



F14xxB 有源带通滤波器

一、概述:

F14xxB 系列滤波器模块是基于力洋科技《一种有源滤波器》专利技术基础上创新研发的一种通用型低通、带通有源滤波器 IC 模块,其频带覆盖范围从 0.1Hz 到 1MHz, F1443B 是其中一个超低频产品,主要用于低端截止频率从 0.1Hz 到 1KHz, 高端截止频率从 1Hz 到 10KHz 的超低频带通滤波器,或截止频率为 1Hz~1KHz 的低通滤波器,特别适用于工业电信号检测和医疗电子生物电信号检测等低频模拟信号检测领域。本滤波器的技术特点是:(1)内置了二个 1%精度 30ppm/C、100N 和二 30ppm/C、1N 的高精度电容,解决了构建滤波器难以购到高精度电容的问题。(2)增益 A、频率 f_c 、Q 值无关,设计、调试非常方便。(3)可构成超低频有源带通滤波器。(4)极易构成巴特沃思、切比雪夫、贝塞尔等标准高阶带通滤波器,特别是巴特沃思滤波器。高阶标准滤波器的 Q 值是固定的,因此它的 Q 值电阻也是固定的,本文已经给出了这几种标准高阶滤波器的 Q 值电阻,用户只需查表即可,用户所要做的工作将被减少到主要对截止频率进行编程,即确定频率电阻的值。

该模块包含两个二阶滤波节,第一个二阶滤波节可构成一节二阶高通(HP)或低通(LP)滤波节;第二个二阶滤波节可实现一个二阶低通滤波节。这样,模块具有构成高阶低通和带通滤波器的功能。

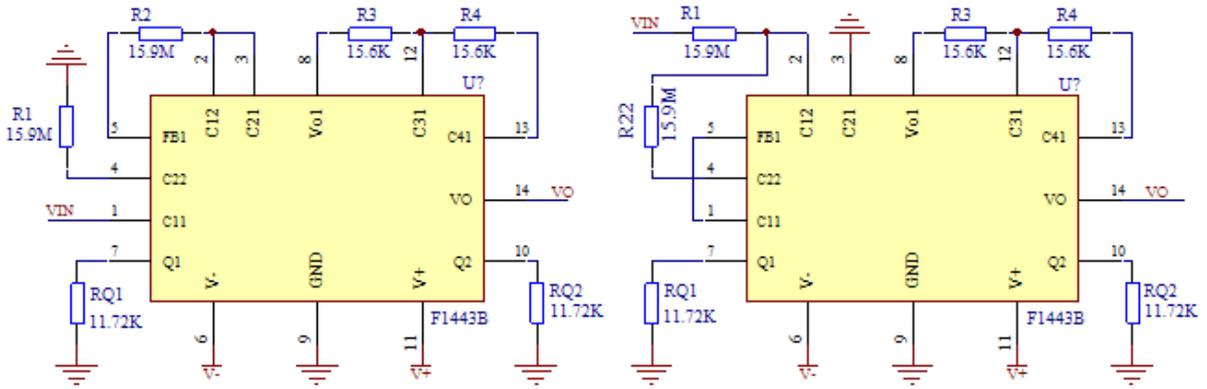
利用 F1443B 滤波器模块构成一个 N 阶滤波器,需要 N/2 种 Q 值编程电阻和 1 到 N/2 种频率编程电阻,共 N/2+1 种到 N 种 1%以上的高精度电阻,这对于开发和应用高阶滤波器会构成采购的困难,为了解决这个问题,本公司提供本产品用 1%~0.1%高精度电阻的长期供货支持,同时也提供 0.1、1、10、100Hz 和 1K、10KHz 特殊截止频率编程电阻的供应。

本模块容易设计频率低达 0.1Hz 的超低频滤波器,广泛应用于生物电信号处理领域。

二、特点:

1. 可以方便构成有源高阶低通、带通滤波器,设计、使用非常方便。
2. 内置 1%高稳定性电容,解决了高精度电容难以购买的问题。
3. 可构成 0.1Hz 到 10KHz 的带通滤波器,极易构成低达 0.1Hz 的超低频滤波器。
4. 每个二阶滤波器节的 Q 值通过一个外接电阻唯一确定,与截止频率、增益无关。
5. 每个二阶滤波器节的截止频率通过两个相同的电阻确定,且不影响 Q 值和增益。N 阶巴特沃思滤波器每个截止频率需要 N 个同阻值的频率电阻,其他标准滤波器需要 N 个 N/2 种不同阻值的电阻。
6. 增益 A 为 1,与 Q 值和截止频率 f_c 无关。
7. SIP14 模块封装,引脚间距为 1.27mm,体积小: 19.6x10x6。PCB: 19.6x6

