

应用于超导接收机前端的相位匹配技术

严苏娟¹, 张晓平¹, 曹必松¹, 魏 斌¹, 高葆新²

1. 清华大学物理系, 北京100084; 2. 清华大学电子工程系, 北京100084

2008-04-15

摘要: 提出了超导接收机前端的相位匹配技术, 其原理是调节低噪声放大器的输入阻抗, 使其相位与超导滤波器的输出阻抗相位相匹配, 从而提高超导接收机前端的反射损耗性能。此技术用于集群通信的超导接收机前端, 使反射损耗性能提高了3.7dB。

关键词: 超导滤波器 低噪声放大器 相位匹配

超导接收机前端包括高温超导滤波器和低噪声放大器, 是高性能通信系统的重要部件。超导接收机前端如图1所示。超导滤波器具有带边陡峭度高, 带内插损小等很多优异的性能^[1,2], 低温低噪声放大器噪声很低。在CDMA基站中安装超导接收机前端后, 能有效滤除带外干扰信号、降低基站接收机的噪声系数, 从而降低手机发射功率, 减小CDMA系统的掉话率、接入失败率和误码率, 提高基站容量和覆盖范围。

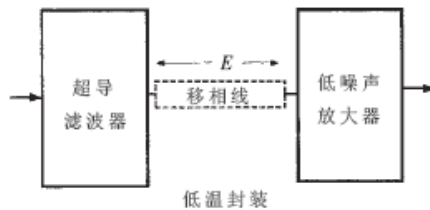


图1 超导接收机前端框图

通常超导滤波器和低噪声放大器的输入与输出阻抗都按照50Ω进行设计, 但是低噪声放大器的输入阻抗无法达到50Ω的理想状态, 而超导滤波器对负载要求极为严格, 负载阻抗的微小变化都将导致超导接收机前端的反射损耗性能变差, 而反射损耗是接收系统的一个重要指标。传统的解决方法是调谐滤波器, 改变滤波器的输出相位。对多数超导滤波器来说, 要实现低温下对每一个谐振器的调谐难度很大。

如果调整放大器相位使其与滤波器匹配, 同样可以改善超导接收机前端的反射损耗。本文方法的实质就是在低噪声放大器的设计和调试中考虑相位匹配的因素, 从而保证整机的性能。

1 相位调节原理及实验

以一个实际的超导滤波器和放大器为例, 进行分析和设计。滤波器性能如图2所示, 频带内的 S_{11} 优于-14dB, 即最劣点为-14dB。放大器的S参数随频率的变化很平缓地改变, 在窄频带内放大器的 S_{11} 可视为不变值, 此放大器的 S_{11} 优于-16.6dB。下面用 $|S_{11}|_{\text{Amp}}$ 代表低噪声放大器的反射损耗分贝值, $|S_{11}|_{\text{Rec}}$ 代表超导接收机前端的反射损耗分贝值。把超导滤波器和放大器直接相联时, $|S_{11}|_{\text{Rec}}$ 优于-12.7dB, 如图3(2)所示。可见组成的超导接收机前端的反射损耗性能变差。

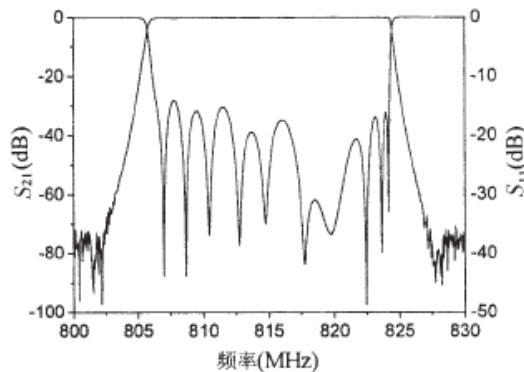


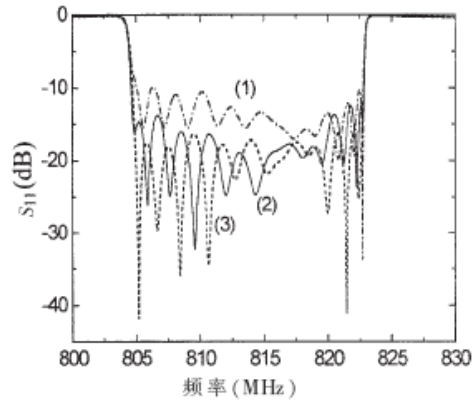
图2 超导滤波器测试性能

热点专题

- 2008--嵌入式技术创新及应用高峰论坛
- 2008飞思卡尔技术论坛
- Altera公司SOPC World 2008专题报道
- 第十届高交会电子展
- 科技闪耀北京奥运
- ADLINK DAY—2008年量测与自动化技术国际高峰论坛
- 中国电子学会Xilinx杯开放源码硬件创新大赛
- 赛灵思公司Virtex-5系列FPGA
- 3G知识
- IPTV
- 触摸屏技术
- RoHS

