

卷积仿真

李彦, 张敏

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:阐述了卷积的数值计算原理,以及怎样利用 TURBO C 设计一个软件来实现卷积的动态过程。

关键词:卷积;数值计算;仿真

中图分类号:TN911.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2000)03-0087-03

卷积是信号与线性系统中的一种重要的数学方法,卷积图解形象地表达了卷积的含义,利用 TURBO C 设计一个软件来模拟卷积图解的动态过程,可以形象地表达书本上的知识内容,便于理解,提高教学效率。

1 卷积的数值计算原理

为了便于计算机进行计算,可以用近似的数值计算方法求解卷积。

两个因果函数分别为 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$,根据卷积的原理,将两函数的自变量 t 转换成 τ ,再将其中一个,譬如 $f_2(t)$ 反折成 $f_2(-\tau)$,将 $f_1(\tau)$ 、 $f_2(-\tau)$ 分解成宽度为 T 的窄脉冲,如图 1 所示,这些脉冲顶部的连线就是原函数 $f_1(\tau)$ 、 $f_2(-\tau)$ 的近似函数,该近似函数在各区间的值分别为 $f_{10}=2.0, f_{11}=1.5, f_{12}=1.0, f_{13}=0.8, f_{14}=0.7, \dots$ 和 $f_{20}=1.6, f_{21}=1.6, f_{22}=1.6, f_{23}=1.6, \dots$ 。

按卷积图解原理,将函数 $f_2(-\tau)$ 由 $-\infty$ 沿 τ 轴方向平移,由于 $f_1(\tau)$ 、 $f_2(-\tau)$ 都是因果函数,故在 $t < 0$ 时,卷积之值为零,然后将函数逐步平移到 $T, 2T, 3T, 4T, \dots$ 。图 2 画出了当 $t=T$ 时的情形,这时 $f_1(\tau)$ 和 $f_2(-\tau)$ 在 $0 < \tau < T$ 区间内相重叠,二近似函数乘积曲线下的面积就是该区间 $(t-T)$ 卷积结果的近似值,即:

$$\text{当 } t=T \text{ 时 } f(T) = f_1(\tau)f_2(T-\tau)T = f_{10}f_{20}T = 3.2T$$

$$\text{当 } t=2T \text{ 时 } f(2T) = (f_{10}f_{21} + f_{11}f_{20})T = 5.6T$$

$$\text{当 } t=3T \text{ 时 } f(3T) = (f_{10}f_{22} + f_{11}f_{21} + f_{12}f_{20})T = 7.2T$$

$$\text{当 } t=4T \text{ 时 } f(4T) = (f_{10}f_{23} + f_{11}f_{22} + f_{12}f_{21} + f_{13}f_{20})T = 8.48T$$

如此继续计算,把以上结果在横坐标为 t ,纵坐标为 $f(t)$ 的坐标上,将各点连成光滑曲线,就得到卷积结果 $f(t)$ 的波形,亦即 $f_1(t) * f_2(t)$ 的近似波形,如图 3 所示。

实际在计算机计算取 T 时,在显示模式 640×480 下, T 取一个像素,以 10 个像素为横坐标的一个单位, T 为 $1/10$ 个单位。在纵坐标上,我们也以 10 个像素为一个单位。

根据以上原理,我们设计编写软件。

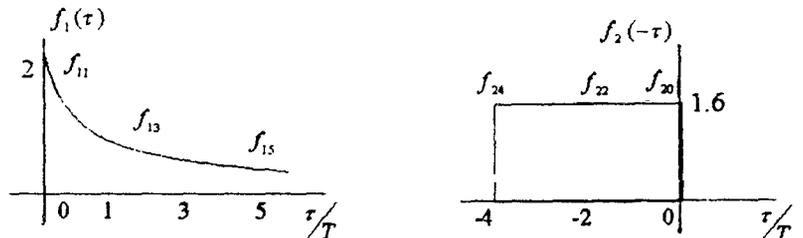


图1 $f_1(\tau)$ 、 $f_2(-\tau)$ 的波形

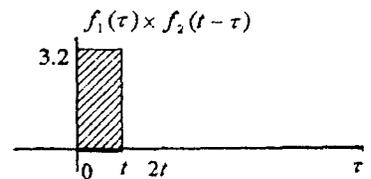


图2 当 $T=t$ 时卷积结果的近似值

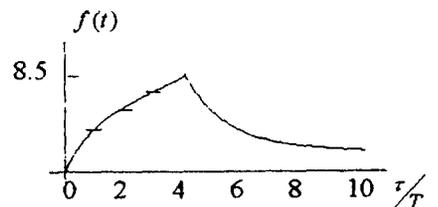


图3 卷积结果 $f(t)$ 的波形

2 功能模块

仿真系统由两大模块组成,即“卷积分”计算模块 $jif()$;主函数模块 $main()$ 。功能如下:

