

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем проектирования в микроэлектронике
Российской академии наук (ИППМ РАН)

Библиотека схемотехнических решений

Широкополосный избирательный RC-фильтр с дифференциальным входом
на основе мультидифференциального операционного усилителя

Денисенко Д.Ю., d.u.denisenko@gmail.com,
Бутырлагин Н.В., nbutyrlagin@mail.ru,
Иванов Ю.И., ivanov.taganrog@gmail.com,
Прокопенко Н.Н., prokopenko@sssu.ru

Научно-исследовательская лаборатория проблем проектирования в
экстремальной микроэлектронике ИППМ РАН и Донского государственного
технического университета (г. Ростов-на-Дону)

1. Области применения активного RC-фильтра на основе
мультидифференциального операционного усилителя (МОУ)

В качестве согласующего блока современных устройств вибродиагностики применяют различные комбинации фильтров низких и высоких частот, в том числе зарядочувствительные усилители, обеспечивающие выделение спектра полезного сигнала до его обработки аналого-цифровым преобразователем [1].

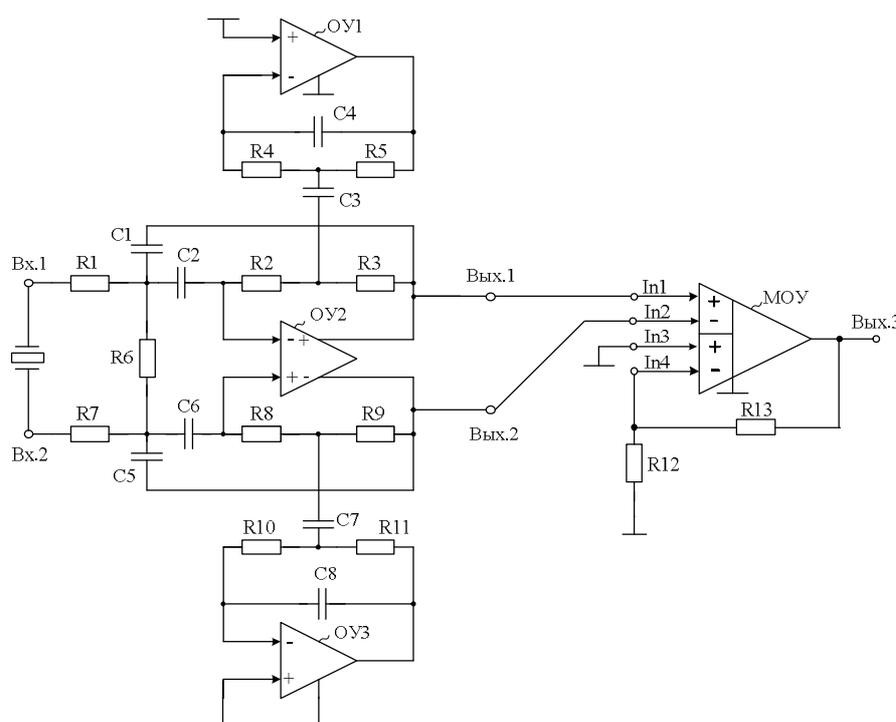


Рис. 1. Широкополосный избирательный RC-фильтр с дифференциальным входом на основе мультидифференциального операционного усилителя [1]

Практическая реализация схемы рис. 1 может быть осуществлена в рамках различных технологий: tsmc (BiCMOS), SiGe (IHP, Германия), NHGRACE SoI (кремний на изоляторе), H10-CMOS090_LP (АО «Микрон», г. Зеленоград), ЗКБТ (BiJFet-биполярно-полевой техпроцесс, АО «Интеграл», г. Минск), комплементарный биполярный техпроцесс (АО «НПП Пульсар», г. Москва) и др.

2. Текстовое описание функциональной схемы МОУ

Схема активного RC-фильтра (ARC-фильтра) рис.1 включает:

- частото задающие резисторы (R1-R13),
- частото задающие конденсаторы (C1-C8),
- операционные усилители (ОУ1, ОУ2, ОУ3),
- мультидифференциальный операционный усилитель (МОУ).

Основная задача схемы рис.1 состоит в увеличении гарантированного затухания амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) активного RC-фильтра для обработки пьезоэлектрических сигналов датчиков за пределами полосы пропускания полезного сигнала, что обеспечивается за счет симметричного дифференциального входа.

3. Компьютерное моделирование схемы ARC-фильтра

В частном случае схема ARC-фильтра на основе МОУ [2,3] рис. 1 исследовалась в САПР Micro-Cap 11 и показана на рис. 2.

