

通 信 与 信 息 系 统 书 系

数 字 电 视 中 心 技 术

DIGITAL TV-STUDIO
TECHNOLOGY

张 琦 杨盈昀
张 远 林正豹
编 著

北京广播学院出版社

数字电视中心技术

DIGITAL TV-STUDIO TECHNOLOGY

张 琦 杨盈昀
张 远 林正豹
编 著

北京广播学院出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电视中心技术/张琦等编著. - 北京: 北京广播学院出版社, 2001.3

ISBN 7-81004-935-6

I. 数… II. 张… III. 数字电视中心技术 IV. TN948

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 05611 号

数字电视中心技术

编 著 张琦 杨盈昀 张远 林正豹

主 审 张永辉

责任编辑 阳金洲

封面设计 恒真设计公司

版式设计 BBI 阳光工作室

出版发行 北京广播学院出版社

社 址 北京市朝阳区定福庄东街 1 号 邮 编 100024

电 话 65779405 或 65779140 传 真 010-65779140

经 销 新华书店总店北京发行所

排 版 北京纪德文化艺术有限公司

印 装 中国科学院印刷厂

开 本 787×1092 毫米 1/16

印 张 30.125

字 数 650 千字

版 次 2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷

印 数 1—3000

ISBN 7-81004-935-6/G·574

定 价 49.00 元

版权所有

翻印必究

印装错误

负责调换

前 言

现在正是广播电视从模拟向数字化和网络化过渡的时期,也是通信、信息(含广播电视)和计算机(3C)融合的时代。广播电视的制作方法和系统的构成正在日新月异地发生变化。根据广播电视发展的需要,我们力图将数字电视中心技术涉及的数字视音频基础知识、数字电视信号标准及其检查测量方法、视音频压缩标准、网络基础知识、高速网络技术、视频服务器等基础理论知识与主要的数字视频设备、电视制播系统和制播网络等最新技术结合起来,希望对从事数字视频技术、数字视频设备的研制和应用人员、电视中心的工程技术人员和大专院校有关专业的师生有所帮助。

全书共分十四章。第一、二、三章、第五章、第九章和第十四章由张琦编写,第四章和第十三章由张远编写,第六章由林正豹编写,第七、八章和第十、十一、十二章由杨盈昀编写。在本书的编写过程中,李绍彬、石东新、娄东升、丁莉尽力帮助整理书稿和整理制作图表,在此深表谢意。由于作者水平有限,加之时间仓促,有错误和疏漏之处还诚望读者不吝赐教。

作 者

2000 年 8 月

内容简介

本书较全面的介绍了数字电视中心的基础知识和技术原理、主要设备的原理和制播系统的构成。本书内容包括: 数字视频信号的产生、传输接口、信号标准、数字分量和数字复合信号的特性参数及测量方法、数字视频信号的压缩编码、数字音频基础、数字音频压缩技术、与数字电视中心有关的网络基础知识以及存储器和服务器的的工作原理, 最后二章还介绍了非线性编辑系统、非线性制播系统, 演播室节目制作系统、自动硬盘播出系统和虚拟演播室。本书可供广播电视工程技术人员以及从事数字视频设备的生产、推广和应用人员参考, 也可作为大专院校有关专业的教材。

目 录

第一章 数字视频基础	(1)
第一节 抽样	(1)
一、抽样	(1)
二、模拟信号的恢复	(2)
三、抽样频率的选择原则	(3)
四、数字分量信号的样点结构	(4)
第二节 量化	(6)
一、量化过程	(6)
二、量化噪声	(6)
三、D/A 变换器的输出	(8)
第三节 数字复合信号标准	(10)
一、4fscNTSC 数字复合视频标准	(10)
二、4fscPAL 数字复合视频标准	(13)
三、数字复合设备的特性参数和测试原理	(16)
四、数字复合信号的并行传输	(20)
第四节 数字分量信号标准	(22)
一、各分量信号的抽样比例	(23)
二、对抽样频率和滤波特性的规定	(24)
三、量化范围的规定	(27)
四、4:2:2 标准抽样点的行场定时关系	(30)
五、亮度和色差数据的时分复用	(32)
六、定时基准信号(TRS)	(33)
第五节 辅助数据的插入	(36)
一、辅助数据(ANC)的应用	(36)
二、辅助数据的插入位置	(37)
第六节 比特并行 4:2:2 数字信号传输方式	(37)
一、接插件	(37)
二、信号协议	(38)
三、电接口的特性	(38)
第七节 4:2:2 标准的 16/9 与 4/3 宽高比的关系	(38)
一、保持相同水平分辨率的 16/9 和 4/3	(38)
二、保持抽样频率相同的 16/9 和 4/3	(39)

