第21卷 第3期 空 间 科 学 学 报 Vol.21, No.3
2001 年 7月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE July, 2001

风云二号 B 星原始云图中频模拟器

张 炜 潘长勇 杨知行
(清华大学电子工程系 北京 100084)

摘 要

为了配合风云二号 B 星原始云图解调器的研制，制作了相关的卫星信号的中频模拟设备．该中频模拟器由突发数据源，噪声源和调制器三部分组成，介绍了其系统原理和各单元实现．

关键词 风云二号 B 星—中频模拟器—突发数据源—调制器

1 概 述

风云二号 B 星 (以下简称 FY-2B 卫星) 是我国自行制造和发射的第 2 颗地球同步轨道气象卫星，可全天候对地球进行连续的气象监视．它的主要功能是对地观测，每小时获取一次对地观测原始云图，并可根据需要连续对地进行观测．

在中国气象卫星数据接收地面站 (CDAS) 风云二号应用双星管理扩建系统工程中，清华大学电子工程系负责承制 FY-2B 卫星的原始云图数据传输系统地面接收设备，同时为了配合解调器的研制工作，研制相应的调制器和噪声源．在解调器研制过程中，为了模拟 FY-2B 卫星的数据突发信号，研制了与星上原始云图数据兼容的突发数据源．

2 原始云图中频模拟器的系统组成

中频模拟器的系统构成如图 1 所示．

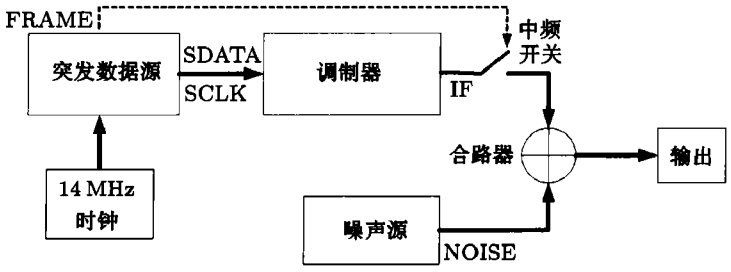


图 1 中频模拟器系统构成
Fig.1 System construction of IF simulator

2000-10-26 收到原稿， 2001-05-08 收到修定稿

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

中频模拟器由突发数据源、调制器和噪声源三部分构成. 突发数据源利用系统提供的 14 MHz 时钟，产生 14 Mb/s 的突发数据及时钟，同时提供数据帧指示信号 FRAME 来切换中频开关，形成突发信号. 调制器对突发数据进行差分编码，然后使用 BPSK 或指定的 QPSK 调制方式，将信号调制到 70 MHz 中频上. 噪声源模拟信道中的加性白高斯噪声 (AWGN), 在 (70±20)MHz 的带宽内产生平坦的、功率可变的噪声. 中频信号和噪声在合路器中合成，形成最后的输出.

3　突发数据源

原始云图数据帧格式如图 2 所示.

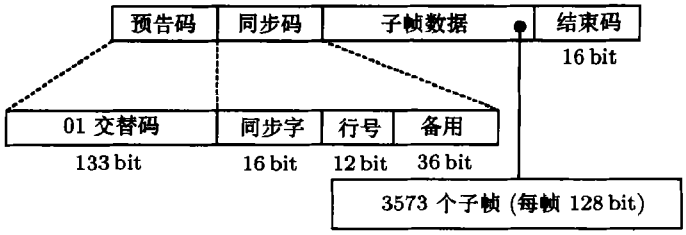


图 2　原始云图数据帧格式
Fig.2　Data frame format of original nephogram

FY-2B 卫星的数据以 14 Mb/s 的速率向地面传输，每帧持续时间约为 42 ms, 周期约为 600 ms. 鉴于数据帧的这种特殊格式，为了真实模拟卫星信号，在考虑到硬件设计的复杂性的基础上，我们采用硬件存储器存储一帧数据，将它周期地循环发送. 数据源的框图如图 3 所示.

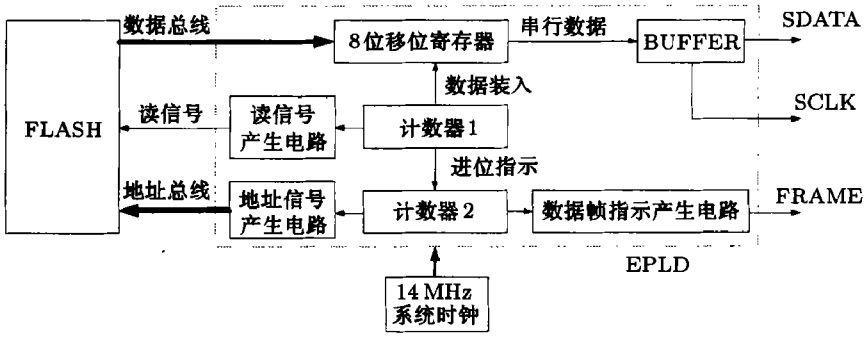


图 3　突发数据源
Fig.3　Burst data source

首先通过编程，生成一帧原始云图数据，将它以字节文件的格式存入大容量 FLASH 中. 计数器 1 产生字节读信号，同时控制移位寄存器并行装入字节数据后，以 14 Mb/s 的

