

基于 C8051F340 控制的 TD 直放站控制方案设计

周业平¹, 邓文浪¹, 周常青²

(1. 湘潭大学信息工程学院, 湖南 湘潭 411105;

2. 深圳市湘资科技有限公司, 广东 深圳 518129)

摘要: 介绍一种基于 C8051F340 快速单片机控制的直放站设计;采用 GPS 同步法,按时隙功率控制,自动增益控制 AGC 环路,系统的非线性指标良好、抗干扰性强、可靠性高。比以功率检测的同步方法和基于特征窗搜索的同步方法实现简单,应用范围更广,可用于任何无线直放站应用场合,特别适用于干放及无线射频交换场合。

关键词: 3G; TD-SCDMA; 直放站; 同步和切换; DWPTS; 按时隙功率控制

中图分类号: TP274

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)12-0022-04

Design of TD-SCDMA repeater system based on the control of C8051F340

ZHOU Ye Ping¹, DENG Wen Lang¹, ZHOU Chang Qing²

(1. College of Information Engerning, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China;

2. Shengzhen Xiangzi Technology Company, Shengzhen 518129, China)

Abstract: This article introduces a design of repeater based on the controlling of C8051F340, using GPS synchronization method, power control according to the timeslot, automatic gain control loop;and the nonlinear indices of repeater are good, and strong anti-interference, high reliability. It is easier to design than using power detection methods or using feature-based search windows to achieve synchronization method, and is a wider range of applications than other design. It can be applied to any wireless repeater's applications ;especially, apply to the main (or trunk) line to amplify and RF's exchange occasions.

Key words: 3G; TD-SCDMA; repeater; synchronization and handover; DWPTS; power control according to the timeslot

近几年,第三代移动通信(简称 3G)已经在全世界得到蓬勃发展。WCDMA, CDMA2000 两种制式已经在国内外很多商用网和预商用网中得到广泛应用。中国提出的第三代移动通信标准 TD-SCDMA (时分同步码分多址)也开始商用。中国信息产业部电信研究院于 2008 年制定了 TD-SCDMA 直放站系统指标;TD-SCDMA 直放站的设计与应用正在进行中^[1];目前国内研究主要以功率检波以及特征窗搜索实现同步法的研究设计。现在, GPS 接收模块日趋成熟与稳定,能提供精确的秒脉冲波,且实现算法简单。本文介绍一种以 GPS 同步法的 TD-SCDMA 直放站设计方案,以 C8051F340 做为控制芯片。

1 TD-SCDMA 基本特点介绍

TD-SCDMA 的码片速率为 1.28 Mb/s 扩频;带宽约为 1.6 MHz。采用不需配对频率的 TDD(时分双工)工作方式。TD-SCDMA 物理信道用 4 层结构:超帧、无线帧、子帧和时隙/码。一个超帧长 720 ms,由 72 个无线帧组

成,每个无线帧长 10 ms。TD-SCDMA 将每个无线帧分为两个 5 ms 的子帧,每个子帧由长度为 675 μ s 的 7 个主时隙和 3 个特殊时隙组成。3 个特殊时隙分别是下行导频时隙(DwPTS, 75 μ s)、上行导频时隙(UpPTS, 125 μ s)和保护时隙(G, 75 μ s)。在这 7 个主时隙中,TS0 总是分配给下行链路,而 TS1 总是分配给上行链路。TD-SCDMA 系统的帧结构如图 1 所示。

2 TD-SCDMA 直放站系统原理图

由硬件功能图可知,①从上、下行射频放大通道,通过信号功率耦合器,分别各取一路信号采集作为功率控制电路的参考电压信号;通过 C8051F340 的 ADC 模数转换输入,程序进行内部计算;分别输出两路电压控制 40 dB 电调衰减器。②功率检波芯片,根据检测出的电压,按均方根值输出电压;作为快速单片机的采样信号,同时也为功放 AGC 控制电路提供控制基准电压。③C8051F340 可以有多种串行通信接口,更利于直放站与外设的接口

