

数字 V/I 转换器

沈阳单片机开发网 转载

www.symcukf.com

Digital V/I Converter

许红玉 李 斌(上海大学自动化系,上海 200072)

关键词:电压-电流转换器 数字转换器 集成芯片

Key words: Voltage-current converter Digital converter

Integrated chip

摘要 分析了常规 V/I 转换器与数字 V/I 转换器的工作原理和存在的不足。在肯定数字转换器优点的前提下,重点介绍了 AD420 和 AD421 二种数字 V/I 转换器芯片及以这两种芯片组成的 V/I 转换器的原理与性能。

Abstract The operational principles of conventional V/I converter and digital V/I converter and the disadvantage of the conventional converter are analyzed. From the basis on getting the advantage of digital converter, two types of digital converter chips, i. e., AD420 and AD421, and the principle and functions of the V/I converter combined with these two chips are introduced emphatically.

V/I (电压/电流)转换器在工业仪表中是最常用的部件。随着微型计算机和智能化集成芯片的发展, V/I 转换器已日益向数字化方向发展。目前大多数 V/I 转换器有三种形式,第 1 种是传统的模拟电路的 V/I 转换器,第 2 种是利用数/模(D/A)转换芯片和 V/I 转换芯片组成的数字化 V/I 转换器,如文献[3]所述,采用 D/A 转换芯片 MAX531 和 V/I 转换芯片 AD694 的组合,第 3 种是集成芯片式的数字 V/I 转换器。本文介绍两种直接数字 V/I 转换器 A/D421 和 A/D420。与传统的 V/I 转换器比较,它们将 D/A 和 V/I 两种功能集成在一个芯片中,既提高了集成度,又提高了精度,它们可直接应用于工业智能仪表中,无须任何附加转换;也可以组成 HART 协议的通信接口电路。

1 几种 V/I 转换器的 V/I 转换原理分析

V/I 转换器可以有多种实现方法,这里就典型的传统 V/I 转换器工作原理以及集成芯片中的 V/I 转换部分进行分析和介绍。

1.1 传统 V/I 转换电路工作原理

图 1a 是一种传统 V/I 转换器电路。当正的输入信号 V_i 通过 R_1 加到运算放大器 A 的反相输入端时, A 的输出电压降低,于是复合管电流增大,则 I_o 也增大, V_f 下降。通过 R_4 反馈到反相输入端,组成

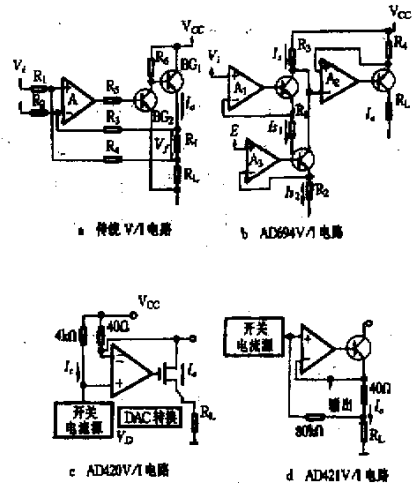


图 1 V/I 转换电路

一个比例运算电路,使 V_f 与 V_i 有一一对应关系,所以 I_o 取决于 V_i 。假设 $R_3 = R_4$, $R_1 = R_2$, 则有下列关系:

$$I_o = \frac{V_f}{R_f} = \frac{R_4 \cdot V_i}{R_1 \cdot R_f}$$

令 $K = R_1/R_4$, 则有 $I_o = V_i/KR_f$ 。

可以看出, I_o 与 V_i 的关系只与 R_f 的大小有关,与运算放大器参数及负载电阻 R_L 无关,说明其具有 V/I 转换性能。但从原理上看,这种 V/I 转换线形度和精度将受到 R_3 与 R_1 、 R_3 与 R_4 以及 R_1 与 R_2 的不一致性的影响。

1.2 基于芯片的 V/I 转换器工作原理

图 1b 所示为 AD694 的 V/I 转换电路图。输入的电压信号 V_i 先由 A_1 变换成 I_{s1} , A_3 在 E 和 R_2 的作用下产生 I_{s2} , I_{s2} 与输入 V_i 无关,只是在 $V_i = 0$ 时使 I_o 输出 4mA。 $I_{s1} + I_{s2} = I_s$, I_s 与 R_3 的作用使 A_2 控制输出电流 I_o , 达到输出 4 ~ 20mA 的电流范围。

