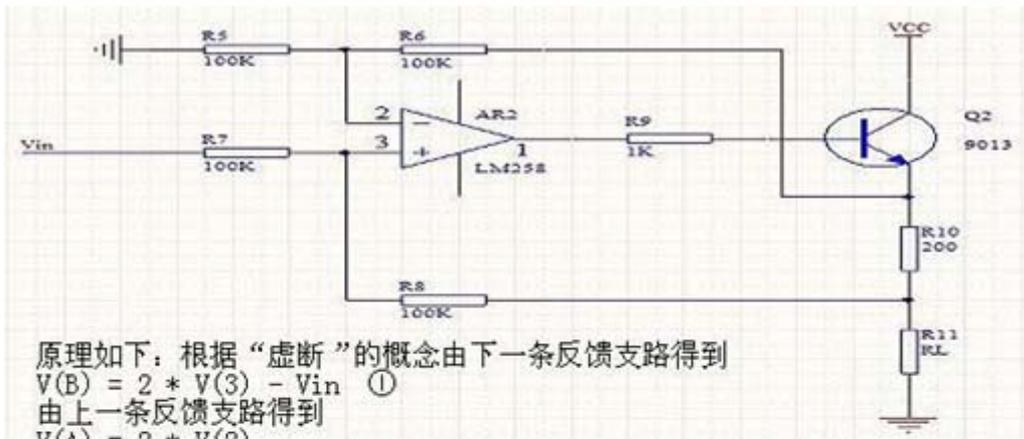


简易实用型信号转换图纸

1. 实用型 0-10V / 0-20mA 的信号转换电路图纸。



原理如下：根据“虚断”的概念由下一条反馈支路得到

$$V(B) = 2 * V(3) - V_{in} \quad ①$$

由上一条反馈支路得到

$$V(A) = 2 * V(2)$$

根据“虚短”可知 $V(3) = V(2)$

$$\text{所以 } V(A) = 2 * V(3) \quad ②$$

列 B 点的节点电流方程

$$I(L) = V(B) / R_L = [V(A) - V(B)] / R_{10} + [V(3) - V(B)] / R_8$$

将①、②代入，得到

$$I(L) = -V_{in} / R_{10} + (V_{in} - V_3) / R_8$$

因为 $R_8 \gg R_{10}$ ，忽略后面一项，得到负载电流

$$I(L) = -V_{in} / R_{10} = -V_{in} / 500$$

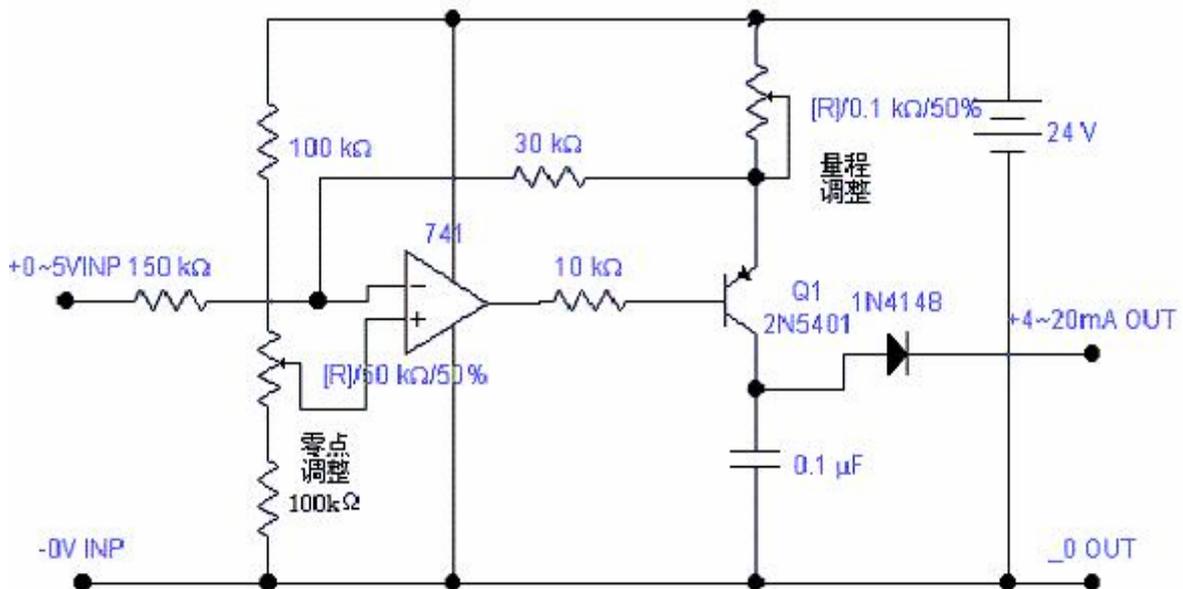
可以看出负载电流是与负载大小无关的表达式。

这样 0~10V 信号在负载上就变成 0~20mA 的信号。这是一个很可靠的电路，我在多个项目中使用了效果很理想。

实际应用中为了提高精度和带载能力，我将反馈电阻 R_8 换成了运放电压跟随器。反正 LM258 是双运放，另一路空着也是空着。另外要注意，负载的上限不能超过 VCC 和 9013 的能力。

