器件的可靠性。

注1：除非另有说明，电压值相对于阳极端。

功耗额定值表1——自然通风温度

封装	T <sub>A</sub> =25 功耗额定值	T <sub>A</sub> =25 以上 递减因子	T <sub>A</sub> =70 功耗额定值	T <sub>A</sub> =85 功耗额定值	T <sub>A</sub> =125 功耗额定值
D	725 mW	5.8 mW/	464 mW	377 mW	—
FK	1375 mW	11.0 mW/	880 mW	715 mW	275 mW
JG	1050 mW	8.4 mW/	672 mW	546 mW	210 mW
LP	775mW	6.2mW/	496mW	403mW	—
P	1000mW	8.0mW/	640mW	520mW	—
PK	500mW	4.0mW/	320mW	260mW	—
PW	525mW	4.2mW/	336mW	—	—

功耗额定值表2——外壳温度

封装	T <sub>C</sub> =25 功耗额定值	T <sub>C</sub> =25 以上 递减因子	T <sub>C</sub> =70 功耗额定值	T <sub>C</sub> =85 功耗额定值
PK	3125mW	25mW/	2000mW	1625mW

### 2.2 推荐工作条件

	MIN	MAX	单位
阴极电压，V <sub>KA</sub>	V <sub>ref</sub>	36	V
阴极电流，I <sub>KA</sub>	1	100	mA

### 2.3 电特性

#### 2.3.1 推荐工作条件下的电特性，T<sub>A</sub>=25 （除非另有说明）

## P&S武汉力源电子股份有限公司

地址：湖北武汉市卓刀泉路15号

信箱：武汉市70020信箱

电话：(86) (027) 87493500 ~ 87493506

P&S网网址：http://www.p8s.com

邮编：430079

传真：(86) (027) 87491166, 87493493

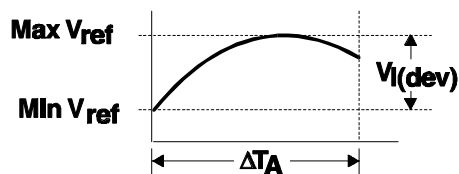
PARAMETER	TEST CIRCUIT	TEST CONDITIONS	TL431C			TL431I			TL431M			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V <sub>ref</sub>	Reference voltage	1	V <sub>KA</sub> = V <sub>ref</sub> , I <sub>KA</sub> = 10 mA			2440	2495	2550	2440	2495	2550	mV
V <sub>I(dev)</sub>	Deviation of reference voltage over full temperature range**	1	V <sub>KA</sub> = V <sub>ref</sub> , I <sub>KA</sub> = 10 mA, T <sub>A</sub> = Full range†			4	25		5	50		mV
$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$	Ratio of change in reference voltage to the change in cathode voltage	2	I <sub>KA</sub> = 10 mA			$\Delta V_{KA} = 10 \text{ V} - V_{ref}$			$\Delta V_{KA} = 36 \text{ V} - 10 \text{ V}$			$\frac{\text{mV}}{\text{V}}$
						-1.4	-2.7		-1.4	-2.7		
I <sub>ref</sub>	Reference current	2	I <sub>KA</sub> = 10 mA, R <sub>1</sub> = 10 k $\Omega$ , R <sub>2</sub> = $\infty$			2	4		2	4		$\mu\text{A}$
I <sub>I(dev)</sub>	Deviation of reference current over full temperature range**	2	I <sub>KA</sub> = 10 mA, R <sub>1</sub> = 10 k $\Omega$ , R <sub>2</sub> = $\infty$ , T <sub>A</sub> = Full range			0.4	1.2		0.8	2.5		$\mu\text{A}$
I <sub>min</sub>	Minimum cathode current for regulation	1	V <sub>KA</sub> = V <sub>ref</sub>			0.4	1		0.4	1		mA
I <sub>off</sub>	Off-state cathode current	3	V <sub>KA</sub> = 36 V, V <sub>ref</sub> = 0			0.1	1		0.1	1		$\mu\text{A}$
Z <sub>KA</sub>	Dynamic Impedance***	1	I <sub>KA</sub> = 1 mA to 100 mA, V <sub>KA</sub> = V <sub>ref</sub> , f $\leq$ 1 kHz			0.2	0.5		0.2	0.5		$\Omega$

