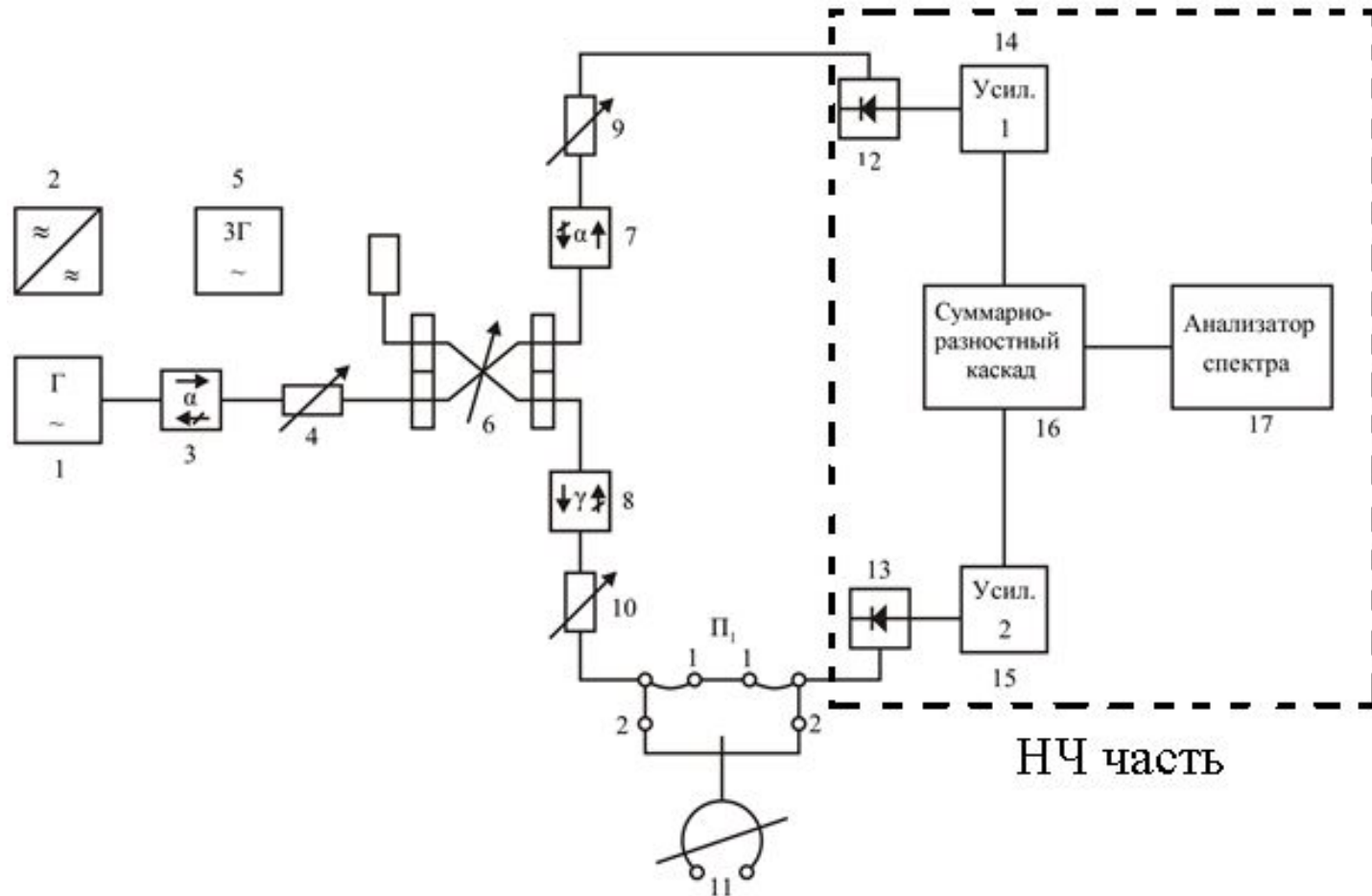


Разработка измерительной
установки для лабораторной
работы «Флуктуации амплитуды и
частоты в автогенераторах СВЧ»

Андреев А.А. 43427/4

Измерительная установка



$$W_{\alpha}(F) = \frac{\bar{V}_{\Sigma}^2(F) - \bar{V}_{\Delta}^2(F)}{16L^2\Delta F}$$