A、B 分别是电阻 R_{10} 上下的两个节点， R_{10} 取 500 欧

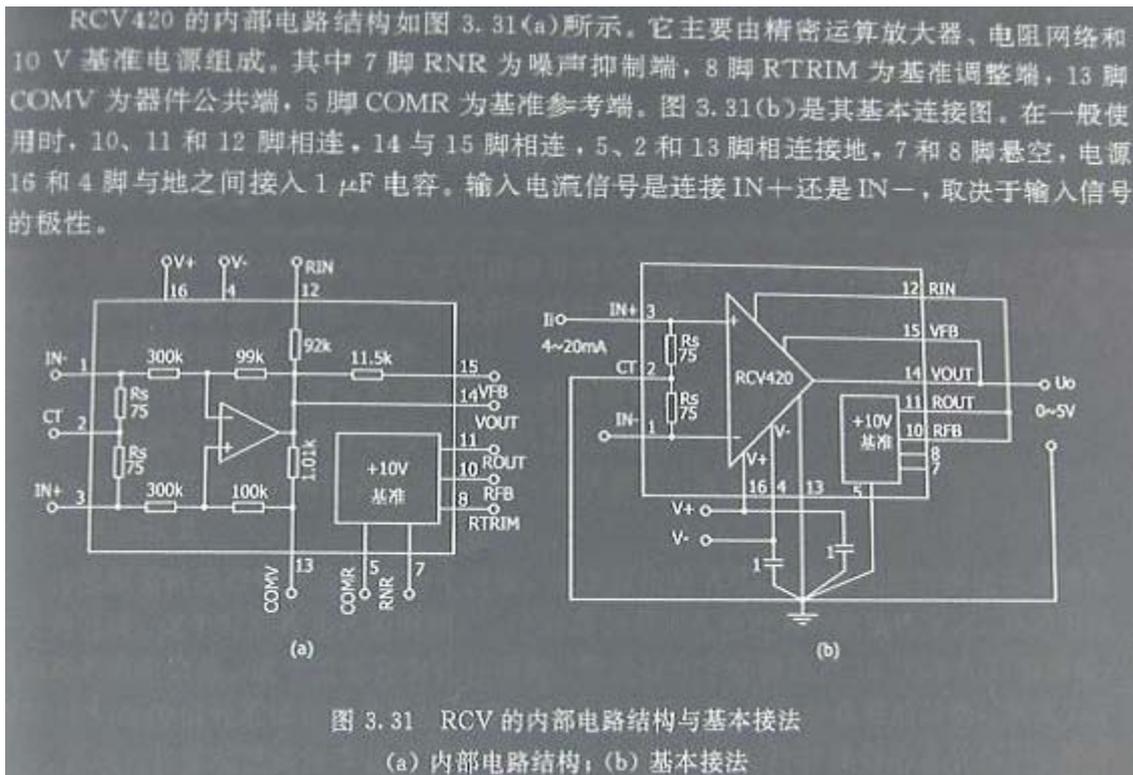
2. 实用型 0-5V/4-20mA 转换电路图纸。



(1) 实际应用时，可以在 0-5V 输入端并一只 10K 电阻，可以解决部分网友发生输出不可调整的问题。

(2) 零点调整电位器上端至电源间的 100K 电阻换成 51K 即可。

3. 4-20mA 转换 0-5V 的电路图纸。



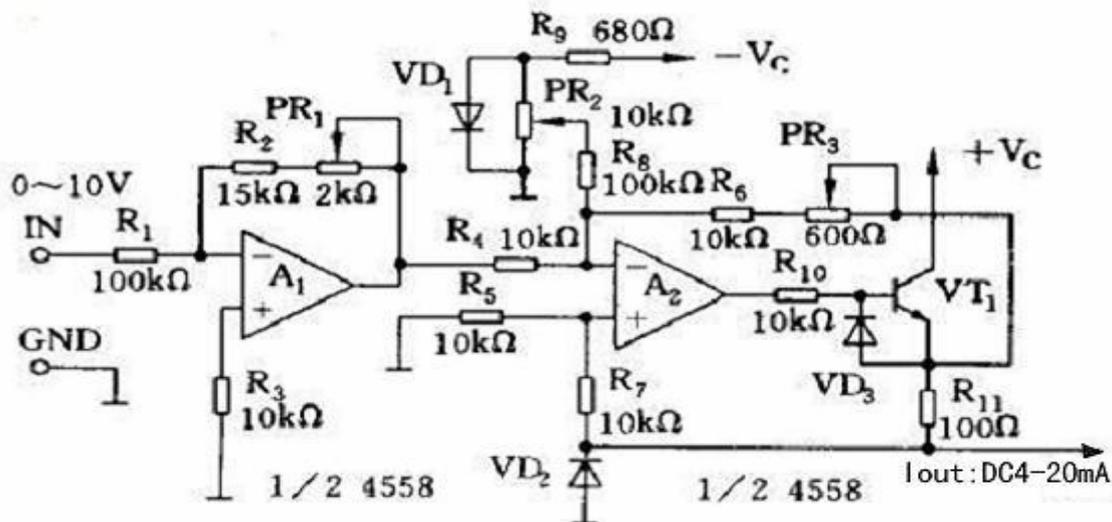
4. 实用型 0-10V / 4-20mA 的电压/电流信号转换电路图纸。

简易实用型 0-10V / 4-20mA 的电压/电流信号转换电路图纸

长距离传送模拟电压信号时, 因信号源内阻及电缆电阻产生压降, 受信端输入阻抗越低相对压降越大, 误差也越大。若要高精度传送电压信号, 必须把电压信号先变为电流信号, 即进行电流传送。

这是一种恒流输出电路。假设电缆阻抗为 $100\ \Omega$, 因电路中传送电流相等, 则没有电流损耗, 不会产生电压误差, 一般把电压变为 $4\ \text{mA}$ (0%) 和 $20\ \text{mA}$ (100%) 电流进行传送。

图中运放 A_2 为恒流输出电路, 电流转换为电压用电阻 R_{11} , 其上电压为 $0.4\sim 2.0\ \text{V}$ 。 A_2 输入有二部分, $4\ \text{mA}$ 的漂移与 $0\sim -1.6\ \text{V}$ 的输入信号。无输入信号时, 要加 $4\ \text{mA}$ 的偏置电流, 因 $R_8=10R_4$, 所以, PR_2 输出端电压调为 $-4\ \text{V}$ 。 $0.4\ \text{V}$ 的漂移电压加上输入信号电压 $0\sim -1.6\ \text{V}$, 其总的输入信号电压为 $0\sim -2.0\ \text{V}$ 。 R_{11} 上电压设置大, 则电压余量减小, 所以设为 $2V_{\text{max}}$ 这样运放 A_1 工作于衰减状态, 增益为 0.16 。



