

程控电流源的研制

陈仲甘 姚桂姿 林 峰

(汕头大学计算中心, 广东, 汕头, 515063)

摘要: 介绍了高精度程控电流源的工作原理和操作方法。配用双地址只听 IEEE-488 接口, 既可用微机控制, 也可面板操作。电流源分 6 档, 输出范围为 0.5 nA~200 mA, 精度为 $\pm 0.05\%$, 最高输出电压为 7 V, 最高输出阻抗为 $10^{12} \Omega$ 。

关键词: 电流源, 恒流源, 微机控制, 接口。

引言

根据红外测试的实际需要, 本着电路简单、造价低的原则而设计制造了本电流源, 其主要技术指标与 Keithley 224 型电流源^[1]相同, 而电流变化范围扩大了一个数量级以上, 此外, 对应于 224 型的一组 4 位数字输出已增加到两组 8 位。

1 恒流源工作原理及系统构成

1.1 恒流原理

恒流原理如图 1 所示^[2], 根据理想运放失调电压为零及开环增益 A_0 为无穷的特性可知, $\Delta V = V_+ - V_- \equiv 0$ 。此外, 理想运放的输入偏流为零, 且输入阻抗为无穷, 由此得到:

$$I_L = I_1 = V_- / R_1 = V_+ / R_1 = V_i / R_1, \quad (1)$$

输出电流 I_L 唯一地决定于输入电压 V_i 和基准电阻 R_1 , 而与负载电阻 R_L 无关。

我们在实际电路中使用的是高精度运放 ICL7650, 其失调电压小于 $1 \mu\text{V}$; ICL7650 的输入偏流小于 10 pA , 它在最高值 ($1 \text{ M}\Omega$) 的基准电阻上所产生的压降仅 $10 \mu\text{V}$, 与输入电压 V_i (来自 12 位数 / 模转换器 DAC1210) 的设定误差相比可忽略。

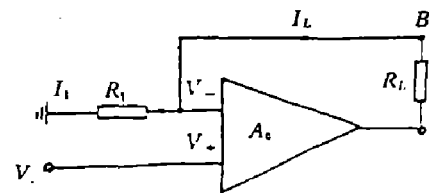


图 1 恒流原理
Fig. 1 The principle of constant current

1.2 系统的构成

除作为系统核心的 ICL7650 外, 本系统还包含一系列功能块, 系统方框图如图 2 所示.

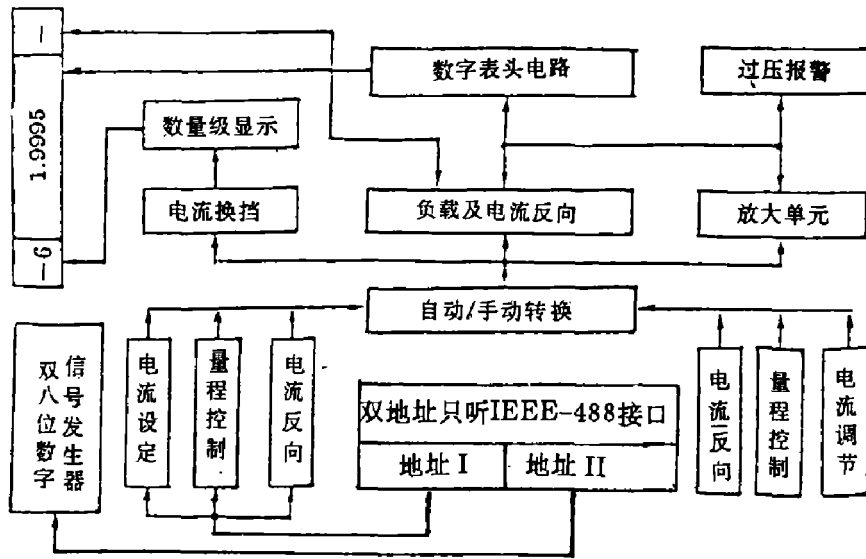


图 2 系统方框图
Fig. 2 Block diagram of the system

(1) 放大单元及电流大小的调节

放大单元包括 ICL7650 和晶体管电流放大器, 并有一个电流大小的转换机构. 由于各自特性不同, 晶体管放大器可提供毫安级各档的输出, 而 ICL7650 则直接提供微安级各档的输出.

