

雷达信号处理说明

24GHz 平面天线雷达

技术支持手册Ⅱ V 1.0

2012 . 06

目 录

1	概述	- 1 -
2	滤波放大电路	- 1 -
2.1	滤波器选择原则	- 2 -
2.2	参考电路	- 3 -
2.3	滤波效果	- 17 -
3	数字信号处理	- 19 -
4	雷达探测精度	- 22 -
	版本信息	- 23 -
	公司信息	- 23 -

声 明

本手册内容仅供参考。本公司有权对本手册内容进行定期变更，恕不另行通知。变更内容将会补充到新版本资料中，请及时联系本公司获取最新资料。

1 概述

雷达信号处理和数据处理技术是雷达的神经中枢。通过对雷达回波信号的分析处理可以精确得到目标的运动速度，运动方向，目标与雷达之间的距离以及目标方位等信息。

如今，雷达的应用需求和技术发展促进了雷达信号处理和数据处理技术的飞速发展。无论在信号形式、处理算法，还是在信号处理和数据处理系统的设计方法、硬件的结构和实时处理软件编程等方面都有了长足的进步。

本资料作为 24GHz 平面天线雷达产品的技术支持文档，描述了雷达信号在后端的分析处理手段，将从滤波放大电路、数字信号处理技术，以及如何提高探测精度等方面为客户提供一些建议。

2 滤波放大电路

一般情况下，我们需对雷达传感器输出信号进行一系列滤波、放大和 DSP 处理后，才能更好地提取到有效目标信息。尤其是当雷达工作于 FMCW 模式时，最好先滤掉调制信号再进行放大处理，否则很可能因为调制信号被过分放大导致输出信号饱和失真。

当雷达工作于 CW 模式时，外接滤波放大电路的主要目的是滤除干扰和噪声，并进一步放大输出信号；而当雷达工作于 FMCW 模式时，外接滤波放大电路的主要目的是去除调制信号。

2.1 滤波器选择原则

本公司所代理的雷达传感器一般有以下两种类型：

- **CW 模式测速雷达：**例如，IPS-144，IPS-146，IMS-944 等。该类传感器输出信号仅需要滤除干扰和噪声，同时进一步限制输出带宽，因此适于进行带通滤波放大处理。
 - **FMCW 模式测距雷达：**例如，IVS-148、IVS-179、IVS-167 等（通常情况下，该类传感器也包含 CW 工作模式）。其工作于 FMCW 模式做测距应用时，首先需要滤除输出信号中的低频调制信号，因此适于进行高通滤波放大处理；其工作于 CW 模式做测速应用时，适于进行带通滤波放大处理。
- 在设计以上两类雷达传感器的后端滤波放大电路时，需要注意增益、输入阻抗等电气参数的匹配。

滤波放大电路的选择须遵循以下几条原则：

1. **滤波器频率选择。**选用高通滤波器时，如调制频率为 100Hz，则建议采用截止频率为 1kHz 的高通滤波器，即选用的滤波器频率为调制频率的 10 倍。
2. **增益设计。**理论上，传感器本身和滤波放大电路的整体增益最好不要高于 60dB。对于输出端未设置 IF 放大部分的传感器（例如，IVS-167），可参考此增益限值设计后端滤波放大电路增益；对于输出端已设置有 IF 放大部分的传感器（例如，IVS-179），更应谨慎设计滤波器的增益。
3. **放大电路设计。**当滤波器需要设置较大增益时，一般采用多级放大电路，每一级放大倍数最好不超过 30dB。
4. **阻抗匹配。**加入负载阻抗的值应在 $470\Omega \sim 1k\Omega$ 之间。
5. **运放选择。**选用优质低噪声运放，如 MC33079 等。
6. **排线长度选择。**雷达传感器与后端滤波放大电路之间通过排线连接，为避免过大的干扰和噪声，排线长度应控制在 25cm 以内。

