

# 基于 DSP Builder 的星座映射与解映射器设计

魏子元

(电子科技大学 电子工程学院, 四川 成都 610054)

**摘要:** 提出了一种基于中国地面数字电视广播传输标准的星座映射与解映射器的设计方法。使用 DSP Builder 的各种模块搭建系统, 并利用 Signal Compiler 生成 HDL 工程。在完成对所生成工程的优化后, 进行相关软硬件仿真验证。实现了 32QAM、16QAM 星座映射器与解映射器的设计、仿真, 并在利用 DSP Builder 进行 DSP 系统开发方面进行了深入的探索。

**关键词:** DSP Builder; DMB-TH; 星座映射; 解星座映射

中图分类号: TN929

文献标识码: B

## Design of constellation mapping and de-mapping based on DSP Builder

WEI Zi Yuan

(School of Electronic and Engineering, University of Electronic Science and Technology, Chengdu 610054, China)

**Abstract:** This article describes the design of constellation mapping and de-mapping model based on the Chinese digital terrestrial television broadcasting standard (DMB-TH). Using the DSP Builder blocks to build the system, and generate the HDL project with the signal compilers. After finishing the hardware customizing, complete the software and hardware simulation. In one hand, this article realizes the design of 32QAM and 16QAM constellation mapping and de-mapping, and also make deep explore in developing the DSP system based on DSP Builder.

**Key words:** DSP Builder; DMB-TH; constellation mapping; constellation de-mapping

在中国地面数字电视广播传输标准(DMB-TH)中, 星座映射在整个发送端的位置如图 1 所示, 它位于前向纠错编码之后, 其主要作用是: 提高系统的抗干扰能力; 将不同用途的信息映射为不同的星座图, 以便于接收端区别。前向纠错编码产生的比特流要转换为均匀的 nQAM(n: 星座点数)符号流<sup>[1]</sup>。DMB-TH 标准包含有 64QAM、32QAM、16QAM、4QAM 等星座映射方式。

传统使用 FPGA 的数字信号处理系统的设计, 首先

需要用仿真软件进行建模仿真, 得到预想中的仿真结果后, 使用硬件描述语言创建硬件工程, 再对硬件进行仿真。整个过程漫长而繁杂, 尤其困难的是由于仿真过程不够直观, 一旦遇到问题无法及时准确确定问题所在。随着业界引入了 Simulink 仿真开发工具, 虽然可以对数字系统进行直观的仿真, 但由于软件仿真仍然与硬件实现有很大的距离, 而最初只被用于软件仿真阶段。Altera DSP Builder 将 MATLAB 和 Simulink 系统级设计工

具的算法开发、仿真和验证功能与 Altera 开发工具整合在一起, 缩短了软件仿真与硬件实现之间的距离。DSP Builder 在算法友好的开发环境中可以帮助设计人员快速生成 DSP 设计硬件表征, 从而缩短了 DSP 设计周期。已有的 MATLAB

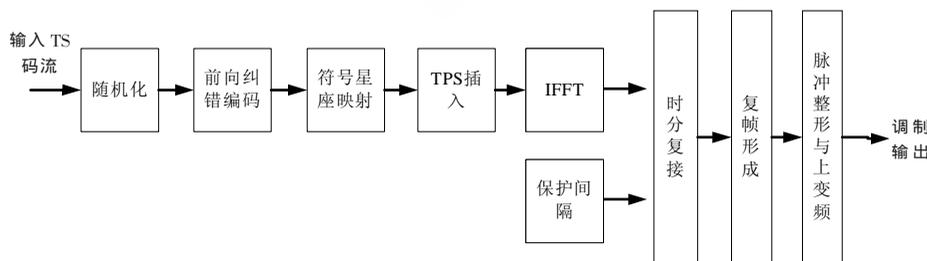


图 1 DMB-TH 发射端原理框图

函数和Simulink 模块可以和 Altera DSP Builder 模块以及 Altera 知识产权(IP)MegaCore®功能相结合,将系统级设计实现和 DSP 算法开发相链接。DSP Builder 支持系统、算法和硬件设计共享 1 个公共开发平台。

### 1 星座映射基本原理

一般载波信号的表达式为:

$$s(t) = A(t)\cos[\omega_c t + \phi(t)] = A(t)\cos\phi(t)\cos(\omega_c t) - A(t)\sin\phi(t)\sin(\omega_c t) \quad (1)$$

