

应用手册

IR217x 线性电流传感器 IC 的使用

主题:

- 基本功能
- 自举电路
- 在输出端重构模拟电流信号
- 输出端与数字电路的接口
- 在 V_S 脚处理瞬时负偏压
- 布线建议
- dV/dt 及其对占空比的影响
- IR2170/1/2/5 的比较

1. 基本功能

这部分主要涵盖了电流传感器 IC 的基本功能。

线性电流传感器 IC 是为了将电流信号从电机的高端驱动电路转换到低端驱动电路而设计的，这样，电流信号就能够被以地为参考的控制电路来进行处理了。

模拟输入信号实际上是外部取样电阻上的压降。随着电机相电流的变化，取样电阻上面产生一个很小的交流电压信号作为 IR2175 电流传感器 IC 的输入。IR2175 的最大输入电压为+260mV，因此，过载电流流过取样电阻时所产生的电压应为 260mV(例如：对于 10A 的过载电流，取样电阻应为 26m Ω)。

在 IR2175 的高端电路中，交流输入信号被转换成载频为 130kHz 的 PWM 信号，经过电平转换，PWM 信号被转换成了以地为参考点的信号。

PO 是一个开漏的 PWM 输出脚，这意味着，它很容易地和工作电压从 3.3V 到 15V 的控制电路进行接口。由于 PO 是开漏输出的，因此它上面需要接一个上拉电阻(上拉电阻的大小根据与 PO 所连接电路的输入电流的不同而进行选择，其典型值为 1-10k Ω)。

有两种方法来处理电流传感器 IC 的输出信号：

1. 用滤波器滤掉载波信号从而重构模拟电流信号；

2. 直接和低端数字控制电路(如: 单片机或 DSP)进行接口, 并用软件来计算电流。

实现方法和电路将在第 3、4 部分讨论。

通过自举电路, 可在 V_b 和 V_s 之间产生高端悬浮电源, 下面将对其进行描述。 V_b 电源的最小值为 8V, 此时, 电路可正常工作, 但我们推荐 V_b 和 V_{cc} 电压要保持在 10V 以上。

2. 自举电路

V_b 是一个在 V_s 电压的峰值上面浮动的电源(在大多数情况下, V_s 是一个高频方波)。有许多方法可以产生 V_b 悬浮电源, 其中的一种方法就是在这里我们所讲述的自举电路。这个方法的优点是简单、便宜, 但是它也有一些局限性, 例如: 为了刷新自举电容的电荷就限制了占空比(长的导通时间及较高的占空比就需要充电泵, 详细内容请参考应用笔记 AN978)。自举电源是由一个二极管(D_b)和一个电容器(C_b)组成的, 如图 1 所示。

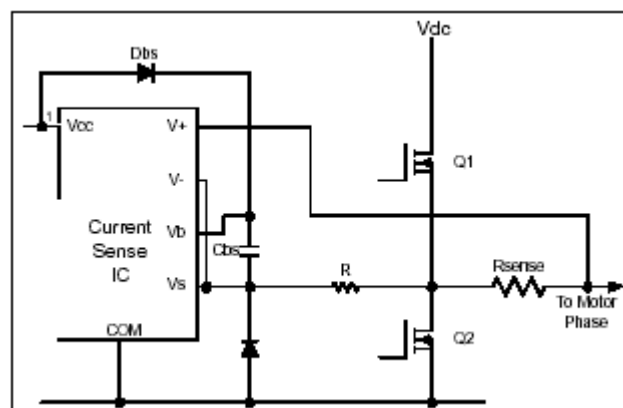


图 1 典型连接图

自举电路的工作原理是: 当 V_s 被下拉到地(或者通过低端 FET 或者负载, 这和电路的结构有关), 自举电容(C_b)通过自举二极管(D_b)从 15V 的 V_{cc} 电源进行充电, 从而提供了电源 V_b 。当 V_s 通过高端开关被拉到最高电压时, V_b 是浮动的, 并且此时自举二极管被反向偏置, 从而阻断了充电回路。

