

Същност и видове аналогови и цифрови електронни схеми

„ ... *analog is everywhere*”
(*Analog Devices, 2007*)

1 Същност на аналоговите и цифровите електронни схеми

Обект на **аналоговата схемотехника** е изучаването на структурата и принципите на работа на аналоговите електронни схеми, предназначени за усилване и преобразуване на непрекъснати (аналогови) сигнали. При аналоговите схеми активните елементи се работят в нормален активен режим.

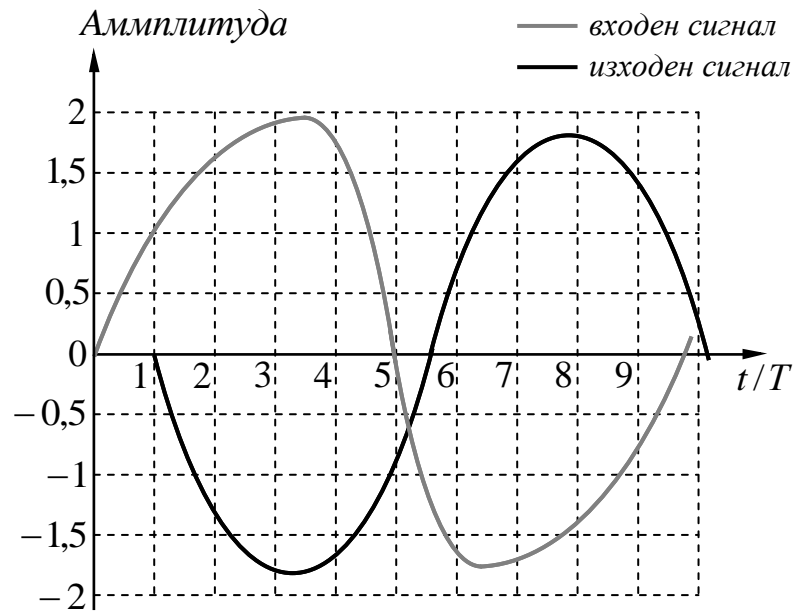
Най-общо аналоговите сигнали са сложни периодични сигнали и могат да бъдат представени чрез сума от безброй хармонични трептения с определена амплитуда, фаза и честота.

При аналоговите схеми обработката на сигналите се осъществява непрекъснато във времето, като носител на информацията е моментната стойност на сигналите.

Основната разлика между **аналоговите и цифровите схеми** е в това, че при цифровите схеми елементите им се намират само в две състояния. Те могат да се онагледят чрез токово и безтоково състояние на верига, състояние на затворен и отворен ключ и др. Обикновено тези състояния се представят чрез две различни стойности на напрежение, условно наречени H (High – високо) и L (Low – ниско).

Цифровите сигнали са дискретизирани по време и ниво и представляват поредица от импулси със стандартна форма и амплитуда.