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

速率串行移出. 计数器 2 根据计数器 1 的进位指示计数，产生累加的字节地址，同时根据计数值给出数据帧指示信号. 当计数器 2 计满 600 ms 之后，重新从 0 地址开始计数，这样就实现了数据帧的周期发送. 这些复杂的逻辑功能都在一片大规模可编程门阵列器件中实现. 在电路设计中我们采用了 EPLD 来完成数字电路功能，使用 EPLD 可以大大简化电路设计复杂性，提高可靠性，同时它可以在线编程，使得调试非常方便. EPLD 除了具有可现场编程的特点之外，由于 EPLD 的结构不同于 FPGA, 具有较好的时延特性 [3].

4 调制器

调制器包括以下单元：输入接口和串并转换， BPSK/QPSK 差分编码单元，电平转化单元，中频正交调制模块. 组成如图 4 所示.

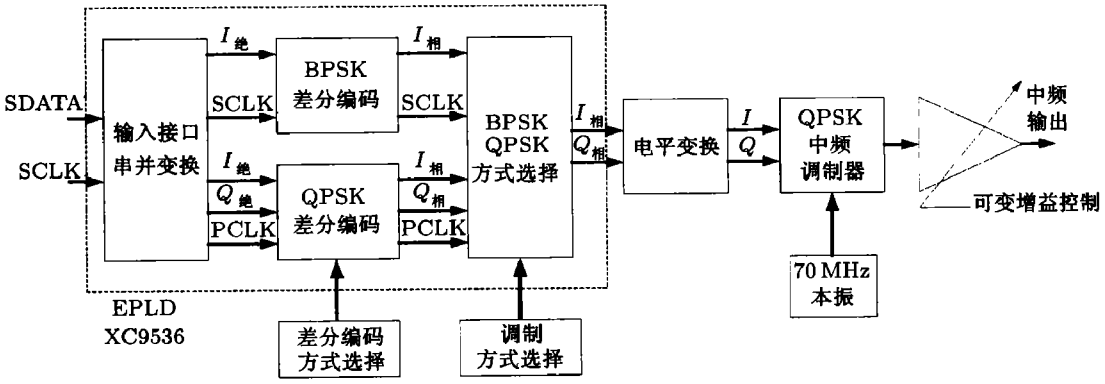


图 4 调制器
Fig.4 Modulator

4.1 输入接口和串并转换

输入接口接收从突发数据源传输的信号, 完成对输入数据的驱动和再采样. 对于 QPSK 调制方式，要对串行输入的数据进行串并转换，形成 I 、 Q 两路并行数据.

4.2 BPSK/QPSK 差分编码单元

为了克服移相键控 (PSK) 调制带来的载波相位含糊度，一般要在发端调制前进行差分编码，在收端解调后进行差分解码 [1].BPSK 的差分编码逻辑比较简单，采用延时模二和的方法实现. QPSK 的格雷码差分编码有 8 种不同方式，可以用 3 比特信号 $S_1S_2S_3$ 分别控制 I 和 Q 反相、 I 和 Q 交叉的选通来实现. 由于逻辑比较复杂，考虑到在速率较高时门延时的影响，电路中采用了流水线结构，在关键路径中插入寄存器，这样就缩短了累积延时，提高了工作速度.

格雷码的差分编码逻辑为

$$\begin{aligned} I_{相}(n) =& \overline{I_{相}(n-1)} \cdot \overline{Q_{相}(n-1)} \cdot I_{绝}(n) + \overline{I_{相}(n-1)} \cdot Q_{相}(n-1) \cdot Q_{绝}(n) + \\ & I_{相}(n-1) \cdot Q_{相}(n-1) \cdot \overline{I_{绝}(n)} + I_{相}(n-1) \cdot \overline{Q_{相}(n-1)} \cdot \overline{Q_{绝}(n)}, \end{aligned}$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$Q_{相}(n) = \overline{I_{相}(n-1)} \cdot Q_{相}(n-1) \cdot Q_{绝}(n) + \overline{I_{相}(n-1)} \cdot Q_{相}(n-1) \cdot \overline{I_{绝}(n)} +$$
$$I_{相}(n-1) \cdot Q_{相}(n-1) \cdot \overline{Q_{相}(n)} + I_{相}(n-1) \cdot \overline{Q_{相}(n-1)} \cdot Q_{绝}(n).$$

为了完成 BPSK/QPSK 调制方式的选择，由一个调制选择方式开关控制从编码单元送入调制单元的数据. 在 QPSK 调制时将 I 路和 Q 路送入调制器的 I 路和 Q 路. 对于 BPSK 调制，只需将同样的一路串行数据送入 I 、 Q 两路即可.