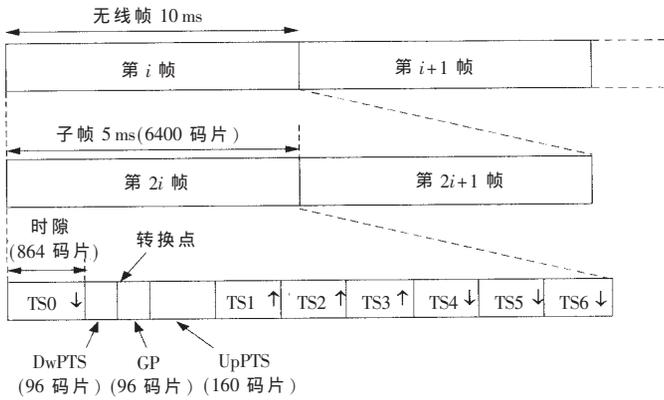


图1 TD-SCDMA 系统帧结构

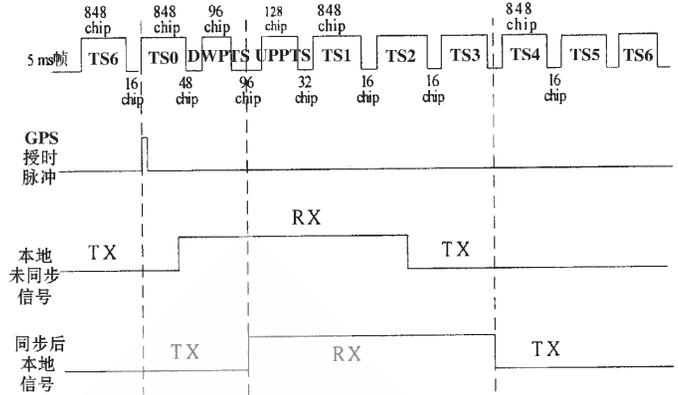


图3 TD-SCDMA 直放站 GPS 同步原理

通信,以及多功能控制与直放站内部数据通信及数据交换。

上述硬件功能的实现如图2^[3]。1 pps 秒脉冲上升沿到来时, C8051F340 快速单片机立即捕捉到, 内部设置软件延时程序, 延时至 DWPTS 与 UPPTS 的中线处图3所示的第二道虚线处。切换后, 直放站进入上行时隙工作状态。程序再调用上行时隙的延时程序。当同步时间至图3所示第三道虚线处时, 直放站进入下行时隙工作状态。如此进行循环切换控制, 在系统进行延时循环程序时, 系统同时判断 GPS 秒脉冲是否到来。如果捕捉到

秒脉冲, 系统立即进入初始化同步系统设置。重新进入系统的同步切换控制。其原理如图4所示。

3 C8051F340 系统概述

模拟外设 10 bit ADC 转换速率可达 200 ks/s, 有端口 0 至端口 4 很方便进行数模转换, 系统频率最高为稳定的 48 MHz。存储器数据 RAM 为 64 KB Flash; 可在线系统编程, 扇区大小为 512 B 且有 48 MIPS 扩展的中断系统 16 bit 可编程计数器/定时器阵列 (PCA), 有 5 个捕捉/比较模块。应用 C8051F340 做的设计中, 软件步骤设计流程、硬件资源的分配, 如图5、图6所示。

4 直放站硬件模块设计

直放站各模块在电路中起着非常关键的作用, 各具体指标的的实现, 有耐于各模块电路的设计与实现。GPS 秒脉冲接收, 其原理如图, 利用 GPS51L 授时系统接收模块, 通过检测其 1pps 秒脉冲, 通过处理输入单片机, 进行上升沿捕捉; 当单片机捕捉到秒脉冲上升沿, 模块的 CEX_n 引脚上的逻辑电平将发生变化。程序立即进入中断程序, 中断标志置位。程序进行延时程序, 能准确找到上、下行切换点。通过控制 TD 直放站的电源开关, 即可控制 TD 直放站的上、下行射频链路的切换, 原理如图7所示。