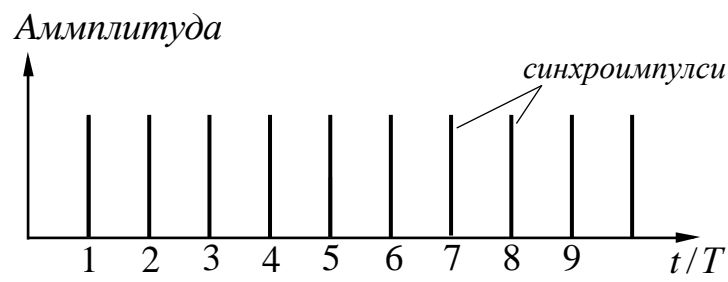
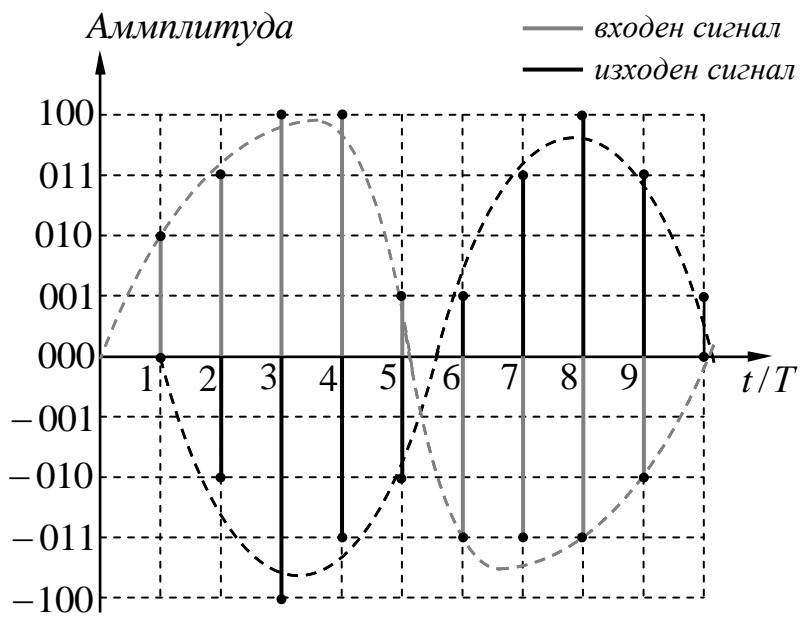
Примерна форма на входен и изходен сигнал за аналогова схема



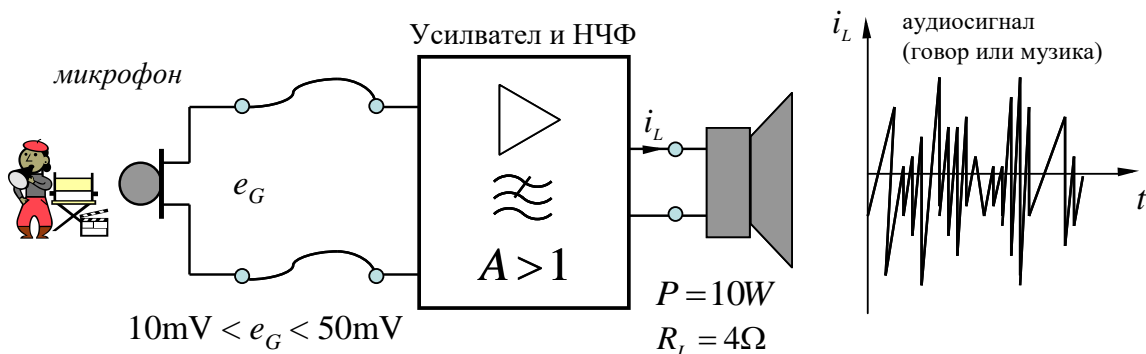
Една електронна схема е аналогова, ако входният сигнал x_i и изходният сигнал x_o са непрекъснати вълни (continuous waveforms). Казано по друг начин x_i и x_o са непрекъснати променливи по амплитуда и време. При това x_i и x_o могат да се представят аналитично като непрекъснати функции на променливата t , т.е.

