

IV. Компютърни методи за анализ на схеми и системи от дискретен и аналогово-дискретен тип

4.1. Компютърно моделиране и симулация на цифрови филтри. Определяне на предавателните функции в символен вид в z -областта. Компютърна симулация в честотна и във времева област с PSpice.

4.2. Компютърно моделиране и симулация на SC-схеми с PSpice.

4.1. Компютърно моделиране и симулация на цифрови филтри. Определяне на предавателните функции в символен вид в z-областта. Компютърна симулация в честотна и във времева област с PSpice.

- През последните години цифровата обработка на сигнали и цифровата филтрация заема все по-голямо място във всички области на обработката на сигнали и при предаване на цифрови данни.
- Разработени бяха редица програмни продукти за анализ и синтез на схеми от дискретен тип. Специализираните програми DIANA, LCP2, SYMDIG и др. се използват широко за анализ и синтез на цифрови филтри.

- ❑ **От голямо значение е да се използват разширените възможности на универсалните схемни симулатори от типа на Cadence PSpice за изследване на цифрови филтри**
 - **в честотна област;**
 - **в дискретната област на времето;**
 - **за шумов анализ;**
 - **за оценка на чувствителността.**

Фактори, които допринасят за приложението на универсалните схемни симулатори от типа на Cadence PSpice за изследване на цифрови филтри и системи от дискретен тип:

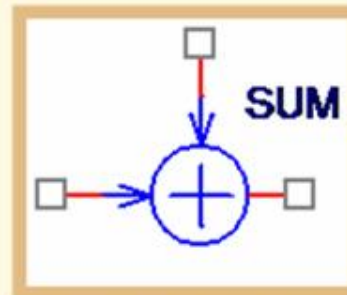
- 1. Разширени възможности на входния език** за описание на компютърните модели на цифровите филтри чрез модели на поведението с въвеждане в модела на **елементи с честотнозависими параметри**;
- 2. Възможности за описание на блокове**, които реализират предавателни функции в областта z ;

- 3. Възможности, предоставени на потребителя, за дефиниране на основните градивни блокове като **потребителски библиотечни модели**;**
- 4. Допълнителни възможности на графичния анализатор Probe за постпроцесорна обработка на резултатите от анализа, които позволяват дефиниране на допълнителни характеристики като**
- обща чувствителност;**
 - възможности за сравнение на различни структури по отношение на шум, чувствителност и др.**

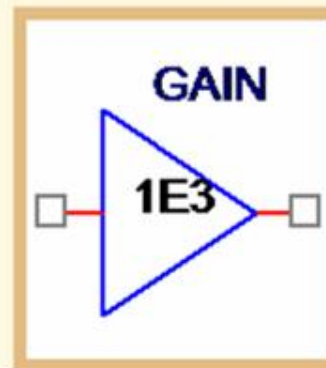
Градивни елементи на цифрови филтри: суматори, закъснителни елементи, блокове за умножение по коефициент

Моделиране на цифрови филтри чрез
градивните елементи от стандартната
библиотека с модели на поведението
AVM.LIB на *Cadence PSpice*

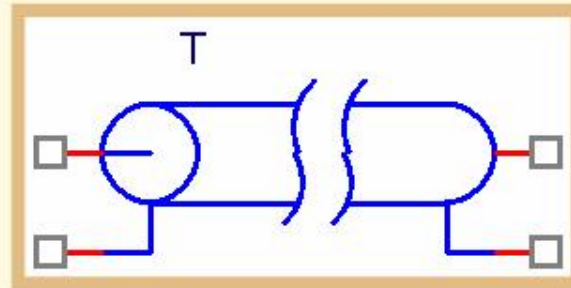
1. суматор (**SUM**)



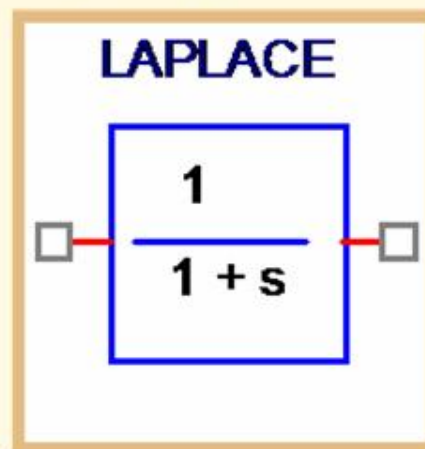
2. блок за умножение по коефициент (**GAIN**)



3. блок за дефиниране на закъснителен елемент за анализ във времева област: предавателна линия без загуби (T)



4. блок за дефиниране на закъснителен елемент за анализ в честотна област: предавателна функция на комплексната променлива $s = j\omega$ (LAPLACE)



5. ВХОДНИ И ИЗХОДНИ ИНТЕРФЕЙСНИ ВЪЗЛИ (PORTRIGHT-R И PORTLEFT-L).



