

基于 SAW 技术的扩频信号解扩解调模块设计

梁 懿, 陈 婷

(中国电子科技集团公司第 26 研究所, 重庆 400060)

摘 要:介绍了一种基于声表面波技术的扩频信号解扩解调模块的工作原理、模块设计和测试结果。与数字相关器解扩相比,利用声表面波匹配滤波器解扩具有高处理速度和大处理带宽的特点,特别是在实时处理中具有绝对优势。同时,模块采用限幅放大技术可实现信号的大动态范围和高灵敏度接收。

关键词:声表面波;解扩;解调;限幅放大

中图分类号:TN914.42

文献标识码:A

Design of De-spreading and Demodulation Module for Spread Spectrum Signals Based on SAW Technologies

LIANG Yi, CHEN Ting

(26th Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

Abstract: The operating principle, design and test results of the de-spreading and demodulation module for spread spectrum signals based on SAW technology have been introduced in this paper. The de-spreading technique based on SAW matched filter has the advantages of high-speed and wide bandwidth over the digital correlator; especially it has overwhelming superiority over its counterpart in the real-time de-spreading process. Meanwhile, the wide dynamic range and high sensitivity receive of signals can be realized since the limiting amplification technique has been used in the proposed module.

Key words: SAW; de-spread; demodulation; limiting amplification

0 引言

随着数字通信技术的迅速发展,直接序列扩频技术被广泛应用。直接序列扩频技术是指将待传送的信息数据用 PN 伪码扩频,经载波调制后再传输,在接收端则采用相位编码进行解扩及相关处理,恢复原始信息数据的通信过程。它具有抗干扰,抗噪声,抗多径衰落,高保密性,功率谱密度低,高隐蔽性,低截获率,可多址复用及任意选址等优点^[1]。相对于数字技术,基于声表面波(SAW)器件的扩频调制及解扩解调技术具有高处理速度,大处理带宽和极强的处理功能,特别是在实时处理中具有绝对优势^[2]。因此,国内外都对其特别关注并投入了大量的人力、物力进行开发。基于这一技术的 SAW 扩频通信系统,已广泛应用于陆基、舰载、机载和星载系统中。近几年,基于 SAW 技术的调制解调器更是向超宽带(UWB)方向发展^[3],虽然 SAW 匹配滤

波器在超宽带范围(吉赫兹范围)上的寄生效应影响会使其相关性恶化,但目前在相关文献中已找到了解决此问题的方法,基于 SAW 技术的扩频信号调制解调设备在无线通讯中仍占有重要地位^[4]。本文介绍了中频上的基于 SAW 技术的扩频信号解扩解调模块的工作原理、模块设计和测试结果。

1 SAW 匹配滤波器解扩原理

在扩频通信系统中,扩频信号的接收需先完成解扩,才能进行基带解调。因此,接收端要复制一个与发射端码型相同、码元同步的本地伪码信号,收、发两端伪码同步信号相乘并积分称为相关解扩,要完成解扩功能则需一些特殊的具有载波同步和码元同步的环路(如匹配滤波器)。利用 SAW 器件可作成伪码发生器、相位编码器、抽头延迟线及 SAW 匹配滤波器等,由其组成非相干和相干解扩系统,该模块就是利用 SAW 匹配滤波器进行接收信号解扩。

收稿日期:2012-10-12

作者简介:梁懿(1980-),女(土家族),贵州省遵义市人,工程师,主要从事信号处理的研究。

SAW 匹配滤波器是各个相关器的总和,它的输入换能器为一宽带叉指换能器,当输入信号中心频率为 ω_c 时,与此对应的声同步频率

$$\omega_s \approx \omega_c = 2\pi v_s / L \quad (1)$$

式中: v_s 为声波速度; $L = \lambda_0$, λ_0 为激励声波的波长。指条宽度

$$d_c = \lambda_0 / 8 = v_s / 8f_0 \quad (2)$$

式中 f_0 为器件工作频率。

输出换能器为编码换能器,它由分离且相同排列的一组叉指电极对组成,分离的叉指电极间的延迟必须等于伪随机码元的宽度,如图 1 所示。

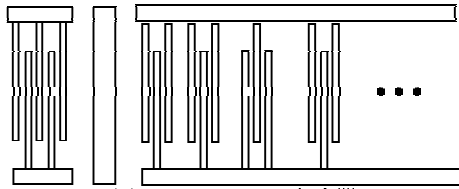


图 1 SAW 匹配滤波器

当输入一个 δ 脉冲时,输入叉指换能器激励起一个与信号码元波形相同的声信号,此声信号传播到输出换能器并由压电效应在叉指电极上产生一个与输入声信号相同的电信号,即输出一个码元。由于输出换能器中分离的各组叉指电极间的间隔正好等于一个码元宽度,所以输出叉指电极相继产生的码元彼此相连,且各个码元的相位取决于相应的叉指电极的极性。SAW 匹配滤波器最后的输出可看成是与输入伪码每一码片相对应的叉指电极对输出的叠加。