$$x_i = x_i(t) \quad \text{и} \quad x_o = x_o(t)$$

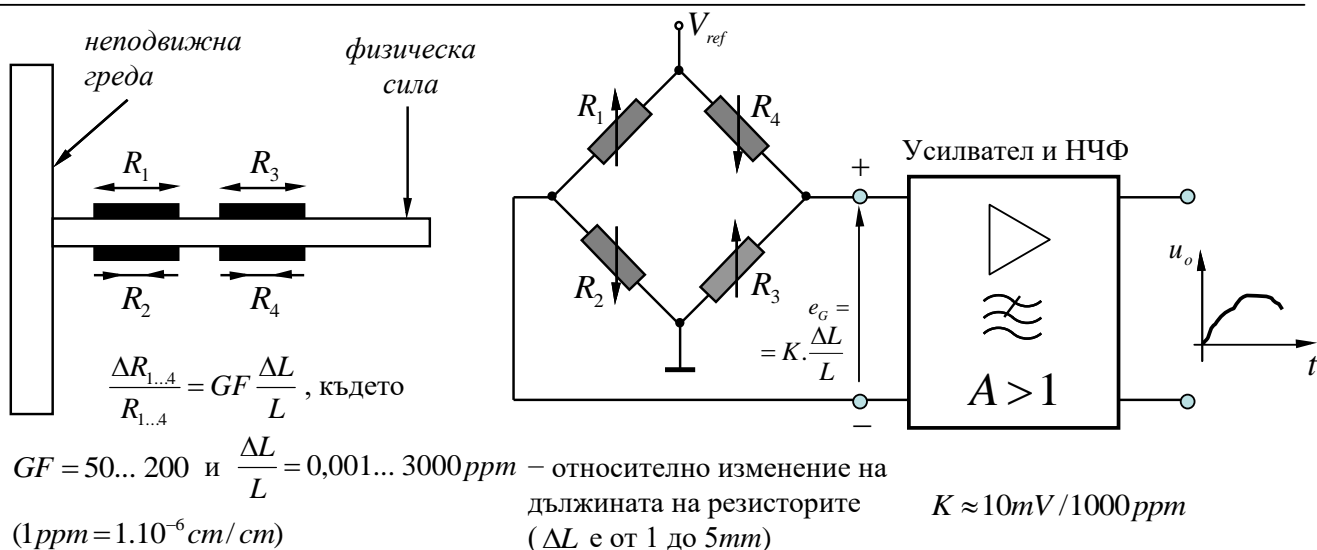
Примерна форма на входен и изходен сигнал за цифрова схема



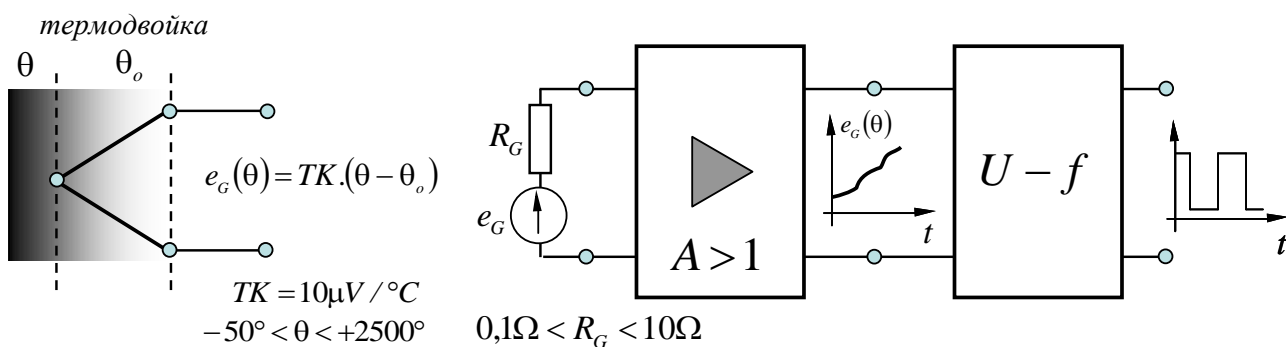
Приложение на аналоговите електронни схеми