第八节 数字分量岛的特性及其测试信号	(39)
一、数字分量岛的主要特性	(39)
二、数字分量岛用的测试信号	(41)
三、理想的亮度通路带宽、每个有效行的可辨像素数与水平分辨率的关系	(43)
四、数字分量信号的合法(Legal)和有效(Valid)问题	(44)
第二章 串行数字信号的传输和数据复用	(45)
第一节 串行数字信号传输系统	(45)
一、串行传输模型	(45)
二、通道容量	(46)
三、通道编码	(46)
第二节 眼图的形成	(48)
第三节 串行数字信号传输标准	(48)
一、串行接口的通用电气特性	(49)
二、抖动的规定	(50)
三、串行数字复合信号的传输	(51)
四、4:2:2 串行数字分量信号的传输	(56)
第四节 4:2:2 串行数字分量信号的特性参数及测量	(59)
一、发送端参数的测量	(61)
二、传输媒体的参数测量	(66)
三、接收端参数的测量	(66)
四、特殊测试信号	(68)
第五节 数字音频复用	(71)
一、最低实施标准	(73)
二、全 AES 实施标准	(74)
三、数字音频插入电路	(75)
四、音频解复用器	(77)
第六节 系统考虑	(77)
第七节 串行数字传输接口——SDTI	(79)
一、SDTI 接口的用途	(79)
二、SDTI 的信号格式及一般规定	(80)
三、包头的数据包结构	(81)
四、净负荷(用户数据)格式	(84)
第三章 视频压缩编码	(87)
第一节 预测编码	(87)
一、差分脉冲编码调制的基本原理(DPCM)	(87)
二、帧内预测编码	(88)
三、帧间预测	(89)
四、MPEG 编码中的运动估计	(92)
五、量化与编码	(93)

第二节 统计编码	(94)
一、熵编码	(94)
二、霍夫曼(Huffman)编码	(96)
三、双字长编码	(97)
四、游程编码	(98)
五、算术编码(Arithmetic Coding)	(99)
第三节 子带编码(Subband Coding)	(100)
一、子带编码原理	(100)
二、抽样频率的转换	(102)
三、正交镜像滤波器(Quadrature Mirror Filter)	(103)
第四节 变换编码	(105)
一、变换编码系统	(105)
二、正交变换的矩阵表示	(106)
三、DCT 变换	(107)
四、DCT 系数的量化	(110)
五、DCT 编码系统	(112)
六、解码过程	(118)
第五节 H.261 建议	(118)
一、H.261 的主要技术规定	(118)
二、压缩数据的分层	(119)
三、数据复用结构	(120)
四、H.261 编码算法	(121)
五、H.263 建议	(123)
第六节 MPEG-1 标准	(124)
一、MPEG 的视频数据流结构	(125)
二、MPEG 视频码流的组成	(126)
三、MPEG-1 标准的视频编码器	(128)
四、MPEG-1 标准的视频解码器	(130)
第七节 MPEG-2 标准	(130)
一、MPEG-2 标准中的类和级	(130)
二、视频压缩的规定	(132)
三、MPEG-2 的系统传输层	(139)
第八节 MPEG-4 标准	(141)
一、概述	(141)
二、MPEG-4 的编码对象	(142)
三、MPEG-4 系统和 DMIF(Delivery Multi-media Integration Framework)框架	(146)
四、MPEG-4 视频编码	(149)

