

北方交通大学信息科学研究所 编

近代数字信号处理通用程序

科学出版社

近代数字信号处理通用程序

北方交通大学信息科学研究所 编

科学出版社

1988

内 容 简 介

本书是根据国家“六五”科技攻关项目“信号分析扩充软件”的研制成果汇编而成。全书共七章,包括快速变换、功率谱估计、快速卷积、数字滤波器设计、信号检测与估计、二维内插法以及作图等方面的程序。书中每个程序都包含有用途、基本原理、程序说明、源程序和调试结果等内容。全书共48个程序,其中43个可直接用于IBM-PC/XT微型机,磁盘文件在PC-DOS 2.10操作系统下生成,编译系统采用IBM FORTRAN 2.0版本,并已制成14张5英寸软磁盘,便于使用。该程序库的建立,可减少使用者大量编程工作,为计算机的资源共享作出了积极的贡献。

本书可供电子技术、自动化技术、计算机应用、声学、雷达、地震、地质勘探、生物医学和通信等部门从事信号处理工作的广大科技人员以及高等院校有关专业师生使用、参考。

近代数字信号处理通用程序

北方交通大学信息科学研究所 编

责任编辑 刘兴民

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988年9月第一版 开本:787×1092 1/16

1988年9月第一次印刷 印张:41 1/4

印数: 1—1,220 插页:精2
精1—690 字数:966,000

ISBN 7-03-000427-2/TN·24 (平)

ISBN 7-03-000580-5/TN·39 (精)

定价: 压膜平装 31.50元
布脊精装 33.80元

《近代数字信号处理通用程序》

工 作 委 员 会

袁保宗 (北方交通大学)

娄乃英 (北方交通大学)

胡光锐 (上海交通大学)

赵荣椿 (西北工业大学)

茅于杭 (清华大学)

何振亚 (南京工学院)

常西畅 (北京自动化技术研究所)

前 言

自从编辑出版美国 IEEE 声学、语声和数字信号处理学会 1979 年出版的《数字信号处理程序库》¹⁾以来,数字信号处理理论及方法均有较大的发展,出现了许多更为完善、效率更高的新算法和新技术。这些算法大都仅有文献的一般介绍,并无详细计算过程,更无实用程序,因此,难于直接为我国工程界应用服务。鉴于这种情况,在中国电子学会、中国仪器仪表学会所属信号处理学会 1982 年召开的“信号处理和系统研讨会”上,许多专家提出了研制近代数字信号处理程序库的建议,这个建议经有关部门论证和批准,于 1983 年正式列入了国家“六五”科技攻关项目。这一项目由北方交通大学信息科学研究所主持,上海交通大学、西北工业大学、清华大学、南京工学院和北京自动化技术研究所等单位参加,自 1983 年起至 1985 年底止,组织人力、齐心协力、共同完成。全部程序库于 1986 年 4 月通过专家鉴定,正式投入运用。

这本《近代数字信号处理通用程序》与前本《数字信号处理程序库》相比有以下特点: 1. 处理信号对象从一维发展到二维,将适用更多图象处理场合。2. 重点加强了近代非线性谱估计的内容,使短信号序列、低信噪比情况的谱估计精度得到了较好的改善。3. 多数程序已运用于国内许多硕士论文之中,它们有的是国内专家经过艰巨劳动调试而成的国外学者的算法,也有的是自己提出的新算法,都有相当的先进性。因此,它将为广大读者提供更多应用领域和更精确的分析结果,在应用中将取得较大的社会及经济效益。

近代数字信号处理通用程序库中涉及许多新算法和新技术。这些是国际 80 年代初期的新理论成果,目前,尚未见到有同类的书籍及程序库。国外一些单位把这些技术保护起来,不予公开。这次出版的程序库,不但提供了在 IBM-PC/XT 计算机上运用的执行程序,而且包括了全部源程序及使用实例。这样可使读者与用户自行修改,同时也为用户构成更庞大的处理系统软件创造条件。当然,它会更快促进我国信号处理技术的发展。

尽管在编制及验收这些程序的功能方面,各单位均指定了专门的负责人员,北方交大对各程序亦进行了复检,但毕竟是缺乏经验,受学术水平所限,尤其是应用考验时间较短,未免会有不少缺点错误,恳切希望读者指正并提出建议,以便继续完善。

最后,谨向中国电子学会、仪器仪表学会信号处理学会中热心支持此项工作的同志们,国务院电子振兴办公室、铁道部科技局和电子计算中心,以及各参加单位的领导和同志们致以衷心的感谢。在完成这项工作的过程中,北京邮电学院诸维民、北京工业学院柯有安、清华大学钱亚生等同志给予了极大的关心和帮助,亦特此致谢。