\* 对于符合军用标准MIL-STD-883、Class B的产品，此参数不作生产测试。

+ 对于TL431C，全温度范围为0 ~ 70，对于TL431I为-40 ~ 85，而对于TL431M则为-55 ~ 125。

\*\* 偏离参数V<sub>ref (dev)</sub>和I<sub>ref (dev)</sub>定义为在额定温度范围内得到的最大值与最小值之差。基准电压的平均全范围温度系数 V<sub>ref</sub>定义为：

$$|aV_{ref}| \left( \frac{\text{ppm}}{^{\circ}\text{C}} \right) = \frac{\left( \frac{V_{I(dev)}}{V_{ref}(T_A = 25^{\circ}\text{C})} \right) \times 10^6}{\Delta T_A}$$



其中 T<sub>A</sub>是器件的额定工作温度范围（自然通风）。V<sub>ref</sub>可正可负，这取决于在低温下所发生的是V<sub>ref</sub>最小值还是V<sub>ref</sub>最大值。

例如：对于TL431而言，30 时最大V<sub>ref</sub>为2496mV，0 时最小V<sub>ref</sub>为2492mV，25 时V<sub>ref</sub>为2495mV，T<sub>A</sub>=70，则：

$$|aV_{ref}| = \frac{\left( \frac{4\text{mV}}{2495\text{mV}} \right) \times 10^6}{70^{\circ}\text{C}} \approx 23\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$$

因为低温时发生的是V<sub>ref</sub>最小值，所以温度系数为正。

\*\*\* 动态阻抗定义为：|Z<sub>KA</sub>| = V<sub>KA</sub> / I<sub>KAo</sub>。当器件用两个外部电阻工作时（见图2），电路的总动态阻抗由下式给出：

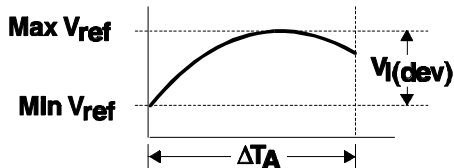
$$|Z'| = \frac{\Delta V}{\Delta I} \approx |Z_{KA}| \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

2.3.2 推荐工作条件下的电特性,  $T_A=25$  (除非另有说明)

PARAMETER	TEST CIRCUIT	TEST CONDITIONS	TL431AC			TL431AI			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{ref}$ Reference voltage	1	$V_{KA}=V_{ref}, I_{KA}=10\text{ mA}$	2470	2495	2520	2470	2495	2520	mV
$V_{I(dev)}$ Deviation of reference voltage over full temperature range**	1	$V_{KA}=V_{ref}, I_{KA}=10\text{ mA}, T_A=\text{Full range}^+$	4	25		5	50		mV
$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$ Ratio of change in reference voltage to the change in cathode voltage	2	$I_{KA}=10\text{ mA}, \Delta V_{KA}=10\text{ V}-V_{ref}, \Delta V_{KA}=36\text{ V}-10\text{ V}$	-1.4	-2.7		-1.4	-2.7		$\frac{\text{mV}}{\text{V}}$
$I_{ref}$ Reference current	2	$I_{KA}=10\text{ mA}, R_1=10\text{ k}\Omega, R_2=\infty$	2	4		2	4		$\mu\text{A}$
$I_{I(dev)}$ Deviation of reference current over full temperature range**	2	$I_{KA}=10\text{ mA}, R_1=10\text{ k}\Omega, R_2=\infty, T_A=\text{Full range}^+$	0.8	1.2		0.8	2.5		$\mu\text{A}$
$I_{min}$ Minimum cathode current for regulation	1	$V_{KA}=V_{ref}$	0.4	0.6		0.4	0.7		mA
$I_{off}$ Off-state cathode current	3	$V_{KA}=36\text{ V}, V_{ref}=0$	0.1	0.5		0.1	0.5		$\mu\text{A}$
$ Z_{KA} $ Dynamic impedance***	1	$V_{KA}=V_{ref}, I_{KA}=1\text{ mA to }100\text{ mA}, f=1\text{ kHz}$	0.2	0.5		0.2	0.5		$\Omega$

+ 对于TL431AC, 全温度范围为0 至70 , 而对于TL431AI, 则为-40 至85 。

\*\* 偏离参数 $V_{ref(dev)}$ 和 $I_{ref(dev)}$ 定义为在额定温度范围内得到的最大值与最小值之差。基准电压的平均全范围温度系数  $V_{ref}$ 定义为:

$$|aV_{ref}| \left( \frac{\text{ppm}}{^\circ\text{C}} \right) = \frac{\left( \frac{V_{I(dev)}}{V_{ref}(T_A=25^\circ\text{C})} \right) \times 10^6}{\Delta T_A}$$


