

II. Компютърни методи за анализ на аналогови електронни схеми и системи

2.1. Анализ на линейни електронни схеми в честотна област.

Приложение на програмата *OrCAD PSpice*. Визуализация и постпроцесорна обработка на резултатите в *OrCAD Probe*.

- С помощта на анализа в честотна област се изчисляват **характеристиките в режим на малък сигнал** на схемата, линеаризирана в постояннотоковата работна точка. В резултат се получава реакцията на схемата при малък сигнал в установен режим.
- Всеки входен сигнал (напрежение или ток) се представя като **комплексна величина** със съответен модул и фаза.

Типове анализ, извършвани въз основа на моделиране в честотна област

Изследват се:

- предавателни функции;**
- четириполюсни параметри;**
- чувствителност в честотна област;**
- устойчивост в съответствие с честотни критерии (на Найкуист, Боде, Роле и др.).**
- шумов анализ;**

**Схемата се описва с комплексна
линейна система от възлови уравнение
в матричен вид**

$$[Y][\dot{U}] = [j],$$

**[Y] – матрица на комплексните
възлови проводимости**

$[\dot{U}]$ – вектор на възловите напрежения

$[j]$ – вектор на задаващите токове

Амплитудно-честотната характеристика (АЧХ) се определя чрез модула на предавателната функция $\dot{F}(j\omega)$

$$F(\omega) = |\dot{F}(j\omega)| = \sqrt{F_{\text{Re}}^2(\omega) + F_{\text{Im}}^2(\omega)} .$$

Фазово-честотната характеристика (ФЧХ) се определи от аргумента (фазовия ъгъл) на предавателната функция $\dot{F}(j\omega)$

$$\varphi(\omega) = \text{arctg} \frac{F_{\text{Im}}(\omega)}{F_{\text{Re}}(\omega)} .$$

В резултат на анализа в честотна област с *OrCAD PSpice* се определят АЧХ и ФЧХ на първичните схемни функции (токове и напрежения).

Въвеждат се следните входни данни:

- ❑ **Описание на схемата с *OrCAD Capture*;**
- ❑ **Описание на възбуждащите синусоидални източници на сигнал (чрез модул и начална фаза): независими източници на напрежение (тип VAC, VSRC, VSIN) и на ток (тип IAC, ISRC, ISIN);**
- ❑ **Данни за изследвания честотен диапазон: начална и крайна стойност на честотата за разглеждания честотен обхват, начин на изменение на честотата (линейно, логаритмично).**

В резултат на анализа в честотна област (*AC Sweep*) в графичния анализатор *Probe* се получават автоматично данни за **комплексите на първичните величини: напрежения и токове.**

Чрез първичните величини, чрез допълнителни изчисления в *Probe*, могат да се получат честотните характеристики на:

- активни и реактивни мощности;**
- четириполюсни параметри;**
- коефициенти на устойчивост;**
- вторични параметри:**

$$\dot{K}_U \quad \dot{K}_I \quad Z_{ВХ} \quad Z_{ИЗХ}$$

$$|\dot{K}_u(\omega)| = \left| \frac{\dot{U}_{out}(\omega)}{\dot{U}_{in}(\omega)} \right|$$

$$\varphi(\omega) = \arg \left[\frac{\dot{U}_{out}(\omega)}{\dot{U}_{in}(\omega)} \right]$$

Определяне в *Probe* :

1. Модул и фаза

M(V(out)/V(in))

V(out)/V(in)

VM(out)/**VM**(in)

P(V(out)/V(in))

P(V(out))-**P**(V(in))

VP(out)-**VP**(in)

2. Модул в [dB]

DB(V(out))

VDB(out)

DB(I(R5))

IDB(R5)

3. Реална част

R(V(out))

VR(out)

R(I(R5))

IR(R5)

4. Имагинерна част

IMG(V(out))

VI(out)

IMG(I(R5))

II(R5)

С помощта на вградените функции в *Probe* могат да се извършат допълнителни обработки на резултатите от анализа:

- намиране на минимум, максимум;**
- гранични честоти, ширина на честотна лента, централна честота;**
- качествен фактор и т.н.**

2.2. Изследване на устойчивостта на електронни схеми и системи с помощта на програми от типа на PSpice. Автоматично построяване на амплитудно-фазовата характеристика чрез графичния анализатор *Probe* при изследване на устойчивостта по честотния критерий на Найкуист.

