

一种毫米波引信低频预处理电路*

谷雨桐, 景 华, 司马涛, 石 亮

(西安机电信息研究所, 西安 710065)

摘要:为了适应新型毫米波无线电引信的研制需要,设计出一种适合毫米波引信使用的宽频带、高增益、低功耗及噪声抑制能力强的低频预处理电路,并对该电路进行了实验室测试及炮射试验。结果表明:该电路性能良好,为新型毫米波无线电引信的发展提供了一定帮助。

关键词:毫米波引信;预处理;电路

中图分类号:TJ43 **文献标志码:**A

A Low-frequency Preconditioning Circuit for Millimeter Wave Fuze

GU Yutong, JING Hua, SI Matao, SHI Liang

(Xi'an Institute of Electromechanical Information Technology, Xi'an 710065, China)

Abstract: In order to satisfy the development requirements of new millimeter wave radio fuze, a low frequency preconditioning circuit with the capabilities of wide wave band, high gain, low power dissipation and strong noise suppression was designed for millimeter wave fuze. The lab test and gun-fire test show that the circuit has good performances and it is also beneficial to the developing of new ammunition radio fuze.

Keywords: millimeter wave fuze; preconditioning; circuit

0 引言

毫米波技术近年来发展十分迅速,将先进的毫米波探测、现代信号处理以及系统集成等技术与引信技术结合^[1],是研究新型高性能弹药近炸引信的重要途径。

无线电引信低频预处理电路是将敏感装置输出信号的有用信息提取出来进行选频处理和放大,其主要参量是通频带和增益,它们对引信能否正常作用起着关键作用,设计原则是,在保留目标信号特征的前提下,尽可能抑制噪声,提高信噪比^[2]。因此,若要将引信频段提高到毫米波段,就需要设计一种通频带宽且增益高的引信低频预处理电路。文中就此问题作以探讨。

1 设计思想

无线电引信低频预处理一般包括频域预处理和幅度域预处理^[2-3]。频域预处理是对输入信号进行滤波。选频滤波的功能是滤除信号频带以外的噪声和无用信号,通常是一个带通滤波器,设计原则是,在保留目标信号特征的前提下,尽可能地抑制噪声,提

高信噪比。滤波器通带一般按信号频谱宽度选取。幅度域预处理包括放大等,探测器获得的目标信号一般比较微弱,应先进行放大,然后加以处理^[2]。根据以上原则并结合毫米波无线电引信的特点,引信低频预处理电路应遵循以下设计思想:

1) 根据无线电引信工作时间短的特点,可选用简单且响应速度快的模拟滤波器电路。

2) 毫米波引信目标信号频谱随弹目交会速度改变,选频滤波器带宽要做得较宽(通常为100kHz以上),且在要求高增益的情况下不能单纯采用一个带通滤波器,应以二阶滤波为基本单元,二阶滤波器级联可构成高阶滤波器,高通和低通滤波器级联可构成带通滤波器。

3) 模拟滤波器主要是以运算放大器为核心的RC有源滤波器。电路中的运算放大器根据引信使用条件进行选择。运算放大器的主要指标为增益带宽积,毫米波引信需要带宽宽且增益高,所以要选择较大增益带宽积的高速运放,但这会带来高功耗问题,与引信的低功耗要求矛盾,所以应将二者结合起来考虑,即在功耗允许的情况下尽量选择高增益带宽积的运放。

* 收稿日期:2010-09-09

作者简介:谷雨桐(1983-),男,黑龙江佳木斯人,助理工程师,研究方向:通信工程。

2 设计原理

根据弹丸的使用要求及毫米波引信低频预处理电路的设计思想,对此引信的低频预处理电路进行设计,以满足引信使用要求。

2.1 低频预处理电路形式的确定

根据引信的弹目交会条件^[4]及使用要求,计算出毫米波引信的通频带范围为:10.5~110kHz,最佳攻击点处的多普勒频率为 26kHz,即引信通频带的中心频率在 26kHz 左右。对于 100kHz 带宽的通频带,可采用高通和低通滤波器级联构成带通滤波器。

