

# 4ОУОСТ

## Четырехканальный быстродействующий операционный усилитель с обратной связью по току

### 1. Общие положения

4ОУОСТ – четырехканальный операционный усилитель (ОУ) с обратной связью по току предназначен для использования в тракте приемопередатчика высокоскоростного мультиплексного канала передачи данных (МКПД). Два канала ОУ используются для блока передатчика и рассчитаны на большие выходные токи (до 500 мА), два другие — на меньшие токи (до 130 мА) и используются для блока приемника. Все каналы ОУ обеспечивают хорошие динамические параметры в широком диапазоне частот и коэффициентов усиления. Каналы передатчика устойчиво работают на низкоомную нагрузку при коэффициентах усиления вплоть до  $K_u = +3$  и  $R_H = 10$  Ом и имеют функцию выключения каждого канала независимо, переводящую выходы ОУ в высокоимпедансное состояние. Каналы приемника устойчиво работают при коэффициентах усиления вплоть до  $K_u = 1$ . Во всех ОУ использована новая архитектура входных каскадов, основанная на несимметричной мостовой схеме с использованием комплементарных «перегнутых» каскадов, позволяющая получить хорошие динамические параметры при минимальной «электрической длине».

### 2. Область применения

- Приемопередатчики МКПД
- Приемопередатчики xDSL
- Драйверы кабельных модемов
- Драйверы видео-каналов
- Буферы АЦП и ЦАП
- Трансимпедансные усилители

### 3. Устройство и состав микросхемы

3.1. Схема электрическая структурная приведена на рис.1

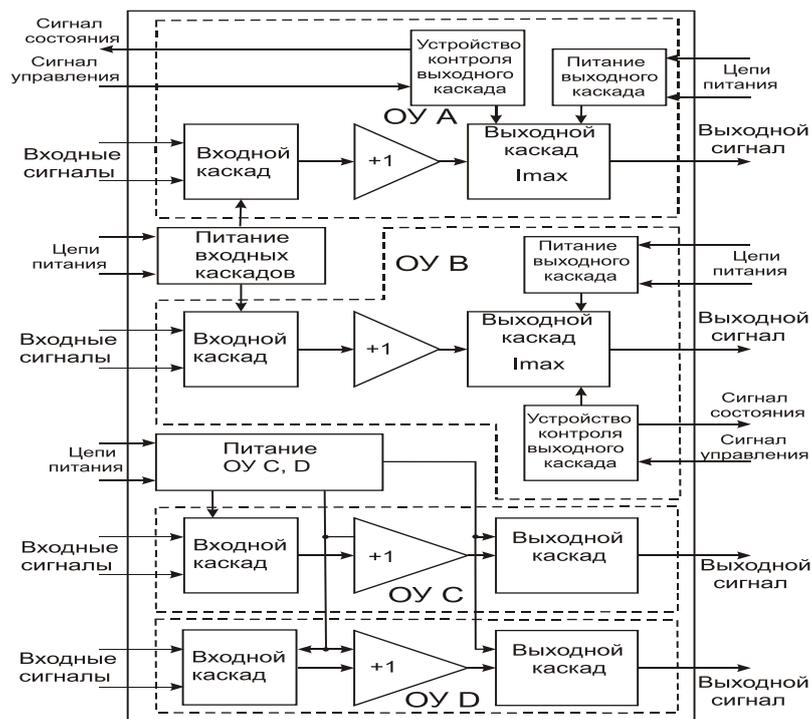


Рис.1 – Схема электрическая структурная

3.2. Условно графическое изображение микросхемы приведена на рис.2

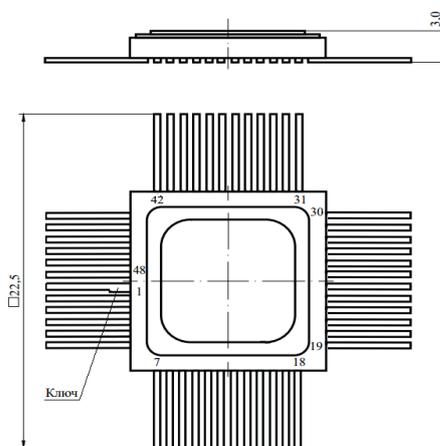
1,4,6,7	NC	<b>40УОУОСТ</b>	VEE_A_TX	47,48
2,3	OUTA_TX		GND	46
5,8	VCC_A_TX		ENBA_TX	45
9	OUTA_FB		TSTA_TX	44
10	NEGA_TX		NC	40,42,43
11	POSA_TX		VEE_C_RX	41
12	VCC_AB_TX		OUTC_RX	39
13	POSB_TX		NEGC_RX	38
14	NEGB_TX		POSC_RX	37
15	OUTB_FB		VCC_CD_RX	36
17,20	VCC_B_TX		POSD_RX	35
22,23	OUTB_TX		NEGD_RX	34
25,26	VEE_B_TX		OUTD_RX	33
27	VEE_AB_TX		VEE_D_RX	32
28	ENBB_TX		NC	24
29	TSTB_TX		NC	16,18,19,21,30,31

**Примечания**

- 1 Нумерация, тип и наименования выводов микросхемы приведены в таблице 1.
- 2 Описание назначения выводов микросхемы приведено в таблице 1.

**Рис. 2 – Условное графическое изображение микросхемы**

Тип корпуса – металлокерамический — 5133.48-3



Т а б л и ц а 1 – Нумерация и обозначения выводов микросхемы

Номер вывода	Тип вывода	Функциональное назначение	Условное обозначение
1	-	Не используется	NC
2,3	O	Выход передатчика «А»	OUTA_TX
4,6,7	-	Не используются	NC
5,8	S	Напряжение питания выходного каскада передатчика «А» (положительное)	VCC_A_TX
9	O	Выход обратной связи передатчика «А»	OUTA_FB*
10	I	Инвертирующий вход передатчика «А»	NEGA_TX
11	I	Не инвертирующий вход передатчика «А»	POSA_TX
12	S	Напряжение питания входных каскадов передатчиков «А» и «В» (положительное)	VCC_AB_TX
13	I	Не инвертирующий вход передатчика В	POSB_TX
14	I	Инвертирующий вход передатчика «В»	NEGB_TX
15	O	Выход обратной связи передатчика «В»	OUTB_FB*
16,18,19	-	Не используются	NC
17,20	S	Напряжение питания выходного каскада передатчика «В» (положительное)	VCC_B_TX
21	-	Не используется	NC
22,23	O	Выход передатчика «В»	OUTB_TX
24	-	Не используется	NC
25,26	S	Напряжение питания выходного каскада передатчика «В» (отрицательное)	VEE_B_TX
27	S	Напряжение питания входных каскадов передатчиков «А» и «В» (отрицательное)	VEE_AB_TX
28	I	Управляющий сигнал передатчика «В»	ENBB_TX
29	O	Тестовый сигнал передатчика «В»	TSTB_TX
30,31	-	Не используются	NC
33	O	Выход приемника «D»	OUTD_RX
34	I	Инвертирующий вход приемника «D»	NEGD_RX
35	I	Не инвертирующий вход приемника «D»	POSD_RX
36	S	Напряжение питания приемников «С» и «D» (положительное)	VCC_CD_RX
37	I	Не инвертирующий вход приемника С	POSC_RX
38	I	Инвертирующий вход приемника С	NEGC_RX
39	O	Выход приемника «С»	OUTC_RX
40	-	Не используется	NC