北方交通大学信息科学研究所

袁 保 宗

姜 乃 英

一九八六年七月

1) 该书由清华大学出版社 1983 年出版。

目 录

前言	i
第一章 快速变换程序	1
1.1 改进的 Winograd 傅里叶变换程序	1
1.2 利用多项式变换计算一维 DFT	14
1.3 素因子 FFT (PFT)	37
1.4 快速沃尔什变换 (FWT)	57
1.5 快速有限沃尔什变换	60
1.6 麦森数变换	67
1.7 费马数变换	70
1.8 加快速度的基 2FFT 程序	76
第二章 功率谱估计	86
2.1 高分辨率快速傅里叶变换 (ZFFT)	86
2.2 Burg 实数信号谱估计程序	108
2.3 Burg 复数信号谱估计程序	120
2.4 MARPLE 谱估计程序	128
2.5 Fougere 复数信号谱估计程序	142
2.6 多通道实数信号最大熵谱估计程序	156
2.7 多通道复数信号最大熵谱估计程序	169
2.8 最大熵谱估计的先验信息程序	201
2.9 最小交叉熵谱估计程序	214
2.10 最小二乘自适应快速谱估计程序	227
2.11 最大似然法谱估计程序	235
2.12 PRONY 谱估计程序	241
2.13 ARMA 模型谱估计程序	255
第三章 快速卷积	265
3.1 利用重叠保留法计算卷积	265
3.2 利用麦森变换计算卷积	278
3.3 利用多项式变换计算二维卷积	281
3.4 仅用幅度谱恢复最小相位时间序列的程序	293
3.5 仅用相位恢复信号的程序	308
第四章 数字滤波器设计	327
4.1 椭圆函数数字滤波器设计	327
4.2 数字点阻滤波器设计与实现	340
4.3 具有单调通带响应的最佳 FIR 数字滤波器优化程序	360

4.4	IIR 数字滤波器优化设计程序	369
4.5	自适应数字滤波器设计程序	378
4.6	自适应均衡梯度算法程序	413
4.7	IIR 复数数字滤波器的设计与实现	424
4.8	二维 FIR 窗函数滤波器设计	441
4.9	McClellan 变换法二维 FIR 滤波器的设计	460
4.10	多级可分二维数字滤波器程序	507
第五章	信号检测与估计	519
5.1	中值滤波程序	519
5.2	维纳滤波程序	531
5.3	平方根卡尔曼滤波程序	539
5.4	最佳定位的整形滤波程序	551
5.5	最小 L_1 范数误差准则滤波器设计程序	577
5.6	建立网络状态方程的程序	590
5.7	卡尔曼滤波在图象恢复中的应用	612
第六章	二维内插法	619
6.1	二维双线性插值子程序 (LIP11, GLIP11)	619
6.2	二维 Lagrange 插值子程序 (LGR22, GLGR22)	622
6.3	二维自然边界条件立方样条插值子程序 (SPL33)	624
第七章	作图程序	634
7.1	曲线作图程序	634
7.2	三维作图程序	638
7.3	计算机绘图	643
附录		652

第一章 快速变换程序

1.1 改进的 Winograd 傅里叶变换程序

胡 光 锐

(上海交通大学)

1. 用途

本程序用于计算序列的离散傅里叶变换, 该序列长度是从 $\{2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 16\}$ 数集中取出的互为素数因子的乘积。本程序是参考文献 [1] 中 1.7 节程序的改进。

2. 方法

若需要进行变换的序列为 $x(n)$, $n = 0, \dots, N-1$, 变换长度 N 能分解成 μ 个互素的因子, $N = N_1 \times N_2 \times \dots \times N_\mu$ 。本程序中, $\mu \leq 4$ 。

首先, 利用 Sino 关系式

$$n = \sum_{i=1}^{\mu} \left(\frac{N}{N_i} \right) n_i \bmod N \quad (1)$$

将一维序列 $x(n)$ 映射为 μ 维序列 $S(n_1, n_2, \dots, n_\mu)$ 。

接着, 对各个因子 N_i 完成前程序段的计算。此时数据数组大小要扩大、前程序段只包括加减法运算。

然后, 数组的数据与一个常数数组的数据逐点相乘, 这些常数是由 $N_i (i = 1, \dots, \mu)$ 中的小 N 算法的乘数推导出来的。

下一步是对 μ 维中的每一个完成后程序段的计算。其中只包括加减法和乘以 j 的运算。此时数据数组缩回到原来的大小, 即 $N_1 \times N_2 \times \dots \times N_\mu$ 。

最后, 将 μ 维序列 $S(k_1, k_2, \dots, k_\mu)$ 映射为一维序列 $X(k)$ 。利用

$$k = \left(\sum_{i=1}^{\mu} \frac{N}{N_i} t_i k_i \right) \bmod N \quad (2)$$

式中

$$\left(\frac{N}{N_i} t_i \right) \bmod N_i = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \quad (3)$$

可见

$$\frac{N}{N_i} t_j = \begin{cases} N_j l + 1 \\ N_i m, & i \neq j \end{cases} \quad (4)$$

l, m 均为整数, 设

$$U = \sum_{i=1}^{\mu} \frac{N}{N_i} \bmod N \quad (5)$$

则

$$\begin{aligned} U \cdot k \bmod N &= \left[\left(\sum_{i=1}^{\mu} \frac{N}{N_i} \right)_N \left(\sum_{j=1}^{\mu} \frac{N}{N_j} t_j k_j \right)_N \right]_N \\ &= \sum_{i=1}^{\mu} \sum_{j=1}^{\mu} \frac{N}{N_i} \frac{N}{N_j} t_j k_j \bmod N \end{aligned}$$

显然

$$\left(\frac{N}{N_i} \frac{N}{N_j} t_j k_j \right)_N = \begin{cases} \left(\frac{N}{N_i} k_i \right)_N, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

所以

$$(U \cdot k)_N = \left(\sum_{i=1}^{\mu} \frac{N}{N_i} k_i \right)_N = \left(\sum_{i=1}^{\mu} \frac{N}{N_i} n_i \right)_N = n \quad (6)$$

