

# MAX 系列电流检测芯片

<http://www.ednchina.com/blog/wangljn/> 收集

高端电流检测芯片,大家可以在设计电路时候使用,比用运放搭的效果要好上很多.

摘要: MAX471 / MAX472 是美国 MAXIM 公司推出的精密电流传感放大器。对它们的功能、特点及应用场合作了简单说明,并介绍了其引脚功能及工作原理,最后给出一个基于 MAX471 的电流传感实例。

关键词: 电流传感放大器 电流增益 输出电压

MAX471 / MAX472 是美国 MAXIM 公司生产的双向、精密电流传感放大器。MAX471 内置  $35\text{m}\Omega$  精密传感电阻,可测量电流的上下限为  $\pm 3\text{A}$ 。对于允许较大电流的场合,则可选用 MAX472。在这种情况下,用户可根据自己的需要配置外接的传感电阻与增益电阻。MAX471 / MAX472 都可通过一个输出电阻将电流输出转化为对地电压输出。

MAX471 / MAX472 所需的供电电压  $V_{BR} / V_{CC}$  为  $3\sim 36\text{V}$ ,所能跟踪的电流的变化频率可达到  $130\text{kHz}$ 。二者均采用 8 脚封装。



图 1 MAX471 引脚图

MAX471 / MAX472 可广泛应用于电流供电系统、便携式设备、监控系统及能源管理系统等。

## 1 引脚说明

MAX471 引脚图如图 1 所示,MAX472 引脚图如图 2 所示。

各引脚功能说明如下:

SHDN 为关闭信号,正常操作时接地;当它为高电平时,供电电流小于  $5\mu\text{A}$ 。



图 2 MAX472 引脚图

RS+为内传感电阻的电源端。

N.C. 表示无内部连接。

RG1 为增益电阻的连接端, 增益电阻 RG1 连接到传感电阻的电源端。

GND 为地端或电源负端。

SIGN 为集电极开路逻辑输出。对于 MAX471, SIGN 为低电平表示电流由 RS-流向 RS+; 对于 MAX472, SIGN 为低电平表示  $V_{sense}$  (传感电阻两端的电压) 为负。当 SIGN 为高电平时, SIGN 呈高阻状态。

