

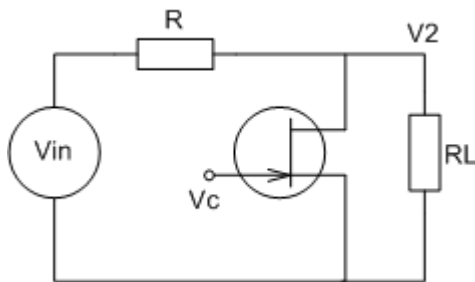
## Лабораторна робота 3. Моделювання керованих та автокерованих підсилювачів та дослідження їх характеристик.

Підсилювачі керовані напругою застосовуються у схемах регулювання, модуляторів, схемах автоматичного контролю рівня тощо. Автоматичні регулятори підсилення застосовують для обмеження динамічного діапазону, мікшування, аналогової компресії.

### **Підсилювач із керованим коефіцієнтом підсилення. Variable gain amplifier (VGA), voltage controlled amplifier (VCA).**

Найбільш поширеним методом керування підсиленням у електронних схемах є використання опору, керованого напругою. У якості такого опору використовують канал польового транзистора. Розрізняють підсилювачі, що змінюють безпосередньо коефіцієнт підсилення, та такі, що регулюють глибину зворотнього зв'язку. Підсилювачі бувають неінвертуючі та інвертуючі.

Для польового транзистора



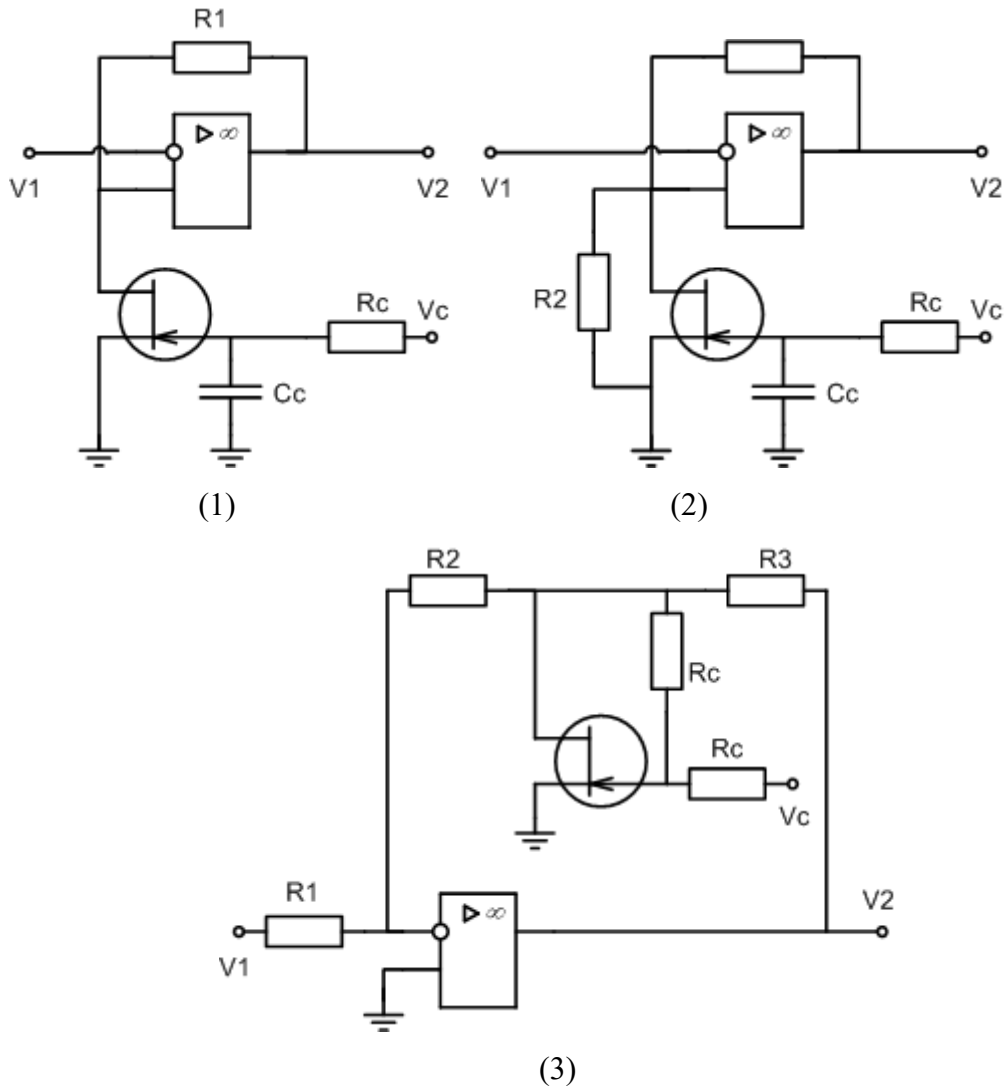
$$V_2 = V_{in} \frac{R_L (1 + SR_L)^{-1}}{R + R_L (1 + SR_L)^{-1}} \approx V_{in} \frac{1}{1 + RG} \text{ де}$$