$$W_{\alpha_{ann}}(F) = \frac{\bar{V}_{\Delta}^2}{16L^2\Delta F}$$

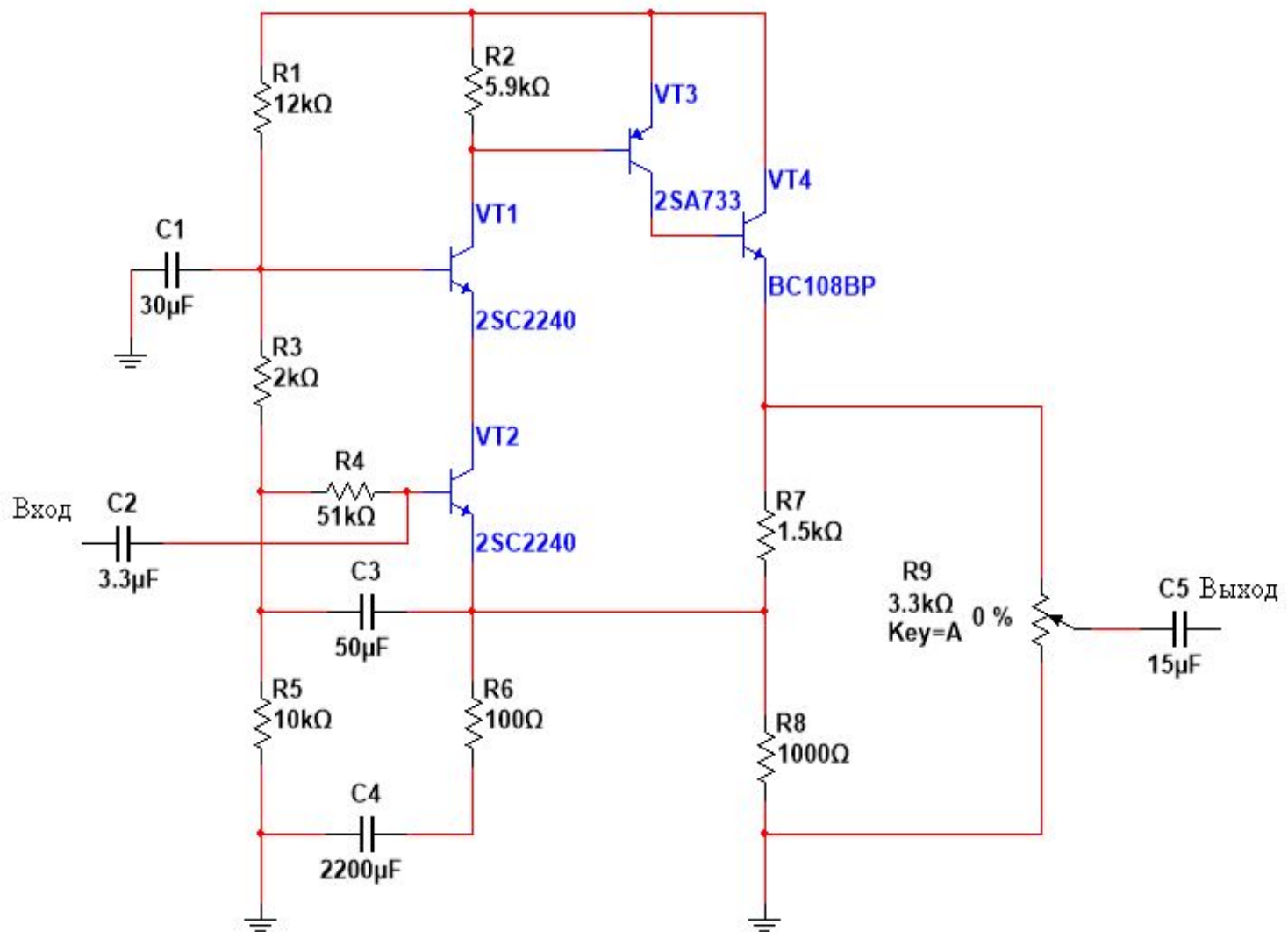
Цель

Разработка низкочастотной части двухканального корреляционного измерителя, работающего в диапазоне частот анализа от 5 Гц до 1 МГц с использованием цифрового анализатора спектра.