杂志精华

- 基于CC2430的无线传感器...
- 无线传感器网络应用系统综述
- 无线传感器网络在野外测量中的...
- 基于竞争的无线传感器网络
- 用于矿井环境监测的无线传感器...
- 具有自适应通信能力的无线传感...
- 基于传感器网络技术的深孔测径...
- 基于无线传感器网络的家庭安防...
- 基于ATmega128L与C...
- 无线传感器网络中移动节点设备...



(1) 调节相位后的最差模拟值；(2) 超导滤波器与放大器直接相连后的测试值；(3) 调节相位后的最优模拟值；

图 3

计算机模拟过程是：首先，将超导滤波器和低噪声放大器的测试数据导入Agilent ADS模拟软件中，建立如图1所示的超导前端模型，使模拟结果与测试结果吻合。

其次，在滤波器与放大器模型间插入一段移相微带线。通过调节移相线的电长度E即可模拟放大器的 S_{11} 的相位变化而幅值不变。选择 $|S_{11}|_{Rec}$ 的4个典型峰值处的频点，观察这些频点处 $|S_{11}|_{Rec}$ 随E改变的规律，如图4所示。

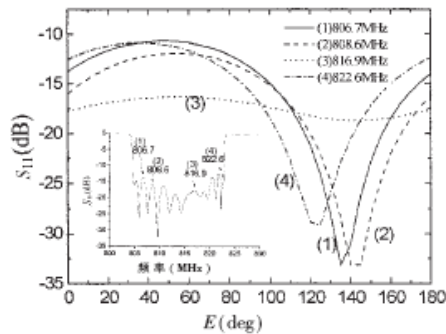


图 4 典型峰值处 $|S_{11}|_{Rec}$ 随电长度 E 的变化图

从图4可见806.7MHz与808.6MHz处的 $|S_{11}|_{Rec}$ 峰相似，并且 $|S_{11}|_{Rec}$ 随E改变的周期规律也相似，而816.9MHz与822.6MHz处的 $|S_{11}|_{Rec}$ 峰值处的规律有所偏差。这是因为超导滤波器在806.7MHz和808.6MHz处的 $|S_{11}|_{Rec}$ 峰有理想滤波器的周期规律性，而816.9MHz和822.6MHz处的 $|S_{11}|_{Rec}$ 峰偏离了理想滤波器的周期规律性。尽管某些峰值处的规律有所偏差，但总能找到某一范围内的E值，使得这些峰值均优于指标要求，例如当E在 $100^\circ \sim 170^\circ$ 时各峰值均低于-15dB，微调E可使得 $|S_{11}|_{Rec}$ 曲线整体均低于-15dB。这就是相位匹配的原理。

调节E可获得 $|S_{11}|_{Rec}$ 随放大器 S_{11} 相位变化的一系列曲线，图3 (1) 是相位匹配最差的情况， $|S_{11}|_{Rec}$ 仅优于-9.88dB。图3 (3) 是匹配最好的情况，各峰值趋于相等， $|S_{11}|_{Rec}$ 优于-16.26dB。匹配最优值与最差值对应的放大器 S_{11} 的相位相反。

事实上，虽然相位匹配的作用要大于幅值的影响，但在相位合适时，还可以通过减小放大器的 S_{11} 的幅值进一步改善超导前端整体的反射损耗。

表 1 超导接收机前端 $|S_{11}|_{Rec}$ 随移相线的变化

$ S_{11} _{Amp}$	最优值	原始值	最差值
-15dB	-14.90dB ($E=31^\circ$)	-11.30dB ($E=0$)	-9.26dB ($E=-133.7^\circ$)
-20dB	-17.90dB ($E=31^\circ$)	-13.70dB ($E=0$)	-11.10dB ($E=-133.7^\circ$)
-25dB	-17.25dB ($E=31^\circ$)	-14.49dB ($E=0$)	-12.49dB ($E=-133.7^\circ$)

2 仿真分析及实验结果

低噪声放大器 S_{11} 的幅值对 $|S_{11}|_{Rec}$ 的影响可做如下分析。由于低噪声放大器S参数随频率呈现平缓变化，可以认为窄带内各频率点的S参数皆相同。假定分别为-15dB、-20dB、-25dB且相位为 0° 。表1给出了 $|S_{11}|_{Rec}$ 随这三种情况的变化，它们均在E为-133.7°时呈现出最差值。当放大器为-15dB和-20dB、E为 31° 时获得最优值；而放大器为-25dB，E为 41° 获得最优值。然而当E为 31° 时，放大器为-25dB反而比-20dB时的模拟值要差，这是因为在某些峰值，-20dB的放大器反而形成了近似的共轭匹配，抵消了峰值。

