

文章编号: 1001 - 893X(2011)08 - 0020 - 04

射频功率放大器告警功能模拟检测方案*

何业军, 章 颖, 李健锋

(深圳大学 信息工程学院, 广东 深圳 518060)

摘 要: 射频功放模块是基站系统中的核心部件, 出厂前对射频功放模块的功能进行检测意义重大。设计了一块告警功能测试板, 通过观察与射频功放模块相连的测试板上的 LED 灯, 判断射频功率放大器功能是否正常。实践证明, 该方法能模仿射频功率放大器在实际基站系统中的工作行为, 不仅有效地提高了射频功率放大器的良品率, 而且适用于商业化大规模批量生产。

关键词: WCDMA; 基站; 射频功放; 高低电平; 告警检测

中图分类号: TN97 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-893x.2011.08.005

Simulation Test Method for Alarm Functions of RF Power Amplifier

HE Ye-jun, ZHANG Ying, LI Jian-feng

(College of Information Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

Abstract: RF power amplifier module is a key component in the base station system. It is of great significance to detect the function of RF power amplifier module before shipment. This paper designs a piece of alarm function test board. Through observing the LEDs on test panel which is connected with RF power amplifier module, it is confirmed whether RF power amplifier functions are normal. Practice proves this method imitates the working behavior of RF power amplification in the base station system, not only effectively improves the passed yield of RF power amplifier, but also is suitable for commercial large-scale batch production.

Key words: WCDMA; base station; RF power amplifier; high or low electrical level; alarm test

1 引 言

随着无线移动通信的飞速发展, 移动通信变革中起主导地位的是移动通信基站, 而移动通信基站能否保证通信的顺畅已成为衡量基站工作质量的关键。在基站系统中, 射频功率放大器与系统都是通过传输线来连接的, 告警功能检测模块保证射频功率放大器的工作状态能够迅速地反馈给系统, 同时能让我们在第一时间发现射频功率放大器是否出现异常。

在现代通信系统中, 射频功率放大器的告警上报直接影响着我们对基站性能的判断。在基站系统中, 射频功率放大器一般都是通过 RS485 通信接口的方式上报告警信息^[1]。常见的射频功放告警又分为主要告警和次要告警, 主要告警包括高温关断告警(High Temperature Shutdown Alarm)、电压失效关断告警(DC Fail Shutdown Alarm)、主通道失效关断告警(Major Loop Fail Shutdown Alarm)、过驱关断告警(Over Power Shutdown Alarm); 次要告警包括过功率告警(Over Power Warning Alarm)、驻波告警(VSWR

* 收稿日期: 2011 - 04 - 29; 修回日期: 2011 - 07 - 22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60972037); 深圳市基础研究计划项目(JC201005250067A, JC200903120101A); 深圳市南山区科技计划项目(2009045)

Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China(No. 60972037); The Fundamental Research Program of Shenzhen City(JC201005250067A, JC200903120101A); The Science and Technology Program of Nanshan District, Shenzhen City(No. 2009045)

Alarm)、软件失效告警(Software Fail Alarm)、电压失效告警(DC Fail Alarm)、高温告警(High Temperature Alarm)、低噪放大失效告警(LNA Fail Alarm)。

而在基站系统中,功率失效告警(Power Fail)、功能失效告警(Function Fail),以及通信电缆检测(Cable Detection)被称为直接告警。这里我们通过检测 LED 灯的工作状态来模拟基站系统的告警,以模拟 WCDMA 基站系统告警功能做上报检测实例。

2 射频功放告警功能的模拟检测原理

如图 1 所示,在整个模拟系统中,射频功率放大器的二进制数据信息通过 RS485 通信接口传输给模拟的基站系统(测试板),系统连接着 PC 机,通过 PC 机读出射频功率放大器给系统的数据信息。

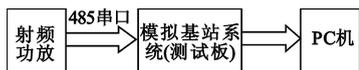


图 1 射频放大器与模拟基站系统的数据传输框图

Fig.1 Block diagram of data transmission between RF amplifier and simulated base station system

图 2 为告警功能模拟检测原理图,其中 J1 各连接脚代表的定义为如下:

5 脚: Singal GND; 6 脚: PA GND; 7 脚: Cable Detection; 8 脚: Function Fail; 9 脚: Power Fail。

PA 供电给光耦, J1 与 J2 间为 PCB 排线, J4 与 J5 间为 PCB 排线,当射频功放末端带光耦时,可将 J4 与 J1 直接用 PCB 排线相连, J3 为串口接电脑主机(2 脚为发射端, 3 脚为接收端)。

