

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.06.021

# GPS 码跟踪中 C/A 码的复现

张望全, 黄勇, 康嵩山

(西华大学 电气信息学院, 四川 成都 610039)

**摘要:** 对 C/A 码复现的原理、实现方法进行介绍, 给出总体设计思路和工作时序图。阐述 GPS C/A 码复现器的实现方法, 并进行仿真分析。分析表明, 该方法可以根据码相位偏移量和卫星 PRN 号产生准确的 GPS C/A 码信号。该研究对 GPS C/A 码同步方法和 P 码以及卫星通信的相关研究有一定的参考依据。

**关键词:** GPS; C/A 码; 码复现

**中图分类号:** P228.4 **文献标识码:** A

## C/A Code Replication in GPS Code Track

ZHANG Wang-quan, HUANG Yong, KANG Song-shan

(School of Electrical & Information, Xihua University, Chengdu 610039, China)

**Abstract:** Introduce the principle and implementation method of C/A code replication, propose the general design idea and gives the working timing diagram. It expounds the way to implement the GPS C/A code replicator, then simulation and analysis is done. The analysis shows that it can generate exact GPS C/A code according to C/A code phase shift and GPS PRN number. The research makes certain reference basis for the related research of GPS C/A code synchronization, P code and satellite communications.

**Keywords:** GPS; C/A code; Code replication

### 0 引言

GPS 在跟踪卫星信号时, 必须复现由接收机捕获的卫星发射 PRN 码<sup>[1]</sup>, 并根据捕获过程所传递过来的码相位偏移量等参数调整 GPS 接收机复现码发生器的瞬时相位, 使之与所希望的卫星的码相位保持最大相关度, 实现码同步过程。故详细阐述了一个能依据 GPS 卫星 PRN 号和码相位偏移量准确复现 C/A 码的方案。

### 1 总体设计

C/A 码复现器总体设计思路如图 1。C/A 码复现器由三大基本功能模块组成: FTF 计数器模块、码设定模块和 C/A 码产生器模块。其中, FTF 计数器为接收机时钟计数器, 周期为 20 ms, 复位后即

开始计数; 码设定模块, 根据输入参数产生设定信号控制 C/A 码产生的初始时刻; C/A 码产生器模块, 产生 GPSC/A 码。

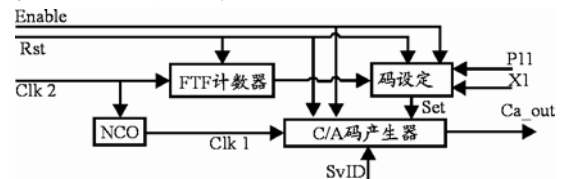


图 1 C/A 码复现器总体设计框图

C/A 码复现器的工作时序如图 2, Clk2、Clk1 分别为采样时钟和 C/A 码产生器驱动时钟; Rst 和 Enable 分别为复位和使能信号; FTF\_CNT 为 FTF 计数器计数值; SvID 和 X1 分别为卫星 PRN 号和码相位偏移量; P11 为码跟踪环锁定指示信号; Set 为码设定信号; Ca\_out 为 C/A 码输出。Rst 信号为低