3. 在输出端重构模拟电流信号

重构模拟电流信号的最简单、最廉价的方法就是用低通滤波器滤掉 PWM 信号的载波。有很多种低通滤波器可以使用——无源的和有源的。这里我们集中在简单和低成本上, 因此我们考虑两种选择: 无源 RC 滤波器和一阶有源滤波器。 \

3.1 无源滤波器

最简单、最廉价的低通滤波器就是基本的 RC 低通滤波器。这种滤波器没有精确的截止频率，典型的下降斜率是 6 分贝每十倍频程，因此电路的-3dB 点应设计成接近电流信号的基频，在电机驱动中，它一般在 8-10kHz 的范围内。较好的解决方法是用一个二阶 RC 滤波器，如图 2 所示。

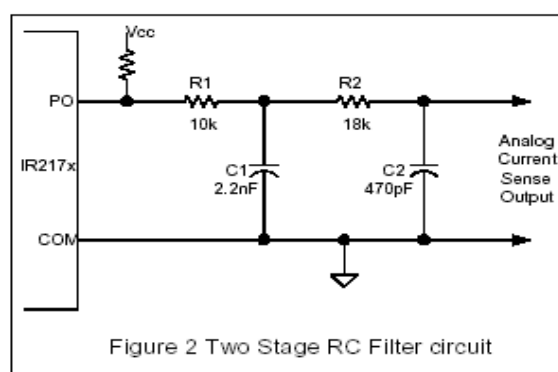


图 2 二阶 RC 滤波电路

这个例子中，第一阶被设计为 7.2kHz 的截止频率，即用标准的公式：

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

并使 $R1=10k\Omega$, $C1=2.2nF$ 。第二阶我们使用更高的截止频率来进一步地削弱开关频率，但是对 8-10kHz 的载频有很小的影响，因此 $R2=18k\Omega$, $C2=470pF$ ，因此，第二阶的截止频率为 19kHz。使第二阶的阻抗高于第一阶的阻抗是一个很好的选择，这可以减小第一阶的负载阻抗。

在 IR2175 的 PO 输出端上，使用上面的滤波器，我们可以同时检测一个直流电流信号和一个 8kHz 的交流电流信号的线性。在一个典型的应用电路中，引入了电流传感器 IC 的交流电流信号，因此交流线性是很重要的测量方法，并且这也是我们所关心的。

典型情况和在这里我们作为一个例子所使用的是一个 8kHz 交流输入信号，用交流输入信号在滤波器(使用了一个 150nF 的去耦电容器)上面测量其输出。图 3 为输出信号频率为 130kHz 的 IR2175 的交流线性特性曲线。在下面的特性曲线中，当电压降至 25mV 时，理想情况下的线性要高于 1%，此时，实际值同理想值的差是 3%。

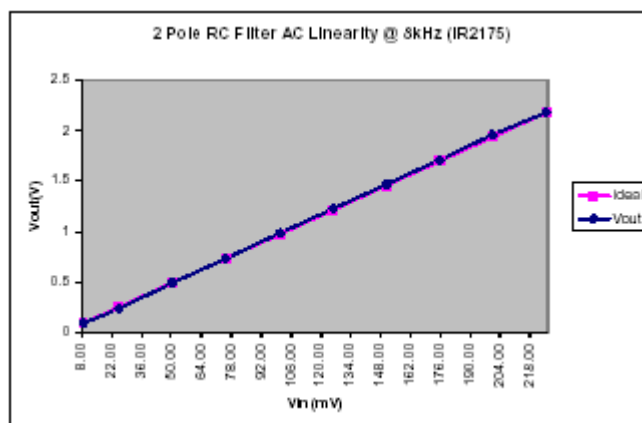


图3 带有二阶 RC 低通滤波器的 IR2175 的交流特性

我们再次用 RC 滤波器来描述 IR2175 的特性，但这次用 16kHz 的输入信号(一些电机驱动系统正倾向于将这个频率作为 PWM 信号的开关频率)并且将图 2 中的 R1 改为 $4.7\text{k}\Omega$ ，此时的截止频率为 15.5kHz，我们所得到的特性曲线如图 4。