设输入二进制相移键控(BPSK)扩频信号为

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n c(t-nT) \cos \omega_0 t \quad (3)$$

式中: t 为时间; a_n 为信息码元; $c(t)$ 为扩频用的伪随机码; ω_0 为载波频率; T 为延迟时间。则 SAW 匹配滤波器的冲激响应为

$$h(t) = c(T-t) \cos \omega_0 t \quad (4)$$

SAW 匹配滤波器的输出为

$$y(t) = \frac{1}{2} R(t) \cos \omega_0 t \quad (5)$$

$$R(t) = a_{-1} \int_{t-T}^0 c(\tau+T) c(T-t+\tau) d\tau + a_0 \int_0^t c(\tau) c(T-t+\tau) d\tau \quad (6)$$

$R(t)$ 是所用伪随机码的相关函数(包括自相关、正码和反码的互相关及其部分相关的组合),当 $t = T$ 时,有

$$R(t) = a_0 \int_0^T c^2(\tau) d\tau = a_0 T \quad (7)$$

$R(t)$ 为所用伪随机码的加权相关峰值,加权值为此时所传信息 a_0 。因此,对 SAW 匹配滤波器的相关峰进行检测,就可将传输的信息恢复。图 2 为由 SAW 匹配滤波器解扩出的中频相关峰信号。

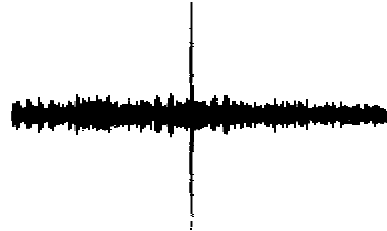


图 2 解扩出的中频相关峰

2 扩频信号解扩解调模块设计

2.1 模块基本架构

该模块是利用 SAW 技术实现 BPSK 扩频信号的接收、解扩和解调,其基本架构如图 3 所示。

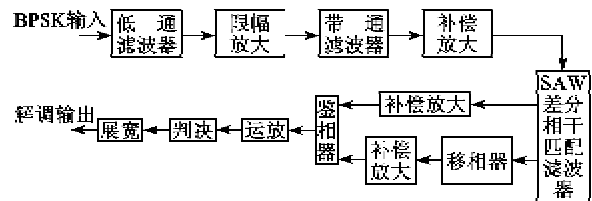


图 3 扩频信号解扩解调模块基本架构

由图 3 可知,输入的 BPSK 调制信号经限幅放大模块控制幅度后,输出稳定的信号,再经 SAW 差分相干匹配滤波器解扩后产生两路相差一个码元周期的中频相关峰,再将两路中频相关峰经鉴相器通过相位比较提取相位信息,经运放后输出放大的视频相关峰,最后经判决、展宽解调出晶体管-晶体管逻辑(TTL)电平的非归零数据信号^[5]。

2.2 电路设计

根据指标要求,该模块的电路关键设计是接收单元、解扩单元和解调单元。

接收单元的目的在于实现信号的高灵敏度及大动态接收。该模块不采用传统的自动增益控制(AGC)接收方式,而是采用限幅放大接收,是因为该方式具有动态范围大,速度快和成本低的特点。在此,我们采用 ADI 公司生产的 AD8309, AD8309 是一个限幅输出的对数放大器,为便于后续处理,必须在后续处理前输入一个较稳定的信号,故选择该器件作为前级中放。

由于我们选择的是基于 SAW 技术的差分相干

解调方式,故在解扩单元,我们设计了 SAW 器件来完成伪码的快速同步,以实现扩频信号的解扩,输出两路相差一个码元周期的中频相关峰信号。图 3 中的 SAW 差分相干匹配滤波器,其处理增益高达 18 dB,将相关解扩和固定延迟两部分集成到一个器件中,在满足设计要求的条件下减少了一级补偿放大,减小了体积,降低了功耗,简化了电路设计。