$$G = G_0 \frac{V_0 - V_c}{V_0}, \quad G_0 = \frac{I_{DSS}}{2V_0}, \text{ де } G - \text{ провідність каналу транзистора, } V_0 - \text{ порогова напруга,}$$

$I_{DSS}$  – струм стоку насичення за нульового зміщення затвору.

Схеми неінвертуючих керованих атенюаторів з базовим одиничним підсиленням (1) та підвищеним (2) та інвертуючого керованого підсилювача (3) приведені на рисунку.

Тут резистори  $R_c$  обирають більшими за опір каналу транзистора паралельний вхідному опору ОП. Нормальне значення 100к.  $C_c = 0.1\text{мкФ}$ .



Коефіцієнти підсилення

$$K_1 = 1 + R_1 G$$

$$K_2 = 1 + \frac{R_2}{R_1} + R_1 G$$

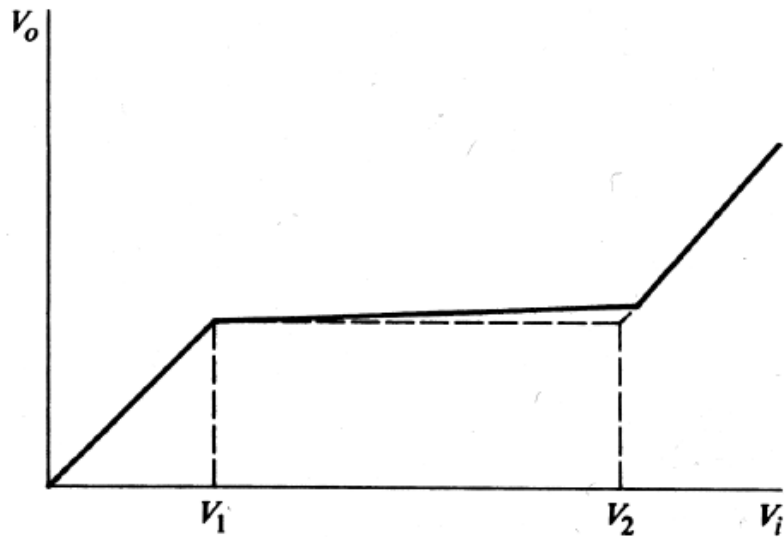
$$K_3 = \frac{1}{R_1} (R_2 + R_3 + R_2 R_3 G)$$