卷积分计算模块 $jif()$ 的主要功能是对八种不同函数的卷积的结果计算并将结果计算显示出来。由设计流程图 4 可以看出,它只有一个入口参数 q ,是用来判断计算哪两个函数的卷积。当选定一种卷积时,首先画出屏幕坐标,标明坐标值,然后分别对两个函数离散赋值,并在屏幕坐标中画出来,再用嵌套循环的方式,将卷积值计算出来,最后,用逐步画线的方式画出 $f(t)$ 的波形,见图 5(a)。在卷积计算的同时,分别利用 $setviewport()$ 和 $clearviewport()$ 两个函数让 $f_2(t)$ 移动起来,实现动态的卷积过程,并将得到的卷积结果同时在屏幕的下半部分画出来,使 $f(t)$ 的波形与 $f_2(t)$ 的移动同步。此外,在每一种卷积计算并输出后,提示用户是否还要进行继续此种卷积计算,如果继续,便保留上次卷积的结果,并进行新的计算,用户可以改变函数的宽度和高度,运行的结果将与上次的结果进行比较,见图 5(b) 所示。为了便于软件的通用,本模块中卷积的函数可以任意更换,实现各种各样的函数卷积,同时还可以改变卷积函数的宽度和幅度。

主函数 $main()$ 的主要功能是建立一个操作界面,以菜单的方式供用户选择,通过输入选项,将其赋给实参 n ,然后调用卷积分计算模块 $jif()$ 实现卷积。设计流程图见图 6。该模块还建立了一个信息框,便于用户对本软件操作和使用。

3 结束语

通过举例,详细说明了卷积分数值计算原理,并根据数值计算原理设计卷积分仿真软件。软件的功能模块部分简要说明了两大功能模块的主要功能,其中主要是卷积分计算模块 $jif()$,它是本软件的主体部分,能够分别计算显示八种不同的卷积分,并可以在一种卷积分计算显示后保留结果,重新改变卷积函数的宽度和幅度,继续计算并与上次计算结果进行比较。主函数 $main()$ 部分实现了图形界面和选择菜单的功能。本软件在 486 以上微机上运行通过,能形象地反映卷积的运态过程,提供了丰富的函数,具有可移植性和通用性。

