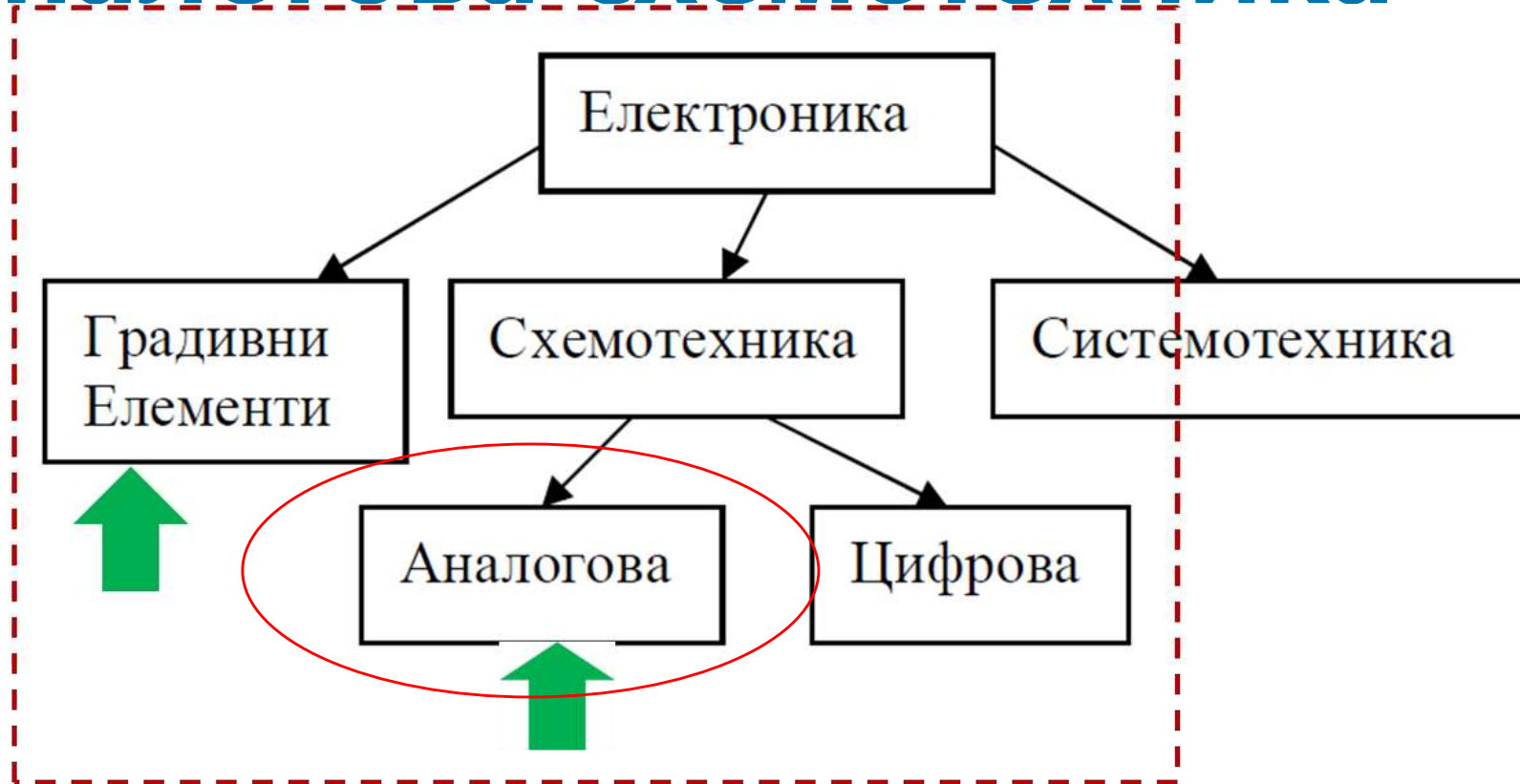




Усилватели

Основни параметри на усилватели. Видове
обратни връзки.

