

# 嵌入式测控系统中数字滤波算法的实现

邢海霞, 王新风

(淮安信息职业技术学院, 江苏 淮安 223003)

**摘要:** 在嵌入式测控系统中, 数字滤波在对采样信号的处理上起着重要的作用。文中介绍了几种实用的数字滤波方式, 并给出了实现相应滤波算法的参考程序。

**关键词:** 嵌入式测控系统; 数字滤波; 程序

## 0 引言

模拟信号都必须经过A/D转换才能被嵌入式控制器接收。但在干扰作用于模拟信号之后, 其A/D转换结果往往会偏离真实值。因此, 仅采样一次是无法确定该结果是否可信的, 而必须多次采样, 才能得到一个A/D转换的数据系列, 然后通过某种处理, 才能得到一个可信度较高的结果。这种从数据系列中提取逼近真值的软件算法, 通常称为数字滤波算法。相对于硬件滤波, 数字滤波的优越性在于其无需硬件且可靠性高, 尤其对频率很高或很低的信号进行滤波。此外, 由于对多输入通道可共用一个滤波程序, 故可大大降低产品成本。

## 1 嵌入式测控系统中常见的数字滤波算法

### 1.1 限幅滤波

首先根据被测对象确定相邻两次采样所允许的最大差值 $\Delta Y$ , 然后在每次采样后和上次有效采样值进行比较, 如果变化幅度不超过 $\Delta Y$ , 则本次采样有效; 否则, 本次采样值被视为干扰而放弃, 而上上次采样值为准。其原理可用如下公式表示:

$$|y_n - y_{n-1}| \leq \Delta Y: y_n \text{有效}$$

$$|y_n - y_{n-1}| > \Delta Y: y_{n-1} \text{有效}$$

其中,  $y_n$ 为第 $n$ 次采样值,  $y_{n-1}$ 为第 $(n-1)$ 次采样值。

实现上述过程的参考程序(返回有效的采样

值)如下:

```
#define A 10 //A值可根据被测对象调整
char value; //value为有效值
char filter ()
{ char new_value; //new_value为当前采样值
  new_value=get_ad (); //获取采样值
  if ((new_value-value>A) || (value-new_value>A))
    return value;
  return new_value;
}
```

限幅滤波主要用于处理变化比较缓慢的数据, 如温度、湿度、液位等。该方法使用的关键是要选取合适的门限 $\Delta Y$ 。 $\Delta Y$ 通常可根据经验数据获得, 必要时也可由实验得到。

### 1.2 中值滤波

这种滤波方式一般对目标参数连续采样 $N$ 次( $N$ 一般为奇数), 然后把 $N$ 次采样值进行排序, 再取中间值作为有效值。对于变化很慢的参数, 也可以增加采样次数。而对于变化较为剧烈的参数, 此法不宜采用。其参考程序如下:

```
#define N 11 //N值可以根据实际情况调整
char filter ()
{ char value_buf [N];
  char count,i,j,temp;
  for (count=0;count<N;count++)
    { value_buf [count] =get_ad (); //获取采样值
      delay (); //延时
    }
}
```

收稿日期:2008-11-03

```
for (j=0;j<N-1;j++) //采用冒泡法对采样值排序
{ for (i=0;i<N-j;i++)
  { if (value_buf [i] >value_buf [i+1])
    { temp=value_buf [i] ;
      value_buf [i] =value_buf [i+1] ;
      value_buf [i+1] =temp;
    }
  }
}
return value_buf [(N-1) /2] ;//返回中间值
}
```

### 1.3 算术平均滤波

该算法对目标参数先进行连续采样，然后求其算术平均值作为有效采样值。该算法适用于对具有随机干扰的信号进行滤波。这种信号的特点是有一个平均值，信号在某一数值附近上下波动。信号的平滑程度完全取决于采样次数N，采样次数越多，平滑效果越好，但系统的灵敏度也会下降。为方便求平均值，N一般取4、8、16之类的2的整数次幂，以便系统用移位法来代替除法。其参考程序如下：

```
#define N 16
char filter ()
{ int sum=0;
  char count;
  for (count=0;count<N;count++)
    { sum+=get_ad () ;
      delay () ;
    }
  return (char) (sum/N) ;//返回算术平均值
}
```

### 1.4 去极值平均滤波

算术平均滤波不能消除明显的脉冲干扰，而只是将其影响削弱。由于明显干扰会使采样值远离其真实值，因此可以比较容易地将其剔除，而不参加平均值计算，从而使平均滤波的输出值更接近真实值，这就是去极值算法，又称为防脉冲干扰平均值滤波算法。该方法的原理是连续采样N次，并将其累加求和，同时找出其中的最大值和最小值，再从累加和中减去最大值和最小值，