本程序即利用式(6),简化了后编程序段的换位计算,并使运算速度加快、程序长度也减少了很多。

3. 程序说明

(1) 程序结构

本程序包括主程序 IWFT 和三个子程序 INISHL, WEAVE1, WEAVE2。在计算同样点数的 DFT 时,第一次计算主程序需要调用子程序 INISHL,然后再调用 WEAVE1 和 WEAVE2 子程序。

在子程序 INISHL 中,先把变换长度 N 分解为互素因子。计算在乘法运算中所使用的常数。并计算映射矢量,它是在计算前编程序段和后编程序段输入输出换位时所需要的。本程序简化了映射矢量的计算。

子程序 WEAVE1 是完成前编程序段的计算。先做长度为 NA 的,然后 NB, NC, ND。在调用子程序 WEAVE1 之后,把数据逐点与实数组 COEF 相乘,然后在子程序 WEAVE2 中完成后编程序段的计算。先做长度 ND,然后 NC, NB 和 NA。

其他详细细节可参见参考文献[1]。

(2) 参数说明

N——变换长度。

XR(N)——被变换序列的实部。

XI(N)——被变换序列的虚部。变换后的实部和虚部仍存入到 XR 和 XI 中。

NOTIME——相同长度序列需要变换的次数。

INV——需要进行反变换的标志变量。INV = 1 为逆变换,而 INV ≠ 1 为正变换。

INIT——INIT = 0 要求置初始值,INIT ≠ 0 则不需要置初始值。当做相同长度序列的许多次 DFT 时,仅第一次需要置初始值。

IERR——表示错误信息的标志变量。若计算成功, IERR = 0。若出现错误,如变换长度是非法的,即其因子在 {2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 16} 之外,则 IERR = -1。若变换长度为特殊值,程序中没有置初值,则 IERR = -2。

NA, NB, NC, ND——N 的四个因子的整型变量(NA: 最外层的, ND: 最内层的)。

ND1, ND2, ND3, ND4——分别代表因子 NA, NB, NC, ND 扩大后的整型变量。
见下表:

N	2	3	4	5	7	8	9	16
M(N)	2	3	4	6	9	8	11	18

NMULT——等于 ND1, ND2, ND3, ND4 乘积的整型变量。

SR, SI——长度为 ND1, ND2, ND3, ND4 的实数数组。在前程序段的计算时把 XR 和 XI 的数据赋给这两个数组。

INDX1, INDX2——大小为 N 的整型数组, 分别存放换位映射的初值和终值。

COEF——大小为 ND1 * ND2 * ND3 * ND4 的实数数组。在初始运行时, 把 N 点 DFT 乘法系数赋给该数组。

CD1, CD2, CD3, CD4——是在置初值时, 存放 N 因子的系数的实数数组 (并规定 CD1 是对应最外层的因子, CD4 对应最内层的因子)。

CO3, CO4, CO8, CO9, CO16——分别存放因子 3, 4, 8, 9, 16 的小 N DFT 系数的实数数组。

(3) 使用须知

给定输入序列 XR 和 XI, 以及参数 N, INV, INIT 和 IERR。若 INIT = 0, INV = 1 表示要计算反 DFT。输出存放在 XR 和 XI 中。若运行通过, 则 IERR = 0。若 N 的值是不允许的, 则 IERR = -1。若不能置初值, 则 IERR = -2。

再次使用时, 若 N 值没有变化, 则使用 INIT = 0。

(4) 计算举例

N = 48, NOTIME = 1, INV = 0。

要求变换的序列为 $x(n) = e^{-0.22n}$ 。其计算结果于后。

参 考 文 献

- [1] 中国电子学会、仪器仪表学会信号处理学会《数字信号处理程序库》编译组, 数字信号处理程序库, 清华大学出版社, 1983。
- [2] J. H. McClellan and C. M. Rader, Number Theory in Digital Signal Processing, Prentice-Hall, 1979.
- [3] S. Winograd, On Computing the Discrete Fourier Transform, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, Vol. 73, No. 4, pp. 1005—1006, April 1976.

```

IWFT
PLEASE INPUT N , NOTIME , INV (I6,I4,I2)
000048000100
LENGTH= 48 NOTIME= 1 INV= 0
XR( 1)= 5.06364200 XI( 1)= .00000000
XR( 2)= 3.87523200 XI( 2)= -1.98647300
XR( 3)= 2.39964300 XI( 3)= -2.21692400
XR( 4)= 1.60423500 XI( 4)= -1.90539900
XR( 5)= 1.20059300 XI( 5)= -1.57951500
XR( 6)= .98013110 XI( 6)= -1.31794800
XR( 7)= .84957640 XI( 7)= -1.11461000
XR( 8)= .76683880 XI( 8)= -.95458880
XR( 9)= .71148250 XI( 9)= -.82586930
XR(10)= .67281140 XI(10)= -.71994610
XR(11)= .64484620 XI(11)= -.63091280
XR(12)= .62405300 XI(12)= -.55462670
XR(13)= .60824320 XI(13)= -.48812660
XR(14)= .59600760 XI(14)= -.42925110
XR(15)= .58640680 XI(15)= -.37638850
XR(16)= .57879880 XI(16)= -.32831110
XR(17)= .57273290 XI(17)= -.28406620
XR(18)= .56788840 XI(18)= -.24289780
XR(19)= .56403140 XI(19)= -.20419510
XR(20)= .56099250 XI(20)= -.16745400
XR(21)= .55864720 XI(21)= -.13224910
XR(22)= .55690520 XI(22)= -.09821332
XR(23)= .55570270 XI(23)= -.06502101
XR(24)= .55499740 XI(24)= -.03237578
XR(25)= .55476470 XI(25)= .00000000
XR(26)= .55499740 XI(26)= .03237578
XR(27)= .55570270 XI(27)= .06502101
XR(28)= .55690520 XI(28)= .09821332
XR(29)= .55864720 XI(29)= .13224910
XR(30)= .56099250 XI(30)= .16745400
XR(31)= .56403140 XI(31)= .20419510
XR(32)= .56788840 XI(32)= .24289780
XR(33)= .57273290 XI(33)= .28406620
XR(34)= .57879880 XI(34)= .32831110
XR(35)= .58640680 XI(35)= .37638850
XR(36)= .59600760 XI(36)= .42925110
XR(37)= .60824320 XI(37)= .48812660
XR(38)= .62405300 XI(38)= .55462670
XR(39)= .64484620 XI(39)= .63091280
XR(40)= .67281140 XI(40)= .71994610
XR(41)= .71148250 XI(41)= .82586930
XR(42)= .76683880 XI(42)= .95458880
XR(43)= .84957640 XI(43)= 1.11461000
XR(44)= .98013110 XI(44)= 1.31794800
XR(45)= 1.20059300 XI(45)= 1.57951500
XR(46)= 1.60423500 XI(46)= 1.90539900
XR(47)= 2.39964300 XI(47)= 2.21692400
XR(48)= 3.87523200 XI(48)= 1.98647300
IERR= .0000
Stop - Program terminated.