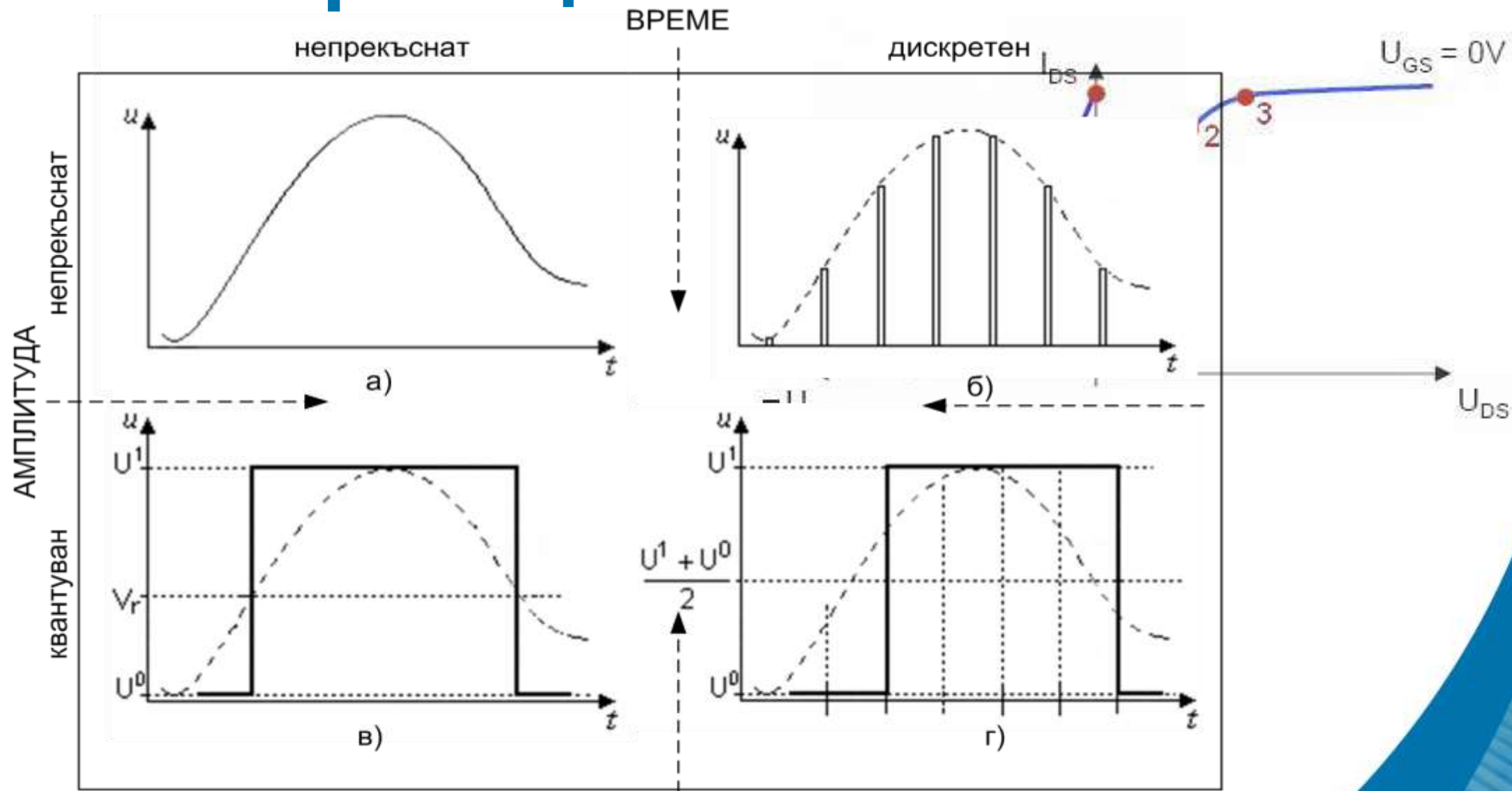
I. Аналогова схемотехника



Схемотехниката се дели на аналогова и цифрова според вида на сигнала.

- ✓ Аналоговият се изменя монотонно и при него носител на информацията е самото изменение.
- ✓ Цифровият сигнал се изменя рязко и при него носител на информацията е примерно броят импулси.

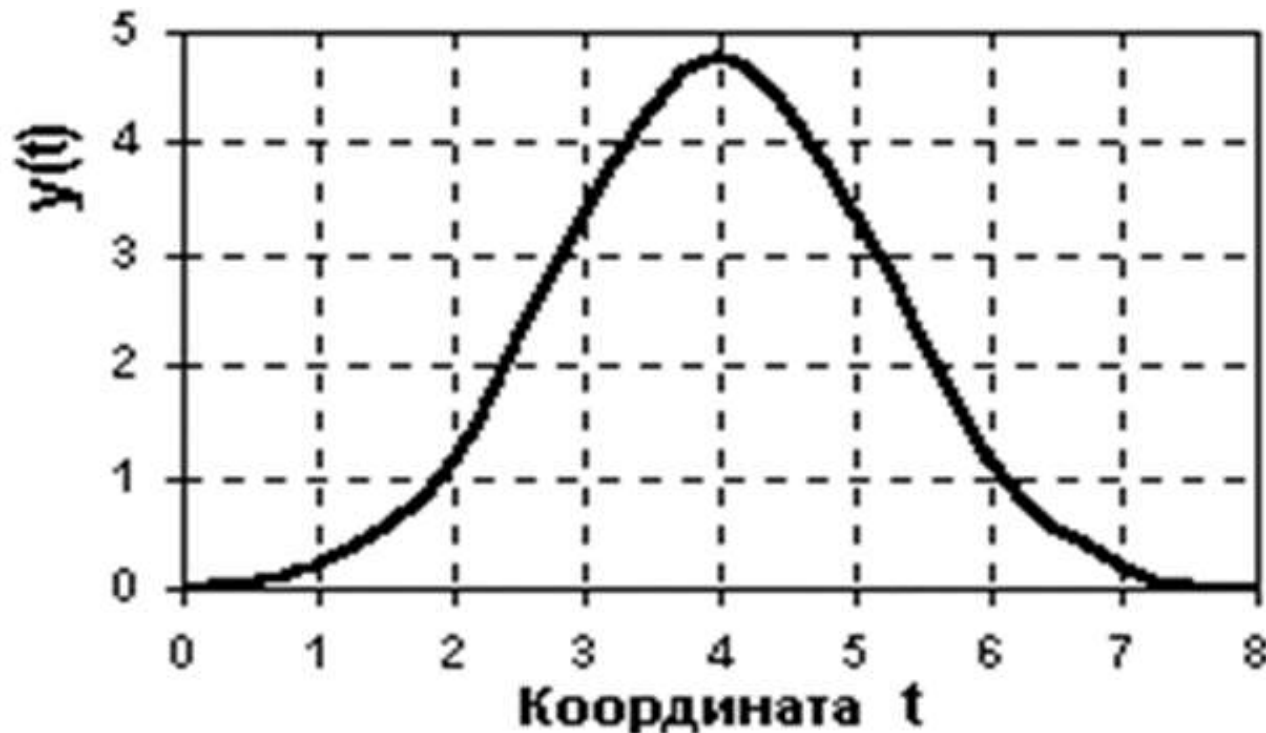
II. Класификация на сигналите



Фиг.V.1. Класификация на сигналите: а) аналогов; б) дискретизиран във времето аналогов; в) квантуван по амплитуда аналогов; г) цифров

III. Аналогов сигнал

Аналогов се нарича сигнал, чието изменение във времето или пространството има **непрекъснат** характер и се описва с **непрекъснатата функция $y(t)$** .