从式 (1) 中可以看出载波信号有 3 个特征分量: 幅度、频率和相位。因此, 如果对三者分别进行调制, 相应地可以得到幅度键控、频移键控和相移键控。如果对于幅度和相位进行联合调制称为正交幅度调制 QAM (Quadrature Amplitude Modulation)。其中  $A(t)\cos\phi(t)$  是同相分量(I 分量),  $A(t)\sin\phi(t)$  是正交分量(Q 分量)。如果分别以 I、Q 分量为横纵轴, 在直角坐标系中把符号映射后所代表的坐标点表示出来, 就可以得到星座图。QAM 调制是一种矢量调制方法, 首先将输入比特映射为星座点, 形成复数调制符号, 然后对符号的 I、Q 分量(对应复平面的实部和虚部, 也就是水平和垂直方向)采用幅度调制, 分别对应调制在相互正交(时域正交)的 2 个载波( $\cos \omega_c t$  和  $\sin \omega_c t$ )上。与幅度调制(AM)相比, 其频谱利用率将提高 1 倍<sup>[2]</sup>。QAM 是幅度、相位联合调制的技术, 它同时利用了载波的幅度和相位来传递信息比特, 因此在最小距离相同的条件下可实现更高的频带利用率。

对于 16QAM, 每 4 bit 对应于 1 个星座符号。前向纠错编码输出的 bit 数据被拆分成 4 bit 为一组的符号 ( $b_3b_2b_1b_0$ ), 星座点坐标对应的 I 和 Q 的取值为 -6、-2、2、6。其星座映射如图 2 所示。同理对于 32QAM, 每 5 bit 对应于 1 个星座符号, 如图 3 所示。FEC 编码输出的 bit 数据被拆分成 5 bit 为一组的符号 ( $b_4b_3b_2b_1b_0$ ), 星座点坐标对应的同相分量 I 和正交分量 Q 的取值为 -7.5、-4.5、-1.5、

1.5、4.5、7.5。

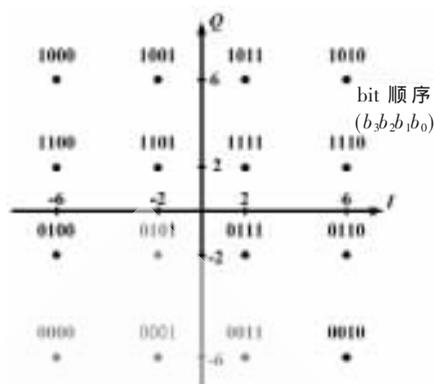


图 2 16 QAM 映射图

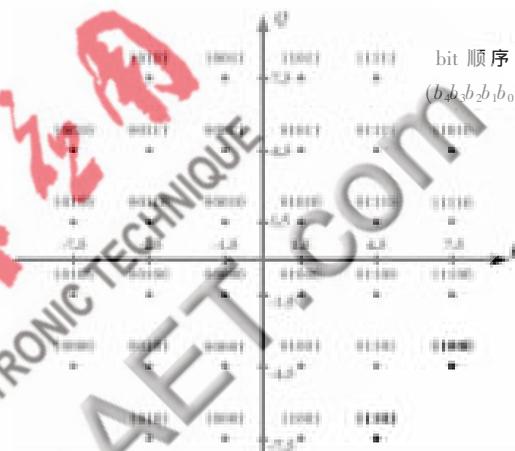


图 3 32 QAM 映射图

### 2 星座映射、解映射器的设计

#### 2.1 星座映射器设计

本文利用 DSP Builder 模块构建 16QAM 星座映射器, 如图 4 所示。首先将输入比特流信号经过串并转换为 4 bit 位宽的并行信号, 然后将此并行信号作为后