从图 1b 推导出: $I_s = V_i/R_1 + E/R_2$

因为 $I_s \cdot R_3 = I_o \cdot R_4$, 得出: $I_o = R_3/R_4 I_s$

这样得出: $I_o = R_3/R_4 (V_i/R_1 + E/R_2)$, 即 I_o 与 V_i 之间的关系。令 $K = R_3/R_4 = 900/45 = 20$, 得出:

$$I_o = 20(V_i/R_1 + E/R_2)$$

若令 $E = 5V$, $R_1 = 6.25k\Omega$, $R_2 = 25k\Omega$, 这样 $V_i = 0 \sim 5V$ 时可输出 I_o 为 $4 \sim 20mA$ 的电流; 若令 $E = 0$, $R_1 = 100k\Omega$ 这样 $V_i = 0 \sim 5V$ 时可输出 I_o 为 $0 \sim 10mA$ 的电流。

可看出, E 的接线选择决定了输出电流的范围。

图 1c 为 AD420 的转换电路。与 AD694 不同的是, 它采用开关电流源来控制输出电流, 假设其关系为 $I_c = KV_D$, 则 $I_o = 4000/40KV_D + I_s'$, 其中 I_s' 为初始量。若 $I_s' = 4000\mu A$, $K = 32$, 则在 V_D 为 $0 \sim 5V$ 时输出电流 I_o 为 $4 \sim 20mA$, 若 $I_s' = 0$, $K = 40$, 则在 V_D 为 $0 \sim 5V$ 时输出电流 I_o 为 $0 \sim 20mA$ 。这可由 AD420 的管脚 Range-select1 和 Range select2 的接线方式来选择输出电流范围(见表 1)。 V_D 由 DAC 控制, 即由输入的 16 位二进制数据来控制, 这样就达到了 D/A 转换和 V/I 转换的目的。

表 1

CLEAR	I_{out}		运行情况
	Range select2	Range select1	
0	—	—	正常情况
1	—	—	复位
—	0	0	$0 \sim 5V$
—	0	1	$4 \sim 20mA$
—	1	0	$0 \sim 20mA$
—	1	1	$0 \sim 24mA$

图 1d 为 AD421 转换电路。它可采用环路供电模式。同 AD420 一样, 由开关电流源得到可控电流 I_c , 再经放大得到输出电流 I_o , 同样实现从数字量到电流量的转换。由图得出 I_c 与 I_o 的关系为

$$I_o = \frac{(80000 + 2 \times 40)}{(2 \times 40)} I_c = 1001 I_c$$

AD420 和 AD421 芯片内部实现 D/A 转换和 V/I 转换, 并且所有的内部电阻都是经激光刻制, 其精度可达到千分之一左右, 大大提高了 V/I 转换电路的精确度。

2 两种数字 V/I 转换器芯片

2.1 特点

- ① AD420
- ② 可将 16 位数字量转换成 $4 \sim 20mA$ 、 $0 \sim 20mA$ 、 $0 \sim 24mA$ 的电流;
- ③ 供电电源电压范围为 $12 \sim 32V$;
- ④ 以三线制方式与微控制器相连接;

- ⑤ 备有数字输出管脚, 可以联接多个 AD420;
- ⑥ 上电后, AD420 自动复位。
- ⑦ AD421
- ⑧ 采用环路供电模式;
- ⑨ 提供 $4 \sim 20mA$ 电流信号;
- ⑩ 供电电压 $+5V$;
- ⑪ 符合 HART 电路标准或其他 FSK 协议。

2.2 结构与原理

AD420 具有多种输出, 包含了一种 $\Sigma \Delta$ DAC, 适用于工业控制中带宽要求低的环境下。电流源通过两个电阻-电容过滤部分来过滤, 其中电容由外部电路提供。DAC 将接收的 16 位数据转换为一个电流。

AD421 的信号输入及转换与 AD420 相同, 这里不再作介绍。为满足满刻度设置要求, 要使用 NPO 电容, 设置值为 $C_1 = 0.01\mu F$, $C_2 = 0.01\mu F$, $C_3 = 0.0033\mu F$ 。

在正常情况下编程, 16 位输入可得到 $4 \sim 20mA$ 电流。如果编程使得接收到多于 16 位数据, AD421 只接收后 17 位进入转换寄存器中, 经过转换形成 $0 \sim 32mA$ 的报警电流。实际电路中, AD421 不可能产生小于 $3.5mA$ 或大于 $24mA$ 的电流。

2.3 典型电路应用

AD420 应用如图 2 所示电路, 只要改变 Range select 1 和 Range select 2 的接线方式, 就可输出不同范围的电流, C_1 与 C_2 设置为 $0.01\mu F$, 以满足 $3ms$ 的满刻度设置时间。由于电路简单, 这里不再作介绍。图中 1 为 range select1, 2 为 range select2, 3 为 ref out, 4 为 ref in。