再按N-2个采样值求平均，即可获得有效采样值。为方便求平均值，N-2应为2、4、8、16，故N常取4、6、10、18。其参考程序如下：

```
#define N 10 //N值可根据实际情况调整
int sum=0;
char filter ()
{ char value_buf [N] ;
  char count,i,j,temp;
  for (count=0;count<N;count++)
    { value_buf [count] =get_ad () ;
      delay () ;
    }
  .....//采用冒泡法对采样值排序
  for (count=1;count< (N-1) ;count++)
    sum+=value_buf [count] ; //去掉首末两个数
  return (char) (sum/(N-2) ;
}
```

### 1.5 加权平均滤波

算术平均滤波和去极值平均滤波均存在平滑性和灵敏性的矛盾。因为，采样次数太少，平滑效果差；采样次数太多，灵敏度下降，对参数的变化趋势不敏感。为协调两者的关系，可采用加权平均滤波。即对连续N次采样值分别乘上不同的加权系数之后再求累加和。加权系数一般先小后大，以突出后面若干采样的效果，来加强系统对参数变化趋势的辨识。各个加权系数均应是小于1的小数，且应满足总和等于1的约束条件。这样，加权运算之后的累加和即为有效采样值。为方便计算，可取各加权系数均为整数，且总和为256，加权运算之后的累加和再除以256后便是有效采样值。其参考程序如下：

```
#define N 8 //采样次数可以根据实际进行调整
char code ci [N] = {18,22,26,30,34,38,42,46} ;//加权系数表
char code sum_ci=256;
char filter ()
{ char count;
  char value_buf [N] ;
  int sum=0;
  for (count=0;count<N;count++)
    { value_buf [count] =get_ad () ;
```

```

    delay () ;
}
for (count=0;count<N;count++)
{ sum+=value_buf [count] *ci [count] ;
  return (char) (sum/sum_ci) ;
}
}

```

```

int sum=0;
value_buf [i++] =get_ad () ;
if (i==N) i=0;
for (count=0;count<N;count++)
sum+=value_buf [count] ;
return (char) (sum/N) ;
}

```

### 1.6 滑动平均滤波

以上介绍的各种平均滤波算法具有一个共同点，即每取得一个有效采样值都必须连续进行若干次采样，这些方法在采样速度较慢（如双积分型A/D转换）或目标参数变化较快时，系统的实时性往往不能得到保证。而滑动平均滤波算法只采样一次，它将这一次采样值和过去的若干次采样值一起求平均，然后所得到的有效采样值即可投入使用。这样，如果取N个采样值求平均，则RAM中必须开辟N个数据的暂存区。每新采集一个数据便存入暂存区，同时去掉一个最老的数据，以保持这N个数据始终是最近的数据。这种数据存放方式可以用环形队列数据结构来实现。其参考程序如下：

```

#define N 12
char value_buf [N] ;
char i=0;
char filter ()
{ char count;

```

### 1.7 低通滤波

将普通硬件RC低通滤波器的微分方程用差分方程来表示，便可用软件算法来模拟硬件滤波功能。经推导，对于低通滤波算法有：

$$Y_n = aX_n + (1-a) Y_{n-1}$$

式中 $X_n$ 为本次采样值； $Y_{n-1}$ 为上次的滤波输出值； $a$ 为滤波系数，其值 $\ll 1$ ； $Y_n$ 为本次滤波输出值。这种算法对变化缓慢的物理量是很有效的。但应注意一点，它不能滤除高于二分之一采样频率的干扰信号。比如采样频率为2 Hz，则对1 Hz以上的干扰信号通常应配合硬件滤波电路来滤除。该方法的参考程序如下：

```

#define a 0.25 //滤波系数可以修改
char value; //value为已有值
char filter ()
{ char new_value; //new_value为本次采样值
  new_value=get_ad () ;
  return (a*new_value+ (1-a) *value) ;
}

```

(下转第61页)

