

③

滤波器, AR滤波 程序系统

一种可编程的高速、高精度、高阶 AR 滤波器的设计与实现

21-29

王正堪 肖国有 马远良

TN713

(西北工业大学声学工程研究所 西安 710072)

1993年3月18日收到

本文以高速级联型信号处理器 IMSA100 为基础,构成了一个通用的可编程的硬件结构的 AR 滤波器。当 AR 滤波器阶数为 1—32 阶,参数量化字长为 16 位时,在全精度运算的情况下,数据吞吐率为 2.5MHz,每秒可完成 8 千万次乘加运算。此时,输入信号的动态范围最大可达 72dB,最高采样率为 2.5MHz,带通、低通滤波器最低带宽的数字频率可达万分之一,过渡带小于 0.01。

一、引言

在现代谱估计中,人们对 AR 谱估计进行了深入的研究并被广泛使用。其中,在许多场合,都要求实时地实现 AR 滤波。随着 VLSI 技术的不断成熟与迅猛发展,人们设计了多种实时实现 AR 滤波的方法。如利用 DSP 器件通过软件编程实现 ARDF^[1],也有一些硬件结构的 ARDF,但其灵活性、扩展性以及其精度和速度都有一定的限制,本文利用 IMSA100 设计的硬件 ARDF 具有很强的通用性,AR 参数和阶次可任意设置,精度高、速度快、应用广泛。

32 级数字式横向滤波器,其内部结构如图 1 所示。每个输入样点数据都是同时送到 A100 的 32 级的每一级,在每一级中,当前输入的样点与存贮在存贮器中的系数相乘,并与前一级中的经一个时钟周期延时后的输出值相加。当 $t = KT$ 时,滤波器的输出为: $y(kT) = c_{(0)}x(kT) + c_{(1)}x[(k-1)T] + \dots + c_{(31)}x[(k-31)T]$ 其中 $x(kT)$ 代表第 K 个输入样点数据, $c_{(0)}$ 到 $c_{(31)}$ 是 32 阶 AR 滤波器的系数。

A100 有四个接口,可通过它们进行数据交

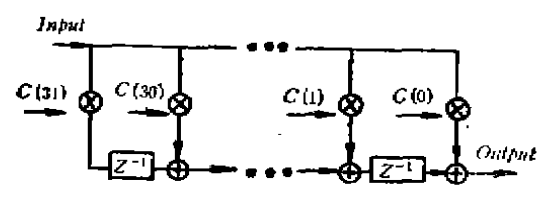


图 1 IMSA100 内部硬件结构简图

二、IMSA100 简介

IMSA100 (简称 A100) 是一高速、高精度

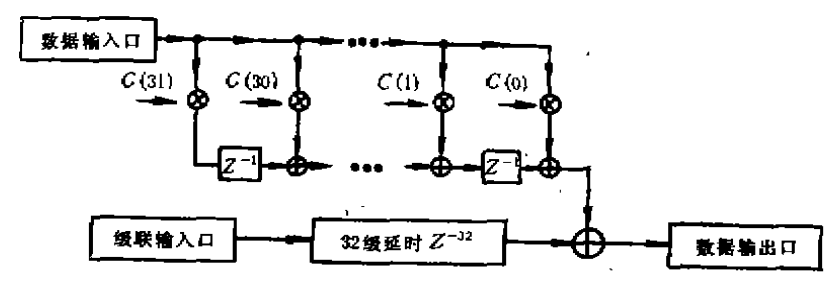


图 2 A100 的用户模型简图

换。其中参看图3,通过存储器接口实现主处理器对 A100 的管理和控制。通过数据输入口、数据输出口、级联输入口可实现快速数据的输入、输出以及多个 A100 芯片的级联。A100 的用户模型简图如图 2 所示。