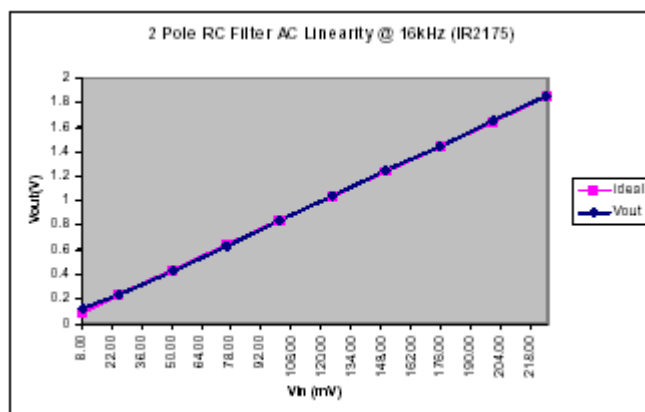


图4 带有二阶 RC 低通滤波器的 IR2175 的交流特性

我们再次得到了所期望的优于 1% 的理想值的线性特性曲线。当输入电压降至最小分辨率为 8mV 时，它偏离了理想值。

为了比较，我们看一下在 8kHz 的交流输入信号下，IR2172 的交流线性特性。IR2172 的 PWM 信号的载频为 40kHz，我们采用和图 3 相同的滤波电路来进行测试。测试结果见图 5。PWM 信号的载频越低，精度越低，这就导致了在线性方面的性能较低，尤其是在低电平输入的条件下。

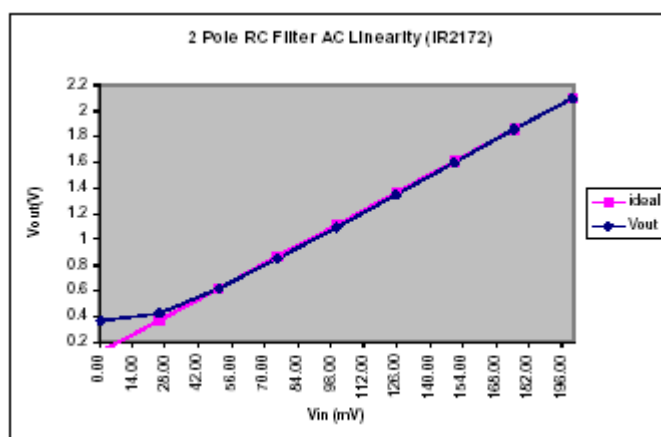


图 5 带有二阶 RC 低通滤波器的 IR2172 的交流特性

通常情况下，有源滤波器较无源滤波器相比，它有一个精确的截止频率点，在下面的部分，我们将看到它是如何实现的。

注：由于 PO 脚上负载的不同，我们不推荐使用无源的 LC 滤波器。

3.2 有源滤波器

典型情况下，有源滤波器较无源滤波器相比，它有一个精确的截止频率。在我们所期望的通频带是 8kHz，滤波器的输出频率是 40kHz 的情况下，有源滤波器有一个更好的特性。在这个例子中，我们使用的是 IR2172，但这个电路可以很容易地用于 IR2175。

这里，作为一个例子，我们使用一个一阶 VCVS(电压控制电压源)滤波器。图 6 是其电路原理图。这是一个基本增益为 19 的巴特沃斯滤波器。对于这种类型的滤波器来说，通常我们选择较高的增益，其截止频率是 9kHz，它非常接近实际的输出频率。