$$G = G_0 \left( 1 - \frac{V_c}{2V_0} \right)$$

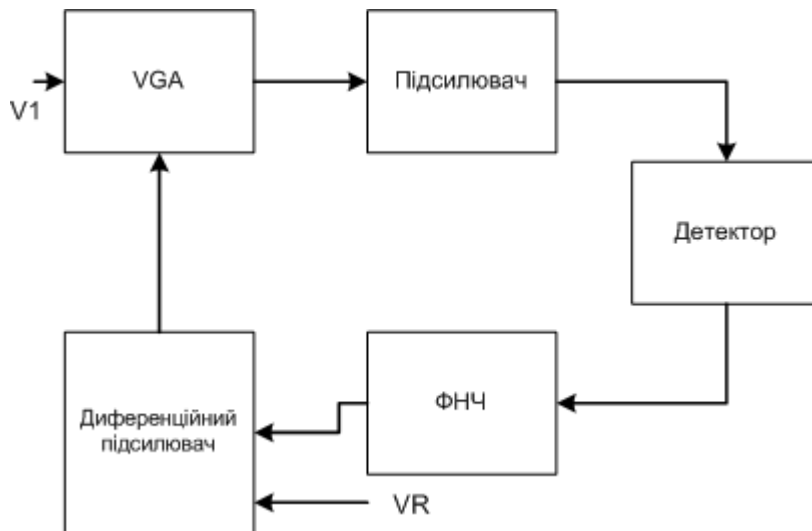
### **Підсилювач з автоматичним регулюванням підсилення. Automatic gain control (AGC).**

Застосовується для обмеження динамічного діапазону сигналу зокрема для уникнення дискримінації аудіо сигналів та для забезпечення аналогово-цифрового перетворення. Завдання АРП полягає в тому, щоб зробити передаточну характеристику підсилювача кусочно-лінійною зменшуючи коефіцієнт підсилення для рівнів вхідного сигналу, що перевищують заданий поріг. Характеристика АРП також обмежена знизу і має нижній поріг сигналу, до якого АРП не вмикається.

Ідеальна передаточна характеристика АРП:



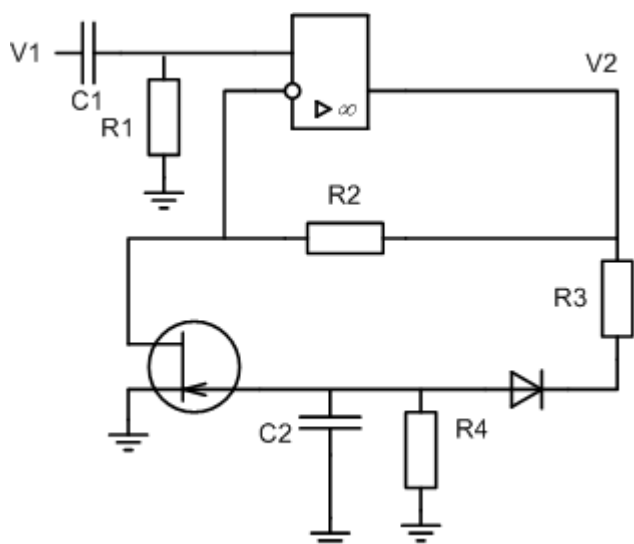
Загальна структурна схема АРП



Тут референсна напруга VR використовується для налаштування порогу АРП.

Характеристикою рівня сигналу може бути середньоквадратичне значення, амплітудне значення чи довільна функція сигналу. Відповідно проектується детектор.

### Схема найпростішого підсилювача з АРП



Тут коефіцієнт підсилення залежить від опору  $R_1$  та опору каналу транзистора.

За відсутності вхідного сигналу ємність  $C_2$  розряджена через  $R_4$ , напруга на затворі транзистора дорівнює нулю і максимальний коефіцієнт підсилення визначається  $R_2$ .

При виникненні вхідного сигналу,  $C_2$  заряджається та коефіцієнт підсилення зменшується до рівноваги, коли струм заряду  $C_2$  через  $R_3$  дорівнює струму заряду через  $R_4$ .