IV. Аналогови схеми

- ✓ Аналоговите схеми намират широко приложение в почти всички електронни устройства, предназначени за промишлеността, екологията, бита и транспорта.
- ✓ Аналогови схеми се използват в аудио- и видеотехниката, радиоприемниците, сензорните схеми и устройства (уреди за измерване на температура, налягане и скорост), медицински уреди и др.



V. Аналогови устройства (усилвател)

Усилвателите са транзисторни схеми, чиято функция е да усилят маломощни входни сигнали.



V. Аналогови устройства (усилвател)

За усилването на аналоговите сигнали е характерно:

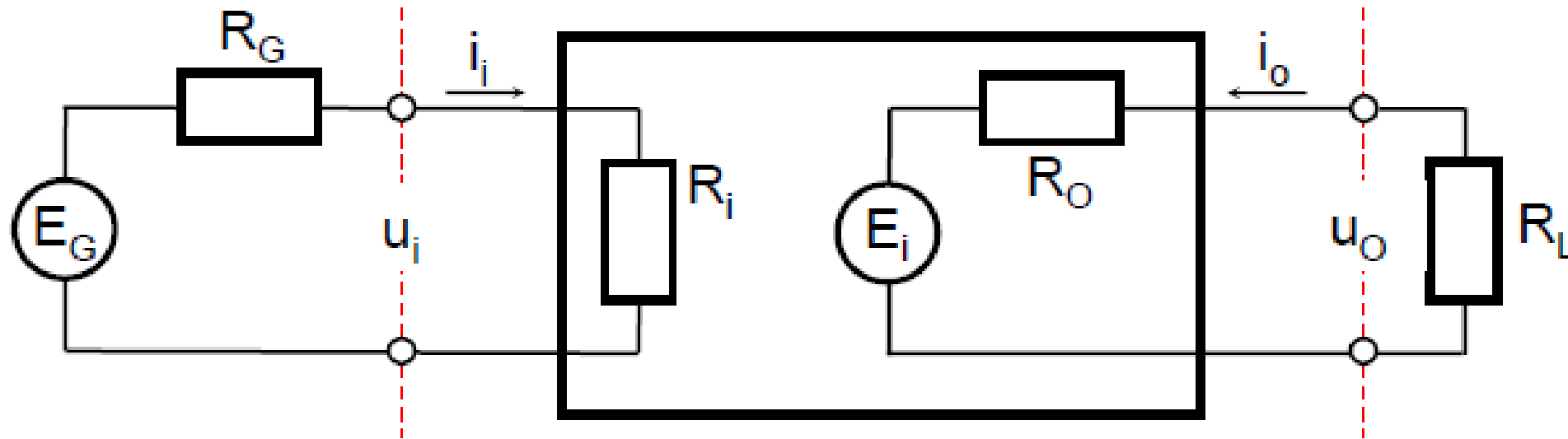
- ✓ Изходната мощност е по-голяма от входната, за сметка на храняващия източник.
- ✓ Входният и изходният сигнал трябва да са с еднаква форма, за да се запази информацията, която се съдържа в тях.
- ✓ Отношението между входния и изходния сигнал трябва да е независимо от амплитудата и честотата на сигнала.



V. Аналогови устройства (усилвател)

$$E_G = i_i \cdot (R_G + R_i)$$

$$E_i = i_o \cdot (R_o + R_L)$$



$$R_G \gg R_i$$

(генератор на ток)

$$R_o \gg R_L$$

$$R_G \ll R_i$$

(генератор на напрежение)

$$R_o \ll R_L$$

$$R_G \sim R_i$$

(генератор на мощност)

$$R_o \sim R_L$$

R_i - входно
съпротивление

R_o - изходно
съпротивление

VI. Основни параметри на усилвателите

❑ Входно съпротивление

$$R_i(R_{\text{вх}}) = \frac{u_i}{i_i}$$

❑ Изходно съпротивление

$$R_o(R_{\text{изх}}) = \frac{u_o}{i_o}$$

❑ Коефициент на усилване по напрежение

$$K_u = \frac{u_o}{u_i}$$

$$K_{u(NORM)} = \frac{K_u}{K_{u(1000Hz)}}$$

$K_{u(NORM)}$ - нормиран коефициент на усилване

❑ Коефициент на усилване по ток

$$K_i = \frac{i_o}{i_i}$$

❑ Коефициент на усилване по мощност

$$K_p = \frac{P_o}{P_i}$$



VI. Основни параметри на усилвателите

- **Логаритмично представяне** - като безразмерна величина, коефициентите на усилване е по-удобно да се изразват в децибели dB, тъй като човешкото ухо възприема звука в логаритмична зависимост.

