

分类号

密级

硕 士 学 位 论 文

题 目：纱 条 不 匀 信 号

数 字 处 理 系 统 的 研 究

英文并列题目：A STUDY OF DIGITAL PROCESSING

SYSTEM FOR YARN UNEVENNESS SIGNAL

研究生：荣 光 辉 专业：纺 织 工 程

研究方向：电 子 计 算 机 在 纺 织 上 的 应 用

导 师：陈 启 鹏、

学位授予日期：

一 九 八 八 年 六 月 日

无 锡 轻 工 业 学 院

地 址：无 锡 市 青 山 湾

无锡轻工业学院研究生论文纸

纱条不匀信号数字处理系统的研究

摘 要

本文阐述了纱条不匀信号数字处理系统。将 Uster 仪检测系统检测出的纱条不匀信号经模数转换成数字信号，并在微机上进行处理，应用随机过程理论和数值聚类、评判等原理，可进行如下项目的计算：

- (a) 纱条不匀的 CV% 值、U% 值；
- (b) 纱条不匀的 DR% 值；
- (c) 纱条不匀的功率谱；
- (d) 纱条不匀的自相关函数；
- (e) 纱条的粗节、细节计数；
- (f) 纱条的棉结计数；
- (g) 纱疵分级；
- (h) 数据模糊聚类；
- (i) 数据系统聚类；
- (j) 数据分解法聚类；
- (k) 数据模糊综合评判；
- (l) 数据距离判别。

这些为分析纱条不匀提供了更多的信息，可以用于 Uster

无锡轻工业学院研究生论文纸

仅功能扩展,也可作为语音识别数字处理仪的雏型。

本系统具有功能强,成本低,灵活性大等特点,为分析语音识别实验数据处理提供了更新的手段,也为微机数字信号处理技术应用于其他语音识别及随机信号分析提供了依据。

关键词: 语音识别; 功率谱密度; 自相关函数;
概率密度函数; 快速傅里叶变换; 聚类分析; 评判分析; 数字信号处理; 乌斯特. 过程识别; 识别关系; 平稳随机过程。

本文是在陈敬鹏、徐茂成、黄学昌三位副教授悉心指导下完成的,并得到了纺工子棉纺实验室、纺材实验室的同志的热情支持,在此特致谢意。

无锡轻工业学院研究生论文纸

A STUDY OF DIGITAL PROCESSING SYSTEM FOR YARN UNEVENNESS SIGNAL

(ABSTRACT)

This paper treats of a micro-computer system of digital processing for yarn unevenness signal. The system converts the analogue signal, taking from the Uster Tester, into a digital signal, and then processes it by micro-computer. By Stochastic Process Theory and the Principle of Numerical Clustering, Evaluation and Discrimination, the system can have following calculation item:

- (a) CV% value, U% value of yarn unevenness;
- (b) DR% value of yarn unevenness;
- (c) power spectral density of yarn unevenness;
- (d) autocorrelation function of yarn unevenness;
- (e) thick and thin places count of yarn ;
- (f) nep count of yarn;
- (g) yarn fault classification;
- (h) fuzzy clustering of data;
- (i) hierachical clustering of data;
- (j) splitting clustering of data;
- (k) fuzzy mulfactor comprehensive evaluation;
- (l) distance discrimination;

This system can provide more message for the analysis of yarn unevenness. It can be used to expand the function of the Uster Tester, and can also be regarded as the embryo of digital processing and analysing instrument of yarn unevenness.

The system has the characters of strong function, low cost and high adaptability. This work provides a new way of analysing yarn unevenness, and a basis for the other textile test and data processing.

KEY WORDS: yarn unevenness, power spectral density, autocorrelation function, fast Fourier transform, probability density function, clustering, evaluation, digital signal processing, Uster, yarn fault classification, yarn imperfection, stationary stochastic process.