三、硬件 ARDF 的设计

利用 A100 制作硬件结构的 ARDF 即利用 A100 来实现 $x(n) = \sum_{k=1}^{32} a_k x(n-k) + u(n)$ 这一运算功能。将该式与图 2: A100 用户模型简图相对照,可知 A100 非常适合作该式运算。将 $u(n)$ 从级联输入口输入, $a_{(1)}, a_{(2)}, a_{(3)} \dots a_{(32)}$ 分别替代 $c_{(0)}, c_{(1)}, \dots c_{(31)}$, 将运算结果从数据输出

口输出, 再将这一输出结果反馈到数据输入口作数据输入, 即可完成

$$x(n) = \sum_{k=1}^{32} a_k x(n-k) + u(n)$$

这一运算, 故由 A100 构成的硬件结构的 ARDF 的框图如图 3 所示。

A100 采用定点运算, 数据输入口数据字长为 16 位, 滤波器系数字长可编程设定为 16 位, 数据输出口最大字长为 24 位。16 位的滤波器系数字长可提高 AR 滤波器的稳定性, 减小有限字长效应和参数量化效应的影响。

四、实验系统与结果分析

如图 4 所示。作者利用 PC/XT/AT 作为

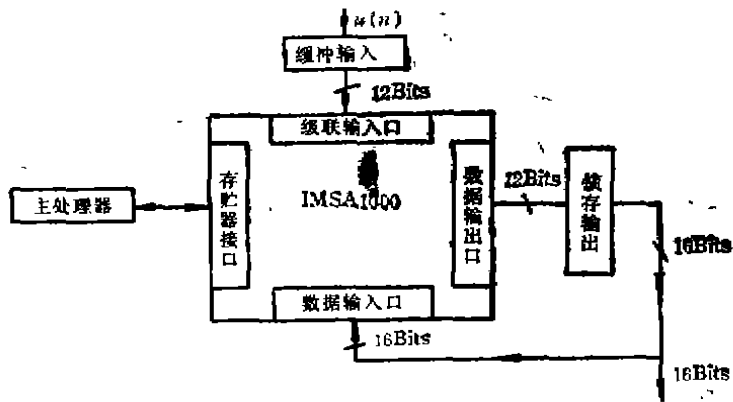


图 3 利用 A100 构成的 ARDF 结构简图

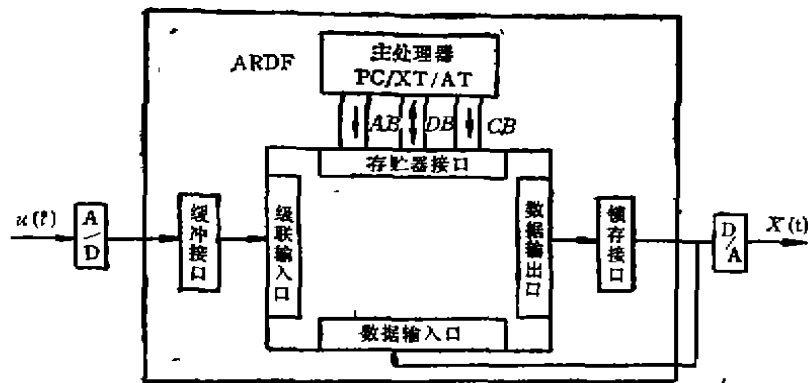


图 4 实验系统框图

主处理器,实际要处理的数据是 A/D 转换器直接提供给 A100 的,主机控制滤波器的阶数和系数,滤波器的输出直接送到 D/A 转换器。

AR 模型发展已相当成熟,主机可根据给定的滤波器的任意特性要求,求解出相应的滤波器系数^[2],并将此系数直接装入 A100 的系数寄存器中。这样,一个具有给定特性要求的硬件结构的 AR 滤波器即设计完成。

对于不同的滤波器特性要求,只需由主处理器更新一次滤波器系数而硬件结构固定不变。因此对于这样一个硬件结构 ARDF,通用性很强,设计灵活,使用方便。当 AR 滤波器阶数大于 30 阶,且滤波器输入为一均匀分布的白噪声信号时,则滤波器输出不仅实现了滤波功能,而且滤波器输出的分布特性符合高斯分布。