典型电路



(a)

由 F1433B 构成的 2 阶巴特沃斯带通滤波器(2 阶 0.1Hz HP+2 阶 1KHz LP)

(b)

由 F1433B 构成的 4 阶巴特沃斯低通滤波器(1KHz)

图 1 F14xxB 典型电路电路

三、应用范围

- 1) 各种电子线路、信号处理系统、仪器仪表、工业检测、自动化系统中 0.1Hz~10KHz 有源带通滤波器。
- 2) 医疗产品、生物电医学、生物电信号领域中的超低频带通滤波器。

四、规格：表 1

	第一滤波节电容	第一滤波节频率范围	第二滤波节电容	第一滤波节频率范围
F1443B	100N	0.1H~1KHz	10N	1H~10KHz
F1432B	10N	1H~10KHz	1N	10H~100KHz
F1421B	1N	10H~100KHz	100P	100Hz~1MHz

五、外形尺寸与引脚定义

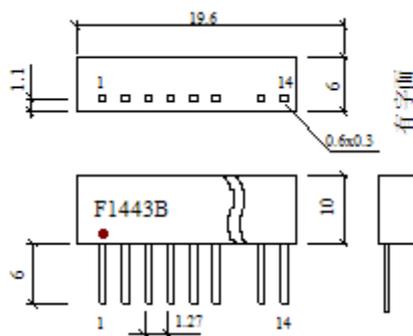


表 2 引脚定义

引脚号	引脚名	功能描述
1	C11	C1 接 VIN。
2	C12	C12 脚 R1a (R1b 接 FB 脚)
3	C21	接 C12 脚

4	C22	接 R2a, (R2b 接 SGND)
5	FB1	第一节反馈端, R1b 接 FB 脚
6	V-/GND	双电源时接负电源, 单电源时接电源地, 与电源地之间要接去耦电容。
7	Q1	与 SGND 之间接 RQ1 设置第一节的 Q 值。
8	VO1	第一节信号输出脚, O1 接 R3a (R3b 接 C31)
9	GND	信号参考地, 双电源时可接电源地, 单电源时接 V+/2。
10	Q2	Q2 脚与 SGND 之间接 RQ2 设置第二节的 Q 值。
11	V+	正电源或电源高端输入脚, 与电源地之间要接去耦电容。
12	C31	接 R3b、接 R4a
13	C41	接 R4b
14	VO2	滤波器输出脚

六、技术指标

- (1) 内置电容精度: $\pm 1\%$, $\pm 0.5\%$
- (2) 供电电压 V_{sup} : $\pm 4 \sim \pm 18V$, $4 \sim 36V$
- (3) 输入电压 V_{sin} : $\pm V_{sup}$ (供电电压)
- (4) 放大器单位增益: $5MHz$
- (5) 放大器噪声: $16nV/(Hz)^{0.5}$ (1KHz)
- (6) 动态范围:

表 3

供电电压 V_p	4V	5V	7.5V	10V	15V
最大工作电压 V_s	2.4V	3.5V	6V	8.5V	13.5V
$K (=V_s/V_p)$	0.6	0.7	0.8	0.85	0.9

- (7) 环境温度级别: C 级: $0 \sim 70/C$, I 级: $-40 \sim 85/C$, M 级: $-55 \sim 125/C$

七、设计方法

7.1 设计程式:

- (1) 高通截止频率 f_{c1} :

$R1=R2=R_{f1}$, $C1=C2=C_{f1}=0.1\mu F$ (内置),

$$f_{c1} = 1 / (2 * \pi * R_{f1} * C_{f1}); R_{f1} = 1.59M / f_{c1} \quad (1)$$

当 $f_{c1}=0.1Hz$ 时 $R_{f1}=15.9 MR$

- (2) 低通截止频率 f_{c2} : $R3=R4=R_{f2}$, $C3=C4=C_f=0.01\mu F$ (内置),

$$f_{c2} = 1 / (2 * \pi * R_{f2} * C_f); R_{f2} = 15.9M / f_{c2} \quad (4)$$

当 $f_{c2}=1KHz$ 时 $R_{f2}=15.9K$

- (3) Q 值电阻: 查表 4, 比如四阶巴特沃思带通滤波器, $R_{q1}=16.2K$, $R_{q2}=131.4K$

- (4) 输入信号最大值:

$$V_{imax} = K * V_{DD} / (3 - 1/Q)$$

式中: K 参见表 4, Q 为某个滤波器节的 Q 值, V_{imax} ---该滤波器节的输入信号最大值, 对于高阶滤波器, 则是所有滤波器节的 V_{imax} 中最小的值。