图 7 示出了与 RC 滤波器同样的测试条件下的交流线性特性，可以看到它较无源滤波器的性能有很大的提高。输入电压下降到 50mV 时，其线性高于 1%，在 25mV 时大约为 9%。

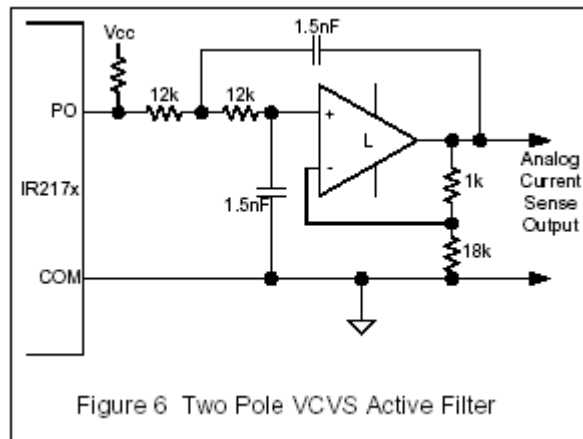


图 6 一阶 VCVS 有源滤波器

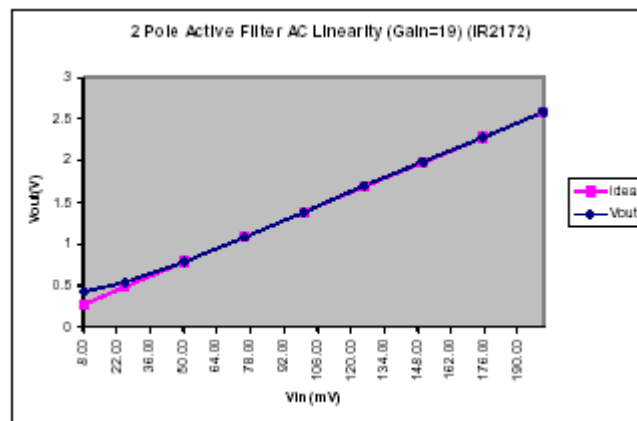


图 7 一阶 VCVS 有源滤波器的交流特性

通过加上另一阶，可以进一步提高滤波器的性能，但是，达到这个性能的成本问题将决定这是否是必需的。

4. 输出端和数字电路的接口

在硬件方面，IR2175 和诸如微控制器或 DSP 等数字电路的接口也是非常简单的。然而，软件算法则括包很多工作。但它可以限制我们在第 3 部分所讨论的电路的引入误差。其实，当初 IR217x 是为这种应用而设计的。

4.1 硬件连接

由于 IR2175 和 IR2171/2 的 PO 输出端是开漏输出的，它和数字控制电路(如 3.3V 或 5V 供电的微控制器或 DSP)接口时要接一个上拉电阻。接口电路见图 8。

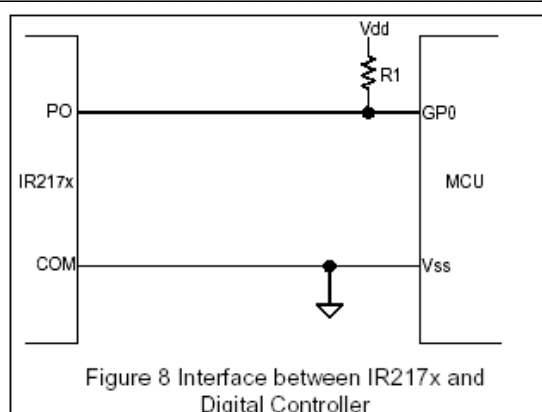


图 8 IR217x 和数字控制器的接口电路

4.2 软件算法

使用 DSP 和线性电流传感器的例子可在设计提示 DT99-8 中找到。设计提示给出了 IR2171/IR2172 与 TI 的 DSP: TMS320C240 的硬件电路和软件算法。