Продолжение таблицы 1

Номер вывода	Тип вывода	Функциональное назначение	Условное обозначение
41	S	Напряжение питания приемника «С» (отрицательное)	VEE_C_RX
42,43	-	Не используются	NC
44	O	Тестовый сигнал передатчика «А»	TSTA_TX
45	I	Управляющий сигнал передатчика «А»	ENBA_TX
46	S	Общий	GND
47,48	S	Напряжение питания выходного каскада передатчика «А» (отрицательное)	VEE_A_TX

П р и м е ч а н и я

\* - слаботочный выход канала А (В) для подключения резистора обратной связи;

Расшифровка обозначений типа выводов:

- I – вход;
- O – выход;
- S – питание;

#### 4. Указание по применению и эксплуатации.

4.1. Основные схемы включения микросхемы приведены на рисунках 3, 6, 9, 11.

Динамические параметры микросхем с токовой обратной связью сильно зависят от номинала резистора в цепи обратной связи  $R_{oc}$  ( $R_2...R_5$  на рис.3, 6, 9, 11), поэтому его значение необходимо выбирать оптимальным. Оптимальное значение  $R_{oc}$ , зависящее от коэффициента передачи  $K_u$ , приведены ниже.

Таблица 2

Инвертирующее включение		Неинвертирующее включение	
$K_u$ от 1 до 4	$R_{oc} = 1 \text{ кОм}$	$K_u$ от 2 до 8	$R_{oc} = 1 \text{ кОм}$
$K_u = 5$ и более	$R_{oc} = 820 \text{ Ом}$	$K_u = 9$ и более	$R_{oc} = 820 \text{ Ом}$

Указанные в таблице 2 номиналы резистора  $R_{oc}$  обеспечивают оптимальное сочетание быстродействия и устойчивости микросхемы. Увеличение номинала  $R_{oc}$  приводит к снижению динамических параметров микросхемы, но способствует улучшению устойчивости. Снижение номинала  $R_{oc}$  приводит к повышению динамических характеристик, однако чрезмерное уменьшение  $R_{oc}$  может привести к потере устойчивости микросхемы.

Не допускается включение микросхемы с  $K_u = 1$  в неинвертирующем включении.

Не допускается включение емкости параллельно резистору  $R_{oc}$  и подключение емкостей к инвертирующему входу при любом включении микросхемы.

## 5. Основные электрические параметры

5.1 Значения электрических параметров микросхемы при номинальных значениях напряжений питания  $U_{П} = \pm 5\text{В}$  и допустимых отклонениях от номинальных значений не более  $\pm 5\%$  соответствуют нормам, приведенным в таблице 1 (в части каналов ОУ передатчиков) и в таблице 2 (в части каналов ОУ приемников).

Т а б л и ц а 1 — Электрические параметры микросхемы каналов ОУ передатчиков

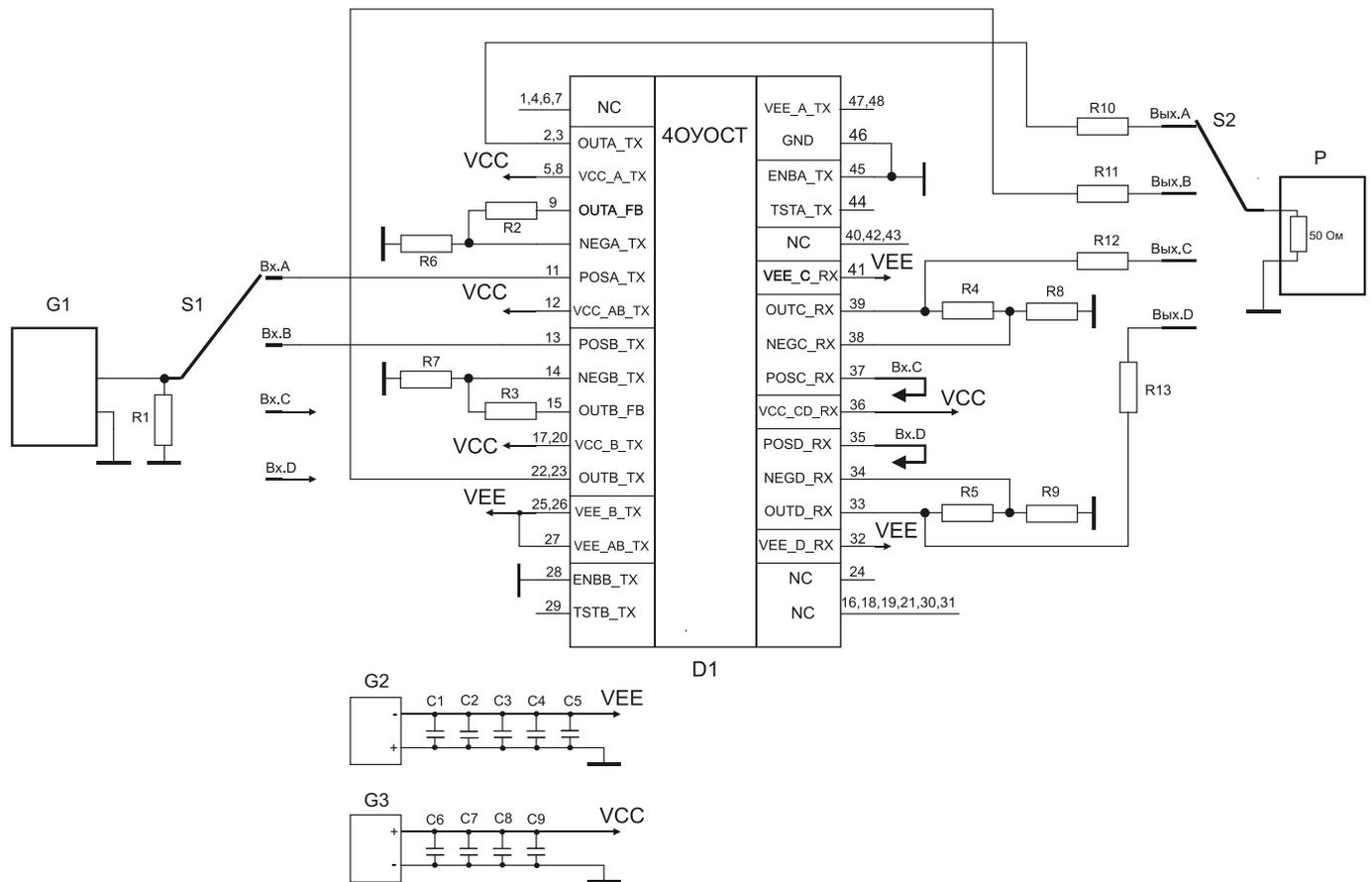
Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра микросхемы		Темпе- ратура среды, °С
		не менее	не более	
Напряжение смещения нуля, мВ при $U_{ВХ} = 0$ , $R_{Н} = 100\text{ Ом}$	$U_{СМ}$	минус 8	8	25; минус 60; 85
Входной ток неинвертирующего входа, мкА при $U_{ВХ} = 0$ , $R_{Н} = 100\text{ Ом}$	$I_{ВХ+}$	минус 15	15	
Входной ток инвертирующего входа, мкА при $U_{ВХ} = 0$ , $R_{Н} = 100\text{ Ом}$	$I_{ВХ-}$	минус 30	30	
Максимальное выходное напряжение, В при $U_{ВХ} = 2\text{ В}$ , $K_{УО} = +3$ , $R_{Н} = 100\text{ Ом}$	$U_{ВЫХ\text{ max}}$	$\pm 3,6$	—	
Ток короткого замыкания, мА при $U_{ВХ} = 2\text{ В}$ , $K_{УО} = +3$	$I_{КЗ}$	$\pm 450$	—	
Выходной ток, мА при $U_{ВХ} = 2\text{ В}$ , $K_{УО} = +3$ , $R_{Н} = 10\text{ Ом}$	$I_{ВЫХ}$	$\pm 300$	—	
Ток потребления (на один канал ОУ), мА при $U_{ВХ} = 0$ , $R_{Н} = 100\text{ Ом}$	$I_{ПОТ}$	—	30	
Верхняя граничная частота полосы пропускания, МГц при $U_{ВЫХ} = 0,5\text{ В}$ , $K_{УО} = +3$ , $R_{Н} = 100\text{ Ом}$	$f_{В}$	160	—	25
Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс при $U_{ВЫХ} = 2\text{ В}$ , $K_{УО} = +3$ , $R_{Н} = 100\text{ Ом}$	$V_{U\text{ ВЫХ}}$	900	—	
Нормированная электродвижущая сила шума, нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$ при $U_{ВХ} = 0$ , $K_{УО} = +21$ , $f_{ВХ} = 1\text{ МГц}$	$E_{Ш.Н}$	—	8	
Коэффициент гармонических искажений, дБ ( $R_{Н} = 10\text{ Ом}$ , $F_{ВХ} = 5\text{ МГц}$ )	$K_{Г}$	—	минус 55	