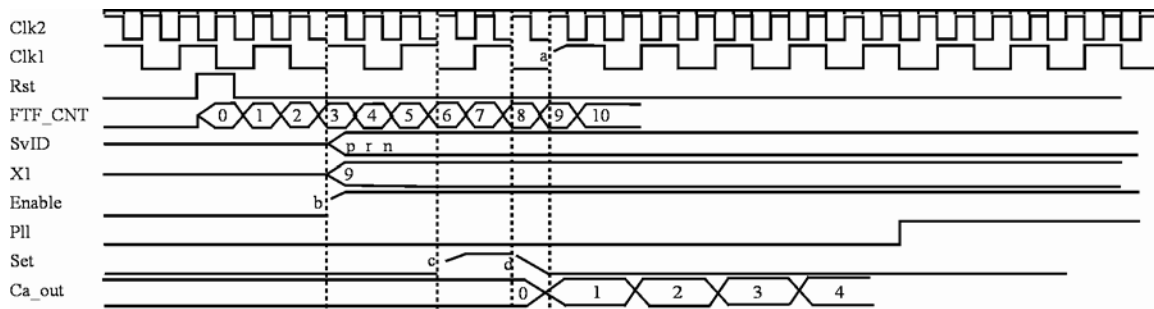


图 2 C/A 码复现器工作时序图

收稿日期: 2010-01-04; 修回日期: 2010-03-17

基金项目: 西华大学基金项目 (200720905)

作者简介: 张望全 (1985-), 男, 湖南人, 硕士, 从事 GPS 基带信号处理研究。

电平时, FTF 计数器 (20 ms) 开始计数; 在 Rst 信号为低电平且 Enable 为高电平时, 获取卫星 PRN 号和码相位偏移参数 X1, 并根据 X1 计算好所需的等待时钟周期数, 等待相应时间则驱动 Set 信号为高电平 (维持一个 C/A 码时钟周期) 开始生成 C/A 码序列。

## 2 C/A 码复现原理

### 2.1 C/A 码的生成<sup>[1-2]</sup>

C/A 码为 Gold 码, 其产生器原理如图 3。首先由 2 个 10 位的移位寄存器 G1、G2 产生出 2 组伪噪声 (PN) 码, 而后将这 2 组 PN 码异或, 就得到 C/A 码序列。G1、G2 的初始状态均为全 1 状态, 产生 1 023 个码片后自动回到初始状态。其中 G1 的抽头是固定的, 而 G2 的抽头根据不同的卫星 PRN 号而不同, 这样就产生了许多组不同的 C/A 码, 依靠卫星 PRN 号来区别彼此。

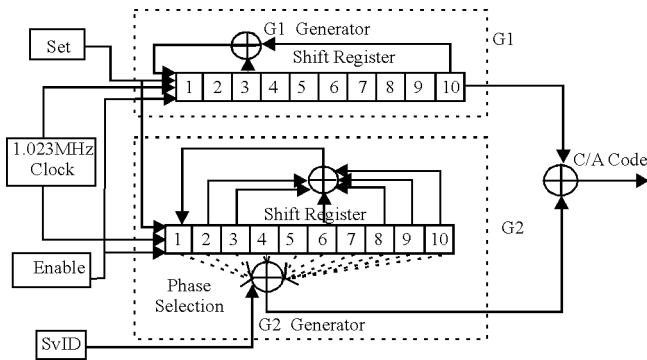


图 3 C/A 码产生器原理图

### 2.2 C/A 码的设定

为保证码生成初始时刻的正确性, 需要对 C/A 码进行设定<sup>[1]</sup>。针对 C/A 码设定的方案主要包括:

1) 因为 C/A 码是短码, 最直观的做法就是建立一个码相位与 C/A 码输出值的对照表, 根据需要从中查找出与此时对应的 C/A 码后输出, 因为 C/A 码的速率只有 1.023 MHz, 故完全可以实现;

2) 因为 C/A 码为短码, 可以建立一个码相位与 G1、G2 寄存器状态的对照表<sup>[2]</sup>, 在给定要求时, 从这个对照表中查找出 G1、G2 寄存器的状态, 对 G1、G2 进行设定, 而后就可以输出以该时刻为初始时刻的 C/A 码了;

3) 结合 C/A 码产生的原理, 将设定状态缩小为 2 个状态: 初始状态 (全 1 状态) 和中间状态 (C/A 发生器在第 512 码片时的状态)<sup>[1,3]</sup>, 即: 设定器在

任意给定时刻要么将 G1、G2 设定为初始状态, 要么将 G1、G2 设定为中间状态;

4) 结合 C/A 码产生的原理, 将设定状态缩小为一个状态: 初始状态 (全 1 状态), 即: 设定器在任意给定时刻将 G1、G2 设定为初始状态;