$$K_p, dB = 10 \lg \frac{P_o}{P_i} \Rightarrow \text{по дефиниция}$$

$$K_u, dB = 20 \lg \frac{U_o}{U_i}$$

при $R_o = R_i$

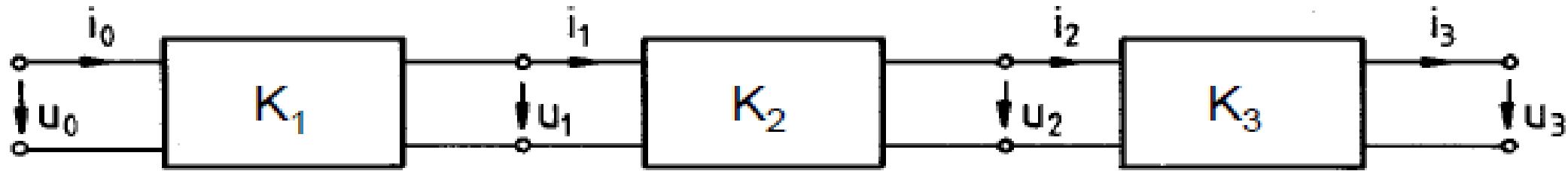
$$K_i, dB = 20 \lg \frac{i_o}{i_i}$$

при $R_o = R_i$



VI. Основни параметри на усилвателите

Ако усилвателят се състои от няколко каскадно свързани усилвателя, общия K_u е равен на произведението от коефициентите на отделните у-ли.



$$K_{u1} = \frac{u_1}{u_0}; K_{u2} = \frac{u_2}{u_1}; K_{u3} = \frac{u_3}{u_2}; \quad K_u = \frac{u_3}{u_0} = K_{u1} \cdot K_{u2} \cdot K_{u3}$$

$$\lg K_u = \lg(K_{u1} \cdot K_{u2} \cdot K_{u3}) = \lg K_{u1} + \lg K_{u2} + \lg K_{u3}$$

$$K_{i1} = \dots$$

$$K_{p1} = \dots$$

VI. Основни параметри на усилвателите

- ❑ Коефициент на полезно действие КПД%, $\eta\%$

$$\eta = \frac{P_o}{\cancel{P_i} + P_{\text{BAT}}} \cdot 100, \text{ тъй като } P_i \ll P_{\text{BAT}}$$

- ❑ Коефициент на нелинейни изкривявания КНИ% $k\%$

$$k = \frac{\sqrt{u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + \dots + u_n^2}}{\cancel{\sqrt{u_1^2}}} \cdot 100$$

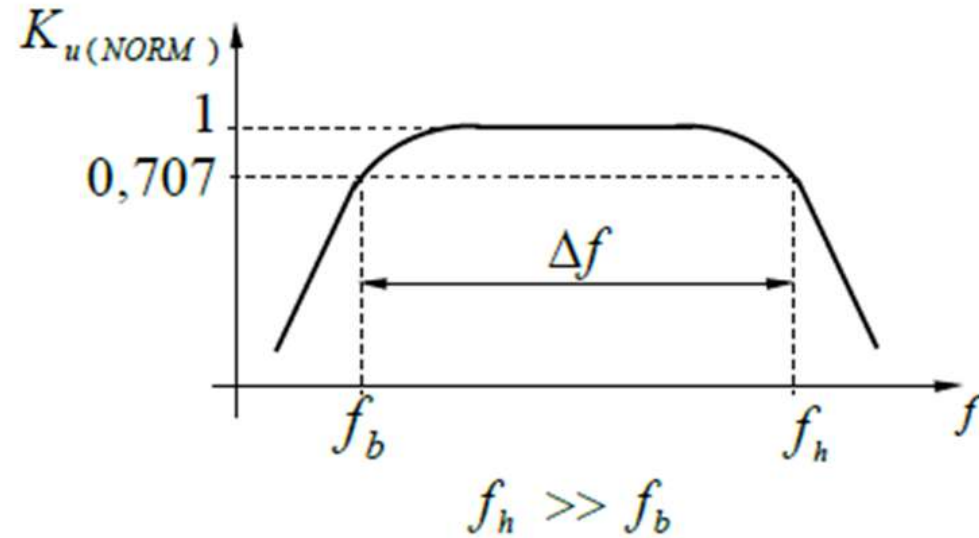
- ❑ Линејни изкривявания

- Амплитудно-честотна характеристика (АЧХ)
- Фазово-честотна характеристика (ФЧХ)



VI. Основни параметри на усилвателите

- Амплитудно-частотна характеристика (АЧХ) дава зависимостта на K_u от честотата на сигнала, т.е. показва как се изменя K_u при промяна на честотата.



- При идеален усилвател графиката е права линия - усилвателят усилва еднакво всякакви сигнали.
- При реалният усилвател K_u **намалява** при **МНОГО НИСКИ** $\ll f_b$ и **МНОГО ВИСОКИ** честоти $\gg f_h$