Т а б л и ц а 2 — Электрические параметры микросхемы каналов ОУ приемников

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра микросхемы		Темпе- ратура среды, °С
		не менее	не более	
Напряжение смещения нуля, мВ при $U_{вх} = 0$ , $R_{н} = 100$ Ом	$U_{см}$	минус 8	8	25; минус 60; 85
Входной ток неинвертирующего входа, мкА при $U_{вх} = 0$ , $R_{н} = 100$ Ом	$I_{вх+}$	минус 15	15	
Входной ток инвертирующего входа, мкА при $U_{вх} = 0$ , $R_{н} = 100$ Ом	$I_{вх-}$	минус 30	30	
Максимальное выходное напряжение, В при $U_{вх} = 2$ В, $K_{yU} = +2$ , $R_{н} = 100$ Ом	$U_{вых max}$	$\pm 3,6$	—	
Ток короткого замыкания, мА при $U_{вх} = 2$ В, $K_{yU} = +2$	$I_{кз}$	$\pm 120$	—	
Выходной ток, мА при $U_{вх} = 2$ В, $K_{yU} = +2$ , $R_{н} = 40$ Ом	$I_{вых}$	$\pm 70$	—	
Ток потребления (на один канал ОУ), мА при $U_{вх} = 0$ , $R_{н} = 100$ Ом	$I_{пот}$	—	28	
Верхняя граничная частота полосы пропускания, МГц при $U_{вых} = 0,5$ В, $K_{yU} = +1$ , $R_{н} = 100$ Ом	$f_{в}$	160	—	25
Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс при $U_{вых} = 2$ В, $K_{yU} = +1$ , $R_{н} = 100$ Ом	$V_{U_{вых}}$	900	—	
Нормированная электродвижущая сила шума, нВ/ $\sqrt{\Gamma}$ ц при $U_{вх} = 0$ , $K_{yU} = +21$ , $f_{вх} = 1$ МГц	$E_{ш.н}$	—	8	
Коэффициент гармонических искажений, дБ ( $R_{н} = 40$ Ом, $F_{вх} = 5$ МГц)	$K_{г}$	—	минус 55	

## 6. Схемы включения микросхемы и их типовые характеристики.

### 6.1 Неинвертирующее включение ОУ.



C1...C9 – керамические конденсаторы 0,1 мкФ, 10%, 25 В (устанавливаются в непосредственной близости от соответствующих выводов питания микросхемы);

D1 – микросхема;

G1 – источник синусоидального сигнала ( $U_{pp} = 200$  мВ,  $F = 1 - 250$  МГц);

G2, G3 – источники постоянного напряжения номиналом (4,75...5,25) В;

P – анализатор спектра;

R1 – резистор 51 Ом  $\pm 5\%$ , 0,125 Вт

R2...R5 – резисторы 1 кОм  $\pm 1\%$ , 0,125 Вт;

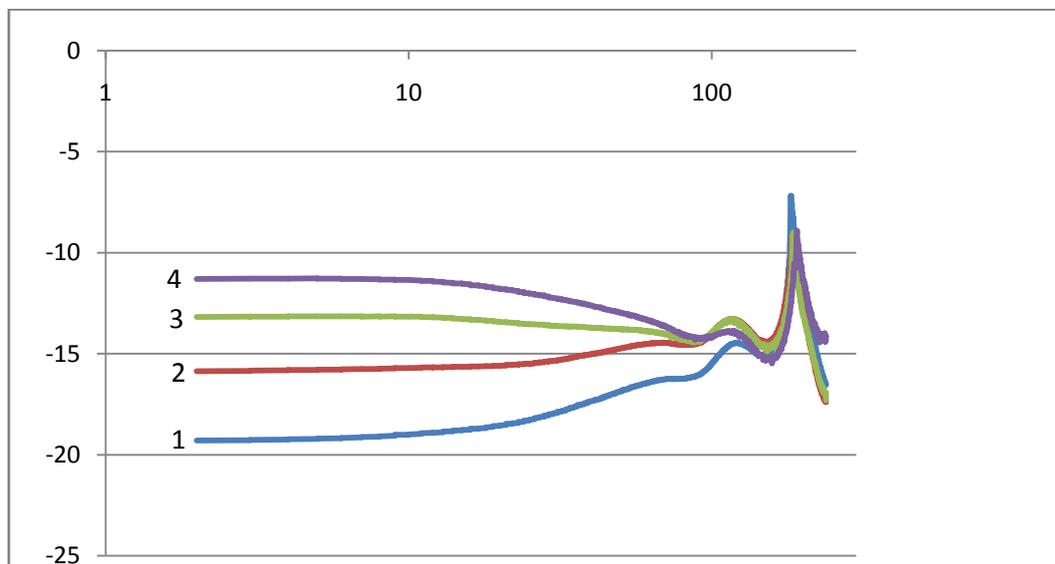
R6...R9 – резисторы 0,125 Вт,  $\pm 1\%$ , (249 Ом для  $K_u=5$ ; 332 Ом для  $K_u=4$ ; 499 Ом для  $K_u=3$ ; 1 кОм для  $K_u=2$ );

