

GMSK 基带调制解调的实现

臧威麟

(桂林电子科技大学信息与通信学院, 广西 桂林 541004)

【摘要】讨论了一种基于 TMS320VC5509 的全数字 GMSK 基带调制解调器的实现。基带波形的产生是利用数据卷积事先计算的高斯滤波器冲击响应系数, 同步是采用对齐前导码的方式实现, 采用多门限判决实现解调, 提出了理论依据, 其正确性得到了实验的验证。

【关键词】GMSK; TMS320VC5509; 多门限判决

【中图分类号】TN929.5

【文献标识码】A

【文章编号】1008-1151(2009)06-0013-02

高斯滤波最小移频键控 (Gaussian Filtered Minimum Shift Keying) 简称 GMSK, 就是利用高斯滤波器对基带信号进行预处理, 使得信号的功率谱在主瓣以外衰减较快, 主瓣宽度窄对邻道干扰较小, 因此应用比较广泛。本文介绍一种基于 DSP TMS320VC5509 实现 GMSK 基带调制解调器的实现。

(一) 基带调制的设计

GMSK 基带信号可以表示为:

$$y(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g(t - nT_b)$$

其中 $g(t)$ 是高斯滤波器的矩形脉冲响应, $a_n = \pm 1$ 是输入数据。

高斯滤波器的冲击响应为:

$$h(t) = \sqrt{\frac{2\pi}{\ln 2}} B_b \exp\left(-\frac{2\pi^2 B_b^2 t^2}{\ln 2}\right)$$

$g(t)$ 在时间上是无限的, 为了实现就必须将其截短, 所以对于 $B_b T_b = 0.3$ 的高斯滤波器, 取 $g(t)$ 的截断长度 $L T_b = 5 T_b$ 可以达到足够的精度。这也表明一个码元的波形是由前后2个和本时刻共5个码元的波形共同贡献而成的。在本文中选取抽样速率为每个比特8个样值, 每个样值量化为10个比特。

第一步就要设计好高斯滤波器。根据高斯滤波器的表达式, 借助MATLAB工具编写程序生成高斯滤波器的冲击响应。语句如下

```
for i=1:n
icon=i-mid;
ym=icon;
xh(i)=1/2*(-erf(sqrt(2/log(2))*pi*B*(ym/ipoint-1/2)/tr)+erf(+sqrt(2/log(2))*pi*B*(ym/ipoint+1/2)/tr));
```

生成的高斯滤波器的冲击响应系数如图1。

Column 1 through 8
0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0003 0.0009 0.0023 0.0064
Column 9 through 16
0.0118 0.0238 0.0447 0.0764 0.1288 0.1970 0.2834 0.3832
Column 17 through 24
0.4882 0.6876 0.8696 0.9735 0.9424 0.7236 0.4698 0.2876
Column 25 through 32
0.4682 0.3832 0.2834 0.1970 0.1288 0.0764 0.0447 0.0238
Column 33 through 40
0.0118 0.0064 0.0023 0.0009 0.0003 0.0001 0.0000 0.0000

图1 高斯滤波器的冲击响应系数

在程序中将设计好的冲击响应系数存入内存, 共40个值。

为了完成与冲击响应的卷积计算, 设计一个40位的数据数组与冲击响应系数一一对应。输入的数据先进行双极性转换, 然后进行8倍的过采样, 将数据依次送入到数据数组, 进行卷积运算, 输出得数先要根据AD器件的格式进行偏置, 然后用语句(int)()进行强制格式转换, 最后将数据送到串口发送寄存器, 在定时器的控制下依次将1个比特的8个值通过MCBSP发送到AD器件, 再经过低通滤波就可以得到基带的GMSK信号。

TMS320VC5509有4个定时器: 定时器0, 定时器1和定时器3以及看门狗定时器。定时器3用户不能用。而一个码元要8个离散值来表示, 所以定时频率设定为码元速率的8倍, 采用中断的形式发送, 每次中断发送一个值, 直到发送完当前码元时刻的离散值, 再发送后续码元数值。

(二) 解调的设计

相对与GMSK调制过程分为高斯调制预滤波和FM调制而言, 相应的解调过程分为FM解调和GMSK解调。FM解调完成调频信号到高斯波形的变换, 由FM接收机完成; 解调下来的高斯信号经过一个ADC后被转换为数字信号, 相对于直接调制法, GMSK解调采用多电平判决解调方法, 从数字化的高斯波形得到真正的数据, 由DSP完成。

在 $B_b T_b = 0.3$ 的情况下, 一个码元间隔内的GMSK信号主要受前后两个码元的干扰。本前后共8个不同的组合, 在判决一个码元间隔内的信号同时记录前一个和后一个码元的值, 这样一个码元宽度内的值被判决3次, 取其两次相同的结果作为最终的判决值, 这样即使有一次判错, 也可以得到修正。多电平判决电路框图如图2所示。

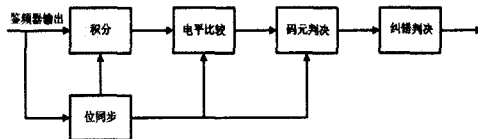


图2 多电平判决电路框图

判决电平的设置可以采样实验的方式得到, 在程序中设定发送发送从“000”到“111”, 利用CCS读取采样后的数据, 计算中间比特位的采样累加值, 记录下来, 根据这些实验得出的数据可以很容易的制作出判决电平。需要注意的是“100”和“001”, “110”和“011”, 因为码元对称, 对当前的码元的贡献是一样的, 所以积分值是几乎相同的。在进行判决时如果判决出上述两对数据, 则还要进行进一步处理。