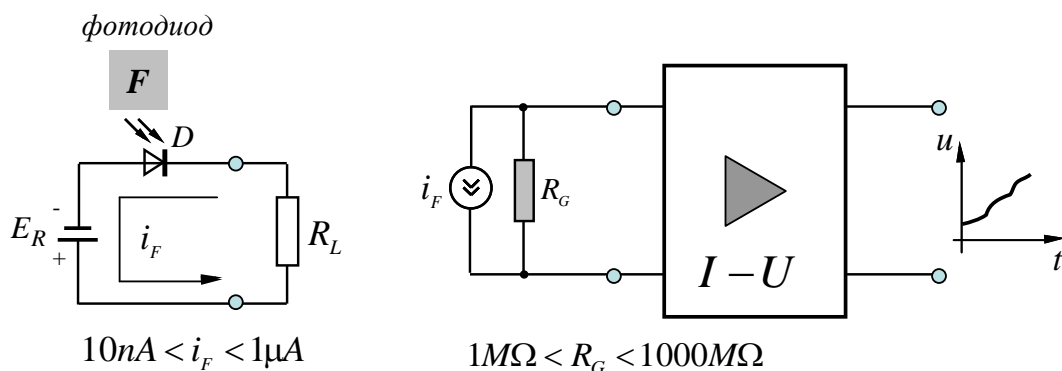
а) Усилване и филтриране на аудиосигнали, получени от микрофон



б) Преобразуване и усилване на сигнали, получени от мост с тензорезистори



в) Усилване и преобразуване на сигнали, получени от термодвойка



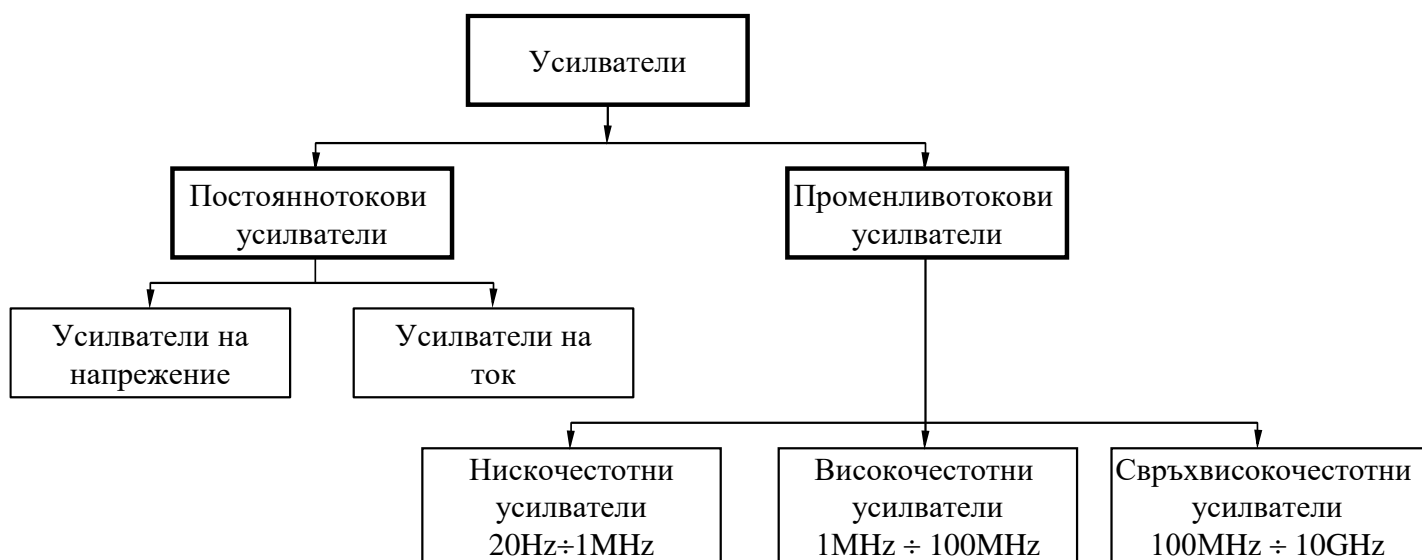
г) Усилване и преобразуване на сигнали, получени от фотодиод

2 Класификация на аналоговите електронни схеми

□ Според предназначението си аналоговите схеми се делят на:

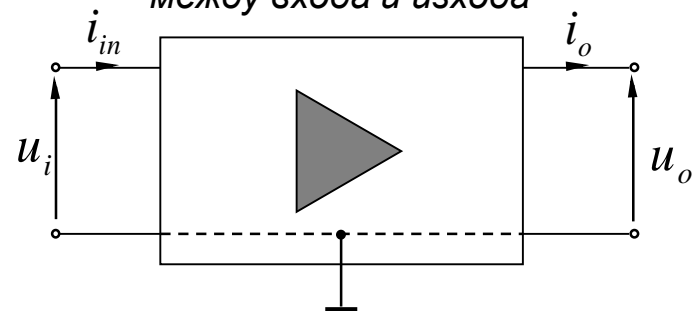
- *Линейни електронни схеми*
- *Нелинейни електронни схеми (функционални преобразуватели).*

От **линейни електронни схеми** най-популярни са усилвателите и активните филтри. Най-общо електронните усилватели са транзисторни схеми, чиято функция е линейно да усилват маломощни входни сигнали.



Блокови схеми на усилватели

Усилвател с общ възел
между входа и изхода



Усилвател без общ възел
между входа и изхода



Усилвателите като четириполюсници

Обикновено *усилвателите* се представят като четириполюсници с два входни и два изходни възела (или полюса). При това предаването на сигналите се извършва винаги едноразлично от входа към изхода на транзисторната схема. В по-голяма част от усилвателите между входа и изхода съществува общ възел с потенциал „нула“ – маса на електронната схема. По този начин всички напрежения се отнасят спрямо този общ възел, което улеснява в известна степен процеса на проектиране и използване на схемата.

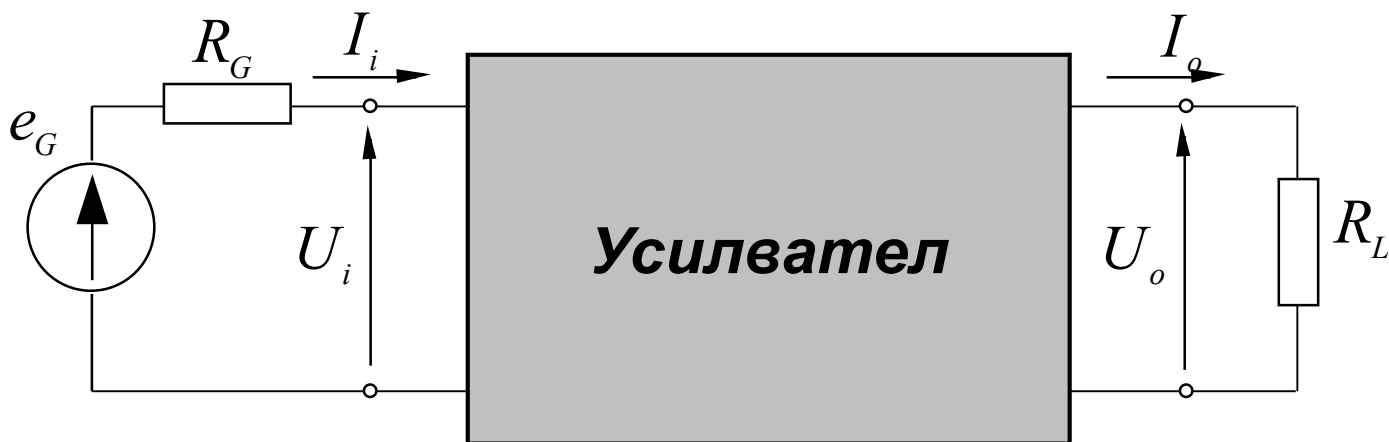
Функционалните преобразуватели са електронни схеми, които имат нелинейна предавателна характеристика.

Към тях спадат генераторите, логаритмичните усилватели, ограничителите, модулаторите и други.