4.1 分时隙功率控制实现

由 TD-SCDMA 帧系统的结构可知, 每个时



图2 TD-SCDMA 直放站原理图

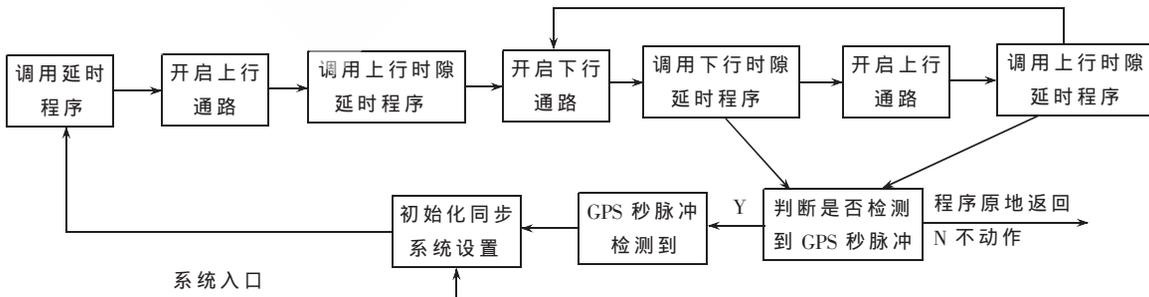


图4 TD-SCDMA 直放站 GPS 同步软件控制流程

硬件纵横

Hardware Technique

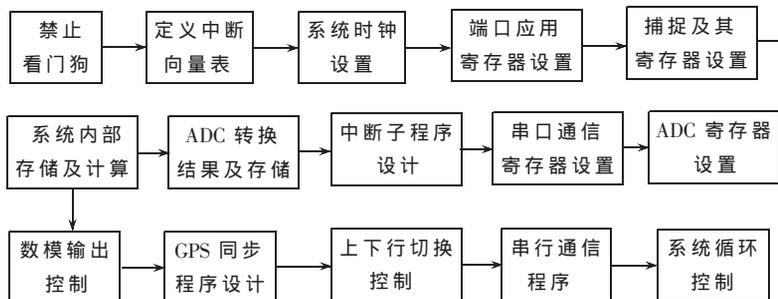


图5 C8051F340 软件设计流程图

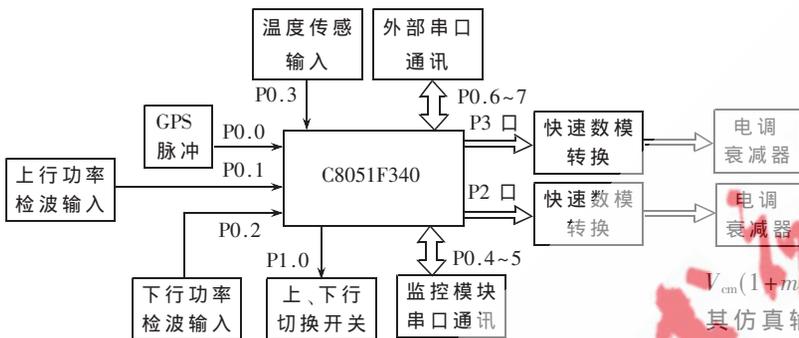


图6 C8051F340 硬件资源分配图

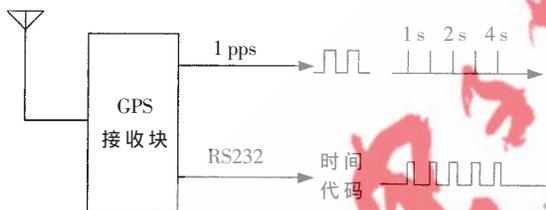


图7 GPS接收模块秒脉冲输出

隙可灵活地分配为一个或几个用户；故各时段功率，需分开控制。首先从功率末端耦合一部分信号作为采样信号。通过模数转换，输入 C8051F340 存储；作为分析样本；经过 C8051F340 计算判断后，根据输出信号的功率，输出一个控制电压，控制衰减器的衰减倍数。上、下行通道分别采用两级电调衰减；一级由快速单片机控制，其控制范围大于 AGC 控制范围，为 20 dB~40 dB，其衰减系数由快速单片机程序控制；另一级与功放形成 AGC 控制环路，设置其自动增益控制范围为 0 dB~10 dB；衰减器的特性曲线如图 8 所示。

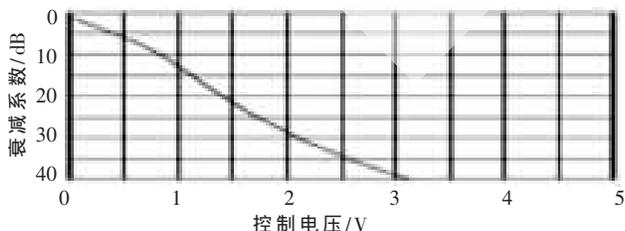


图8 电调衰减器的衰减特性曲线

4.2 定向耦合及功率检波电路^[3]