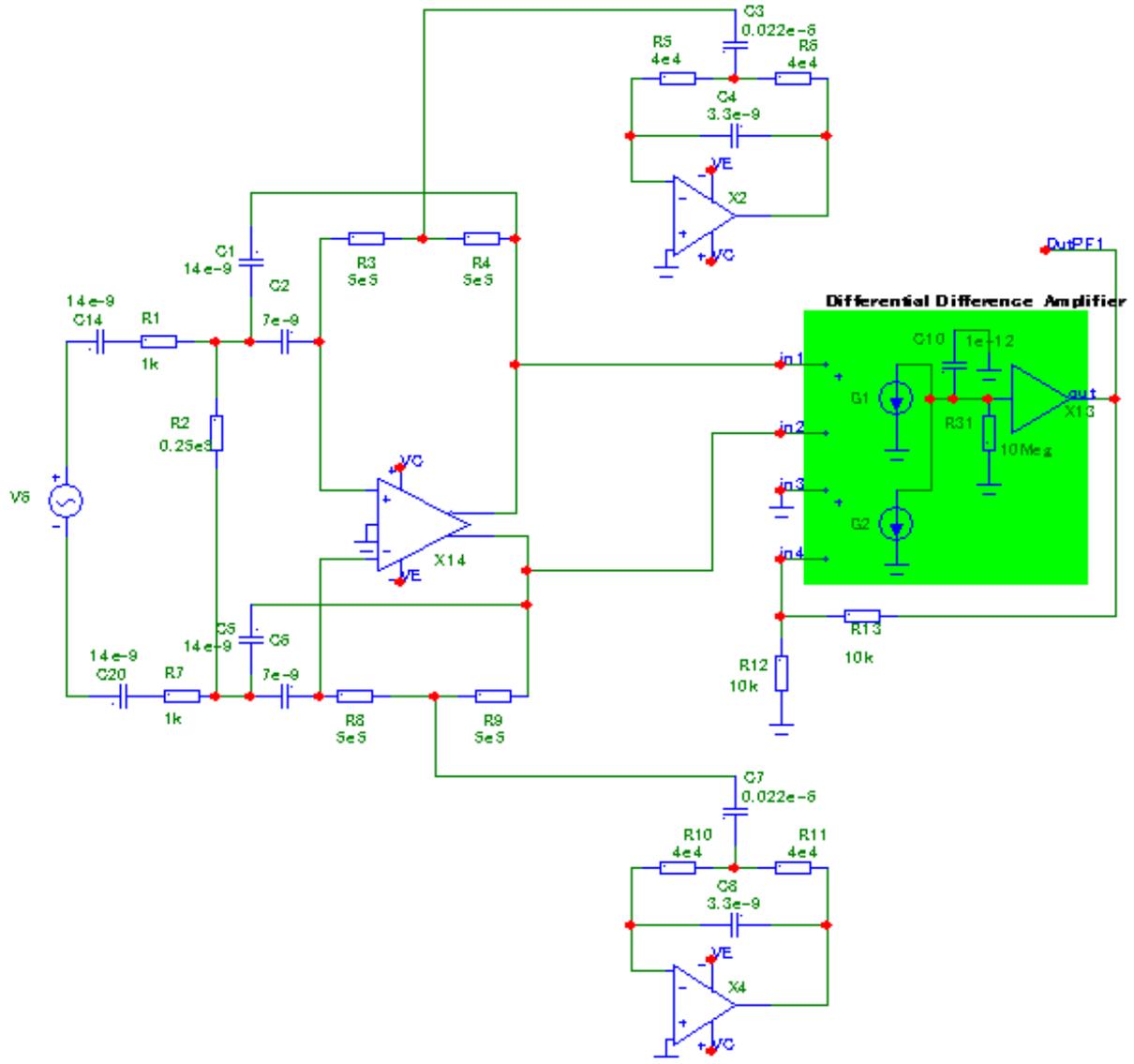


Рис. 2 Схема ARC-фильтра на основе МОУ рис. 1

4. Ожидаемые параметры и характеристики ARC-фильтра на основе МОУ

На рис. 3 представлены результаты компьютерного моделирования схемы аналогового RC-фильтра рис. 2.