简易实用型 0-10V / 4-20mA 的电压/电流信号转换电路图纸

5. 四个实用的 4~20mA 输入/0~5V 输出的 I / V 转换电路。

①. 最简单的 4~20mA 输入/1~5V 输出的 I / V 转换电路应用示意图。

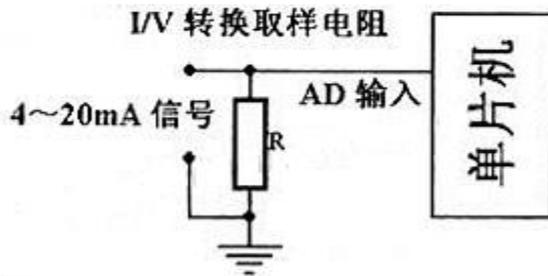


图1 4~20mA输入/5V输出的I / V转换电路

在与电流输出的传感器接口的时候，为了把传感器(变送器)输出的1~10mA或者4~20mA电流信号转换为电压信号，往往都会在后级电路的最前端配置一个I/V转换电路，图1就是这种电路最简单的应用示意图。

仅仅使用一只I/V转换取样电阻，就可以把输入电流转换为信号电压，其取样电阻可以按照 $V_{in}/I=R$ 求出， V_{in} 是单片机需要的满度A/D信号电压， I 是输入的最大信号电流。

这种电路虽然简单，但是却不实用，首先，其实际意义是零点信号的时候，会有一个零点电流流过取样电阻，如果按照4~20mA输入电流转换到最大5V电压来分析，零点的时候恰好就是1V，这个1V在单片机资源足够的时候，可以由单片机软件去减掉它。可是这样一来，其有用电压就会剩下 $5-1=4V$ 而不是5V了。由于单片机的A/D最大输入电压就是单片机的供电电压，这个电压通常就是5V，因此，处理这种简单的输入转换电路时比较麻烦。为了达到A/D转换的位数，就会导致芯片成本增加。