VI. Основни параметри на усилвателите

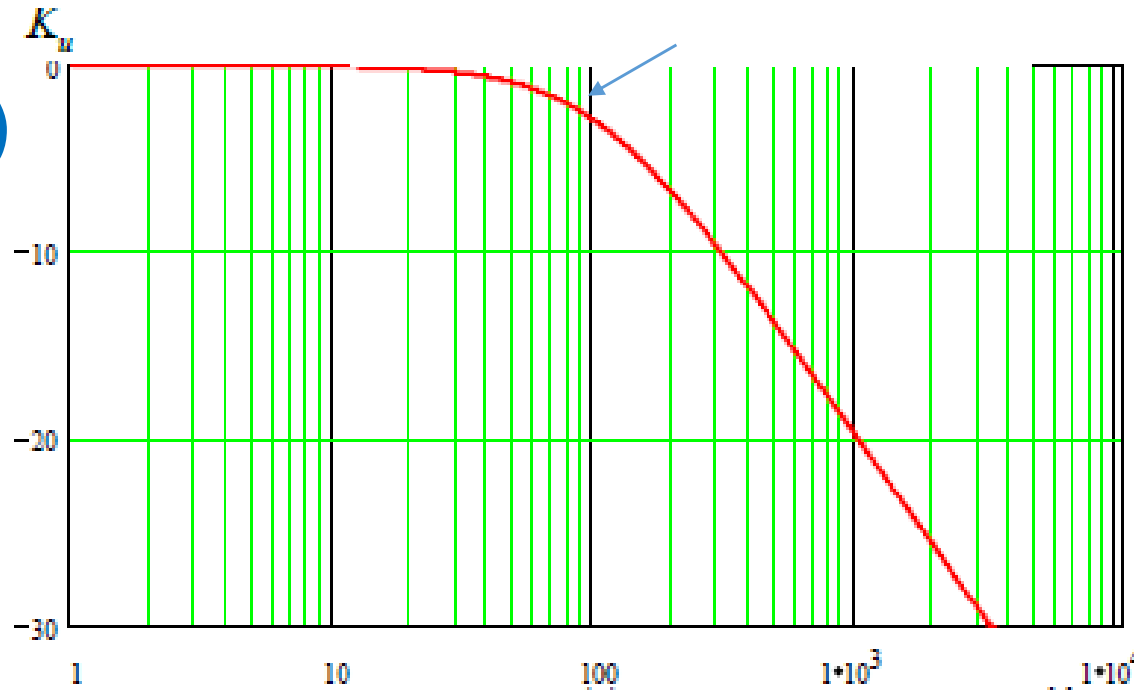
❑ Фазово-честотна характеристика (ФЧХ)

- **Честотни изкривявания** - Изкривявания, дължащи се на нееднакво усиление на сигнали с различни честоти. Усилвателите не усилят еднакво хармонците на входния сигнал, поради което се променя тяхното съотношение. *(Измененията в тембъра на звука се дължат на честотни изкривявания.)*
- **Фазови изкривявания** - Изкривявания, дължащи се на честотнозависими елементи в усилвателите (транзистори, бобини, кондензатори). При усиление на синусоидален сигнал тези изкривявания предизвикват избързване или изоставане на изходния сигнал спрямо входния - дефазиране. Допълнителното дефазиране на сигнала зависи от неговата честота и се изразява с фазово-честотната характеристика.



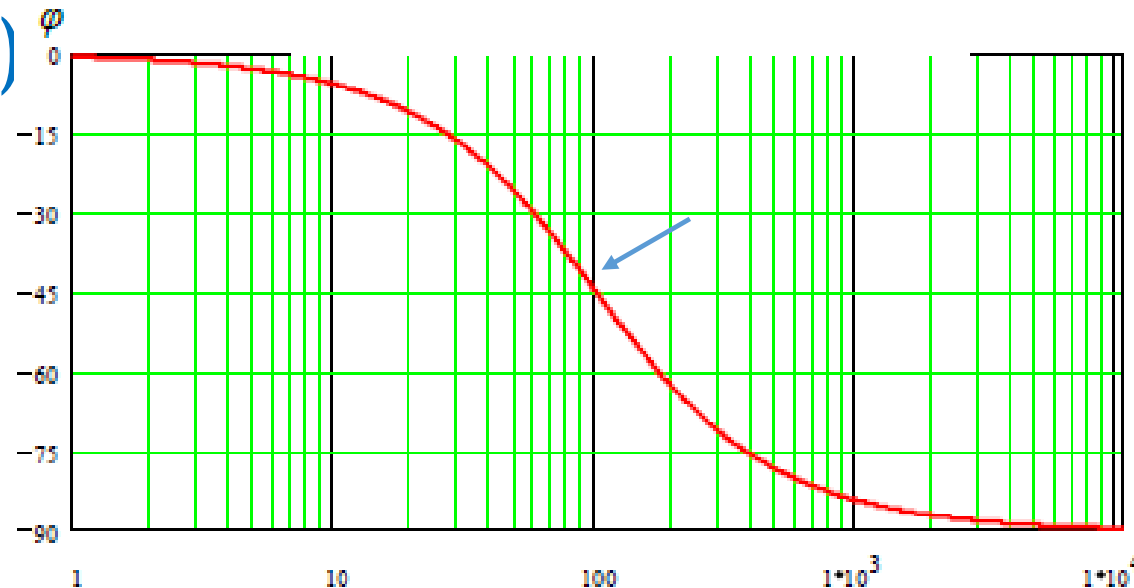
VI. Основни параметри на усилвателите

○ (АЧХ)



При гранична честота на усилвателя, ъгълът на допълнително дефазиране е -45°

○ (ФЧХ)