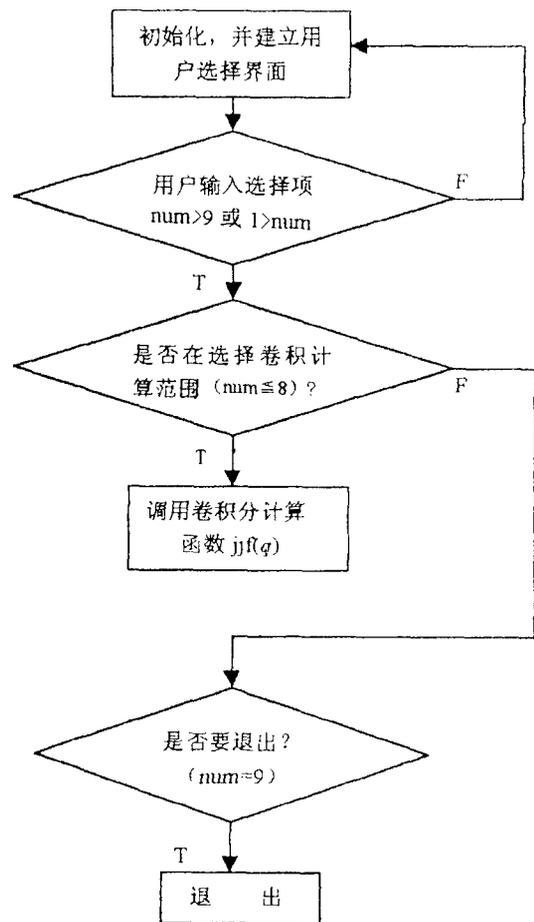


图 4 主函数 $main()$ 的流程图

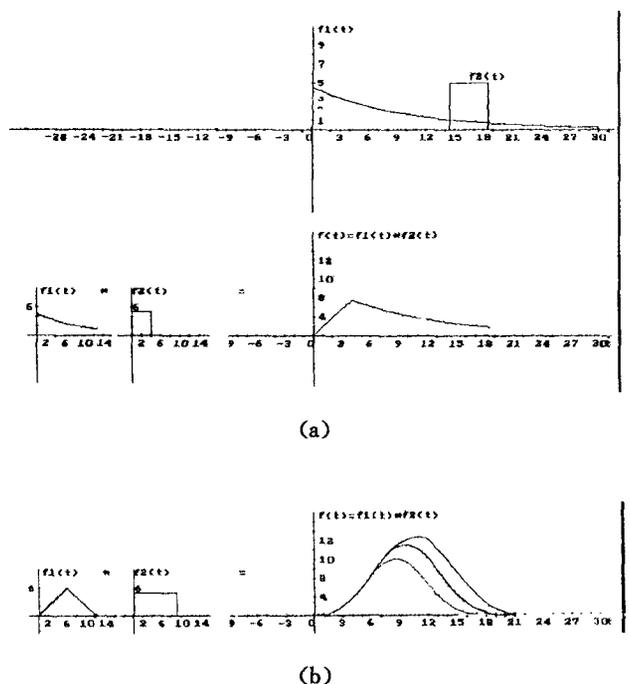


图 5 两种不同函数卷积波形显示图

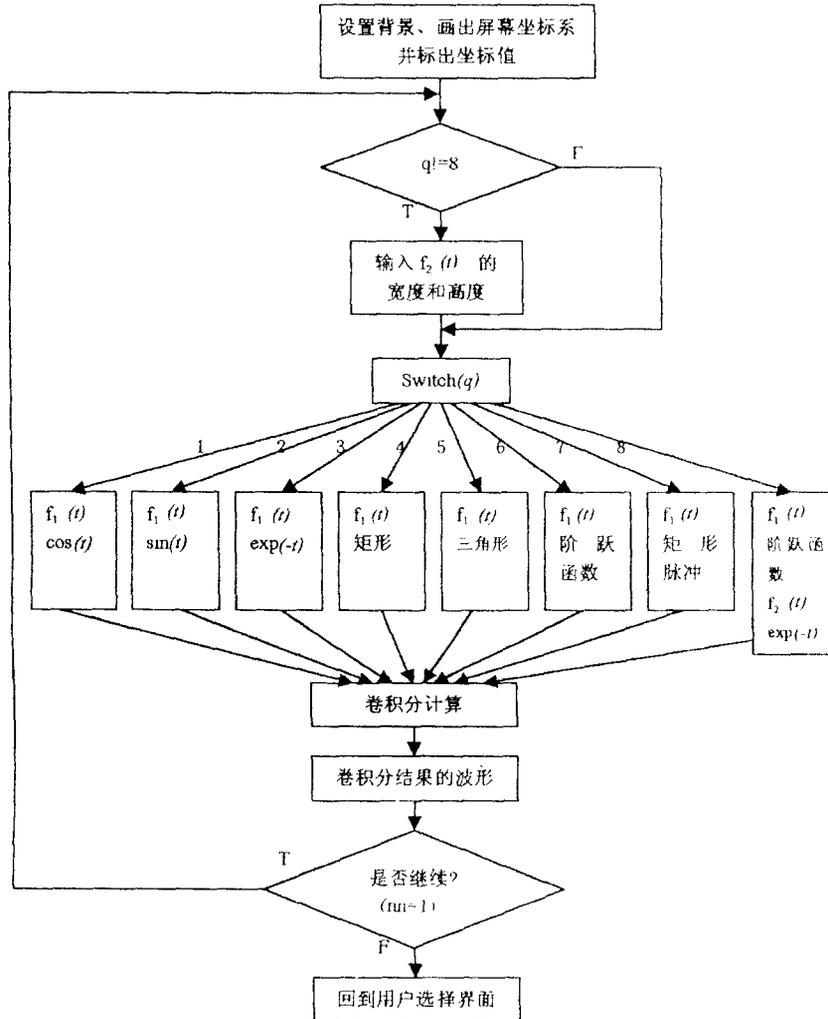


图 6 jf()函数的流程图

参 考 文 献

- [1] 徐金梧, 杨得斌, 徐科. Turbo C 实用大全[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [2] 谭浩强. C 程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [3] Herbert Schidt C; the complete Reference[M]. McGraw-Hill. 1994.

The Convolution Imitation

LI Yan, ZHANG Min

(The Telecommunication Engineering Institute, AFEU., Xi'an 710077, China)

Abstract: This disquisition mainly expounds the principle of the numerical value calculation of convolution, and how to realize the dynamic process of convolution by a software designed by TURBOC.

Key words: convolution; numerical value calculate; imitation