При това най-голямата група функционални преобразуватели са генераторите, които произвеждат сигнали с определена амплитуда и честота при липса на входен сигнал. Освен това за генераторите е характерно, че параметрите на изходния сигнал се определят от постоянен ток режим на транзисторите, включени в схемата и от големината на захранващото напрежение.

3 Обобщена еквивалентна схема и основни динамични параметри на електронен усилвател

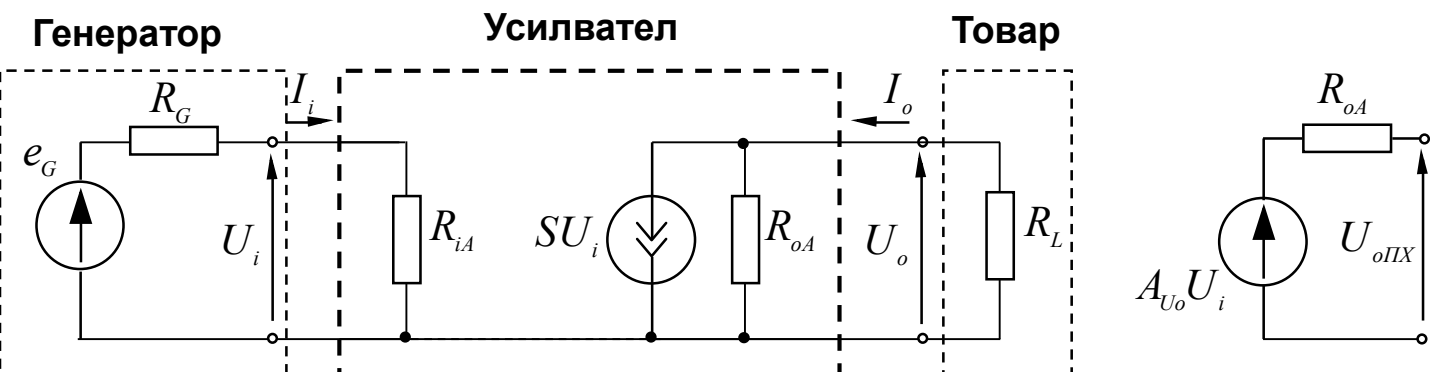
Блокова схема на усилвател



Източникът на входен сигнал е представен еквивалентно като идеален източник на напрежение e_G с вътрешно съпротивление R_G . Обикновено източникът на входен сигнал може да бъде сензор, електронна схема, микрофон или антена.

Товарът присъединен към изхода може да бъде високоговорител, управляваща намотка на реле, електронна схема и други.

Обобщена еквивалентна схема на усилвател и основни параметри



Обобщена еквивалентна схема на усилвател и основни параметри

□ Коефициент на усилване по напрежение на празен ход

$$U_{o\Pi X} = -SR_{oA}U_i \quad \text{или} \quad A_{U_o} = \frac{U_{o\Pi X}}{U_i} = -SR_{oA}$$

□ Коефициент на предаване по напрежение на входната верига

$$U_i = I_i R_{iA} = \frac{e_G}{R_{iA} + R_G} R_{iA}, \quad \text{където} \quad I_i = \frac{e_G}{R_{iA} + R_G}$$

Тогава се получава

$$A_{UG} = \frac{U_i}{e_G} = \frac{R_{iA}}{R_{iA} + R_G} < 1$$

□ Коефициент на усилване по напрежение

$$U_o = I_o R_L = \frac{A_{U_o} U_i}{R_{oA} + R_L} R_L, \quad \text{където} \quad I_o = \frac{A_{U_o} U_i}{R_{oA} + R_L}$$

$$A_U = \frac{U_o}{U_i} = -SR_{oA} \frac{R_L}{R_L + R_{oA}} = -S(R_{oA} \parallel R_L),$$