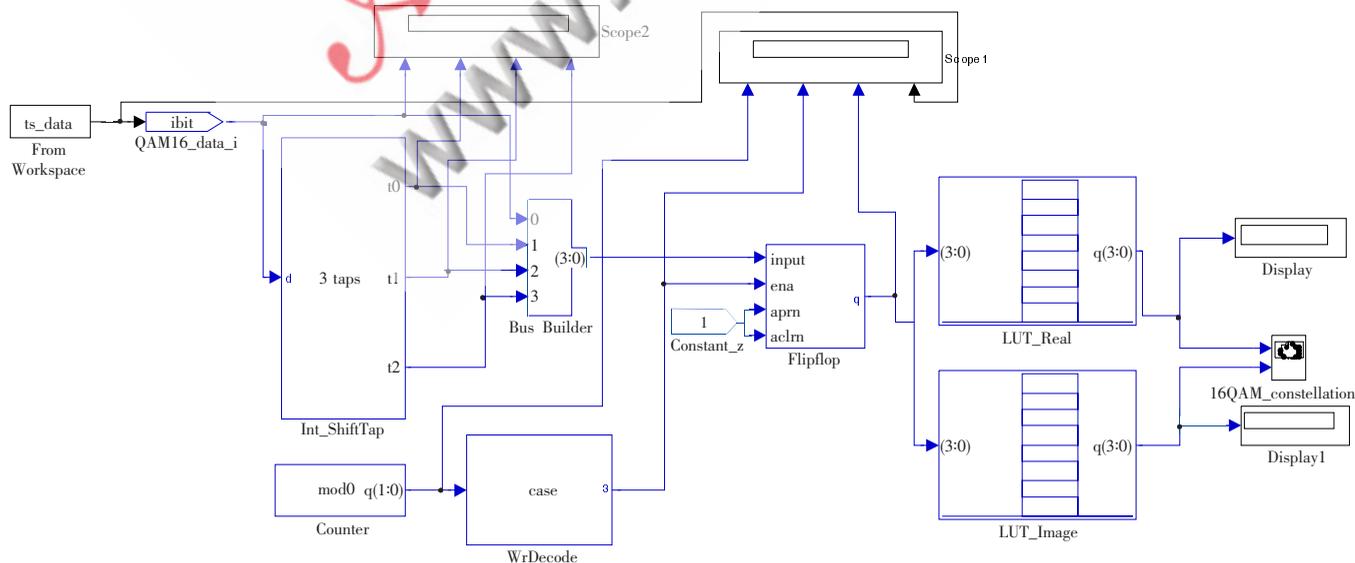


图 4 16 QAM 结构图

应用奇葩

Example of Application

面查找表的输入地址,通过地址的选择,输出对应图 2 中相应星座点的纵横坐标,分别作为 I、Q 信号,共 8 bit,完成星座映射<sup>[3-4]</sup>。

经过仿真绘制出星座点图,如图 5 所示,可以很清楚地分辨出有 16 个星座点。通过改变图 4 中串并变换模块位宽以及查找表模块的内容,可得 32QAM 星座映射图,如图 6 所示。4QAM 和 64QAM 的原理与之类似,故不复述。

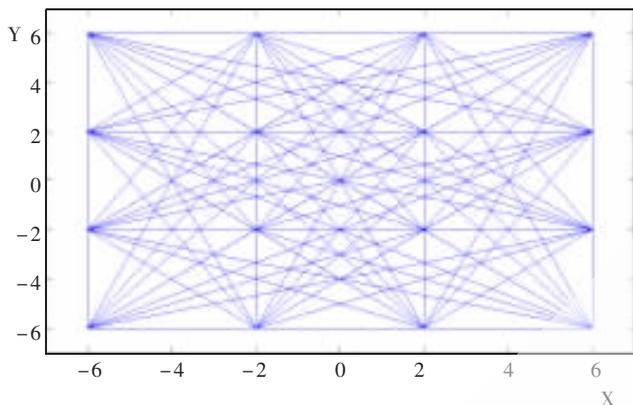


图 5 16 QAM 星座映射仿真图

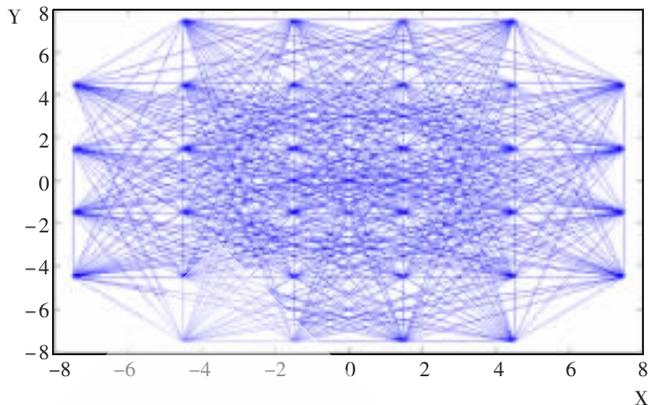


图 6 32 QAM 星座映射仿真图

2.2 解星座映射器设计

16QAM 解星座映射器结构如图 7 所示,系统输入端每次输入 1 个 8 bit 的并行数据,高 4 位为 I 数据,低 4 位为 Q 数据。考虑到信道中的干扰可能会使星座点在原有位置上发生偏移,所以需要首先将 I、Q 数据进行纠偏,使其恢复到原有位置。随后将恢复出的各 4 bit I、Q 数据分别作为横纵坐标,在星座映射图中找到对应的星