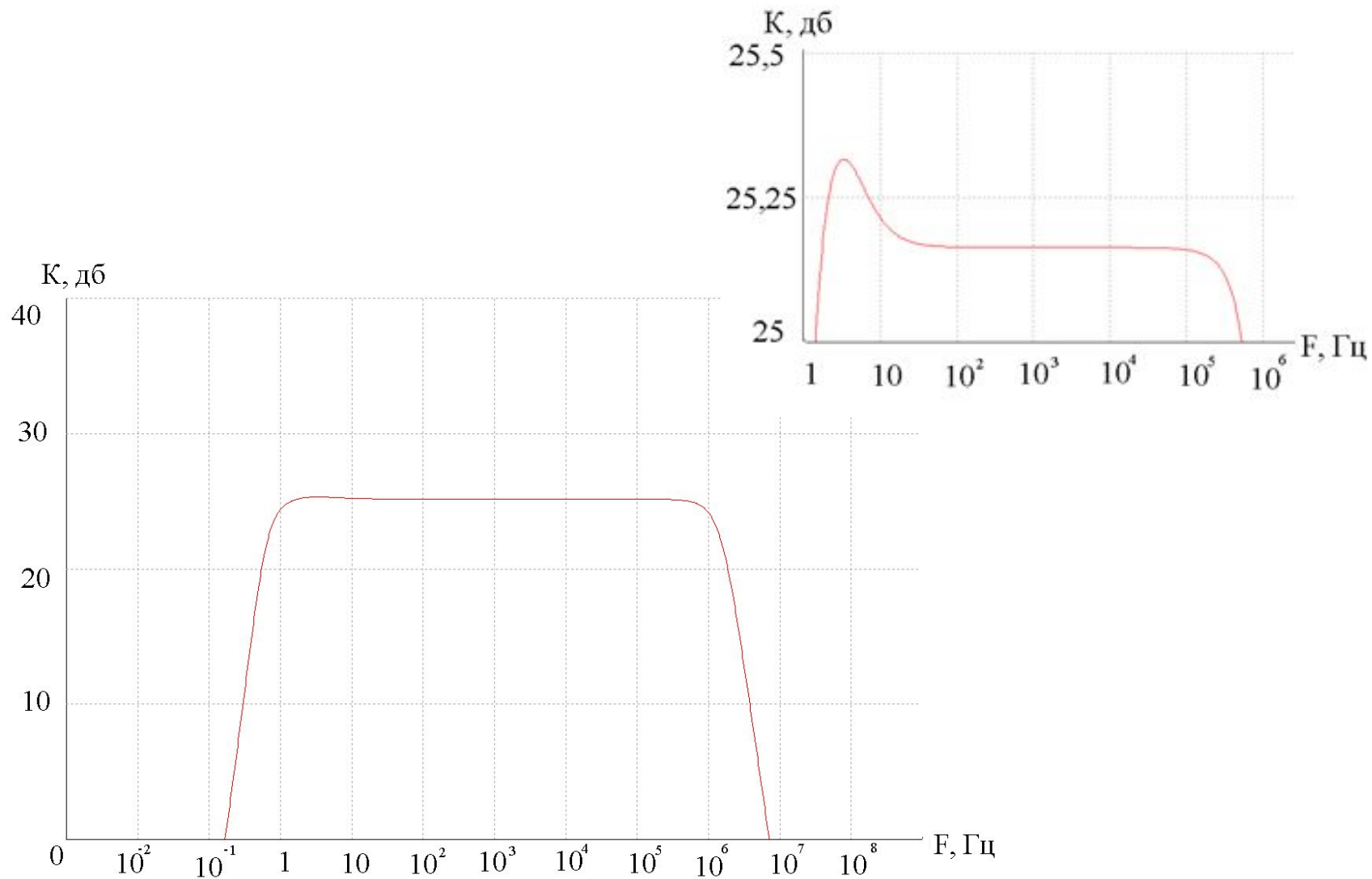
Задачи

Определить требования, разработать и смоделировать:
входной малошумящий усилитель,
суммарно-разностный каскад,
масштабный усилитель,
блоки фильтров нижних частот для частот
дискретизации 1 кГц, 50 кГц и 2 МГц.