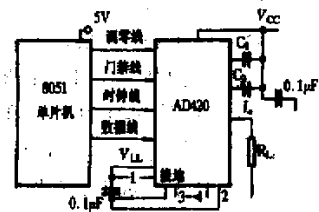


图 2 AD420 测试图

AD421 应用见图 3 和图 4。图 3 所示电路是将

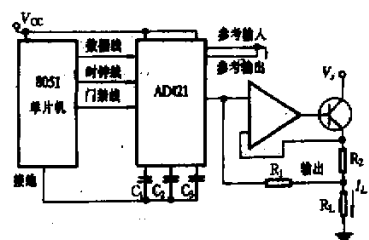


图 3 AD421 用作电流源

AD421 用作一种电流源,通过编程输出 4 ~ 20mA 电流。LOOP RTN 外接一个放大器和一个晶体管构成外部负反馈放大电路。由电路图可知,流过 R_L 的电流为

$$I_L = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) I_P$$

式中 I_P 为可编程电流。

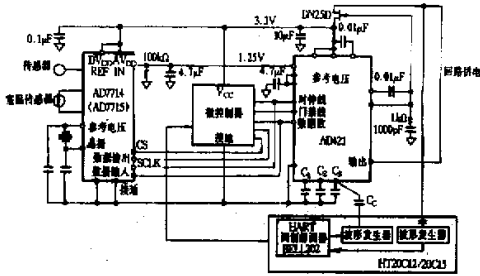


图 4 AD421 用于 HART 变送器中

由推导可以看出, R_1 与 R_2 的比值决定了流过 R_L 的电流和整个电流源的精确度。文中放大倍数 $A = 1 + R_1/R_2 = 1.7155$ 。图 4 所示为 AD421 用于 HART 变送器中,采用环路供电,变换的 HART 数据通过带有波带过滤器和调制解调器的变送器接收到,进而传送到微控制器的 UART 或异步串行口中,经过转换,再从微控制器的 UART 或异步串行口发送到调制解调器中,再经过波形生成后在 C_3 管脚被耦合到 AD421 的输出上。

2.4 测试程序及一组测试数据

若按图 2 和图 3 所示电路连接,并采用如下的测试程序:

```
org 0000h
```

```
ljmp main
org 0100h
main clr pl.0
clr pl.4
mov 21h, # 00h
mov 20h, # 00h
mov r2, # 10h
clr pl.1
mml inov a 20h
rlc a
mov 20h, a
clr pl.1
mov a, 21h
rlc a
mov 21h, a
mov pl.2, c
setb pl.1
djnz r2, mml
mm2 setb pl.0
nop
nop
mm3 sjmp mm3
end
```

即可对 AD420 和 AD421 进行 V/I 测试。整个测试是通过 8051 系列仿真器来进行的,在程序中,每一个输出数据放在 20H 和 21H 两个存储单元中。程序要求将 $P_{1,0}$ 连接门禁线, $P_{1,1}$ 连接时钟线, $P_{1,2}$ 连接数据线。通过运行测试程序测试出实际数据。输入数据与相应输出结果以及用计算器按照线形关系计算,得出的理论数据,实际测试数据以及精度计算值均列于表 2。

表 2

数 据 值			0000H	4000H	8000H	C000H	FFFH
AD421	I_{PROC}	计算值	4.000	8.000	12.000	16.000	19.999
		测量值	3.996	8.055	11.990	15.983	20.000
		精度	+0.100%	-0.687%	+0.083%	+0.106%	0
	I_O	计算值	6.862	13.724	20.586	27.448	34.310
		测量值	6.85	13.71	20.60	27.44	34.31
		精度	+0.175%	+0.102%	-0.068%	+0.029%	0
AD420 (0 ~ 24mA)	计算值	0.000	6.000	12.000	18.000	23.999	
	测量值	0.000	5.998	12.001	18.017	23.976	
	精度	0	+0.033%	+0.008%	-0.094%	+0.102%	

需要说明的是,表 2 的数据仅是基于一个 4 位半万用表的测量(R_L 的值, I_O 的值),虽不能说明芯片的

真正精度,但可以看出它们已超过了一般 V/I 转换器 (下转第 55 页)

(上接第 53 页)

的精度。

3 结束语

数字化芯片具有精度高、成本低、速度快、抗干扰强、转换结果不受电压影响的特点,而且无需外加太复杂的电路,适用于现代高集成度的模块化电路。

参考文献

- 1 Analog Devices Inc. Serial Input 16-Bit 4 ~ 20mA 0 ~ 20mA DAC ,1999
- 2 Analog Devices Inc , Loop-Powered 4mA to 20mA DAC ,1998
- 3 崔宗芳.智能仪表输出通道的一种组成方法.自动化仪表 ,2000 ,

21(7)

- 4 何立民.MCS-51 系列单片机应用系统设计.北京:北京航空航天大学出版社,1991
- 5 武汉力源单片机技术研究所.特殊集成电路应用手册,1993
- 6 方建淳.MCS-96 系列 8098 单片机原理与应用技术.天津:天津科学技术出版社,1999

收稿日期 2000-12-25。

第一作者许红玉,女,1976 年生,在读硕士研究生;主要研究方向为智能电磁流量计的开发与标定。