

# MAX543 乘法型 D/A 转换器在 汽车仪表校验仪中的应用

谢少伟

(浙江水利水电专科学校, 浙江 杭州 310018)

**摘要:**对合成电阻的基本概念、电路模型以及 MAX543 乘法型 D/A 转换器进行了介绍,并重点对 MAX543 构成的精密分压器在合成电阻式汽车仪表校验仪核心线路中的应用作了较为详细的分析。

**关键词:**MAX543;乘法型 D/A 转换器;合成电阻;汽车仪表校验仪

**中图分类号:**TH706      **文献标识码:**A      **文章编号:**1008-293X(2007)09-0042-04

汽车仪表的油量、压力、温度传感器多采用电阻式传感器,阻值随着油位、油压(气压)、水温(油温)的变化而变化,其配套的指示仪表如油量表、刹车压力表、水温表等均是根据电阻变化而设计的.这类仪表的校验较多采用旋转式电阻箱或“程控电阻网络”式校验仪.前者存在电阻箱体积大、操作复杂、效率低等缺点,并经常出现电阻烧毁现象.后者中的一种其电阻网络的构建采用 8421BCD 码的结构方式,通过继电器对相应电阻实行短路从而得到所需要的电阻值<sup>[1]</sup>;另一种是采用并联权电阻网络通过模拟开关通断,对并联电阻进行组合得到相应的电阻值<sup>[2]</sup>,这两种校验仪由于继电器、模拟开关长期通断,所以故障率较高,其电阻网络需采用大功率精密电阻,一般采用自制,存在绕制困难、热稳定性较差的缺点.为解决上述问题,作者对合成电阻在上述汽车仪表校验仪的应用进行了一定的研究.合成电阻的基本原理是采用运放网络,通过编程得到输入电压及电流的比值,即可获得可编程电阻输出.合成电阻是无触点电阻模拟网络,其精密密度、热稳定性、可靠性、体积等方面均具有较好的优越性.由于电阻为电压与电流之比,因此通过研究发现,合成电阻的核心线路是精密分压器,而乘法型 D/A 转换器是构成精密分压器的关键,因此本文对 MAX543 乘法型 D/A 转换器及其在合成电阻式汽车仪表校验仪中的应用作一介绍.

## 1 合成电阻的电路模型

图 1 为一合成电阻的电路模型,图中  $R_N$  为电流取样标准电阻,设  $R_1, R_2$  的分压比为  $K$ ,程控放大器的增益为  $M$ ,其输入电压为  $U_{in}$ ,输出电压为  $U_{out}$ ,合成电阻的输入电流为  $I_R$ ,端口电压为  $U_R$ .则:

$$U_{out} = \frac{M}{R} \cdot U_R$$

而运放  $A_2$  反相端的电压为:

$$U_{RN} = R_N \cdot I_R$$

由于运放及三极管 Q 组成的是电压跟随器,因此:

$$U_{RN} = U_{out},$$

$$\text{即 } R_N \cdot I_R = \frac{M}{K} \cdot U_R.$$

可得合成电阻为:

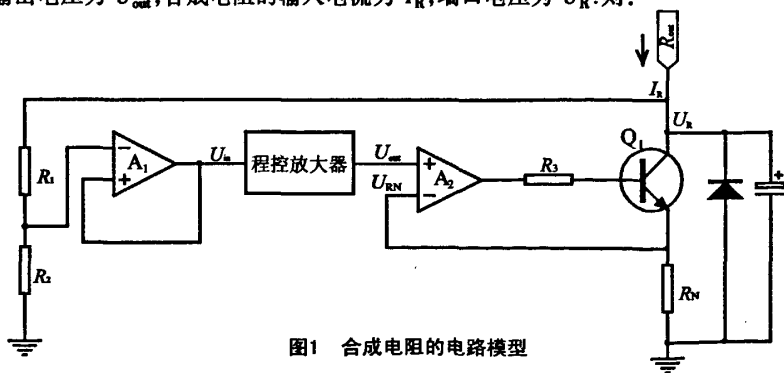


图1 合成电阻的电路模型

• 收稿日期:2007-09-01

作者简介:谢少伟(1965-),男,浙江绍兴人,副教授,研究方向:智能仪器仪表、汽车电子及仪表的研发。

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{K}{M} \cdot R_N$$

图1中,设  $R_N = 1 \Omega$ ,取分压比  $K = 1000$ ,程控放大线路的放大比为  $M = 1 \sim 1000$ ,则合成电阻的范围  $R = 1 \sim 1000 \Omega$ .当  $M = 1$ 时,  $R = 1000 \Omega$ ,要求对应程控放大器输入的数字量为最大( $D = 1000$ );而当  $M = 1000$ 时,  $R = R_N = 1 \Omega$ ,要求对对应程控放大器输入的数字量为最小( $D = 1$ ).这样电阻的大小与输入的数字量一致对应,数据处理及显示十分方便.因此,合成电阻从小到大变化时,程控放大线路的增益要求从大到小变化,而其控制的数字量应由小到大变化,必须采用增益衰减(随数字量的增加而减小)的程控放大器.

通过改变  $R_N$  或  $R_1, R_2$  的分压比  $K$ ,可改变合成电阻的量程,而增益衰减的程控放大器可由乘法型D/A转换器实现,本文采用MAX543乘法型D/A转换器加以实现.

## 2 MAX543乘法型D/A转换器

MAX543是MAXIM公司生产的CMOS 12位电流输出乘法型D/A转换器,具有接口线路简单、单电源供电、低功耗、转换速度快等特点.采用高速3线串行接口,适用于无总线结构型的小型单片机系统.具有+5V~+15V宽工作电源范围及5000V抗静电能力.

MAX543包含一个12位R-2R型DAC、一个串行输入并行输出移位寄存器、一个DAC寄存器和控制逻辑.MAX543内部结构及引脚(DIP8)如图2所示.

MAX543主要引脚包括:1脚( $V_{REF}$ )为参考电压输入端.2脚( $R_{FB}$ )为当用电流源作为参考输入时,可外接一个低温漂补偿电阻,使增益随时间变化最小.3脚( $I_{OUT}$ )为电流型输出端,通过外部输入放大器转换为电压输出.5脚(LOAD)为通过LOAD输入变低,串行输入数据被转换到DAC寄存器中.6脚(SRI)为串行数据输入端.7脚(CLK)为时钟脉冲输入端.

## 3 由MAX543构成的增益衰减程控放大器

MAX543的典型工作方式有单极性 & 双极性两种,是基本的D/A转换线路,不适用于增益衰减程控放大器设计.在增益衰减程控放大器线路中,MAX543作为一个程控分流器使用.图3为由MAX543构成的程控放大器原理图,以下对其工作原理作一分析.

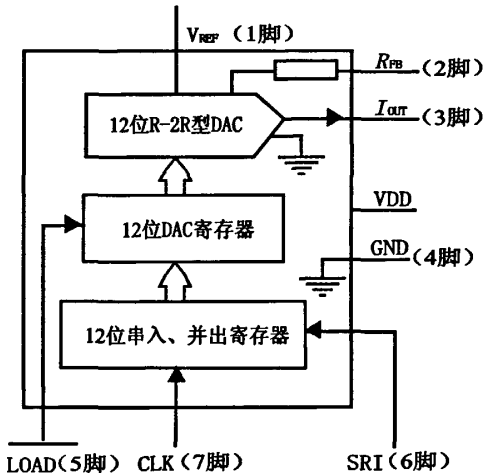


图2 MAX543内部结构图

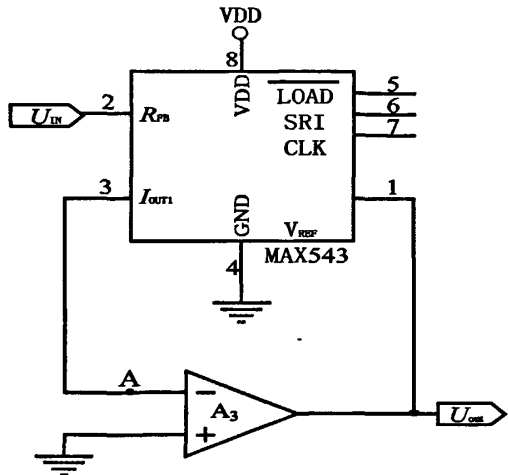


图3 MAX543构成的增益衰减程控放大器原理图

图4为MAX543中12位R-2R型DAC电阻网络内部结构图.为方便分析,可先分析只有 $D_0$ 接 $I_{out}$ (运放反相端)时的工作原理.