②. 廉价运放 LM324 搭的廉价的 4~20mA 输入/0~5V 输出的 I / V 转换电路。

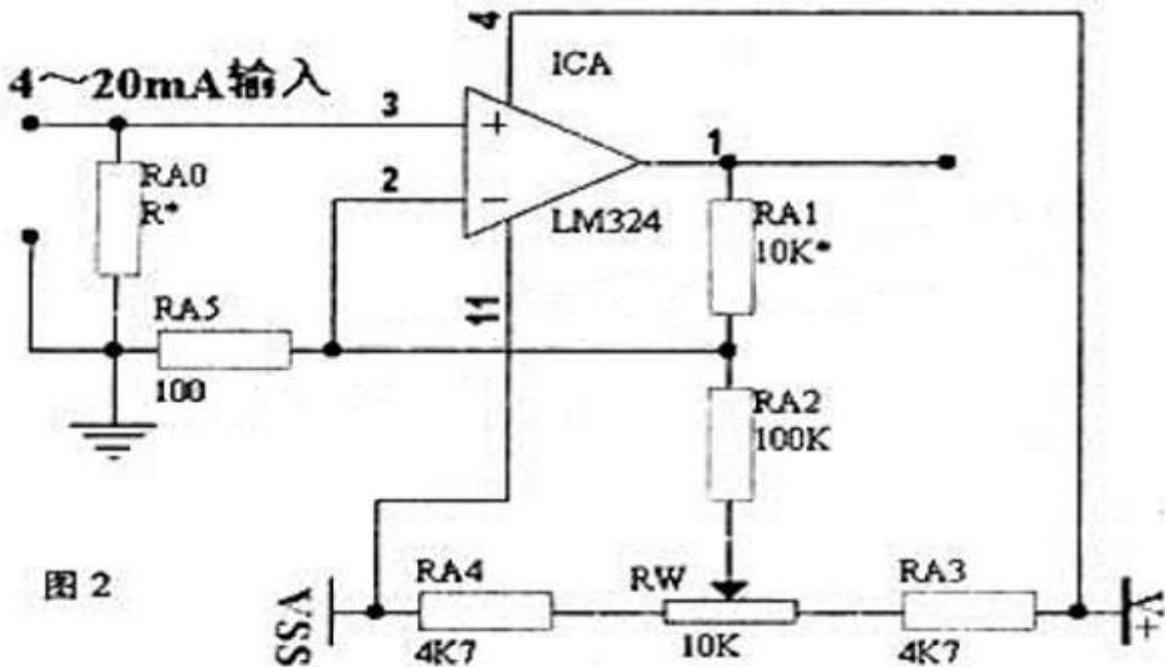


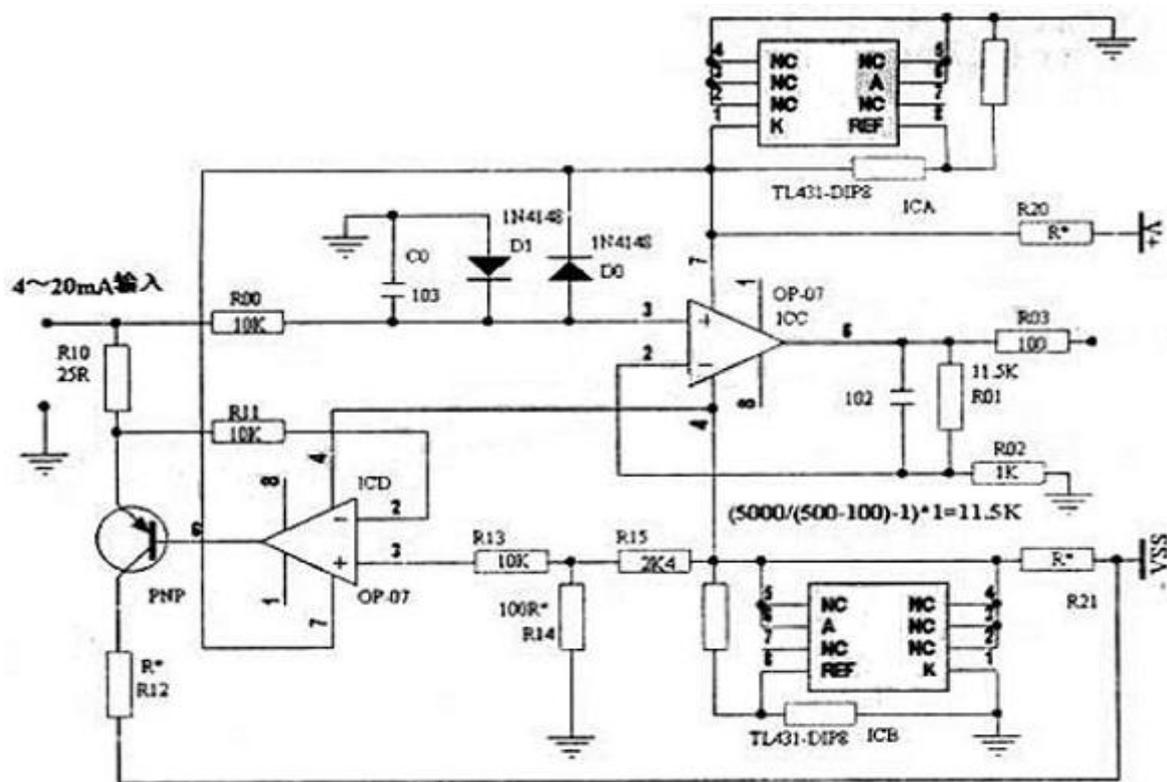
图2 廉价运放LM324搭的廉价的4~20mA输入/5V输出的I / V转换电路

图2采用的是廉价运放LM324搭的廉价的4~20mA输入/5V输出的I/V转换电路，其对零点的处理是在反相输入端上加入一个调整电压，其大小恰好为输入4mA时在RAO上的压降。有了运算放大器，还使得RAO的取值可以更加小，因为这时信号电压不够大的部分可以通过配置运放的放大倍数来补足。这样，就可以真正把4~20mA电流转换为0~5V电压了。

使用运算放大器也会带来一些麻烦，尤其在注重低成本的时候，选择的运放往往是最廉价的，运放的失调与漂移，以及因为运放的供电与单片机电路供电的稳定性，电源电压是否可以保证足够稳定，运放的输入阻抗是否对信号有分流影响，以及运放是否在整个信号范围内放大特性平坦，如此等等，造成这种廉价电路的实际效果不如人意。