第四章 数字音频技术	(157)
第一节 声学基础	(157)
一、声压级	(157)
二、响度和响度级	(157)
三、人耳听觉动态范围和频谱分辨率	(158)
第二节 模拟音频基础	(159)
一、信号电平和测量单位	(159)
二、典型信号电平和阻抗	(160)
三、信号电平监测	(161)
四、性能参数和测量问题	(162)
五、噪声	(164)
六、动态范围	(165)
第三节 数字音频基础	(167)
一、数字音频的基本概念	(168)
二、A/D 转换原理	(168)
三、D/A 转换原理	(175)
四、通道编码调制	(181)
五、AES/EBU 接口协议	(183)
六、数字音频接口规范	(187)
七、数字音频信号馈送	(187)
八、其它接口协议格式	(189)
九、音频同步	(190)
十、数字音频记录	(192)
第四节 数字音频压缩技术	(194)
一、压缩与人耳听觉特性	(194)
二、音频压缩技术概述	(195)
三、感知编码处理技术	(197)
四、音频压缩标准	(200)
第五章 数字摄像机的信号处理	(209)
第一节 数字信号处理摄像机的组成	(209)
一、模拟信号处理部分	(209)
二、数字信号处理部分	(209)
三、视频信号处理放大器各部分的作用	(210)
第二节 摄像机数字信号处理的要求和特点	(217)
一、数字信号处理的要求	(217)
二、数字信号处理的主要特点	(219)
第三节 主要数字信号处理电路	(221)
一、数字轮廓校正电路	(221)
二、数字伽码(γ)校正电路	(223)

三、高亮度色度保真电路	(224)
四、宽高比变换电路	(226)
五、数字钳位电路	(227)
六、数字降噪电路	(228)
第四节 控制系统和数字信号处理系统	(230)
一、控制系统	(230)
二、数字信号处理系统	(232)
第六章 数字录像机	(235)
第一节 数字录像机主要格式的技术特点	(236)
一、D-1 格式	(236)
二、D-2 格式	(236)
三、D-3 格式	(236)
四、D-5 格式	(237)
五、D-Betacam 格式	(239)
六、DV 格式	(241)
七、Digital-S 格式	(243)
八、DVCPR0 格式	(243)
九、Betacam-SX 格式	(246)
十、DVCAM 格式	(246)
第二节 数字录像机中的几项关键技术	(248)
一、提高记录密度解决数据率增加的问题	(248)
二、误码纠正与修正(掩错)技术	(248)
三、数据交织技术	(250)
四、通道编码(调制)技术	(250)
五、记录电流佳化技术	(253)
六、录放通道的传输特性设计	(253)
第七章 视频切换台	(257)
第一节 概述	(257)
一、视频切换台的基本概念	(257)
二、视频切换台的基本构成	(258)
第二节 视频切换原理	(258)
一、快切	(259)
二、混合	(261)
三、划像	(264)
四、键控特技	(271)
五、下游键	(279)
六、其它	(281)
第三节 视频切换台的功能特性	(282)
一、实用的视频切换台举例	(282)

二、视频切换台的实际应用	(284)
三、视频切换台的功能特性	(285)
第八章 数字视频特技	(288)
第一节 概述	(288)
第二节 图像变换原理	(289)
一、二维特技变换原理	(290)
二、三维特技变换原理	(293)
三、数据控制特技	(295)
四、其它特技效果	(296)
第三节 三维数字特技的工作原理	(298)
一、输入、输出处理系统	(299)
二、特技变换的数字处理系统	(302)
三、特技控制系统	(308)
第四节 多通道特技及特技制作系统	(308)
一、多通道特技	(308)
二、数字特技的功能	(309)
三、数字特技制作系统	(309)
第九章 视音频矩阵	(311)
第一节 矩阵系统	(311)
一、矩阵的用途	(311)
二、矩阵系统的组成	(312)
三、矩阵切换器的特性参数	(312)
第二节 矩阵切换器的电路结构	(314)
一、矩阵切换器的电路组成	(314)
二、控制系统	(317)
第三节 矩阵切换器的自动数字视频电缆均衡电路	(319)
第四节 小型矩阵的设计	(320)
第五节 独立的开关矩阵控制系统	(323)
一、系统概述	(323)
二、矩阵控制器的组成	(325)
三、新型操作板	(326)
第十章 网络基础知识	(329)
第一节 引言	(329)
一、计算机网络的概念	(329)
二、计算机网络的分类	(329)
第二节 数据通信基本原理	(330)
一、数据通信系统模型	(330)
二、数据通信过程	(331)
三、数据传输方式和交换方式	(332)