2.2 参考电路

- 工作于 CW 模式的雷达可选用以下带通滤波放大电路

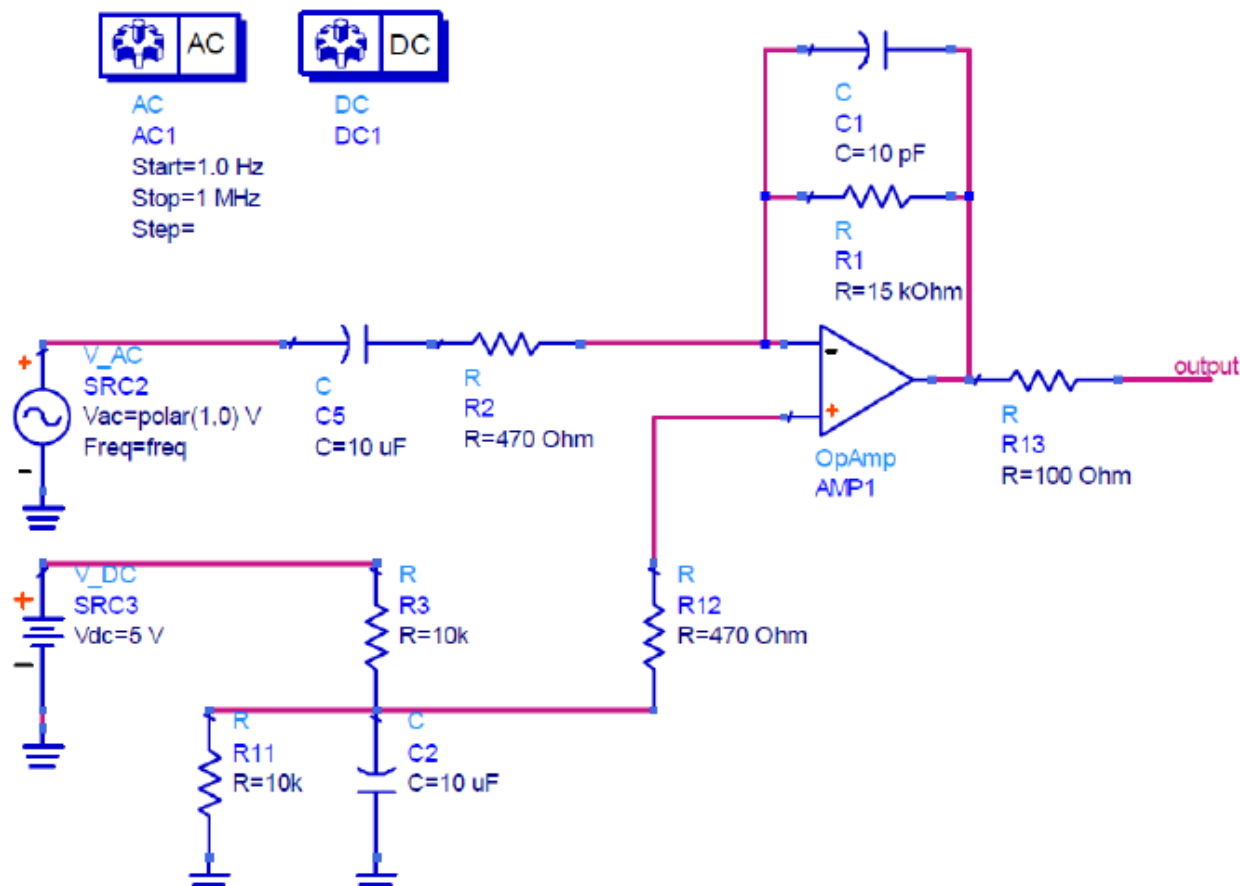


图 1 增益为 30dB、带宽为 250kHz 的带通滤波器

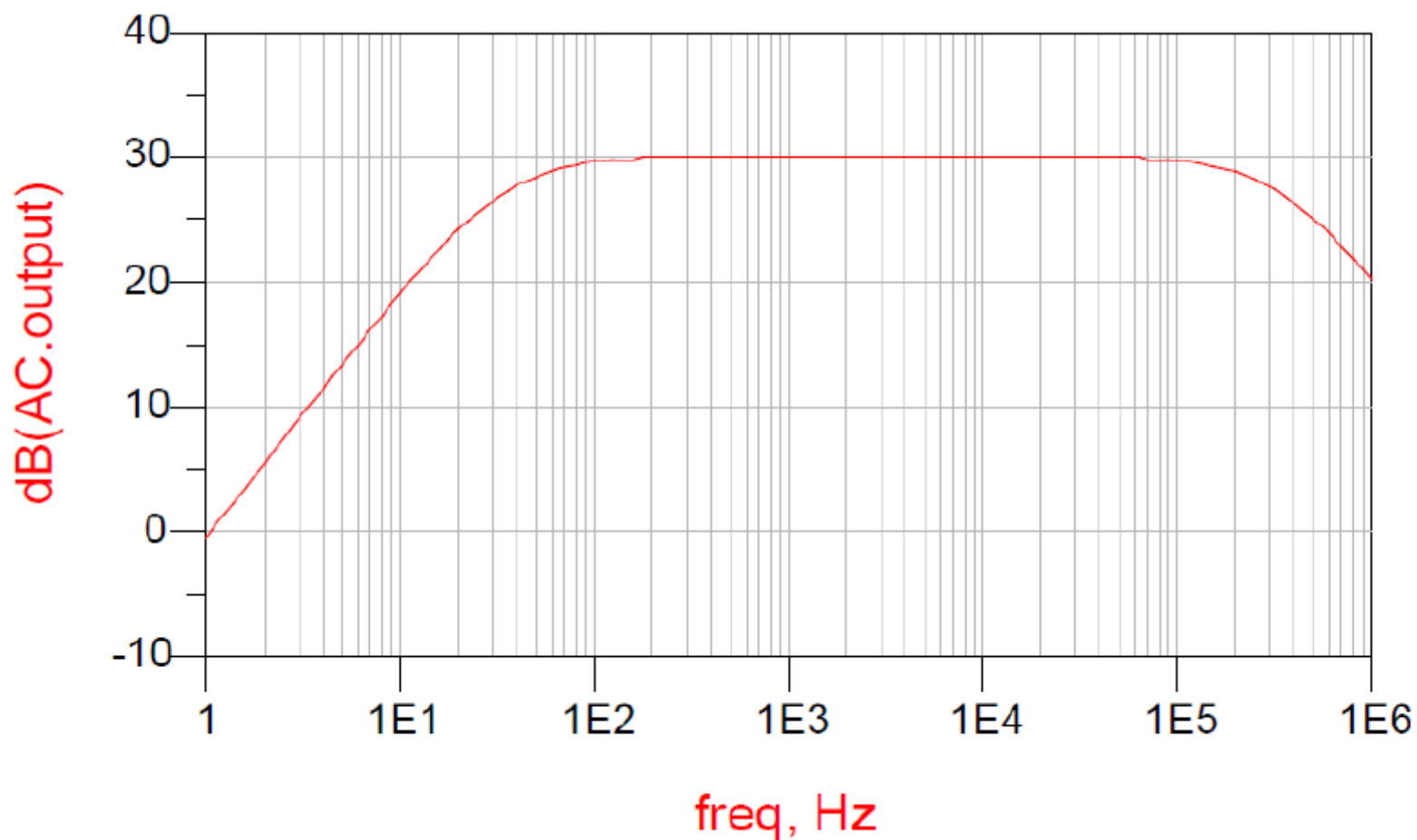


图 2 上图滤波器的频率响应

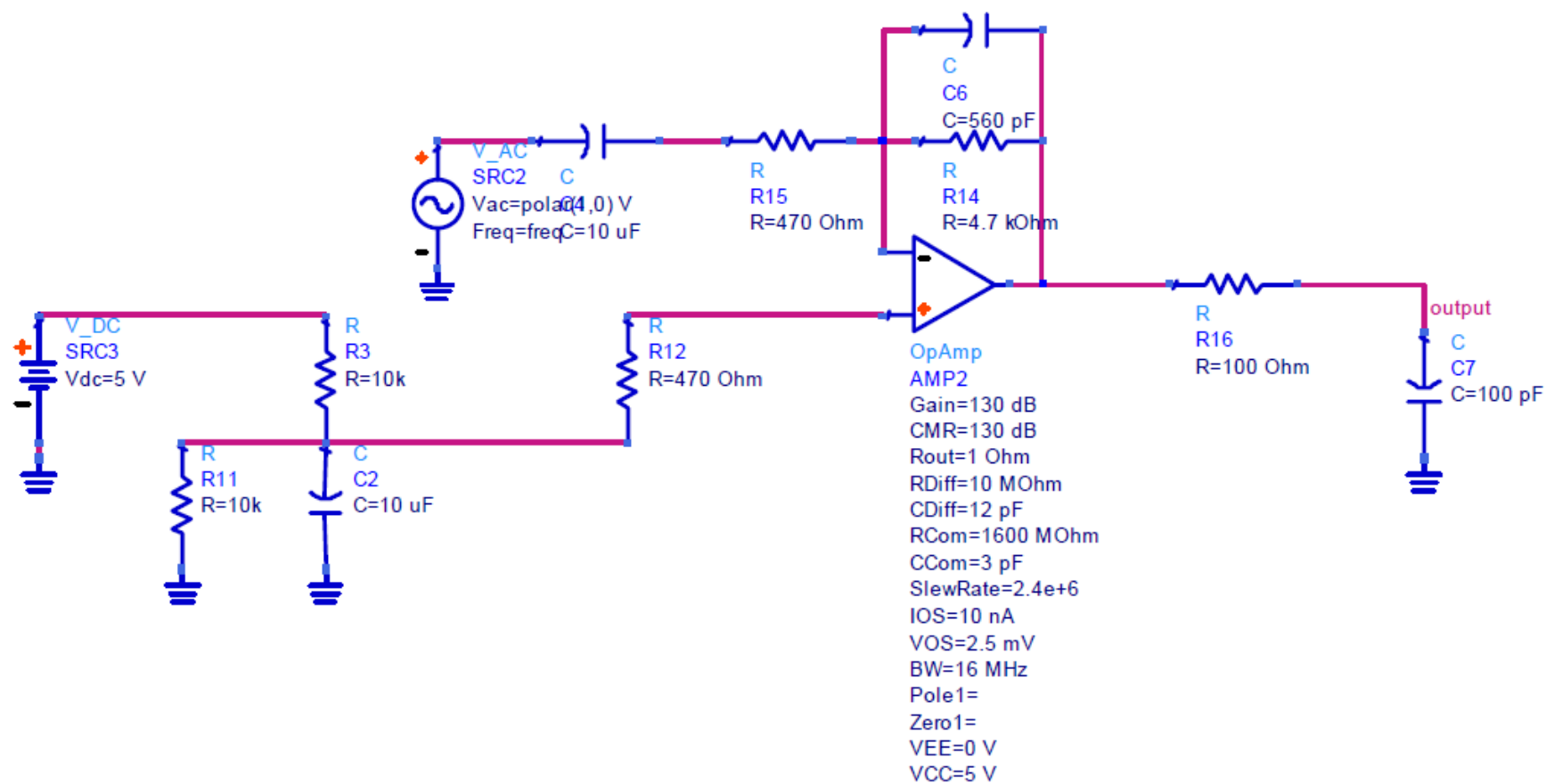