R10...R13 резистор 51 Ом  $\pm 5\%$ , 0,125 Вт;

S1, S2 – переключатели;

499

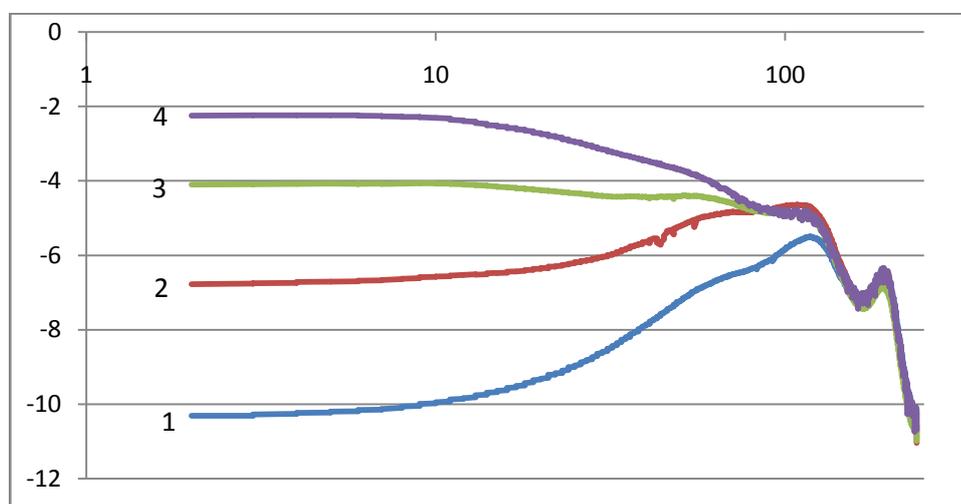
Рис. 3 – Схема неинвертирующего включения микросхемы для измерения амплитудно-частотных характеристик



Полоса пропускания по уровню 3 дБ:

- |          |   |           |                    |                      |
|----------|---|-----------|--------------------|----------------------|
| <b>1</b> | - | $K_y = 2$ | $F_B \geq 240$ МГц | $R_6 = R_7 = 1$ кОм  |
| <b>2</b> | - | $K_y = 3$ | $F_B \geq 240$ МГц | $R_6 = R_7 = 499$ Ом |
| <b>3</b> | - | $K_y = 4$ | $F_B = 226$ МГц    | $R_6 = R_7 = 332$ Ом |
| <b>4</b> | - | $K_y = 5$ | $F_B = 130$ МГц    | $R_6 = R_7 = 249$ Ом |

Рис. 4 – Амплитудно-частотная характеристика передатчиков А, В микросхемы согласно схеме измерения рис.3 для различных  $K_y$ .

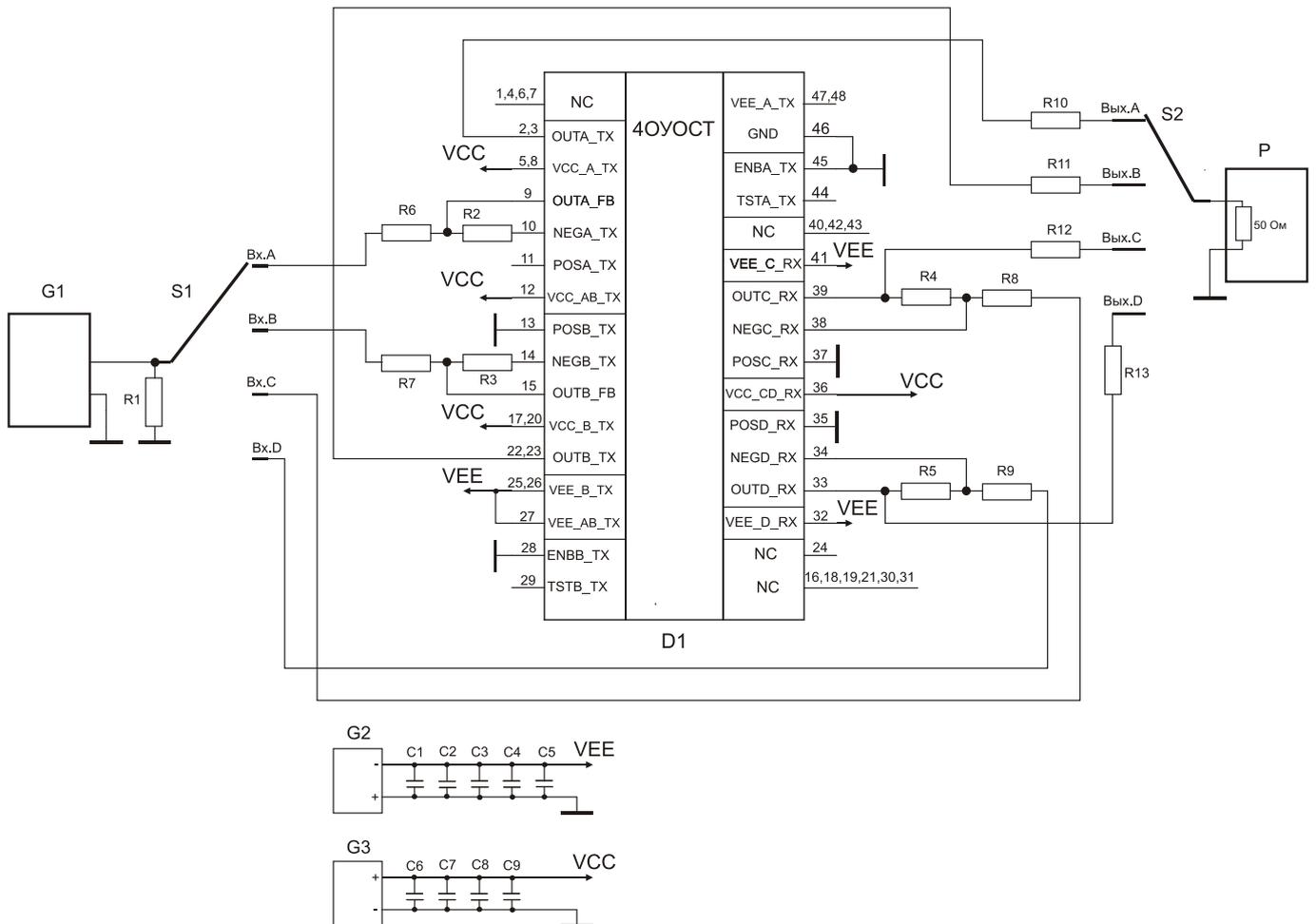


Полоса пропускания по уровню 3 дБ:

- |          |   |           |                    |                      |
|----------|---|-----------|--------------------|----------------------|
| <b>1</b> | - | $K_y = 2$ | $F_B \geq 240$ МГц | $R_8 = R_9 = 1$ кОм  |
| <b>2</b> | - | $K_y = 3$ | $F_B = 223$ МГц    | $R_8 = R_9 = 499$ Ом |
| <b>3</b> | - | $K_y = 4$ | $F_B = 154$ МГц    | $R_8 = R_9 = 332$ Ом |
| <b>4</b> | - | $K_y = 5$ | $F_B = 127$ МГц    | $R_8 = R_9 = 249$ Ом |

Рис. 5 – Амплитудно-частотная характеристика приемников С, Д микросхемы согласно схеме измерения рис.3 для различных  $K_y$ .