无锡轻工业学院研究生论文纸

目 录

第一章	概述	1
第二章	数字处理系统的系统设计	4
	2-1. 系统配置	4
	2-2. FFT 标法和软件设计	9
	2-3. 仿真实验和联机实验	13
第三章	抽样信号的随机过程描述和数字处理方法	16
	3-1. 统计平均	17
	3-2. 概率密度函数	18
	3-3. 相关函数	23
	3-4. 功率谱密度函数	28
第四章	抽样信号的误差计数和抽样分级	32
	4-1. 普通抽样误差的概念和计数	33
	4-2. 随机偶发抽样的概念和抽样分级	35
	4-3. 极短片段抽样信号的矩阵方程线性最小二乘法	43
第五章	抽样试验数据的数值聚类 and 评判方法	48
	5-1. 聚类方法	48
	系统聚类法	48
	模糊聚类法	51

无锡轻工业学院研究生论文纸

分解聚类法	53
5-2. 评判方法和判别方法	54
模糊(语言)评判法	56
距离判别法	61
第六章 试验结果举例及讨论	65
CV%值和DR%值试验结果举例	65
(1) 苯乙酮的谱图计算举例	66
(2) 丙酮及计算举例	68
聚类分析举例	68
亚定方程线性最小二乘解法计算举例	73
几点讨论	75
第七章 讨论	77
参考文献	78

无锡轻工业学院研究生论文纸

第一章 概述

纱条均匀度测试，是常规生产的纺织品检验质量的主要内容之一。所谓纱条均匀度，是指沿纱条长度方向各个截面的面积或直径的变化程度，也指各截面内纤维根数的变化以及线密度的变化。纱条不匀，一般应用数理统计中各种度量离散性的统计系数加以描述。目前，检测纱条不匀广为采用的是瑞士 Zellwage 公司制造的 Uster 电子均匀度测试仪，它通过电容传感器，将被检测的纱条单位长度重量转换为相应的电压信号，然后经一系列电子模拟电路对此信号进行处理，主要可以测出纱条的 CV% 或 U% 值，波谱图，疵点计数，及利用迟缓试验称 7 个不同等级切割长度的 CV% 值。

虽然变异系数 CV% 能反映纱条总不匀水平，但它不能告诉人们纱条不匀的结构特征，而纱条的不匀结构则与织物的外观有密切的关系。通常认为：变异-长度曲线比较适合于反映纱条长片段不匀，Uster 波谱图比较适合于表现中短片段的不匀，但均只能作纱条不匀的定性描述或粗略的定量描述。其实，在理论上，付里叶分析的应用范围通常是确定性信号，即瞬态或周期信号。而对于随机信号，如采用随机过程的数字特征来描述，将更为精确。Uster 仅用付

无锡轻工业学院研究生论文纸

里叶分析来代替的，肯定有其局限性。

近二十多年来，随着数字计算技术和大规模集成电路技术的迅速发展，一门新学科——数字信号处理技术获得了很大的发展和应用。在许多领域，得到了不同的信号数字处理用途。利用数字信号处理技术来分析信号的均匀度，既可以增加 Uster 仪的功能，又能达到更高精度的特性描述，具有许多优越性。概述起来，主要有以下特点：

(1) 随机过程的统计特性更能准确地反映信号不均匀的情况，适合数字分析处理系统，可以免受环境、噪声干扰的影响较小，还可利用计算机软件编制，十分方便地完成不同的要求。它比通常的模拟系统具有更大的准确性、稳定性、灵活性。

(2) 信号均匀度数字化分析可以完成实时操作和分时操作，便于实时检测和记忆直观记录数据，完成诸如自动匀整等实时控制，和实验数据数字化分析等分时操作。同时还可以使一批样本数据反复做多种分析，达到省时、省工、省料的效果。

(3) 随着微电子技术的不断发展和应用，可使信号均匀度数字化分析具有体积小、重量轻、速度快、成本低等特点。

无锡轻工业学院研究生论文纸

近年来, 国内相继研制了用微处理机进行数据处理的声音不均匀度测试和分析仪器, 如日本 Keisokki Kogyo 公司生产的 KET-80 型声线不均匀度仪和瑞士 Zellwege 公司生产的 Uster-III 型声线不均匀度仪, 均是利用传感器检测的连续模拟信号转换为离散数字信号, 再在微处理机上进行数字处理, 打印出各种统计结果。国内也曾有人研究过^{[12], [13]}。本文通过计算机接口, 将 Uster-IB 型仪检测器所检测的声音不均匀信号在电子-III 型微机上进行处理, 求出描述声线不均匀随机过程的几个主要特征值及细节、细节、棉结数、声线长度, 试验结果及数据的数值聚类及统计分析。这些都符合进一步扩展国内纺织厂广泛使用的 Uster-I, II 型仪的功能, 开创声线不均匀度仪的新路。本课题研究系统可同 Uster 仪的功能扩展, 也可作为声音不均匀信号数字处理分析仪的雏型。