第三节 计算机网络拓扑结构	(333)
一、总线网络	(333)
二、环形网络	(334)
三、星形网络	(334)
四、树形网络	(335)
五、分布式网络	(335)
第四节 网络体系结构及协议	(335)
一、基本概念	(335)
二、开放系统互连 OSI 模型	(337)
第五节 局域网的组成	(339)
一、网络操作系统	(339)
二、工作站	(342)
三、网络服务器	(342)
四、网络接口卡	(343)
五、网间连接器	(345)
六、网络电缆	(346)
第十一章 高速网络技术	(347)
第一节 以太网	(347)
一、100Base-T 快速以太网	(347)
二、100VG-AnyLAN(Voice Grade)	(348)
三、千兆位以太网(Gigabit Ethernet)	(349)
第二节 光纤分布式数据接口(FDDI)	(350)
一、FDDI 网络体系结构	(350)
二、FDDI 的工作原理及特性	(352)
三、FDDI II	(354)
第三节 ATM(异步传输模式)	(355)
一、ATM 基本概念	(355)
二、ATM 的特点	(356)
三、ATM 参考模型	(357)
四、ATM 复用	(359)
五、ATM 的拥塞管理	(360)
六、服务质量(QoS)	(360)
第四节 光纤通道	(362)
一、光纤通道的概念	(362)
二、通道、网络 and 光纤通道	(362)
三、光纤通道标准	(363)
四、光纤通道的基本构成	(366)
五、光纤通道拓扑结构	(369)
六、光纤通道的服务类型	(370)

七、光纤通道的效能和发展趋势	(370)
第五节 视频信号对网络的服务质量要求	(371)
一、视频质量要求	(371)
二、满足服务要求的视频质量	(375)
第十二章 视频服务器	(378)
第一节 视频服务器概述	(378)
第二节 视频服务器的构成	(379)
一、视频点播用视频服务器的组成	(379)
二、硬盘式视频服务器	(381)
第三节 视频服务器中采用的技术	(388)
一、硬盘技术	(388)
二、硬盘阵列	(391)
三、存储容量的扩充	(395)
四、适用于视频服务器的磁盘驱动器	(396)
五、其它存储技术	(398)
第四节 视频服务器的应用	(401)
一、视频服务器的性能	(401)
二、视频服务器应用举例	(401)
第十三章 非线性编辑系统	(403)
第一节 概述	(403)
一、系统构成和技术背景	(403)
二、产品分类	(404)
第二节 非线性编辑系统的硬件结构	(404)
一、计算机平台	(404)
二、视音频处理子系统	(406)
三、存储介质	(419)
第三节 非线性编辑系统的软件结构	(421)
一、系统软件平台	(421)
二、非线性编辑应用软件	(425)
第四节 接口和网络	(429)
一、视频网络的性能要求	(429)
二、IEEE1394 串行高速接口总线	(430)
三、以太网	(434)
四、Fibre Channel 组网方案	(435)
第十四章 数字电视中心系统	(442)
第一节 概述	(442)
一、数字演播室的现状	(442)
二、数字演播室的特点	(442)
第二节 传统的节目制作系统	(443)

一、电视中心台的功能	(443)
二、演播室节目制作的视频系统例	(445)
第三节 新闻中心节目制作播出网络	(447)
一、新闻中心信息网络系统	(448)
二、新闻制播网络的构成	(451)
第四节 数字电视播出系统	(454)
一、硬盘阵列自动播出的技术特点	(455)
二、基于视频服务器的多频道播出系统例	(455)
第五节 虚拟演播室系统	(461)
一、虚拟演播室及其优点	(461)
二、虚拟演播室的主要技术	(462)
三、虚拟演播室的其它技术要求	(463)
四、虚拟演播室的构成	(464)
五、二维与三维虚拟演播室的区别	(466)
六、具有网络功能的虚拟演播室系统	(466)

第一章 数字视频基础

第一节 抽样

一、抽样

把模拟信号变成数字信号时,首先用一个周期为 T 的窄脉冲流对模拟信号幅度进行抽取,把时间上连续变化的模拟信号变成时间上离散信号,如图 1-1 所示。图(a)是时间上连续变化的模拟信号 $f(t)$;图(b)是抽样脉冲序列;图(c)是抽样后的信号 $f_s(t)$ 。