“100”和“001”虽然对当前的码元的贡献是一样的,

【收稿日期】2009-04-03

【作者简介】臧威麟(1984—), 男, 江西南昌人, 桂林电子科技大学信息与通信学院硕士研究生, 研究方向为无线通信。

但是其采样值的变化趋势是不同的。“100”中的“1”在第1位，所以当前的码元时间的采样值是递减的。“001”中的“1”在第3位，所以当前的码元时间的采样值是递增的。“110”和“011”也为同样道理。所以在判决出上述两对数据时，再判断采样值的变化趋势，就可以正确进行解调。下面再介绍如何实现同步。

发送数据时先发送4个前导码“1100110011001100”，发送的波形在示波器上显示如图3，接收端A/D器件在每个码元时间间隔进行4次采样，只要对齐到3个“1100”就可以认为已经实现位同步，可以进入解调程序。

程序中设置一个16位的接收缓存区，也是一个FIFO，每次有数据进来就依次存入这个缓存区，再计算子窗能量，因为根据“1100”的基带形状，它的顶部的能量很高，这样就能和其它一些和它能量累加值接近的干扰波形区分开。



图3 前导码波形

当子窗能量达到预期的值后，就可以认为检测到了“1100”的波形，但是并不一定就对齐了时钟，因为一个码元时间间隔采样了4次，而判断的标准是累加的能量，所以相差了一两个时钟也有可能累加的能量上达到预期的门限，这样就造成了假同步，在后续的大量数据过来后，小的误差不断累积后会形成质的错误，直接导致判决的错误。

前导码波形有个特点就是形状对称，在检测到“1100”的波形后再在接收缓存区的第8位和第9位进行比较（第8位和第9位位于波形正中间，能量值最高），因为波形对称，所以第8位和第9位的采样值会比较接近，当它们的差值小于某一容限值时，就可以认为一个前导码波形完整的进入了接收缓存区，时钟也对齐，当判决到了连续的3个前导码时，就认定已经实现位同步，开始进入解调程序。其中门限的取值也可以通过进行大量的实验方式来得到，在程序中进行宏定义方便根据实际情况而进行修改。

(三) 实验检测

在发送程序中预先放入一帧数据：

{0xcccc, 0x7e45, ~0x1984, 0x0515, 0x9a23, 0x7341, 0x57b3, 0x1100, 0x987a, 0xbbac, 0x8293, 0xa320, 0x432a, 0x3~301, 0x4b3a, 0x11ab, 0x329a, 0x2031, 0x137e}; 其中0xcccc是用于同步的前导码。在DS03102A示波器观测波形如图4，



图4 基带波形

信号眼图如图5，



图5 基带波形眼图

另一块实验板作接收板，将判决后的数据保存，其对应的地址为0x0040AB，在CCS中查看其取值如图6，

```
0040AB: 4519 8405
0040AD: 159A 2373
0040AF: 4157 B311
0040B1: 0098 7ABB
0040B3: AC62 93A3
0040B5: 2043 2A33
0040B7: 014B 3A11
0040B9: AB32 9A20
0040BB: 3113
```

图6 解调数据

可见数据解调正确。

(四) 总结

本文讨论了一种基于TMS320C5509的全数字GMSK基带调制解调器的实现，并且得到了实验验证，具有实用价值。不难发现，改变冲击响应系数，该调制解调器还可以实现其它基带信号的调制和解调，具有一定的通用性。

【参考文献】

- [1] (美)Temas Instruments Incorporated .TMS320C55x DSP CPU Reference Guide[Z].
- [2] (美)Temas Instruments Incorporated .Setting Up TMS320 DSP Interrupts in C[Z].
- [3] (美)Temas Instruments Incorporated.TMS320VC55x 系列DSP的CPU与外设[M].彭启琮,武乐琴,张舰,等译.北京:清华大学出版社,2005.12.
- [4] 周炳磐,庞沁华,续大我.通信原理[M].北京:北京邮电大学出版社,2002:273.
- [5] 王喜成.一种窄带数字调制解调方式[J].西安电子科技大学学报,1998,25(3):337-340.

(上接第47页)

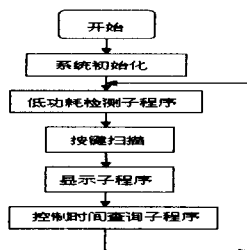


图3

(四) 结束语

本方案在喷泉工程的设计中，获得了预期的效果。工作

稳定可靠。本方案的特点是电路结构简单、控制灵活、工作稳定可靠且成本相对较低，特别适用于小型喷泉。本方案也便于功能扩展，因尚有不少需进一步的丰富和完善的功能设计。

【参考文献】

- [1] 李朝青.单片机原理及接口技术[M].北京航空航天大学出版社,2005.
- [2] 朱洪.如何提高单片机应用产品的抗干扰能力[J].电子世界,2001,(8).
- [3] 张长君,王连涛.单片机控制在音乐喷泉中的应用[J].计算机工程与设计,2006,(5).
- [4] 宏晶科技.STC12C5A60S2 系列单片机手册[S].