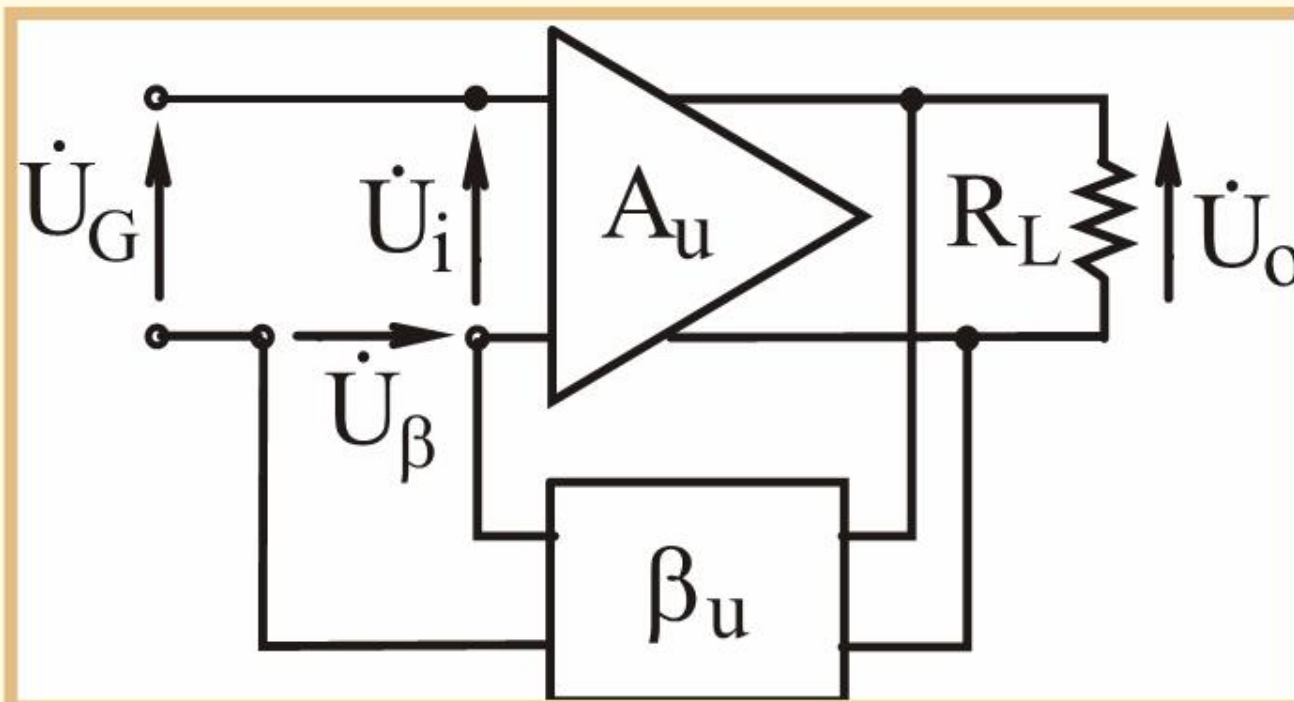
Изследването на устойчивостта на електронни схеми и системи по честотния критерий на Найкуист може да се осъществи с помощта на програмата *PSpice* като се използват анализ в честотна област и възможностите на графичния анализатор *Probe*.