където $R_{oA} \parallel R_L = \frac{R_{oA} R_L}{R_L + R_{oA}};$

Обобщена еквивалентна схема на усилвател и основни параметри

□ Пълен коефициент на усилване по напрежение

$$A = \frac{U_o}{e_G} = \frac{U_o}{U_i} \cdot \frac{U_i}{e_G} = A_U \cdot A_{UG} = A_U \frac{R_{iA}}{R_G + R_{iA}}$$

□ Коефициент на усилване по ток

$$A_I = \frac{I_o}{I_i} = -\frac{U_o}{R_L} \frac{1}{U_i / R_{iA}} = -A_U \frac{R_{iA}}{R_L},$$

където

$$I_o = -\frac{U_o}{R_L} \text{ и } I_i = \frac{U_i}{R_{iA}};$$

□ Коефициент на усилване по мощност

$$A_p = \frac{P_L}{P_i} = \frac{U_o^2 / R_L}{U_i I_i} = A_U \frac{I_o}{I_i} = A_U A_I = A_U^2 \frac{R_{iA}}{R_L}$$

□ Коефициент на полезно действие

$$\eta = \frac{P_L}{P_{CC}}$$

P_{CC} - мощност консумирана от захранващия източник

$P_C = P_{CC} - P_L$ - загубна топлинна мощност

Обобщена еквивалентна схема на усилвател и основни параметри

□ Входно и изходно съпротивление

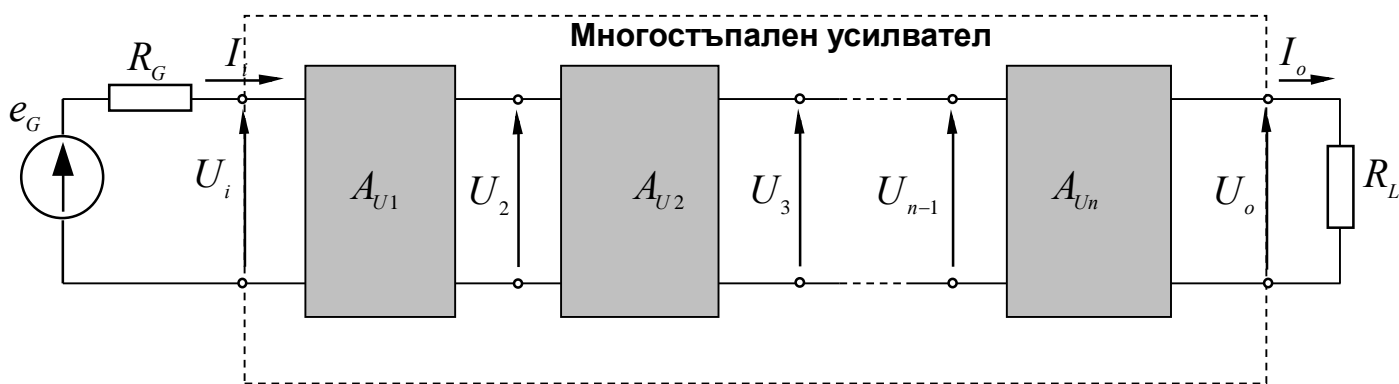
$$R_{iA} = U_i / I_i \quad R_{oA} = U_{oПХ} / I_{OS}$$

$$R_{iA} = \frac{U_i \cdot R_G}{e_G - U_i}$$

$$R_{oA} = \frac{U_{oПХ} - U_o}{U_o} R_L$$

Многостъпални усилватели

Съвременните усилватели съдържат голям брой активни и пасивни елементи, което позволява да се разделят на отделни стъпала или части. Стъпалото е най-малката усилвателна клетка на усилвателя. Усилвателите съдържащи повече от едно стъпало се наричат многостъпални. Всъщност отделните части от една сложна електронна схема могат да работят и самостоятелно.



$$A_U = A_{U1} A_{U2} \dots A_{Un}$$

$$20 \lg A_U = 20 \lg A_{U1} + 20 \lg A_{U2} + \dots + 20 \lg A_{Un}$$