通过比较, 第 1 种方法和第 2 种方法可以分为一类, 即实时同步输出设定后的 C/A 码序列, 但需要额外的存储空间; 第 3 种方法和第 4 种方法不能同步生成, 而是要等到 C/A 码到达下一个初始状态或中间状态时才完成同步, 之前要等待一段时间, 这个等待的最长时间对第 3 种方法来说, 有:

$$t_{wmax} = \frac{511}{1.023 \text{ MHz}} = 499.51 \mu\text{s} \quad (1)$$

对第 4 种方法来说, 有:

$$t_{wmax} = \frac{1022}{1.023 \text{ MHz}} = 999.02 \mu\text{s} \quad (2)$$

这样, 很可能是初始时刻设定信号到来后的一段时间内, C/A 码的输出跟实际码序列不符, 这是其最大的缺点, 但是这两种方法不需要额外存储空间。同时, 因为 P 码无法使用第 1 种和第 2 种方法来设定, 只能使用后两种方法, 故生成的 GPS 信号总会有一定的误码时间, 因而 C/A 码采用第 3 种和第 4 种设定方法是完全可行的。根据比较, 采用第 4 种设定方法。

## 3 C/A 码复现实现

### 3.1 I/O 端口设计

设计 C/A 码生成器的输入输出端口, 其列表如表 1。

表 1 C/A 码复现器 I/O 表

端口名称	I/O	位宽	取值	复位输出	功能
Clk2	IN	1	0,1		采样时钟
Clk1	IN	1	0,1		C/A 码产生驱动时钟
Rst	IN	1	0,1		复位信号
Enable	IN	1	0,1		使能信号
Pll	IN	1	0,1		码跟踪环路锁定信号
SvID	IN	6	1-37		卫星 PRN 号
X1	IN	16	0-1 023*N		码相位偏移量, 即初始时刻设定字
Ca_out	OUT	1	0,1	0	C/A 码输出
Set	OUT	1	0,1	0	设定信号, 控制码设定开始时刻

系统工作时钟为采样时钟, C/A 码产生的驱动时钟 Clk1 为 1.023 MHz, 由采样时钟 Clk2 分频得。

Enbale 信号：接收机开机复位后，需要一定的时间才能捕获 GPS 信号。用 Enable 信号表示 GPS 接收机跟踪环路开始实时处理捕获过程传递过来的参数的时间。捕获过程完成，准备传递参数，Enable 信号变高，开始传递参数。

PII 信号的特点是：默认为低电平，GPS 码跟踪环路锁定（即码同步完成）即送出高电平信号，显然，环路锁定一定是码设定后的过程（即 Set 信号为高后）。采用该信号来表示 GPS 接收机由于信号极弱导致环路失锁的情况。

C/A 码根据 PRN 号不同而选择不同的 G2 抽头，故需要接收 PRN 参数，而 PRN 号共有 37 个，设计中采用 6 位信号线 SvID 接收此参数。

为完成 C/A 码的设定，需要获取码相位偏移量参数，这个参数决定了 C/A 码设定为初始状态的时刻，也可称之为初始时刻设定字。一个 C/A 码周期含有 1 023 个码片，一个 C/A 码码片中含有  $N=Clk2/Clk1$  个采样点，故初始时刻设定字可根据 C/A 码片序号及采样点数的关系来定义。设计中采用 16 位信号线 X1 接收此参数。

将 Set 信号作为输出信号，默认为低电平，一旦 Set 信号被驱动为高电平，C/A 码 G1、G2 寄存器就设定为初始状态，C/A 码生成器开始生成码序列。Set 信号被驱动为高电平与 C/A 码 G1、G2 寄存器设定为初始状态是同步的，Set 信号属于内部信号，此处输出是供测试所用。

### 3.2 仿真验证<sup>[4]</sup>

由于 C/A 码结构简单，故只要设定 SvID 和 X1，其设定后的结果符合 C/A 码序列即可。因为 PII 信号跳为高电平要在 Set 信号之后，所以要设置好才能反映真实情况。

