

GSM 900 MHz 手机信号强度检测系统设计

姚达雯,周国平,封维忠,王鑫鑫,黄峰

(南京林业大学 信息科学技术学院,江苏 南京 210037)

摘要: 设计了用于检测我国蜂窝数字移动通信网 GSM 通信采用的 900 MHz 频段的信号功率强度,以 STC12C5A60S2 微处理器为核心,设计制作了信号强度检测系统,该系统主要包括小信号放大模块、可调衰减器、0900BL18B200 射频变压器、AD8362 功率电压转换电路和 LCD1602 显示模块等。在用 ZY12RFSys32BB1 射频训练系统模拟 900 MHz 手机信号进行测试并确定相关参数后,通过天线收集 GSM 900 MHz 信号进行了实际测试。测量结果表明,系统工作稳定,达到了设计要求。

关键词: 信号强度检测;GSM 900 MHz;STC12C5A60S2;AD8362

中图分类号: TH85

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)01-0028-03

Design of GSM 900 MHz cellular signal intensity detection system

Yao Dawen, Zhou Guoping, Feng Weizhong, Wang Xinxin, Huang Feng

(College of Information Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: The design is used to detect the signal intensity of GSM 900 MHz adopted in cellular digital mobile communication network in China. With STC12C5A60S2 as the core MCU, it designs a detection system of signal intensity. It mainly includes the small signal amplifier module, adjustable attenuator, 0900BL18B200 radio transformer, AD8362 power voltage conversion circuit, LCD1602 display module and so on. With the help of ZY12RFSys32BB1 radio frequency training system to simulate GSM 900 MHz cellular signal, it determines the relevant parameters. Then, it carries out the actual tests with antenna collecting GSM 900 MHz cellular signal. Test results show that the system can work stably, and meet the requirements of design.

Key words: signal intensity detection; GSM 900 MHz; STC12C5A60S2; AD8362

手机信号的强度与手机终端、SIM卡、网络覆盖、终端与基站之间的路径、阻隔介质等有关。中国移动规定,手机接收电平大于等于-90 dB(城市)或-94 dB(乡村),则满足覆盖要求。手机屏幕上的信号格数就是工程师根据接收电平数值进行划分的,将比较复杂的数据以信号格数直观地表达在我们眼前。手机信号强度直接影响到电话接通的成功率和通话的语音质量。手机信号强度越大,则通话质量越好;强度越小,不仅影响通话质量,更加耗电,还加大手机的辐射,影响人体健康。因此,手机信号强度的检测是很必要的。

在通信系统中,功率电平用 dBm 表示。被测功率电平可表示为: $P[\text{dBm}] = 10 \lg[P(\text{mW})/1 \text{ mW}] = 10 \lg[(U_{\text{RMS}}^2/R)/1 \text{ mW}]$,其中 U_{RMS} 是有效值电压。

一般情况下,城市中手机信号的动态范围是-90 dBm~-40 dBm,在-50 dBm~-40 dBm 范围内,说明在基站附

近;在-70 dBm~-50 dBm 范围内,说明信号良好;在-90 dBm~-70 dBm 范围内,说明信号较弱^[1-2]。本设计以简单的电路提供了 GSM 900 MHz 手机信号强度的测量方案,并通过程序补偿了由于器件插入损耗和噪声干扰等导致的测量误差。实验室模拟测试和室内外实际测试表明,测量结果较稳定。

1 方案设计

本设计主要完成 GSM 900 MHz 手机信号强度的检测。首先需要将收集到的手机信号进行放大,使信号强度保持在 AD8362 线性范围内,接着通过可调衰减器使功率信号在一定范围内变化,衰减后的 900 MHz 信号再经过射频变压器由单端输入转化为差分输入,AD8362 接收到差分输入信号后,将信号转换为一定大小的直流电平输出^[3]。STC12C5A60S2 微处理器利用其内部 A/D 转换完成电平信号的采集^[4],并通过 LCD1602 显示输出电