## 5.2. Инвертирующее включение ОУ



C1...C9 – керамические конденсаторы 0,1 мкФ, 10%, 25 В (устанавливаются в непосредственной близости от соответствующих выводов питания микросхемы);

D1 – микросхема;

G1 – источник синусоидального сигнала ( $U_{pp} = 200$  мВ,  $F = 1 - 250$  МГц);

G2, G3 – источники постоянного напряжения номиналом (4,75...5,25) В;

P – анализатор спектра;

R1 – резистор 51 Ом  $\pm 5\%$ , 0,125 Вт

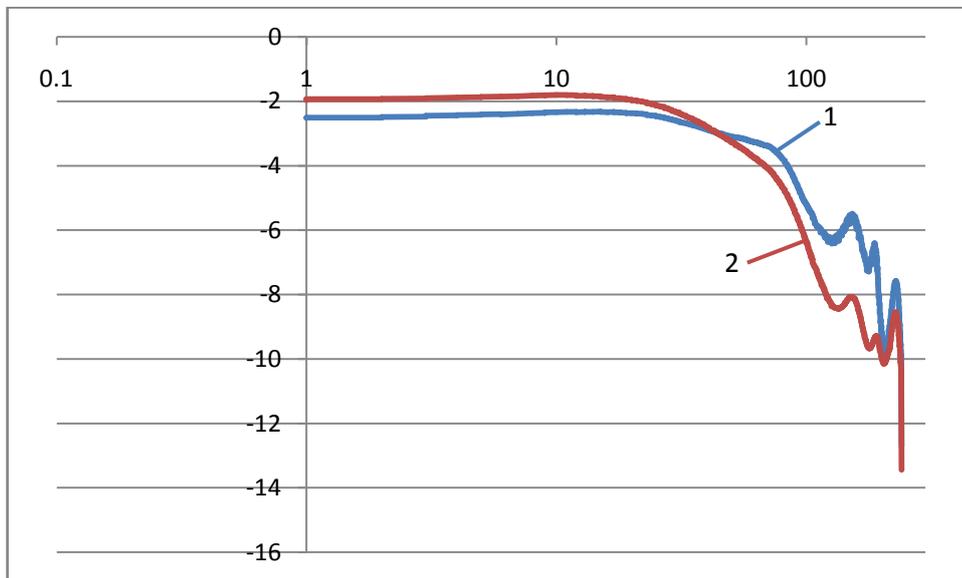
R2...R5 – резисторы 1 кОм  $\pm 1\%$ , 0,125 Вт;

R6...R9 – резисторы 0,125 Вт,  $\pm 1\%$ , (332 Ом для  $K_u = -3$ ; 1 кОм для  $K_u = -1$ );

R10...R13 резистор 51 Ом  $\pm 5\%$ , 0,125 Вт;

S1, S2 – переключатели;

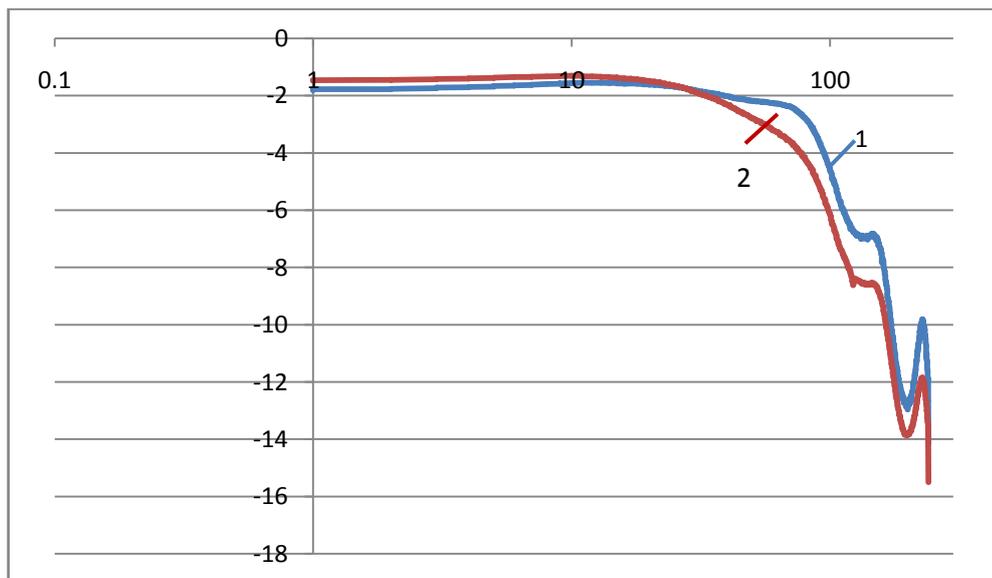
Рис. 6 – Схема инвертирующего включения микросхемы для измерения амплитудно-частотных характеристик



Полоса пропускания по уровню 3 дБ:

- |                       |                 |                      |
|-----------------------|-----------------|----------------------|
| <b>1</b> - $K_u = -1$ | $F_B = 110$ МГц | $R_6 = R_7 = 1$ кОм  |
| <b>2</b> - $K_u = -3$ | $F_B = 88$ МГц  | $R_6 = R_7 = 332$ Ом |

Рис. 7 – Амплитудно-частотная характеристика передатчиков А, В микросхемы согласно схеме измерения рис.6 для различных  $K_u$ .

