

## 1 Основни определения

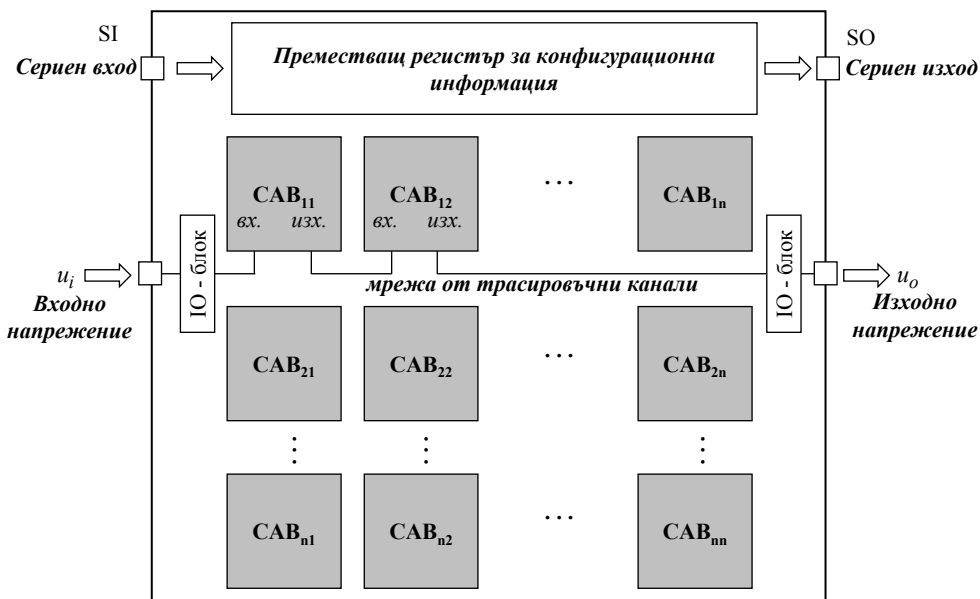
Програмируемите аналогови матрици (Field Programmable Analog Array – FPAA) са програмируеми аналогови интегрални схеми базирани на SC технология, които могат да бъдат конфигурирани не само в процеса на проектиране на дадено устройство, но и по време на работа. Също както програмируемите цифрови матрици (FPGA) програмируемите аналогови матрици FPAA осигуряват възможности за икономично и сравнително бързо проектиране на сложни електронни схеми.

Основните елементи във вътрешната област на FPAA са *конфигурируемите аналогови блокове* (Configurable Analog Block – CAB), които се състоят от операционни усилватели, набор от програмируеми елементи и трасировъчни блокове с трасировъчни канали, позволяващи връзки между различни FPAA вътрешни структури.

В сравнение със специализираните интегрални схеми (Application Specific Integrated Circuits – ASIC) аналогови матрици FPAA имат, например по-тясна работна честотна лента и в някои случаи по-голяма консумация, но се характеризират с две основни предимства – по-голяма степен на универсалност и функционалност. *Първото* предимство е свързано с това колко вида *конфигурируеми аналогови модули* (Configurable Analog Module – CAM) могат да се реализират, а *второто* – колко големи са възможностите на CAM. Въсъщност FPAA могат да се разглеждат като междинен вариант при реализацията на традиционните електронни устройства с дискретни елементи или специализирани интегрални схеми.

## 2 Архитектури на програмируеми аналогови матрици – FPAA

Опростена архитектура на FPAA



Вътрешните конфигурируеми блокове (CAB) се характеризират с два основни параметъра – *зърненост* и *функционалност*.

Първият параметър е свързан в това колко малки са отделните модули, от които се съгласява схемата, а вторият – колко големи са възможностите на блока. CAB се изграждат по следните начини:

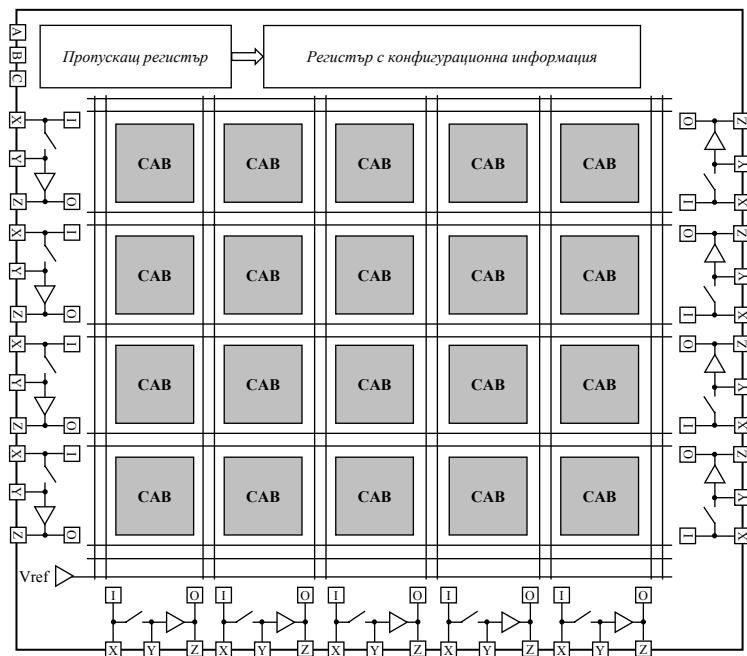
- чрез групи от превключваеми кондензатори и локални електронни ключове се управлява пътя на входния сигнал към операционен усилвател с програмируема ООВ. Това са CAB с ниска степен на сложност;

- комплексни CAB, съдържащи в себе си голям брой елементи за реализация на няколко САМ.

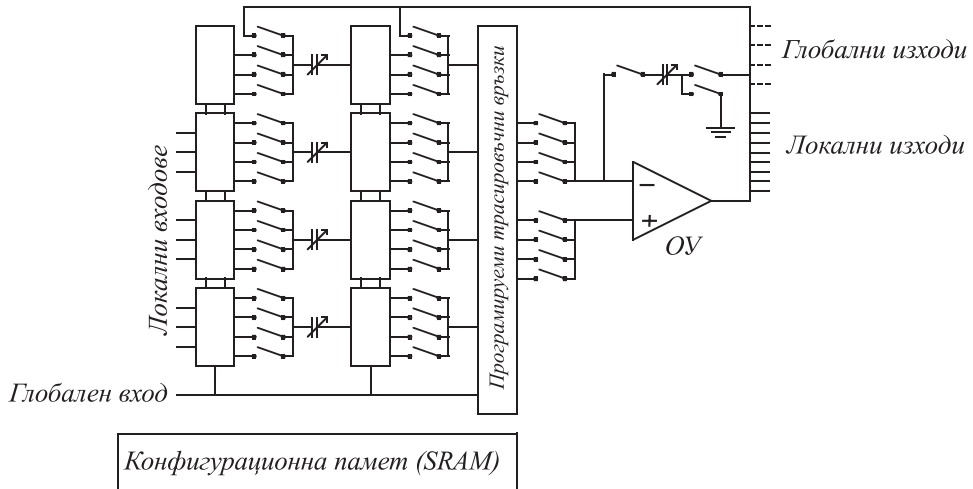
#### **– Програмируеми аналогови матрици с дребнозърнеста структура на CAB**

Дребнозърнестата структура на CAB дава възможност за по-ефективно използване на вътрешната схема на FPAA. Същевременно функционалността на CAB е ниска, което изисква изграждането на сравнително сложна система от връзки с голям брой програмируеми точки, реализирани с програмируеми ключове (programmable switches – PS). При това с един CAB може да се реализира само една аналогов модул, например усилвател, интегратор или S/H. Въз основа на CAB с дребнозърнеста структура се получават FPAA от първо поколение.