平和对应的信号功率大小^[5]。其系统框图如图 1 所示。



图 1 信号强度检测系统框图

2 硬件设计

2.1 小信号放大模块

城市中手机信号的动态范围是 -90 dBm ~ -40 dBm，而使用的功率电压转换芯片 AD8362 的动态范围是 -50 dBm ~ +10 dBm，在此范围内，AD8362 的输出电压与输入信号功率成正比^[6-9]。因此，需要先将收集到的 900 MHz 高频信号进行小信号放大，使放大后的手机信号在 AD8362 的动态范围内变化，实验中采用的是 ZY12RF Sys32BB1 射频训练系统中的 900 MHz 小信号放大模块，其内部结构如图 2 所示。

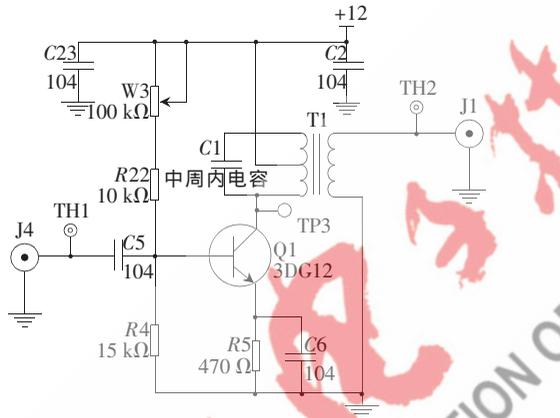


图 2 高频小信号谐波放大电路

2.2 可调衰减器

衰减器是在指定频率范围内，一种用以引入一预定衰减的电路，是一种能量损耗性射频/微波元件，元件内部含有电阻性材料。常用的电路形式主要有 T 型和 Π 型，如图 3、图 4 所示。其衰减值的大小与电阻大小有关。假设电压衰减倍数为 A ，对于 Π 型衰减器， $R_1 = R_0 \frac{(A+1)}{(A-1)}$ ， $R_2 = R_0 \frac{A^2-1}{2A}$ ；对于 T 型衰减器， $R_1 = R_0 \frac{(A-1)}{(A+1)}$ ， $R_2 = R_0 \frac{2A}{A^2-1}$ 。模拟试验中采用的是可调衰减器，通过调节电阻大小，可以实现 0~50 dBm 范围内的衰减。

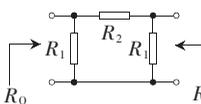


图 3 Π 型衰减器

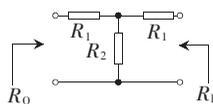


图 4 T 型衰减器

2.3 射频变压器

射频变压器广泛应用于小功率电子线路中，用于实现阻抗匹配、直流隔离、共态抑制和平衡与不平衡变换

等，可分为磁耦合变压器和传输线变压器。实验中采用的是美国 Johanson Technology 公司推出的针对 GSM 900 MHz 频段，阻抗比为 50:200 的射频变压器 0900BL18B200^[10]。其适用信号频率为 800 MHz ~ 1 000 MHz，覆盖了 GSM 900 MHz 的上下行频段。使用射频变压器做前端，将单端输入转化为差分输入，提高了传输信号的抗干扰能力，而且使电路测量的精度和稳定性也得到提高。

2.4 AD8362 转换电路

功率-电压转换电路由 AD8362 型单片高精度射频真有效值功率检测芯片为核心^[11]。AD8362 能在 50 Hz ~ 2.7 GHz 的宽频带范围内准确测量真有效值功率，在 50 Ω 系统中测量功率的范围为 -50 dBm ~ +10 dBm，动态范围为 60 dBm，输出电压灵敏度为 50 mV/dBm，测量误差为 ± 0.5 dBm^[11]。

由 AD8362 构成的功率-电压转换电路如图 5 所示，信号由 INHI、INLO 口差分输入。AD8362 的输出电压是以分贝来度量的，功率-电压关系曲线如图 6 所示，有公式： $U_o = kS(PIN - PZ)$ ，式中， U_o 的变化范围为 0.5 V ~ 3.5 V， kS 为输出电压灵敏度， PIN 为输入功率， PZ 为输出电压的线性方程式中功率的截距。通过实验室模拟实验确定 PZ 和 kS 的大小。