Компютърни модели за анализ в честотна област

Компютърните макромоделни за симулация на цифрови филтри в честотна област с използване на универсални програми за анализ на аналогови схеми са изградени въз основа на **моделиране на поведението.**

За изследване в честотна област се въвежда **предавателната функция на закъснителния елемент** със закъснение T_d :

$$H(z) = z^{-1}$$

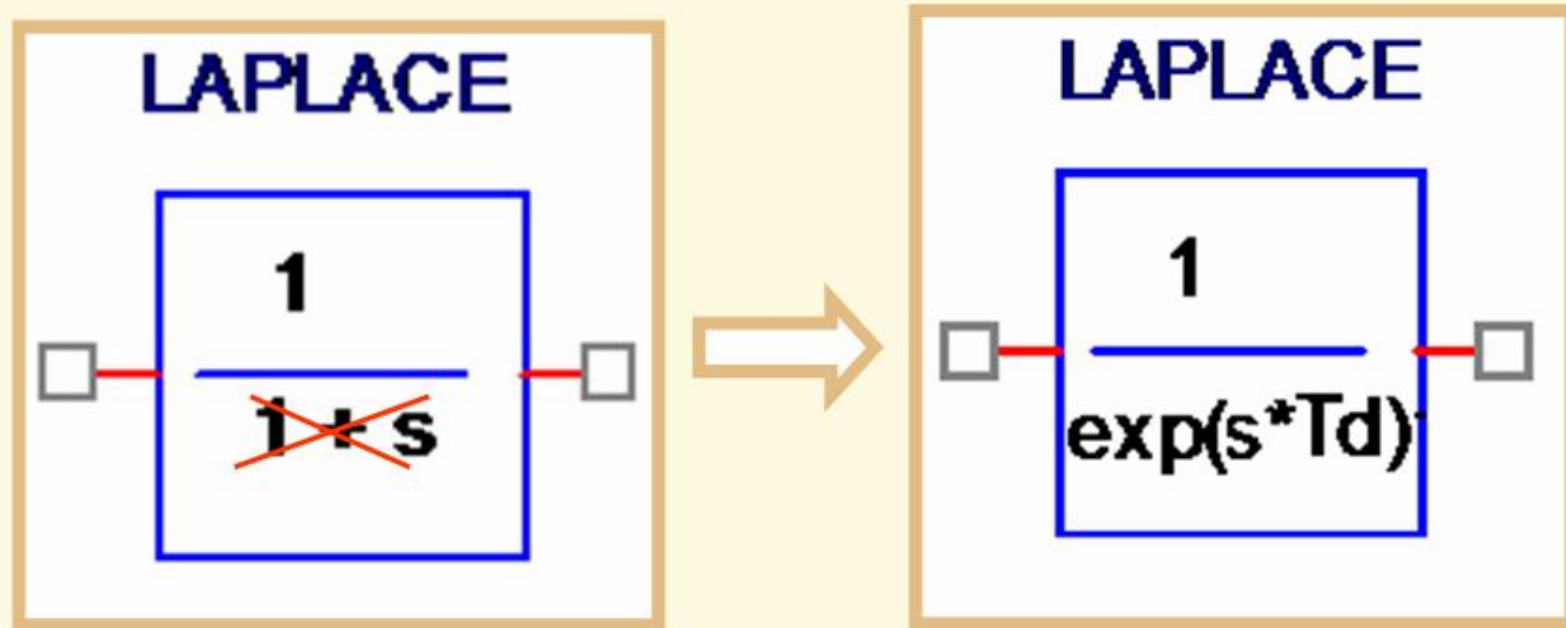
$$z^{-1} = e^{-sT_d}$$

T_d - период на дискретизация

На всеки сигнал в поточния сигнален граф на цифровия филтър $y_i(z)$ се съпоставя образ на Лаплас на възлов потенциал от аналоговия модел:

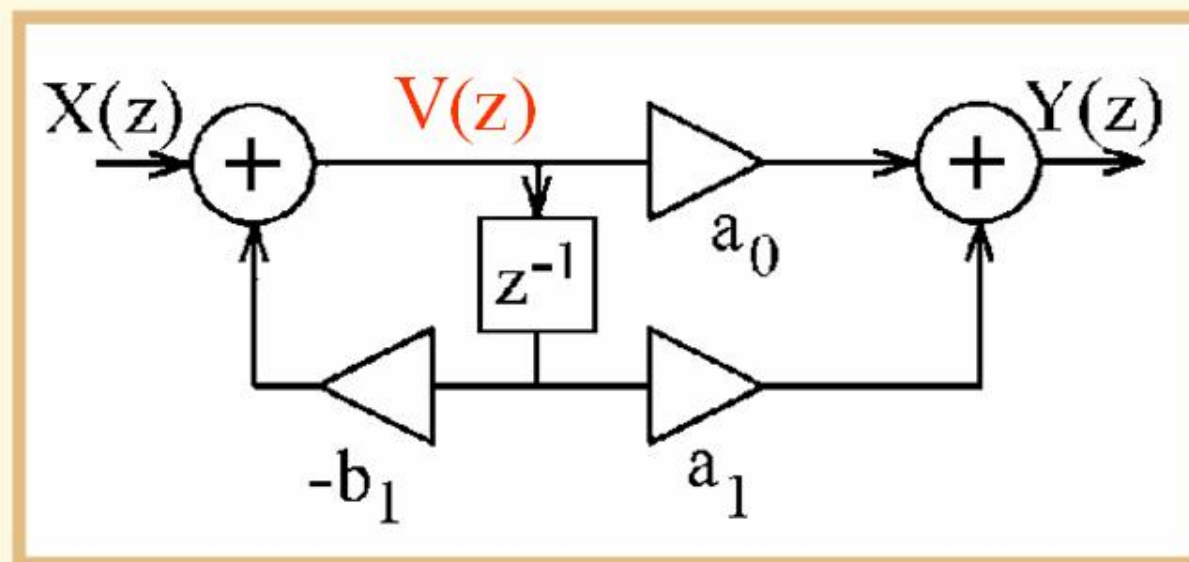
$$y_i(z) \Leftrightarrow U_i(s)$$

$H(z) = z^{-1}$ се реализира чрез елемента **LAPLACE**, използван за описание на блок с честотнозависима предавателна функция от вида



Модел на **звено от първи ред** за анализ в честотна област на каскадни цифрови филтри

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{a_0 + a_1 z^{-1}}{1 + b_1 z^{-1}}$$