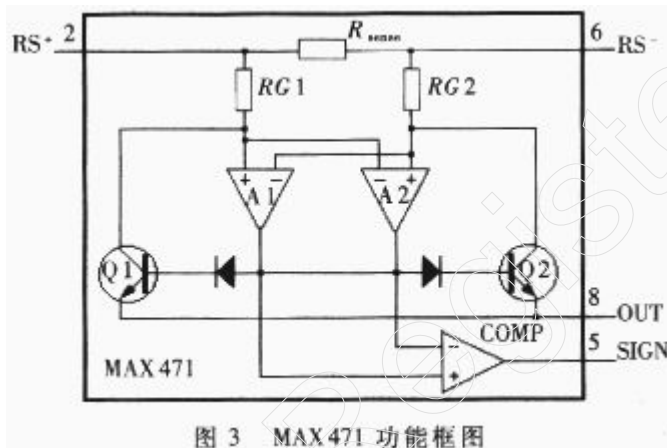


图 3 MAX471 功能框图

RS-为内传感电阻的负载端。

RG 2 为增益电阻的连接端, 增益电阻 RG 2 连接到传感电阻的负载端。

Vcc 为 MAX472 的正电源连接端。连接传感电阻与增益电阻。

OUT 为电流输出端, 该电流的大小正比于流过传感电阻的电流。

## 2 工作原理

MAX471 的功能框图如图 3 所示, MAX472 的功能框图如图 4 所示。

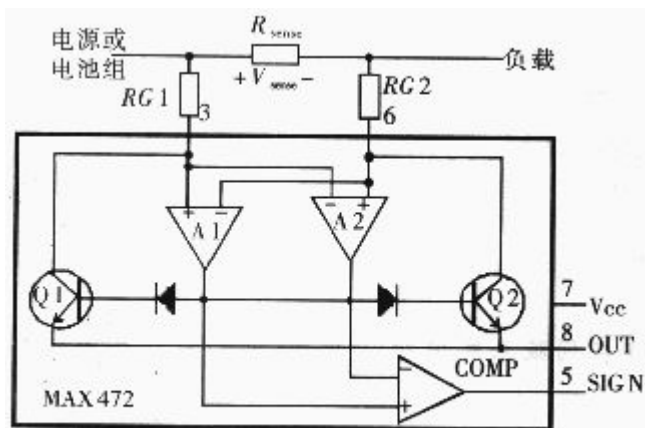


图 4 MAX472 功能框图

MAX471 和 MAX472 电流传感放大器的独特

布局大大简化了电流监控的设计。MAX471 / MAX472 包含两个放大器, 如图 3 和图 4 所示。传感电流  $I_{sense}$  通过传感电阻  $R_{sense}$  从  $RS+$  流向  $RS-$  (反之亦然)。输出电流  $I_{out}$  流过  $RG1$  和  $Q1$  还是  $RG2$  和  $Q2$  取决于传感电阻中电流的方向。内部电路(图中没有画出来)不允许  $Q1$  和  $Q2$  同时打开。MAX472 除了传感电阻  $R_{sense}$ 、增益电阻  $RG1$  和  $RG2$  外置外, 其它用法和 MAX471 是一样的。

以图 3 为例, 若传感电流  $I_{sense}$  从  $RS+$  经精密传感电阻  $R_{sense}$  流向  $RS-$ , 输出端  $OUT$  通过输出电阻  $R_{OUT}$  接地 ( $GND$ )。此时,  $Q2$  断开, 放大器  $A1$  工作, 输出电流  $I_{out}$  从  $Q1$  的发射极流出。由于没有电流流过  $RG2$ ,  $A1$  的反向输入端的电位就等于  $R_{sense}$  和  $RG2$  交点的电位; 因  $A1$  的开环增益很大, 其正向输入端与反向输入端基本上保持同一电位。所以,  $A1$  的正向输入端的电位也近似等于  $R_{sense}$  和  $RG2$  交点的电位。因此, 传感电流  $I_{sense}$  流过  $R_{sense}$  所产生的压降就等于输出电流  $I_{out}$  流过  $RG1$  所产生的压降, 即

$$I_{out} \times RG1 = I_{sense} \times R_{sense}$$

$$I_{out} = (I_{sense} \times R_{sense}) / RG1$$

$$V_{out} = (I_{out} \times R_{out}) = (I_{sense} \times R_{sense} \times R_{out}) / RG1$$

同理, 若传感电流  $I_{sense}$  从  $RS-$  经传感电阻  $R_{sense}$  流向  $RS+$ , 则可得

$$V_{out} = (I_{sense} \times R_{sense} \times R_{out}) / RG2$$

综合上述两种情况, 可得 MAX471 / MAX472 输出电压方程

$$V_{out} = (I_{sense} \times R_{sense} \times R_{out}) / RG$$

其中  $V_{out}$ ——期望的实际输出电压

$I_{sense}$ ——所传感的实际电流

$R_{sense}$ ——精密传感电阻

$R_{out}$ ——输出调压电阻

RG——增益电阻 (RG=RG1=RG2)

对于 MAX471, 所设定的电流增益为:  $R_{sense} / RG = 500 \times 10^{-6}$ ,  $V_{out} = 500 \times 10^{-6} \times I_{sense} \times R_{out}$ 。

当输出电阻  $R_{out} = 2k\Omega$  时, 在传感电流  $I_{sense}$  允许变化范围 ( $-3A \leq I_{sense} \leq 3A$ ) 内, 输出电压  $V_{out}$  的变化范围为:  $-3V \leq V_{out} \leq 3V$  即满标电压值为 3V。

