

МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ НА ИНТЕЛИГЕНТЕН ДОМ

Д-р инж. Бойко Харлов,
Колеж по телекомуникации и пощи,

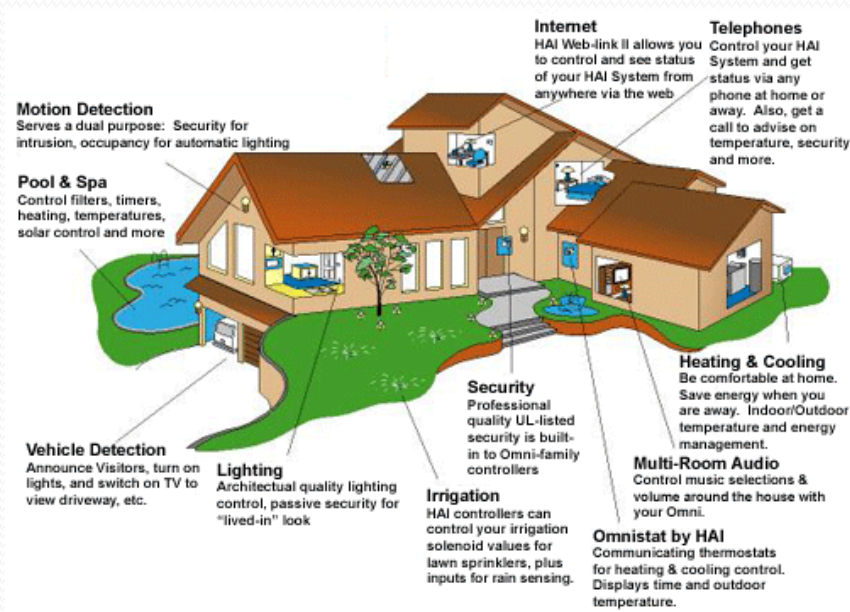


• I. МОДЕЛ НА ИНТЕЛИГЕНТЕН ДОМ

- Интелигентният дом (ИД или Умен дом, Умна сграда
- **SH - Smart House**, Smart Home, Smart Building) образува особен клас сложна техническа система, към която са приложими всички принципи и методи на общата теория на системите и системотехниката;
- специфични качества и свойства, свързани с неговата функционалност и с организацията на информационно-техническото му обслужване;
- класът „агрегатни системи” се състои от елементи, наречени агрегати.



- **I. МОДЕЛ НА ИНТЕЛИГЕНТЕН ДОМ /2/**
- „Интелигентен дом” като сложна система и решаване задачата на анализа с оглед оценяване функционалността на ИД.
- Решават се някои частни случаи на задачата на синтеза, свеждащи се до избор на структурата и стойностите на параметрите, изхождайки от зададени свойства на системата



● II. ИНТЕЛИГЕНТНИЯТ ДОМ КАТО СЛОЖНА СИСТЕМА

● II.1. Основни предположения

- *II.1.1. Интелигентният дом като обособен обект*
- сграда - тип едноетажна или многоетажна конструкция, с жилищно, хотелско, болнично, балнеолечебно или офис предназначение;
- дом - като еднофамилен апартамент или къща с прилежащите към нея постройки и площи;
- търговски център - като съвкупност от търговски и складови площи, съоръжения;
- промишлен център - като съвкупност от производствени, складови и обслужващи постройки и съоръжения;
- мобилен дом - като конструкция на колела, предназначена да задоволява временни жилищни или офис нужди;
- къмпинг или малко селище от преместваеми обекти или конструкции, заедно с прилежащите площи;
- единично помещение със специфично предназначение;
- и други



● II.1.2. Елементи на ИД

- сложната система се разделя на части, наречени подсистеми
- всяка подсистема се разделя на краен брой по-малки подсистеми (със запазване на връзките)
- подсистеми, неподлежащи на по-нататъшно разделяне, ще се наричат **елементи на ИД** - достатъчно прости и удобни за непосредствено изучаване.
- **ИД като сложна система - многостепенна конструкция от взаимодействащи елементи, обединени в подсистеми на различни степени**

- *II.1.2. Елементи на ИД /2/*

- ИД може да се разглежда като сложна структура, включваща система помещения, електрозахранваща система, осветителна система, отоплителна или климатична система, мултимедийна система, комуникационна система, охранителна система, система за видеонаблюдение, система за следене и поддържане на жизнени параметри, ВиК система, поливна система и ...

• II.1.2. Елементи на ИД /з/

- Пример - осветителната система
- от една страна може да разглеждаме като подсистема на ИД,
- от друга страна тя може да се състои от свои подсистеми като подсистеми от датчици за осветеност, регулатори и превключватели, осветителни тела, кабели, подсистема за управление на осветлението и т.н.