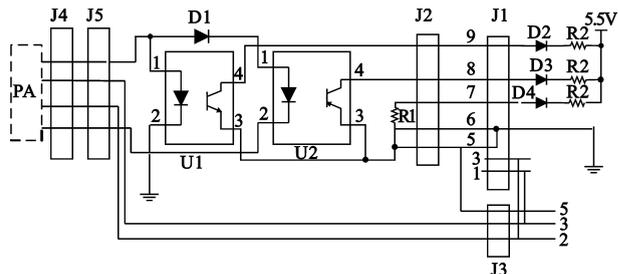


图 2 告警功能模拟检测原理图

Fig.2 Schematic diagram of simulation test for alarm functions

射频功率放大器的告警功能模拟检测的原理是当射频功率放大器发生告警后,就会发生高低电平变化,而变化后的电平通过彩排线传送到检测板上,检测板根据接收到的电平来决定灯的工作状态,不同的灯表示的是不同的告警。LED1 灯 D2 代表的是通信电缆检测,LED2 灯 D3 代表的是功能失效告警,LED3 灯 D4 代表的是功率失效告警。为了方便确认

告警状态,把射频功率放大器上报低电平时设置为亮灯状态,射频功率放大器上报高电平为灭灯状态。此电路采用的是 TTL(Transistor-Transistor Logic)电平标准^[2], 高电平是 2.4~5.0 V, 低电平是 0~0.4 V。

3 射频功放告警功能的模拟检测方案

图 3 是通过用连接线连接到 LED 灯电路上来模拟射频功率放大器与系统的通信,以此来检测射频功率放大器的告警状态。图 3 的设计中光耦^[3]已位于射频功放末端。

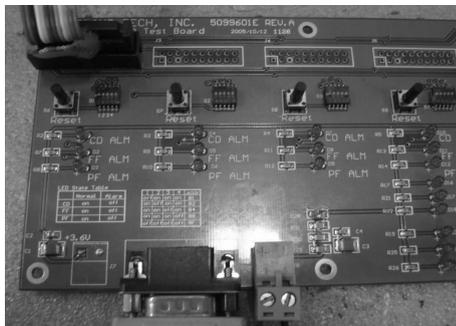


图 3 告警功能模拟检测实物图

Fig.3 Picture of simulation test for alarm functions

3.1 通信电缆检测

在 PA 接口与 PCB 排线未接通状态下,外接 5.5 V 给 LED 供电,此时 3 个 LED 灯的电压均为 4.3 V (高电平状态),此时 3 个 LED 灯都是灭,表示 3 种告警都处于告警状态。当 PA 接口与 PCB 排线接通时,信号的地与 PA 的地直接连通,电路相当于通过 300 Ω 电阻对地分压。此时 LED1 灯 D2 电压为 0.3 V, LED1 灯 D2 亮,系统检测到低电平,检测告警功能正常。

3.2 功率失效告警

在基站系统上我们把这种告警称为掉电告警,主要是检测射频功率放大器的供电是否正常。当射频功率放大器未供电时,光耦(PC357N4)处于未导通状态;反之,当射频功率放大器供电正常时,光耦(PC357N4)的 $I_f = 5 \text{ mA}$,此时光耦处于导通状态,LED3 灯 D4 电压为 0.2 V, LED3 灯 D4 亮,系统检测到低电平,检测告警功能正常。

3.3 功能失效告警

对于射频功率放大器来说,能够发生功能告警的状态很多:

- (1) 射频功率放大器任何告警发生时,都会上报功能告警给系统^[4];
- (2) 当微处理器失效时,射频功率放大器会立即

上报功能告警给系统;

(3)当接收到系统发出的复位命令后,在复位信号的复位过程中射频功率放大器会立即上报功能告警给系统,这时的告警会持续至少600 ms,当复位完成时,告警消失;

(4)当系统要求射频功率放大器关闭使能时,会立即上报功能告警给系统;

(5)当 Power Fail 发生时,射频功率放大器会立即上报功能告警给系统,当 Power Fail 持续的时间不足600 ms时,功能告警会持续上报600 ms后消失。

从模拟检测告警的原理图来看,功能失效告警与功率失效告警电路基本上是一样的,所以它们的告警原理也差不多,只是在功能失效告警的检测电路上多了一个二极管(MMSZ4678),此二极管的工作电压 $V_Z \geq 1.8\text{ V}$,当射频功率放大器有告警产生时,通过 485 通信上报给系统后,系统检测出告警会控制给二极管的电压,此时电压小于 1.8 V,二极管不工作,导致检测 Function Fail 的 PC357N4 处于断开状态,那么 LED2 就处于高电平状态,电压为 4.3 V,LED2 灯灭,显示射频功率放大器功能失效告警。

