

Практична робота 4

ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНЗИСТОРА ДЛЯ ЗАМІНИ В ЕЛЕКТРОННОМУ ПІДСИЛЮВАЧІ

Завдання:

Згідно з вказаним варіантом вхідних даних (табл.6) підібрати транзистор для заміни використаного в підсилювачі транзистора. Обґрунтувати запропонований варіант заміни. Перелік типів транзисторів, які пропонуються для заміни, наведено в табл.5.

Таблиця 5

№ п/п	Тип транз.	№ п/п	Тип транз.	№ п/п	Тип транз.	№ п/п	Тип транз.	№ п/п	Тип транз.
1	ГТ108	10	ГТ310	19	ГТ346	28	КТ207	37	КТ317
2	ГТ109	11	ГТ311	20	ГТ362	29	КТ208	37	КТ326
3	ГТ112	12	ГТ313	21	ГТ402	30	КТ209	39	КТ331
4	ГТ122	13	ГТ320	22	ГТ404	31	КТ210	40	КТ332
5	ГТ124	14	ГТ321	23	КТ104	32	КТ214	41	КТ333
6	ГТ125	15	ГТ322	24	КТ120	33	КТ301	42	КТ343
7	ГТ305	16	ГТ328	25	КТ201	34	КТ307	43	КТ357
8	ГТ308	17	ГТ330	26	КТ202	35	КТ312	44	КТ361
9	ГТ309	18	ГТ341	27	КТ203	36	КТ315	45	КТ363

Приклад виконання завдання

Нехай вказані наступні дані:

Транзистор, до якого треба підібрати заміну – МП28. Донні підсилювача: $E_{ж} = 4 \text{ В}$; $R_{б1} = 6,8 \text{ кОм}$; $R_{б2} = 1,1 \text{ кОм}$; $R_{к} = 910 \text{ Ом}$; $R_{е} = 200 \text{ Ом}$; $T_{сер} = 40^{\circ} \text{ С}$; $f_{в} = 0,1 \text{ МГц}$. Нехай заміну треба шукати серед транзисторів: ГТ109; КТ202; ГТ305; ГТ309 та КТ315.

Параметри та характеристики транзистора МП28 [16]:

МП28 – германієвий сплавний *p-n-p* транзистор з низьким рівнем шумів, який має:

$$h_{21e} = 20 \dots 100, f_{пред} = 5 \text{ МГц}; \text{ коефіцієнт шуму } K_{ш} = 5;$$

$$I_{к макс} = 6 \text{ мА}; U_{ке макс} = 5 \text{ В}; P_{к макс} = 30 \text{ мВт}; T_{сер} = -60 \dots +60^{\circ} \text{ С}.$$

Можна було би спробувати підібрати серед запропонованих транзистор з параметрами не гірше, ніж ті, що характеризують транзистор МП28. Однак більш правильно оцінити вимоги до параметрів транзистора, який буде застосовано, на підставі аналізу величин, що характеризують його роботу в підсилювачі.

2. Транзистори, які повинні бути розглянуті при аналізі можливої заміни, позначені номерами в стовпці “Типи транзисторів до заміни” табл. 6. Самі типи транзисторів наведені в табл. 5. Наприклад, якщо в табл. 6 вказані номери 1, 5, 19 та 41, то необхідно аналізувати, який з транзисторів типів ГТ108, ГТ124, ГТ346 чи КТ317 (див. відповідні номери табл.5) більш підійде

для заміни транзистора, що вказане у другому стовпчику табл. 6. При аналізі треба уточнити модифікацію параметрів транзистора, що визначається кінцевою літерою в позначенні. Наприклад, потрібно встановити, якій з транзисторів КТ208А, КТ208Б чи КТ208В найбільш задовольнить вимогам до параметрів транзистора, що виникають при роботі підсилювача.