• II.1.2. Елементи на ИД /з/

- Пример - осветителната система
- от една страна може да разглеждаме като подсистема на ИД,
- от друга страна тя може да се състои от свои подсистеми като подсистеми от датчици за осветеност, регулатори и превключватели, осветителни тела, кабели, подсистема за управление на осветлението и т.н.

• II.1.3. Основни признаци на ИД

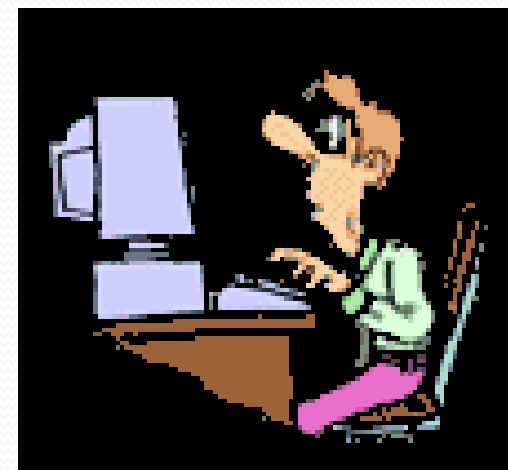
- Наличие на голям брой взаимно свързани и взаимодействащи помежду си елементи;
- Сложност на функциите, изпълнявани от ИД като сложна система и насочени към достигане на определени цели;
- Възможност за разделяне на ИД като сложна система на подсистеми, целта на функциониране на които е подчинена на общите цели на функциониране на целия ИД;
- Наличие на управления (често имащи йерерхическа структура), разклонена мрежа за информация и интензивни потоци информация ;
- Наличие на взаимодействие с външната за ИД среда и функциониране в условията на въздействие на случайни фактори.

• II.1.4. Показатели на ИД

- Наличност на някаква система като подсистема на сложния ИД;
- Цялост на определена система като подсистема на сложния ИД;
- Функционалност на определена система като подсистема на сложния ИД;
- Ефективност на определена система като подсистема на сложния ИД;
- Ефективност на ИД – може да бъде основен показател за функционирането на ИД.



- **II.2. Функционалната съвместимост** като числова характеристика на ефективността на ИД
- **Определение:** свойството на различните съставлящи „Интелигентния дом” системи, уреди, устройства, възли и др., да функционират в рамките на зададени параметри без неприемливо влошаване на функциите си вследствие взаимни въздействия и действие на околната среда.





• **II.2. Функционалната съвместимост /2/**

- **Достатъчно пълно характеризира качеството на съществуване и функциониране на ИД,**
- **Отчита всички особености и свойства на системата,**
- **Отчита условията на функционирането ѝ и взаимодействието с външната среда**
- **Зависи от структурата на Дома, стойностите на параметрите му, характера на въздействие на външната среда, вътрешни и външни случайни фактори;**
- **Определя се от процеса на функциониране на ИД**

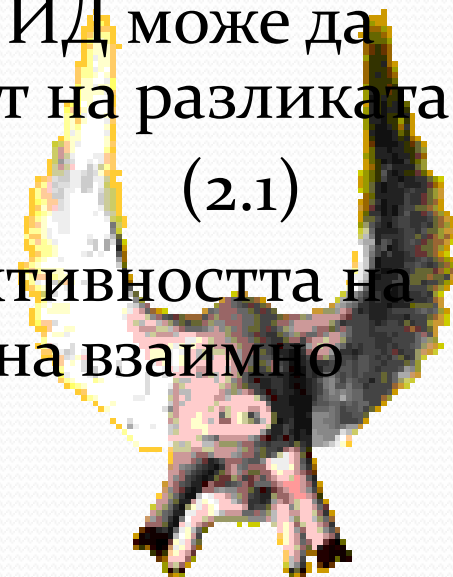
• II.2. Функционалната съвместимост /3/

- ФС може да се разглежда като на функционал Φ , зададен върху множеството на процесите на функциониране на системата A .
- Сложния ИД – като съвкупност от функционали, характеризиращи и други свойства:
 - устойчивост към въздействие на външната среда,
 - способност да се следва определена линия на поведение,
 - надеждност на функциониране,
 - стохастическа устойчивост и др

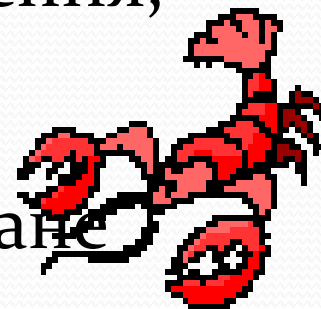


• II.2. Функционалната съвместимост /4/

- избран е някакъв функционал Φ .
- $\Phi^*_{\text{фс}}$ - стойността на показателя на ефективност, изчислен при предположението, че в ИД съществуват взаимни нежелани влияния между подсистемите;
- Φ^0 - при предположение, че не съществуват взаимни влияния.
- Числен показател на ФС на сложен ИД може да бъде избрана абсолютната стойност на разликата
$$\Delta\Phi_{\text{фс}} = \left| \Phi^0 - \Phi^*_{\text{фс}} \right| \quad (2.1)$$
показваща доколко е снижена ефективността на системата, вследствие възникване на взаимно влияние.
- Относителен показател - $\Delta\Phi_{\text{фс}}/\Phi^0$.