**Архитектура на FPAA AN10E40 (Anadigm) с двадесет дребнозърнести CAB**

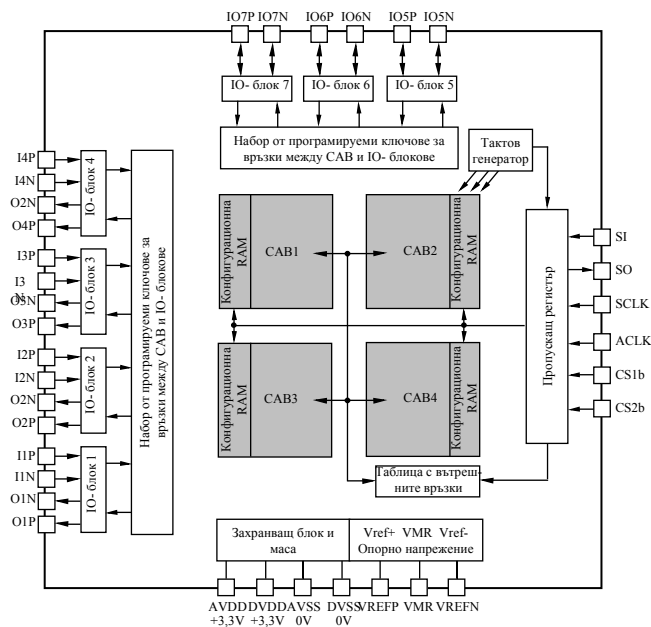


### Структура на САВ в FPAА AN10E40

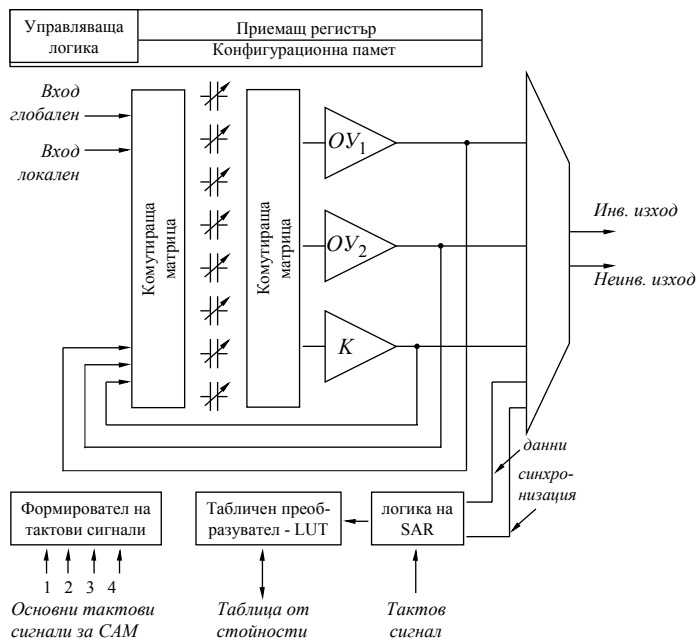


### – Програмируеми аналогови матрици с едрозърнеста структура на САВ

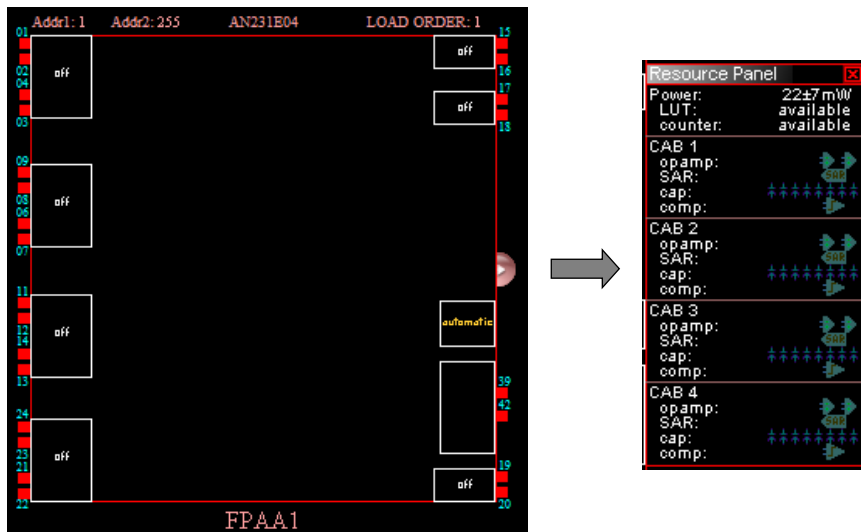
#### Архитектура на FPAА AN231E04 (Anadigm) с четири едрозърнести САВ



### Структура на САВ в FPAА AN231E04



Програмируемо поле на AN231E04 в програмната среда Anadigm Designer2 с прозорец, в който схематично за показани елементите на четирите конфигурируеми аналогови блокове