当 $u_i(t)$ 输入为一均匀分布的白噪声信号时,作者设计了一带通滤波器和一宽带滤波器,滤波特性如图 5 所示

根据给定的带通和宽带滤波器特性要求,利用 Levinson-Durbin 的递推算法求解出相应的 AR 系数,再将这两组 AR 系数分别装入

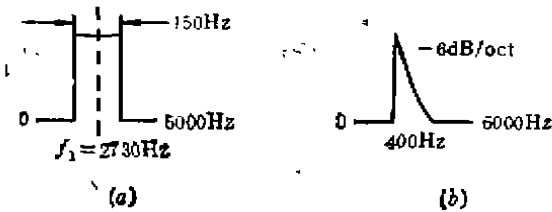


图 5 理想带通和宽带滤波器特性
(a) 带通滤波器 (b) 宽带滤波器

A100 构成的硬件 ARDF 中,其流程框图如图 6 所示。

当 AR 滤波器输入为一均匀分布的白噪声时,分别将带通滤波器和宽带滤波器的 AR 系数装入 A100 中,启动 A100 运行,其输出结果分别如图 7(a,b) 所示。此时,AR 滤波器输出结果的频谱特性如图 8 所示。由图 8(b)

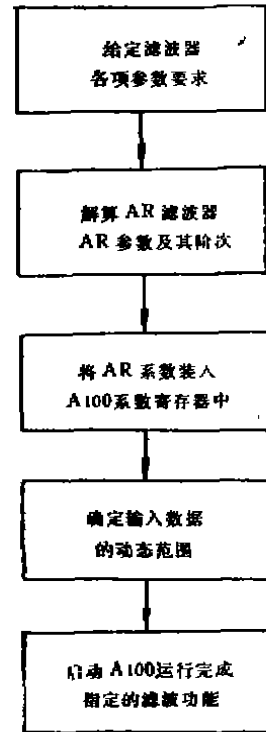


图 6 AR 滤波器设计流程图

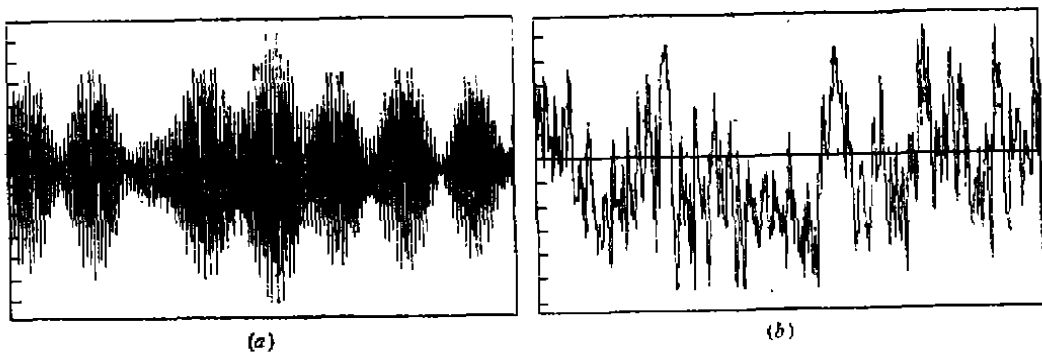


图 7 AR 滤波器输出结果时域波形
(a) 带通信号 $f_0 = 2730\text{Hz}$ $\Delta f = 150\text{Hz}$ (b) 宽带信号 $400-5000\text{Hz}$ -6dB/Oct