根据弹丸主要在低伸弹道环境下使用的作战使命,对低伸弹道噪声的抑制极为重要,这就要求下界频的频率截止特性要好。对于毫米波引信而言,频率越高,抑制噪声的能力越强,所以对上界频的要求较低,可使用运算放大器的自然频率下降特性来完成低通滤波特性,优点是可以获得较高的增益且减少元器件。

运算放大器选择 AD 公司生产的 TL084 运放,每一片包含 4 个运放,每个运放电流为 5mA,供电形式简单,增益带宽积 4MHz,可满足此引信预处理电路的要求。

基于以上分析,可以确定此引信低频预处理电路形式,即可采用 3 个级联的二阶高通滤波放大器构成的六阶高通滤波器和一个一阶低通滤波放大器混合构成预处理电路带通滤波放大器,采用 1 片 TL084 运放即可,有效节省了空间,且保证了滤波器下界频率截止特性良好,极大的抑制了低伸弹道噪声。

2.2 低频预处理电路设计

1)根据引信的目标特性测试结果,确定出信号放大倍数在 1800 倍左右较为合适,据此进行电路放大参数分配如下:

第一级高通滤波器,第二级高通放大器放大倍数为 6 倍,第三级高通放大器放大倍数为 10 倍,第四级低通放大器放大倍数为 30 倍。

2)滤波器参数计算

以二阶高通滤波放大器为例^[5]。

放大倍数:

$$K_F = \frac{c_1}{c_3} \tag{1}$$

截止频率:

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{c_2 c_3 R_1 R_3}} \tag{2}$$

阻尼因子通常取 $\xi = \frac{1}{\sqrt{2}}$,且:

$$\xi = \frac{1}{2} \frac{R_1(c_1 + c_2 + c_3)}{\sqrt{c_2 c_3 R_1 R_3}} \tag{3}$$

3)取 $K_F = 10, c_1 = c_2 = 6800\text{pF}, \omega_n = 2\pi \times 10\text{kHz}$,将这些参数代入式(1)、式(2)、式(3)可求得 $c_3 = 680\text{pF}, R_1 = 33\text{k}\Omega, R_3 = 3.3\text{k}\Omega$ 。

根据计算的电路参数,可设计出毫米波引信低频预处理电路,其原理图如图 1 所示。

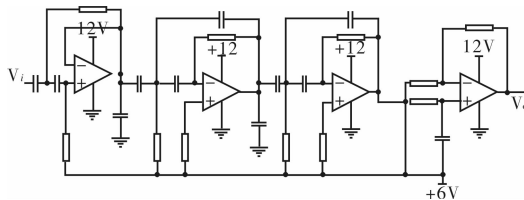


图 1 毫米波引信低频预处理电路原理图

3 实验验证

根据原理图,设计出实际的毫米波引信低频预处理电路进行调试,以测试设计的电路是否满足实际使用要求。测试平台:无线电信号源;输入信号源:50mV 正弦波,采样间隔:500Hz,运放电压:12V。在对个别元件进行微调后,得到测试曲线如图 2 所示。从图中可以得出预处理电路参数,其中放大倍数:1905 倍,中心频率:27.5kHz,下界频:10.6kHz,上界频:119.5kHz,噪声:51mV。参数与理论值稍有差别,这主要是由于元器件值的散差造成的,但参数均在合格范围内。测试曲线前端陡峭,整个通频带曲线圆滑,噪声值小。通过实验室测试表明,设计的毫米波引信低频预处理电路满足设计要求。

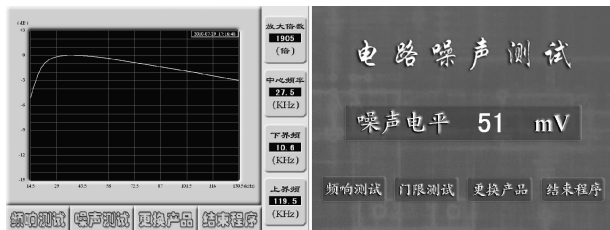


图 2 毫米波引信低频预处理电路测试曲线及参数

为验证设计的电路是否满足实际要求,对此预处理电路进行了炮射环境下的动态考核。考核方法:通过弹内存储回收试验对引信放大输出信号进行回读,得到真实弹丸使用环境下的目标信号。毫米波引信通过预处理电路得到的放大输出信号如图 3 所示。从图中可以看出,信号信噪比很高,目标特性明显。

(下转第 134 页)