

② 10—11, 18

《电测与仪表》1993. 12

便携式毫安级直流电流钳形表的研制

上海工业大学

金祥龙 李斌

TM933.15

A 摘要 本文介绍采用霍尔元件为传感器的钳形 mA 级直流电流表的工作原理、结构组成, 可用于直流控制电路中不断开电路测量电流之用。

叙词 钳形电表 直流电流 测量

一、引言

工业生产部门、实验室、交通运输及电厂监控系统中经常要对控制电路的电流进行测量。被测电路的电流是直流电流, 又都为 mA 数量级。

测量直流 mA 级电流目前沿用的方法一般是断开被测电路后串接直流电流表。这种方法需要中断电路, 操作费时而效率低。

是否可用便携式交流钳形表方式来测量直流 mA 电流成为我们研制任务。我们参照其类似特点, 研制了便携式 mA 级直流电流钳形表 (以下简称直流钳形表), 它能象交流钳形表一样, 不必断开被测电路就可方便、迅速、准确地测出被测电路直流电流大小和方向。

二、仪表传感器及电路的设计

1. 仪表的组成

本直流钳形表由钳形传感器、测量电路、数字显示电路和电源等部分组成。

仪表由传感器“感受”电路的直流 mA 电流信号并将其转换为直流 mV 级电势输出。测量电路完成信号放大及处理, 然后由数显装置读出。仪表组成方框图如图 1 所示。

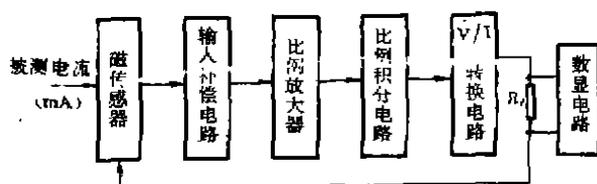


图 1

2. 钳形传感器

传感器由 U 型铁芯、导磁板、测量线圈、反馈线圈、霍尔元件 (装于 U 型铁芯一端) 及弹簧等组成, 见图 2。

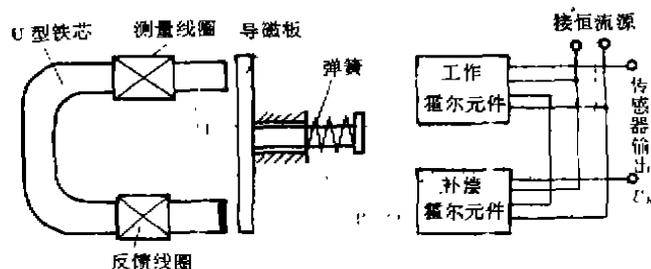


图 2

测量线圈为仪表的附件, 它预先装 (串联) 在被测电路中, 由于被测电流为毫安级, 所以为了在铁芯中获得较强的磁动势, 故采用多匝线圈 (40 匝)。测量时, U 型铁芯一柱套在测量线圈中。当被测电流在测量线圈中流过时铁芯中将产生磁场, 从而使在铁芯磁路中的霍尔元件产生霍尔输出电压。当霍尔元件激励电流为恒定时, 霍尔电压与铁芯中磁感应强度成正比, 也即与被测毫安级直流电流成正比。

这样, 传感器完成了电—磁—电的转换。合理设计负载电阻可使传感器输出的霍尔电势与被测电流有良好的线性关系。

基于霍尔元件的生产现状, 我们选用了中国科学院上海冶金研究所生产的全离子注入高线性的 GaAs 型霍尔元件。电路中采用二块霍尔元件, 一块为工作元件, 固定置于闭合磁路中, 另一块为非工作补偿元件, 它也通以激励电流 I , 但不置于磁路中 (置于磁屏蔽罩壳体内)。二元件反向串联以起到温度补偿作用和消除霍尔元件不等位电势误差。

U 形铁芯由高导磁率硅钢片叠成, 一个磁柱上固定反馈线圈, 另一磁柱在测量时套在测量线圈中。

3. 测量电路

一般的测量仪表多为开环系统结构,对仪表的元器件性能要求较高。本直流钳形表为了获取经济的价格比,我们将测量电路设计成带有反馈线圈的闭环反馈式平衡系统结构。这种

结构对电路的不对称、元器件要求、电源的要求都可降低,对温度变化的影响也不明显,使仪表可靠性获得提高。测量电路由输入补偿电路、比例放大电路、 V/I 电压电流转换电路及其比例积分电路组成,见图 3。