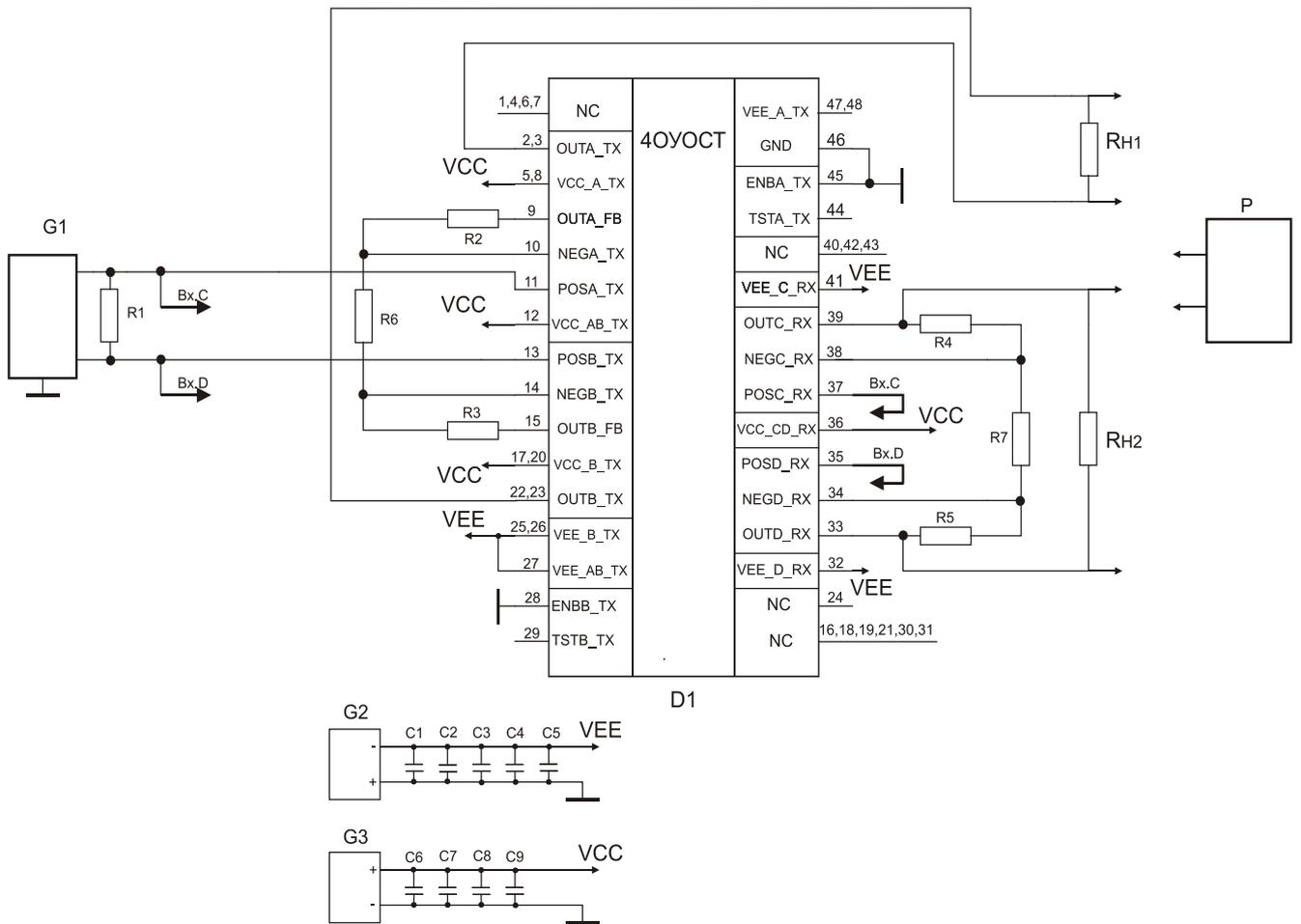


Полоса пропускания по уровню 3 дБ:

- |                       |                 |                      |
|-----------------------|-----------------|----------------------|
| <b>1</b> - $K_u = -1$ | $F_B = 102$ МГц | $R_8 = R_9 = 1$ кОм  |
| <b>2</b> - $K_u = -3$ | $F_B = 83$ МГц  | $R_8 = R_9 = 332$ Ом |

Рис. 8 – Амплитудно-частотная характеристика приемников С, D микросхемы согласно схеме измерения рис.6 для различных  $K_u$

### 5.3. Дифференциальное включение каналов ОУ.



C1...C9 – керамические конденсаторы 0,1 мкФ, 10%, 25 В (устанавливаются в непосредственной близости от соответствующих выводов питания микросхемы);

D1 – микросхема;

G1 – источник синусоидального сигнала ( $U_{PP} = 1500$  мВ,  $F = 1 - 250$  МГц);

G2, G3– источники постоянного напряжения номиналом (4,75...5,25) В;

P– двухлучевой осциллограф;

R1 – резистор 51 Ом  $\pm 5\%$ , 0,125 Вт

R2...R5 – резисторы 1 кОм  $\pm 1\%$ , 0,125 Вт;

R6, R7 – резисторы 249 Ом  $\pm 1\%$ , 0,125 Вт;

RH1 – резистор 50 Ом  $\pm 5\%$ , 1Вт;

RH2 – резистор 100 Ом  $\pm 5\%$ , 1Вт;

$K_{у.диф} = 9$ ;

Рис. 9 – Схема дифференциального включения микросхемы для измерения амплитудно-частотных характеристик

5.3.1 Типовые значения основных технических характеристик усилителей **А, В, С, Д** согласно схеме включения под электрическую нагрузку рис.9:

- максимальный размах сигнала (при  $f_{вх} = 5$  МГц), не менее: **U<sub>вых</sub> = 14,3 В** от пика до пика;
- гармонические искажения (при  $f_{вх} = 5$  МГц,  $U_{вых} = 14,3$  В), не более: **минус 60 дБ**;
- полоса пропускания по уровню **3 дБ**, не менее: **75 МГц** (см. рис. 10).