其中  $T_A$ 是器件的额定工作温度范围(自然通风)。 $V_{ref}$ 可正可负,这取决于在低温下所发生的是 $V_{ref}$ 最小值还是 $V_{ref}$ 最大值。

例如:对于TL431而言,30 时最大 $V_{ref}$ 为2496mV,0 时最小 $V_{ref}$ 为2492mV,25 时 $V_{ref}$ 为2495mV,  $T_A=70$  , 则:

$$|aV_{ref}| = \frac{\left( \frac{4\text{mV}}{2495\text{mV}} \right) \times 10^6}{70^\circ\text{C}} \approx 23\text{ppm}/^\circ\text{C} \quad |aV_{ref}| = \frac{\left( \frac{4\text{mV}}{2495\text{mV}} \right) \times 10^6}{70^\circ\text{C}} \approx 23\text{ppm}/^\circ\text{C}$$

因为低温时发生的是 $V_{ref}$ 最小值,所以温度系数为正。

\*\*\* 动态阻抗定义为:  $|Z_{KA}| = V_{KA} / I_{KAo}$  当器件用两个外部电阻工作时(见图2),电路的总动态阻抗由下式给出:

$$|Z'| = \frac{\Delta V}{\Delta I} \approx |Z_{KA}| \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

2.3.3 推荐工作条件下的电特性,  $T_A=25$  (除非另有说明)

PARAMETER	TEST CIRCUIT	TEST CONDITIONS	TL431Y			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
$V_{ref}$ Reference voltage	1	$V_{KA}=V_{ref}, I_{KA}=10\text{ mA}$		2495		mV
$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$ Ratio of change in reference voltage to the change in cathode voltage	2	$I_{KA}=10\text{ mA}, \Delta V_{KA}=10\text{ V}-V_{ref}, \Delta V_{KA}=36\text{ V}-10\text{ V}$		-1.4		$\frac{\text{mV}}{\text{V}}$
$I_{ref}$ Reference input current	2	$I_{KA}=10\text{ mA}, R_1=10\text{ k}\Omega, R_2=8$		2		$\mu\text{A}$
$I_{min}$ Minimum cathode current for regulation	1	$V_{KA}=V_{ref}$		0.4		mA
$I_{off}$ Off-state cathode current	3	$V_{KA}=36\text{ V}, V_{ref}=0$		0.1		$\mu\text{A}$
$ Z_{KA} $ Dynamic impedance*	1	$V_{KA}=V_{ref}, I_{KA}=1\text{ mA to }100\text{ mA}, f \leq 1\text{ kHz}$		0.2		$\Omega$

## P&amp;S武汉力源电子股份有限公司

地址:湖北武汉市卓刀泉路15号

信箱:武汉市70020信箱

电话:(86) (027) 87493500 ~ 87493506

P&S网网址: <http://www.p8s.com>

邮编:430079

传真:(86) (027) 87491166, 87493493

+ 动态阻抗定义为： $|Z_{KA}| = V_{KA} / I_{KA0}$ 。当器件用两个外部电阻工作时（见图2），电路的总动态阻抗由下式给出：

$$|Z'| = \frac{\Delta V}{\Delta I} \approx |Z_{KA}| \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