如表 1 所示,“√”表示灯亮,“×”表示灯灭。当通信电缆告警发生后,LED1 灯灭;当功能失效告警发生后,LED2 灯灭;当功率失效告警发生后,LED3 灯灭,但是当功率失效告警后,会同时上报功能失效告警,即 LED2 也会灭。

表 1 告警功能检测状态表

Table 1 State table of simulation test for alarm functions

LED	通信电缆告警	功率失效告警	功能失效告警
LED1	×	√	√
LED2	√	×	×
LED3	√	×	√

4 PC 机用户界面的实测结果

上面详细地描述了通过传输线模拟告警的几种告警原理,以及模拟这几种告警工作时 LED 灯显示的状态,下面介绍通过上报的几种告警方式以及告警在 PC 机的用户界面上的显示。

图 4 是告警功能在 PC 机用户界面的状态显示,纵向的 8 列分别表示温度告警、过功率告警、过驱告警、电压告警、低增益告警、环路 1 告警、环路 2 告警、驻波告警;横向的上面 4 行表示的是告警、告警恢复、告警关断、告警关断恢复 4 种状态,而这 4 行里面用二进制代表的“0”和“1”分别定义为“功能关闭”以及“功能打开”状态;横向的下面 4 行是对应上面 4 行的,表示的是射频功率放大器实际上报的告

警,当某种告警产生后,经过模拟检测 PCB 接收到后,在 PC 机就可以监控到相应代表该告警的位置的“0”将会变成“1”。

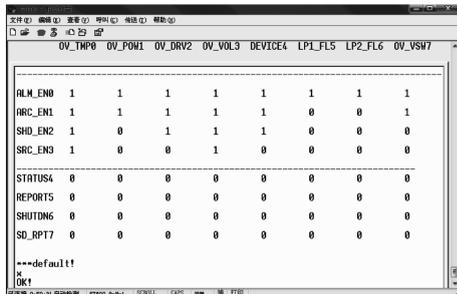


图 4 PC 机上告警的状态图

Fig.4 State diagram of alarm functions in PC

4.1 主要告警

主要告警在射频功率放大器运行中属于危急告警,当这种告警条件被检测到时,射频功率放大器会立刻关断使能,停止运行。在主要告警中电压失效关断告警和高温关断告警能够通过使能命令恢复到正常状态,此使能信号来源于系统或者电源重启。

(1)高温关断告警

对于射频功率放大器都有设定的温度告警门限值、温度告警关断门限值以及温度恢复门限值,当检测到射频功放的温度超过设定的高温告警关断门限时,射频功率放大器将会在 5 s 后关断,状态表中第 1 列下面 4 行的“0”将全部显示为“1”。虽然此时射频功率放大器不能接收到任何来自系统的信息,但是当温度下降到设定的恢复门限时,射频功率放大器将会清除告警状态并打开使能,状态表中第 1 列下面 4 行的“1”将全部恢复为“0”,射频功放进入恢复工作状态。

(2)电压失效关断告警

如上所述,射频功放电压的告警、关断、恢复同样有固定的门限值。当输入给射频功率放大器的电压处于设定的电压关断门限时,射频功率放大器将在 5 s 后上报此告警并且保持关断状态,状态表中第 4 列下面 4 行的“0”将全部显示为“1”,直至电压恢复到设定的恢复门限时,射频功率放大器将在 5 s 后恢复工作并清除此告警状态,状态表中第 4 列下面 4 行的“1”将全部恢复为“0”,射频功放恢复正常工作状态。

(3)主通道失效关断告警

当射频功率放大器的主通道出现失效时,导致射频功率放大器不能维持正常的运作,主通道失效关断告警将会发生。射频功率放大器将会上报此告警并保持关断状态,此告警在关断后不能自动恢复,此时状态表中第 5 列下面 3 行的“0”将全部显示为“1”。

(4)过输入关断告警(又称过驱关断告警)

当射频功率放大器在发射天线端口的输出功率大于极限值时,输出功率将被限制并一直保持此时的输出功率,当这种被限制状态的功率延续超过5 s后,射频功率放大器会同时上报过功率告警,此时加大输入信号,输出功率不会继续变大,当输入的信号超过正常输入信号至少10 dB以上时,过输入关断告警将会发生,射频功率放大器将会上报此关断告警并保持关断状态,关断后告警不会自动恢复,此时状态表中第3列下面3行的“0”将全部显示为“1”。因为过输入关断告警之前,射频功率放大器必将先上报过功率告警,所以同时状态表中第2列下面2行的“0”也显示为“1”。