实践证明, 用微机数字处理方法来分析声音不均匀的信号, 具有可靠、高效、经济、灵活、多功能等特点, 是全面分析声音不均匀的方法, 也是声线过程中纤维匀整、带伸理论、工艺设计最优化研究, 及声线过程自动控制等所必需。因此, 这应该是声线不均匀度和声线过程自动化研究的发展方向。

无锡轻工业学院研究生论文纸

第二章 数字处理系统的系统设计

§2-1 系统配置

本系统由随机信号传感检测部分, 信号预处理、模数转换部分, 及微计算机数据处理及结果打印、显示、存贮部分, 这三部分组成。系统配置如图 2-1 所示。在微机上完成的数据处理功

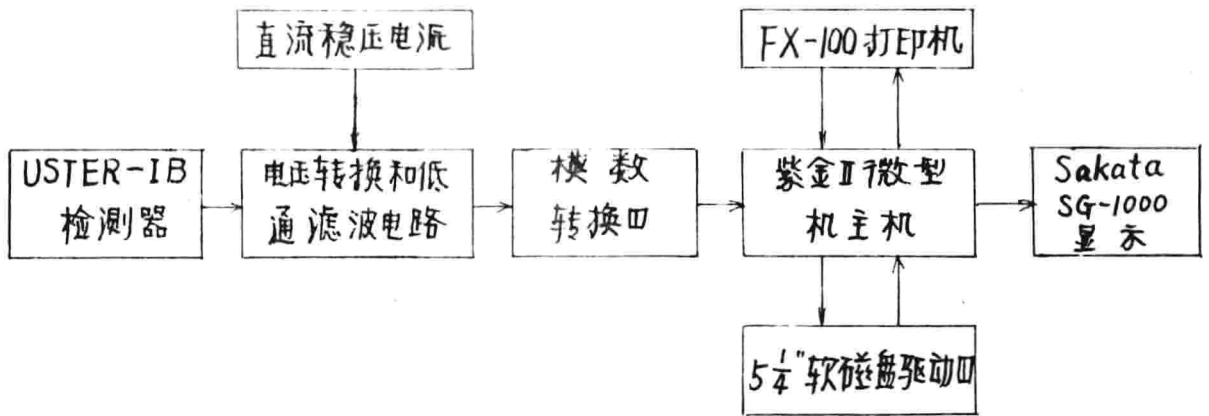


图 2-1. 系统配置

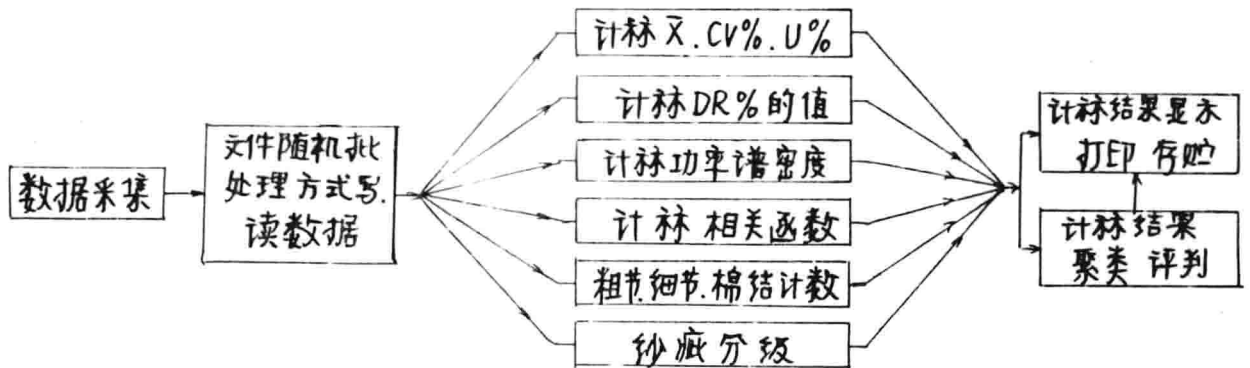
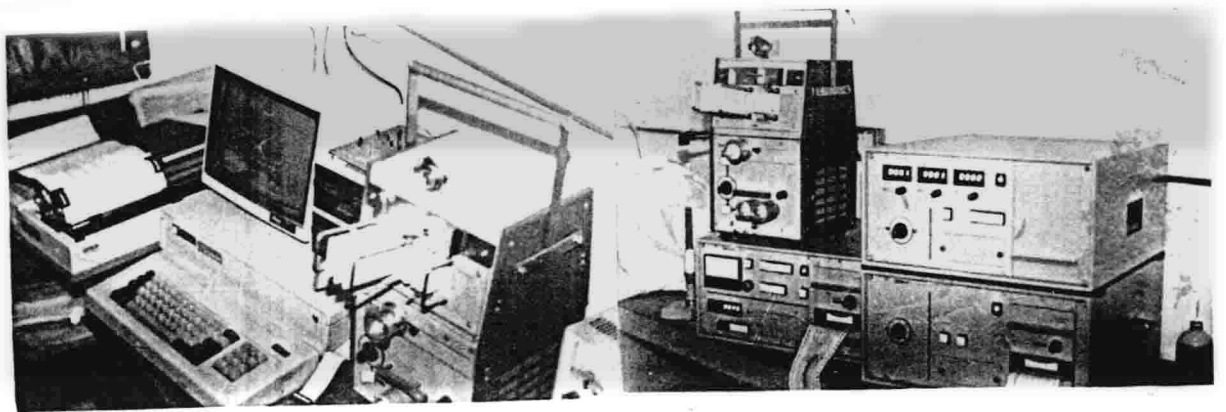


图 2-2. 纱条随机不均信号微机数据处理分析系统功能

无锡轻工业学院研究生论文纸

能如图 2-2 所示。

Uster-IB 型纱线均匀度仪上电容传感器检测出的纱学不均匀信号, 首先经过其自身的模拟处理滤波运, 再接入电压转换和滤波电路, 使之成为适合模数转换的电压, 由模数转换器仅模拟信号变成数字信号, 再利用 6502 机运误差, 编制采样程序, 用批文件随机存取方式将内存中的数据存入磁盘, 然后再由计算机对这些数据进行处理。如图 2-3 是系统的实物照片, 及 Uster-IB 型仪的照片。



(a) 纱线不均匀信号数字处理系统 ; (b) Uster-IB 型纱线均匀度仪

图 2-3 系统实物照片

电压转换滤波电路是使 Uster-IB 型仪检测器输出阻抗与模数转换器匹配, 并使信号电压幅变为 $-5V \sim +5V$ 之间, 使模数转换器正常工作。同时, 对阻抗信号进行低通滤波, 滤去高频成份, 防止高频成份在谱图中有频混现象。电压转换