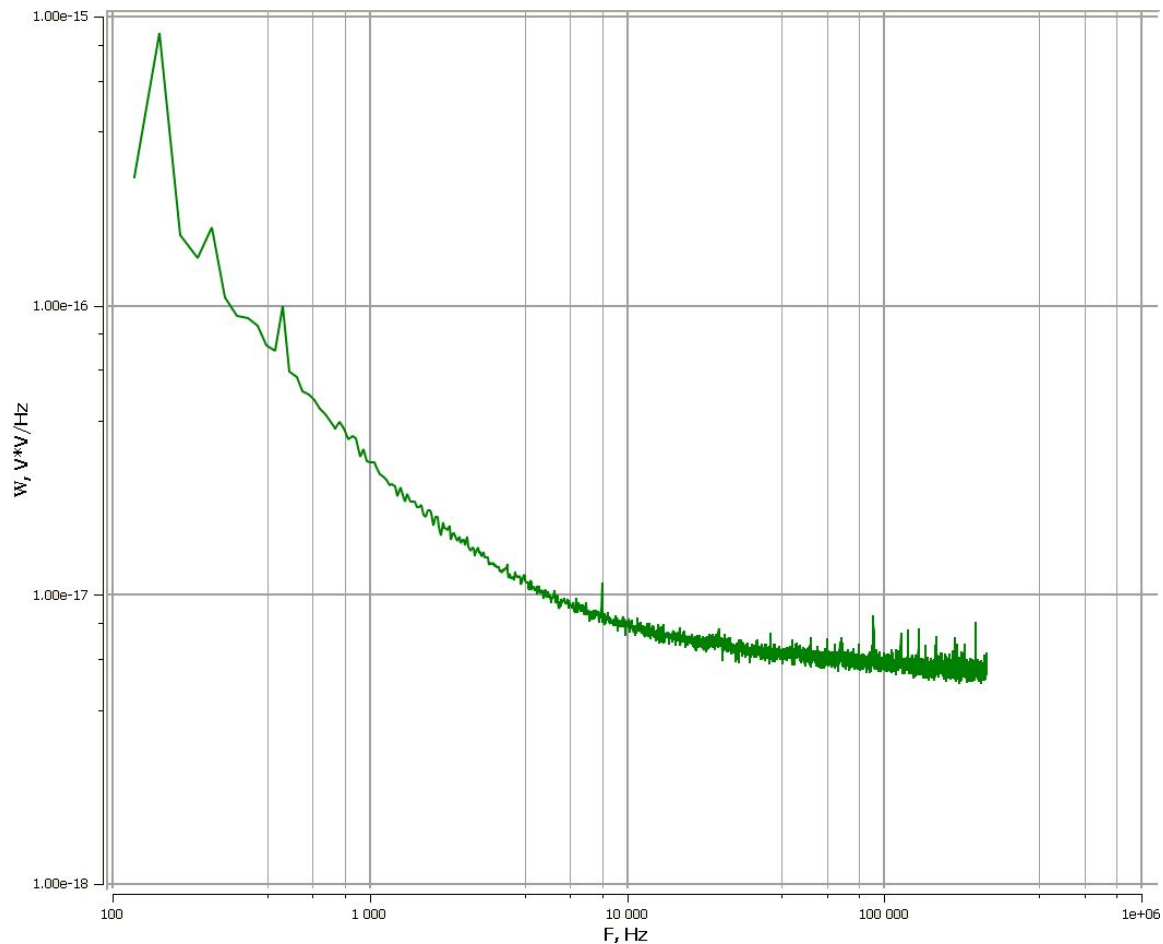
Малошумящий предусилитель



АЧХ предусилителя



Коэффициент шума макета



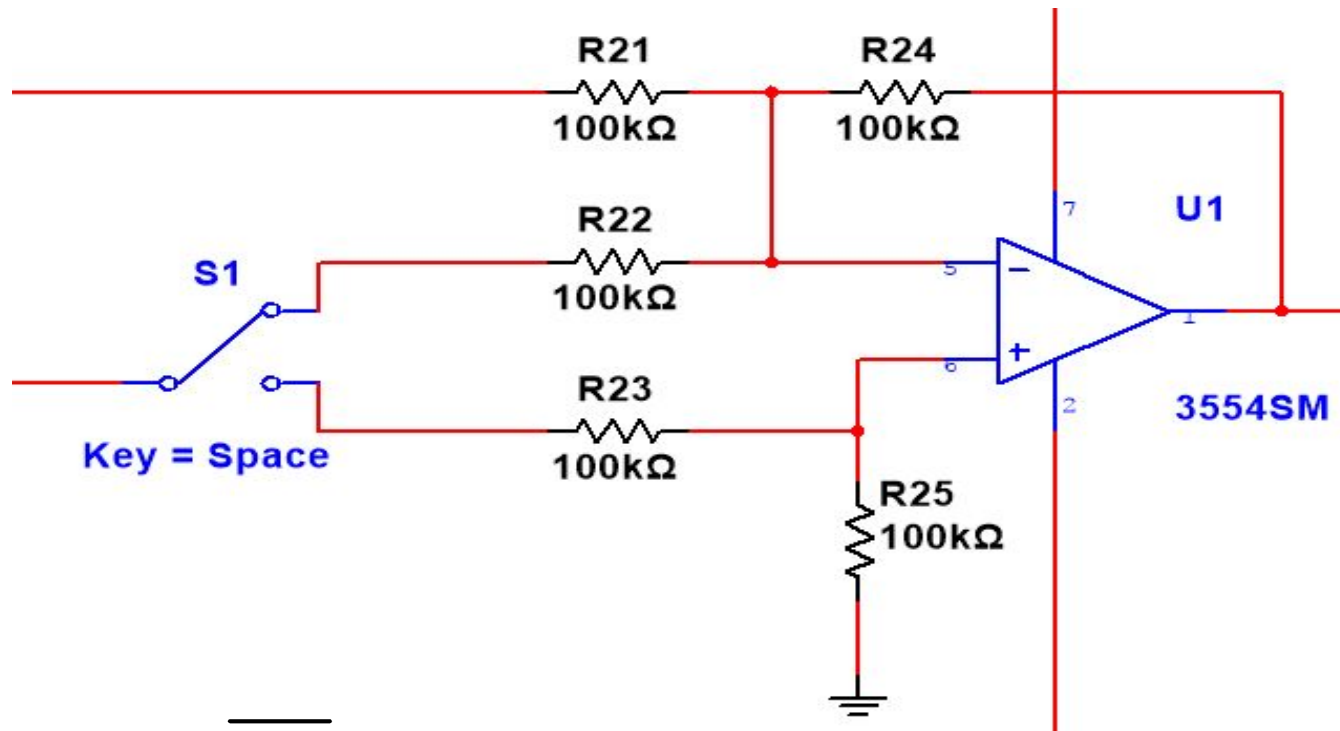
$$W_U = 6 \cdot 10^{-18} \text{ }^2 /$$

$$W_T = 4kTR \approx 5 \cdot 10^{-18} \text{ }^2 /$$