- (5) 增益: 各滤波器节的增益都等于 1, 则总增益也是 1。

- (6) 电路图: 参考图 2 的电路

7.2 设计示例:

试用 F1443B 滤波模块构成一个 4 阶巴特沃斯带通滤波器, 要求 $f_{ch}=0.1\text{Hz}$, $f_{cL}=1\text{KHz}$ 。电源为 $V_{DD}=+10\text{V}$, $V_{EE}=-10\text{V}$ 。

解: 这是一个宽带带通滤波器的设计, 可以将带通滤波器分解为高通、低通这两个单独的滤波器来实现, 第一个模块完成四阶高通、低通的前一个 2 阶带通滤波器节, 第二个模块完成后一个 2 阶带通滤波器节。

截止频率编程电阻的确定:

本例是设计一个巴特沃斯滤波器, 巴特沃斯滤波器各滤波节的截止频率相同。

高通: $f_{cH}=0.1\text{Hz}$, $R_{fH}=1.59\text{M}/f_c=1.59/0.1=15.9\text{M}$, 取 15.6M

低通: $f_{cL}=1\text{KHz}$, $R_{fL}=15.9\text{K}/f_{ck}=15.9/1=15.9\text{K}$, 取 15.6K

Q 值编程电阻的确定:

对于巴特沃斯滤波器, 可以直接从表 4 查出 Q 值电阻。

查表 4 得, 四阶巴特沃斯带通滤波器的两个滤波节的 Q 值电阻为: $R_{Q1}=131.4\text{K}$, $R_{Q2}=16.2\text{K}$

总增益: $A=1$

最大输入信号: 查表 4, 当 $V_{DD}/-V_{EE}=10\text{V}$, $V_{ippmax}=7\text{V}$

电路实现: 如图 2 所示:

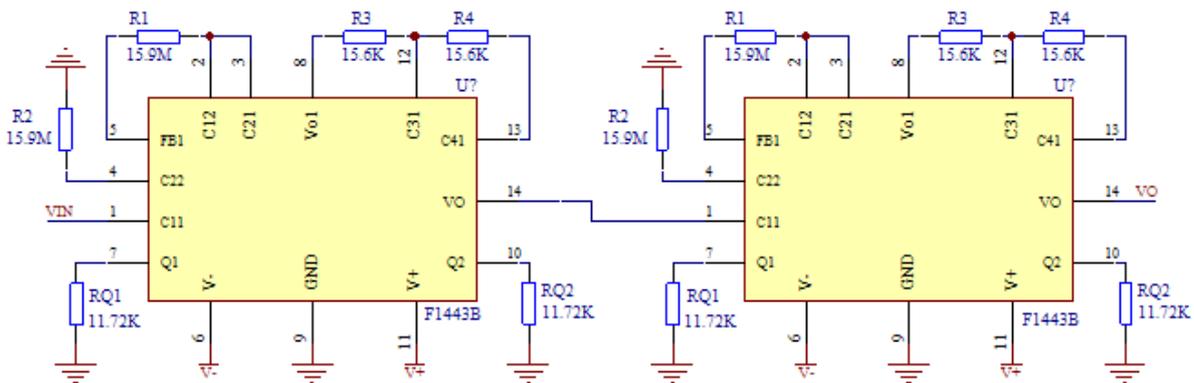


图 2 0.1Hz~1KHz 4 阶 BUTTERWORTH 带通滤波的 F1443B 器件实现

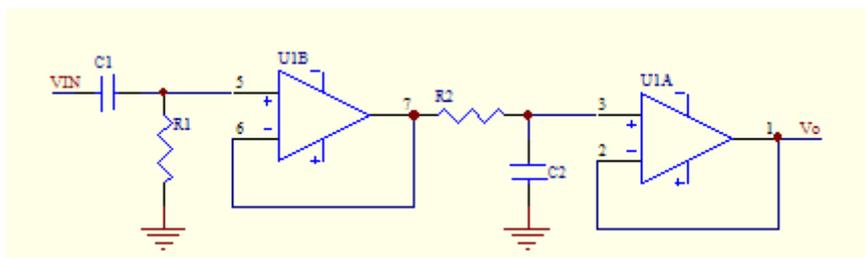


图 3 高阶奇次带通滤波器中的一阶滤波环节 ($Q=0.50$)