无锡轻工业学院研究生论文纸

滤波电路的原理图如图 2-4 所示, 由一级电压跟随器, 一级比例电路和一级 RC 滤波器组成。

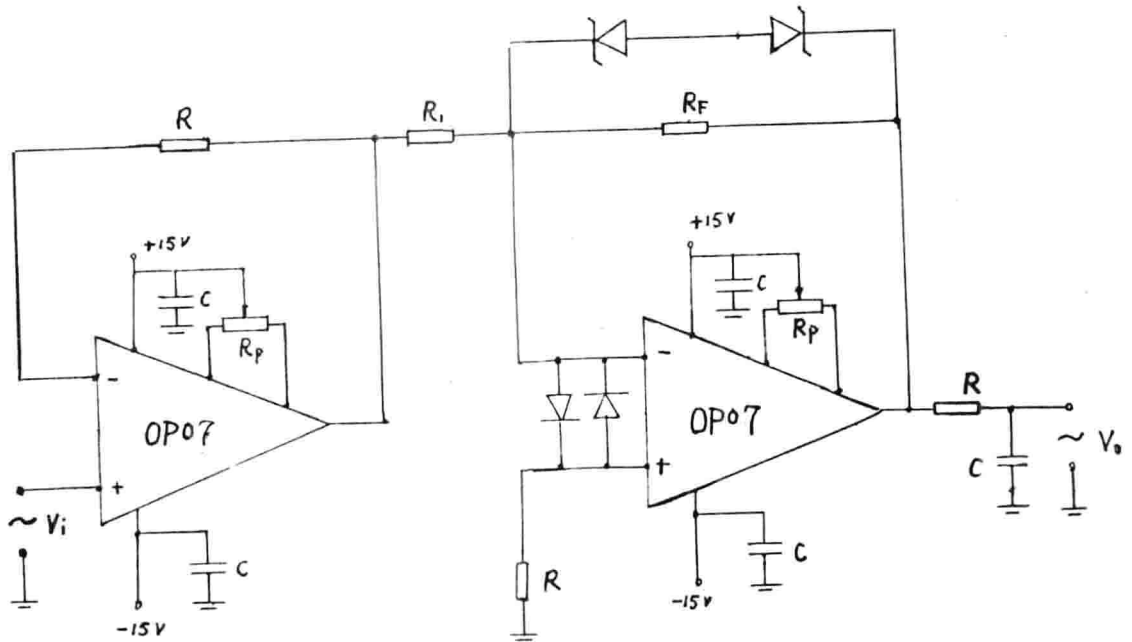
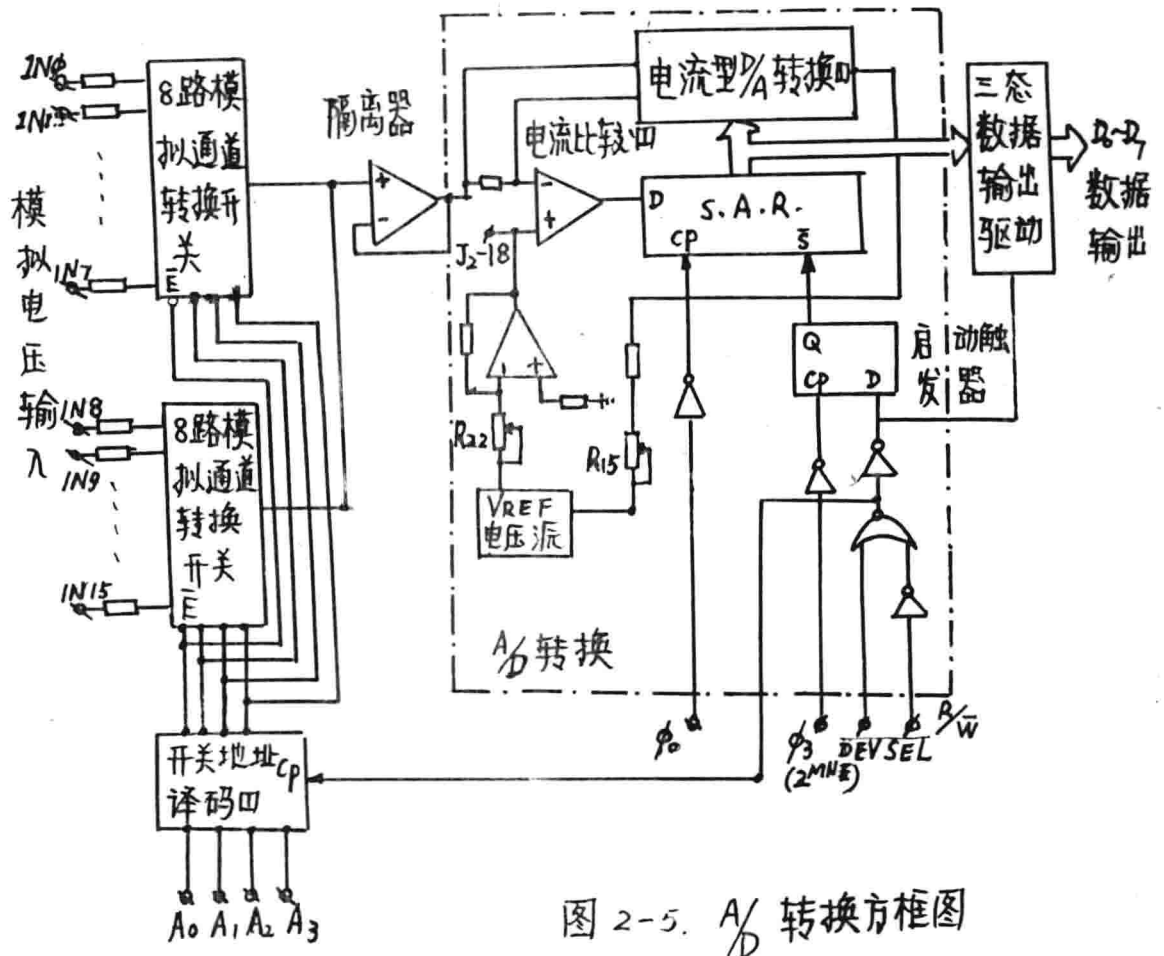