```

A>

```

3 C-----
C MAIN PROGRAM INIFT
C IMPROVED PROGRAM TO EXERCISE THE WFT
C-----
C
PROGRAM INIFT
COMMON NA,NB,NC,ND,ND1,ND2,ND3,ND4
REAL*4 XR(630),XI(630),SR(1337),SI(1337),COEF(1337)
REAL*4 IERR
COMMON/RA/XR,XI,SR,SI,COEF
INTEGER INDX1(630),INDX2(630)
WRITE(*,33)
FORMAT(1X,'PLEASE INPUT N , NOTIME , INV (16,14,12)')
READ(*,101)N,NOTIME,INV
FORMAT(16,14,12)
WRITE(*,150)N,NOTIME,INV
FORMAT(1X,'LENGTH=',14,2X,'NOTIME=',12,2X,'INV=',12)
DO 200 J=1,N
  XR(J)=EXP(-0.22*(J-1))
  XI(J)=0.0
CONTINUE
CALL INISHL(N,INDX1,INDX2,IERR)
DO 400 LL=1,NOTIME
  IF(IERR.NE.0)STOP
  M=NA*NB*NC*ND
  IF(M.EQ.N)GOTO 100
  IERR=-2
GOTO 600
MULT=ND1*ND2*ND3*ND4
J=1
K=1
INC1=ND1-NA
INC2=ND1*(ND2-NB)
INC3=ND1*ND2*(ND3-NC)
DO 40 N4=1,ND
DO 30 N3=1,NC
DO 20 N2=1,NB
DO 10 N1=1,NA
  SR(J)=XR(INDX1(K))
  SI(J)=XI(INDX1(K))
  K=K+1
  J=J+1
  J=J+INC1
  J=J+INC2
  J=J+INC3
CALL WEAVE1
DO 15 J=1,MULT
  SR(J)=SR(J)*COEF(J)
  SI(J)=SI(J)*COEF(J)
CONTINUE
CALL WEAVE2
J=1
K=1
10 20 30 40
5 15

```

```

IF(INV.EQ.1)GOTO 450
DO 90 N6=1,ND
DO 80 N3=1,NC
DO 70 N2=1,NB
DO 60 N1=1,NA
  XR(INDX2(K))=SR(J)
  XI(INDX2(K))=SI(J)
  K=K+1
  J=J+1
  J=J+INC1
  J=J+INC2
  J=J+INC3
IF(INV.EQ.0)GOTO 490
FN=FLOAT(N)
NP2=N+2
INDX2(1)=N+1
DO 440 N4=1,ND
DO 430 N3=1,NC
DO 420 N2=1,NB
DO 410 N1=1,NA
  KNDX=NP2+ND*(N1-1)
  XR(KNDX)=SR(J)/FN
  XI(KNDX)=SI(J)/FN
  K=K+1
  J=J+1
  J=J+INC1
  J=J+INC2
  J=J+INC3
DO 400 K=1,N
  WRITE(*,500)K,XR(K),K,XI(K)
  FORMAT(1X,'XR(',14,')=',F12.8,4X,'XI(',14,')=',F12.8)
CONTINUE
WRITE(*,50)IERR
FORMAT(1X,'IERR=',F10.4)
STOP
END
C-----
C SUBROUTINE INISHL
C THIS SUBROUTINE INITIALIZES THE WFT ROUTINE FOR A GIVEN
C VALUE OF THE TRANSFORM LENGTH N.
C-----
C
SUBROUTINE INISHL(N,INDX1,INDX2,IERR)
REAL*4 XR(630),XI(630),SR(1337),SI(1337),COEF(1337)
COMMON/RA/XR,XI,SR,SI,COEF
INTEGER SI,S2,S3,S4,INDX1(630),INDX2(630),P1
REAL*4 CO3(3),CO4(4),CO8(8),CO9(11),CO16(18),CD1(18),
CD2(11),CD3(9),CD4(6)
COMMON NA,NB,NC,ND,ND1,ND2,ND3,ND4
DATA CO3/1.0D0,-1.5D0,-.8660254038/
DATA CO4/1.0D0,1.0D0,1.0D0,1.0D0/
DATA CO8/1.0D0,1.0D0,1.0D0,-1.0D0,-1.0D0,1.0D0,-.7071067812,
-1.0D0,.7071067812/
1 1