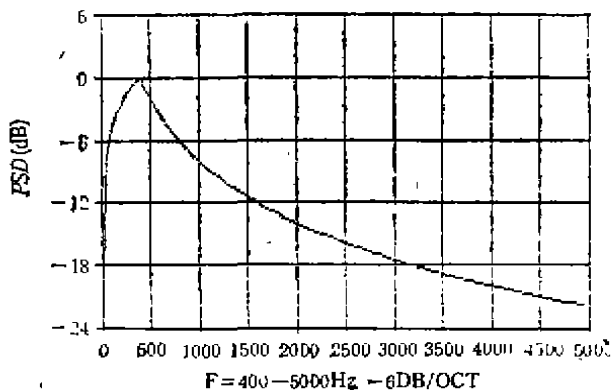
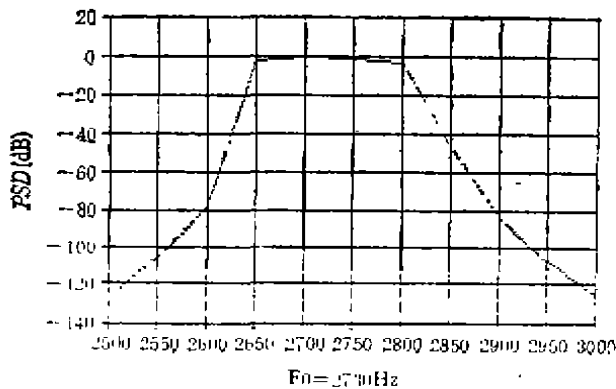
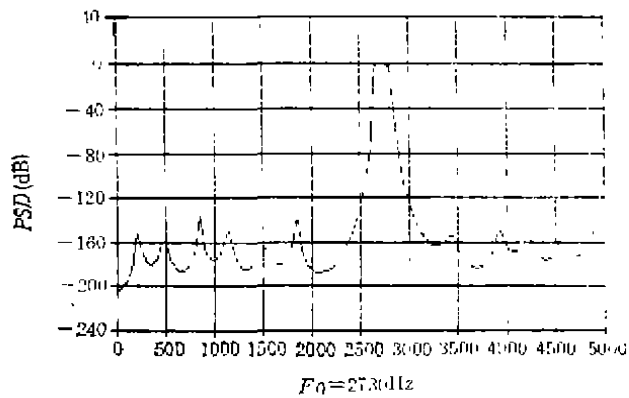


图8 AR 滤波器输出结果的频谱特性
(a)带通信号频谱 (b)图(a)局部放大 (c)宽带信号频谱

可见,带通滤波器的带宽为 150Hz,通带上限频率为 $\omega_3 = 2800\text{Hz}$,通带下限频率为 $\omega_1 = 2650\text{Hz}$, $|H_c(j\omega)|$ 在 ω_3 和 ω_1 处的衰减为 3dB,中心频率 $\omega_2 = \sqrt{\omega_1\omega_3} = 2724\text{Hz}$,阻带频率 $\omega_{1s} = 2625\text{Hz}$, $\omega_{3s} = 2835\text{Hz}$. 由图 8(c) 可见,宽带滤波器的输出频谱特性符合 400Hz—5000Hz 之间以 -6dB/Oct 下降的特性要求.

五、结 语

利用 A100 构成的硬件结构的 ARDF,具有运算精度高、速度快特点,对于 1—32 阶 16 位全精度运算的 ARDF 其数据吞吐率达 2.5MHz. 由于 ARDF 的阶次与滤波系数可以由主机随时修改,而不影响 ARDF 的正常运算,因此利用该系统可以很方便地得到一个自适应滤波器. 在滤波器阶数为 32 阶时,由实验结果可知,其滤波性能有一定的限制,利用多片 A100 级联实现 64 阶或更高阶次的 AR 滤波器其滤波性能将有一定的改善. 由于 A100 采用定点运算,因此在设计滤波器过程中要注意参数量化效应和有限字长效应以及输入数据动态范围的影响. 当输入数据的动态范围大于所规定的动态范围时, A100 将发生溢出,不能实现规定的滤波功能.

参 考 文 献

- [1] 樊来耀. 32 位数字信号处理器软件硬件. 西安电子科技大学, 1990, 191—195
- [2] 宗孔德、胡广书. 数字信号处理. 清华大学出版社, 1988, 215—267

(上接第 46 页)

参 考 文 献

- [1] RION 公司产品样本, 1991.

- [2] B&K 公司产品样本, 1992.
- [3] 佐藤利和“音響インテンシテイ測定における音圧残留インテンシテイ指数の理論と実際”, 日本音響学会平成 4 年度春季研究発表会, 講演論文集, 1992, 629.