结合图3、图4可知,由于A点的虚地特性,可将A视作接地.从A点到运放的输出端的12位R-2R型DAC电阻网络等效电阻恒定为 $R$ (不管有多少位接 $I_{out}$ ,其等效电阻均为 $R$ ),并可分析出 $D_0$ 位对应的

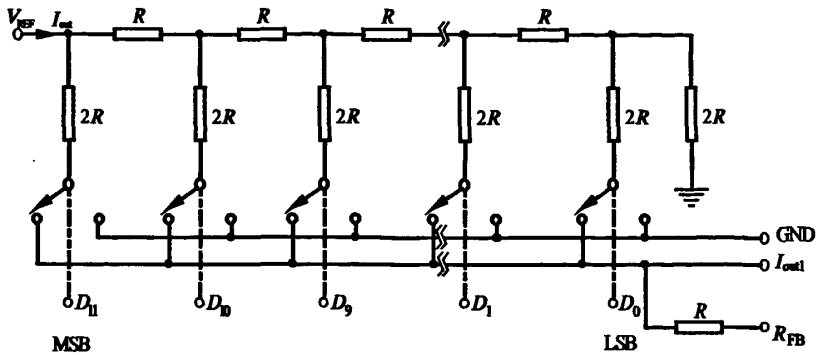


图4 12位R-2R型DAC内部结构图

$2R$  电阻上的电流为  $I_{ref}$  的  $1/4096$  (分流器作用)。因此,只有  $D_0$  为“1”时,在图 3 中:

$$U_{out} = -4096 \cdot U_{in}$$

则当只有  $D_0$  置  $I_{ref}$  时,其放大倍数为  $-4096$  倍。同理可推出图 3 中  $U_{out}$  与  $U_{in}$  之间的关系式为:

$$U_{out} = -U_{in} \left/ \left( \frac{D_{11}}{2} + \frac{D_{10}}{4} + \frac{D_9}{8} + \dots + \frac{D_0}{4096} \right) \right.$$

当  $D_{11}$  至  $D_0$  全为“1”时,放大倍数为  $-1$ ,因此图 3 为一增益衰减的程控放大器,即:当只有  $D_0$  为“1”时,增益最大;当  $D_0$  为“ $-4069$ ”时,对应的输出合成电阻最小。而随着数字量  $D_{11}$  至  $D_0$  的增加,增益减小,电阻增加。当  $D_{11}$  至  $D_0$  全为“1”时,增益最小,输出的合成电阻则为最大。上述线路中  $D_{11}$  至  $D_0$  全为“0”为非法常态,不应出现。

另外,图 3 中,运放的反相端与输出端的等效电阻恒为  $R$ ,但其流过的电流因 R-2R 型 DAC 电阻网络的分流作用在程控变化,因此 MAX543 在此电路中起到一个程控分流器作用。

将图 3 嵌入图 1 中,取  $R_1, R_2$  的分压比  $K=4096, U_s=4.92V, R_N=1\Omega$ 。 $A_1$  和  $A_3$  运放选用 OP07,  $A_2$  及三极管不加时,在不同的逻辑电平下,测得的  $U_{out}$  如表 1 所示,其对应的理论合成电阻也列入了表中。从表 1 中可以看出,分压输出  $U_{out}$  基本线性,且逻辑电平与合成电阻值相一致。因此,由  $R_1, R_2$  与增益衰减的程控放大器构成的线路,实际上是一个精密的程控分压器。