## 2.4 参数测量资料

图1至图3为各种情况下的测试电路。

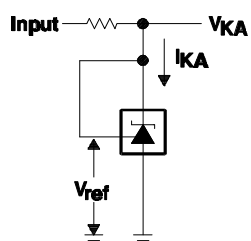


图1  $V_{KA} = V_{ref}$  的测试电路

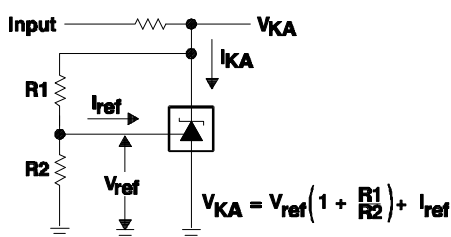


图2  $V_{KA} > V_{ref}$  的测试电路

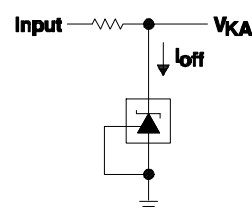


图3  $I_{off}$  的测试电路

## 2.5 典型特性曲线

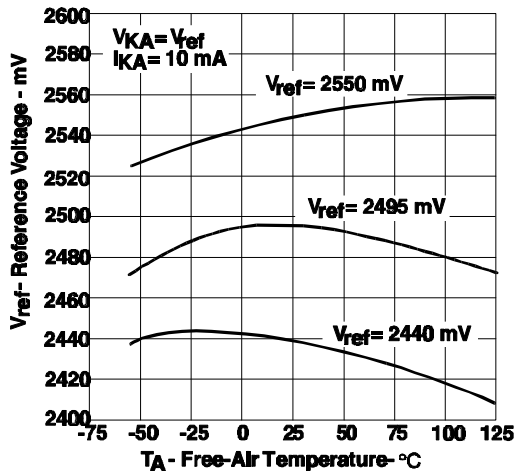


图4 基准电压与自然通风温度的关系

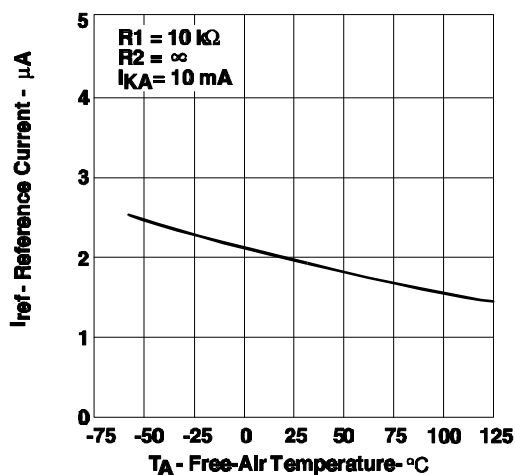


图5 基准电流与自然通风温度的关系