C/A 码产生器仿真结果如图 4，其中信号从上到下依次为 Clk2、Clk1、Rst、Enable、SvID、X1PII、Set、移位寄存器 G1 和 G2 的状态，FTF 计数器计数值，Ca\_out。

仿真条件为：Clk2 周期为 20 ns，Clk1 周期为 60 ns（为简便起见，Clk1 未设置为 1.023 MHz）；SvID=2，X1=40，Rst 信号在 15 ns 有效后无效，在 40 ns 时得到第一个 Rst 无效时的 Clk2 上升沿；Enable 在 48 ns 变为有效，在 60 ns 得到第一个 Enable 有效的 Clk2 上升沿；PII 在 1 μs 变为高电平。

仿真结果为：720 ns 时得到第一个 Set 信号有效的上升沿，随即把 G1、G2 寄存器设定到初始状态，840 ns 时正确输出 C/A 码。

仿真结果分析：从复位后（Rst 后的第一个时钟上升沿，40 ns）到正确输出 C/A 码（840 ns），其中时间间隔为 800 ns，考虑到时钟周期为 20 ns，故历时 40 个采样时钟周期，恰好等于设定的码偏移量。结果显示从 FTF 计数器计数值 40 开始（光标处）输出结果的前 10 位为  $1110\ 010\ 000_2 = 1\ 620_8$ ，验证无误。

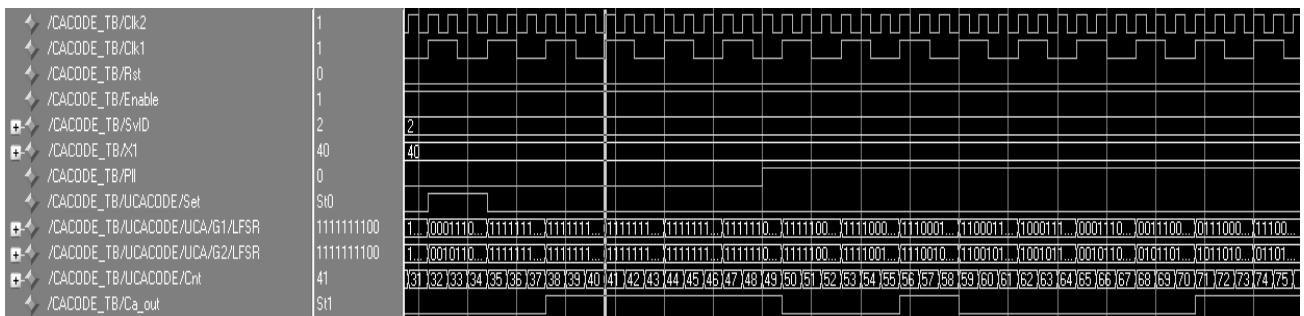


图 4 C/A 码复现器仿真结果

## 4 结论

详细介绍了 C/A 码产生器设定初始时刻的方法，并运用 Modelsim 进行了仿真。该研究对 GPS C/A 码同步方法的研究和 P 码以及卫星通信的相关研究有一定的参考价值。

### 参考文献：

[1] Elliott D. Kaplan. UNDERSTANDING GPS Principles and Applications[M]. 邱致和, 王万义 译. 北京: 电子工业

出版社, 2002.

[2] 阮芳, 潘成胜. 基于 FPGA 的 GPS C/A 码仿真器的设计与实现[J]. 沈阳理工大学学报, 2008, 27(2): 1-5.  
 [3] Lei Dong. IF GPS Signal Simulator Development and Verification[D]. CALGARY, ALBERTA: University of Calgary, 2003.  
 [4] 王诚, 吴继华. Altera FPGA/CPLD 设计(基础篇)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.  
 [5] IS-GPS-200. NAVSTAR GPS Space Segment /Navigation User Interface(Revision D)[S]. U.S.A: ARINC Engineering Services, EI Segundo CA, 2004.