图3 增益为 20dB、带宽为 30Hz-50kHz 的带通滤波器

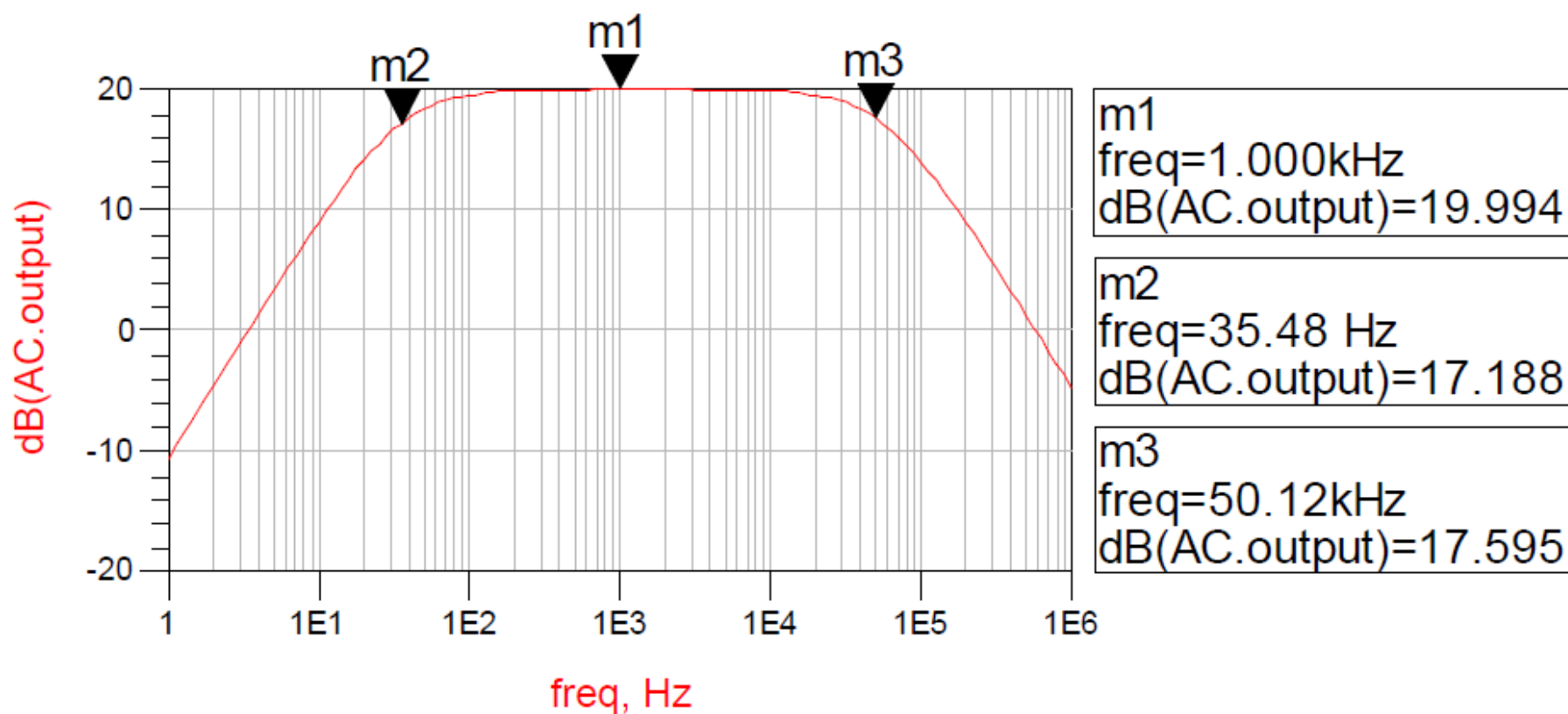


图 4 上图滤波器的频率响应

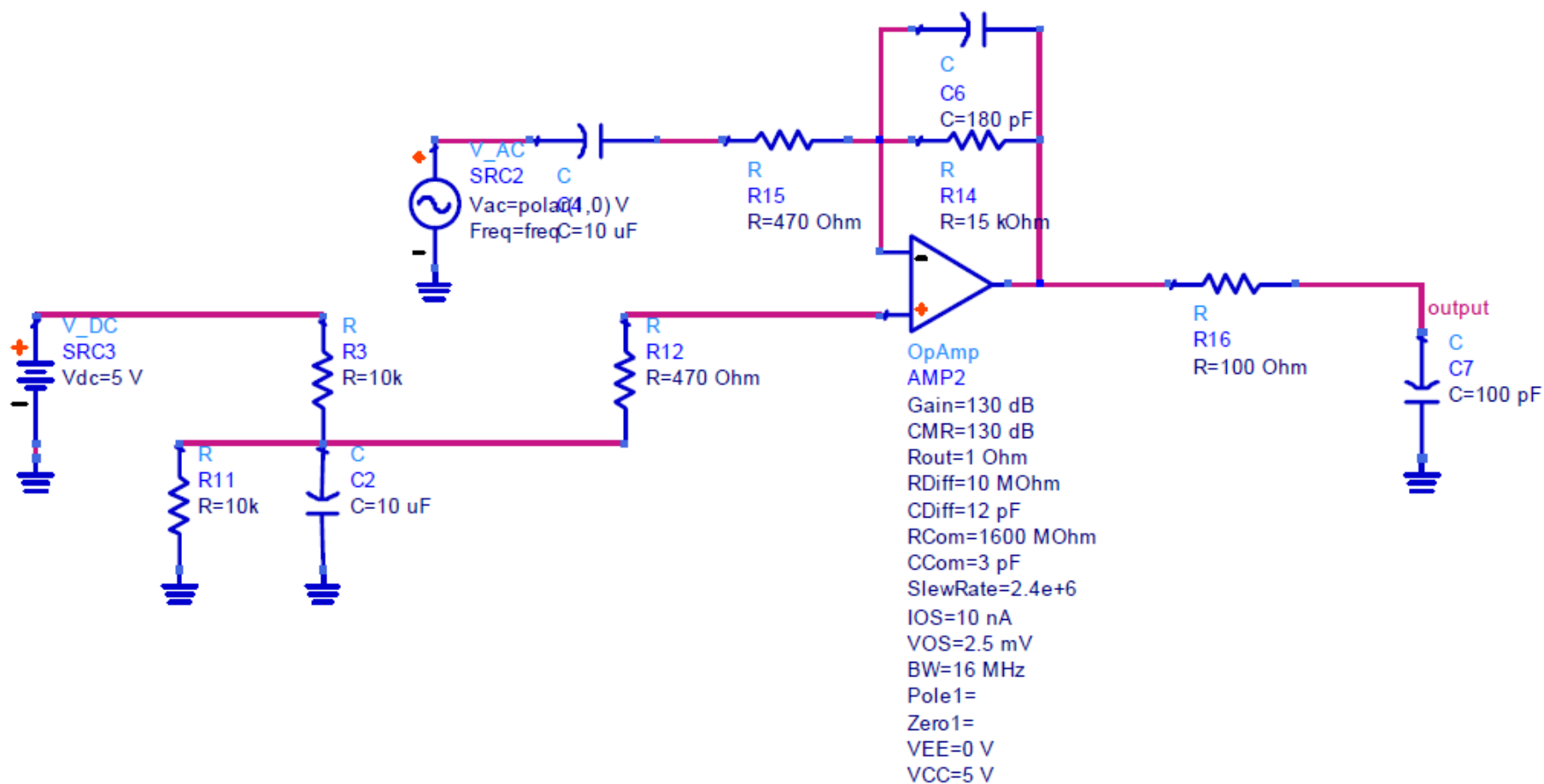


图5 增益为 30dB、带宽为 30Hz-50kHz、的带通滤波器

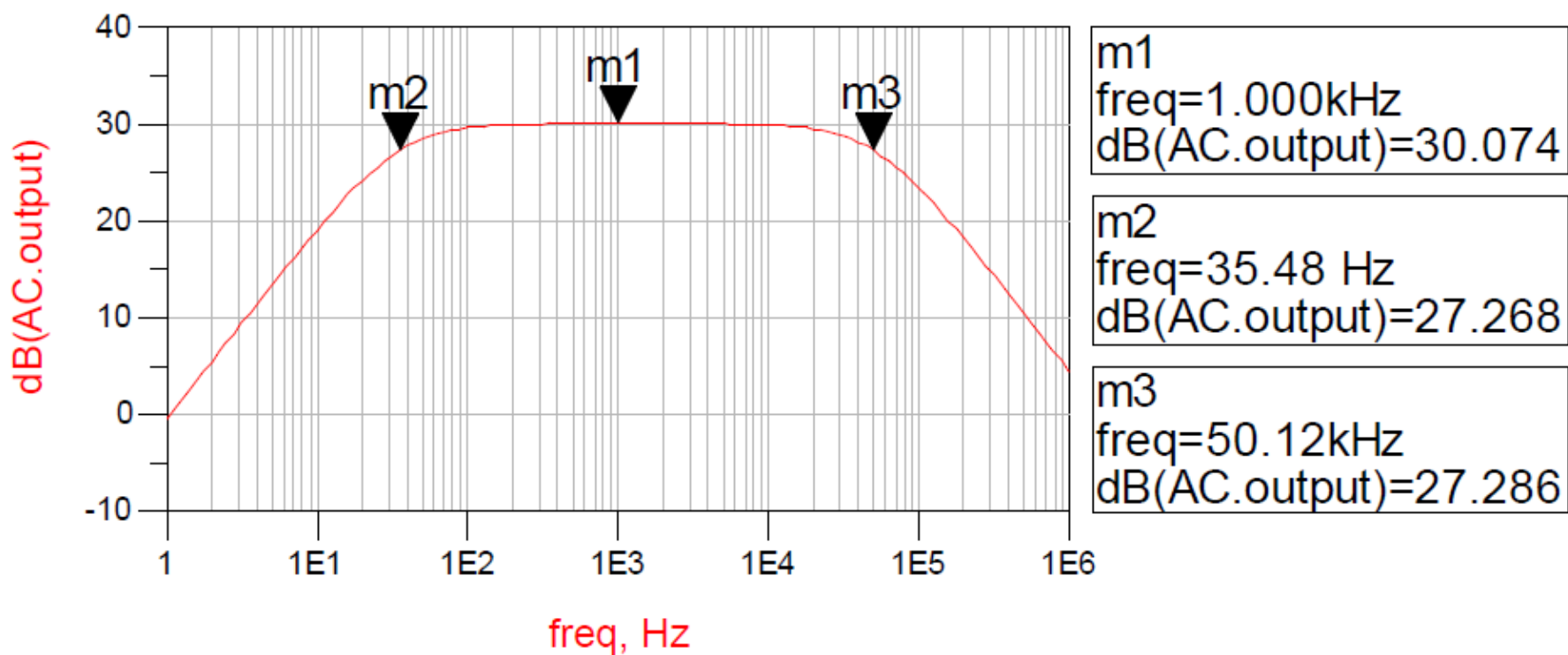


图6 上图滤波器的频率响应

