

基于Costas环相位解调方式的设计

李京会 陈超

(100024 中国传媒大学 北京)

【摘要】本文针对相位解调时的门限效应问题,提出了利用Costas环结构进行相位解调的方法。利用经过相位调制的QPSK信号作为仿真激励。通过MATLAB仿真,对比Costas环解调方式和传统解调方式的抗噪声性能,验证了基于Costas环解调方式对门限效应的改善作用。

【关键词】相位解调; 门限效应; Costas环; FPGA

一、前言

随着无线通信应用的快速增长,对信号的传输误码率有了更高的要求。相位解调时的门限效应就是输入信号的信噪比必须高于门限值,否则输出信号的信噪比会急剧下降[1]。这就要求输入信号的信噪比不能低于门限值。Costas环又名同相正交环,是一种基于二阶锁相环的结构。现代工程中, Costas环广泛用于对抗多普勒频移和信号的载波恢复[2]。比起一般的锁相环路, Costas环的误差电压更小,灵敏度更高[3]。本文利用Costas环对相位的跟踪特性,设计并实现了一种可以改善门限效应的相位解调方式。

二、基于Costas环的相位解调原理

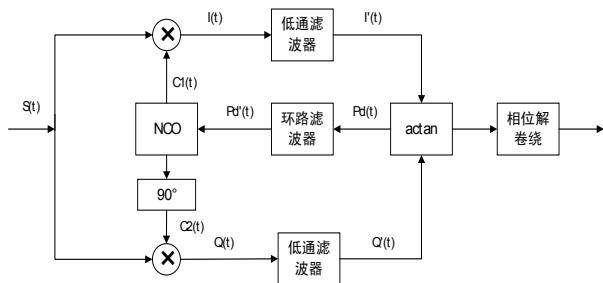


图2.1 Costas环的结构

Costas环的组成结构如图2.1所示。设输入信号 $S(t)$ 是经过相位调制的信号,表达式为^[4]:

$$S(t) = A_m(t) \cos[2\pi f_c t + m(t)] \quad (2.1)$$

其中, $A_m(t) = |m(t)|$, $m(t)$ 为原始调制信号。将输入信号分别与本地载波相乘, NCO产生的正交载波分别为:

$$C1(t) = \cos(2\pi f_c t + \theta), C2(t) = \sin(2\pi f_c t + \theta) \quad (2.2)$$

混频结果分别为:

$$I(t) = s(t)C1(t) = A_m(t) \cos[2\pi f_c t + m(t)] * \cos(2\pi f_c t + \theta) \quad (2.3)$$

$$Q(t) = s(t)C2(t) = A_m(t) \cos[2\pi f_c t + m(t)] * \sin(2\pi f_c t + \theta) \quad (2.4)$$

乘法结果分别经过低通滤波器, 滤除高频分量得:

$$I'(t) = \frac{1}{2} A_m(t) \cos(m(t) - \theta) \quad (2.5)$$

$$Q'(t) = \frac{1}{2} A_m(t) \sin(m(t) - \theta) \quad (2.6)$$

将同相和正交两路下变频结果输入鉴相器进行解调, 得到相位解调结果为:

$$Pd(t) = \arctan\left(\frac{Q'(t)}{I'(t)}\right) = \arctan\left(\frac{\frac{1}{2} A_m(t) \sin(m(t) - \theta)}{\frac{1}{2} A_m(t) \cos(m(t) - \theta)}\right) = m(t) - \theta \quad (2.7)$$

根据公式可知, 当压控振荡器产生的本地信号与载波同频同相时, 鉴相器的输出即为输入信号的相位信号。由于 Atan 函数的输出范围有限, 会造成信号跳变, 加入相位解卷绕模块, 以消除信号跳变的干扰^[5]。

三、性能参数设计

Costas环的性能参数设计是设计中的重点和难点。设计步骤如下:

①明确基本的设计需求。本文采用QPSK信号作为硬件的测试激励, 根据输入数据的参数确定以下几个参数: 数控振荡器的初始频率、输入信号信噪比。

②对于Costas环来说, 最重要的参数有自然角频率 ω_n 、阻尼系数 ξ 。在工程设计中阻尼系数 ξ 通常选取0.707^[7]。而自然角频率 ω_n 的选取直接影响着环路的性能。 ω_n 越大, 环路的捕获性能越好, 但环路的抗噪声性能会变低。根据本文的需求, 着重于提高系统的抗噪声性能, 改善相位解调时的门限效应, 选取自然角频率的值 $\omega_n = 150\text{KHz}$ 。

③计算环路滤波器系数。其公式为^[9]:

$$C_1 = \frac{4(\omega_n T)^2 + 8\xi\omega_n T}{4 + 4\xi\omega_n T + (\omega_n T)^2 K}, C_2 = \frac{4(\omega_n T)^2}{4 + 4\xi\omega_n T + (\omega_n T)^2 K} \quad (3.1)$$

其中, T 为采样周期, K 为环路总增益, 一般取1。本文仿真所用的时钟频率为32MHz, 可知 $\omega_n T \ll 1$, 从而将公式进一步简化为:

$$C_1 \approx \frac{2\xi\omega_n T}{K}, C_2 \approx \frac{(\omega_n T)^2}{K} \quad (3.2)$$

根据前面设计的参数计算得环路滤波器的系数为:

$$C_1 = 1.53 \times 10^{-2}, C_2 = 1.1 \times 10^{-3}$$

四、仿真结果分析

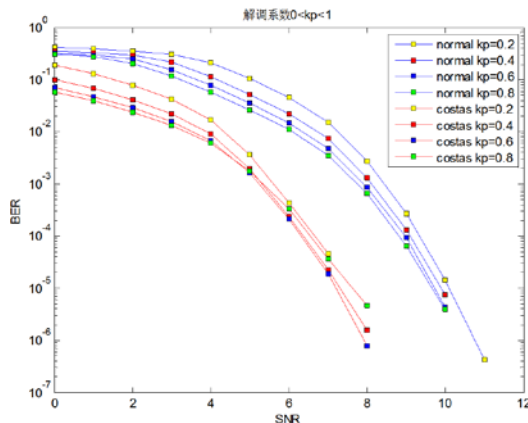


图4.1 两种解调方式下系统抗噪声性能的对比

利用经过相位调制的QPSK信号作为测试激励,信道模型采用高斯信道。如图4.1为使用两种解调方式下输入信号信噪比和误码率的曲线图(调制系数分别取0.2、0.4、0.6、0.8)。通过对比可以看出,在信噪比和调制系数一定的情况下,采用Costas环解调的系统比采用传统方式解调的系统误码率更低。且当调制系数一定时,随着信噪比的提高,Costas环解调的系统误码率下降得更快,也就是门限值更低。综上可以得出结论,采用Costas环结构的解调方式可以改善相位解调中的门限效应。

五、总结

通过MTLAB仿真结果可以证明,基于Costas环相位解调方式比传统相位解调方式的QPSK系统的抗噪声性能更好,验证了基于Costas环相位解调方式对门限效应具有改善作用。

参考文献:

- [1]WeiJiang,Multicarriertransmissionschemesincognitiveradio[C],Internation
- [2]alSymposium on Signals Systems and Electronics

(ISSSE),2012

- [3]P.Hari,KrishnaPrasad,L.Anjaneyulu,TimeDomainAutoPulse ShapingOperation[J],IETEJournalofEducation,2018
- [4]J.PCostas.Synchronous communication[C].Proc. IRE,1956,Pages:1713-1718.
- [5]H.Ochiai,H.Imai.On thedistribution ofthe peak-to-average power ratio inOFDM signals.IEEE Trans.on Comm.2001
- [6]郑继禹,张厥盛,万心平.锁相技术(第2版)[D].西安电子科技大学出版社,2012
- [7]杜勇.数字调制解调技术的MATLAB与FPGA实现-Altera/Verilog版[D].北京:电子工业出版社,2015
- [8]杜勇.数字通信同步技术的MATLAB与FPGA实现-Altera/Verilog版[D].北京:电子工业出版社,2015
- [9]杜勇.数字锁相环的MATLAB与FPGA实现-Altera/Verilog版[D].北京:电子工业出版社,2015

