

实验三 信号卷积的 MATLAB 实现

一、实验名称：

信号卷积的 MATLAB 实现

二、实验目的：

1. 增加对卷积的认识
2. 了解 MATLAB 这个软件的一些基础知识
3. 利用 MATLAB 计算信号卷积
4. 验证卷积的一些性质

三、实验原理：

在求信号卷积之前，我们先来看看在 MATLAB 中 `conv()` 这个程序是如何来实现的。我们可以通过看它的流程图来了解，流程图如图 3.1 所示：

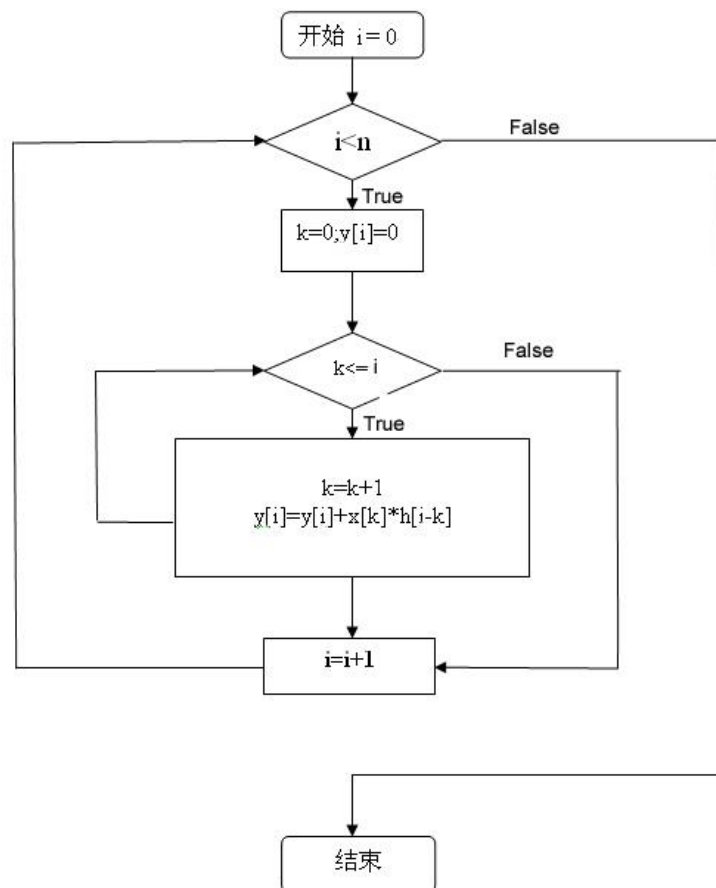


图 3.1 `conv()` 函数流程图

由于 `conv` 是针对离散时间序列的函数，我们先从离散的信号入手。

1、离散时间信号的卷积

我们试举一例来看 conv 的功能，已知序列 $f_1(k)$ 和 $f_2(k)$ 如下所示：

$$f_1(k)=1, (0 \leq k \leq 2) \quad f_2(k)=k, (0 \leq k \leq 3)$$

则调用 conv() 函数求上述两序列的卷积和的 MATLAB 命令为：

```
f1=ones(1,3);
```

```
f2=0:3;
```

```
f=conv(f1,f2)
```

运行结果为：f=0 1 3 6 5 3

由这个例子可以看出，函数 conv() 不需要给定序列 $f_1(k)$ 和 $f_2(k)$ 非零样值点的时间序号，也不返回序列 $f(k)=f_1(k)*f_2(k)$ 的非零样值点的时间序号。因此，要正确地标识出函数 conv() 的计算结果向量 f ，我们还必须构造序列 $f_1(k)$ 、 $f_2(k)$ 及 $f(k)$ 的对应序号向量。我们可以看出 $f(k)$ 的序号向量 k 是由序列 $f_1(k)$ 和 $f_2(k)$ 的非零样值点的起始序号及他们的时域宽度决定的。在此，我们自己可以构造一个实用一点的函数 dconv()，该函数实现的功能为：可以在计算出卷积 $f(k)$ 的同时，还可以绘出序列 $f_1(k)$ 、 $f_2(k)$ 及 $f(k)$ 在时域内的波形图。并返回 $f(k)$ 的非零样值点的对应向量。程序如下所示：

```
function [f,k]=dconv(f1,f2,k1,k2)
```

```
%the function of compute f=f1*f2
```

```
%f: 卷积序列 f(k)对应的非零样值向量
```

```
%k: 序列 f(k)的对因序号向量
```

```
%f1: 序列 f1(k)非零样值向量
```

```
%f2: 序列 f2(k)非零样值向量
```

```
%k1: 序列 f1(k)的对应序号向量
```

```
%k2: 序列 f2(k)的对应序号向量
```

```
f=conv(f1,f2)
```

```
%计算序列 f1 与 f2 的卷积和 f
```

```
k0=k1(1)+k2(1);
```

```
%计算序列 f 非零样值的起点位置
```

```
k3=length(f1)+length(f2)-2;
```

```
%计算卷积和 f 的非零样值的宽度
```

```
k=k0:k0+k3
```

```
%确定卷积和 f 非零样值的序号向量
```

```
subplot(2,2,1)
```

```
stem(k1,f1) %在子图 1 绘序列 f1(k)时域波形图
```

```
title('f1(k)')
```

```
xlabel('k')
```

```
ylabel('f1(k)')
```

```
subplot(2,2,2)
```

```
stem(k2,f2) %在子图 2 绘序列 f2(k)时域波形图
```

```
title('f2(k)')
```

```
xlabel('k')
```

```
ylabel('f2(k)')
```

```
subplot(2,2,3)
```

```
stem(k,f); %在子图 3 绘序列 f(k)的波形图
```

```
title('f1(k)与 f2(k)的卷积和 f(k)')
```

```
xlabel('k')
```

```
ylabel('f(k)')
```