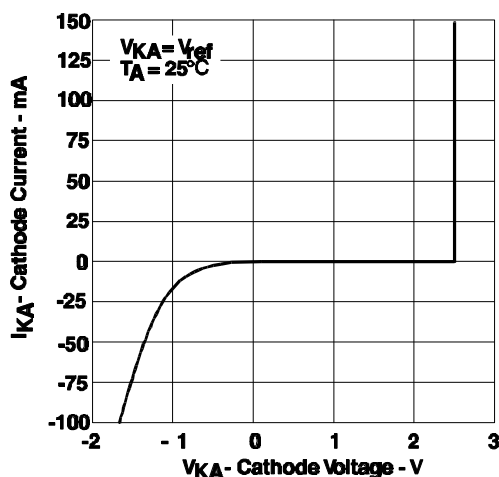


图6 阴极电流与阴极电压的关系

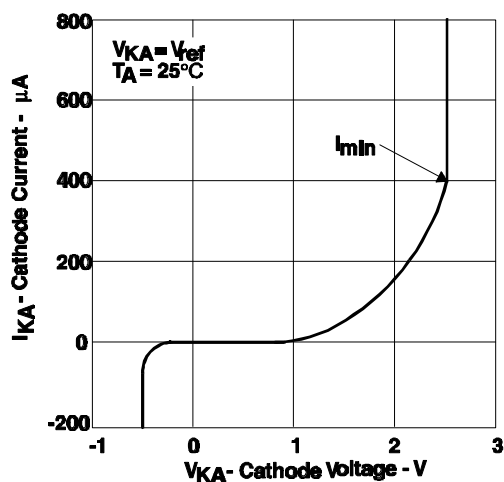


图7 阴极电流与阴极电压的关系

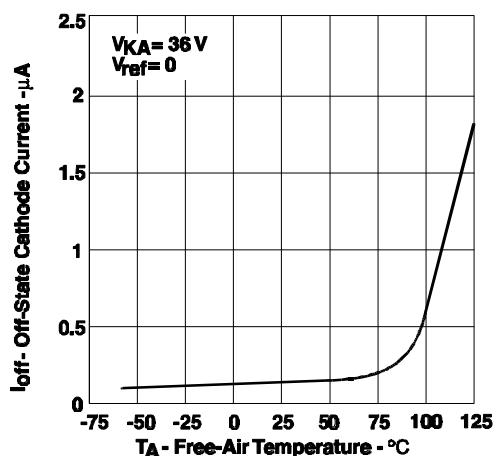


图8 截止状态阴极电流与自然通风温度的关系

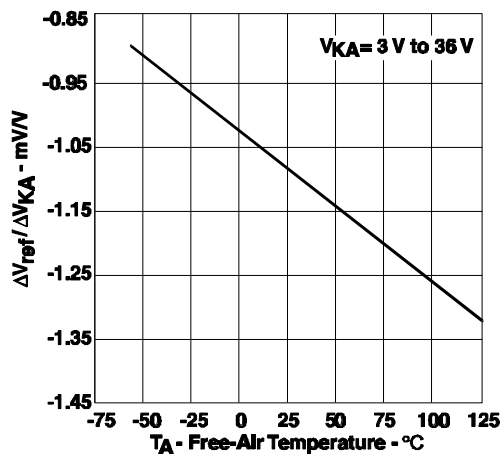


图9 基准电压变化量与阴极电压变化量之比和自然通风温度的关系

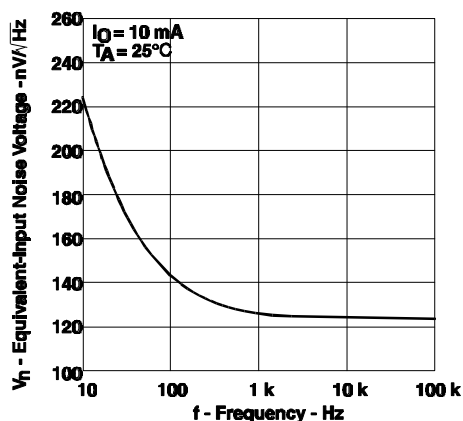
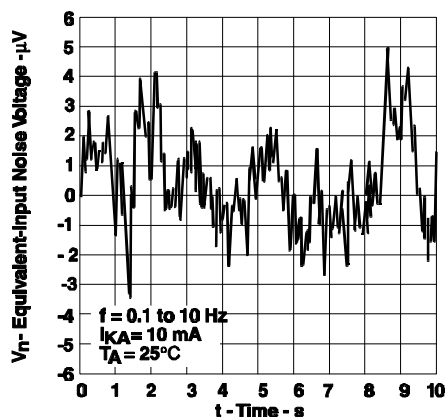
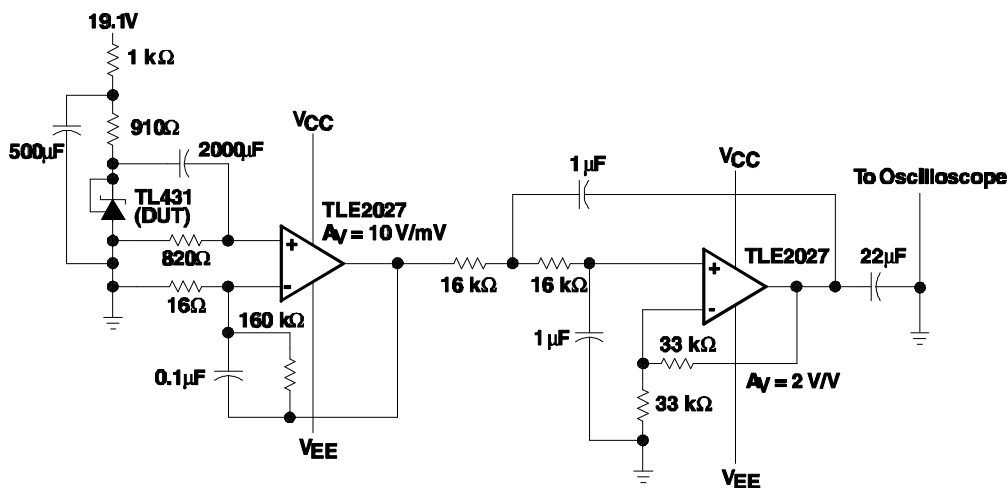