$$B_U = 2,44 \cdot 10^{-12}$$

$$K_{ш} = W_U / W_T \approx 1,2$$

Суммарно-разностный каскад

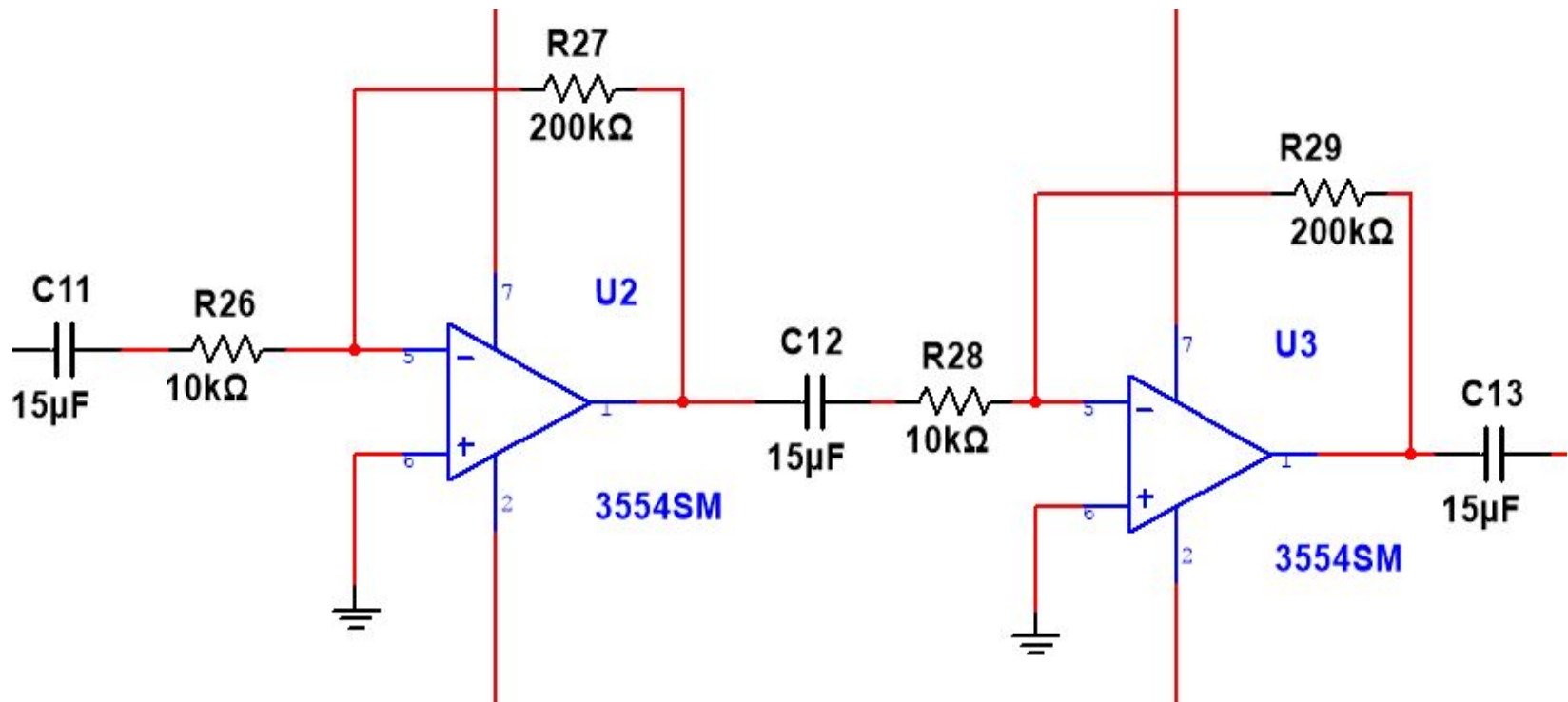


$$\sigma_{\alpha} = \pm 2 \frac{\overline{V_{\Delta 0}^2}}{V_{\Sigma 0}^2 - V_{\Delta 0}^2} \sqrt{2\varepsilon^2}$$