经过末级功放后的输出功率由用微带线设计的 20 dbm

《微型机与应用》2010 年第 12 期

定向耦合器将部分功率耦合到二极管检波电路，得到按功率变化的控制电压，经过 RC 滤波电路，并通过零欧姆电阻（或高频磁珠）整流得到平滑的控制电压，原理如图 9、图 10 所示。

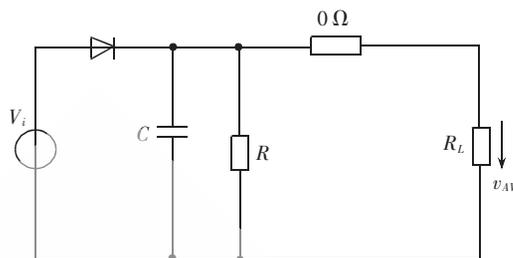


图9 二极管功率检波及滤波原理图

功率信号通过半波检波，再通过 RC 滤波，得到按输出功率变化的近似线性曲线。设定向耦合信号为：载波 $v_c(t) = V_{cm} \cos \omega_c t$ ，调制信号 $v_{\Omega}(t) = v_{\Omega m} \cos \Omega t$ ，二极管的输入信号 $V_i(t) : v_i(t) = V_{cm}(1 + m_a \cos \Omega t) \cos \omega_c t$ ，检波电压输出： $v_{AV} = k_d V_{cm}(1 + m_a \cos \Omega t)$ ，其仿真输入输出响应曲线如图 10 所示。设二极管输出端电压为梯形波时，经过滤波后得到近似三角波电压输出，从而可知控制电压的响应特性。

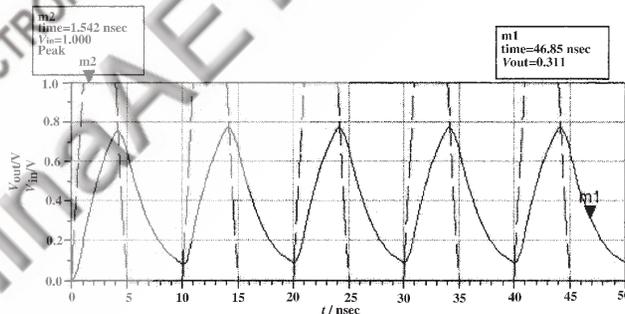


图10 功率检波输入、输出响应曲线

4.3 直放站系统的自激隔离及保护设计

由于直放站的低噪声放大，常用噪声系数小的小功率场效应管，其 VGS 最大输入电压范围常为 -5 V~1 V；由 $P_{OUT} = V_{PP} \times V_{PP} / (8 \times R_L)$ 功率峰值公式可知，输出电压如果直接加到低噪声放大输入端，很容易损坏低噪声放的输入级。环形器的保护，起到了至关重要的作用。在 TD 直放站的功率放大过程中，低噪声放大器以及功率放大的放大倍数都比较大，后级的功率信号很强；由微波技术理论可知，功率信号的耦合以及对周围辐射很大，如果部分信号耦合至前级的输入端，很容易产生自激，甚至损坏直放站的低噪放或者功放；前、后级的信号隔离是关键点；设计中采用各级分开，各级严格用金属屏蔽盒，密封接地屏蔽，常用微带隔离器，可以防止各级之间的干扰以及功放的自激。

4.4 直放站上、下行链路硬件设计^[4-8]

由功放电路的工作原理知，电路板的介电常数稳定

欢迎网上投稿 www.pcachina.com

硬件纵横

Hardware Technique

性很重要,选择电路板材 RO4350,其介电常数稳定为 3.48,采用两层板,介质厚度为 40 mil,铜片厚度为 1.4 mil,电路板底层与散热器相连,并且用导热螺丝紧固,保证良好导热与散热。微波功率放大器 AGC 控制环路与 ALC 自动电平控制完成对功率放大模块的自动增益控制。微波功率放大器的控制环路,常用功率检波芯片,数控衰减或电调衰减器以及单片机等控制系统组成,实现起来简单可靠。