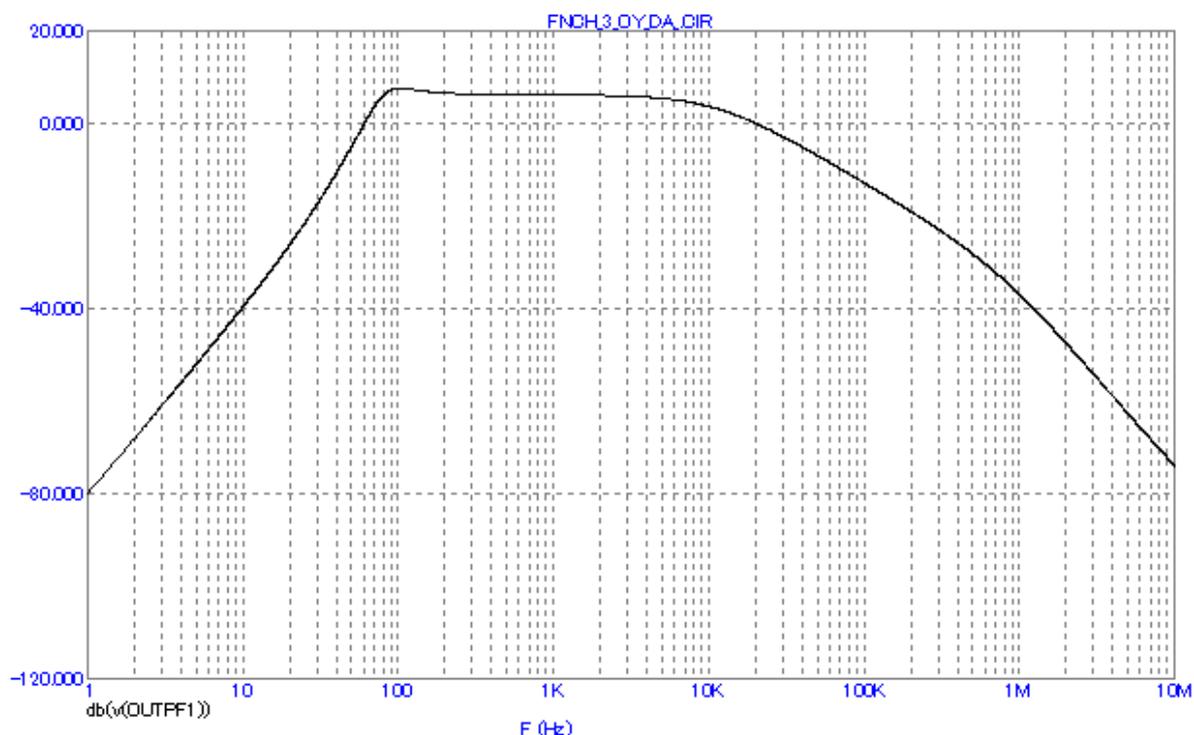


Рис. 3 АЧХ коэффициента усиления схемы ARC-фильтра

Результаты компьютерного моделирования схемы рис. 2, представленные на рис. 3, показывают, что рассмотренный ARC-фильтр обеспечивает высокое ослабление сигналов вне полосы пропускания [1].

5. Параметры оптимизации

Практический интерес представляет определение оптимальных значений g_{m1} , g_{m2} , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , C_1 , C_2 , C_3 при заданных ограничениях на максимальную скорость нарастания выходного напряжения МОУ, разомкнутый коэффициент усиления, запас устойчивости по фазе, энергопотребление, ослабление синфазных сигналов, геометрию транзисторов, схемотехнику токовых зеркал (более 50 модификаций) [4] и буферного усилителя (более 30 модификаций) и т.п.

Разработка выполнена в рамках гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10109)