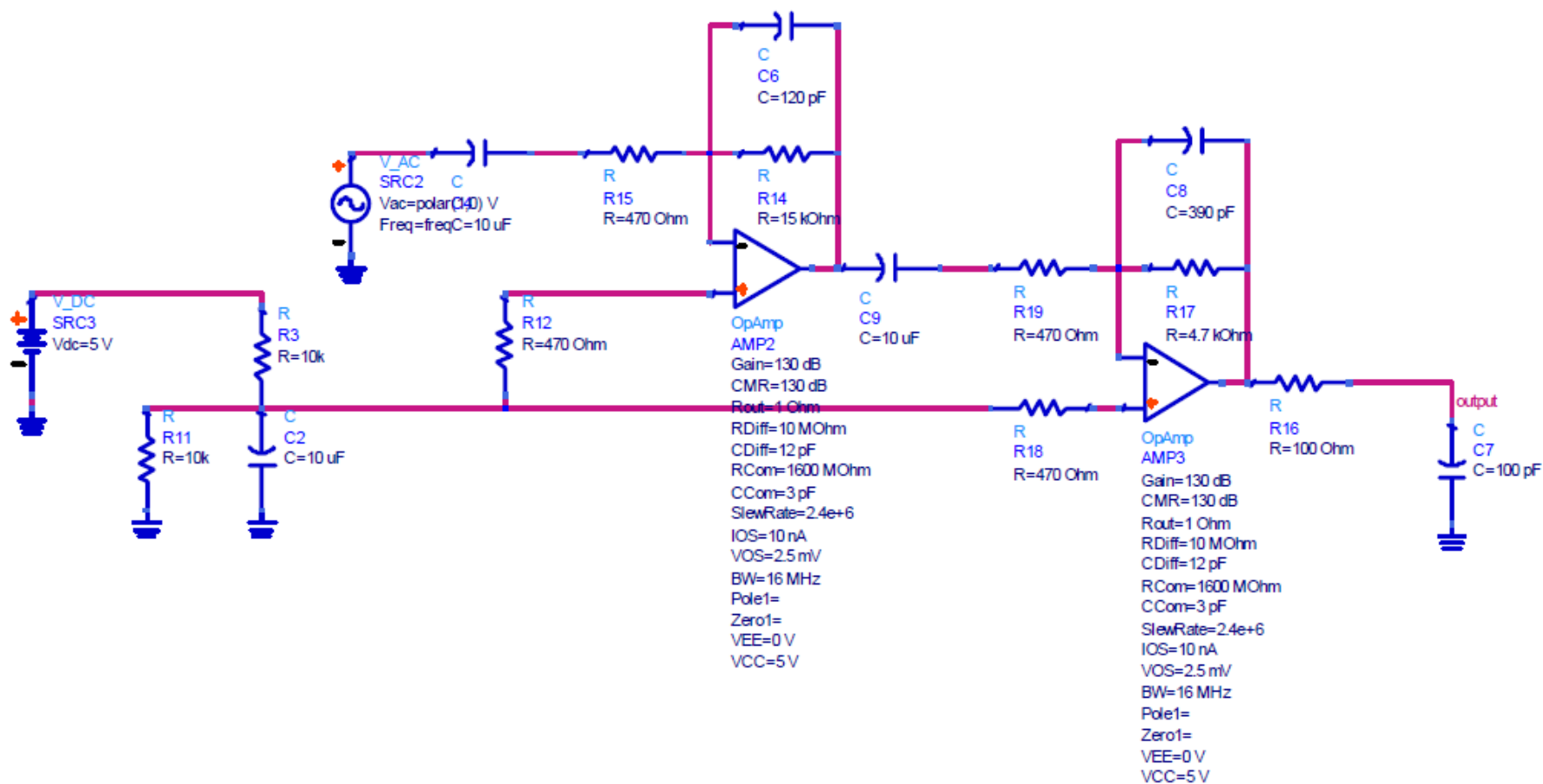


图 7 增益为 50dB、带宽为 30Hz-50kHz 的带通滤波器

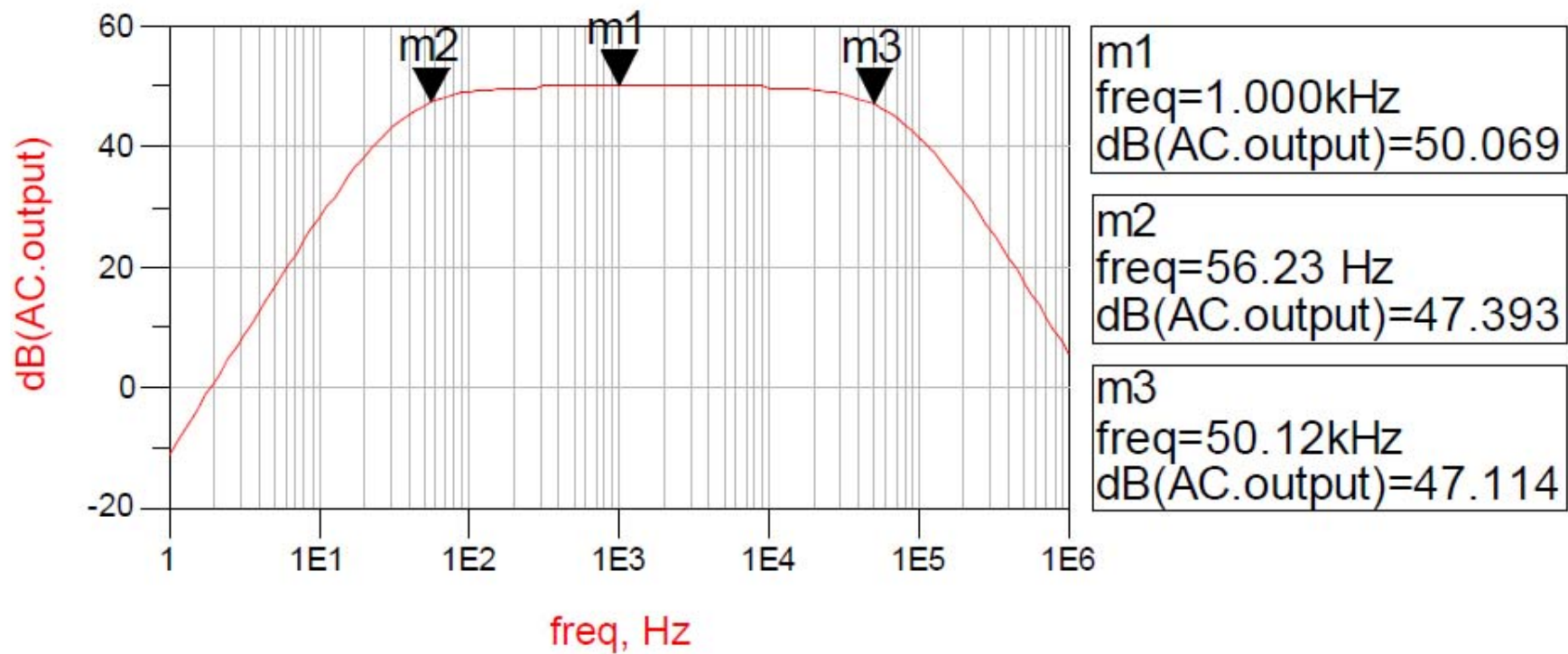


图 8 上图滤波器的频率响应

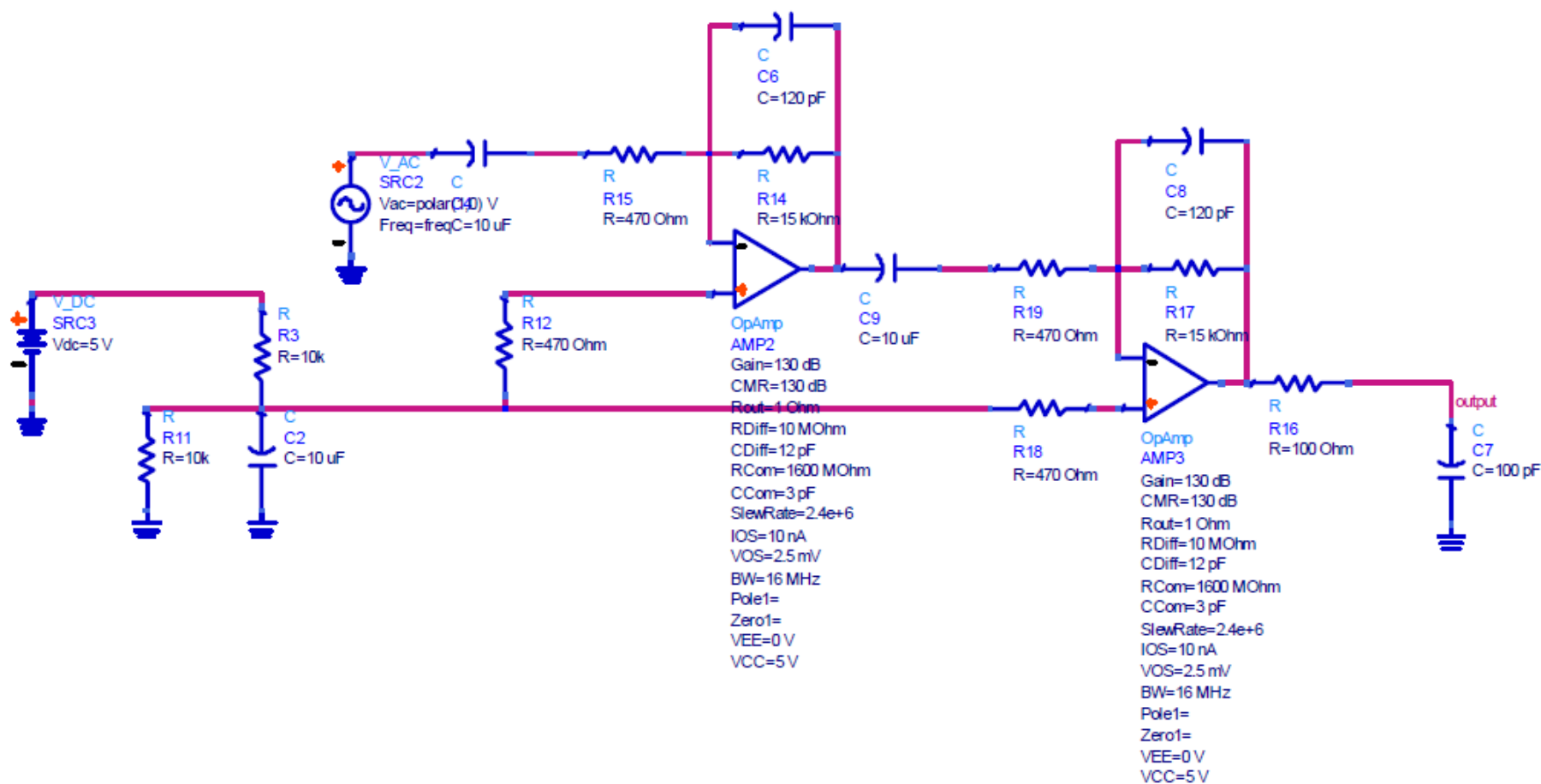


图9 增益为 60dB、带宽为 30Hz-50kHz 的带通滤波器

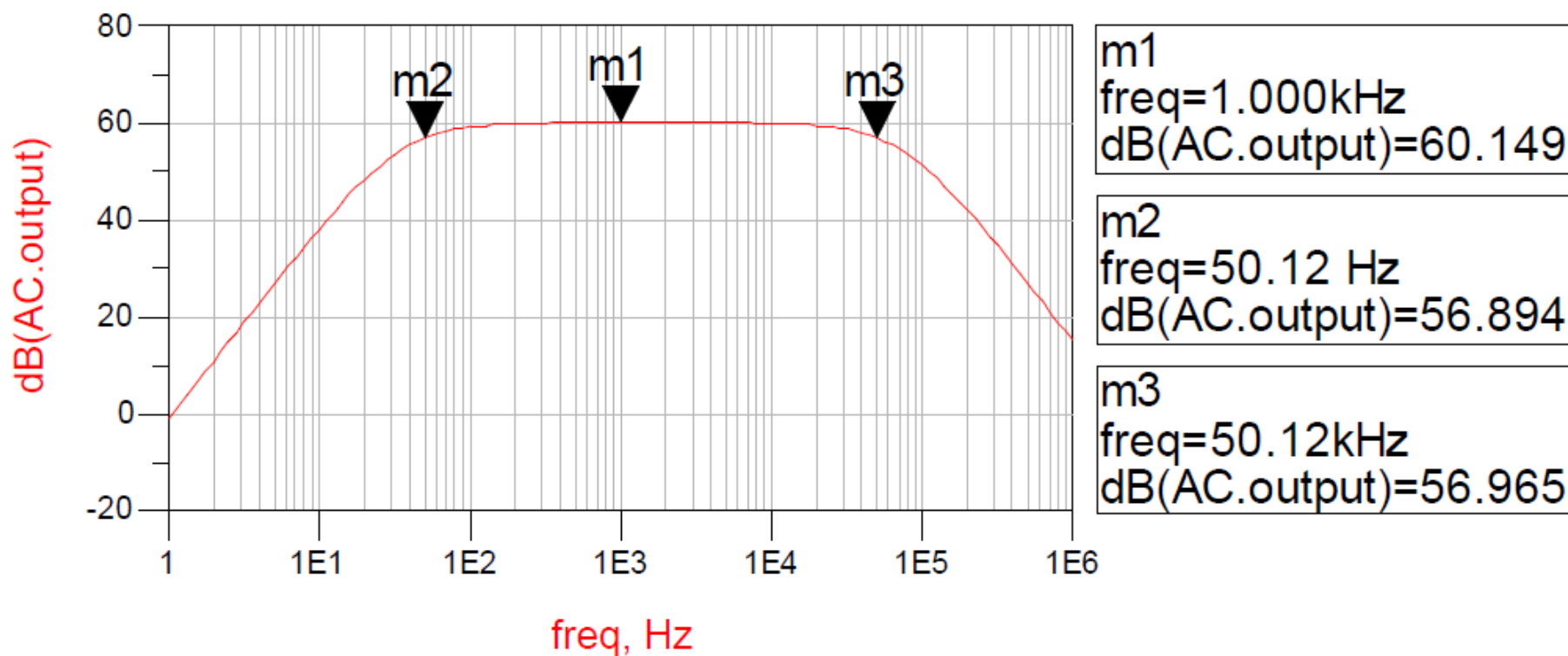