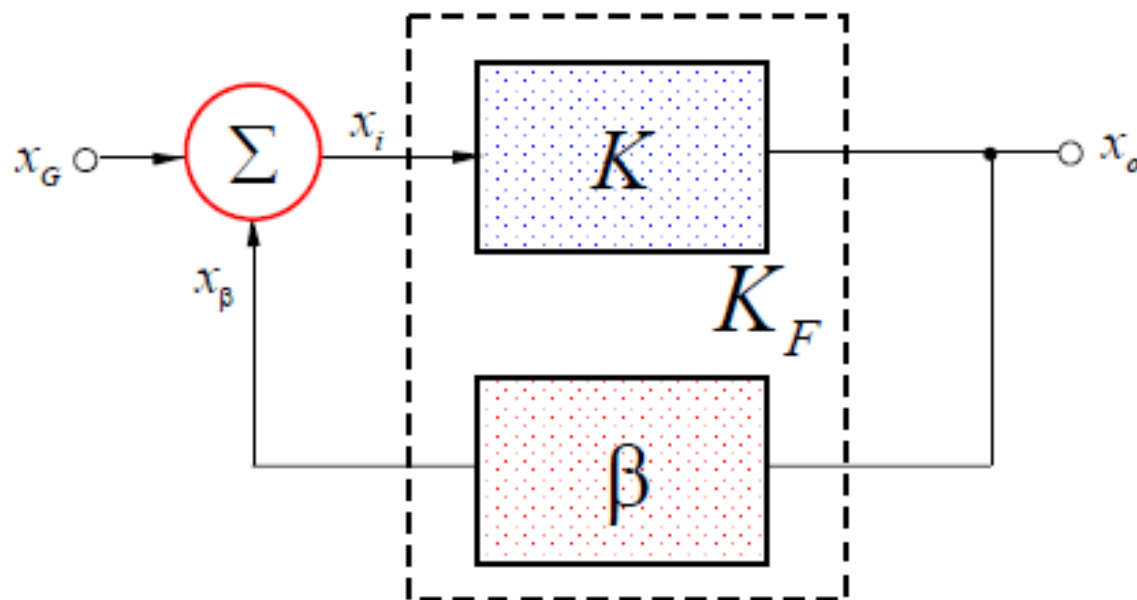
Диаграми на Боде



VII. Обратна връзка

Посоката на сигнала е от входа към изхода.

- ❑ Обратната връзка представлява предаване на сигнала от изхода към входа.
- ❑ Обратната връзка се създава чрез специални **блокове** за Обратна връзка с цел подобряване на параметрите на усилвателя.



$$K = \frac{x_o}{x_i} \quad \text{Предавателна функция на правата верига}$$

$$\beta = \frac{x_\beta}{x_o} \quad \text{Предавателна функция на обратната връзка}$$

VIII. Видове обратни връзки

- В зависимост от **фазите** на x_G и x_β

Положителна обратна връзка



Отрицателна обратна връзка



VIII. Видове обратни връзки

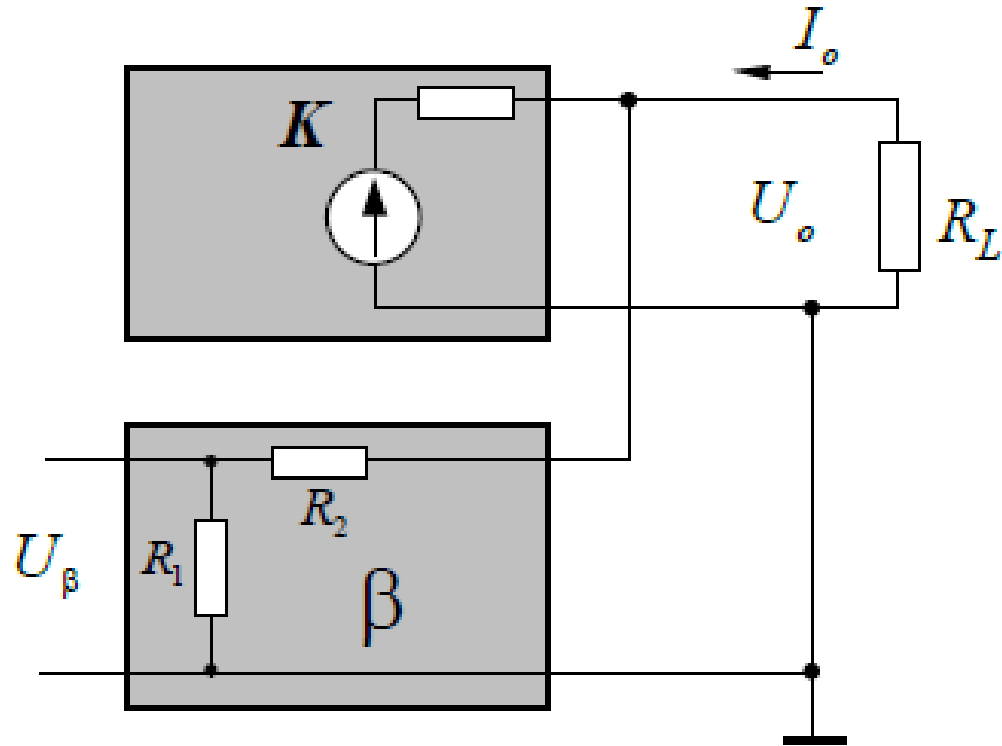
- ☐ Взависимост от начина на взимане на сигнала от изхода
 - ✓ Обратна връзка **по напрежение**
 - ✓ Обратна връзка **по ток**

- ☐ В зависимост от начина на връщане на сигнала на входа
 - ✓ **Последователна** обратна връзка
 - ✓ **Паралелна** обратна връзка