表4 巴特沃思滤波器设计用表

极点数	类型	电路单元	kf	Q	RQ (KR)	输入电压最大值			
						VDD=5V	VDD=10V	VDD=12V	VDD=15V
2	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	0.707107	34.1	4.4	10.1	13.3	17.0
3	一阶单位滤波节	图3	1	0.500000					
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	1.000000	20.0	3.5	8.0	10.6	13.5
4	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	0.541196	131.4				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	1.306563	16.2	3.1	7.2	9.5	12.1
5	一阶单位滤波节	图3	1	0.500000					
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	0.618034	52.4				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	1.618034	14.5	2.9	6.7	8.9	11.3
6	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	0.517638	293.5				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	0.707107	34.1				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	1.931852	13.5	2.8	6.4	8.5	10.9
7	一阶单位滤波节	图3	1	0.500000					
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	0.554958	101.0				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	0.801938	26.6				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	2.246980	12.9	2.7	6.3	8.3	10.6
8	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	0.509796	520.4				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	0.601345	59.3				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	0.899976	22.5				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1	2.562915	12.4	2.7	6.1	8.1	10.3

注：各滤波器节的截止频率 $f_{ci}=f_c \cdot K_f$

表5 贝塞尔滤波器设计用表

极点数	单元类型	电 路 单 元	频率系数 kf	Q值	RQ (KR)	输入电压最大峰峰值 V_{ipp}			
						VDD=5V	VDD=10V	VDD=12V	VDD=15V
2	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.2742	0.577350	74.6	5.5	12.6	16.7	21.3
3	一阶单位滤波节	图3	1.32475	0.500000					
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.44993	0.691040	36.2	4.5	10.3	13.6	17.4
4	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.43241	0.521930	238.0				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.60594	0.805540	26.4	4.0	9.1	12.0	15.4
5	一阶单位滤波节	图3	1.5047	0.500000					
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.55876	0.563540	88.7				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.75812	0.916480	22.0	3.7	8.4	11.1	14.1
6	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.60653	0.510320	494.5				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.69186	0.611200	55.0				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.90782	1.023300	19.6	3.5	7.9	10.4	13.3
7	一阶单位滤波节	图3	1.68713	0.500000					
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.71911	0.532350	164.6				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.82539	0.660830	41.1				

	二阶单位滤波节	图1 (a)	2.05279	1.126300	18.0	3.3	7.6	10.0	12.8
8	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.78143	0.505990	844.7				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.83514	0.559610	93.9				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.95645	0.710850	33.7				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	2.19237	1.225700	16.9	3.2	7.3	9.7	12.4

注：各滤波器节的截止频率 $f_{ci}=f_c \cdot K_f$

表 6 切比雪夫滤波器设计用表

极点 数	单元类型	电 路 单 元	频率系数 kf	Q值	RQ	输入电压最大峰峰值 V _{ipp}			
						极点数	单元类型		
4	二阶单位滤波节	图1 (a)	0.67442	0.657250	41.8				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.07794	2.536110	12.5	2.7	6.1	8.1	10.4
5	一阶单位滤波节	图3	0.43695	0.500000					
	二阶单位滤波节	图1 (a)	0.73241	1.035930	19.3				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.04663	3.875680	11.5	2.6	5.8	7.7	9.8
6	二阶单位滤波节	图1 (a)	0.44406	0.637030	46.5				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	0.79385	1.555650	14.7				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.03112	5.520420	11.0	2.5	5.7	7.5	9.6
7	一阶单位滤波节	图3	0.3076	0.500000					
	二阶单位滤波节	图1 (a)	0.53186	0.959560	20.9				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	0.84017	2.190390	13.0				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.0223	7.467820	10.7	2.4	5.6	7.4	9.4
8	二阶单位滤波节	图1 (a)	0.33164	0.630410	48.3				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	0.61962	1.383260	15.7				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	0.87365	2.931740	12.1				
	二阶单位滤波节	图1 (a)	1.01679	9.716780	10.5	2.4	5.5	7.3	9.3

注：各滤波器节的截止频率 $f_{ci}=f_c \cdot K_f$