

# 基于 DSP 的计算机泄漏发射同步信息的提取

刘杰

(福州大学信息与通信工程系, 福州 350002)

**摘要:**针对计算机行同步信号产生的泄露发射信息问题,提出一种提取该信息的相关检测算法,介绍利用 Matlab 仿真软件模拟提取行同步的策略,给出该算法在数字信号处理上的具体实现过程。在 ICETEK-C6713-A EVM 实验平台上进行同步信息截取实验,结果证明该方法具有较好的鲁棒性。

**关键词:**数字信号处理; 泄漏发射; 同步信息

## Extraction of Synchronous Computer Compromising Emanation Information Based on DSP

LIU Jie

(Department of Information & Communication Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350002)

**【Abstract】** According to the problem of compromising emanation information caused by horizontal synchronous computer signal, this paper presents a correlative detection algorithm for extracting the information, and introduces a strategy of extracting synchronous information with Matlab simulation. The implementation of the algorithm on Digital Signal Processing(DSP) is given, and the experiment is performed on the ICETEK-C6713-A EVM platform, whose results prove the robustness of the method.

**【Key words】** Digital Signal Processing(DSP); compromising emanation; synchronous information

电子设备工作时或多或少会产生泄漏发射,为了截获机要电子设备泄漏发射的重要信息,20世纪80年代,美国制定了TEMPEST计划。为了跟上国外TEMPEST技术的发展,我国也进行了这方面的研究。稳定、可辨识的信息图像主要靠数学方法获得,这就要求非常高的信息稳定度(同步信息相对误差不大于 $10^{-7}$ 数量级)。目前国内在该领域多采用传统的设备<sup>[1-2]</sup>,其稳定性问题是无法克服的瓶颈,因此,如何得到泄漏发射信息的同步信息是盘活这些传统设备的关键。本文针对上述问题提出了一种基于高速数字信号处理(Digital Signal Processing, DSP)的同步信息获取方法,介绍了利用 Matlab 仿真软件模拟行同步信息在被噪声淹没的情况下提取行同步信息的过程。

### 1 行同步信息提取的仿真

从文献[2]可知,行同步信息的幅度明显高于视频信息的幅度,泄漏发射较远而信号衰减得不是很快,这使得采用数学运算和信息处理手段提取行同步信息成为可能。不过这是在专业屏蔽实验室没有噪声的理想条件下观察到的,在真实的环境中,这种简单地通过电平高低来分离行同步信号的方法是不可能实现的。从相关检测法可知,如果2个信号具有相关性,将会出现峰值,噪声由于没有相关性将被极大地衰减,这样即使在信噪比较低的情况下(例如战场环境、野外),也能提取到行同步信息。

利用 Matlab 仿真行同步信息的提取策略如下:一般显示器的场同步信号为 60 Hz, 65 Hz, 70 Hz, 72 Hz, ..., 120 Hz 等,这些频率很低,从计算机等设备泄漏发射出来的可能性不大,而行同步信息及其谐波的频率很高,可作为猜想的预置信号和把从 TEMPEST ATTACK 视频输出端得到的视频信号作为待测信号做相关处理。以下是用 Matlab 仿真频率为 70 kHz

的行同步信息的提取过程,待测信息是由 40 kHz, 70 kHz 的信号及噪声组成的混合信息。从图 1 可以看到,用 Matlab 产生的行同步信息的幅度是噪声信号幅度的 1/5,完全被噪声所淹没。

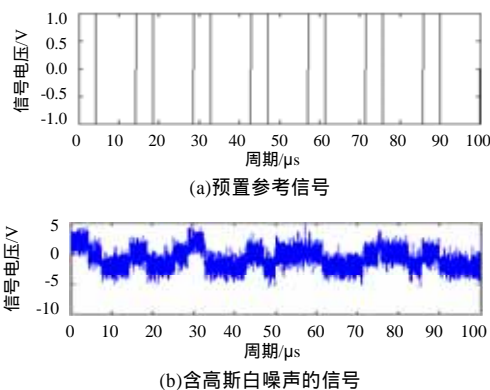


图1 模拟的预置信号和含噪声的行同步信号

行同步信息的相关检测是把所有已知的行同步信息频率做成一个查找表(例如 31.5 kHz, 60 kHz, 65 kHz, 70 kHz, 100 kHz),把它们作为预置参考信息分别与 TEMPEST ATTACK 接收机视频输出信号(包含行同步信息)做相关检测,或者将预置信息按 1 kHz 步长递增做相关检测,即粗调;最后按 1 Hz 步长进行微调。如果出现峰值,可以认为此参考信号的频率就是计算机等设备泄漏发射出的行同步信息。以预置的参考信号的频率为自变量(横坐标),与之相对应的互