而最大的不如人意之处还是在零点抵消电路上，随着信号电流的变化，运放的反相端的电压总是会与零点调整电压发生矛盾，就是这个零点电压也在随着运放输出的变化而变化，只不过由于有了信号有用电压的存在，而在结果中不容易区分而已。这种现象最容易造成非线性加大。虽然可以在单片机里采用软件校正来纠正，但是，就具体措施而言，这样做需要增加编程人员不少的工作量，而且需要多点采集数据来应对。

③. 推荐采用运放 OP07 搭的 4~20mA 输入/0~5V 输出的 I / V 转换电路。



推荐实用的4~20mA输入/0~5V输出的I/V转换电路 图3

图3电路是一种被推荐使用的较好线路，首先，对运放的供电采用了由DIP封装的TL431组成的高精度稳压电路，这种TL431采用DIP8封装，耗散功率达到1W，更改供电电压只需更换分压电阻就可以轻易办到。其次，运算放大器选择使用的是高精度低失调的OP-07，其参数指标大大优于普通廉价运放。最为关键的是在对零点信号的处理上，可以保证输入4mA的时候，运放ICD的输出电压等于零。

分析图3电路的工作原理

运放ICD的同相输入端电压由经过TIA31稳压后的负电源提供，它通过R15与R14的分压，取R14上的电压与R10上在4mA时的电压一样，然后，经过运放的缓冲，从运放输出接有一只PNP型三极管用于扩展输出能力，实际这是一个典型的运算放大器稳压电源，其输出将跟随运放同相端的电压，可以从接近零的电压起调。

R10就是4~20mA的I/V转换电阻，按照上述道理，由于运放的作用，这个电阻的最小取值可以很小，电阻越小越能减轻前方传感变送器的供电要求。

正是考虑到传感变送器属于一种远传信号的使用环境，为了防止引入干扰信号，加有输入滤波电容器C0和两只1N4148二极管对输入信号可能出现的危险电压进行保护。

例如：取R10=25Ω，4mA时，其压降=0.1V，把ICD的同相端输入电压配置为负的0.1V，这样，输入信号的0.1V与这个I/V配置的负0.1V恰好互相抵消，ICC输出将是零电压。

随着输入电流的增大，如果输入电流是5mA，I/V转换电压将是0.125V……如果输入电流是20mA，I/V转换电压就是500mV。这样，我们可以把这个电压放大10倍得到5V满度输出，或者放大20倍得到10V满度输出。

为了方便工程上的工作方便，减少同时手续，对R10、R15、R14、R01、R02等重要电阻，必须选择其精度0.1%的E96分度的金属膜电阻，其温度漂移参数最好能够不大于50ppm。

许多传感器变送器输入标注着4~20mA的输出指标，可是，实际上，这些参数都是不够精确的，包括一些进口传感变送器，实际测试零点电流有误差高达18%的，即标称的4mA变成了3.3mA或4.7mA，这时候，就需要进行零点调整。在零点调整的时候，需要注意，R10与R14原来是1:4的关系，是因为它们流过的电流恰好是4:1的关系。因此，如果需要调整零点电压的时候，千万不要再动R10与R14，而应该在零点调整时更改R15，在满度调整时更改R01。

在工程上，人们往往会采取比较快捷的工程应用方法而不是理论推导来完成任任务，因为在选择元器件时，就往往无法按照计算好的数值去购买，只能从标准化生产的品种里头去选择搭配，而且，在调试时，也不可能按照理论计算的数值去测量，尤其当计算结果带着超过4位小数以上时，对所使用的仪表就会要求很高，成为“鸡蛋里头挑骨头了”。我们可以通过一个实际例子来说明这种电路的调试过程。

首先，必须把实际的传感变送器拿到手并且进行实际的测量，例如测量到的数据为：零点电流=4.25mA，满度电流=20.5mA。然后，根据最大输入电流的实际数值来求出最大输入电压：20.5mA时R10上的电压就是：20.5×25=512.5mV，其次求出零点电压：4.25×25=106.25mV。

完成上面的简单计算后，接着，对电路的参数进行调整，零点的时候调整R15，满度的时候调整R01。按照说明提到过，ICD的同相输入电压等于零点时R10上的电压，可以求出： $R15 = (2500 - 106.25) / (106.25 / 100) = 2.25K\Omega$ 。