Определя се комплексният коефициент на предаване по затворения контур

$$L = \beta A$$

A - усилване по веригата на право предаване

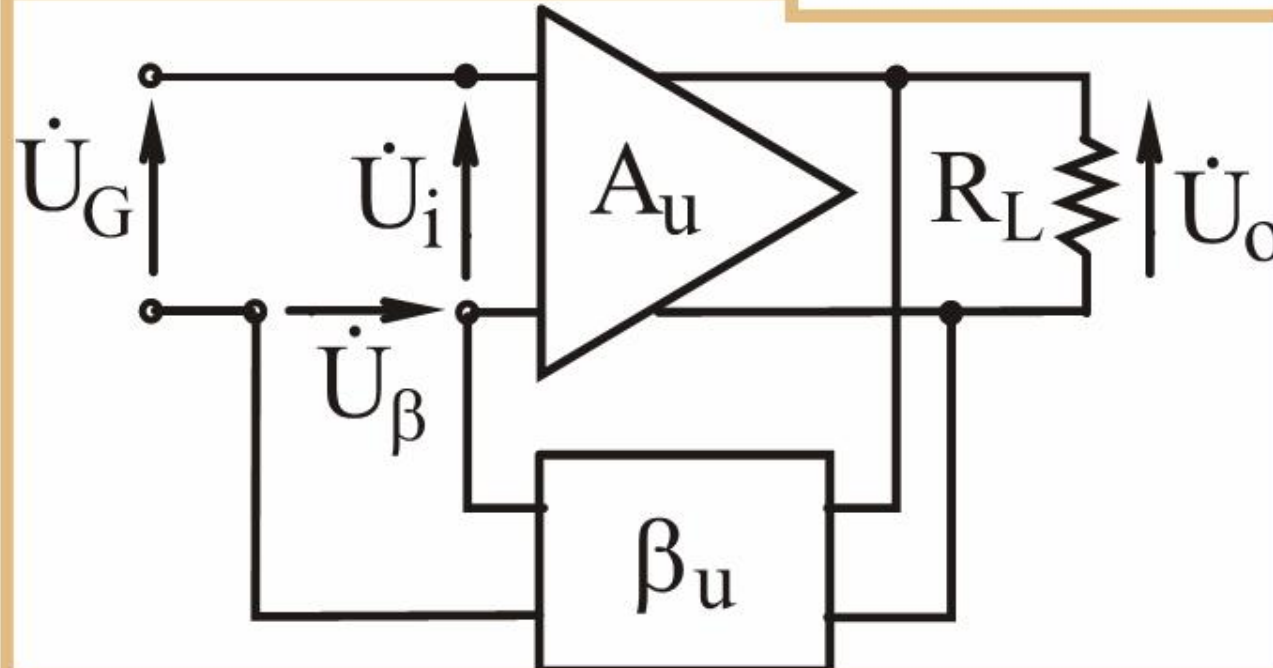
β - предаване на обратната връзка



**Величината L се изразява чрез
отношения между комплексите на
напрежения или токове.**

**За последователно-паралелна
обратна връзка**

$$L = \beta_U \cdot A_U = \frac{\dot{U}_\beta}{\dot{U}_o} \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{U}_\beta}{\dot{U}_i}$$



$$L = \frac{\dot{U}_\beta}{\dot{U}_i}$$

При използване на този израз не се налага разкъсване на обратната връзка за определяне на L .

Като се използват възможностите на графичния анализатор *Probe*, се построява **амплитудно-фазовата характеристика (АФХ)** на схемата:

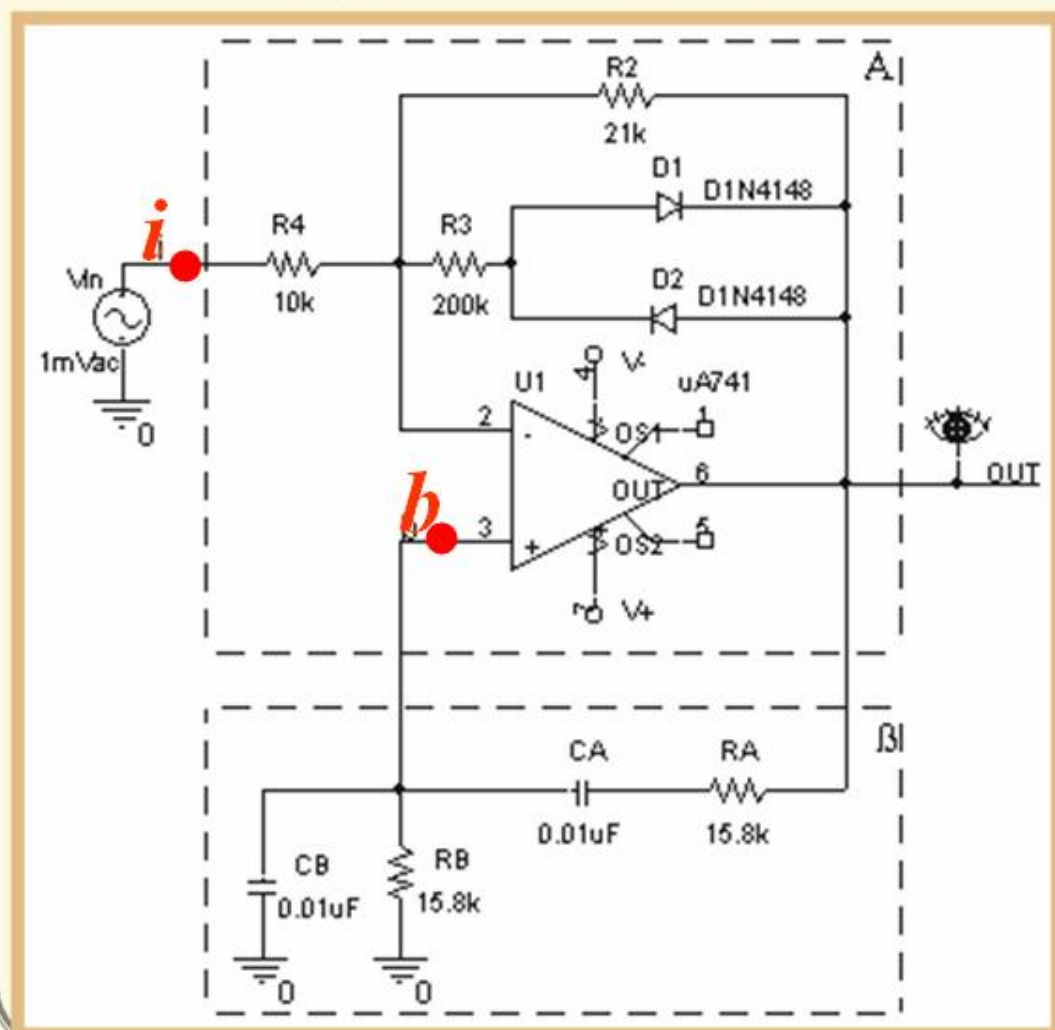
$$\text{Im}(L) = f(\text{Re}(L))$$

и се прилага **критерият на Найкуист**.

Процедура за построяване на амплитудно-фазовата характеристика

1. Определя се **типът на обратната връзка** по отношение на входната верига.
2. Начертава се схемата в *Capture* и се задава **входен сигнал** за анализ в честотна област чрез източник на напрежение тип VAC.

3. Поставят се етикети на възлите, чиито потенциали се използват при определяне на напреженията



$$\dot{U}_i \text{ и } \dot{U}_\beta$$

например *i* и *b*

4. Задава се необходимият честотен диапазон;

5. Построява се АФХ

$$\text{Im}[L] = f(\text{Re}[L])$$

чрез графичния анализатор *Probe*.
 $\text{Re}(L)$ се нанася по оста X чрез
Plot/Axis Setting/X Axis/Axis Variable.

В полето **Trace Expression** се задава
изразът :

$$R(V(b,0)/V(i,b))$$

$\text{Im}(L)$ се нанася по оста Y , като се
избира менюто

Trace/Add...

и в полето **Trace Expression** се
записва изразът:

$$\text{Img}(V(b,0)/V(i,b))$$

В резултат се получава **АФХ** (диаграма на Найкуист). Определя се местоположението на точката **$(-1,0)$** върху оста X . Ако графиката на АФХ пресича оста X вляво от точката **$(-1,0)$** , схемата е **неустойчива**.