对于下面两个离散序列，我们可以调用 `dconv()` 函数来求离散序列的卷积。

MATLAB 命令如下：

```
f1=[1 2 -1 -3 -2 4];
```

```
k1=1:6;
```

```
f2=ones(1,5);
```

```
k2=-2:2; %f1, f2 两个信号的向量表示
```

```
[f,k]=dconv(f1,f2,k1,k2) %子函数调用
```

运行程序可以绘制出波形图如图 3.1 所示。

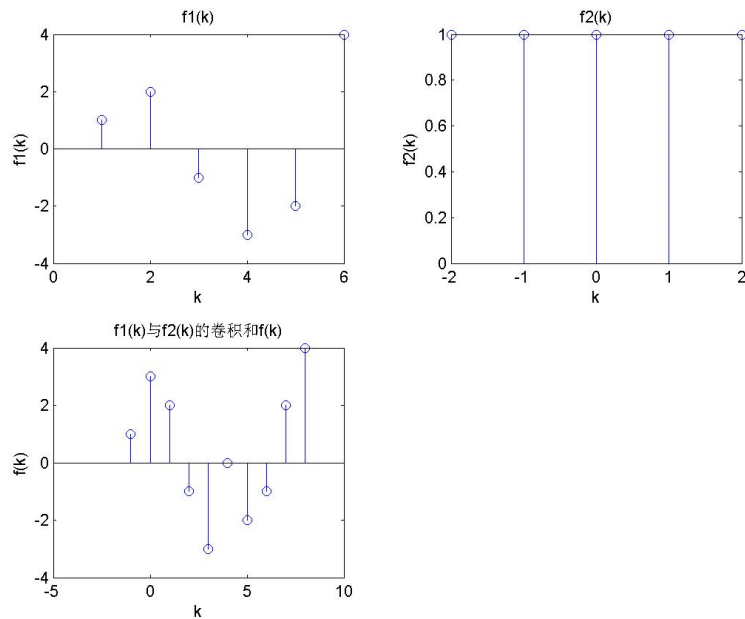


图 3.1 离散序列的卷积

需要注意的是，调用 `conv()` 函数计算序列卷积时，该函数将向量 f_1 和 f_2 以外的序列样值均视为零，因此，当序列 $f_1(k)$ 或 $f_2(k)$ 为无限长序列时调用 `conv()` 函数就可能出现误差。如果碰到无限长序列时候，我们必须将其截断才能求带入到 `conv()` 函数中。此时，函数将把截断区域外的区间视为零，故 `conv()` 计算出的卷积只有部分是真实的。

2、连续信号的卷积

在第一章中我们对连续信号的卷积(卷积积分)做了分析，卷积积分运算实际上可用信号的分段求和来实现。用 MATLAB 实现连续信号 $f_1(t)$ 与 $f_1(t)$ 卷积的过程如下：

1. 将连续信号 $f_1(t)$ 与 $f_1(t)$ 以时间间隔 Δ 进行取样，得到离散序列 $f_1(k\Delta)$ 与 $f_1(k\Delta)$ ；
2. 构造与 $f_1(k\Delta)$ 和 $f_1(k\Delta)$ 相对应的时间向量 k_1 和 k_2 (注意，此时时间序号向量 k_1 和 k_2 的元素不再是整数，而是取样时间间隔 Δ 的整数倍的时间间隔点)；
3. 调用 `conv()` 函数计算卷积积分 $f(t)$ 的近似向量 $f(n\Delta)$ ；
4. 构造 $f(n\Delta)$ 对应的时间向量 k 。