5. 在 Vs 脚处理瞬时负偏压

注意：电流传感器 IC 要求有它们自己的单独的瞬时负偏压保护电路，这是由于它们和门极驱动器是不同步的。

对于电流传感器 IC 来说，Vs 脚相对于 COM 脚的负偏压是非常危险的，这是由于：不像门极驱动器，而电流传感器 IC 在转换期间要继续工作，此时高端的开关正在关断，正是这个原因，保证电流传感器 IC 在 Vs 脚没有瞬时负偏压是很重要的。在 Vs 脚的瞬时负偏压问题的更详细的内容，可以在设计提示 DT97-3 中找到。

注意，在典型的连接电路中，从 COM 脚到 Vs 脚连接有一个二极管，在 Vs 与半桥输出间连接有一个电阻。这两个元件可以对 Vs 脚进行钳位，因此 Vs 脚可以较 COM 脚低一个二极管的压降。二极管应该是一个恢复时间小于 100ns 快恢复二极管，1A 就足够了。在 Vs 管脚和半桥输出之间的电阻应该在 10-20Ω 的范围内。

注意，尽管在 Vs 脚和半桥输出之间的电阻是电流传感的通道(例如：在 V+和 V-之间)，但它没有电流感应信号，除非有电流流入这个电阻，这种情况仅仅发生在转换期间，并且持续时间很短，因此在 IR2175 输入端被运算放大器忽略，这是由于该运算放大器的摆率是有限的。

6. 布线建议

所有的电力电子电路的布局布线都是以减小寄生电感、电容为基础的。下面的图 9 是一个典型的半桥电路和杂散电感电路。在电路板上通过尽量减小走线距离、加大导线宽度来减小杂散电感。

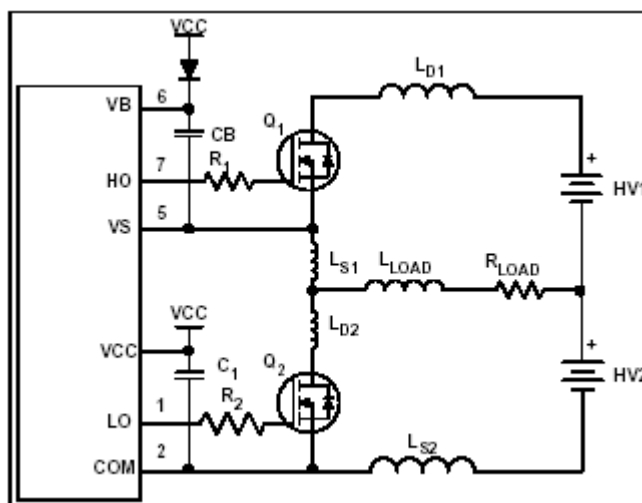


图 9 有杂散电感的典型半桥电路

对于 IR2175 电流传感器 IC 来说，它们的布局布线原则同门极驱动器的布局布线原则是类似的，如图 10 所示，在 Vcc 和 Vbs 上的去耦电容应尽可能的靠近 IC，同时，在 V-和 Vs 之间的连线也应靠近 IC，从而来减小这两个管脚之间的压差。取样电阻和 V+之间的连线也要尽可能的短，以便尽可能的来减小噪声耦合。