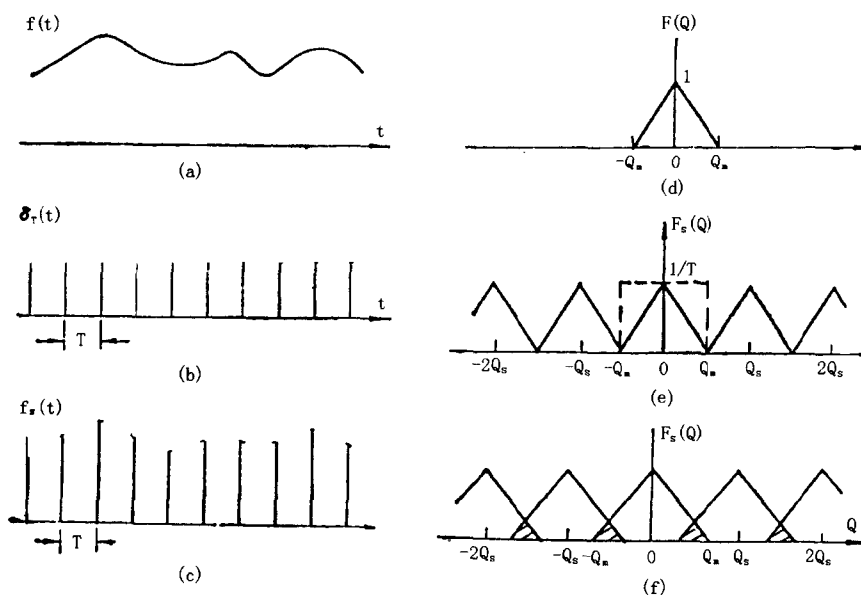


图 1-1 抽样原理

若抽样脉冲序列是周期为 T 的冲激函数序列 $\delta_T(t)$, 其定义为:

$$\delta_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT) \quad (1-1)$$

抽样频率即是抽样脉冲的频率: $f_s = 1/T$ 。抽样后的信号为:

$$f_s(t) = f(t) \cdot \delta_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(t) \delta(t - nT) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) \delta(t - nT) \quad (1-2)$$

显然,抽样后的信号相当于 $f(t)$ 对抽样脉冲序列幅度的调制。

$f_s(t)$ 的频谱 $F_s(\Omega)$ 为: $f(t)$ 的频谱 $F(\Omega)$ 与 $\delta_T(t)$ 的频谱 $\Delta_T(\Omega)$ 的卷积, 可以写成

$$\begin{aligned} F_s(\Omega) &= \frac{1}{2\pi} [F(\Omega) * \Delta_T(\Omega)] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\tau) \Delta_T(\Omega - \tau) d\tau \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\tau) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Omega_s \delta(\Omega - \tau - n\Omega_s) d\tau = \frac{\Omega_s}{2\pi} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(\tau) \delta(\Omega - \tau - n\Omega_s) d\tau \\ &= \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F(\Omega - n\Omega_s) \end{aligned} \quad (1-3)$$

式中, $\Omega = 2\pi f$; $\Omega_s = 2\pi f_s$ 。

$F(\Omega)$ 和 $F_s(\Omega)$ 见图 1-1 的 (d), (e), (f)。图中的 Ω_m 为 $f(t)$ 的最高信号频率。可以看出, $F_s(\Omega)$ 是 $F(\Omega)$ 以 Ω_s 为周期的周期性延拓, 只是幅度为 $1/T$ 倍。图 (e) 中的 $\Omega_s = 2\Omega_m$, 图 (f) 为 $\Omega_s < 2\Omega_m$ 的情况。

二、模拟信号的恢复

由图 1-1 (e) 可以看出, 只要 $\Omega_s \geq 2\Omega_m$, 就可以用一个理想的低通滤波器 (如图中的虚线所示, 实践中不计其负频率) 把模拟信号的信息 $F(\Omega)$ 不失真地恢复出来。

理想低通的幅频特性表示为:

$$G(\Omega) = \begin{cases} T & |\Omega| < \Omega_m \\ 0 & |\Omega| \geq \Omega_m \end{cases} \quad (1-4)$$

低通滤波器的冲激响应为:

$$g(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} G(\Omega) e^{j\Omega t} d\Omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\Omega_m}^{\Omega_m} T e^{j\Omega t} d\Omega = \frac{T\Omega_m}{\pi} \cdot \frac{\sin\Omega_m t}{\Omega_m t} \quad (1-5)$$

低通的输出是 $g(t)$ 与 $f_s(t)$ 的卷积, 它就是原模拟信号 $f(t)$, 因为据式 (1-2) 可得:

$$\begin{aligned} f(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} f_s(\tau) g(t - \tau) d\tau \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \left[\sum_{n=-\infty}^{\infty} f(\tau) (\tau - nT) \right] \cdot g(t - \tau) d\tau \\ &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) g(t - \tau) \delta(\tau - nT) d\tau \\ &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) g(t - nT) \end{aligned} \quad (1-6)$$