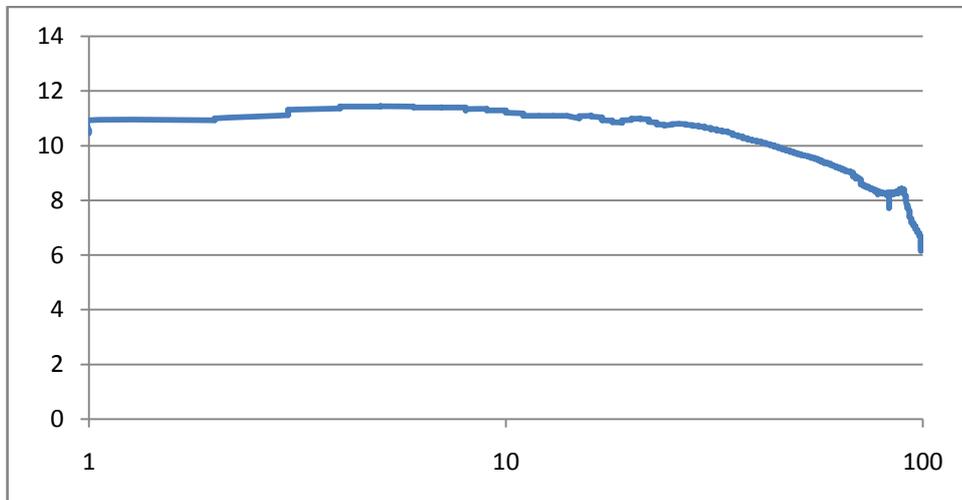
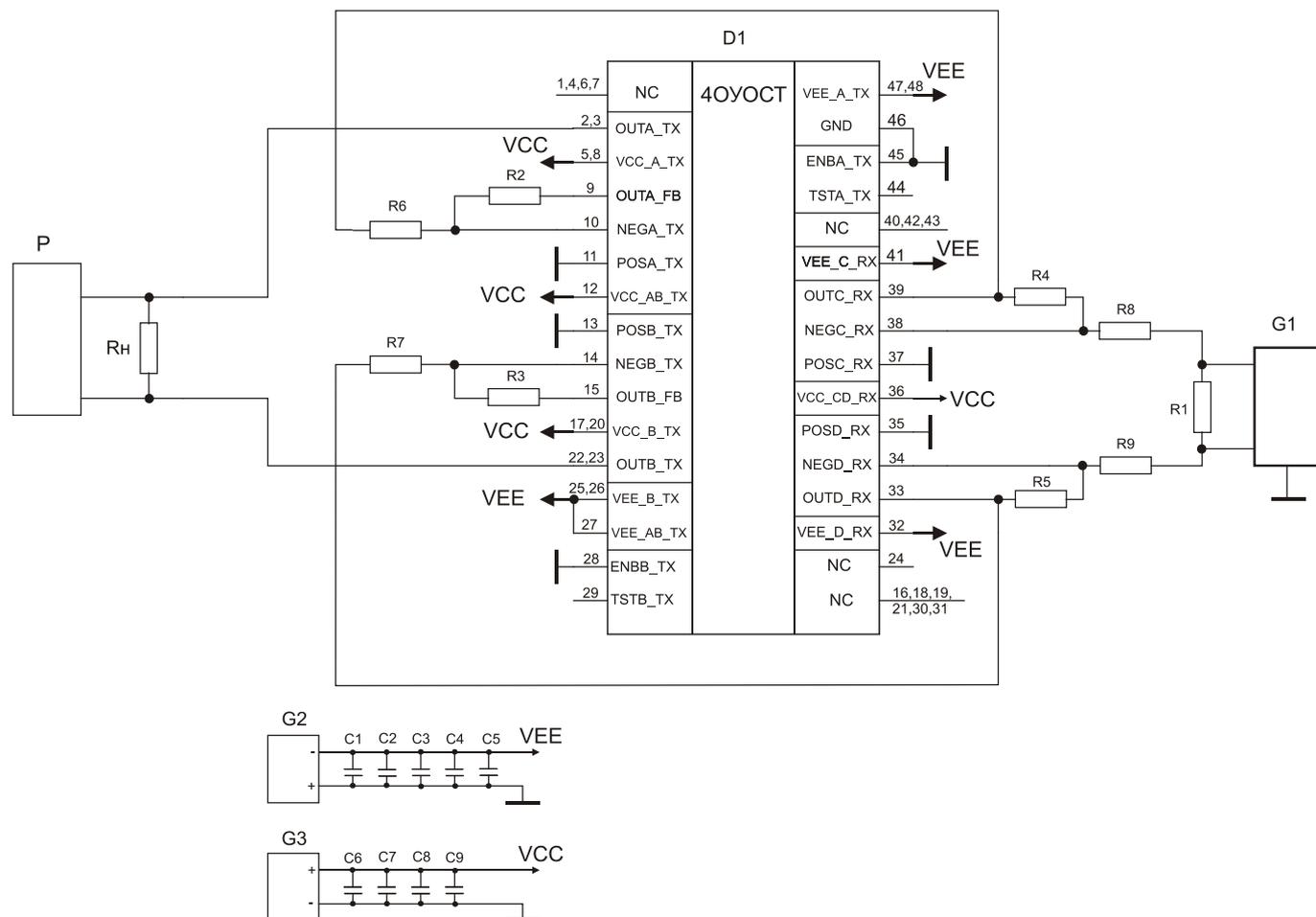


Рис. 10 – Амплитудно-частотная характеристика усилителей **А,В,С,Д** микросхемы согласно схеме измерения рис.9

## 5.4. Совместная работа приемника и передатчика микросхемы.

### 5.4.1 Бестрансформаторная нагрузка



C1...C9 – керамические конденсаторы 0,1 мкФ, 10%, 25 В (устанавливаются в непосредственной близости от соответствующих выводов питания микросхемы);

D1 – микросхема;

G1 – источник синусоидального сигнала ( $U_{pp} = 800$  мВ,  $F = 1 - 250$  МГц);

G2, G3 – источники постоянного напряжения номиналом (4,75...5,25) В;

P – двухлучевой осциллограф;

R1 – резистор 51 Ом  $\pm 5\%$ , 0,125 Вт

R2...R5 – резисторы 1 кОм  $\pm 1\%$ , 0,125 Вт;

R6, R7, R8, R9 – резисторы 240 Ом  $\pm 1\%$ , 0,125 Вт;

RH – резистор 50 Ом  $\pm 5\%$ , 1Вт;

$K_u$  диф = 18.

Рис. 11 – Схема совместной работы приемника и передатчика микросхемы для измерения амплитудно-частотных характеристик (бестрансформаторная нагрузка)

Типовые значения основных технических характеристик усилителей **А, В, С, D** согласно схеме рис.11:

- максимальный размах сигнала (при  $f_{\text{вх}} = 5$  МГц), не менее:  $U_{\text{вых}} = 14,5$  В от пика до пика;
- гармонические искажения (при  $f_{\text{вх}} = 5$  МГц,  $U_{\text{вых}} = 14,5$  В), не более: **минус 55 дБ**;
- полоса пропускания по уровню **3 дБ**, не менее: **50 МГц** (см. рис. 12).