输出电流的调节由放大单元完成, 放大单元的输出则受控于输入电压 V_i . 在自动情况下, V_i 来自 DAC1210 的输出 V_0 , 其值为^[3]

$$V_0 = \frac{-V_{REF}}{4096} \cdot D, \quad (0 \leq D \leq 4095) \tag{2}$$

式 (2) 中 D 为输入到 DAC1210 的数字量, 参考电压 $V_{REF} = -2.048 \text{ V}$, 由此得到

$$V_i = V_0 = \frac{2.048}{4096} \cdot D = 5 \times 10^{-4} \cdot D. \tag{3}$$

(2) 量程选择与输出极性控制

本电流源共分 6 档, 相应基准电阻有 6 个, 由继电器选择接入到放大单元的 R_1 位置上. 量程及电流反向电路如图 3 所示, 图 3 中 3 位控制信号 $D_0 \sim D_2$ 经 74LS373 锁存器锁存、74LS138 型 3-8 译码器译码和晶体管放大器放大后驱动相应的继电器, 图中 $RL_i (i = 0 \sim 5)$ 表示各继电器线圈.

输出极性控制信号 D_3 亦由同一锁存器锁存, 当 $D_3 = 0$ 时相应于正电流, 当 $D_3 = 1$ 时相应于负电流.

(3) 报警系统

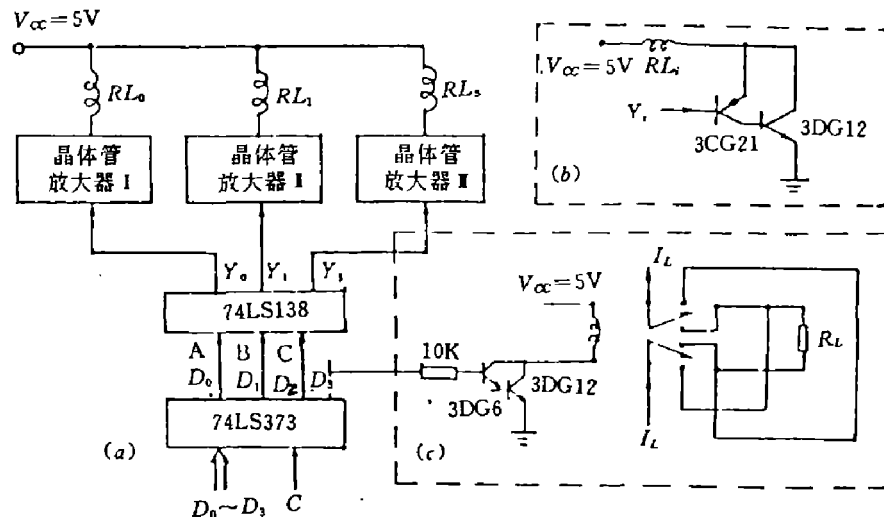


图 3 量程及电流反向电路

(a) 数字信号分配图；(b) 量程继电器的驱动电路；(c) 电流反向继电器的驱动电路

Fig. 3 Circuits of measurement range and current reversion

(a) assignment of digital signals; (b) drive-circuits of range relays;

(c) drive-circuits of current-reversed relay

当外电路断开或输出电流设定太高时，有可能输出电压达到最高后，输出电流仍达不到设定值。本电流源具有声、光两种报警系统，当输出电压接近于最高输出电压时，过压指示灯亮，同时奏出音乐声。

(4) 输出电流的显示

输出电流显示分极性显示、数值显示和数量级显示三种。电流极性显示由 1 只 7 段数码管的 G 段完成，电流数值显示由 1 只 $4\frac{1}{2}$ 位数字表读出，它实际显示的是基准电阻 R_1 上的压降；而 R_1 值则反映在数量级的显示上，它亦由 1 只 7 段数码管完成。

2 微机控制与面板操作

2.1 双地址只听 IEEE-488 接口

本电源配用的是双地址只听 IEEE-488 接口，这一接口除一对收发器为 75160/75162 外，其余均为 74 系列的廉价芯片，它不必单片机参与，因而具有造价低、用法简单，而且性能稳定可靠的优点。双地址概念的引入使一块接口变为两块接口的功能，而且只用一根 IEEE-488 电缆，因此这一新型接口具有推广意义。

2.2 微机控制与面板操作

本电流源的控制包括输出电流数值的设定、量程选择和输出极性的控制。电流数值由 12 位数 / 模转换器设定，它由 8 位信号经两次锁存完成。选择量程的 3 位信号和控制极性的 1 位信号共用一只锁存器。这些信号来自接口的地址 I，其信号分配如图 4 所示。