若 $\Omega_m = \frac{\Omega_s}{2} = \frac{\pi}{T}$, 将式 (1-5) 代入式 (1-6) 得:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) \frac{\sin \frac{\pi}{T} (t - nT)}{\frac{\pi}{T} (t - nT)} \quad (1-7)$$

低通滤波器的冲激响应 $g(t)$ 又称为内插函数。由式 (1-7) 可以看出, $f(t)$ 为各样点的样值与其对应的内插函数沿时间轴上之积的总和。内插函数的冲激响应如图 1-2(a) 所示。由此图可知, 在取样点上的 $f(t)$ 值等于其样值 $f(nT)$, 而在样点之间的值由各内插函数在样点之间的

延伸值与各自样点之值的乘积之和组成无限项乘积之和使离散信号 $f_s(t)$ 成为连续信号, 完全恢复了原模拟信号, 如图 1-2(b) 所示。因为内插函数是理想低滤波器的冲激响应, 所以低通滤波器又称为内插滤波器。

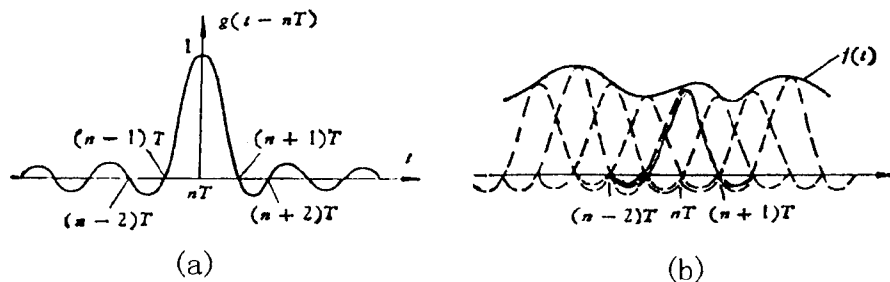


图 1-2 内插函数 $g(t)$ 以及 $f(t)$ 的恢复

三、抽样频率的选择原则

若 $\Omega_s < 2\Omega_m$, 则抽样后信号的频谱如图 1-1(f) 所示, 基带频谱与抽样后频谱有部分混叠, 如图中阴影线部分所示。在这种情况下, 通过理想低通滤波器恢复的信号中包含混叠分量, 在恢复的图像上将产生混叠失真, 比如为条纹干扰。

图 1-3 所示波形中抽样频率为信号频率 f 的 $4/3$ 倍, 抽样脉冲的间隔为 T 。图中的虚线所示波形即为混叠分量, 其频率为 $f_a = (4/3 - 1)f = f/3$, f_a 在恢复的图像上呈现出低频条纹。

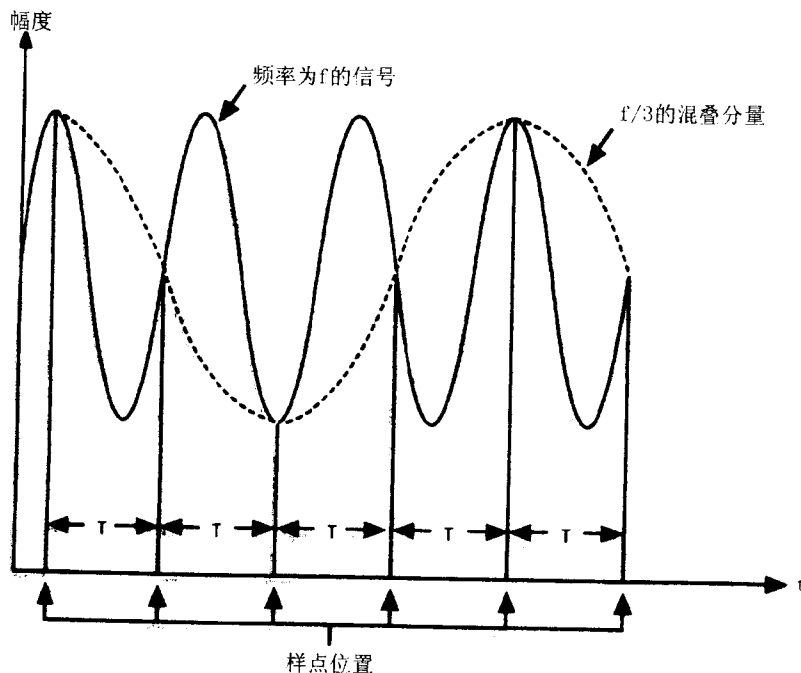


图 1-3 产生混叠失真的抽样例