图 10 上图滤波器的频率响应

- 工作于 FMCW 模式、输出端无 IF 放大部分的雷达可选用以下高通滤波放大电路

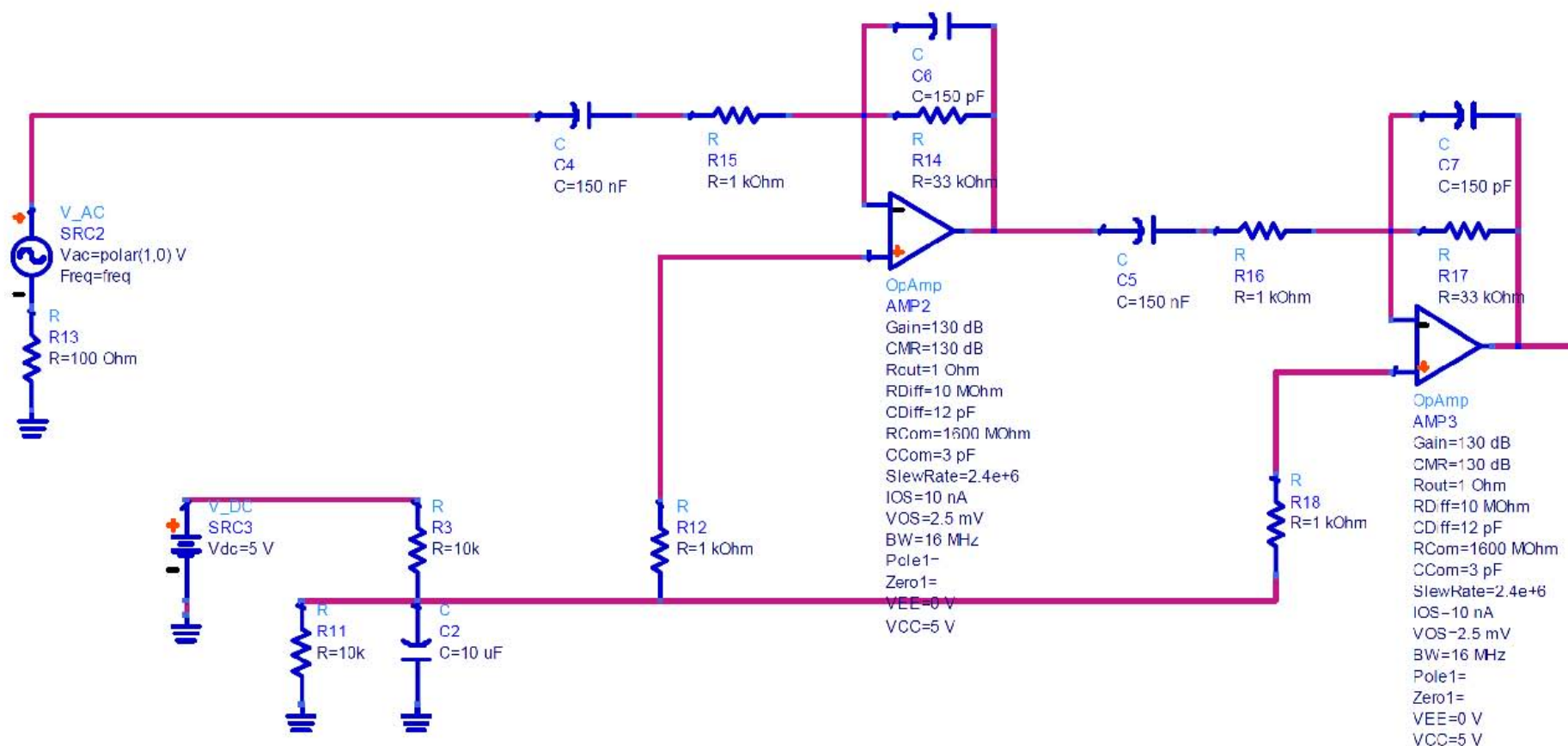


图 11 增益为 60dB、频率为 1kHz 的高通滤波器

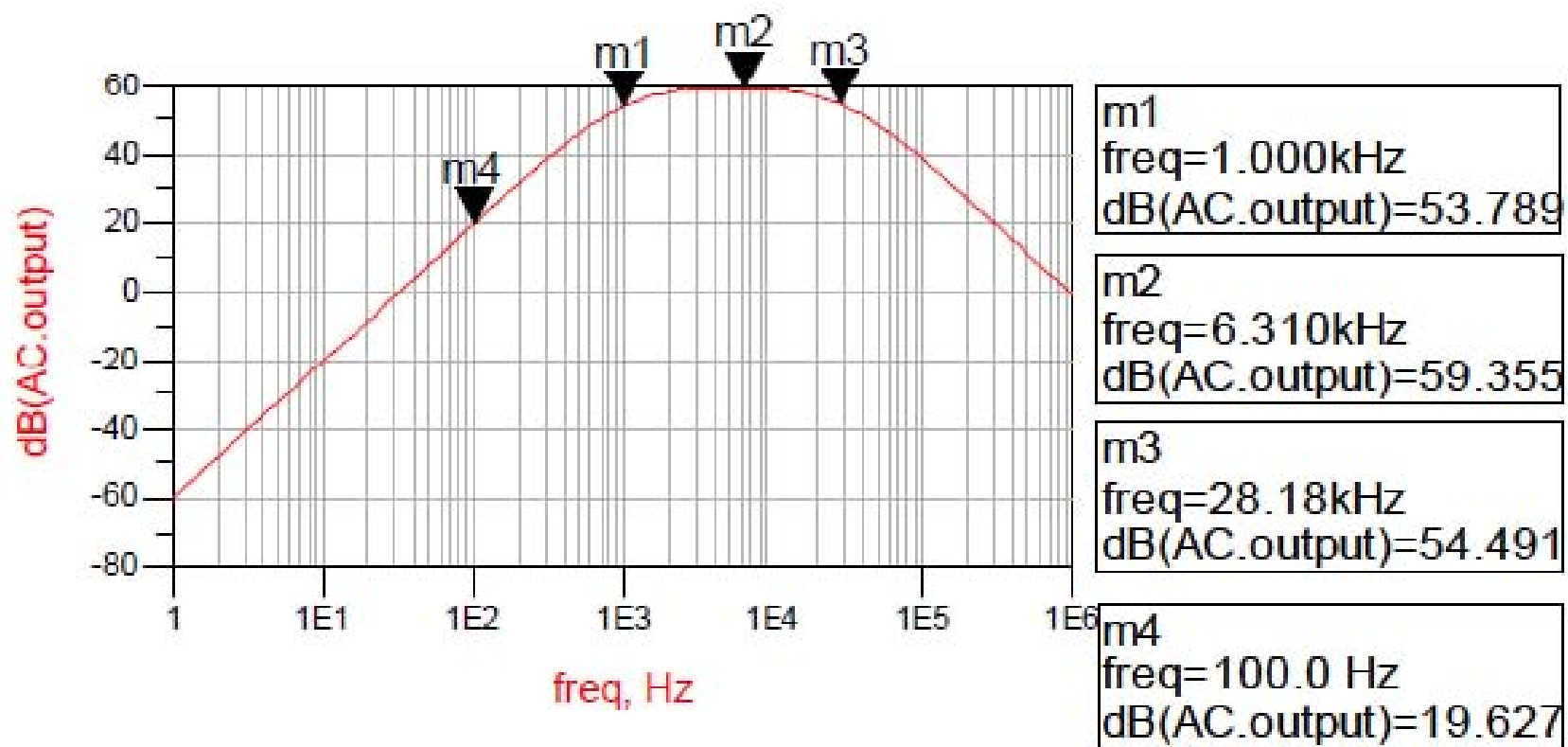


图 12 上图滤波器的频率响应

