

# 数字电容表和数字电感表的设计

西安矿业学院 卢文科

TM934

**摘要:** 介绍数字电容表和数字电感表的设计原理, 以及实际电路的设计。

**关键词:** 数字电容表 数字电感表 方波发生器

$$+ \int_{\Delta T}^T 0 \cdot dt = \frac{1}{T} U_H \Delta T \dots \dots \dots (2)$$

将式(1)代入式(2)得

## 一、数字电容表

### 1. 数字电容表的设计原理

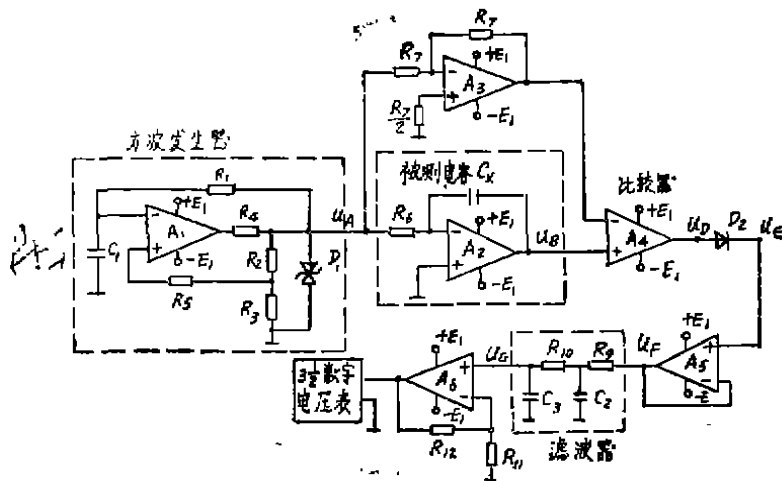


图 1 数字电容表电路图

从图 1、图 2 知道: 方波发生器输出的方波信号  $u_A$  送入积分器  $A_2$  中进行积分, 其输出电压  $u_B$  与反相器  $A_3$  的输出电压  $u_C$  通过比较器  $A_4$  比较后, 输出  $u_D$ 。  $u_D$  再通过二极管  $D_1$  和跟随器  $A_5$  后, 输出电压  $u_F$ 。  $u_F$  的脉冲宽度  $\Delta T \propto \tau = R_5 C_1$ 。

$$\text{即 } \Delta T = K_1 \tau = K_1 R_5 C_1 \dots \dots \dots (1)$$

式中,  $K_1$ ——常数。

电压  $u_F$  的平均值

$$\bar{u}_F = \frac{1}{T} \int_0^T u_F dt = \frac{1}{T} \left[ \int_0^{\Delta T} U_H dt \right]$$

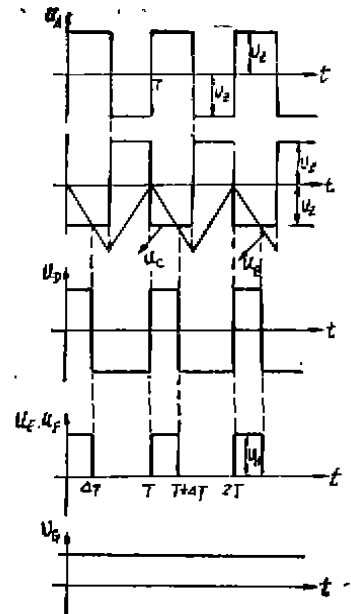


图 2 各点的波形图

$$\bar{u}_F = \frac{K_1 R_5 U_H}{T} \cdot C_1 \dots \dots \dots (3)$$

式中,  $U_H$ ——脉冲信号  $u_F$  的高电平电压值(常数)。  $\frac{K_1 R_5 U_H}{T}$  为常数。

滤波器的输出电压

$$U_G = K_2 \bar{u}_F \dots \dots \dots (4)$$

式中,  $K_2$ ——常数。

将式(3)代入式(4)得

$$U_G = \frac{K_1 K_2 R_5 U_H}{T} \cdot C_1 \dots \dots \dots (5)$$

电压  $U_G$  通过同相放大器  $A_6$  后, 其输出电压

$$U_0 = \left(1 + \frac{R_{12}}{R_{11}}\right) U_0 \dots\dots (6)$$

将式(5)代入式(6)得

$$U_0 = \left(1 + \frac{R_{12}}{R_{11}}\right) \frac{K_1 K_2 R_0 U_B}{T} \cdot C_x = K_3 C_x \dots\dots (7)$$