```

```

1  DATA C09/1.0D0,-1.5D0,-.8660254038,.5D0,.7660444431,
2  -0.1736481777,0.938928208,-0.6427876097,
3  -0.984807753,0.3420201433,-0.8560254038/
1  DATA C015/3*1.0D0,-1.0D0,1.0D0,-.7071067812,-1.0D0,
2  .7071067812,1.0D0,.5411961001,-.7071067812,
3  -.5411961001,-1.0D0,-1.306562965,.7071067812,
4  1.306562965,-.9238795325,0.3826834324/
1  DATA CD1/18*1.0D0/
2  DATA CD2/11*1.0D0/
3  DATA CD3/1.0D0,-1.1666666667,-.4409585518,.7343022012,
4  0.7901564685,-0.3408729306,-0.874842291,
5  0.0558842673,0.5339693603/
1  DATA CD4/1.0D0,-1.25D0,-1.538841769,.5590169944,
2  .363271264,0.5877852523/
3  IERR=0
4  ND1=1
5  NA=1
6  NB=1
7  NC=1
8  ND=1
9  ND3=1
10 ND4=1
11 IF(N.LE.0) GOTO 190
12 IF(16*(N/16).EQ.N) GOTO 30
13 IF(8*(N/8).EQ.N) GOTO 40
14 IF(4*(N/4).EQ.N) GOTO 50
15 IF(2*(N/2).NE.N) GOTO 70
16 ND1=2
17 NA=2
18 CD1(2)=1.0
19 GOTO 70
20 ND1=18
21 NA=16
22 DO 31 J=1,18
23 CD1(J)=C016(J)
24 GOTO 70
25 ND1=8
26 NA=8
27 DO 41 J=1,8
28 CD1(J)=C08(J)
29 GOTO 70
30 ND1=4
31 NA=4
32 DO 51 J=1,4
33 CD1(J)=C04(J)
34 IF(3*(N/3).NE.N) GOTO 120
35 IF(9*(N/9).EQ.N) GOTO 100
36 ND2=3
37 NB=3
38 DO 71 J=1,3
39 CD2(J)=C03(J)
40 GOTO 120
41 ND2=11
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

```

```

NB=9
DO 110 J=1,11
CD2(J)=C09(J)
IF(7*(N/7).NE.N) GOTO 190
ND3=9
NC=7
IF(5*(N/5).NE.N) GOTO 190
ND4=6
ND=5
M=NA*NB*NC*ND
IF(M.EQ.N) GOTO 260
WRITE(*,210)
FORMAT(1X,'THIS N DOES NOT WORK')
IERR=-1
RETURN
IU=N/NA+N/NB+N/NC+N/ND
IF(IU.GE.N) IU=IU-N
IF(IU.GE.N) IU=IU-N
L=1
DO 99 I=1,N
IF(L.GT.N) L=L+8
COEF(L)=I
L=L+IU
S1=0
S2=0
S3=0
S4=0
S5=0
J=1
NU=NB*NC*ND
NV=NA*NC*ND
NW=NA*NB*ND
NY=NA*NE*NC
K=1
DO 440 N4=1,ND
DO 430 N3=1,NC
DO 420 N2=1,NB
DO 410 N1=1,NA
IF(K.LE.N) GOTO 408
K=K-N
GOTO 405
INDX1(J)=K
INDX2(J)=COEF(K)
J=J+1
K=K+NU
K=K+NV
K=K+NW
K=K+NY
J=1
DO 300 N4=1,ND4
DO 300 N3=1,ND3
DO 300 N2=1,ND2
DO 300 N1=1,ND1
COEF(J)=CD1(N1)*CD2(N2)*CD3(N3)*CD4(N4)