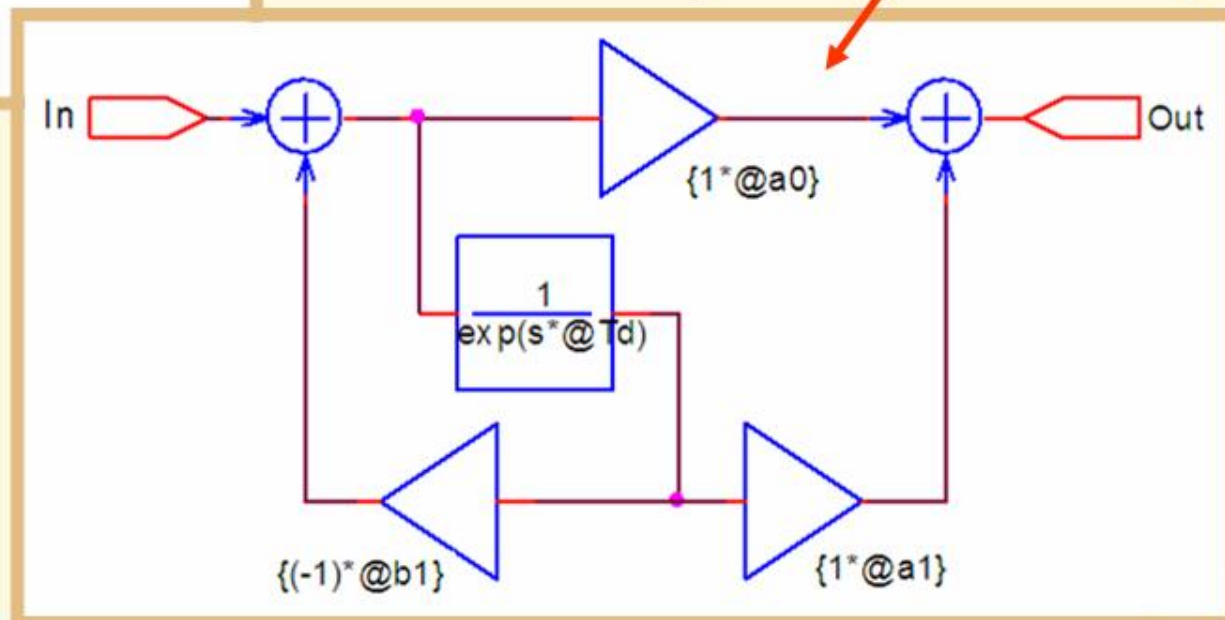
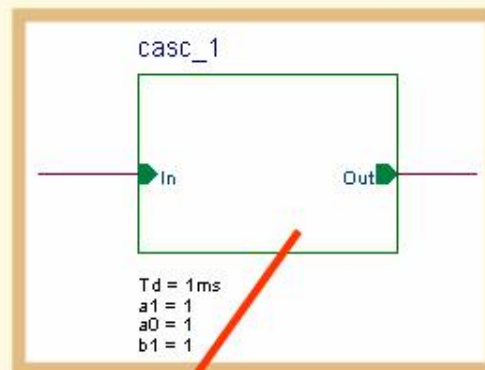
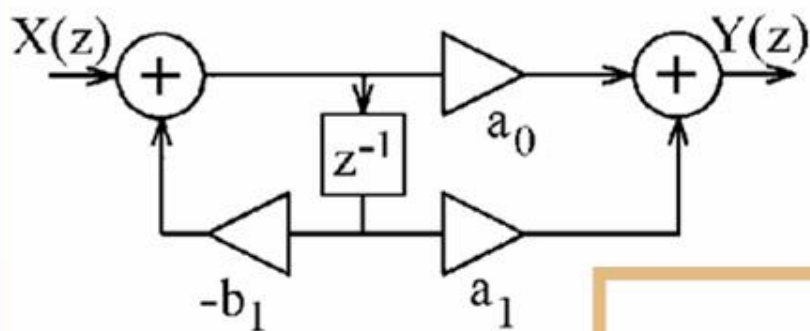
!

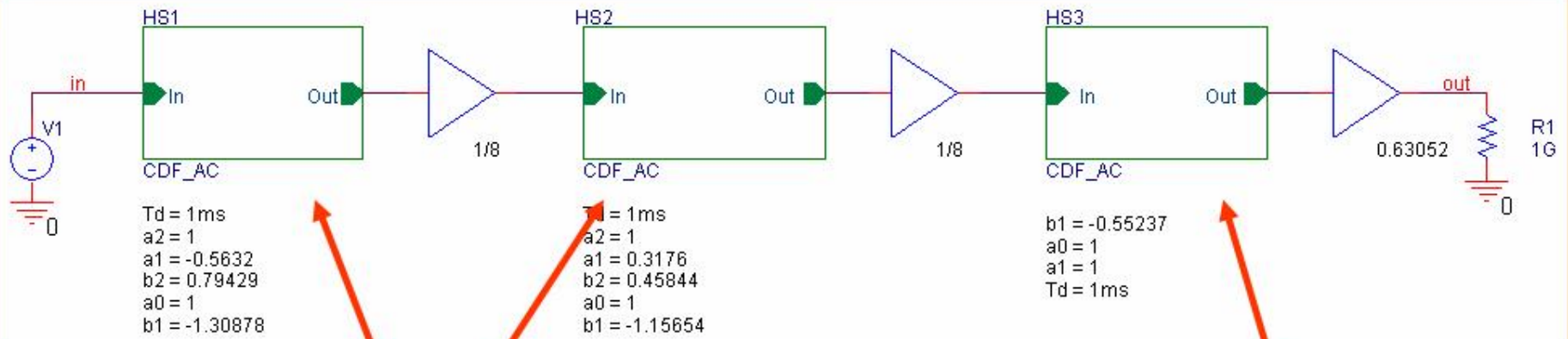
!