由功放的设计技术可知,采用功率回退法是最可靠、最有效的非线性改善方法,由于 TD 直放站的输出功率不大,采用功率回退法可满足要求。低噪声放大管,选用噪声系数较低的 ATF54143 进行放大,原理如图 11,三级级联增益大于 45 dB,每级噪声系数小于等于 0.6;低噪声放的直流偏置以及阻抗匹配采用 ADS 进行仿真设计。

功放部分设计及 AGC 自动增益控制环路,原理如图 12 所示,第一级用 MW61C2240, $V_{DD}=28\text{ V}$, $IDQ1=210\text{ mA}$, $IDQ2=370\text{ mA}$, $P_{out}=4.5\text{ W}$,飞思卡尔公司生产的 MW61C2240,是专业用于 TD-SCDMA 功放设计的芯片,其两级级联集成,典型增益为 28 dB。第二级选用飞思卡尔生产的 MRF7S19080HR3, $\text{Power Gain}=18\text{ dB}$, $V_{DD}=28\text{ V}$, $IDQ=750\text{ mA}$, $P_{out}=24\text{ W}$,最大输出功率大于等于 80 W。为使功放有较好的

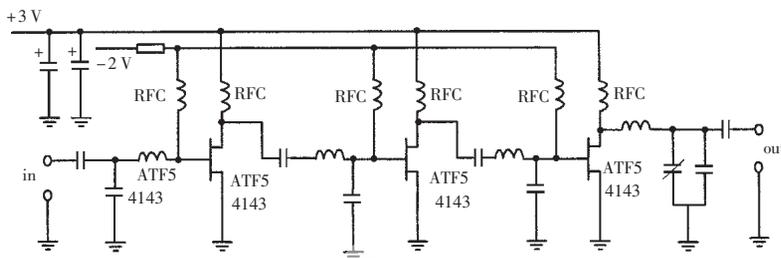


图 11 低噪声放大部分电路原理

输出特性,采取 Steve Cripps 提出了负载线原理,求出最佳负载及直流偏置,然后采用 T 型阻抗变换匹配至输出端,有着较宽的带宽以及较好的带外信号抑制。

本文根据 TD-SCDMA 直放站系统的要求,针对 TD-SCDMA 的无线系统帧结构,使用 C8051F340 快速单片机控制, GPS 精确同步,直放站系统灵活地按时隙功率控制,自动 AGC 控制环路、环形器保护、各级密封隔离、防止自激,功放设计采用功率回退法,能很好地抑制非线性交调产物;各级放大管良好散热,能确保直放站系统的良好性能实现;同时追求系统的简单可靠、成本低、容易实现。此方案比其他的 TD 直放站系统设计具有明显的优越性;能为 TD 直放站的研发生产、提高性能、降低成本及风险,缩短开发周期提供很好的设计方案。



图 12 功率放大部分电路原理

参考文献

- [1] 栗世涛,陈贤亮. TD-SCDMA 系统中的 DWPTS 同步技术[J].通信技术,2007(9).
- [2] 刘道生.TD-SCDMA 直放站实现同步和切换的方法[J].光通信研究,2007(1).
- [3] 陈邦媛编著. 射频通信电路[M].科学出版社,2007.
- [4] NASKAS N, PAPANANOS Y. An adaptive power amplifier lineariser based on a multilayer perceptron. Vehicular Technology Conference,2003. VTC 2003-spring.The 57th IEEE Semiannual.
- [5] SAHU B C, GABRIED A. Rincon-Mora. A high-efficiency linear RF power amplifier with a power-tracking dynamically adaptive buck-boost supply. Microwave Theory Techniques, IEEE Transactions on. 2004(6).
- [6] AKASAKI T, IWATA M. A mathematical expression of

nonlinear distortion in RF power amplifier. Vehicular Technology Conference,2004.VTC 2004-Fall. IEEE 60th.

- [7] 鲍景富,郭伟,李源. WCDMA 线性功率放大器设计[J].电子科技大学学报,2008,37(1).
- [8] 孙桂芬.TD-SCDMA 直放站研究与设计[J].全国优秀硕士论文,2008,12.

(收稿日期:2010-02-24)

作者简介:

周业平,男,1983年生,硕士,主要研究方向:射频技术及 TD-SCDMA 直放站的设计。

邓文浪,女,1970年生,博士,副教授,主要研究方向:电力电子变换及射频技术、计算机控制技术。

周常青,男,1983年生,高级工程师,主要研究方向:射频技术。