根据以上步骤我们自己可以比较容易写出求连续信号卷积的函数程序 `sconv()`，该函数实现的功能为：在计算连续信号的卷积的同时绘出信号及卷积

结果的波形，程序如下：

```
function [f,k]=sconv(f1,f2,k1,k2,p)
%计算连续信号卷积积分  $f(t)=f_1(t)*f_2(t)$ 
%f: 卷积积分  $f(t)$ 对应的非零样值向量
%k:  $f(t)$ 的对应时间向量
%f1:  $f_1(t)$ 的非零样值向量
%f2:  $f_2(t)$ 的非零样值向量
%k1:  $f_1(t)$ 的对应时间向量
%k2:  $f_2(t)$ 的对应时间向量
%p: 取样时间间隔

f=conv(f1,f2); %计算需要序列  $f_1$  与  $f_2$  的卷积和  $f$ 
f=f*p; %将  $f$  进行采样
k0=k1(1)+k2(1); %计算序列  $f$  非零样值的起点位置
k3=length(f1)+length(f2)-2; %计算卷积和  $f$  的非零样值的宽度
k=k0:p:k3*p; %确定卷积和  $f$  非零样值的时间向量

subplot(2,2,1)
plot(k1,f1) %在子图 1 绘  $f_1(t)$ 时域波形图
title('f1(t)')
xlabel('t')
ylabel('f1(t)')

subplot(2,2,2)
plot(k2,f2) %在子图 2 绘  $f_2(t)$ 时域波形图
title('f2(t)')
xlabel('t')
ylabel('f2(t)')

subplot(2,2,3)
plot(k,f) %画卷积  $f(t)$ 的时域波形
title('f(t)=f1(t)*f2(t)')
xlabel('t')
ylabel('f(t)')
```

给定下面两个连续信号，我们调用 `sconv()` 函数来求两连续信号的卷积。

```
t=-1:0.01:1;
f1=stepfun(t,0)-stepfun(t,1);          %%%  $\varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)$ 
f2=stepfun(t,-1)-stepfun(t,0);          %%%  $\varepsilon(t+1) - \varepsilon(t)$ 
p=0.01;
k1=0:p:4; f1=2*ones(1,length(k1))
k2=0:p:2; f2=ones(1,length(k2))
[f,k]=sconv(f1,f2,k1,k2,p)
```

运行程序，绘制卷积结果波形如图 3.2 所示。

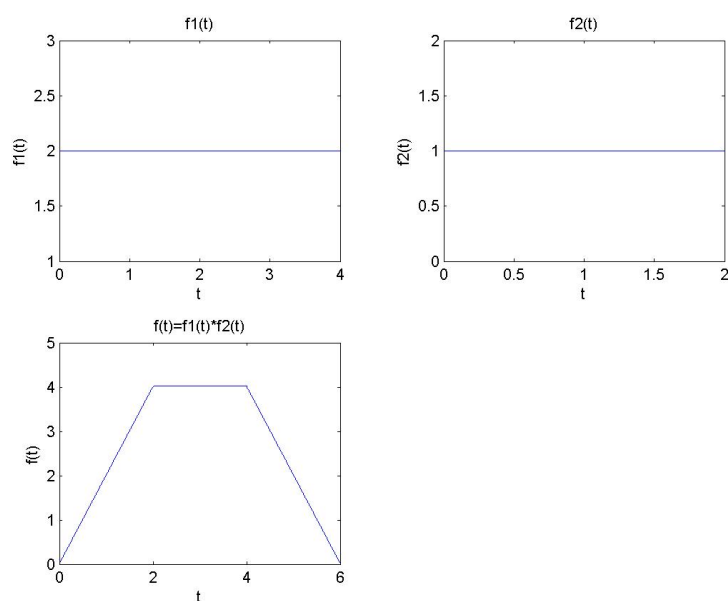


图 3.2 连续时间信号的卷积

为了能比较熟练的运用 MATLAB 计算卷积，我们可以将我们比较熟悉的信号都带入到上面的程序中去，当然也可以自己描述一些信号来求其卷积。

四、实验设备：

计算机 MATLAB 软件

五、实验的预习：

- 1、认真阅读教科书中有关卷积的这部分内容，了解其原理和计算方法。
- 2、了解 MATLAB 的相关知识，包括它的功能，简单的函数用法等等。

六、实验内容及具体步骤：

利用 MATLAB 计算两个信号的卷积

1. 在 Matlab 中运行图 3.1 和图 3.2 波形过程；

2. 在 MATLAB 中我们采用它自带的函数 `conv()` 来对下列信号进行卷积

已知 $f_1(t) = \varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)$ 和 $f_2(t) = \varepsilon(t+1) - \varepsilon(t)$,

求 $g_1(t) = f_1(t) * f_2(t)$ 、 $g_2(t) = f_2(t) * f_2(t)$ 、 $g_3(t) = f_1(t) * f_1(t)$

```
clear all;
clc;
delta=0.01;
t=-1:delta:1;
f1=stepfun(t,0)-stepfun(t,1);
f2=stepfun(t,-1)-stepfun(t,0);
y1=conv(f1,f1)*delta;
n=length(y1);
subplot(311);
plot((0:n-1)*delta-2,y1);
axis([-3,3,-0.5,1.5]);
grid on;
subplot(312);
y2=conv(f2,f2)*delta;
n=length(y2);
plot((0:n-1)*delta-2,y2);
axis([-3,3,-0.5,1.5]);
grid on;
subplot(313);
y3=conv(f1,f2)*delta;
n=length(y1);
plot((0:n-1)*delta-2,y3);
axis([-3,3,-0.5,1.5]);
grid on;
```