```

```

300 J=J+1
CONTINUE
RETURN
END

C-----
C SUBROUTINE WEAVE1
C THIS SUBROUTINE IMPLEMENTS THE DIFFERENT PRE-WEAVE
C MODULES OF THE WFTA
C-----
C
SUBROUTINE WEAVE1
COMMON NA,NB,NC,ND,ND1,ND2,ND3,ND4
REAL*4 Q(8),T(16),SR(1337),SI(1337),XR(630),XI(630),COEF(1337)
COMMON/RA/XR,XI,SS,SI,COEF
IF(NA.EQ.1) GOTO 300
IF(NA.NE.2) GOTO 800
2 POINT PRE-WEAVE MODULE
NLUP2=2*(ND2-FB)
NLUP23=2*ND2*(ND3-MC)
NBASE=1
DO 240 N4=1,ND
DO 230 N3=1,NC
DO 220 N2=1,NB
N1=NBASE+1
TO=SR(NBASE)+SR(NR1)
SR(NR1)=SR(NBASE)-SR(NR1)
SR(NBASE)=TO
TO=SI(NBASE)+SI(NR1)
SI(NR1)=SI(NBASE)-SI(NR1)
SI(NBASE)=TO
NBASE=NBASE+2
NBASE=NBASE+NLUP2
NBASE=NBASE+NLUP23
IF(NA.NE.16) GOTO 300
16 POINT PRE-WEAVE MODULE
NLUP2=18*(ND2-NB)
NLUP23=18*ND2*(ND3-MC)
NBASE=1
DO 1640 N4=1,ND
DO 1630 N3=1,NC
DO 1620 N2=1,NB
N1=NBASE+1
NR2=NR1+1
NR3=NR2+1
NR4=NR3+1
NR5=NR4+1
NR6=NR5+1
NR7=NR6+1
NR8=NR7+1
NR9=NR8+1
NR10=NR9+1
NR11=NR10+1
NR12=NR11+1
NR13=NR12+1
NR14=NR13+1
NR15=NR14+1
NR16=NR15+1
NR17=NR16+1
JBASE=NBASE
DO 1645 J=1,8
T(J)=SR(JBASE)+SR(JBASE+8)
T9=SR(NR1)-SR(NR5)
T2=SR(NR4)+SR(NR6)
SR(NR6)=SR(NR2)-SR(NR6)
SR(NBASE)=TO+T2
SR(NR2)=TO-T2
SR(NR1)=T1+T3
SR(NR3)=T1-T3
SR(NR5)=T5+T7
SR(NR7)=T5-T7
T3=SI(NR3)+SI(NR7)
T7=SI(NR3)-SI(NR7)
TO=SI(NBASE)+SI(NR4)
SI(NR4)=SI(NBASE)-SI(NR4)
T1=SI(NR1)+SI(NR5)
T5=SI(NR1)-SI(NR5)
T2=SI(NR2)+SI(NR6)
SI(NR6)=SI(NR2)-SI(NR6)
SI(NBASE)=TO+T2
SI(NR2)=TO-T2
SI(NR1)=T1+T3
SI(NR3)=T1-T3
SI(NR5)=T5+T7
SI(NR7)=T5-T7
NBASE=NBASE+8
NBASE=NBASE+NLUP2
NBASE=NBASE+NLUP23
IF(NA.NE.16) GOTO 300
16 POINT PRE-WEAVE MODULE
NLUP2=18*(ND2-NB)
NLUP23=18*ND2*(ND3-MC)
NBASE=1
DO 1640 N4=1,ND
DO 1630 N3=1,NC
DO 1620 N2=1,NB
N1=NBASE+1
NR2=NR1+1
NR3=NR2+1
NR4=NR3+1
NR5=NR4+1
NR6=NR5+1
NR7=NR6+1
NR8=NR7+1
NR9=NR8+1
NR10=NR9+1
NR11=NR10+1
NR12=NR11+1
NR13=NR12+1
NR14=NR13+1
NR15=NR14+1
NR16=NR15+1
NR17=NR16+1
JBASE=NBASE
DO 1645 J=1,8
T(J)=SR(JBASE)+SR(JBASE+8)

```

```

1645 T(J+8)=SR(JBASE)-SR(JBASE+8)
      JBASE=JBASE+1
      CONTINUE
      DO 1650 J=1,4
      Q(J)=T(J)+T(J+4)
      Q(J+4)=T(J)-T(J+4)
      CONTINUE
1650 SR(NBASE)=Q(1)+Q(3)
      SR(NR2)=Q(1)-Q(3)
      SR(NR1)=Q(2)+Q(4)
      SR(NR3)=Q(2)-Q(4)
      SR(NR5)=Q(6)+Q(8)
      SR(NR7)=Q(6)-Q(8)
      SR(NR4)=Q(5)
      SR(NR6)=Q(7)
      SR(NR8)=T(9)
      SR(NR9)=T(10)+T(16)
      SR(NR15)=T(10)-T(16)
      SR(NR13)=T(14)+T(12)
      SR(NR11)=T(14)-T(12)
      SR(NR17)=SR(NR11)+SR(NR15)
      SR(NR16)=SR(NR9)+SR(NR13)
      SR(NR10)=T(11)+T(15)
      SR(NR14)=T(11)-T(15)
      SR(NR12)=T(13)
      JBASE=NBASE
      DO 1745 J=1,8
      T(J)=SI(JBASE)+SI(JBASE+8)
      T(J+8)=SI(JBASE)-SI(JBASE+8)
      JBASE=JBASE+1
      CONTINUE
1745 DO 1750 J=1,4
      Q(J)=T(J)+T(J+4)
      Q(J+4)=T(J)-T(J+4)
      CONTINUE
1750 SI(NBASE)=Q(1)+Q(3)
      SI(NR2)=Q(1)-Q(3)
      SI(NR1)=Q(2)+Q(4)
      SI(NR3)=Q(2)-Q(4)
      SI(NR5)=Q(6)+Q(8)
      SI(NR7)=Q(6)-Q(8)
      SI(NR4)=Q(5)
      SI(NR6)=Q(7)
      SI(NR8)=T(9)
      SI(NR9)=T(10)+T(16)
      SI(NR15)=T(10)-T(16)
      SI(NR13)=T(14)+T(12)
      SI(NR11)=T(14)-T(12)
      SI(NR17)=SI(NR11)+SI(NR15)
      SI(NR16)=SI(NR9)+SI(NR13)
      SI(NR10)=T(11)+T(15)
      SI(NR14)=T(11)-T(15)
      SI(NR12)=T(13)
      NBASE=NBASE+18
1620