$$\sigma_{\Sigma\Delta} = 2\sqrt{2\sigma_{\Sigma}^2}$$

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_{\Delta} = 0,02$$

Масштабный усилитель



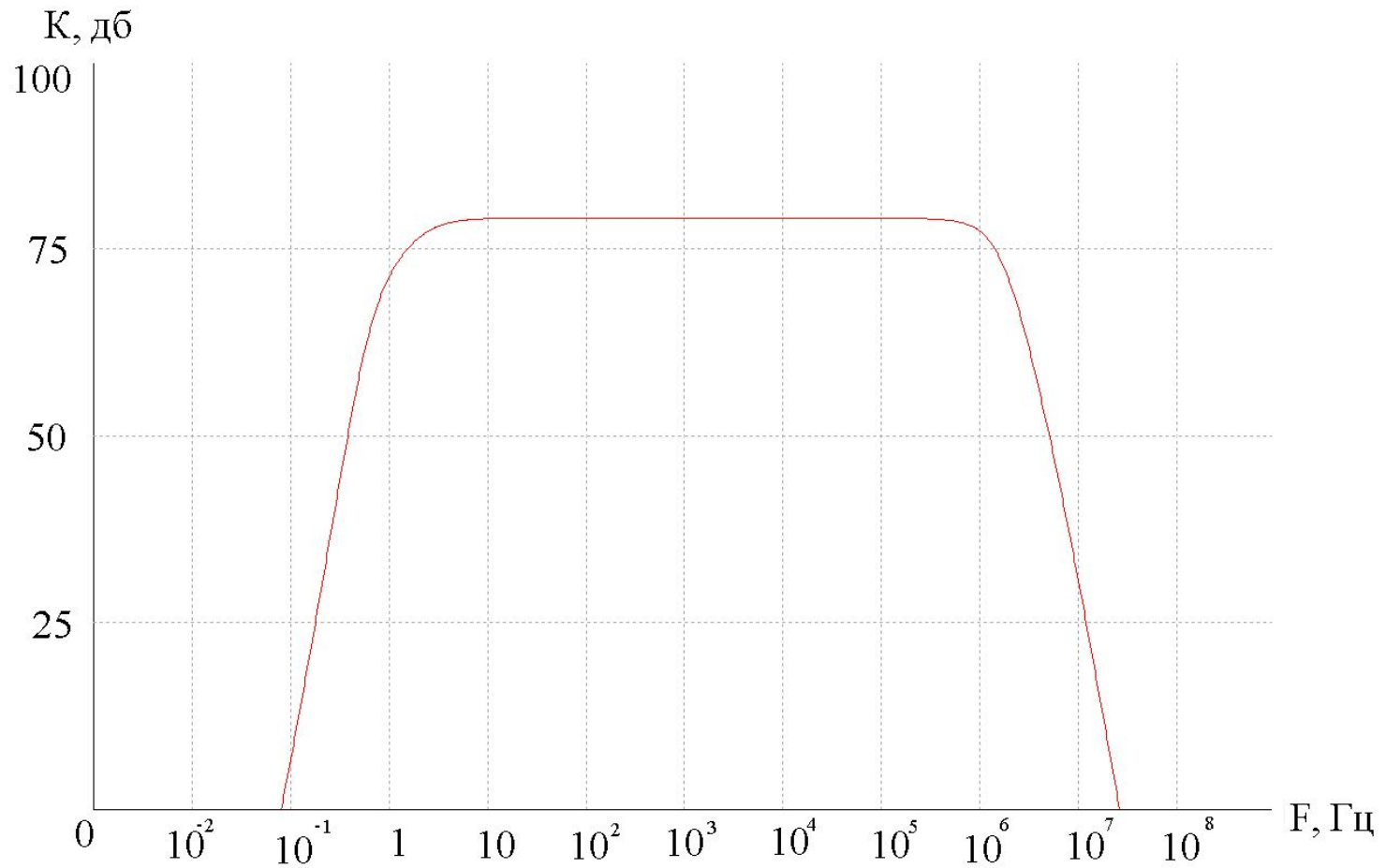
$$U_{\max} = 3B$$

$$M_{KB} = 3 / 2^{14} = 200$$