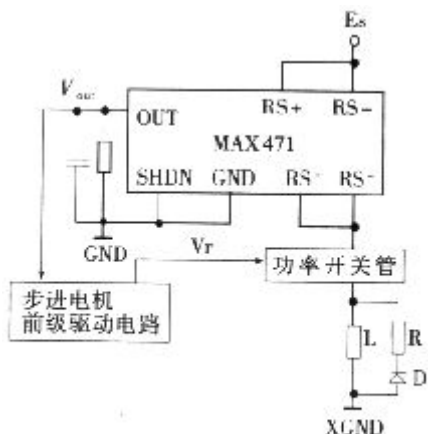


图 5 MAX471 在步进电机驱动器中的应用电路原理图

特定的满标范围所对应的输出调压电阻  $R_{out}$  为:

$$R_{out} = (V_{out} \times RG) / (I_{sense} \times R_{sense})$$

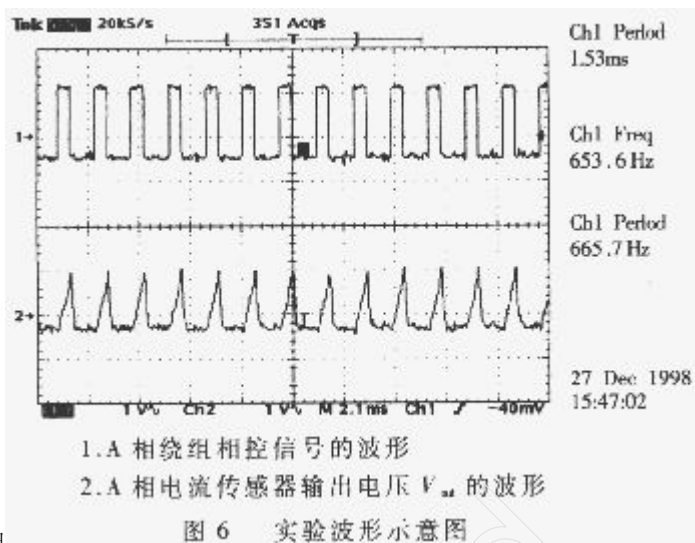
对于 MAX471,  $R_{out} = V_{out} / I_{sense} \times 500 \times 10^{-6}$

但要注意, 变化  $R_{out}$  时, 须保证 MAX471 输出电压的上限值不能超过  $V_{RS} + 1.5V$ ; 对于 MAX472, 其输出电压的上限值不超过  $V_{CC} - 1.5V$ 。

MAX471 / MAX472 对瞬变电流的响应非常快, 若要减弱由于噪声在输出端产生的干扰, 可在输出调压电阻的两端并联一个 1F 电容 (也可根据实验确定) 进行旁路。这一电容的引入不会影响到 MAX471 / MAX472 的使用性能。

### 3 应用实例

我们在设计斩波恒流细分步进电机驱动器时,需要对绕组电流进行检测,传统的方式是通过电流互感



器、霍尔元件或检测电阻来实现的。由于检测电阻价格便宜、使用简单,因此应用比较广泛。但这种传统检测电阻的弊端是很明显的,一方面其阻值难以做的很小,影响到步进电机绕组电流上升前沿的陡度,且三相间难于精确匹配;另一方面,所得到的电流检测信号(电压信号)通过放大以后才能进入步进电机前级驱动电路的比较器,从而增加了电路设计调试时的复杂度。因此,有必要选用精密电流传感元器件来取代传统的检测电阻。

由于我们所设计的驱动器主要用来驱动 75BF3 型步进电机,而该电机的额定电压、额定电流分别为 27V、3A,故选用 MAX471 便可达到设计要求。该部分的电路如图 5 所示。图中所用其它元器件及符号说明如下:

Eg——步进电机相绕组供电电压

L——步进电机 A 相绕组

R——泄放回路电阻

D——快恢复二极管

VT——功率开关管通断控制信号

图 6 为 75BF3 步进电机在单三拍运行方式下,运行频率为 2000pps 时所得 A 相绕组的相控信号及电流传感器输出电压波形。

实验表明,以电流传感放大器件 MAX471 代替传统的取样电阻,不仅大大简化了电路的设计调试,节省了电路板空间;同时所得取样电压波形好,驱动器性能优越。

电流传感放大器 MAX471 / MAX472 的应用非常广泛,以上仅是其中一个实例。

## 引言

根据测试系统的要求,往往需要采集被测对象的各种参数,如过渡过程的电压 U、电流 I 等,这些量的采集是至关重要的,它们直接影响到整个测试系统的测试精度。很多场合需在被测系统工作时,对其电流进行在线检测,因此如何无须串入电流表,直接对被测器件进行电流检测就相当重要。