- 工作于 FMCW 模式、输出端有 IF 放大部分的雷达可选用以下高通滤波放大电路

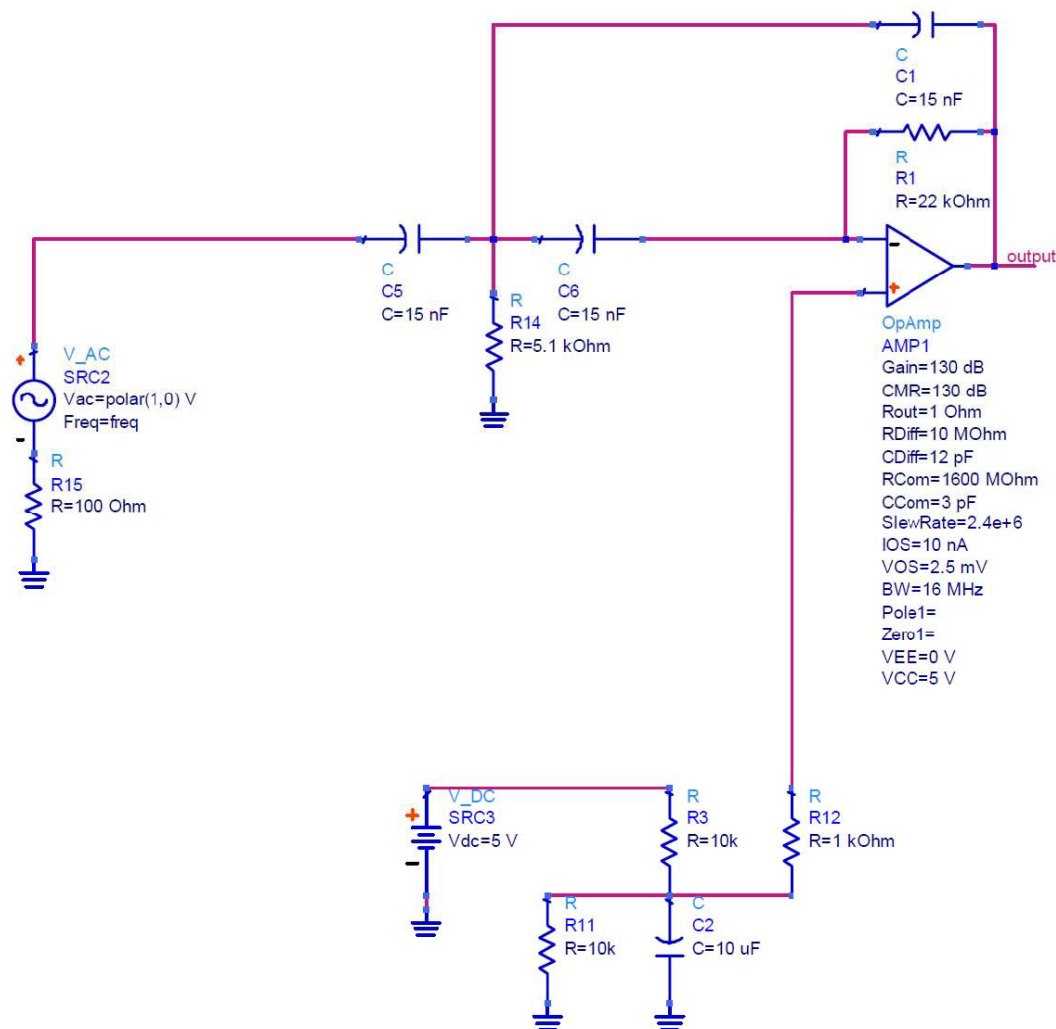


图 13 增益为 0 dB、频率为 1KHz 的高通滤波器

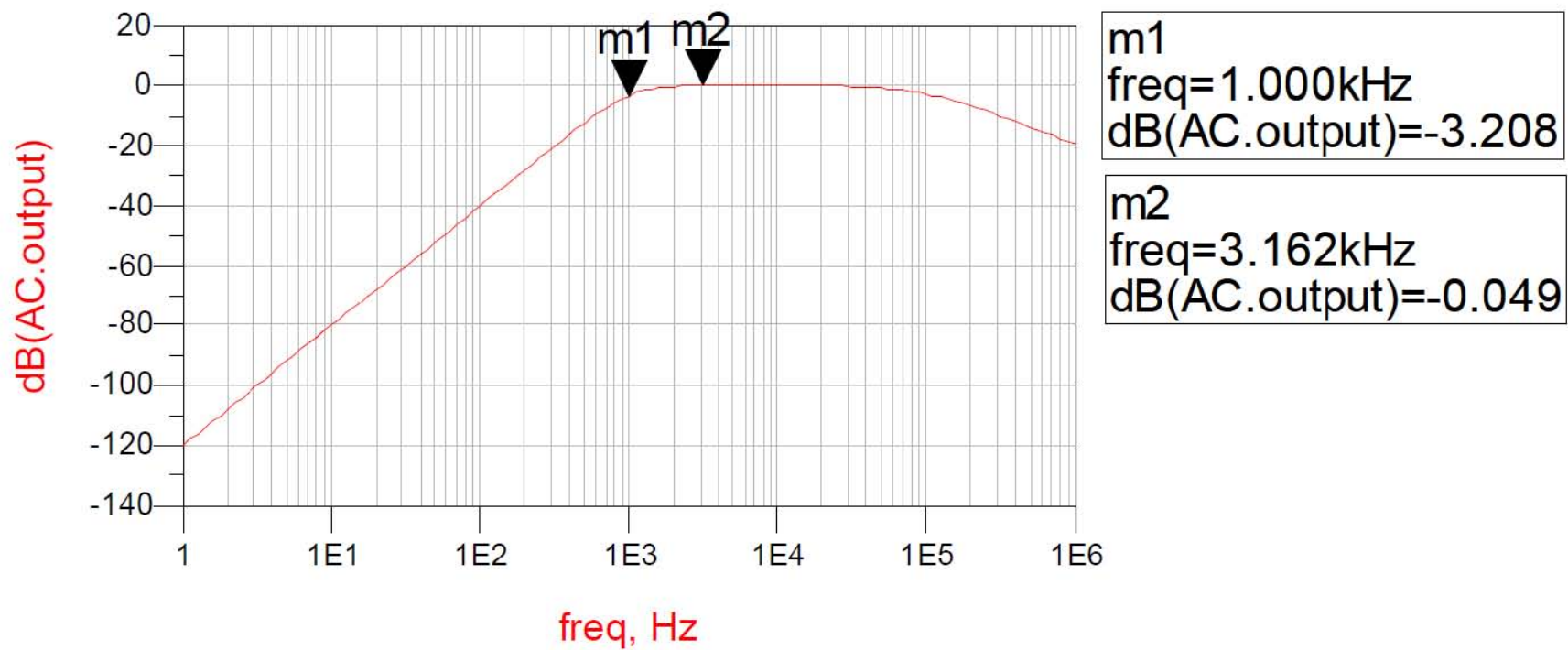


图 14 上图滤波器的频率响应

2.3 滤波效果

以雷达传感器的测距功能为例，图 15 即为一个经三角波调制的输出信号波形。图 16 即为其滤波后的信号波形图。