Таблиця 6

№ вар.	Тип транз.	$E_{ж},$ В	$R_1,$ кОм	$R_2,$ кОм	$R_к,$ кОм	$R_е,$ кОм	$f_{в},$ МГц	$T_{max},$ °С	Типи транзисторів до заміни
1	МП115	9	6,8	2	1,5	0,6	0,1	70	4, 16, 25, 43
2	МП42	12	9,1	2,4	0,81	0,1	0,1	40	3, 9, 13, 32
3	МП40А	15	13	2,7	1,2	0,3	0,1	60	5, 8, 17, 39
4	КТ315А	20	33	7,5	3	1	0,5	50	6, 18, 35, 40
5	МП25А	24	39	9,1	3,3	1,3	0,08	40	4, 13, 24, 37
6	МП27А	30	27	4,3	4,3	1,1	0,07	40	1, 14, 22, 32
7	ГТ311И	6	43	15	2,4	1,1	0,6	50	7, 17, 20, 39
8	МП39Б	12	18	39	1,8	0,68	0,1	40	2, 16, 18, 29
9	ГТ122В	15	24	4,3	3,3	1	0,1	60	4, 9, 17, 38
10	КТ312Б	20	16	4,7	27	1,2	0,7	50	16, 31, 37, 40
11	МП40А	24	22	2,4	1,8	0,62	0,2	45	4, 13, 17, 45
12	КТ208F	30	24	4,3	2	0,62	0,2	50	6, 15, 21, 35
13	МП112А	6	8,2	3	1,2	0,51	0,15	60	12, 17, 31, 40
14	КТ202А	12	51	13	5,1	2	0,2	40	14, 24, 30, 33
15	МП21А	15	24	6,2	2	1	0,1	40	4, 8, 13, 31
16	КТ209Г	20	15	4,3	2,2	1,1	0,2	50	10, 19, 28, 41
17	КТ312Б	24	43	6,2	4,3	1,1	0,8	60	2, 12, 16, 26
18	МП25А	30	24	5,1	3,9	1,8	0,1	40	3, 7, 17, 35
19	ГТ109А	5	47	13	1,0	0,51	0,1	40	1, 6, 18, 32
20	МП37А	9	5,1	4,2	1,5	0,62	0,15	50	4, 12, 21, 28
21	МП42Б	12	27	1	3,9	2,4	0,15	40	5, 10, 17, 42
22	КТ342А	20	180	33	2,7	0,82	0,5	40	18, 33, 36, 44
23	КТ312А	24	33	8,2	1,2	0,51	0,5	50	17, 31, 36, 45
24	КТ315В	30	22	5,6	2,2	0,68	0,6	70	7, 19, 34, 35
25	КТ326А	9	75	15	2,4	0,82	0,6	60	16, 35, 38, 44
26	МП41А	12	24	6,2	1,2	0,24	0,1	40	6, 15, 20, 34
27	МП11Б	15	12	3,6	3	1,5	0,15	50	8, 24, 29, 41
28	КТ361Г	20	81	22	2	0,91	0,6	60	15, 23, 35, 39
29	КТ358Б	24	43	8,2	2,2	0,82	0,7	50	11, 20, 35, 44
30	КТ208Ж	30	24	6,2	2,7	1,2	0,2	40	8, 25, 32, 43

Примітки:

1. Транзистор, який треба змінити, призначається для використання в однокаскадному підсилювачі, що зображений на рис. 5,а. Номінали резисторів та напруга живлення схеми наведені в табл. 6.

Напруга на транзисторі та його колекторний струм пов'язані лінійною залежністю

$$U_{ке} = E_{ж} - I_{к} (R_{к} + R_{е}).$$

З цього слідує, що при повному закритті транзистора ($I_{к} = 0$) $U_{ке} = E_{ж} = 4$ В, а при повному відмиканні ($U_{ке} = 0$)

$$I_{к} = \frac{E_{ж}}{R_{к} + R_{е}} = \frac{4}{910 + 200} = 3,6 \text{ мА.}$$

Максимальна потужність, яку повинен бути здатний розсіяти транзистор, якщо в стані спокою точка P на рис. 5,б буде характеризуватися наступними значеннями: $U_{кеP} = 0,5 E_{ж} = 2$ В; $I_{кP} = 0,5 E_{ж} / (R_{к} + R_{е}) = 0,5 \cdot 4 / (910 + 200) = 1,8$ мА.