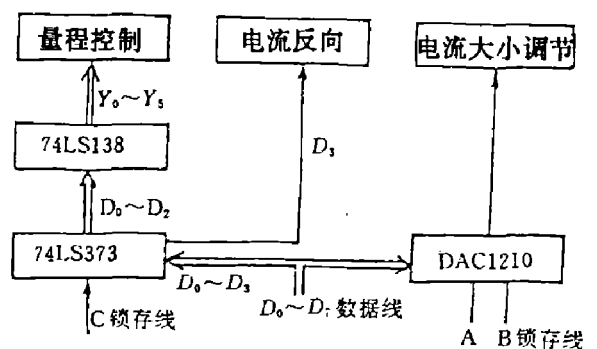


图 4 地址 I 的信号线分配图

Fig. 4 Assignment of digital signals of address I

面板操作时输出电流大小由 1 只 10k Ω 的多圈电位器调节, 量程选择为 1 只 6 档互锁琴键开关, 输出极性由一只按钮开关选择. 此外, 可选择微机控制或面板操作.

3 电流源的主要技术指标

3.1 电流变化范围及精度

由表 1 可见, 本电流源的输出共分 6 档, 变化范围为 0.5 nA~200 mA, 与 224 型相比, 大电流高出一倍, 小电流增加一个数量级. 其精度则决定于基准电阻 R_1 及 DAC1210 的设定精度, 两者都可达到 $\pm 0.05\%$.

表 1 电流源的变化范围与精度
Table 1 The output current ranges and precision

量 程	最大输出	精 度	分辨率
100 mA	199.95 mA	0.10% \times 读数 +50 μ A	50 μ A
10 mA	19.995 mA	0.05% \times 读数 +10 μ A	5 μ A
1 mA	1.9995 mA	0.05% \times 读数 +1 μ A	500 nA
100 μ A	199.95 μ A	0.05% \times 读数 +100 nA	50 nA
10 μ A	19.995 μ A	0.05% \times 读数 +10 nA	5 nA
1 μ A*	1.9995 μ A	0.05% \times 读数 +1 nA	0.5 nA

* 本量程是 224 型所没有的.

3.2 温度稳定性和输出阻抗

电流源的温度稳定性主要决定于 DAC1210 的基准电压, 我们选用 ICL8069 作基准电压源, 其温度系数小于 50 ppm/ $^{\circ}$ C, 在 10 $^{\circ}$ C 的温度范围内, 可保证 $\pm 0.05\%$ 的温度稳定性.

根据理论推导, 电流源的输出阻抗为^[2]

$$R_0 = A_0 \cdot R_1, \quad (4)$$

式 (4) 中 A_0 为 ICL7650 的开环增益, 其值大于 10^6 . 因此输出阻抗将随量程而变, 从大电流档的 $10^7 \Omega$ 变化到最小电流档的 $10^{12} \Omega$.

3.3 最高输出电压和数字输出信号

本电流源根据红外测试需要, 同时为了达到电路简单、造价低的目的, 将最高输出电压定为 7V. 由于输出电压低, 其电流比 224 型大一倍.

224 型的数字输出为一组 4 位, 难于满足用户要求; 本电流源将其扩大为两组 8 位, 并由接口的地址 II 单独提供.

4 结语

程控电流源是研制多种自动测试系统所需的一种仪器, 本电流源根据红外测量的实际

需要而设计的，它具有价格低廉、用法简单，而且性能稳定可靠的特点。期望这一电流源的研制成功能替代大多数同类进口仪器，并有助于自动测试系统在中国的推广使用。

参考文献

- 1 Keithley JF *et al.* *Low Level Measurements 3*, Cleveland, Ohio: Keithley Instruments, Inc., 1984: 120~121
- 2 M·赫皮. 运算放大器和模拟乘法器, 南宁: 广西人民出版社, 1980: p.246~254
- 3 赵依军, 胡戎. 单片微机接口技术, 北京: 人民邮电出版社, 1989: p.240~243

DEVELOPMENT OF A PROGRAMMABLE CURRENT SOURCE

CHEN ZHONGGAN, YAO GUIZHI, LING FENG

(*Computer Center, Shantou University, Shantou, Guangdong 515063, China*)

Abstract: The principle and operation of a high-precision programmable current source, which contains a double-address listen-only IEEE-488 interface for remote control purpose, are introduced in this paper. With six output ranges, its output current ranges from 0.5 nA to 200 mA, and is displayed with a $4\frac{1}{2}$ -digit meter. This current source has an output precision of $\pm 0.05\%$ and a maximum output voltage of 7 V, and its output resistance can be up to 10^{12} Ohm when in the smallest current range.

Key words: current source, constant-current source, computer-aided, interface.