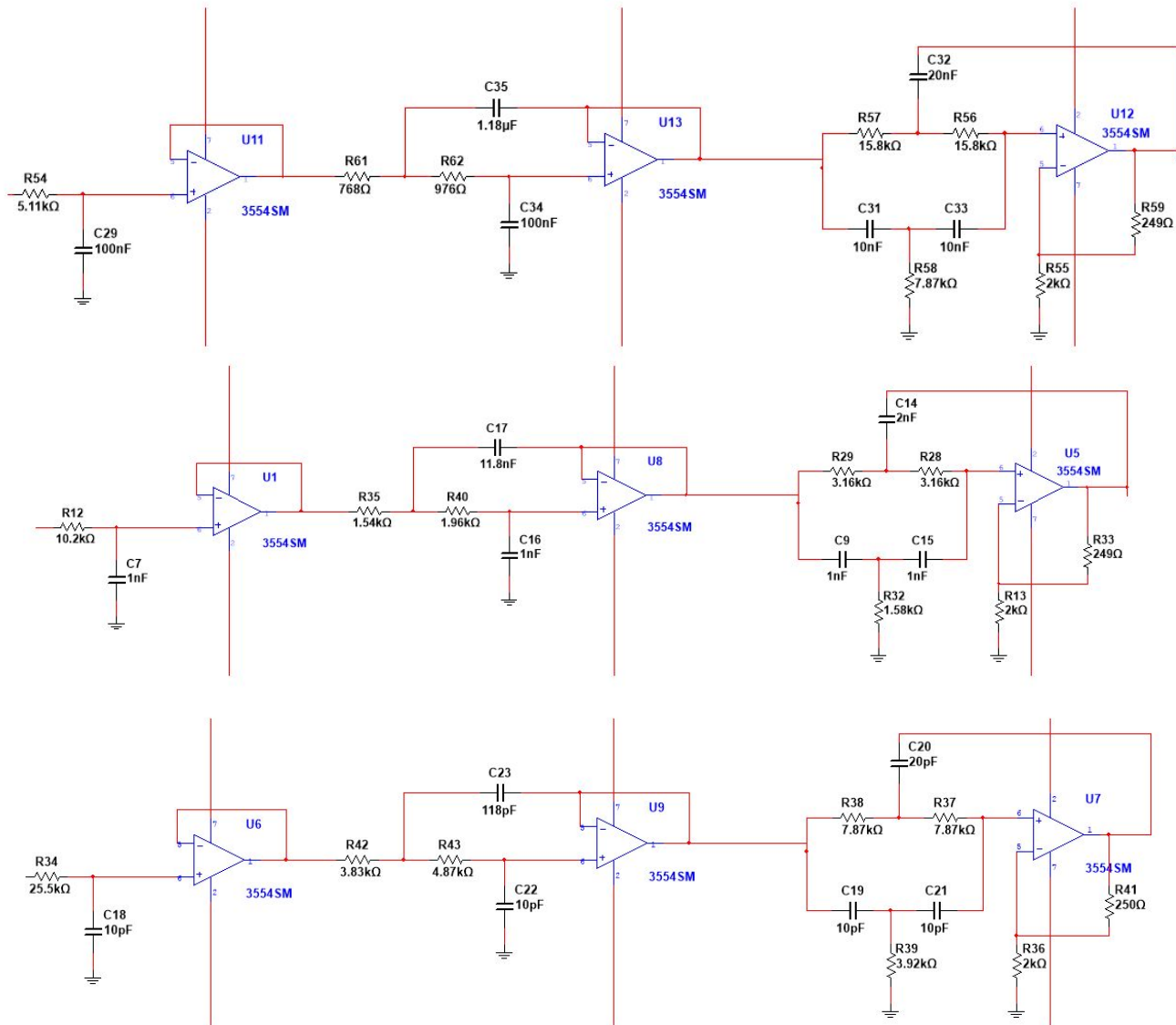
$$M_{KB} = 3$$

$$100U_{\min} / U = 7 * 10^3 \approx 77 \text{ dB}$$

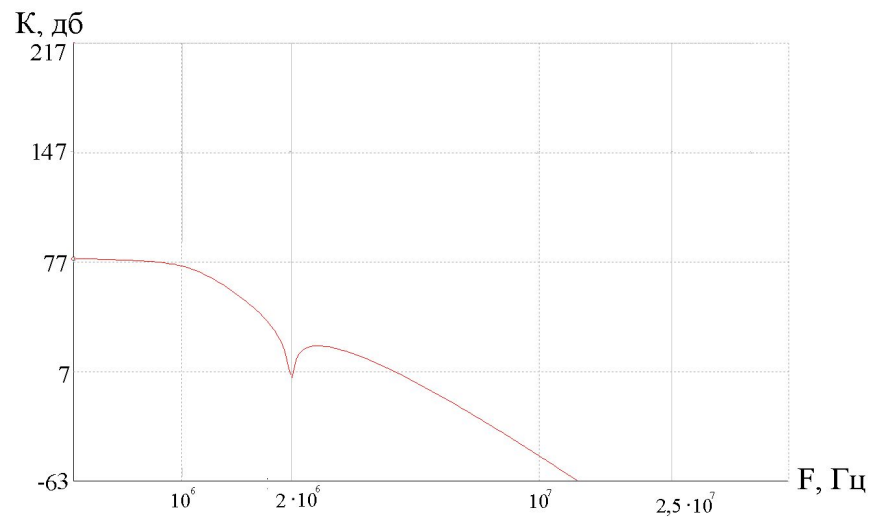
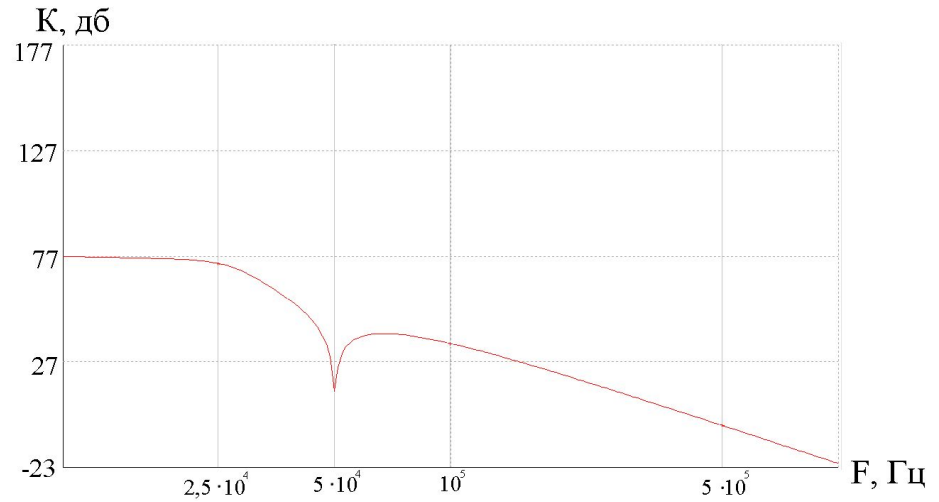
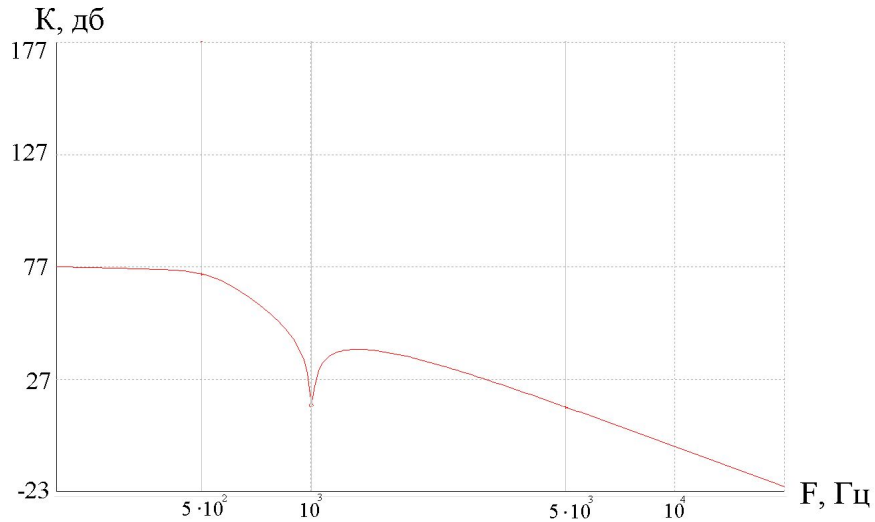
Суммарное АЧХ усилителей