```

```

1630 NBASE=NBASE+NLUP2
1640 NBASE=NBASE+NLUP3
300 IF(NB.EQ.1) GOTO 700
      IF(NB.NE.3) GOTO 900
      3 POINT PRE-WEAVE MODULE
      NLUP2=2*ND1
      NLUP3=3*ND1*(ND3-NC)
      NBASE=1
      NOFF=ND1
      DO 340 N4=1,ND
      DO 330 N3=1,NC
      DO 310 N2=1,ND1
      NR1=NBASE+NOFF
      NR2=NR1+NOFF
      T1=SR(NR1)+SR(NR2)
      SR(NBASE)=SR(NBASE)+T1
      SR(NR2)=SR(NR1)-SR(NR2)
      SR(NR1)=T1
      T1=SI(NR1)+SI(NR2)
      SI(NBASE)=SI(NBASE)+T1
      SI(NR2)=SI(NR1)-SI(NR2)
      SI(NR1)=T1
      NBASE=NBASE+1
      NBASE=NBASE+NLUP2
340 NBASE=NBASE+NLUP3
900 IF(NB.NE.9) GOTO 700
      9 POINT PRE-WEAVE MODULE
      NLUP2=10*ND1
      NLUP3=11*ND1*(ND3-NC)
      NBASE=1
      NOFF=ND1
      DO 940 N4=1,ND
      DO 930 N3=1,NC
      DO 910 N2=1,ND1
      NR1=NBASE+NOFF
      NR2=NR1+NOFF
      NR3=NR2+NOFF
      NR4=NR3+NOFF
      NR5=NR4+NOFF
      NR6=NR5+NOFF
      NR7=NR6+NOFF
      NR8=NR7+NOFF
      NR9=NR8+NOFF
      NR10=NR9+NOFF
      T3=SR(NR3)+SR(NR6)
      T6=SR(NR3)-SR(NR6)
      SR(NBASE)=SR(NBASE)+T3
      T7=SR(NR7)+SR(NR2)
      T2=SR(NR7)-SR(NR2)
      SR(NR2)=T6
      T1=SR(NR1)+SR(NR8)
      T8=SR(NR1)-SR(NR8)
      SR(NR1)=T3
      T4=SR(NR4)+SR(NR5)

```

```

T5=SR(NR4)-SR(NR5)
SR(NR3)=T1+T4+T7
SR(NR4)=T1-T7
SR(NR5)=T4-T1
SR(NR6)=T7-T4
SR(NR7)=T2+T5+T8
SR(NR8)=T8-T2
SR(NR9)=T5-T8
SR(NR10)=T2-T5
T3=SI(NR3)+SI(NR6)
T6=SI(NR3)-SI(NR6)
SI(NBASE)=SI(NBASE)+T3
T7=SI(NR7)+SI(NR2)
T2=SI(NR7)-SI(NR2)
SI(NR2)=T6
T1=SI(NR1)+SI(NR8)
T8=SI(NR1)-SI(NR8)
SI(NR1)=T3
T4=SI(NR4)+SI(NR5)
T5=SI(NR4)-SI(NR5)
SI(NR3)=T1+T4+T7
SI(NR4)=T1-T7
SI(NR5)=T4-T1
SI(NR6)=T7-T4
SI(NR10)=T2+T5+T8
SI(NR7)=T8-T2
SI(NR8)=T5-T8
SI(NR9)=T2-T5
NBASE=NBASE+1
NBASE=NBASE+NLP2
NBASE=NBASE+NLP2
IF(NC.NE.7) GOTO 500
7 POINT PRE-WEAVE MODULE
NOFF=ND1*ND2
NBASE=1
NLP2=8*NOFF
DO 740 N4=1,ND
DO 710 N1=1,NOFF
NR1=NBASE+NOFF
NR2=NR1+NOFF
NR3=NR2+NOFF
NR4=NR3+NOFF
NR5=NR4+NOFF
NR6=NR5+NOFF
NR7=NR6+NOFF
NR8=NR7+NOFF
T1=SR(NR1)+SR(NR6)
T6=SR(NR1)-SR(NR6)
T4=SR(NR4)+SR(NR3)
T3=SR(NR4)-SR(NR3)
T2=SR(NR2)+SR(NR5)
T5=SR(NR2)-SR(NR5)
SR(NR5)=T6-T3
SR(NR2)=T5+T3+T6

710
740
500
C
SR(NR6)=T5-T6
SR(NR8)=T3-T5
SR(NR3)=T2-T1
SR(NR4)=T1-T4
SR(NR7)=T4-T2
T1=T1+T4+T2
SR(NBASE)=SR(NBASE)+T1
SR(NR1)=T1
T1=SI(NR1)+SI(NR6)
T6=SI(NR1)-SI(NR6)
T4=SI(NR4)+SI(NR3)
T3=SI(NR4)-SI(NR3)
T2=SI(NR2)+SI(NR5)
T5=SI(NR2)-SI(NR5)
SI(NR5)=T6-T3
SI(NR2)=T5+T3+T6
SI(NR6)=T5-T6
SI(NR8)=T3-T5
SI(NR3)=T2-T1
SI(NR4)=T1-T4
SI(NR7)=T4-T2
T1=T1+T4+T2
SI(NBASE)=SI(NBASE)+T1
SI(NR1)=T1
NBASE=NBASE+1
NBASE=NBASE+NLP2
IF(NC.NE.5) RETURN
5 POINT PRE-WEAVE MODULE
NOFF=ND1*ND2*ND3
NBASE=1
DO 510 N1=1,NOFF
NR1=NBASE+NOFF
NR2=NR1+NOFF
NR3=NR2+NOFF
NR4=NR3+NOFF
NR5=NR4+NOFF
T4=SR(NR1)-SR(NR4)
T1=SR(NR1)+SR(NR4)
T3=SR(NR3)+SR(NR2)
T2=SR(NR3)-SR(NR2)
SR(NR3)=T1-T3
SR(NR1)=T1+T3
SR(NBASE)=SR(NBASE)+SR(NR1)
SR(NR5)=T2+T4
SR(NR2)=T4
SR(NR4)=T2
T4=SI(NR1)-SI(NR4)
T1=SI(NR1)+SI(NR4)
T3=SI(NR3)+SI(NR2)
T2=SI(NR3)-SI(NR2)
SI(NR3)=T1-T3
SI(NR1)=T1+T3
SI(NBASE)=SI(NBASE)+SI(NR1)
SI(NR5)=T2+T4