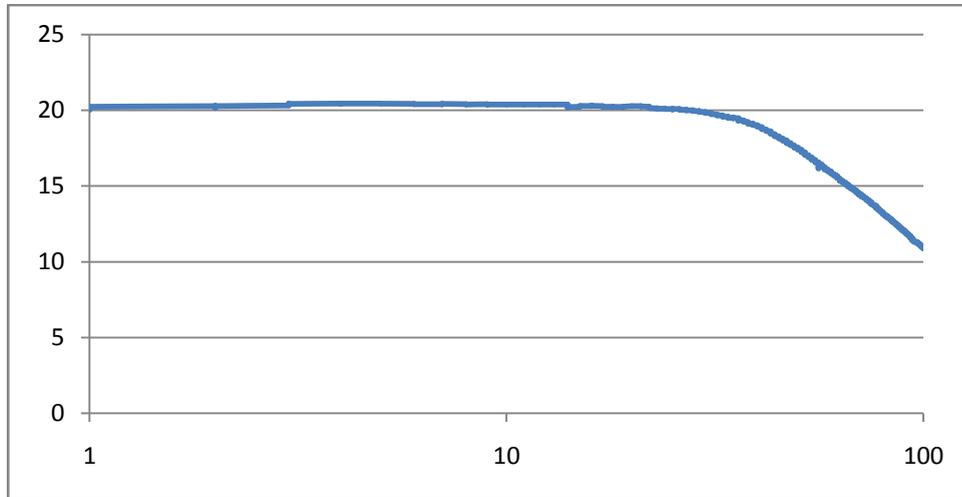
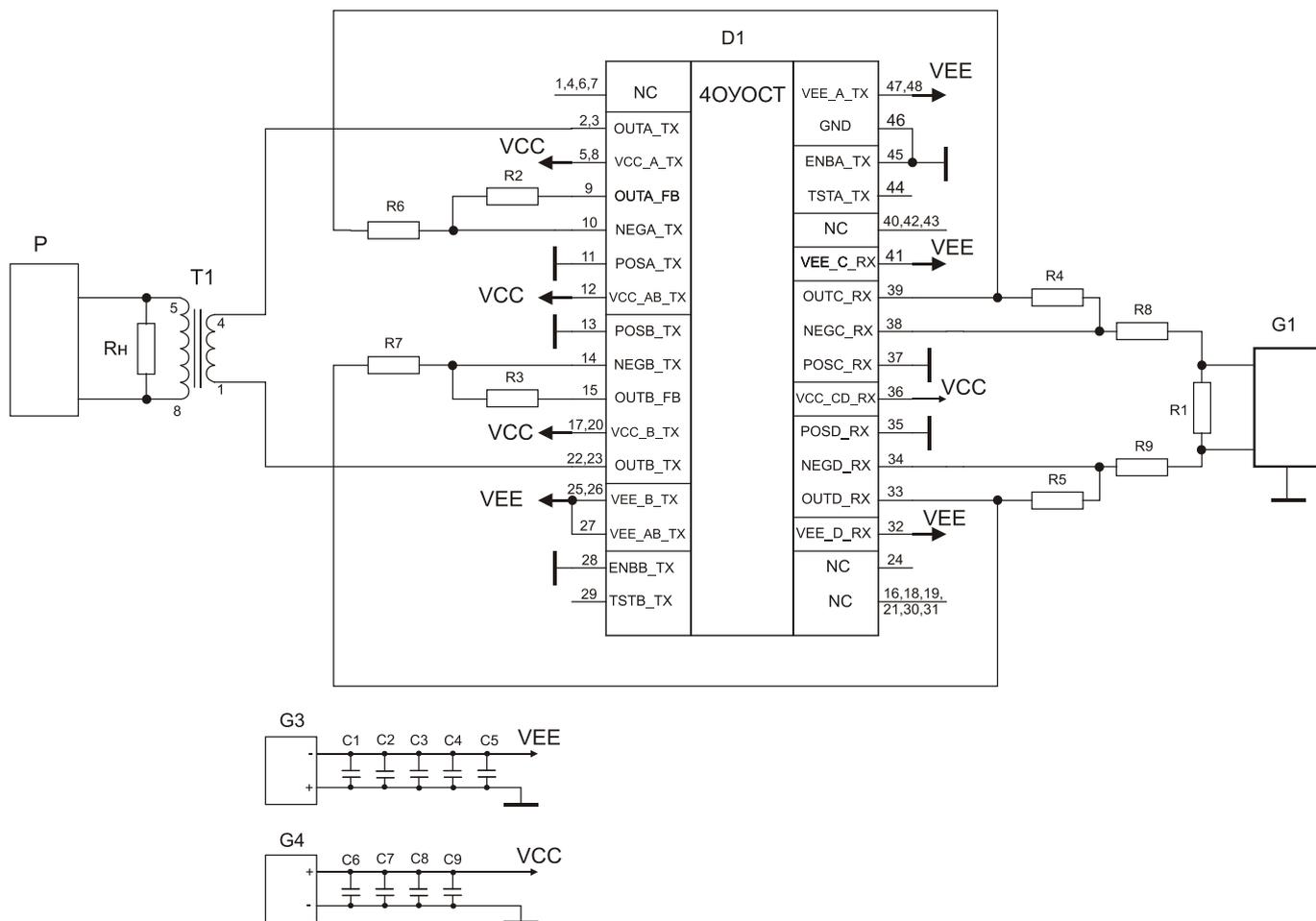


Рис. 12 – Амплитудно-частотная характеристика усилителей **А,В,С,Д** микросхемы согласно схеме измерения рис.11.

## 5.4.2 Нагрузка с выходным трансформатором



C1...C9 – керамические конденсаторы 0,1 мкФ, 10%, 25 В (устанавливаются в непосредственной близости от соответствующих выводов питания микросхемы);

D1 – микросхема;

G1 – источник синусоидального сигнала ( $U_{pp} = 800$  мВ,  $F = 1 - 250$  МГц);

G2, G3– источники постоянного напряжения номиналом (4,75...5,25) В;

P– двухлучевой осциллограф;

R1 – резистор 51 Ом  $\pm 5\%$ , 0,125 Вт

R2...R5 – резисторы 1 кОм  $\pm 1\%$ , 0,125 Вт;

R6, R7, R8, R9 – резисторы 240 Ом  $\pm 1\%$ , 0,125 Вт;

RH – резистор 75 Ом  $\pm 5\%$ , 2Вт;

T1- трансформатор ТИЛ6В;

Ку.диф = 18.

Рис. 13 – Схема совместной работы приемника и передатчика микросхемы для измерения амплитудно-частотных характеристик с выходным трансформатором

Типовые значения основных технических характеристик усилителей **A, B, C, D** согласно схеме рис.13:

- максимальный размах сигнала (при  $f_{вх} = 5$  МГц), не менее: **U<sub>вых</sub> = 22 В** от пика до пика;
- гармонические искажения (при  $f_{вх} = 5$  МГц,  $U_{вых} = 22$  В), не более: **минус 60 дБ**;
- полоса пропускания по уровню 6 дБ, не менее: **35 МГц** (см. рис. 14).

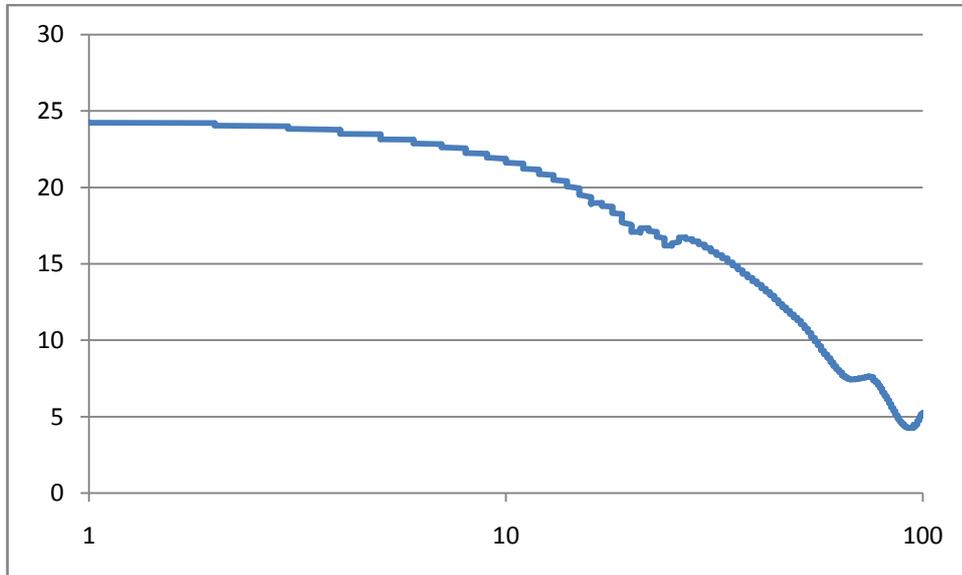


Рис. 14 – Амплитудно-частотная характеристика усилителей A,B,C,D микросхемы согласно схеме измерения рис.11.