常规测量电流 I 的方法存在测量范围小、测量误差大等缺点。本文介绍的在线电流检测器采用电流/电压转换芯片 MAX472, 克服了常规方法的缺点, 实现了电流的高精度测量。

### MAX472 的工作原理

MAX 472 的工作原理如图 1 所示。方框内的部分是该芯片的内部结构, 其中 A1 和 A2 是两个运算放大器, 构成差动输入, 这样可以增强抗干扰能力, 提高小电流信号的测量准确度; Q1 和 Q2 是两个三极管; COMP 是一比较器; Rsense 是电流采样电阻, 采用热稳定性好、漂移小的康铜丝制作。方框外面的部分是用户可以根据自己的需要而改变的电路。其工作原理详述如下:

假定电流是从左向右(如图 1 中 Iload 方向所示)流过电流采样电阻 Rsense, 通过一电阻 Rout 接地。这样, 运放 A1 工作, 产生电流 Iout 从 Q1 的发射极流出。而此时运放 A2 是截止的, 没有电流从 Q2 流出。A1 的负输入端(-)电位为:  $V_{power}=I_{load} \times R_{sense}$ , A1 的开环增益使其正输入端(+)与负输入端(-)有相同的电位。故 RG1 的压降为:  $I_{load} \times R_{sense}$ , 经过计算, 电压/电流转换的比例 P 由下式给出:

$$P=V_{out}/I_{load}=R_{sense} \times (R_{out}/R_{G1})$$

根据上式 Rsense 取较小的值。通过 (Rout/RG1) 把比例 P 设置为一个合适的值。对于小电流, 可以获得较大的输出测量电压 Vout, 避免前述直接测量电流信号太小的缺点; 对于较大的电流, 又不会对电路的带载能力产生较大的影响。在电路的具体应用中, 电路各参数具体计算要满足该芯片技术条件要求:

OUT 端的输出电压  $V_{out} < (V_{RG}-1.5V)$

OUT 端的输出电流  $I_{out} \leq 1.5mA$

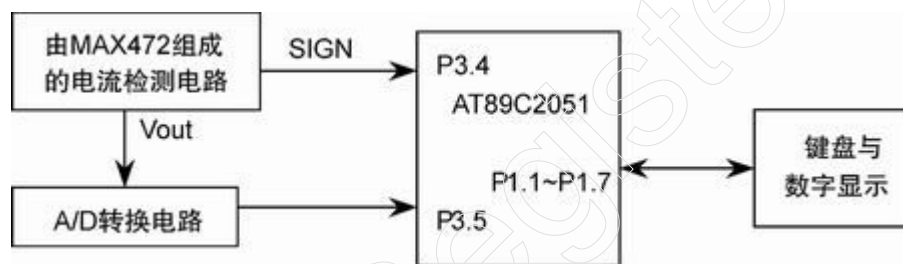


图 2 硬件组成框图

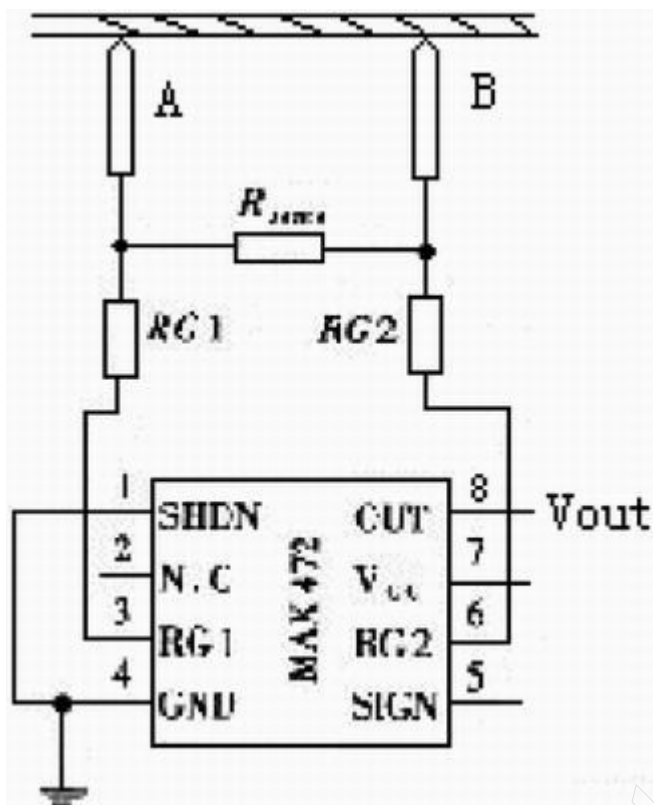


图3 MAX472 在测试器中的应用

#### 系统构成

系统硬件构成框图如图2所示。本检测器主要由电流检测电路、A/D转换电路、AT89C2051和键盘显示部分组成。MAX472的SIGN端口与AT89C2051的P3.4相连，SIGN反映被测电流的方向。SIGN为低电平时，传感器两端的电压为负。

#### MAX472 在电流测量电路中的应用

由于电流不能直接由A/D转换器转换，因此必须先将其转变成电压信号，然后才能转换。所以，电流/电压转换电路在测试器中占有很重要的地位。

常用的电流测量方法是在被测电路中串入精密电阻，通过直接采集电阻两端的电压来获得电流。这种方法的优点是测量简单方便。但当被测电流较大而串入的电阻阻值又较大时，电阻的压降对电路的带载能力将产生较大的影响；当被测电流很小时，从电阻上直接取得的电压值又可能太小，影响测量准确度。因而，这种直接测量的方法很难选择一合适的阻值，以适应电流变化范围较大的情况，尤其是较小电流的准确测量。由于检测电流须在系统工作的情况下进行，所以上述的串电阻直接测量的方法不能满足本系统的要求。本电路采用两探头触点并接到被测电流的电路，达到测量的目的。

通过调研和实验，最后选用美国MAXIM公司最新生产的电流/电压转换器MAX472，其响应时间、线性度、漂移等指标均很理想，且能适应大范围大电流的测量，经过验证和测试，很好地满足了设计的要求。MAX472在测试器中的应用电路如图3所示。

如需测量流经印刷电路板某铜箔线中的电流，可将探针A和探针B并联在铜箔线上，而毋须切断铜箔或断开器件间的焊点串入电流表，并利用图3中 $R_{sense}$ 与数厘米长的铜箔线并联，这样由于铜箔线AB段电阻 $R_{AB}$ 远远大于探头的输入电阻，从而强制将流经铜箔的电流分流至探头。经计算， $R_{sense} = 0.1\text{ m}\Omega$ 。设以1mm宽的印刷电路铜箔为例，测得其电阻率为 $2\text{ m}\Omega/\text{cm}$ ，这样在AB探头并联在1cm铜箔线上时，流过铜箔线上的电流与探头电流之比为：

$$I_{load} / I_{铜箔} = R_{铜箔} / R_{sense} = 20$$

因此,流过探头电流为铜箔线电流的 20 倍,检测误差为 5%,若 AB 间距扩大到 5cm,则检测误差为 1%。  
电流采样电阻  $R_{sense}$  的选择很重要,它决定了电压 / 电流的转换比例  $P$ 。对于较小的电流, $R_{sense}$  的选择须使得  $P$  较大,才能使得转换得到的输出电压不至于太小而影响测量的准确度。而图 2 所示的 MAX472 的应用电路,正是可以通过调整其中的  $R_{G1}$ 、 $R_{G2}$  和  $R_{out}$  来调整  $P$ ,从而获得较理想的  $P$ 。理想  $P$  的获得是一个试凑计算的过程。为获得较宽的测量范围,在实际电路中,通过量程切换,改变输入电阻。

#### 结语

在线电流检测器中,采用电流/电压转换芯片 MAX472 和 AT89C2051 单片机,可提高测量精度,并且实现智能化检测。MAX472 的应用电路中,调整合适的  $P$ ,可获得较高的测量精度。■