图10 等效输入噪声电压和频率的关系

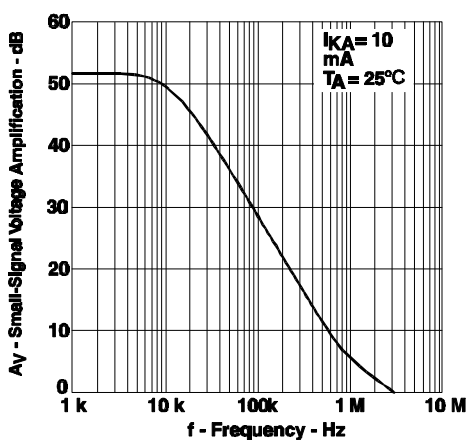


在10秒期间内的等效输入噪声电压

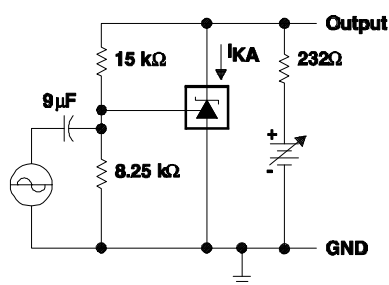


等效输入噪声电压的测试电路

图11



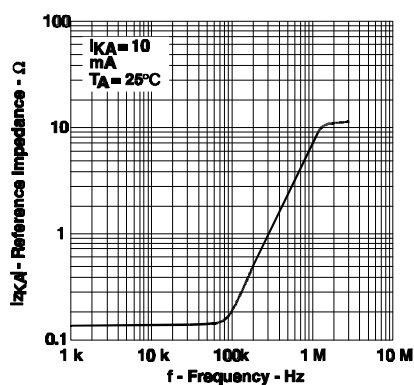
小信号电压放大和频率的关系



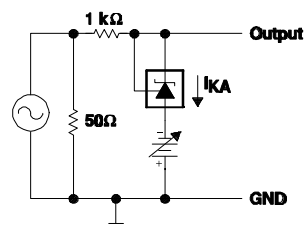
电压放大的测试电路

图12



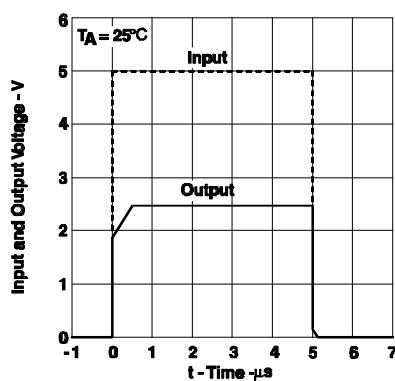


基准阻抗和频率的关系

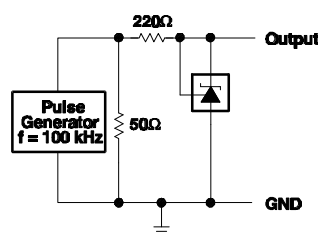


基准阻抗的测试电路

图13

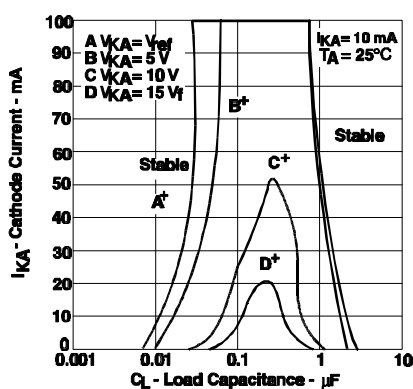


脉冲响应

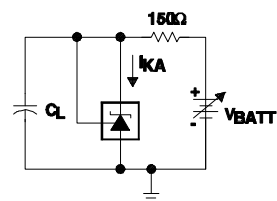


脉冲响应的测试电路

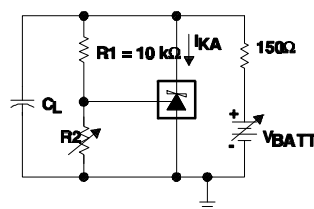
图14



稳定边界条件



TEST CIRCUIT FOR CURVE A



TEST CIRCUIT FOR CURVES B, C, AND D

+ 曲线下的区域代表可能导致器件振荡的条件。对于曲线B、C、D，R2和V<sub>BATT</sub>已调整以便建立C<sub>L</sub>=0的起始V<sub>KA</sub>和I<sub>KA</sub>条件。然后调整V<sub>BATT</sub>和C<sub>L</sub>以确定稳定范围。