$$Y(z) = a_0 V(z) + a_1 z^{-1} V(z) \Rightarrow Y(z) = V(z)(a_0 + a_1 z^{-1})$$

$$V(z) = X(z) - b_1 z^{-1} V(z) \Rightarrow X(z) = V(z)(1 + b_1 z^{-1})$$

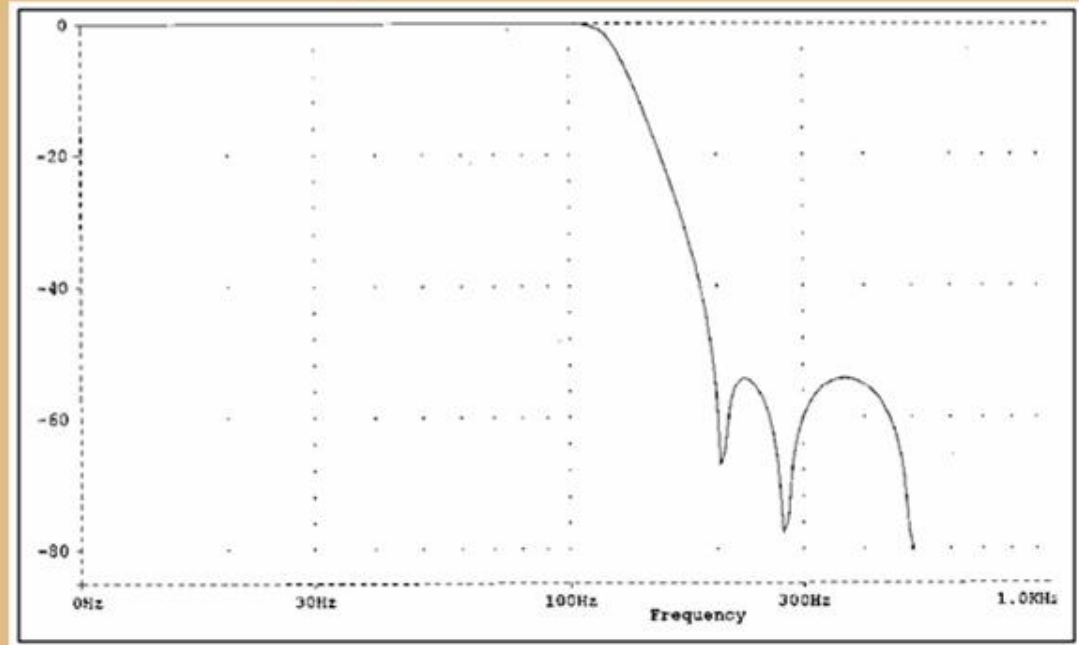
Параметризиран компютърен PSpice модел на звено от първи ред за анализ на ЦФ в честотна област, представен като блок (а). Символът @ се поставя пред името на параметър, дефиниран в блок.





$$H(z) = \frac{a_0 \cdot z^2 + a_1 \cdot z + a_2}{z^2 + b_1 \cdot z + b_2}$$

$$H(z) = \frac{a_0 \cdot z + a_1}{z + b_1}$$



4.2. Компютърно моделиране и симулация на SC-схеми с PSpice.

- В съвременните електронни устройства за обработка на сигнали, особено в комуникационната техника, широко се прилагат **схеми от аналогово-дискретен тип** като схеми с комутируеми кондензатори (Switched-Capacitor: **SC-схеми**) и схеми с комутация на токове (Switched-Current: **SI-схеми**)
- Тъй като тези устройства се реализират в интегрално изпълнение, разработката на адекватни компютърни модели и методи за симулация е от решаващо значение при проектирането им.

Причини за големия интерес към прилагане на универсални симулатори при анализ на SC-схеми:

- ❑ **Достъпност и широко разпространение** на универсалните симулатори;
- ❑ Изключително **широки възможности на входните им езици** за функционално описание на градивните елементи чрез аналогово моделиране на поведението;
- ❑ Възможности за описание на макромоделите чрез **дефиниране на подсхеми**;
- ❑ Широк **набор от възможности за изследване** в честотна и времева област, за параметричен, температурен и толерансен анализ, както и за оптимизация;
- ❑ Възможности за създаване на **параметризирани макромодели** за градивните елементи.