图 2-4. 电压转换滤波电路原理图

模数转换器转换芯片是美国 Mountain Computer Inc. 所生产的 8 bit 32 通道 A/D + D/A 卡, 其中 A/D 有 16 个模拟输入通道, 输入模拟电压的范围为: $-5V \sim +5V$, 采用逐次逼近的方法, 将输入模拟量转换成 8 bit 的数字量, 转换一次时间为 9 微秒, 精度 ± 1 bit (最低有效位)。用带精转换设备码的“读”指令, 即可启动转换, 并可读出转换结果, 图 2-5 所示为模数转换的方框图。

无锡轻工业学院研究生论文纸



在单-Ⅱ型微机上可加装 128K RAM 扩充板，以增设存储器与信号测试的动态联机、数据处理。采样程序用 6502 机语言编制，既可达到快速采样效果，又可保证采样频率的准确性。主机所带的两只 5 1/4" 软磁盘驱动器，用以存放数据和采样程序。软磁盘的数据存取采用文件随机存取方式，便于存取多组数据。各数据处理程序之间既可单独工作，

无锡轻工业学院研究生论文纸

也可采用程序复盖技术,动态链接,程序之间变量值相互保留。处理结果可屏幕显示或打印输出,并可绘出高精度图形,根据需可还可将处理结果及原始数据长期保存。

本系统开机后将立即显示数据处理项目 MENU,如图 2-6 所示,任何时根据需,可直接按动相应的选择字母,机器自动将有关的程序调入内存,并进行工作。

```
Yarn Evenness Digital Process System
  Textile Engineering Dept.
  Wuxi Institute of Light Industry

***  DIGITAL PROCESS ITEM  ***

[ A ] CV% VALUE
[ B ] DR% VALUE
[ C ] POWER SPECTRAL DENSITY
[ D ] AUTOCORRELATION FUNCTION
[ E ] THICK AND THIN PLACE COUNT
[ F ] NEP COUNT
[ G ] YARN FAULT CLASSIFICATION
[ H ] FUZZY CLUSTERING
[ I ] HIERACHICAL CLUSTERING
[ J ] SPLITTING CLUSTERING
[ K ] FUZZY MULFACTOR COMPREHENSIVE EVALUATION
[ L ] DISTANCE DISCRIMINATION

WHICH ITEM DO YOU WANT?
```

图 2-6 本系统数据处理项目 MENU

本系统可与 Uster 仪的波谱仪,视觉计数仪等同时工作,互不干扰。根据设计能力,还可进行 10~500 KHz 频率范围的其他各种随机或周期信号的特性分析和数据处理,并可进行各类仿真实验数据的数值分类和评判分析。

无锡轻工业学院研究生论文纸

本学位论文的主要任务是数据的分析处理，系统的处理速度是关键问题之一，除了要选用高性能的微机主机外，设计高效的、优化的软件程序十分重要。本论文在计算机过程统计特征值功率谱和相关函数时采用了FFT方法。

§2-2. FFT方法和软件设计

应用电子计算机来计算机傅里叶变换，本质是离散傅里叶变换(DFT)，它的正变换是：

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{kn}, \quad k=0, 1, \dots, N-1.$$

逆变换(IDFT)是：

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X(k) W_N^{-kn}, \quad n=0, 1, \dots, N-1.$$

其中 $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ ， $x(n)$ 和 $X(k)$ 可以是实数，也可以是复数。由上式可见，要计算机一个抽样数据序列就需要做 N 次复数乘法， $N-1$ 次复数加法。采用快速傅里叶变换(FFT)方法，可以大大减少计算机量，提高计算机速度。