4.2 次要告警

在电路运行过程中偶然发生一些错误或者与客观运行环境不匹配时将会产生次要告警。在次要告警发生后,射频功率放大器会继续保持射频功放的正常运行状态直到产生了主要告警关断。

(1)驻波告警

电压驻波比(VSWR)^[4]的等效参数是反射系数或回波损耗。在一般射频传输中VSWR的范围在1.1~1.5之间,换算成回波损耗为26.4~14 dB。当射频功率放大器的VSWR值大于3.5时,射频功率放大器将会上报驻波告警;当VSWR值小于2.8时,功率放大器将恢复正常工作状态并清除告警状态。检测此告警功能的方法是断开功率放大器的输出端线路应发生告警,接上功率放大器的输出端线路告警应恢复。

(2)软件失效告警

我们常说的软件失效包括两种:一种是Power Transistor Fail Alarm,即功放管失效告警;另一种是Minor loop Fail Alarm,即次环路失效告警。所以,综合来说当末级的功放管失效并影响功率放大器增益时,放大器会上报功放管失效告警;当放大器的频谱波形异常被检测出来时,放大器会上报次环路失效告警。无论功放管^[5]失效告警还是次环路失效告警,在系统上都显示的是软件失效告警,当软件失效告警上报后,放大器的总增益会下降6 dB,关断环路。

(3)低噪放失效告警

正常LNA板的增益为20 dB,当LNA板增益下降6 dB时,射频功率放大器将会上报低噪放失效告警,直至增益恢复正常,告警恢复。

5 结束语

在射频功率放大器运行中,无论是主要告警还

是次要告警的产生都会伴随功能告警上报给系统,因此对于系统而言,射频功率放大器的功能告警是检测功率放大器性能好坏的决定因素。通过模拟系统接收到的射频功率放大器的上报告警,可以准确地了解射频功率放大器的工作状态,判断告警问题的所在,保证系统中通信的质量,免去了现场检测射频功率放大器带来的不足。本文的研究在理论与实用上都有较高的应用价值。

参考文献:

- [1] 康华光.电子技术基础(模拟部分)[M].5版.北京:高等教育出版社,2006.
KANG Hua-guang. Fundamentals of Electronic Technology (Analog Part)[M].5th ed. Beijing: Higher Education Press, 2006. (in Chinese)
- [2] 韩广兴.电子元器件与实用电路基础[M].3版.北京:电子工业出版社,2008.
HAN Guang-xing. Fundamentals of Electronic Devices and Practical Circuits[M].3rd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008. (in Chinese)
- [3] 彭军.光电器件基础与应用[M].北京:科学出版社,2009.
PENG Jun. Fundamentals and Applications of Photoelectric Devices[M]. Beijing: Science Press, 2009. (in Chinese)
- [4] 杨霖,盛雁鸣.利用对数检波器实现射频功放过驻波保护[J].电子产品世界,2008,15(12):36-38.
YANG Lin, SHENG Yan-ming. Excessive VSWR Protection of RF Power Amplifier Based on Log Detector[J]. Electronic Engineering & Product World, 2008, 15(12):36-38. (in Chinese)
- [5] 张海,周霞.功放设计中的检测及保护电路[J].电子技术,2010,47(5):51-53.
ZHANG Hai, ZHOU Xia. Detection and Protection Circuit in Power Amplifier Design[J]. Electronic Technology, 2010, 47(5):51-53. (in Chinese)

作者简介:

何业军(1969—),男,湖北松滋人,2005年于华中科技大学获博士学位,现为深圳大学副教授,主要研究方向为无线移动通信;

HE Ye-jun was born in Songzi, Hubei Province, in 1969. He received the Ph.D. degree from Huazhong University of Science and Technology in 2005. He is now an associate professor at Shenzhen University. His research direction is wireless mobile communication.

Email: heyeyun@126.com, yjhe@szu.edu.cn

章颖(1985—),男,江西南昌人,现为深圳大学硕士研究生,主要研究方向为射频与微波电路;

ZHANG Ying was born in Nanchang, Jiangxi Province, in 1985. He is now a graduate student. His research direction is RF microwave circuit.

李健锋(1982—),男,云南楚雄人,现为深圳大学硕士研究生,主要研究方向为射频与微波电路。

LI Jian-feng was born in Chuxiong, Yunnan Province, in 1982. He is now a graduate student. His research direction is RF microwave circuit.