Градивни елементи на SC-схемите:

- кондензатори;
- операционни усилватели;
- периодично превключващи се ключове.

При **двуфазна комутация** се дефинират два вида ключове:

1. тип "1" или "o" – (**o**dd, нечетни) – затворени в нечетните полупериоди от T_c (период на комутация) и отворени в четните полупериоди;

2. тип "2" или "e" – (**e**ven, четни) – затворени в четните полупериоди от T_c и отворени в нечетните полупериоди;

Уравнения за заряда на кондензатора

$$\begin{cases} \Delta Q^{(1)}(z) = C U_C^{(1)}(z) - C z^{-1/2} U_C^{(2)}(z) \\ \Delta Q^{(2)}(z) = -C z^{-1/2} U_C^{(1)}(z) + C U_C^{(2)}(z) \end{cases}$$



$$\Delta Q^{(1)}(z)$$

Промяна на заряда върху С при превключване от четен в нечетен полупериод

$$U_C^{(1)}(z)$$

Напрежение U_C в нечетния полупериод

$$\Delta Q^{(2)}(z)$$

Промяна на заряда върху С при превключване от нечетен в четен полупериод

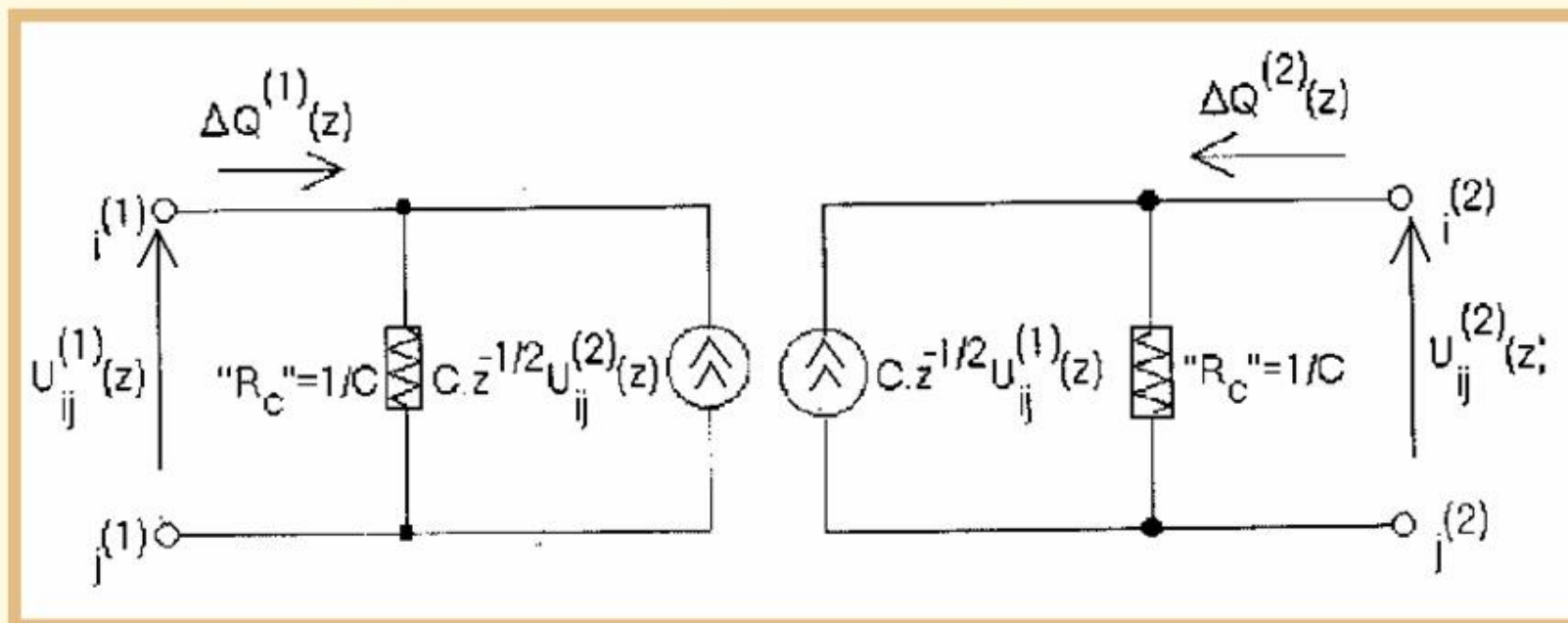