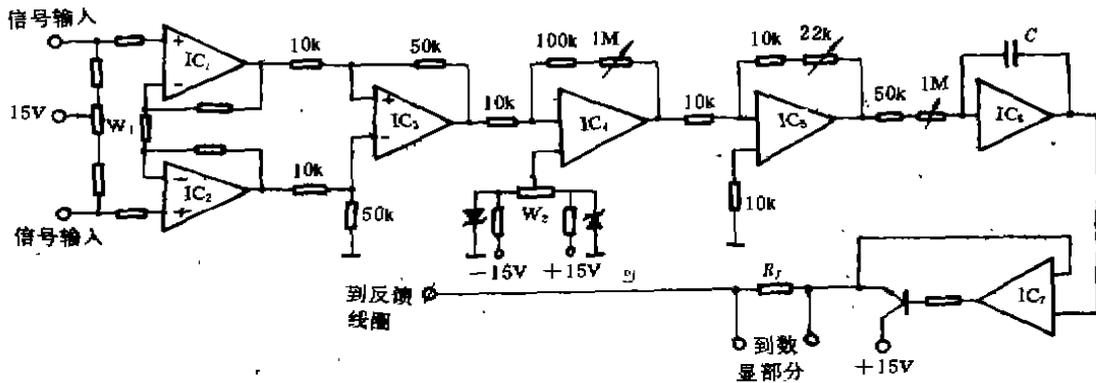


图 3

输入补偿电路由运放 IC_1 和 IC_2 组成(选用 5G0P-07)。传感器的输出信号分别接到二个运放的正向输入端。电路为全对称并联方式,其目的是消除失调电压,提高输出稳定性。电路具有良好的共模抑制比。 W_1 为调零电位器。 IC_3 和 IC_4 组成二级差动放大电路(选用 LN353N 集成块),该级放大倍数为 5×10 到 5×110 之间可调。 W_2 为调零电位器。运放 IC_5 和 IC_6 组成 PI 比例积分调节电路。当测量线圈通过被测电流与反馈线圈通过的反馈电流存在偏差时,经过前面数级放大电路放大后在此级实行“PI”调节,即对偏差进行比例积分处理,并通过后级反馈电路改变输出反馈电流大小,直到偏差消除,电路处于动平衡工作状态。整个过程快速平稳。 V/I 转换电路由 IC_7 和达林顿管组成。前级信号接入运放同相端,反馈信号输入运放反向端,该级完成电压电流的转换和电流负反馈的功能。

测量电路将传感器输出信号即霍尔电势 $15mV$ 放大到 2 伏,由负载电阻 R_f 两端输出到数显部分。

4 显示电路及电源

仪表采用通用型的 ICL7106CPL-S8607 集成块组成 3 位半数字显示电路(具体电路较

一般化故略)。测量电路输出经过衰减进行显示,仪表测量范围为直流电流 $0 \sim 500mA$ 。

仪表测量电路和显示电路需要 $\pm 15V$ 和 $\pm 5V$ 两组电源,可由表内稳压电源供电,也可由电池供电方式供电。

仪表还有稳流源电路输出,供霍尔元件激励电流用。

三、仪表设计中的几点考虑

1. 由于测量线圈已成为仪表的组成部分,其品质因数直接影响仪表的仪表常数。为了保证仪表的复现性和通用性,测量线圈作为仪表附件与仪表配套提供。

2. 霍尔器件属半导体器件,为达到最佳温度补偿和零电位电势补偿,我们由元件中进行筛选配对,使其参数尽量一致。

3. 尽管电路对元器件质量要求不高,为了实现电路调零方便,我们选用了部分高精度的线绕电阻。

4. 仪表的传感器完成电—磁—电的转换,是仪表的重要部分,其磁路的漏磁、磁损失、磁屏蔽等问题我们在结构设计中作了技术处理。

四、结束语

便携式直流 mA 钳形表在日本有此类产品,国内还未见有同类产品引进。(下转 18 页)