图 7 16QAM 解星座映射器结构图

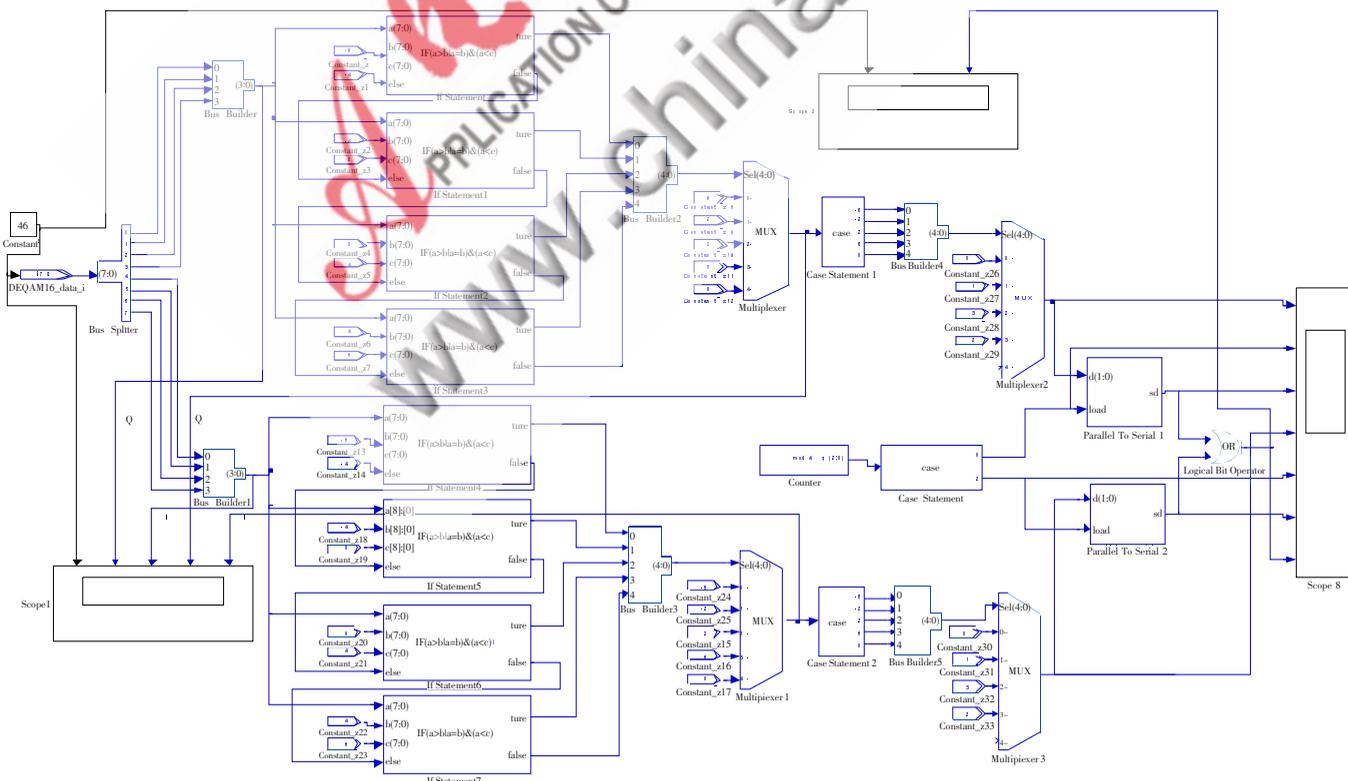


图 8 解交织器原理框图

(下转第 31 页)