图15



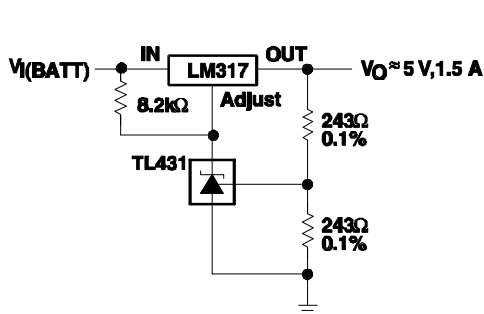


图22 精密的5V、1.5A稳压器

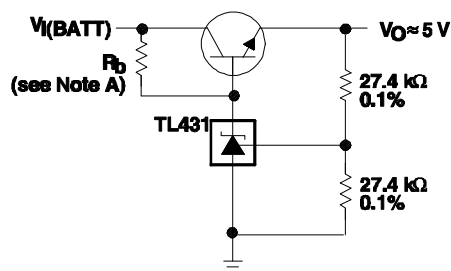


图23 有效的5V精密稳压器

注A：R<sub>b</sub>应对TL431提供不小于1mA的阴极电流。

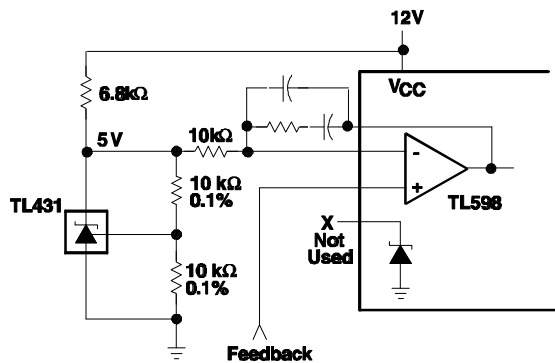
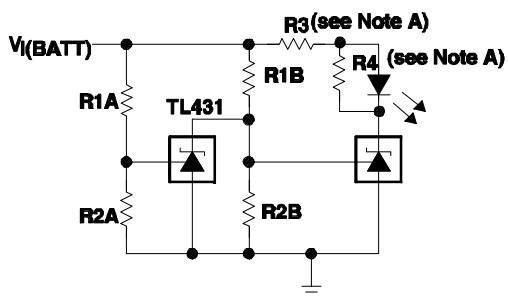


图24 带基准的PWM转换器



$$\text{Low Limit} = \left(1 + \frac{R1B}{R2B}\right) V_{\text{ref}}$$

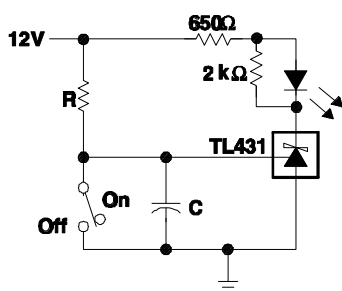
$$\text{High Limit} = \left(1 + \frac{R1A}{R2A}\right) V_{\text{ref}}$$

LED on when

$$\text{Low Limit} < V_{I(BATT)} < \text{High Limit}$$

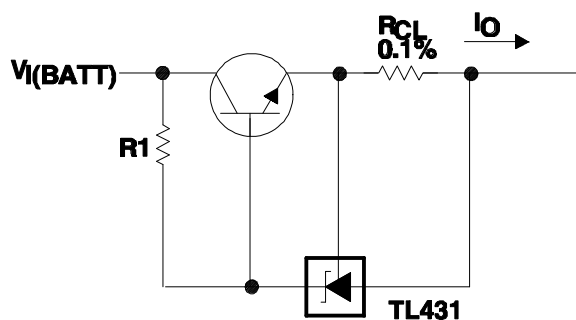
注A：在V<sub>I(BATT)</sub>处选择R3及R4以便给TL431提供所需的LED亮度和不小于1mA的阴极电流。

图25 电压监控器



$$\text{Delay} = R \times C \times \ln \left( \frac{12V}{12V - V_{\text{ref}}} \right)$$

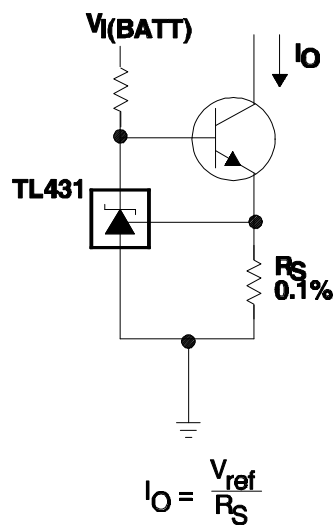
图26 延时定时器



$$I_{out} = \frac{V_{ref}}{R_{CL}} + I_{KA}$$

$$R1 = \frac{V_{I(BATT)}}{\frac{I_O}{h_{FE}} + I_{KA}}$$

图27 精密的限流器



$$I_O = \frac{V_{ref}}{R_S}$$

图28 精密的恒流吸收