VIII. Видове обратни връзки

Обратна връзка **по напрежение**



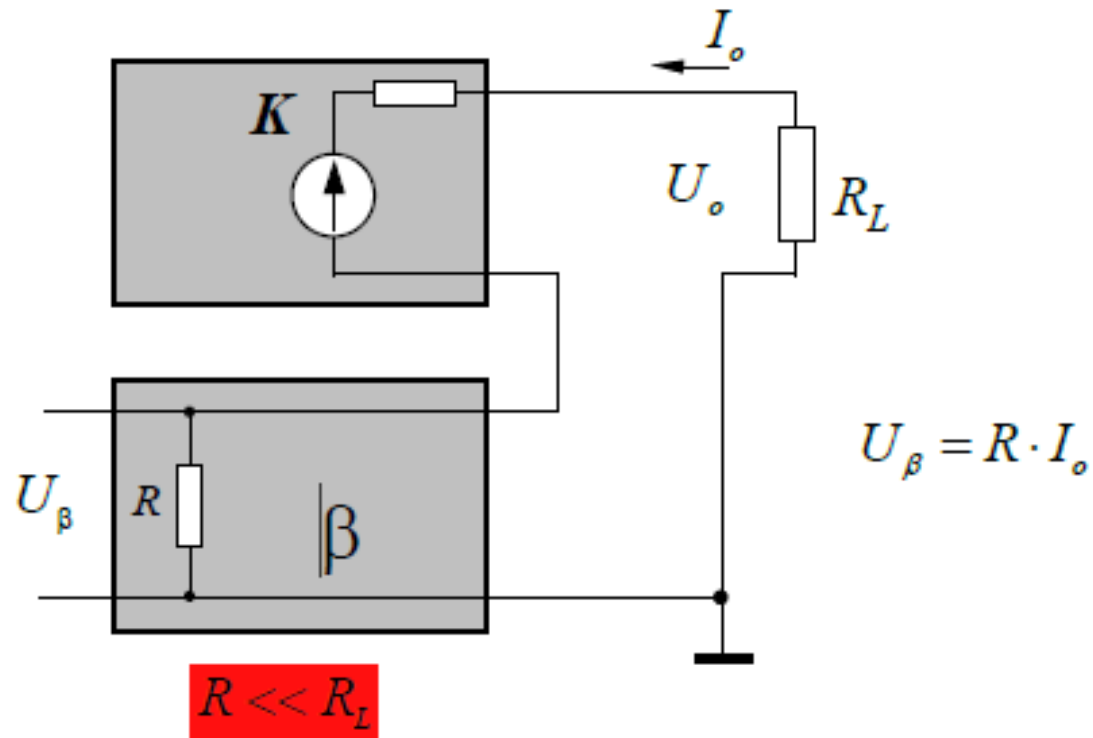
$$\beta = \frac{U_\beta}{U_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 + R_2 \gg R_L$$



VIII. Видове обратни връзки

Обратна връзка по ток



VIII. Видове обратни връзки

Отрицателна обратна връзка (ООВ)

$$x_i = x_G - x_\beta; \quad K_{F(-)} = \frac{x_o}{x_G} = \frac{x_o}{x_i + x_\beta} = \frac{x_o}{x_i \left(1 + \frac{x_\beta \cdot x_o}{x_i \cdot x_o} \right)} = \frac{K}{1 + \beta K} = \frac{K}{F}$$

$F = 1 + \beta K$ – дълбочина на отрицателна обратна връзка

$$F > 1 \rightarrow K_{F(-)} < K;$$

В случаите, когато $\beta K \gg 1$ за коефициента на усилване следва:

$$K_{F(-)} \approx \frac{1}{\beta}.$$



VIII. Видове обратни връзки

Положителна обратна връзка (ПОВ)

$$x_i = x_G + x_\beta; \quad K_{F(+)} = \frac{x_o}{x_G} = \frac{K}{1 - \beta K} = \frac{K}{F}$$