**作者简介:**刘杰(1964-),男,讲师、博士,主研方向:泄漏发射信息的重建与防御对策,激光雷达导航

**收稿日期:**2008-04-20 **E-mail:** liujie717@tom.com

相关系数为其函数(纵坐标),对已知行同步信息(70 kHz)在 65 kHz~75 kHz 的频段内做互相关检测,获得的互相关函数与其频率的关系曲线如图 2 所示。可以看到,在频率点(70 kHz)有一个很明显的峰值,说明在 65 kHz~75 kHz 的频段内,只有 70 kHz 这点的互相关性最好,验证了相关检测法在重建计算机等泄漏发射信息的应用价值。场同步信息可以文献[2]的方法得到。

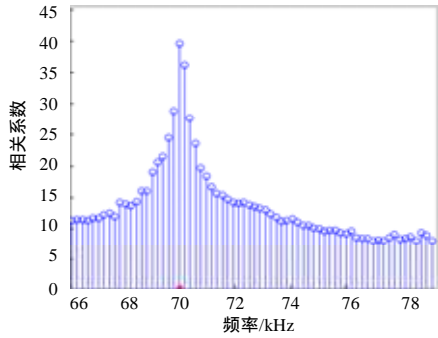


图 2 相关检测结果

## 2 算法在 DSP 上的实现

硬件采用北京瑞泰创新公司的 ICETEK-C6713-A EVM 评估板作为实验平台,软件的设计采用混合编程,用 C 语言设计程序框架和对运行时间影响不大的模块,用线性汇编语言设计严格要求实时性的核心算法。

### 2.1 相关算法的 FFT 实现

设一种信号序列  $x(n)$  的长度为  $M$ ,另一种信号序列  $y(n)$  的长度为  $N$ ,则利用 FFT 计算相关函数步骤如下:

(1)选择满足下述条件的  $L$ :

$$\begin{cases} L \geq M + N - 1 \\ L = 2^\gamma, \gamma \text{ 为整数} \end{cases} \quad (1)$$

(2)将序列  $x(n)$  与  $y(n)$  按如下方式对齐,形成长度为  $L = 2^\gamma$  的序列:

$$\bar{x}(n) = \begin{cases} x(n) & n = 0, 1, \dots, M-1 \\ 0 & n = M, M+1, \dots, L-1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\bar{y}(n) = \begin{cases} 0 & n = 0, 1, \dots, M-2 \\ y(n) & n = M-1, M, \dots, M+N-2 \\ 0 & n = M+N-1, M+N, \dots, L-1 \end{cases} \quad (3)$$

则其相关函数为

$$r(m) = \sum_{n=0}^{L-1-m} \bar{x}(n) \bar{y}^*(n-m) = \bar{x}(n) * \bar{y}^*(n) \quad (4)$$

其中, \* 表示复共轭。

时域的卷积等于频域的乘积,即

$$R(k) = X(k)Y^*(k) \quad (5)$$

其中, \* 表示复共轭。

(3)用 Radix2 DIF 算法,即基 2 频率抽取法实现信号序列  $\bar{x}(n)$  的 FFT 变换  $X(k)$ :

$$X(k) = \sum_{n=0}^{L-1} \bar{x}(n) W_L^{kn} = \sum_{n=0}^{L/2-1} \left[ \bar{x}(n) W_L^{kn} + W_L^{kn/2} \sum_{n=0}^{L/2-1} \bar{x}\left(n + \frac{L}{2}\right) W_L^{kn} \right] \quad (6)$$

$$X(k) = \sum_{n=0}^{L/2-1} \left[ \bar{x}(n) + (-1)^k \bar{x}\left(n + \frac{L}{2}\right) \right] W_L^{kn} \quad (7)$$

$$\begin{cases} X(2k) = \sum_{n=0}^{L/2-1} \left[ \bar{x}(n) + \bar{x}\left(n + \frac{L}{2}\right) \right] W_{L/2}^{kn}, k=0, 1, \dots, \frac{L}{2} \\ X(k) = \sum_{n=0}^{L/2-1} \left[ \bar{x}(n) - \bar{x}\left(n + \frac{L}{2}\right) \right] W_{L/2}^{kn}, k=0, 1, \dots, \frac{L}{2} \end{cases} \quad (8)$$