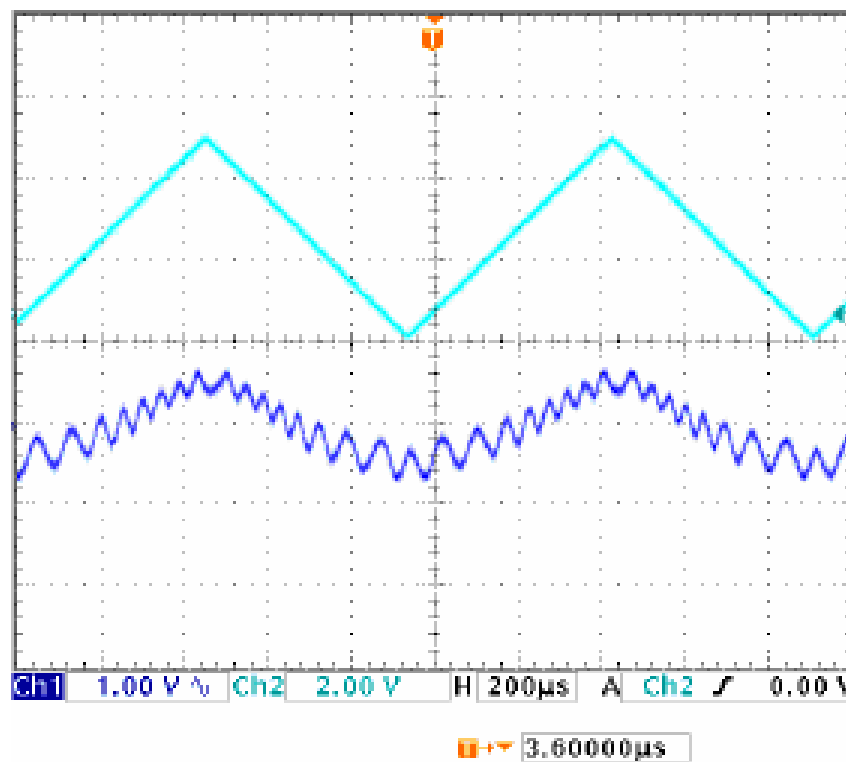


图 15 经三角波调制的输出信号波形

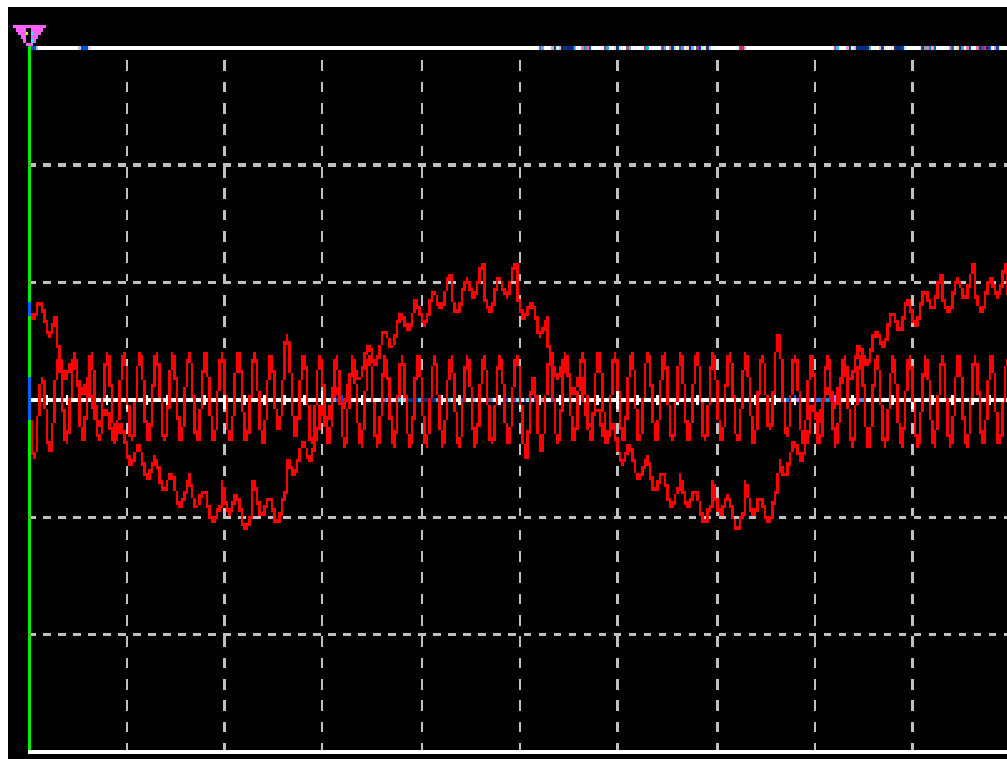


图 16 滤波后的输出信号波形

3 数字信号处理

数字信号处理（DSP）过程包括 A/D 转换，数字滤波，FFT 变换等等。测距应用中还可通过线性调频 Z 变换（chirp-z）等手段来提高测距精度，具体方案可由用户自己设计。下述信号处理流程仅供参考。

