

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

Библиотека схемотехнических решений

Активный RC-фильтр для обработки сигналов пьезоэлектрического преобразователя 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].

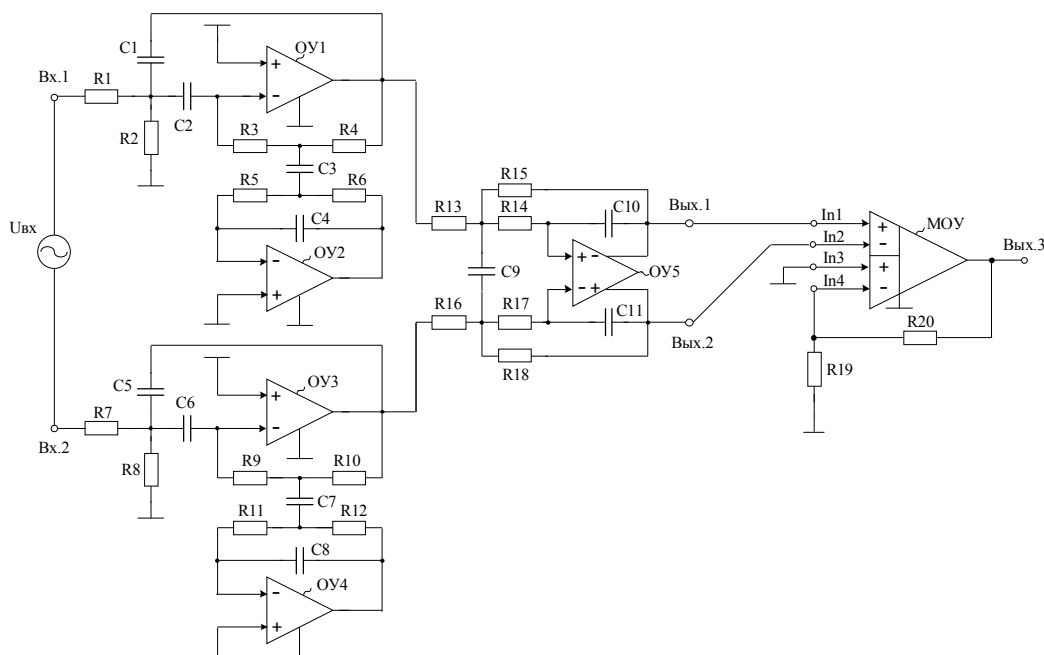


Рис. 1. Активный RC-фильтр для обработки сигналов пьезоэлектрического преобразователя на основе мультидифференциального операционного усилителя [1]

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-R20),
- частото задающие конденсаторы (C1-C11),
- операционные усилители (ОУ1, ОУ2, ОУ3, ОУ4, ОУ5),
- мультидифференциальный операционный усилитель (МОУ).

Основная задача схемы рис. 1 на основе МОУ состоит в увеличении гарантированного затухания амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) активного RC-фильтра для обработки пьезоэлектрических сигналов датчиков за пределами полосы пропускания полезного сигнала.

Введение в схему рис.1 мультидифференциального операционного усилителя позволяет сформировать на дополнительном выходе устройства (Вых. 3) суммарный недифференциальный сигнал из двух противофазных сигналов на первом (Вых. 1) и втором (Вых. 2) выходах устройства. При этом в отличие от известных решений сумматоров сигналов на классических операционных усилителях, требования к точности резисторов в данной схеме существенно снижены.