表 1 分压输出实测数据

逻辑电平 $D_{11} - D_0$	$M \cdot K^{-1}$	$U_{out}/V$	理论上对应 的合成电阻/ $\Omega$
00000000001	1/1	-4.920 0	1
00000000010	1/2	-2.470 0	2
00000000101	1/5	-0.990 0	5
00000001010	1/10	-0.502 0	10
00000100100	1/100	-0.051 1	100
00001001000	1/200	-0.026 0	200
00011110100	1/500	-0.010 2	500
001111101000	1/1 000	-0.005 1	1 000
011111010000	1/2 000	-0.002 6	2 000
101110110000	1/3 000	-0.001 7	3 000
111111111111	1/4 096	-0.001 2	4 096

#### 4 单片机接口及逻辑电平数据发送

MAX543 可方便地与单片机相连,以 89C51 为例,直接将 P1.0, P1.1, P1.2 分别与 CLK, SRI, LOAD 端相连即可。当单片机发送 12 位逻辑电平数据给 MAX543 时,先将  $LOAD=1, CLK=0, SRI=0$ ,当数据最高位送

至SRI(高电平为1,低电平为0)后,将CLK=1,产生一个上升沿,即将数据送入串入并出移位寄存器;完成一个数据发送后,再将CLK=0.重复上述步骤,将12位数据全部写入串入并出移位寄存器后,再将LOAD=0,打开12位DAC寄存器,12位数据便送入电阻网络的控制开关,实现D/A转换.

设12位数据的高8位已存于R5中,低4位存于R4的高4位中,则MAX543数据发送程序如下:

头程序:

```
CLK EQU P1.0
```

```
SRI EQU P1.1
```

```
LOAD EQU P1.2
```

12位数据发送子程序:

```
MAX54:MOV R1, #0BH
```

```
SETB LOAD
```

```
CLR SRI
```

```
CLR CLK ;准备接收数据
```

```
LOOP: CLR C
```

```
MOV A, R4
```

```
RLC A ;将R4最高位移入C中
```

```
MOV R4, A
```

```
MOV A, R5
```

```
RLC A
```

```
MOV R5, A ;将R4的最高位移入R5的最低位
```

```
MOV SRI, C ;将R5的最高位送到SRI端口
```

```
ACALL DELAY ;延时20 $\mu$ s,稳定数据
```

```
SETB CLK ;产生上升沿
```

```
ACALL DELAY
```

```
DJNZ R1, LOOP ;12位数据未发完,继续发送
```

```
ACALL DELAY
```

```
CLR LOAD ;数据发完,进行D/A转换
```

```
ACALL DELAY
```

```
SETB LOAD ;关12位DAC寄存器
```

```
RET
```

20 $\mu$ s延时子程序:

```
DELAY:MOV R7, #DEL ;DEL值根据晶振选择
```

```
DEL1: DJNZ R7, DEL1
```

```
RET
```

## 5 结束语

本文给出的是功率型合成电阻电路模型,实际线路相对复杂,运放的失调与系统的温漂对测量精度影响较大,采用高精度的A/D进行电压、电流的检测,实现闭环控制可以得到较高的精度,而MAX543的分辨率已能满足系统要求.更高要求可采用16位乘法型D/A转换器.而速度要求较高时,可用并行乘法型D/A转换器,如DAC7541,其应用线路结构与MAX543基本一致.

### 参考文献:

- 1 陈永煌.可编程标准电阻发生器[J].安徽机电学院学报,20006,15(2):66-68.
- 2 马若飞,孔力,程晶晶.用于汽车仪表校验的新型精密标准电阻设计[J].自动化与仪表,2003(3):11-14.

# MAX543乘法型D/A转换器在汽车仪表校验仪中的应用

作者: [谢少伟](#)  
作者单位: [浙江水利水电专科学校, 浙江, 杭州310018](#)  
刊名: [绍兴文理学院学报](#)  
英文刊名: [JOURNAL OF SHAOXING UNIVERSITY](#)  
年, 卷(期): 2007, 27 (9)

## 参考文献(2条)

1. 马若飞;孔力;程晶晶 [用于汽车仪表校验的新型精密标准电阻设计](#)[期刊论文]-[自动化与仪表](#) 2003(03)
2. 陈永煌 [可编程标准电阻发生器](#)[期刊论文]-[安徽机电学院学报](#) 2006(02)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_sxwlxyxb200709011.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_sxwlxyxb200709011.aspx)