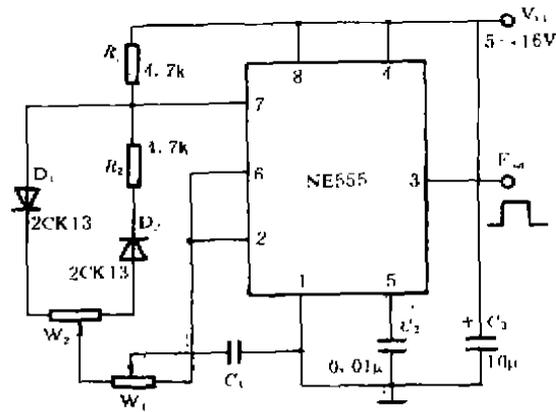


图5 由时基芯片 NE555 构成的可调占空比方波讯号发生器

图5 示出了由 NE555 构成的占空比连续可调的讯号源振荡电路实例。

图6 给出了在市场出售的某些集成 DMM 和数字面板表中采用的用非门制作的振荡讯号源电路。可利用 CD4069 六反相器中的二个单元电路由外部接成。此 RC 振荡器频率的值取决于 R_0C_0 ：

$$f_c \approx 0.455 \frac{1}{R_0 C_0}$$

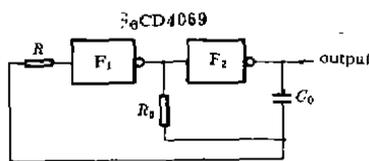


图6 用 CD4069 实现的 RC 方波振荡器电路

在计算机、电子测控设备和数字测量仪表中,需要多种时钟讯号振荡器,其实质是以当代技术手段实现的集成测量讯号源,如石英晶体振荡器、压控振荡器和秒信号发生器等。这些都可通过选用适宜性能、型号的 IC 芯片进行设计和制做电路实现。譬如,采用 ICM7555、

ICM7207A、C4001、CC4060、5G5544 和 LH5512F 等 IC 芯片,即可实现多种数字仪表。诸如:频率计数器、转速表、发动机参数测量仪表和计时仪器等必需的秒信号发生器或时钟振荡器(CLK)。

总之,多功能集成测量信号源不仅限于用 ICL8038 设计和实现,也可选择不同的设计方案由硬件电路和软件程序研制成功。这类提供测量与控制信号的集成信号源的工作原理与性能和传统的用 C、L、R 等器件制造的功率信号源乃至无线电通讯设备中的微波讯号源等有着明显的不同。虽然分立件柯尔毕兹、哈特莱和文氏电桥振荡器暂时尚不会与体现着二十一世纪前夜先进技术的多功能集成信号源“bye,bye”,但毕竟“后生可畏”,大有长江后浪推前浪之势,人们设计和研制信号源的传统技术将随着高新技术的不断革新,取得性能指标的日渐完善和高速进展。

参 考 文 献

- 1 常凤娥. 采用 ICL8038 的多功能测量信号源. 电测与仪表, 1993, No. 3
- 2 张锡纯等. 用 MS-1209 组建 12bit 自动测控系统. 电测与仪表, 1991, No. 8
- 3 张锡纯等. 用 MS-1209 组建 12bit 多路电气参数采集系统. 电测与仪表, 1992, No. 2
- 4 张锡纯等. 荧光屏上的示波测量法. 科学出版社, 1973
- 5 张锡纯. 自动检测技术和仪表(I). 河北机电学院, 1978. 4
- 6 INTERSIL CO., IC HAND BOOK
- 7 从余. 采用 ML2035 制作简单的正弦波发生器. 实用电子文摘, 1993, 1
- 8 李建兴. IC DATA BOOK. 科技图书出版社, 1981. 7
- 9 周仲. 集成电路应用. 电子工业出版社, 1988. 2

(姜玉红 编发)

(上接 11 页)我们研制的这台仪表能满足需要经常测量、巡回监控的直流电路例如火车站内直流控制电路中用户测量的需要。仪表使用方便、快速、可靠。改动线圈的圈数可以扩展量程范围,满足更大的直流信号的测试需要。本仪器

欢迎有关单位协作生产或技术转让。

参 考 文 献

- 1 巫昊. 霍尔元件参数及其测试方法的一些问题. 自动化与仪器仪表, 1982 年, 第 3 期

(刘家新 编发)