以上两个单元的功能都在一片中规模可编程门阵列器件 EPLD 中实现.

4.3　电平转化单元

电平转换单元将 EPLD 输出的 TTL 信号转换为双极性信号，并调整到合适的幅度，送到后面的调制器.

4.4　中频正交调制模块

模块中的本振采用高频泛音晶振，产生正交乘法器需要的中频载波，

中心频率：　70 MHz;

频率稳定度：优于 3×10^{-6};

输出电平：　3 dB.

QPSK 中频调制器采用美国专业厂家生产的芯片，芯片完成本振移相、 PSK 调制的正交乘法和信号合路的功能，性能指标如下：

中心频率：　70 MHz±7 MHz;

本振电平：　3 dB;

L_0 阻抗为 50 Ω.

幅度不平衡度：典型 ±0.5 dB, 最大 ±1 dB;

相位不平衡度：典型 ±2°, 最大 ±3°.

其调制逻辑为格雷码：[2]

DATA I, Q	相位 (°)
0, 0	0
1, 0	−270
1, 1	−180
0, 1	−90

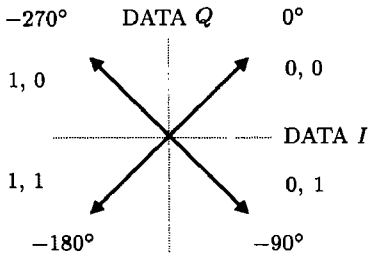


图 5　调制逻辑
Fig.5　Modulation logic

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

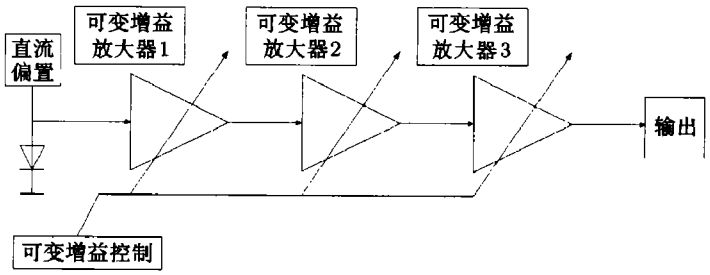


图 6 噪声源
Fig.6 Noise source

5 噪声源

为了便于在现场测试系统的误码性能，在调制器的输出中频信号上叠加噪声. 噪声产生的方法是对一个二极管的输出噪声信号进行放大，直到放大到需要的功率. 噪声源的输出通过一个合路器叠加到输出中频信号上. 噪声源的输出功率的大小可以通过控制可变增益放大器的增益来调节，调节范围约 20 dB.

6 测试结果

2000 年 7 月 3 日在 CDAS 站现场对调制器进行了测试，主要指标如下：

调制方式： QPSK(8 种任意可选的 QPSK 差分编码) 、 BPSK;

输入调制信号：基带速率 1—20 Mb/s;

输出信号电平： −40—0 dB;

噪声电平调节范围：优于 20 dB.

7 结束语

经过 3 个月的研制和调试， 1999 年 12 月 FY-2B 卫星测试调制器的模型样机完成，经过测试所有指标均满足合同要求，为解调器的研制打下了坚实的基础. 正样设备完成后，在 2000 年 4 月投入现场使用，并于 7 月 3 日通过现场测试. 目前该设备已经通过试运行，并交付 CDAS 北京站使用.

致谢 在测试调制器研制的过程中，得到了国家卫星气象中心有关领导和工作人员的大力支持和热情指导，在此谨表示衷心的感谢.

参 考 文 献

[1] 姚彦等. 数字微波中继通信工程. 北京：人民邮电出版社， 1990. 253—256
[2] 曾志刚，钱亚生. 现代通信原理. 北京：清华大学出版社， 1992. 282—283
[3] Xilinx Databook. California: Xilinx Com., 1999. 3-23-3-26

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ORIGINAL NEPHOGRAM IF SIMULATOR FOR FY-2B SATELLITE

ZHANG Wei PAN Changyong YANG Zhixing

(*Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing* 100084)

Abstract

This paper introduced the original nephogram IF simulator for FY-2B Satellite. There are three parts in this device: burst data source, noise source and modulator. Theory and construction of each part is introduced in detail. This device has already been field tested and now using in the Command and Data Achieve Station of the satellite.

Key words FY-2B satellite, IF simulator, Burst data source, Modulator

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com