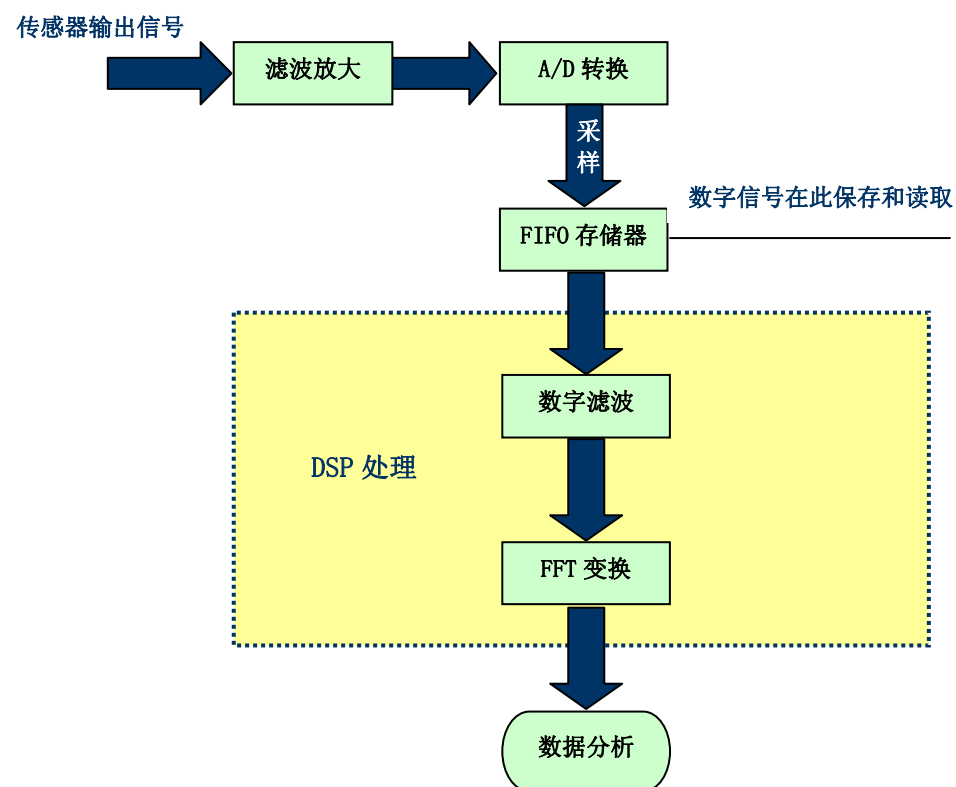


图 17 输出信号处理流程图

由上图可以看出，传感器输出信号经滤波放大处理后，先经 A/D 采样转换成数字信号，然后进入 DSP 模块等待处理。由于采样的速率较高，若频繁的中断 DSP 则会造成处理器处理时间的大量浪费，所以 A/D 采样的数据先送往先进先出存储器(FirstInFirstout，简称 FIFO)，然后再集中交给 DSP。而且，利用 FIFO 的读使能和写使能可以控制对 ADC 采样数据的保存和读取。经 FFT 及相应的 chirp-Z 变换等数字处理运算，最终可分析得到我们所需的信息。

下图 18、19 即为测距应用中，两个经数字信号处理后的信号频谱图。其中，调制信号选用三角波，调制幅度为 0.2~2.2V，调制频率为 250Hz。滤波器采用频率为 5kHz、放大倍数为 50 倍的二阶高通滤波器。

比较两幅图片可知，B 处的频率值要大于 A 处的频率值。这两点的频率值都代表频差 f_D 。也就是说，探测距离越远，信号差频 f_D 可能越大。

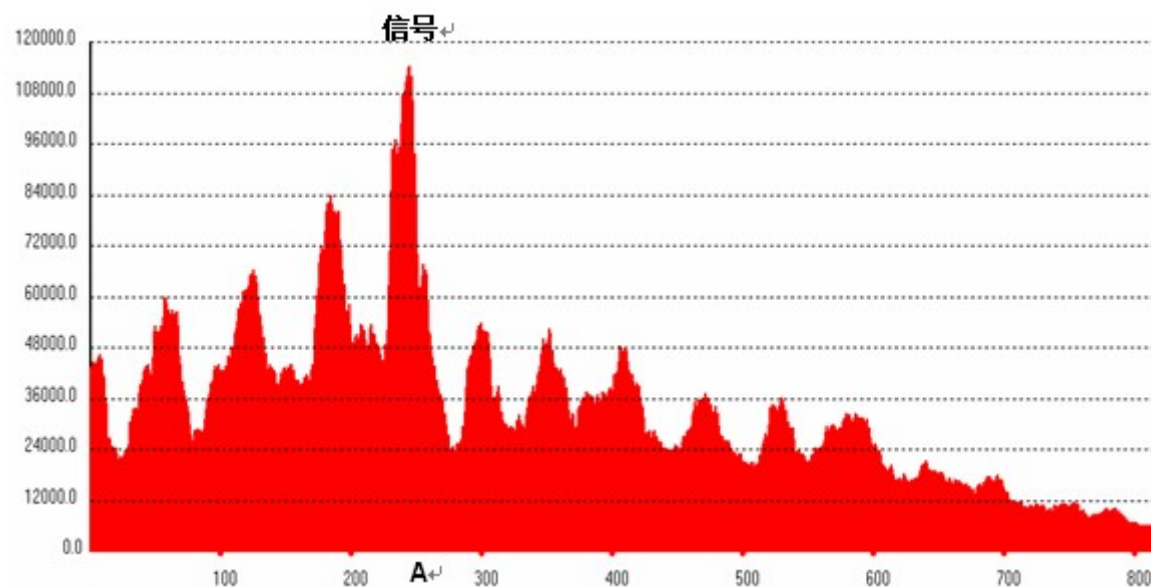


图 18 目标距离 50m 时输出信号频谱图

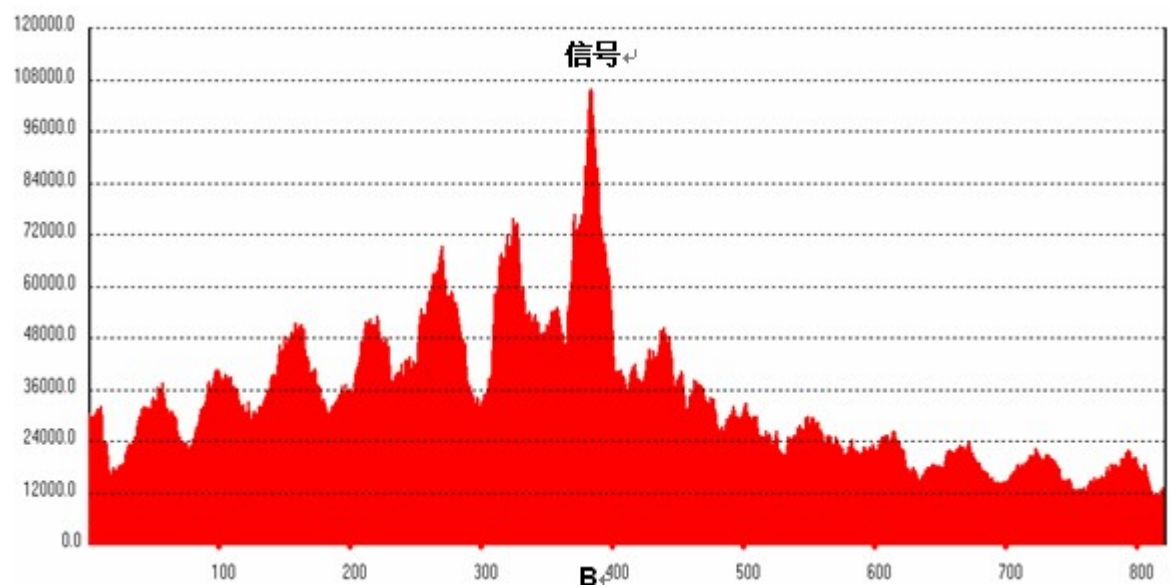


图 19 目标距离 80m 时输出信号频谱图

4 雷达探测精度

雷达传感器的测量精度在很大程度上是由后期的信号处理技术（DSP）决定的。以测距应用为例，调频连续波雷达的距离分辨率将取决于频率测量分辨率，一般频率测量是通过对差频信号进行 FFT 处理实现的。

利用 FFT 技术对信号进行频谱分析时，分析精度主要受制于混叠效应、量化误差、泄漏效应与栅栏效应。混叠效应和量化误差是模拟信号数字化过程引起的，泄漏效应和栅栏效应是离散傅立叶变换所固有的。

由于 FFT 的“栅栏效应”，使得直接采用 FFT 所获得的距离谱具有固定的采样间隔 ΔR ，从而产生 $\Delta R/2$ 的测距误差。这使得测距雷达在近距离测量时相对误差较大。经验表明，增加 FFT 谱线数量、提高频谱分辨率可削弱泄漏效应和栅栏效应的影响，但由于增加了采样长度，将增加时间开销。因此，如何克服 FFT 的“栅栏效应”，提高频谱分辨率，进而提高 FMCW 雷达的测距精度，成为 FMCW 测量雷达的重要研究课题。

版本信息

版本	发布日期	页数	文档描述
1.0	2012.06	25	技术支持手册 II 初稿

公司信息

如您对该产品有任何疑问及建议，请按以下联系方式与我们联系，我们将竭诚为您服务！

公司： 深圳市华儒科技有限公司

地址： 深圳市罗湖区银湖路专家公寓 A 栋东 702

邮编： 518029

电话：（86-755）82428254

传真：（86-755）82422715

E-mail: info@huaruchina.com

公司网址: <http://www.huaruchina.com/>