Netlist в Spice (рис.2)

```
1: C:\Users\Uset\Desktop\FNCH_3n_829v3\FNCH_3_OY_DA_.CIR
2: V4 VC 0 DC 15
3: V5 VE 0 DC -15
4: X13 3 OutPF1 AMP PARAMS: GAIN=1
5: R31 0 3 10Meg
6: C10 3 0 1e-12
7: G1 3 0 in1 in2 0.00001
8: RG1 in1 in2 1G ;added by G1
9: G2 3 0 0 in4 0.00001
10:RG2 0 in4 1G ;added by G2
11:V6 INTERIOR_NONE1 9 SIN (0 1 2000 0 0 0)
12:RV6 8 INTERIOR_NONE1 0.001 ;added by V6
13:C14 8 10 14e-9
14:R2 11 12 0.25e5
15:C2 13 11 7e-9
16:C1 in1 11 14e-9
17:R3 13 14 5e5
18:R4 14 in1 5e5
19:R5 15 16 4e4
20:R6 16 17 4e4
21:C3 16 14 0.022e-6
22:C4 17 15 3.3e-9
23:R7 18 12 1k
24:C20 9 18 14e-9
25:C6 19 12 7e-9
26:C5 in2 12 14e-9
27:R8 19 20 5e5
28:R9 20 in2 5e5
29:R11 21 22 4e4
30:C7 21 20 0.022e-6
31:C8 22 23 3.3e-9
32:R12 in4 0 10k
33:R13 in4 OutPF1 10k
34:X2 0 15 VE 17 VC OP_27
35:X4 0 23 VE 22 VC OP_27
36:X14 13 19 VC VE in1 in2 0 AD8132
37:R1 10 11 1k
38:R10 23 21 4e4
39:*
40:*** From file C:\MC11\library\AMP.MAC
41:.SUBCKT AMP PinA PinB PARAMS: GAIN=1
42:E1 PINB 0 PINA 0 {GAIN}
```

```

43:RE1 PINA 0 1G;added by E1
44:.ENDS AMP
45:*
46:OPAMP
47:PINS: 1=NC+ 2=NC- 3=VEE 4=VO 5=VCC
48:.SUBCKT OP_27 1 2 3 4 5
49:IEE 10 3 8.401999999999999e-005
50:VS1 11 0 0
51:VC 5 16 1.8000000000000001
52:VE 17 3 1.8000000000000001
53:VLP 19 0 20
54:VLN 0 20 20
55:VS2 13 15 0
56:F1 13 14 POLY(5) VS1 VC VE VLP VLN 0 47746482.92756861 -
    47746482.92756861
57:+ 47746482.92756861 47746482.92756861 -47746482.92756861
58:E1 14 0 POLY(2) 5 0 3 0 0 0.5 0.5
59:H1 18 0 VS2 1000
60:GCM 0 12 10 0 7.557734198666343e-010
61:GA 12 0 6 7 0.001507964473723101
62:C1 6 7 8.660254037844386e-012
63:CE 10 14 1e-019
64:C2 12 13 3e-011
65:RC1 5 6 663.1455962162306
66:RC2 5 7 663.1455962162306
67:RE1 8 10 47.32264900962777
68:RE2 9 10 47.32264900962777
69:RE 10 14 2380385.622470841
70:RP 5 3 40036.65578262764
71:R2 12 11 100000
72:RO2 13 14 25
73:ROUTAC 15 4 50
74:D5 3 5 D
75:D3 4 16 D
76:D4 17 4 D
77:D1 18 19 D
78:D2 20 18 D
79:Q1 6 2 8 QINN
80:Q2 7 1 9 QINP
81:*
82:.MODEL D D ()
83:.MODEL QINN NPN (BF=2896.551724137931)
84:.MODEL QINP NPN (BF=7636.363636363636 IS=1e-016)
85:.ENDS OP_27
86:*

```

87:.LIB "C:\MC11\library\NOM.LIB"

88:*

89:*

90:.PROBE

91:.END

Список литературы:

1. Широкополосный избирательный RC-фильтр с дифференциальным входом: заявка на патент РФ; МПК: H03H 11/12, H03H 3/70, G01M 1/22, G01H 17/00 / Д.Ю. Денисенко, Н.В. Бутырлагин, А.А. Игнашин, Н.Н. Прокопенко – № 2018143825/08; Заявл. 11.12.18.
2. Денисенко Д.Ю., Бутырлагин Н.В., Иванов Ю.И., Прокопенко Н.Н., Активный RC-фильтр для обработки сигналов пьезоэлектрического преобразователя на основе мультидифференциального операционного усилителя [Электронный ресурс] // Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН: [сайт]. [2018]. URL: <http://www.ippm.ru/index.php?page=journ&code=J25> (дата обращения: 17.11.2018).
3. Прокопенко Н.Н., Бутырлагин Н.В. Компьютерное моделирование базовых схем включения мультидифференциального операционного усилителя [Электронный ресурс] // Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН: [сайт]. [2018]. URL: <http://www.ippm.ru/data/eljrnal/paper/J23.pdf> (дата обращения: 19.10.2018).
4. Прокопенко Н.Н., Титов А.Е., Бутырлагин Н.В. Токовые зеркала для проектирования КМОП аналоговых микросхем: основные модификации (ТЗ №1-№ 36) [Электронный ресурс] // Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН: [сайт]. [2018]. URL: <http://www.ippm.ru/data/eljrnal/paper/J4.pdf> (дата обращения: 17.04.2018).