在解调单元,该模块采用相位比较法解调 BPSK 信号,因此,相位在全温范围内的变化必须受到重视。由于 SAW 差分相干匹配滤波器输出的两路中频相关峰存在一定的相位差,必须对其进行相位补偿,所以我们在其中一路加移相器,可通过调节移相电压来补偿因温度变化造成的相位差,致使在全温范围内,鉴相后输出稳定的视频相关峰,解决视频相关峰倒相问题,从而解决误码问题。后级,我们再利用运放将视频信号放大,通过判决及利用单稳态触发器将脉冲展宽,获得所需的 TTL 电平的数据信号^[6]。

3 实验结果与分析

扩频信号解扩解调模块的测试仪器:信号发生器(Agilent 4424B)、脉冲发生器(Agilent 81110A)、数字示波器(LeCroy 7100A)和电源(GW PPT-1830)。

输入的信号为 BPSK 调制信号,它由 60 MHz 的载波经 BPSK 调制器调制所得,其时域波形如图 4 所示。图中间隙较大的地方为倒相点,它由伪码的“1”、“0”跳变引起。该系统中的伪码序列为 127 位的 m 序列,它是一种伪噪声特性较好的伪随机序列,易产生,应用广泛。

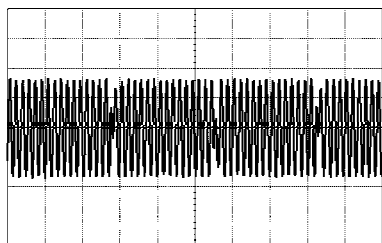


图 4 输入 BPSK 扩频信号

图 5 为输出视频相关峰信号,它由图 2 中的中频相关峰经鉴相器鉴相后输出。所谓鉴相就是由两路相差一个码元周期的两路相关峰经鉴相器进行相位比较后提取出数据信息。由图可见,数据信号为 110(由于输入的 BPSK 信号为连续的周期信号,所以视频相关峰输出是循环的)。

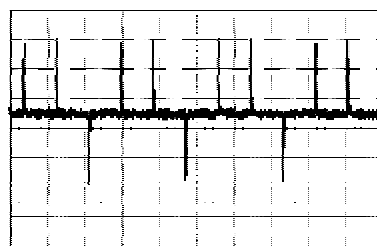


图 5 输出视频相关峰信号

由于最后需要输出 TTL 电平的非归零数据信号,且为正逻辑配置,因此不需要负电平表示“0 码”。所以在后面的判决中,设置参考电平为 0 电平,以去除负脉冲。判决后的信号经单稳态触发器,通过调试单稳态触发器外围电路中的电阻 R_x 、电容 C_x 得到所需脉宽要求的 TTL 电平的非归零信号,如图 6 所示。

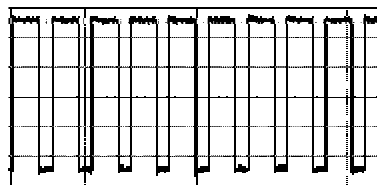


图 6 输出的 TTL 电平的数据解调信号

经调试、测试,该模块的最小输入电平(灵敏度)为 -75 dBm,动态范围为 85 dB,满足指标要求的灵敏度(-60 dBm)和动态范围(60 dB)。

调试中发现,由于 AD8309 将小信号放大,将大信号抑制的限幅放大特性,当非周期调制脉冲信号进入后,会将调制脉冲信号外的基底噪声当小信号放大,同时将调制脉冲信号当大信号抑制,造成输出信号信噪比下降,从而影响动态范围。因此,我们采取了一定的解决措施:

1) 在发射端加开关,尽量减小基底噪声,提高发射端信噪比。

2) 在 AD8309 限幅放大后加窄带 LC 滤波器,减少后级相关峰的旁瓣,提高主旁瓣比,有利于解调出干净的(即无旁瓣的)视频相关峰信号,为后级信号处理带来好处。通过这些有效的措施,可进一步提高该模块的灵敏度及动态范围。

4 结束语

该模块采用 SAW 差分相干解调技术实现了 BPSK 信号的解调,其性能满足使用要求,具有处理速度快,抗干扰强,功耗低及设计简单等特点。基于模块化及通用性的设计思想,该 SAW 解扩解调模块可推广应用于其他相关的通信系统中。

(下转第 317 页)