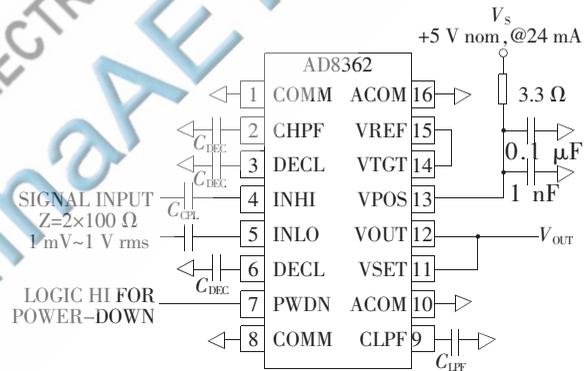


图 5 AD8362 功率-电压转换电路

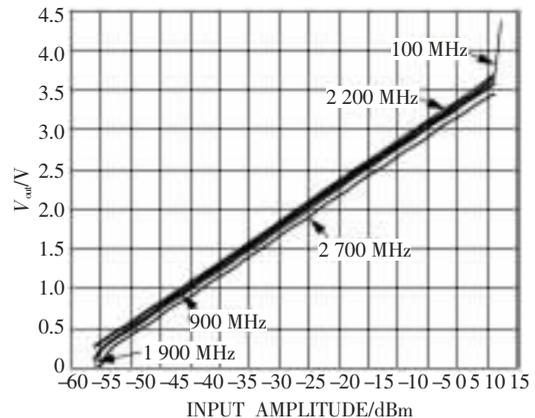


图 6 功率-电压关系曲线

2.5 微处理器

本设计选用的是 STC12C5A60S2 单片机^[12]，是宏晶科技生产的单时钟/机器周期 (1 T) 的单片机，是高速/

低功耗/超强抗干扰的新一代 8051 单片机,指令代码完全兼容传统 8051,但速度快 8~12 倍,内部集成 8 路高速 10 位 A/D 转换(250 kb/s)。本设计中,由 AD8362 的 V_{OUT} 口输出的电压信号输入到 P1.1 口进行 A/D 转换完成电平采集,单片机控制 LCD1602 显示相应的 U_o 和 PIN 大小。

3 软件设计

本设计的软件设计主要包括 LCD 及 ADC 寄存器的初始化、电平信号采集、数据运算、数据显示等。在实验室测试阶段,利用两台 ZY12RFSys32BB1 射频训练系统进行模拟实验,A 设备发出 900 MHz 余弦信号并通过小信号放大模块和可调衰减器模拟 -90 dBm~-40 dBm 变化的手机信号。B 设备作为检验设备,显示 A 设备发出的模拟手机信号的功率大小。

在电平信号采集部分,为了减小噪声干扰,采用 30 次采样的均方根值作为输出电平信号的大小。在数据运算部分,考虑到器件插入损耗及线路损耗的存在,为了获得准确的参数 kS 和 PZ,将测量的 100 组数据(AD8362 输出电压值和对应的 B 设备显示的功率值)用最小二乘法求得拟合直线并与 AD8362 参考输出曲线进行了比较,结果如图 7 所示。

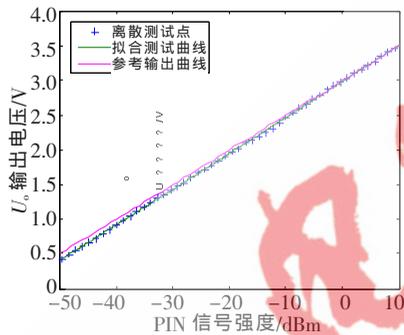


图 7 测试输出曲线与 AD8362 参考输出曲线(1)