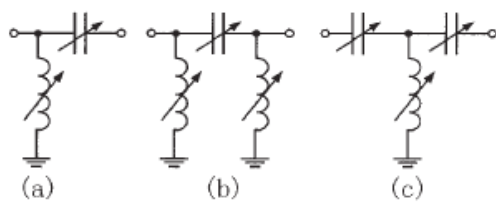


图5 匹配网络(Γ、Π、T型)

从以上的模拟可知,只要 $|S_{11}|_{\text{Amp}}$ 达到-20dB,通过调整相位就能获得具有很好性能的超导接收机前端。在低噪声放大器的输入匹配网络中采用图5的匹配网络即可调节低噪声放大器的 S_{11} 。图5所示的匹配网络分别为Γ型、Π型、T型,且均为高通网络,对相位具有提前的作用。其对偶型低通网络则对相位具有延迟作用。至于,采用图5所示的高通网络还是其对偶型低通网络,取决于相位需要提前还是延迟。

在图1的模型中,超导滤波器和低噪声放大器之间分别插入图5所示的三种匹配网络,获得了三种匹配网络下的最优模拟值,采用T型和Π型结构的结果略优于采用Γ型结构,如图6所示。因为T型和Π型结构比Γ型结构多一个可调元件,能获得更小的 S_{11} 幅值。

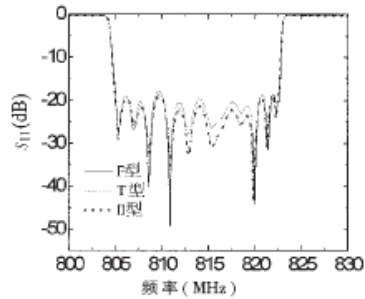


图6 不同匹配网络下的 S_{11} 模拟值

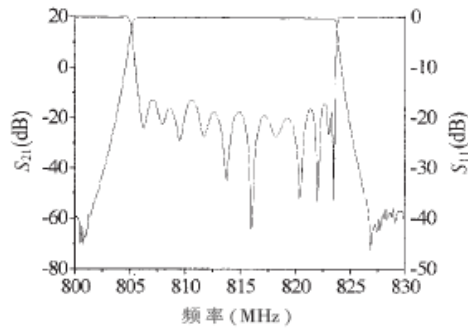


图7 低温调谐后超导接收机前端的测试性能

根据上述模拟结果,在低噪声放大器的输入匹配网络中采用较简单的Γ型电路,并在65K低温下调配。Γ型电路由可调电容和电感组成。调配后超导接收机前端的测试结果如图7所示,获得的 $|S_{11}|_{\text{Rec}}$ 优于-16.4dB,比调配前改善了3.7dB。低温下超导接收机前端整体噪声系数优于0.5dB。

本文提出了改善超导接收机前端反射损耗的相位匹配技术。通过调节低噪声放大器的 S_{11} 参数提高超导接收机前端的性能。从原理、仿真和应用上论证了相位匹配技术的可行性。该技术简单易行、对低噪声放大器的设计具有指导意义。

参考文献

- 1 Gevorgian S S, Carlsson E F, Kikkberg E L et al. 1998 IEEE MTT-S Digest.
- 2 Subramanyam G, VanKeuls F W, Miranda F A, et al. Materials chemistry and physics. 2003; 79: 147~150
- 3 Guoyong Zhang, Michael J, Lancaster Frederick Huang et al. Accurate design of high tc superconducting microstrip filter at UHF band for radio astronomy front end. 2004 IEEE MTT-S Digest: 1117
- 4 Yuanzhi Li, Michael J. Lancaster, Frederick Huang et al. Superconducting microstrip wide band filter for radio astronomy. 2003 IEEE MTT-S Digest: 551

在线联系 添加到收藏夹

关于“应用于超导接收机前端的相位匹配技术”,我有如下需求或意向:

用户名: 密码: 验证码: 5829 欢迎注册 提交

相关应用

- 航天GPS接收机的低噪声放大器设计

基于功耗限制的CMOS低噪声放大器最优化设计

- 基于网络分析仪提高低噪声放大器的测量精度

《电子技术应用》编辑部版权所有

地址：北京海淀区清华东路25号电子六所大厦

联系电话：82306084 / 82306085 传真：62311179 京ICP备05053646号

推荐分辨率1024*768 IE6.0版本