表1 数字滤波方法对比

方法	优点	缺点	适用对象
限幅滤波	对于克服随机干扰和尖脉冲效果较明显	数据处理速度较慢	温度、湿度、液位等缓慢变化量
中值滤波	能有效克服因偶然因素引起的波动或采样器不稳定引起的误码造成的干扰	不能用于快速变化的参数测量，速度慢	温度、湿度、液位等缓慢变化量
算术平均滤波	对周期干扰滤波明显，也可用于减小系统随机干扰	明显的脉冲会使其远离平均值，对尖脉冲干扰抑制能力弱，速度慢	温度、流量、压力、液面等测量
去极值平均滤波	有效地防止尖脉冲干扰，采集数据能平滑过渡	测量速度较慢，对脉冲宽度较大的干扰效果较差	温度、流量、压力、液面等测量
加权平均滤波	系统灵敏度高	计算量大，控制速度低，对采样周期长、缓慢变化的信号效果差	流量、压力等快速变化量
滑动平均滤波	对周期干扰有良好的抑制作用，平滑度高	灵敏度低，对偶然出现的脉冲性干扰抑制作用差	温度、流量、压力、液面等测量
低通滤波	对慢速随机变化量效果好，对周期性干扰抑制效果好	带来相应滞后、灵敏度低，对中频干扰、变化较快、实时性要求较高的系统效果差	温度、液位等缓慢变化量

B进行转帐处理。

### 3.3 CA模块

CA模块是本系统中最基本也是最重要的模块，主要负责客户S和商户A的数字证书申请、管理和验证等。该模块用数字签名技术来实现CA认证系统的设计。设计时可用基于椭圆曲线的密码体制来实现这一过程。

实现时，可先由CA选择椭圆曲线 $E(F_q)$ ，并以G为公开基点，n为G的阶那么，其现方法如下：

(1) 客户S申请数字证书

客户S将ID和公钥 $KU_C$ 发往CA。

CA选随机数 $k \in [1, n-1]$ 。

$kG = (x, y)$

$r = x \text{ mod } n, e = H(ID + KU_C)$ ，私钥 $KS_C$ 。

$S = k^{-1}(e + rKS_C) \text{ mod } n$ 。

则CA生成签名 $(r, s)$ ，向S颁发的数字证书为 $CA_S = (ID, KU_C, (r, s))$ 。

(2) 客户S与商家A交易时，S把自己的证书 $CA_S$ 发送给A。然后由A通过CA对证书 $CA_S$ 进行验证。

令 $w = s^{-1} \text{ mod } n, v_1 = ew \text{ mod } n, v_2 = rw \text{ mod } n, X = v_1G + v_2Q = \{X_1, Y_1\}$ ，

$v = X_1 \text{ mod } n$ 。

若 $v = r$ ，则签名有效。

当客户S和商户A进行交易时，必须对信息作数字签名并进行传递，才能保证信息的完整性和不可否认性。

(上接第58页)

## 2 各种数字滤波方法对比

数字滤波的方法多种多样，表1给出了几种数字滤波算法的优缺点和适用对象。

## 3 结束语

基于嵌入式测控系统的数字滤波方法多种多样，因此，在选择滤波方法时，首先要考虑微控制器的存储量、运算时间、运算能力以及实时性是否满足实际要求。然后再根据主要的干扰源(对系统的测试精度影响最大的干扰源)和测试

上述三个模块之间，它们既相互独立又相互关联，每个模块都有自己的工作流程，但又调用其它模块的部分功能，从而很好地实现软件的高内聚底耦合。

## 4 结束语

本文把以SET协议为基础的电子支付系统分为三大模块，即购物平台模块，网关支付模块和CA模块。然后根据模块间的相互独立性和关联性，在现实中很好的实现了软件的高内聚底耦合。同时，通过模块分析，更加了解了SET协议的优缺点，从而为进一步设计出安全性更高、效率更快的方案提供了参考，因此具有一定的实用价值。

### 参考文献

- [1] SET Secure Electronic Transaction. Book 3: Formal Protocol Description version 1.0 May31, 1997.
- [2] Ray Hunt .Technological Infrastructure for PKI and Digital Certification [J].Computer Communications, 2001, (24):1460-1471.
- [3] 袁凌,徐仁佐.网上电子支付系统分析[J].计算机应用研究,2001,18(5):56-58.
- [4] 周满元. 电子支付系统中双重签名的研究与应用[J].四川大学学报,2007,(5):196-199.
- [5] 徐殿军.电子商务的运作过程及安全简析[J].商场现代化,2007,(11):164.
- [6] 张卓其.电子银行安全技术[M].北京:电子工业出版社,2003.

对象的特点来选择合适的滤波方法。

### 参考文献

- [1] 周航慈.单片机应用程序设计技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003:92~100.
- [2] 李伯成.嵌入式系统可靠性设计[M].北京:电子工业出版社,2006.
- [3] 向红军,雷彬.基于单片机系统的数字滤波方法的研究[J].电测与仪表,2005,(9):53-55.
- [4] 马志梅,等.单片机的C语言应用程序设计(第4版)[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.