FFT是将整个序列 $\{x(n)\}$ 分割成若干较短的序列来工作，代替计算机原序列的DFT，即只要计算出较短序列的DFT，然后FFT就以巧妙的方法把它们并在一起，得出整个 $\{x(n)\}$ 的DFT。FFT方法很多，我们采用基2的Cooley-Tukey法来实现DFT。

无锡轻工业学院研究生论文纸

下面简述其原理:

假设 $\{x_n\}$, $n=0, 1, \dots, N-1$ 是一数据序列, N 为偶数, 把它分成两个较短的序列, $\{y_n\}$, $\{z_n\}$, 其中

$$\begin{cases} y_n = x_{2n} \\ z_n = x_{2n+1} \end{cases} \quad n=0, 1, \dots, (\frac{N}{2}-1)$$

这两个较短序列的 DFT 分别是 Y_k, Z_k :

$$Y_k = \frac{1}{(N/2)} \sum_{n=0}^{N/2-1} y_n W_{N/2}^{-kn}$$

$$Z_k = \frac{1}{(N/2)} \sum_{n=0}^{N/2-1} z_n W_{N/2}^{-kn}$$

$$\text{即 } X_k = \frac{1}{2} [Y_k + W_{N/2}^{-kn} \cdot Z_k] \quad k=0, 1, \dots, (\frac{N}{2}-1)$$

因为 Y_k, Z_k 对 k 是周期性的, 并以 $N/2$ 的周期重复自己,

所以,

$$Y_{k-N/2} = Y_k$$

$$Z_{k-N/2} = Z_k$$

同时, 利用 $e^{-i\pi} = -1$, 所以 x_n 的 DFT 结果为:

$$X_k = \frac{1}{2} [Y_k + W_{N/2}^{kn} \cdot Z_k]$$

$$X_{k+N/2} = \frac{1}{2} [Y_k - W_{N/2}^{kn} \cdot Z_k] \quad k=0, 1, \dots, (\frac{N}{2}-1)$$

对 $\{x_n\}$ 可按上式逐点分割, 直到每个子序列只有一项为止。 $N=8$ 的 FFT 蝶形(或树)如图 2-7 所示。原始数据输入的顺序, 由顶至按重排序数排列。

对于 $N=2^M$ 点 DFT 的整个蝶形结构, 从数据到最后的计算结果, 需要 M 级递推, 每级有 $N/2$ 个蝶形。按图到每个

无锡轻工业学院研究生论文纸

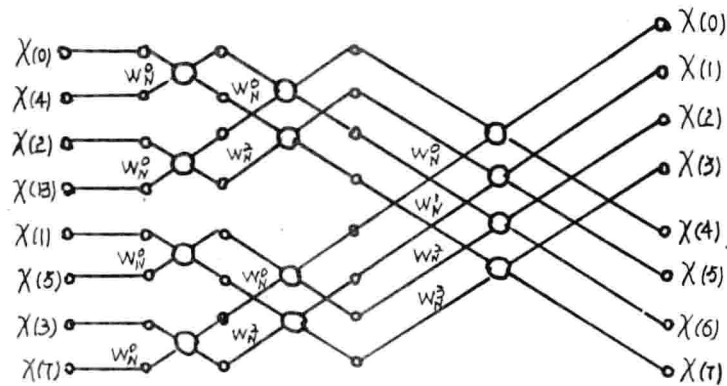


图 2-7. N=8点DFT的时间抽取法蝶形线路图.

蝶形包括 1 次乘法和 2 次加法, 因此总的计算量为 $\frac{1}{2} N \log_2 N$ 次乘法及 $N \log_2 N$ 次加法。由于计算机的运算速度主要取决于复数乘法, 所以采用这种形式的 FFT 程序后, 最少可以节省计算时间的倍数为:

$$\frac{N^2}{\frac{1}{2} N \log_2 N} = \frac{2N}{M}$$

设 $N=1024=2^{10}$, 则最少可节省 200 倍的计算时间。

本书采用 DFT 的时间抽取法进行。计算程序框图如

图 2-8, 9 所示。