由图 7 可知,在 -50 dBm~-20 dBm 范围内,输出曲线与参考曲线偏差较大,这可能是由于器件损耗及噪声干扰的影响导致的。为了提高精确度,筛选与参考曲线偏差小于 0.005 的点作为拟合点,用最小二乘法对输出曲线进行重新拟合,结果如图 8 所示。同时,确定参数 kS 和 PZ 的大小。

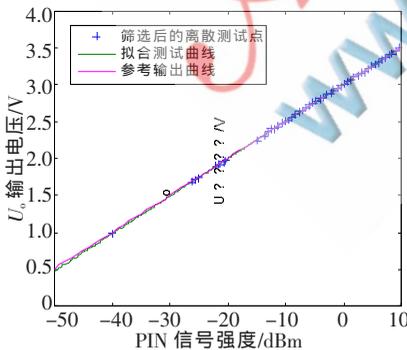


图 8 测试输出曲线与 AD8362 参考输出曲线(2)

$$kS = \frac{100 \sum_{i=1}^{100} X_i Y_i - \sum_{i=1}^{100} X_i \cdot \sum_{i=1}^{100} Y_i}{100 \sum_{i=1}^{100} X_i^2 - (\sum_{i=1}^{100} X_i)^2} = 0.0504$$

$$PZ = \frac{\sum_{i=1}^{100} X_i^2 \cdot \sum_{i=1}^{100} Y_i - \sum_{i=1}^{100} X_i \cdot \sum_{i=1}^{100} X_i Y_i}{100 \sum_{i=1}^{100} X_i^2 - (\sum_{i=1}^{100} X_i)^2} = 3.0019$$

以上获得的是经过小信号放大后的输出曲线: $U_o = 0.0504 \text{ PIN} + 3.0019$ 。实际检测到的信号强度需要减去放大的倍数,即: $U_o = 0.0504(\text{PIN} - 40) + 3.0019$ 。则输出电压与手机信号强度的关系如图 9 所示。

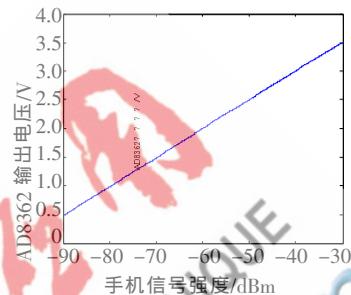


图 9 手机信号强度与 AD8362 输出电压关系曲线

本文基于 STC12C5A60S2 单片机对手机信号强度检测系统进行了研究与设计,模拟测试和实际测试表明,系统工作稳定,性能良好,在 AD8362 动态范围内误差小于 0.5%,符合设计要求。本设计对将来提高移动通信网的覆盖与检测技术具有重要意义。

参考文献

- [1] 沙占友.智能传感器系统设计与应用[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [2] 沙占友.功率测量技术及其应用[J].电源技术应用,2006,9(7):56-59.
- [3] 司朝良.基于 AD8362 的射频功率计设计[J].国外电子元器件,2003,18(11):25-27.
- [4] 周平,胡永红.基于 ATmega1280 接收机功率检测控制器的设计与实现[J].计算机测量与控制,2008,16(10):1436-1438.
- [5] 徐君,王雪梅.基于 AVR 的机载应答机射频功率探测模块设计[J].测控技术,2011,30(12):1-3.
- [6] 王卫东.高频电子电路(第 2 版)[M].北京:电子工业出版社,2010.
- [7] 王化祥,张淑英.传感器原理及应用[M].天津:天津大学出版社,2007.
- [8] 胡革.中频功率在线监测研究与实现[D].成都:电子科技大学,2006.
- [9] 朱君豪.高频衰减器的设计与制作[J].军事通信技术,1987,3(23):75-78.
- [10] Johanson Technology.P/N0900BL18B200 datasheet[Z]. 2003.
- [11] ADI. AD8362 datasheet[Z]. 2004.
- [12] STC. STC12C5A60S2 datasheet[Z]. 2008.

(收稿日期:2013-09-05)

作者简介:

姚达雯,女,1989 年生,硕士研究生,主要研究方向:仪器科学与技术。