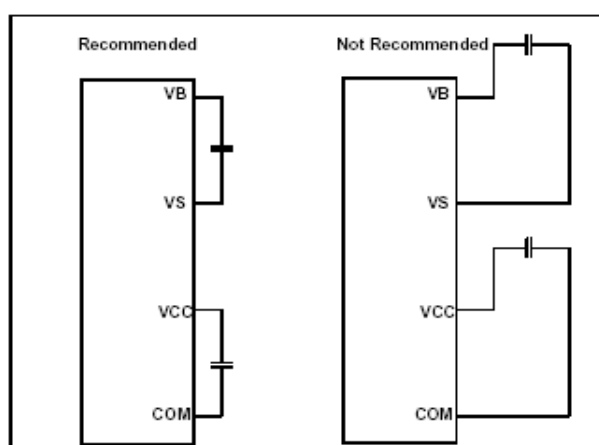


图 10 去耦电容器的设计

图 11 是 IR2175 的一个布局布线的例子，这是图 1 电路的典型的连接图。注意，缩短取样电阻和 IR2175 之间的连线可以减小耦合到电流取样信号中的噪声，保持较宽的电流引线以减小杂散电感。由 R2 和 D2 组成的瞬时负偏压保护电路要尽可能的靠近 IC，以便有最大效果。Vcc 和 Vbs 上的去耦电容器也要尽可能的靠近 IC 管脚。

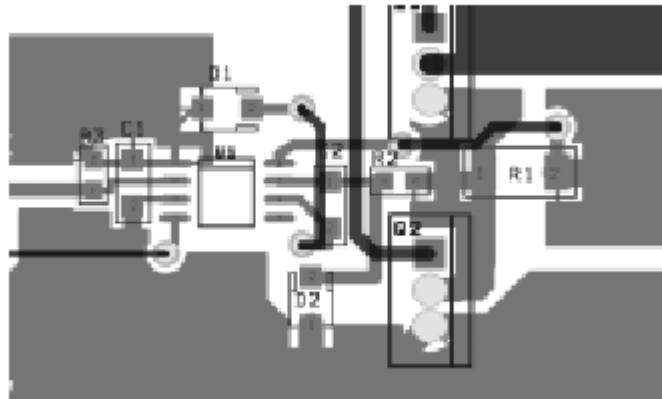


图 11 典型的 IR2175 电路布局布线图

7. dv/dt 和及其对占空比的影响

这可以作为电流传感器 IC 的 CMRR(共模抑制比)进行描述。在高端悬浮但没开关切换的情况下(即 V_s 脚的电压是固定的), 占空比不会有波动。

然而, 电流传感器 IC 很可能被用在和图 1 的典型电路图中所示出的相似的电路中, 在图 1 中 V_s 管脚被连接到半桥的输出, 在三相半桥电路中, 我们要用两个电流传感器 IC 来测量电机的相电流。在这个应用中, V_s 管脚和电流传感器的高端电路将在地或接近接地与正直流母线之间摆动, 因此每次转换时都有 dV/dt 。在 V_s 脚转换期间, dV/dt 将使 PO 脚上的输出信号的占空比产生微小的波动。在这种情况下, IR2175 输出信号的占空比波动 2%(直流母线电压为 300V)。下面的表 1 列出了当 dV/dt 为正或为负时, 在不同的直流母线电压下, IR2171/2 和 IR2175 的典型的占空比的波动情况。表中的结果是在 IR Accelerator™ 伺服电机控制设计平台上测得的。

在电机驱动电路的例子中, 这将被转换成电机的转矩波动, 对此, 我们应该引起重视。

	Jitter @100V (%)	Jitter@200-V (%)	Jitter @300V (%)
IR2171/2 +ve dV/dt	1.4	2.8	4.0
IR2171/2 -ve dV/dt	1.5	3.3	5.0
IR2175 +ve dV/dt	0.75	1.4	2.1
IR2175 -ve dV/dt	0.25	0.8	1.6

表 1 IR217X 电流传感器 IC 的典型的占空比的波动(CMRR)

8. IR2170/1/2/5 的比较

下面的表 2 列出了不同的电流传感器 IC 功能的区别。

	IR2170	IR2171	IR2172	IR2175
PWM 输出	无	有	有	有
过流信号	有	无	有	有
过流触发延迟(μ s)	1.5	1.5	1.5	2.0
I_{QBS} (mA)	1	1	1	2
F_O (kHz)	N/A	40	40	130
Dmin(%)	N/A	7	7	9
Dmax(%)	N/A	93	93	91

图 2 IR217X 电流传感器 IC 的比较

重要提示： IR2171/IR2172 需要进行隔离，因此对于新的设计应该使用 IR2175。