Тоді $P_{к} = U_{кеP} I_{кP} = 2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} = 3,6$ мВт.

Отже, транзистор, що замінює, повинен бути здатний (з урахуванням коефіцієнтів запасу) розсіяти потужність приблизно 5 мВт при температурі $+40^{\circ}\text{C}$. Інші вимоги до транзистора можуть бути сформульовані на підставі виразів (14), (16) (завдання 2):

$$U_{ке \text{ макс}} \square K_1 E_{ж} = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ В; } I_{к \text{ макс}} \square \square 2 I_{кP} = 2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} = 3,6 \text{ мА;}$$

$$f_{h21e} \square \square K_2 f_{в} = 3 \cdot 1 \cdot 10^5 = 0,3 \text{ МГц.}$$

Крім того, на підставі інших даних, що характеризують транзистор МП28, необхідне, щоб транзистор, якій призначений для заміни, був $p-n-p$ типу. Тому транзистор КТ315 з подальшого розгляду виключаємо, бо він є транзистором $n-p-n$ типу. Додатково бажано, щоб обраний транзистор був з незначним коефіцієнтом шуму, германієвим з коефіцієнтом передачі струму бази в межах 20...100.

В табл. 7 призведені параметри інших транзисторів [16], що аналізувались до заміни, з уточненням їх модифікації (в позначенні транзистора є відповідна буква).

Таблиця 7

Параметри	Типи транзисторів			
	ГТ109Е	КТ202Б	ГТ305А	ГТ309Б
$I_{к \text{ макс}}$, мА	20	10	40	10
$U_{ке \text{ макс}}$, В	6	15	15	40
$P_{к \text{ макс}}$, мВт	22	15	35	40
$T_{ср \text{ макс}}$, $^{\circ}\text{C}$	55	85	60	55
h_{21e}	50 ... 100	40 ... 160	25 ... 80	60 ... 180
$K_{ш}$	4	–	6	6

$f_{h_{21E}}$, МГц	0,05	5	(1,6)	(1,6)
---------------------	------	---	-------	-------

Примітки. 1. Наведені значення потужності розраховані для температури 40°C.

2. Значення $f_{h_{21e}}$ для транзисторів ГТ305А і ГТ309Б в довідникові [16] вістуні. В таблиці наведені мінімальні частоти, при яких визначалися інші довідкові параметри транзисторів. Правомірність використання цих значень ґрунтується також на тому, що ці транзистори високочастотні ($f_{h_{21e}} > 30$ МГц).

Транзистор ГТ109Е не може бути використаний для заміни, тому що він низькочастотний (його $f_{h_{21e}} < 0,3$ МГц). Транзистор КТ202Б також необхідно вилучити з двох причин: по-перше, він кремнієвий, що зумовлює наявність у вхідній характеристиці ($i_b = f(U_{be})$) порогу в порівнянні з аналогічною характеристикою германієвого транзистора; по-друге, в [14] відсутні дані щодо $K_{ш}$, що робить неможливим його порівняльну оцінку. Перша причина може призвести до деяких нелінійних викривлень сигналу, друга – важлива, якщо буде відомо, що до підсилювача, в якому використаний транзистор МП28, встановлені вимоги до шумів (в даних табл. 6 такі вимоги відсутні).

Висновки.

Для заміни можуть бути взяті транзистори ГТ305А чи ГТ309Б. При цьому перевага може бути віддана другому, тому що він має більш високі значення h_{21e} , що приведе до більших значень коефіцієнтів підсилення каскаду.