$R01 = [5000 / (512.5 - 106.25) - 1] \times 1 = 11.31$ 等于 (5000是满度输出电压，512.5是满度输入电压，106.25是零点输入电压，-1是因为同相放大器会自然+1，-1是因为R02=1KΩ)。

验算一下：零点电流输入时，输入电压为：4.25×25=(2.5×100)/(225+100)，结果：106.25=106.4，误差：0.0014。满度电流输入时的满度输出电压：(20.5×25-106.4)×(1+1/11.31)=4999.09，误差：0.00018。

上面的计算和对电阻的取值都省略了小数点后多于3位的数字，因为实用中已经不够现实了。就目前的数值而言，在实际应用中也可以满足许多较高精度测量的要求了。

提示：

1. 运算放大器OP-07本身在零电压输入而输出不为零时，可以在其1PN8F上连接微调电位器进行静态零点调整，也可以在零点电流输入时一并处理。

2. 由ICA和ICB组成的高精度稳压电源，其输出电压应该大于主电路要求的满度输入电压至少3V以上，这时候，不能使用T902小功率封装的TL431来替换本电路DIP8封装的TL431。

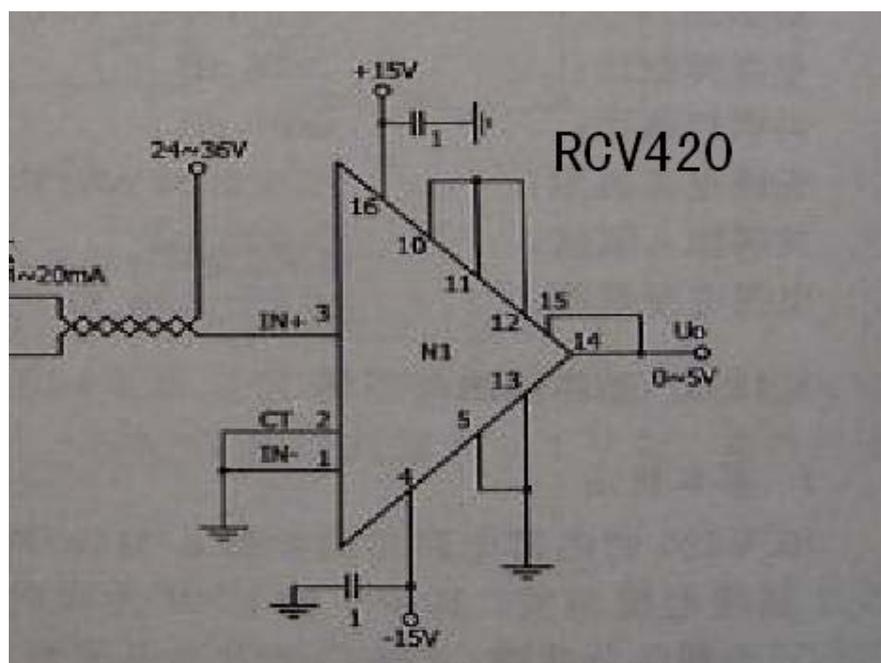
3. 当需要本电路处理其他非4~20mA输入的信号时，可以去掉R10，这时候，利用OP-07的优良性能和供电电源的高精度，作为通用放大器来使用。也是非常理想的。

④. 推荐采用精密的4~20mA输入/0~5V输出的I/V转换专用集成电路。

3.12.1 主要性能参数

输入失调电压：	<1 mV
失调电压温漂：	<50 μV/°C
共模电压输入：	<±40 V
总的变换误差：	<0.1%
噪声抗干扰能力：	86 dB 左右
总误差：	<±1%(-40°C~+85°C)
电源抑制比：	>76 dB
共模抑制比：	≥80 dB
失调电流温漂：	<±0.25 nA/°C
共模输入阻抗：	>200 kΩ
电源电压范围：	±5~±18 V

RCV420 是一种精密的 I/V 转换电路,也是目前最佳的 4-20mA 转换 0-5V 的电路方案,有商用级 (0°C-70°C) 和工业级 (-25°C-+85°C) 供你选购。



方舟电子网址: www.888sx.com

邮箱地址: 17003404@163.com

联系人: 李竞

QQ: 565088099

联系电话: 13880648615