Коли  $C_2$  заряджається до напруги відсічки транзистора, АРП вимикається і схема перетворюється на повторювач.

Момент вмикання АРП залежить від напруги, що відкриває діод.

### **Завдання.**

1. Обрати тип транзистора та характеристики підсилювачів відповідно до варіанту.
2. Обрати тип операційного підсилювача LM101 або аналогічний
3. Для трьох схем включення VGA розрахувати компоненти відповідно до заданих діапазонів підсилення  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ .
4. Сформулювати вимоги до діапазону керуючої напруги
5. Промодельовати отримані схеми подавши на вхід гармонійний сигнал та побудувати їх перехідні характеристики та характеристики коефіцієнту підсилення.
6. Для схеми АРП визначити напругу вмикання та вимикання відповідно до варіанту
7. Обрати операційний підсилювач LM101 або аналогічний
8. Обрати діод виходячи з прямої напруги, наприклад для 1В 1N4148 або аналогічний
9. Підібрати номінали компоентт схеми АРП відповідно до заданих рівнів вмикання та вимикання
10. Промодельовати схему АРП, дослідити її передаточну характеристику та залежність коефіцієнта підсилення від рівня вхідного сигналу,

## Варіанти

	VT	K1max	K1min	K2max	K2min	K3max	K3min	Vstart	Vstop
1	2N4221	1	0,0496	21	0,0753	-0,8	-0,071	0,7764	3,5478
2	2N5397	1	0,0397	21	0,036	-0,8	-0,0909	0,7563	3,5824
3	2N4221	1	0,0747	14	0,0196	-0,8	-0,0721	0,7057	3,589
4	2N4416	1	0,034	21	0,0735	-0,8	-0,0798	0,7264	3,2625
5	2N4221	1	0,0001	5	0,0519	-0,8	-0,0492	0,6406	3,517
6	2N4416	1	0,0762	14	0,085	-0,8	-0,0923	0,7669	3,2104
7	U553	1	0,0552	6	0,043	-0,8	-0,0288	0,6558	3,4097
8	2N5397	1	0,0918	14	0,0552	-0,8	-0,0893	0,7849	3,3738
9	U311	1	0,0393	7	0,0851	-0,8	-0,0464	0,7081	3,4526
10	2N4416	1	0,0315	13	0,0201	-0,8	-0,0194	0,6759	3,3333
11	2N3823	1	0,0792	8	0,0904	-0,8	-0,0404	0,6235	3,275
12	2N3823	1	0,0579	7	0,0059	-0,8	-0,0402	0,7285	3,3522
13	2N5397	1	0,0164	24	0,0714	-0,8	-0,0217	0,6145	3,1634
14	U311	1	0,0461	12	0,0472	-0,8	-0,0697	0,6359	3,3852
15	2N4221	1	0,0896	22	0,0676	-0,8	-0,0491	0,6784	3,4588
16	2N4416	1	0,0972	23	0,0726	-0,8	-0,0509	0,6232	3,2589
17	U311	1	0,0471	8	0,0056	-0,8	-0,0823	0,6724	3,2554
18	U553	1	0,0301	21	0,0879	-0,8	-0,017	0,78	3,1988
19	2N3823	1	0,0071	16	0,062	-0,8	-0,0752	0,6006	3,3424
20	U553	1	0,0168	6	0,0366	-0,8	-0,0253	0,7821	3,528

## Рекомендована література

1. Пейтон А. Джо, Волш В. Аналоговая электроника на операционных усилителях. М. : БИНОМ, 1994. 352 с.
2. Титце У. Полупроводниковая схемотехника : в 2 т.: пер. с англ. / У. Титце, К. Шенк. М. : Додэко — XXI, 2008. Т. 1. 832 с.; Т. 2. 942 с.
3. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС : пер. с англ. / Л. Фолкенберри. М. : Мир, 1985. 572 с.