```

```

DO 710 N1=1,NOFF
NR1=NBASE+NOFF
NR2=NR1+NOFF
NR3=NR2+NOFF
NR4=NR3+NOFF
NR5=NR4+NOFF
NR6=NR5+NOFF
NR7=NR6+NOFF
NR8=NR7+NOFF
T1=SR(NR1)+SR(NBASE)
T2=T1-SR(NR3)-SR(NR4)
T4=T1+SR(NR3)-SR(NR7)
T1=T1+SR(NR4)+SR(NR7)
T6=SI(NR2)+SI(NR5)+SI(NR8)
T5=SI(NR2)-SI(NR5)-SI(NR6)
T3=SI(NR2)+SI(NR6)-SI(NR8)
SR(NR1)=T1-T6
SR5=T1+T6
SR2=T2-T5
SR6=T2+T5
SR(NR4)=T4-T3
SR(NR3)=T4+T3
T1=SI(NR1)+SI(NBASE)
T2=T1-SI(NR3)-SI(NR4)
T4=T1+SI(NR3)+SI(NR7)
T1=T1+SI(NR4)+SI(NR7)
T6=SR(NR2)+SR(NR5)+SR(NR8)
T5=SR(NR2)-SR(NR5)-SR(NR6)
T3=SR(NR2)+SR(NR6)-SR(NR8)
SI(NR1)=T1-T6
SI(NR6)=T1-T6
SI(NR2)=T2+T5
SI(NR5)=T2-T5
SI(NR4)=T4+T3
SI(NR3)=T4-T3
SR(NR2)=SR2
SR(NR5)=SR6
SR(NR6)=SR6
NBASE=NBASE+1
NBASE=NBASE+NLUP2
IF(NB.EQ.1) GOTO 400
IF(NB.NE.3) GOTO 900
3 POINT POST-WEAVE MODULE
NLUP2=2*ND1
NLUP23=3*ND1*(ND3-NC)
NBASE=1
NOFF=ND1
DO 340 N5=1,ND
DO 330 N4=1,NC
DO 310 N2=1,ND1
NR1=NBASE+NOFF
NR2=NR1+NOFF
T1=SR(NBASE)+SR(NR1)
SR(NR1)=T1-SI(NR2)

```

710
740
300
C

322

```

SI(NR2)=T4
SI(NR4)=T2
NBASE=NBASE+1
RETURN
END
C
C-----
C SUBROUTINE WEAVE2
C THIS SUBROUTINE IMPLEMENTS THE POST-WEAVE MODULES
C OF THE WETA
C-----
C
SUBROUTINE WEAVE2
REAL*4 XR(630),XI(630),SR(1337),SI(1337),COEF(1337)
COMMON/RA/XR,XI,SR,SI,COEF
COMMON NA,NB,NC,ND,ND1,ND2,ND3,ND4
REAL*4 Q(8),T(16)
IF(ND.NE.5) GOTO 700
5 POINT POST-WEAVE MODULE
NOFF=ND1*ND2*ND3
NBASE=1
DO 510 N1=1,NOFF
NR1=NBASE+NOFF
NR2=NR1+NOFF
NR3=NR2+NOFF
NR4=NR3+NOFF
NR5=NR4+NOFF
T1=SR(NBASE)+SR(NR1)
T3=T1-SR(NR3)
T1=T1+SR(NR3)
T4=SI(NR2)+SI(NR5)
T2=SI(NR4)+SI(NR5)
SR(NR1)=T1-T4
SR4=T1+T4
SR2=T3+T2
SR(NR3)=T3-T2
T1=SI(NBASE)-SI(NR1)
T3=T1-SI(NR3)
T1=T1+SI(NR3)
T4=SR(NR2)+SR(NR5)
T2=SR(NR4)+SR(NR5)
SI(NR1)=T1+T4
SI(NR4)=T1-T4
SI(NR2)=T3-T2
SI(NR3)=T3+T2
SR(NR2)=SR2
SR(NR4)=SR4
NBASE=NBASE+1
IF(NC.NE.7) GOTO 300
7 POINT POST-WEAVE MODULE
NOFF=ND1*ND2
NBASE=1
NLUP2=8*NOFF
DO 740 N4=1,ND

```

510
700
C