从式(7)可以看出：若取  $K_3 = \left(1 + \frac{R_{12}}{R_{11}}\right)$

$\frac{K_1 K_2 R_0 U_B}{T} = 1$ ，则  $U_0 = C_x$ 。将  $U_0 = C_x$  送入

3  $\frac{1}{2}$  位数字电压表中即可测量电容  $C_x$ 。

## 2. 实际电路的设计和元器件的选择

### (1) 积分器的设计

在积分器中，运算放大器的输入偏置电流对电容器进行充电，由此产生测量误差。为解决此问题可选用输入偏置电流很小的斩波稳定式运算放大器(如 F7650)。

### (2) 方波发生器的设计

方波发生器的频率

$$f = \frac{1}{2R_1 C_1 \ln\left(1 + 2\frac{R_3}{R_2}\right)} \dots\dots (8)$$

从式(8)知道，要使方波发生器的频率  $f$  稳定，必须使  $C_1$  和  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  稳定。

电容  $C_1$  可选用高稳定性的电容(如 CB 型)；电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  可选用高稳定性的电阻(如 EE 系列)。注意：不要选用线绕电阻，因为线绕电阻存在电感。

另外，稳压管  $D_1$  的稳定性也要很好。

### (3) 放大器的选择

放大器  $A_1$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$  和  $A_6$  均选用高增益、低漂移、低噪声的放大器(如 F7650、F5027、XFC78 等)。

### (4) 3 $\frac{1}{2}$ 位数字电压表的选用

3  $\frac{1}{2}$  位数字电压表可选用由 7106 型 A/D 转换器和液晶显示器组成的仪表。

## 二、数字电感表

只要设计一个电感——电容转换器，将被测电感  $L_x$  转换成电容  $C_x (C_x \propto L_x)$ ，再用此  $C_x$  代替图 1 所示电路的积分器的电容，就可测量电感。

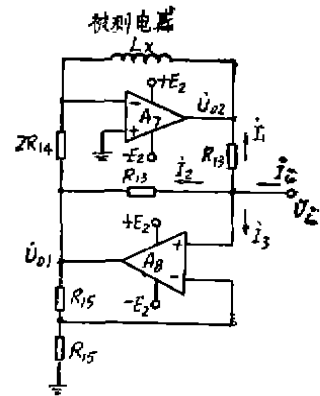


图 3 电感——电容转换器

下面我们利用相量的方法介绍电感——电容转换器的工作原理：

从图 3 中知道

$$\dot{U}_{01} = \frac{2R_{15}}{R_{15}} \dot{U}_i = 2\dot{U}_i \dots\dots (9)$$

$$\dot{U}_{02} = -\frac{j\omega L_x}{2R_{14}} \dot{U}_{01} = -\frac{j\omega L_x}{R_{14}} \dot{U}_i \dots\dots (10)$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_3 &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 \\ &= \frac{\dot{U}_i - \dot{U}_{02}}{R_{13}} + \frac{\dot{U}_i - \dot{U}_{01}}{R_{13}} + \dot{I}_3 \dots\dots (11) \end{aligned}$$

式(11)中， $\dot{I}_3$  是放大器  $A_8$  的输入电流，由于放大器本身的输入阻抗很大，开环电压放大倍数也很大，所以  $\dot{I}_3 \approx 0$ 。