3. Компьютерное моделирование схемы ARC-фильтра

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

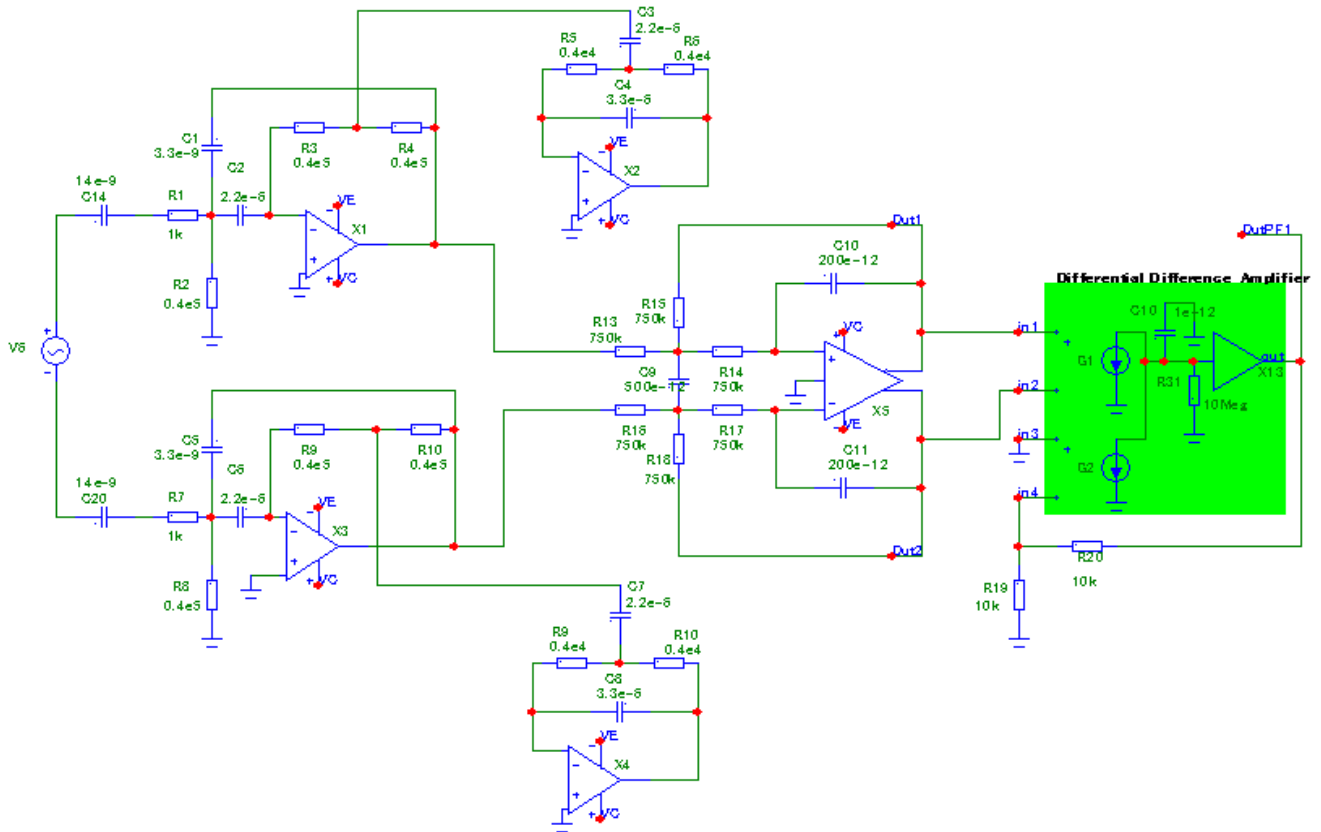


Рис. 2 Схема ARC-фильтра на основе МОУ рис. 1

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

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

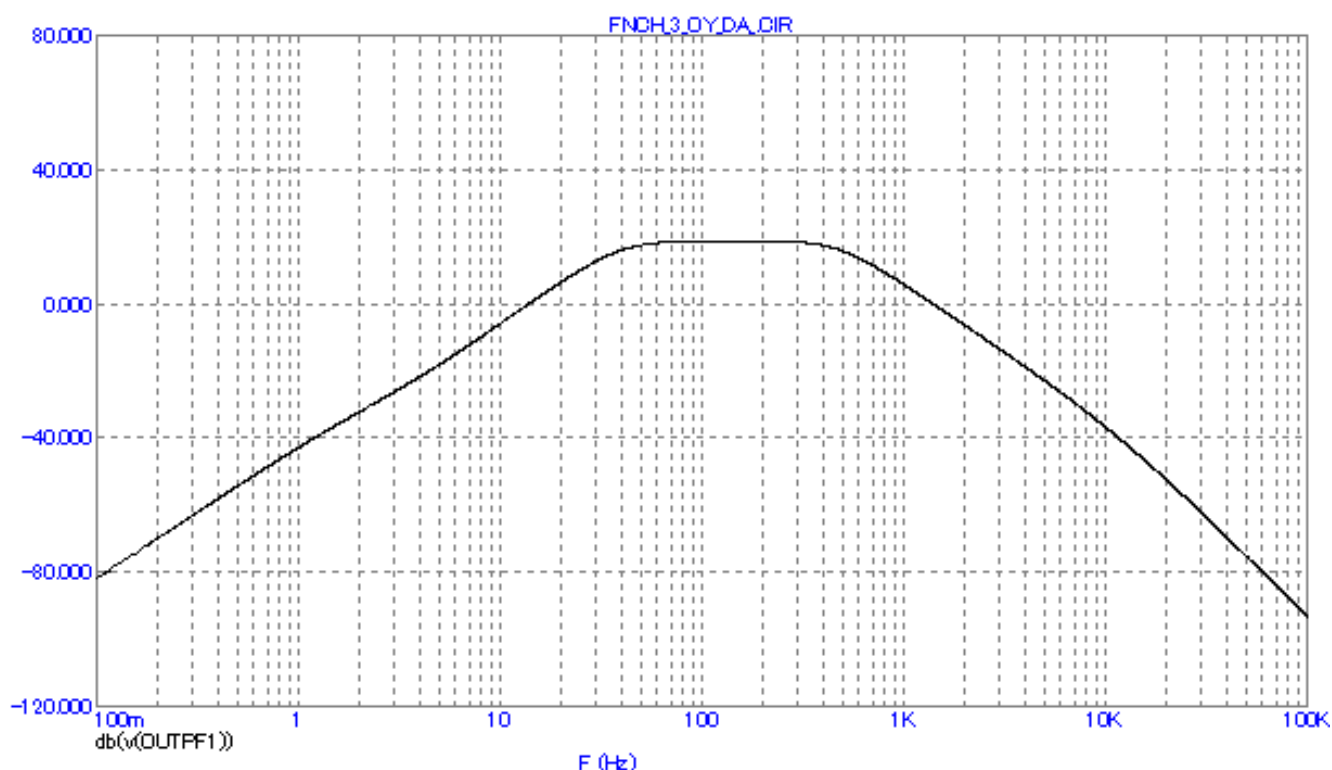


Рис. 3 АЧХ коэффициента усиления схемы ARC-фильтра

Результаты компьютерного моделирования схемы рис. 2, представленные на рис. 3, показывают, что рассмотренный ARC-фильтр обеспечивает высокое ослабление сигналов вне полосы пропускания, что позволяет улучшить метрологические характеристики электро-механических систем балансировки роторов различного назначения [1].