Microsoft ActiveX Data Objects 2.0 Library, 将 Adodb 控件添加到程序的图形界面上。在程序中使用 Dim 语句给数据库中的每个对象创建对象变量。如下:

```
Private objConn As Adodb.Connection
Private objRec As Adodb.Recordset
Dim strconnectionstring As String
    然后指明对象变量:
strconnectionstring = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data
Source=I:\Tempdata.mdb" '指明数据源
Set objConn = New Adodb.Connection 'Connection 对象
    '描述了到数据源的物理连接
objConn.Open strconnectionstring '打开一个数据源连接
Set objRec = New Adodb.Recordset '通过 Recordset 对
    '象可对几乎所有数据进行操作
objRec.Open "Data_SN", objConn, adOpenKeyset, adLock-
Pessimistic '打开数据库中的 Data_SN 表
将测得的数据存入数据库中的 Data_SN 表中
With objRec
    .AddNew '向表中增加新的数据
    ! SN = sn(i) '输入序列号
    ! Model = model '输入机种号
    If mark(i) = "FAIL" Then '输入产品测后状
        '态(好、坏)
        ! Passed = False
    Else: ! Passed = True
    End If
    .Update
End With
objRec.Close '存储完后关闭表 Data_SN
objConn.Close '关闭数据库连接
Set objRec = Nothing
```

(上接第 27 页)

座点, 并将其代表的 4 bit 二进制数据串行输出, 完成整个解星座映射过程<sup>[5]</sup>。

利用 DSP Builder 模块, 构建 16QAM 解星座映射器, 如图 8 所示。最后进行仿真, 得到 16QAM 星座映射仿真结果, 如图 9 所示。仿真中使用测试数据为 174, 二进制表示为 10101110, 将其分解为 I, Q 数据分别是 -6、-2。对应 16QAM 星座映射图上的点为 0100, 所以仿真周期输出 0100 二进制编码。

本文使用一种有别于传统方法的开发方式, 实现了基于 DMB-TH 标准下的星座

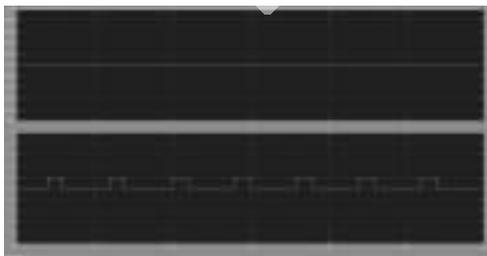


图 9 解交织器仿真图

Set objConn = Nothing

### 3.4 检测结果判定

采用式(1)计算实际频率的偏差值(ppm), 式中  $f_0$  为试样规定中心频率。

$$D = |f - f_0| \times 10^6 \quad (1)$$

按照式(1)计算各个温度点间频率的漂移是否超限。当漂移在允许范围内, 继续进行有效效应测试。实际测量时也可以采用如下的方法:

(1) 对应不同温度(电压)检测出对应的频率  $f_1, \dots, f_n$ ;

(2) 找出其中最大值  $f_{MAX}$  和最小值  $f_{MIN}$ ;

(3) 计算  $\tilde{D}, \tilde{D} = |f_{MAX} - f_{MIN}| \times 10^6$ ;

(4) 用  $\tilde{D}$  代替 D 判断是否超限。

利用程控仪器搭建虚拟温控测试平台来测试不同温度环境下产品频率, 通过网络将数据汇总于网络上的数据库服务器。直观地展示了测试结果, 并便于数据查询。这种方法改变了以往繁琐的手动设置温度、测量和读数、计算过程, 既节省了测试时间, 又提高了测试测量的精度, 使整个测量过程变得方便、快捷、准确、可靠。

### 参考文献

- [1] 高益, 刘刚, 于军, 等. 微机控制 OXCO 测温电路的设计与分析[J]. 压电与声光, 2006, 28(1).
- [2] 于英民, 于佳. 计算机接口技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [3] PAUL Oh. 8255 PPI IBM PC interface card[EB/OL]. <http://www.boondog.com/tutorials/8255/8255.htm>. 2000.
- [4] 郑阿奇, 曹戈. Visual Basic 实用教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [5] 李兰友. Visual Basic 程序设计教程[M]. 天津: 天津大学出版社, 2004.

(收稿日期: 2009-06-09)

映射器与解映射器的设计及仿真。与传统方法相比, 具有开发效率高、仿真过程容易、测试过程直观等优点, 并具有很高的工程使用价值。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会 GB 20600-2006. 中华人民共和国国家标准数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [2] Altera. DSP Builder reference manual [EB/OL]. <http://www.Altera.com>, 2009.
- [3] 徐孟侠. 对中国地面数字电视广播传输标准的注解和评论[J]. 电视技术, 2007(4): 2-9.
- [4] Altera. DSP Builder user guide [EB/OL]. <http://www.Altera.com>, 2009.
- [5] 张拥军, 赵雪峰, 朱维乐. 基于 FPGA 平台的 DVB-T 发射端的实现[J]. 电视技术, 2004(11): 3-6.

(收稿日期: 2009-06-09)