Схемы фильтров



АЧХ на высокочастотном краю диапазона



Результаты

Определены требования, разработаны принципиальные схемы и смоделированы:

- малошумящий предварительный усилитель,
- суммарно-разностный каскад,
- масштабный усилитель,
- фильтры нижних частот.

Разработанный измеритель может быть использован при модернизации лабораторных работ «Исследование амплитудных флуктуаций автогенератора на биполярном транзисторе» и «Исследование флуктуаций частоты автогенератора на диоде Ганна».

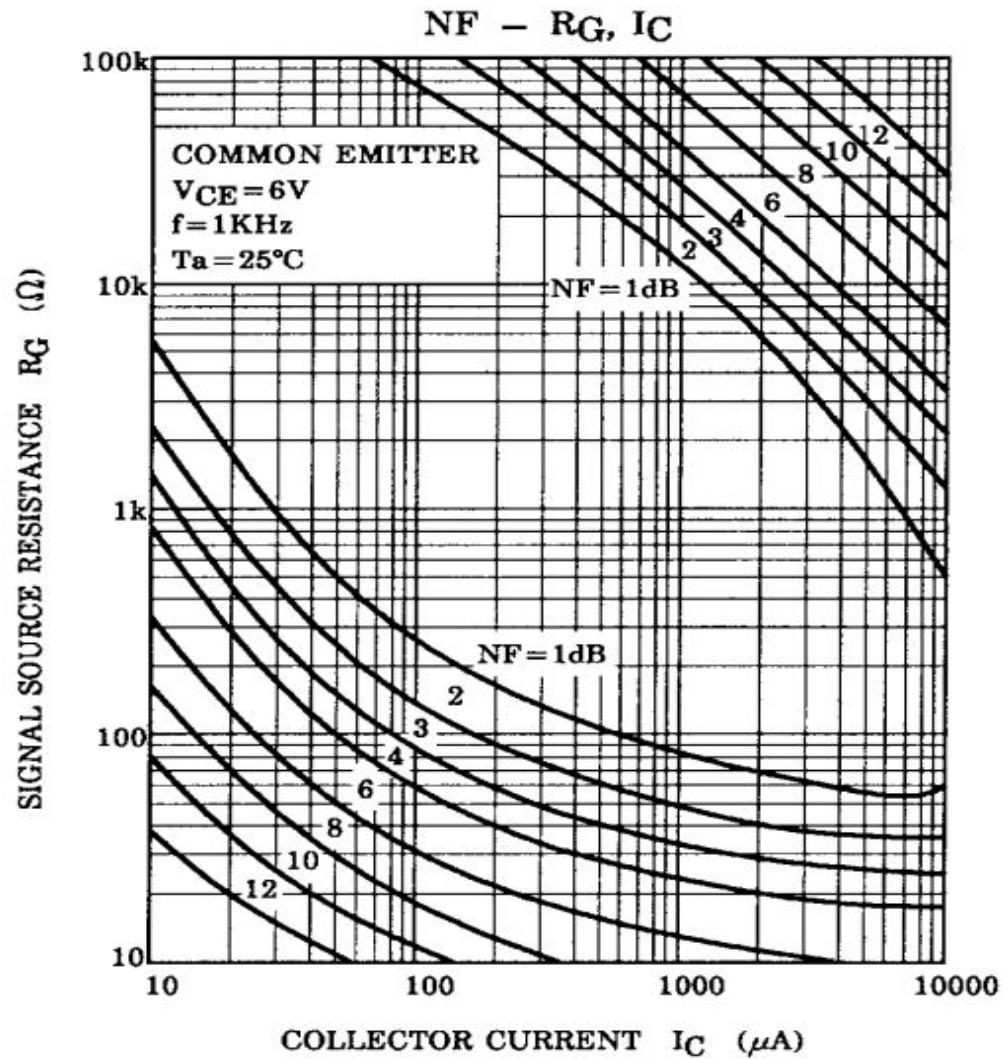
Выбор транзисторов

Тип	h_{21E}	$F_{ГР},$ МГц	$P_{МАХ},$ Вт	Условия нормировки по коэффициенту шума				
				$I_C,$ мА	$V_{CE},$ В	$R_{Г},$ кОм	$F,$ кГц	$K_{ш},$ дБ
2N2222A	70	300	0,4	0,1	10	1	1	4
2N2219	70	300	0,8	0,1	10	1	1	4
2N5551	50	100	0,8	0,25	5	1	15	8
2N1711	100	70	0,8	0,3	10	0,51	1	8
2SC1815	400	200	0,3	0,1	6	10	1	1
2SC1923	25	550	0,1	0,1	6	1	100000	2,5
2SC2240	200	100	0,3	0,1	6	0,5	1	5
2SC2785	110	150	0,25	0,1	6	2	1	15

Тип	h_{21E}	$F_{ГР},$ МГц	$P_{МАХ},$ Вт
2SA733	100	180	0,12
BC108BP	200	150	0,6

2SC2240 - КТ630Г, 2SA733 - КТ3107А, BC108BP – КТ3102В

Коэффициент шума



Выбор операционного усилителя

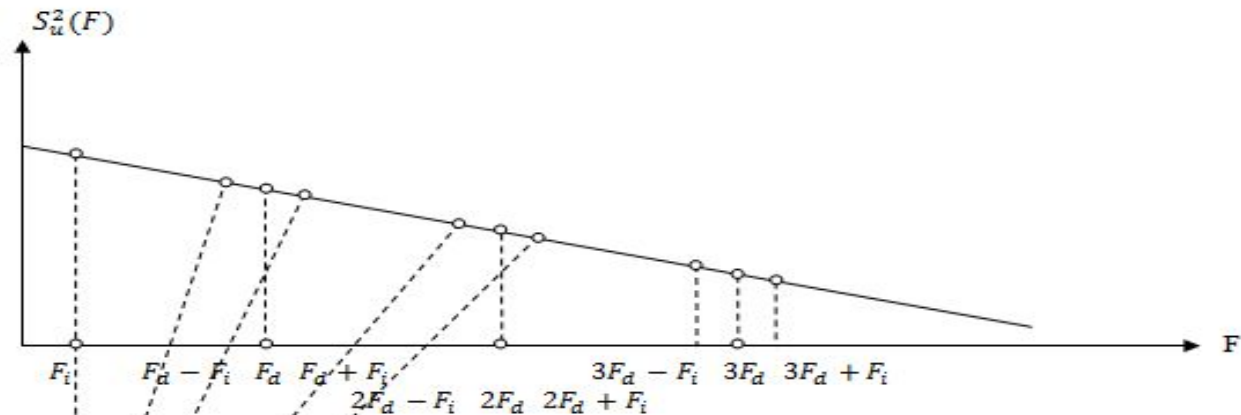
Тип	$\Delta F(0dB)$, МГц	Питание, В
AD8031ARZ	80	± 5
3554SM	90	± 15
AD711JNZ	3	± 15
OP07CD	0.6	18
NE5534P	10	30
OP196GSZ	0.45	12
LM358	0.7	3
LMH6643MA	40	12

КР140УД2

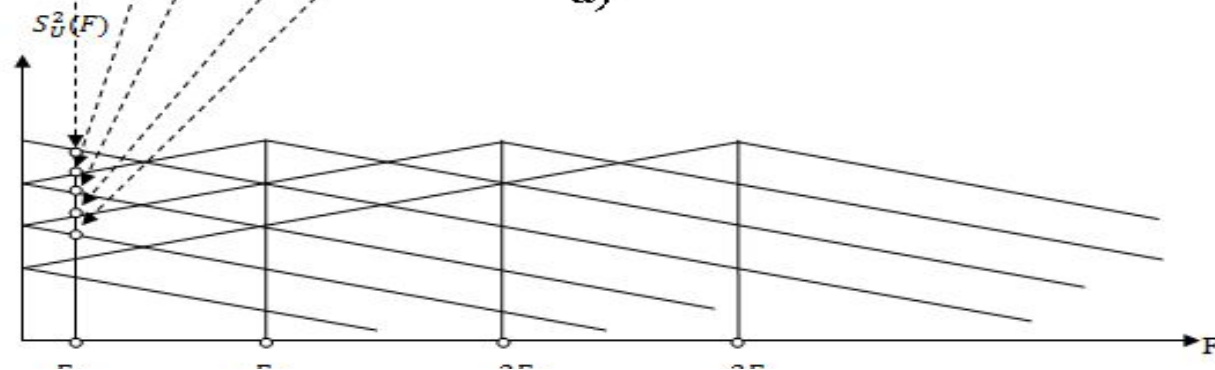
Параметры АЦП «Е20-10»

Параметр	Значение
Частота преобразования	До 10.00 МГц
Разрядность АЦП	14 бит
Число каналов	4 (SE)
Диапазон входных сигналов	$\pm 0.3V$, $\pm 1V$, $\pm 3V$
Входное сопротивление	5 МОм
Защита входов	$\pm 10V$
Полоса пропускания (-3 дБ)	1.25 МГц (базовая)
Отношение сигнал/шум	70 дБ (типичное значение)
ЦАП (опция)	2 канала, 12 бит, $\pm 5V$, 8 мкс
Дискретный В/В	16/16, ТТЛ

Эффект переноса спектра



a)



$$\Delta S_U^2(F) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(S_u^2(nF_d - F) + S_u^2(nF_d + F) \right)$$

Полная схема