$$U_C^{(2)}(z)$$

Напрежение U_C в четния полупериод

Напрежението $z^{-1/2}U$ съответства на
напрежение, закъсняло с $T_d/2$

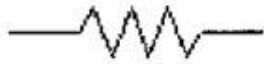
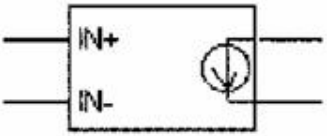
$$\begin{cases} \Delta Q^{(1)}(z) = C U_c^{(1)}(z) - C z^{-1/2} U_c^{(2)}(z) \\ \Delta Q^{(2)}(z) = -C z^{-1/2} U_c^{(1)}(z) + C U_c^{(2)}(z) \end{cases}$$

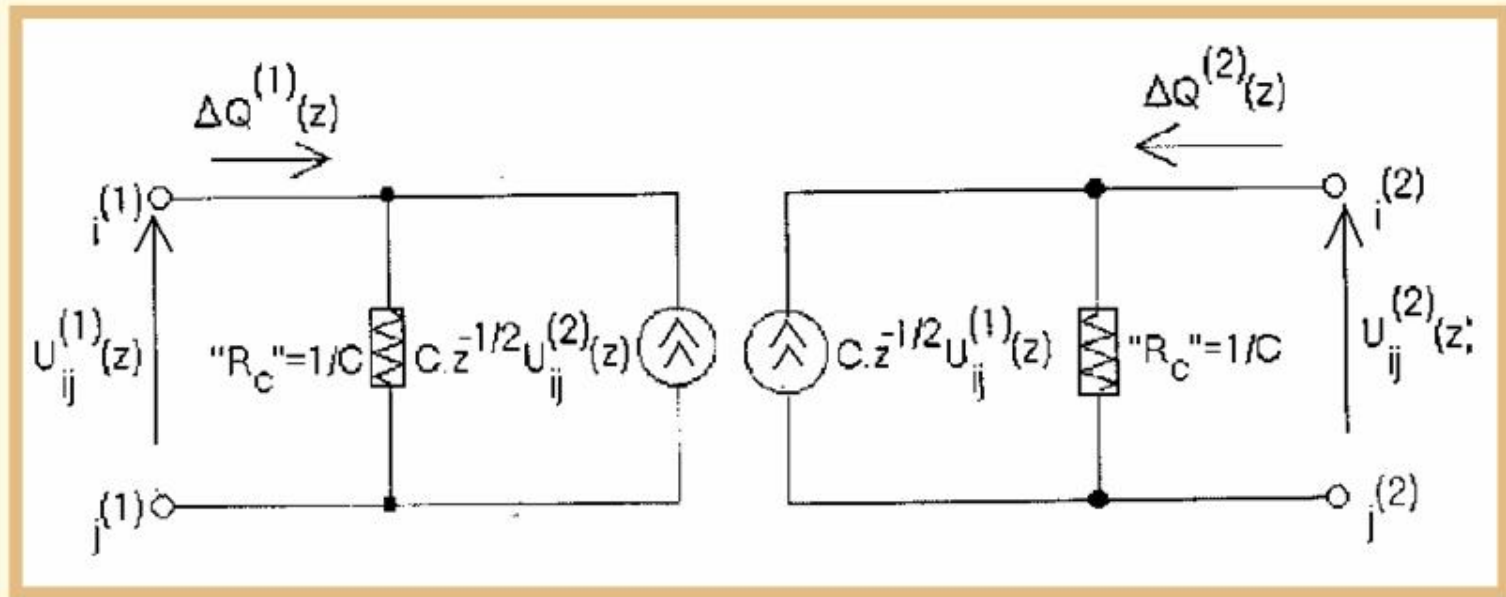
Съответстваща **еквивалентна схема** на
комутируем кондензатор в областта z



За моделиране на SC-схеми при анализ в честотна област с PSpice се използват градивните елементи от графичния редактор Capture:

- резистор;
- зависим източник на ток, управляван от напрежение с честотнозависим коефициент на управление чрез оператора на Лаплас $s = j\omega$ (тип GLAPLACE).

Графично означение	Наименование
	R
 V(%IN+, %IN-)	GLAPLACE



PSpice реализация на модела на комутируем кондензатор