将  $\dot{I}_3 \approx 0$ ，式(9)、(10)代入式(11)得

$$\dot{I}_i = \frac{j\omega L_x}{R_{13} R_{14}} \dot{U}_i$$

$$\text{即 } \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i} = \frac{1}{j\omega \frac{L_x}{R_{13} R_{14}}} \dots\dots (12)$$

因此，式(12)中  $\frac{L_x}{R_{13} R_{14}}$  相当于一个电容

$C_x$

(下转第32页)

等所有受三态门控制的输入/输出引线处于高阻状态，即交出总线控制权。CPU停止正常操作，并向DMA控制器发回总线回答BUSAK信号，通知它总线可以使用。

(3) DMA控制器接受总线控制权后，向I/O接口发DMA响应信号。与此同时，将存取数据地址及读/写命令发送给主存。从而开始主存和I/O接口之间的数据传送。

(4) 每传送一个字节，DMA控制器的地址寄存器加1，字节计数器减1。如此进行，一直到字节计数器减到0为止。

(5) DMA利用字节计数器变0信号结束，使总线请求信号BUSRQ变为高电平；在下一个T周期采样BUSRQ线时，使BUSAK也变高，即DMA控制器交还总线控制权。于是，CPU在下一个周期开始，从指令的停顿处执行完该条指令，然后继续执行原来的程序。

### 三、DMA 方式的应用

#### 1. 图象处理系统

图象存储体以直接存取方式同内存储器交换数据。图象存储体有四个库，可以存放四幅

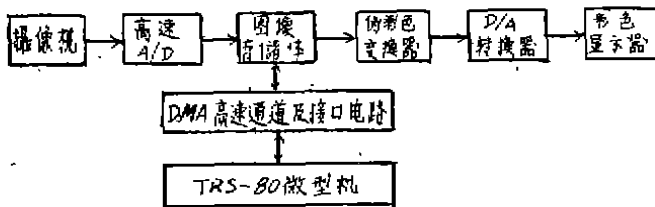


图2 系统结构框图

(上接第22页)

$$C_x = \frac{L_x}{R_{13}R_{14}} \dots \dots \dots (13)$$

达到了电感——电容转换的目的。

下面再谈一下电感——电容转换器中主要

图象数据。图2为系统结构框图。

TRIS-80微型机利用两根方式选择线和两根库选线经译码电路分别译出视频写、视频读、DMA写和DMA读四种工作状态以及四个库的选择信号来控制图象存储体。图象存储体送出DMA请求信号给DMA芯片，作为图象存储体和计算机间的联络信号。

#### 2. DMA方式的实现

TRIS-80微型机可以使用Z80 DMA芯片实现内存储器 and 图象存储体间数据的DMA传送，原理框图见3。

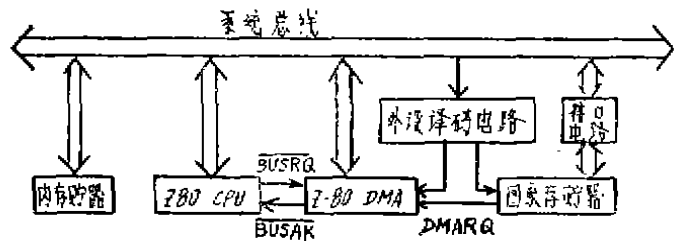


图3 以DMA方式进行数据传送

Z80 CPU将Z80接口芯片作为它的外设，通过外设口对DMA控制器写入各种命令控制字，或者读出DMA控制器的状态字。DMA控制器根据写入的命令控制字实现图象存储体各库间、图象存储体和内存储器间，以及内存储器相互间的直接传送。

### 四、结束语

DMA方式是由硬件在主存与外设之间完成的，它是高速微机应用中必不可少的。

元器件的选择；

$R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $R_{15}$  选用稳定性良好的电阻(如EE系列)。

放大器 $A_3$ 选用高输入阻抗、高增益的放大器(如F3140、F7650等)。