基金项目:

本文受中国传媒大学18CUCIJ073项目资助。

(上接138页)

表3PCM1080与MTR2000J5接口引脚对应表

PCM1080		Moto2000
1	白橙	发
2		
3	白绿	地
4		
5	白蓝	2+
6	绿	2-
7	白棕	1-
8	棕	1+

(二)VHF设备通过传输系统接入转接设备/遥控设备的注意事项

在转接设备和VHF设备接入传输设备前,为了保险起见,应根据转接设备和VHF设备的工作特点,借助一定的检测工具分别确认VHF设备侧和转接设备音频接口侧的线对并按发送、接收、PTT、禁噪分别标识。以防范接错线的可能。

同一套VHF发射设备的音频信号、PTT及禁噪信号在接入多路4线E&M接口时,只能有一路接口处于工作状态,其余的接口与VHF发射设备应处于物理断开状态,要不然会使VHF发射设备处于长发状态。

四、VHF通信系统引起长发的原因及解决方法

接入传输系统构建的VHF通信系统实现了VHF通信的多层覆盖、增大了通信作用距离、提高了通信效率,减少了重复建设带来人力成本的增加。但是需要重点防范并解决由于设备种类多、传输距离远等带来的VHF发射设备常发问题。

(一)传输系统引起的长发

由于是模拟信号,所以在传输线路上很容易形成干扰存在干扰、传输设备M端电压与遥控系统、转接器的PTT、转接设备电压不匹配等都会引起VHF信道机长发。

在设备安装调试过程以及平时维护的过程中,一般会对

传输系统进行打环用来测试电路质量,如果维护结束后没有及时拆除环路,将会引起VHF信道机产生长发。因此,在对传输系统进行打环测试维护后,必须及时拆除环路。

(二)转接系统设备/VHF通信遥控器的PTT不能自动释放

转接系统话筒的PTT不能释放,会引起转接系统面板上的所选中的工作频率处于长发状态。因此,解决这种类型的长发发射问题,需要更换转接系统的故障话筒。

由于转接设备自身导致PTT不能释放,同样会引起转接系统面板上的所选中的工作频率处于长发状态。要解决这类长发发射问题,需要重启设备或者更换转接系统设备的故障元件。

(三)VHF共用天线系统的错误设置引起VHF系统长发

在VHF系统中,有时候会几套VHF系统共用一套天线系统,有些天线系统可以远程遥控操作、进行参数修改、系统检测等。如果不小心设置错误或者定时自测试将引起VHF系统长发射。自动测试将引起VHF系统长发射,通常容易被忽略,引起不必要的麻烦,所以在设置自动测试时需谨慎对待,做好记录,同时通知相关人员。

(四)VHF通信发射设备引起的长发

VHF设备信道机的PTT控制器故障,触发PTT一直有效,则引起VHF信道机长发,此种故障需要及时关闭故障的VHF系统的信道机。

结论

本文分析了E&M信令的控制原理与VHF设备PTT的控制方式,并以大吉8100与MTR 2000电台为例,研究了PTT信号在E&M信令下的传输与控制。在设计VHF通信系统的遥控电路时,需要详细了解转接设备端和遥控系统设备的PTT控制方式,选择适合的组合,并根据两端设备的工作参数,进行相应的匹配,使系统达到最佳工作状态。随着通信技术的快速发展,网络通信技术的发展日新月异,对控制信号利用网络的传输值得进行进一步的研究。只有深入的掌握设备的工作原理并不断的改进,才能更好的保障通信畅通。