$Y(k)$  的计算过程与  $X(k)$  类似。

(4)计算  $X(k)$  和  $Y(k)$  的乘积。

(5)计算  $Z(k)$  的 IFFT 变换,得到相关函数  $r(n)$  为

$$r(n) = \frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L-1} R(k) W_L^{-kn}, n = 0, 1, \dots, L-1 \quad (9)$$

### 2.2 相关算法在 C6713 的实现方法

充分利用 C6713 DSP 芯片中众多的寄存器,尽可能采用其 8 个单元实现并行运算,  $L = 2^\gamma$  的实数信号序列  $\bar{x}(n)$  可看作虚部为 0 的复数信号序列,即

$$\hat{x}(n) = \begin{cases} \bar{x}(k) & n = 2k, k = 0, 1, \dots, N-1 \\ 0 & n = 2k+1, k = 0, 1, \dots, N-1 \end{cases} \quad (10)$$

算法中使用了双重循环,内层循环是每个阶段蝶形运算的结果,这将花费大量的运算时间,因为提取同步信息的实时性要求高,所以这部分代码采用汇编程序完成。但是自行编写这部分程序可能对汇编指令把握得不太好,使程序中隐藏 bug,编写的汇编代码也可能打破流水线,降低运行速度,因此,本文基于 TI 公司提供的 DSPLIB 库中经过高度优化的、用于计算信号 FFT 的 Radix 2 代码的编程思想实现了信号 FFT 运算的程序。采用计算信号 FFT 的方法,再经过一些简单的变换,即可完成信号的 IFFT 运算,其实现过程如下:

$$r(n) = \frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L-1} R(k) W_L^{-kn} = \frac{1}{L} \left[ \sum_{k=0}^{L-1} R^*(k) W_L^{kn} \right]^* = \frac{1}{L} \left\{ FFT \left[ R^*(k) \right] \right\}^* \quad (11)$$

其中,  $n = 0, 1, \dots, L-1$ 。

从式(11)可以看出,实现 IFFT 的步骤为:(1)取  $R(k)$  的共轭;(2)计算  $R^*(k)$  的 FFT 变换;(3)取  $\{FFT[R^*(k)]\}$  的共轭,再乘以  $\frac{1}{L}$ ,最终求出  $r(n)$ 。

## 3 实验与结论

在专业屏蔽实验室中,对实验计算机行同步信息产生的泄漏发射进行了截取实验,其装置如图 3 所示。

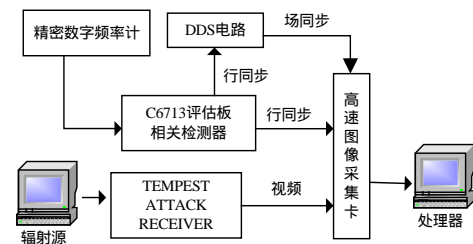


图 3 泄漏反射信息截取实验框图

将实验计算机水平扫描信号频率设定为 31.5 kHz、实验室大门打开、开启白噪声干扰器,以增大环境噪声。在 CCS2.2 for C6000 软件集成开发环境下,在 ICETEK-C6713-A EVM 评估板中对从 TEMPEST ATTACK 窃取设备的视频输出端得到的包括行同步信息、噪声的被检测信息(输入到 ICETEK-C6713-A EVM 评估板 A/D 输入端的 ADCIN2 口)和从精密数字频率计产生的 31.5 kHz 矩形波信号(送入 A/D 端的 ADCIN3 口)做相关检测,最后得到了 31.5 kHz 的行同步信息。然后将实验计算机的水平扫描频率重新设置为 70 kHz,再重复上述实验,仍然能很好地检测出 70 kHz 的行同步信号。

## 4 结束语

由于信息处理设备(例如计算机)集成度、部件质量等的提高以及加工工艺的改进,从这些电子产品产生的泄漏发射

(下转第 13 页)