5. Параметры оптимизации

Практический интерес представляет определение оптимальных значений g_{m1} , g_{m2} , R1-R20, C1-C11 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) [3] 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_829b\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: C12 3 0 1e-12
7: G1 3 0 Out1 Out2 0.00001
8: RG1 Out1 Out2 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:R1 10 11 1k
14:C14 8 10 14e-9
15:R2 11 0 0.4e5
16:C2 12 11 2.2e-6
17:C1 13 11 3.3e-9
18:R3 12 14 0.4e5
19:R4 14 13 0.4e5
20:R5 15 16 0.4e4
21:R6 16 17 0.4e4
22:C3 16 14 2.2e-6
23:C4 17 15 3.3e-6
24:R7 18 19 1k
25:C20 9 18 14e-9
26:R8 19 0 0.4e5
27:C6 20 19 2.2e-6
28:C5 21 19 3.3e-9
29:R11 20 22 0.4e5
30:R12 22 21 0.4e5
31:R9 23 24 0.4e4
32:R10 24 25 0.4e4
33:C7 24 22 2.2e-6
34:C8 25 23 3.3e-6
35:R13 13 26 750k
36:R14 26 27 750k
37:R16 21 28 750k
38:R17 28 29 750k
39:R15 26 Out1 750k
40:R18 Out2 28 750k
41:C9 28 26 500e-12
42:C10 27 Out1 200e-12
```

43:C11 29 Out2 200e-12
44:R19 in4 0 10k
45:R20 in4 OutPF1 10k
46:X2 0 15 VE 17 VC OP_27
47:X3 0 20 VE 21 VC OP_27
48:X4 0 23 VE 25 VC OP_27
49:X1 0 12 VE 13 VC OP_27
50:X5 27 29 VC VE Out1 Out2 0 AD8132
51:*
52:*** From file C:\MC11\library\AMP.MAC
53:.SUBCKT AMP PinA PinB PARAMS: GAIN=1
54:E1 PINB 0 PINA 0 {GAIN}
55:RE1 PINA 0 1G;added by E1
56:.ENDS AMP
57:*
58:OPAMP
59:PINS: 1=NC+ 2=NC- 3=VEE 4=VO 5=VCC
60:.SUBCKT OP_27 1 2 3 4 5
61:IEE 10 3 8.401999999999999e-005
62:VS1 11 0 0
63:VC 5 16 1.8000000000000001
64:VE 17 3 1.8000000000000001
65:VLP 19 0 20
66:VLN 0 20 20
67:VS2 13 15 0
68:F1 13 14 POLY(5) VS1 VC VE VLP VLN 0 47746482.92756861 -
47746482.92756861
69:+ 47746482.92756861 47746482.92756861 -47746482.92756861
70:E1 14 0 POLY(2) 5 0 3 0 0 0.5 0.5
71:H1 18 0 VS2 1000
72:GCM 0 12 10 0 7.557734198666343e-010
73:GA 12 0 6 7 0.001507964473723101
74:C1 6 7 8.660254037844386e-012
75:CE 10 14 1e-019
76:C2 12 13 3e-011
77:RC1 5 6 663.1455962162306
78:RC2 5 7 663.1455962162306
79:RE1 8 10 47.32264900962777
80:RE2 9 10 47.32264900962777
81:RE 10 14 2380385.622470841
82:RP 5 3 40036.65578262764
83:R2 12 11 100000
84:RO2 13 14 25
85:ROUTAC 15 4 50
86:D5 3 5 D

87:D3 4 16 D
88:D4 17 4 D
89:D1 18 19 D
90:D2 20 18 D
91:Q1 6 2 8 QINN
92:Q2 7 1 9 QINP
93:*
94:.MODEL D D ()
95:.MODEL QINN NPN (BF=2896.551724137931)
96:.MODEL QINP NPN (BF=7636.363636363636 IS=1e-016)
97:.ENDS OP_27
98:*
99:.LIB "C:\MC11\library\NOM.LIB"
100: *
101: *
102: .PROBE
103: .END

Список литературы:

1. Активный RC-фильтр для обработки сигналов пьезоэлектрического преобразователя: заявка на патент РФ; МПК: H03H 11/12, H03H 3/70, G01M 1/22, G01H 17/00 / Д.Ю. Денисенко, Н.В. Бутырлагин, А.В. Бугакова, Н.Н. Прокопенко – № 2018143801/08; Заявл. 11.12.18.
2. 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).
3. 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).