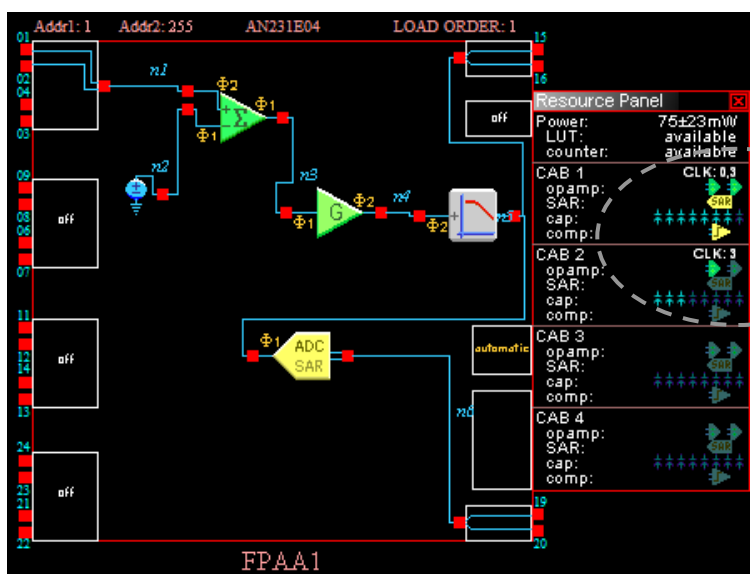
### 3 Изграждане на електронни схеми с FPAА, използващи едрозърнеста структура на САВ

За подпомагане изграждането на функционална схема с FPAА може да се използва програмната система Anadigm Designer2, която е част от развойната система **AN231K04-DVLP3** на фирмата Anadigm. В графичен режим на работа чрез разполагане на САМ от стандартната библиотека и опроводяване на връзки между тях се създава електронна схема. Входните и изходните напрежения на проектираната схема се подават към конфигурирани входно/изходни блокове. За предварителна проверка на работоспособността на проектираната схема се използва вградения към системата схемен симулатор.

Програмирането и тестването на схеми с няколко вида FPAА, включително и AN231E04 се изпълнява с предлаганата от производителя развойна система **AN231K04-DVLP3** (Anadigm 3.3volt development kit), която има комуникационен канал към персонален компютър. Програмната система включва специализирана печатна платка с цокъл за интегралната схема, кабел за сериен интерфейс (RS232 или USB) и програмна система AnadigmDesigner2.

Програмната система AnadigmDesigner2 е с функционални възможности за изчертаване на електронни схеми с елементи и САМ примитиви от стандартна библиотека, симулация на получената схема и програмиране на реална FPAА ИС.

*Примерна аналогово-цифрова схема базирана на AN231E04 с прозореца на ресурсите, в който са оградени с прекъсвана линия използваните елементи от САВ1 и САВ2*



### – Конфигурируеми аналогови модули – CAM

Конфигурируемите аналогови модули (Configurable Analog Module – CAM) са градивните елементи на FPAА базираните аналогови и аналогово-цифрови схеми. Те са електронни схеми, които се получават от ресурсите на САВ и се представят в системата AnadigmDesigner2 като четириполюсници от проходен тип с диференциален вход и диференциален изход. При това всеки конфигуриран аналогов модул функционира например като усилвател, суматор, интегратор, диференциатор, филтър, умножител или изправител.

Примерни конфигурируеми аналогови модули за AN231E04:



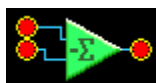
Инвертиращ или неинвертиращ усилвател с програмируем коефициент на усилване:

$$U_o = \pm A_U U_i$$



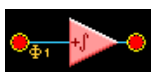
Нискочестотен филтър от първи ред:

$$A_U = \frac{\pm A_{U0} \omega_p}{p + \omega_p}$$



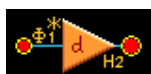
Двухходов интертиращ суматор:

$$U_o = -A_{U1} U_{i1} - A_{U2} U_{i2}$$



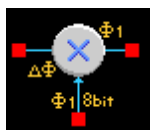
Интегратор с инвертиращ или неинвертиращ вход:

$$\frac{\Delta U_o}{\Delta t} = \pm K U_i$$



Инвертиращ диференциатор:

$$U_o = -K \frac{\Delta U_i}{\Delta t}$$



Аналогов умножител:

$$U_o = M U_x U_y$$

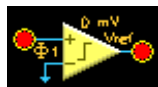


Схема извличане на квадратен корен:

$$U_o = \text{sign}(U_x) \times \sqrt{U_x}$$



Аналогова памет (S/H схема):



Аналогов компаратор:

$$U_o = V_{DD} \text{ за } U_i > 0$$

$$U_o = -V_{DD} \text{ за } U_i < 0$$



Преобразувател на ток в напрежение:

$$U_o = -z U_i$$