$F = 1 - \beta K$ – дълбочина на положителна обратна връзка

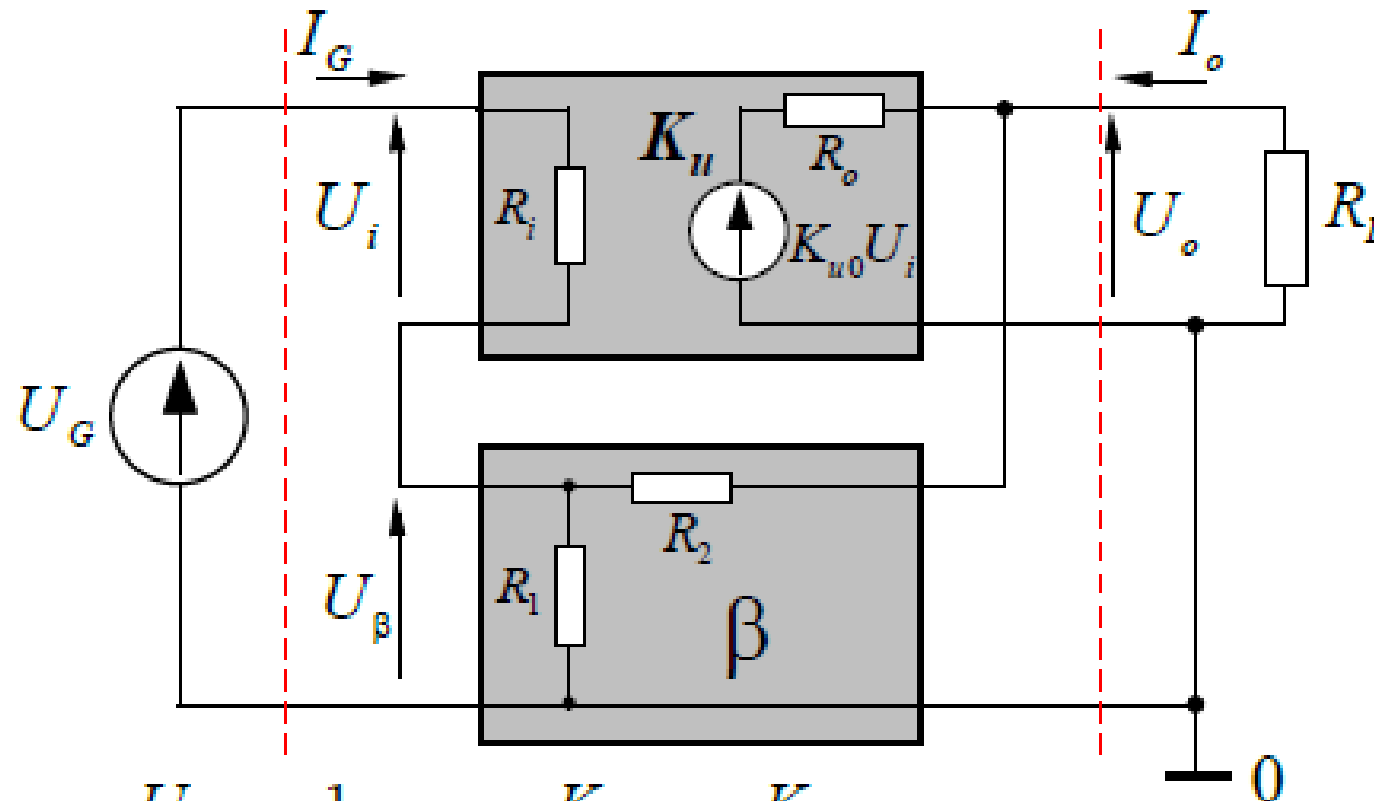
$$F < 1 \rightarrow K_{F(+)} > K;$$

$$\text{При } \beta K \sim 1 \Rightarrow K_{F(+)} \rightarrow \infty$$



VIII. Видове обратни връзки

Последователна отрицателна обратна връзка по напрежение

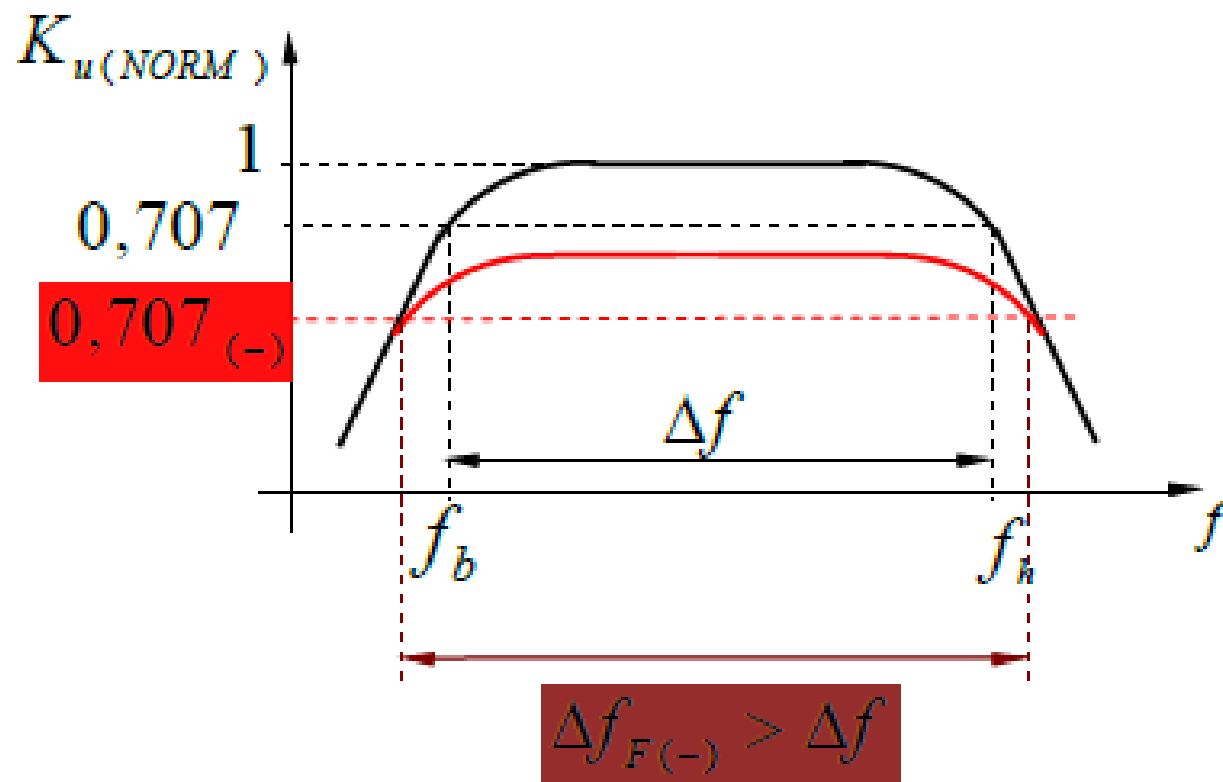


$$U_i = U_G - U_\beta$$

$$\beta = \frac{U_\beta}{U_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$K_{uF} = \frac{U_o}{U_G} = \frac{U_o}{U_i + U_\beta} = \frac{U_o}{U_i} \cdot \frac{1}{1 + \frac{U_\beta}{U_i}} = \frac{K_u}{1 + \beta K_u} = \frac{K_u}{F}$$

IX. Влияние на ООВ върху АЧХ



Отрицателната обратна връзка (ООВ) **разширява** работната честотна лента на усилвателя