- **II.3. Устойчивост на функциониране на ИД**
- **Определение:** Способността на системата да запазва необходимите свойства в условията на действие на променливи влияния.
- Конкретно се отделят показателите, запазването на стойностите на които ние желаем, а също да се уточни смисълът на „запазване на необходимите показатели”.
- Малки изменения на променливите влияния могат да доведат до съществени изменения, значително снижаващи качеството на функциониране на ИД, а понякога до невъзможност за практическо използване



• II.4 Анализ и синтез на сложен ИД

- 1) Задача на анализа - изучаване на свойствата и поведението на ИД в зависимост от структурата и стойностите на параметрите му;
- - предполагат известни структурата на ИД и всички конструктивни параметри.
 - - Изисква се определяне стойностите на функционалните характеристики на ИД (показателя на ефективността - ФС, устойчивостта на функциониране на ИД и др.) за фиксиран набор начални условия и условия за функциониране (включително условията на външната среда).
 - Пример: да се построи областта на устойчивост в пространството на параметрите на ИД

• II.4 1) Задача на анализа /2

- два метода, като най-популярни:
- 1) изчисляване показателя на ефективност ФС и други свързани с него функционални характеристики на системите с помощта на формули и уравнения, отнасящ се към даден тесен клас системи;
- 2) изчисляване показателя на ефективността и други функционални характеристики по резултати от моделирано на сложни системи с помощта на съвременна компютърна техника .
- По-важното е, че по един или друг начин задачата за анализа на сложен ИД, винаги може да бъде решена, ако са налице всички необходими данни за пресмятанията

• II.4 Анализ и синтез на сложен ИД

- 2) задача на синтеза - избор на структура и стойности на параметрите на ИД, изхождайки от зададените му свойства.
- Предполагат се зададени необходимите стойности на функционалните характеристики на системата (показателя на ефективност - ФС, устойчивост на ИД и др.), а също и областта на устойчивост.
- Необходимо е да се избере структурата на Дома, а също стойностите на параметрите (от областта на устойчивост) така, че да се получат необходимите стойности на функционалните характеристики

- **III. СЪДЪРЖАТЕЛНО И ФОРМАЛНО ОПИСАНИЕ НА ИД**
- **III.1 Съдържателно описание**
- Определение: Изучаване на структурата на съставящите явления
- В словесна форма ще се концентрират сведенията за физическата същност и количествените характеристики на елементарните явления на изследвания процес, за степента и характера на взаимодействие между тях, за мястото и значението на всяко елементарно явление в общия процес на функциониране на разглеждания реален Дом.

- III.1 Съдържателно описание /2/

- За всеки конкретен Интелигентен дом следва да се изброят всички изходни данни: числени стойности на известни характеристики, параметри на процеса (таблици, графики, функции и др.), включително стойностите на началните условия.



• III.2. Формализирана схема

- Формализирана схема се явява междинно звено между съдържателното описание и математическия модел, поради сложността на непосредствения преход от съдържателното описание към модела.
- Необходимо е да се изберат характеристиките на процеса; да се състави система параметри, определящи процеса; строго да се определят всички зависимости между характеристиките и параметрите с отчитане факторите, съществени при формализацията.
- Дава се точна математическа формулировка на задачите на изследването и окончателно се изброяват търсените величини. Оценяват се зависимостите.

- **IV. МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА ИД - IV.1. Общи положения**
- **Структуризация на ИД - Представянето на сложния ИД като многостепенна конструкция от взаимодействащи елементи, обединени в подсистеми на различни степени**
- **Обекти на реалния свят се явяват само елементите и връзките между тях.**
- **Обединението на елементите в подсистеми е формална операция - чисто структурна. Тя не внася никакви нови обекти на реалния свят в съвкупността от елементи на Дома и връзките между тях, нито пък изключва съществуващите.**
- **Математическият модел на ИД като сложна система се състои от математически модел на елементите и математически модел на взаимодействията между елементите.**

• IV.1. Общи положения /2/

- 1) елементът на сложен ИД функционира във времето. Във всеки момент от време t той се намира в едно от възможните си състояния w ;
- 2) с течение на времето елементът преминава от едно състояние в друго под действието на вътрешни и външни причини;
- 3) в процеса на функциониране елементът взаимодейства с други елементи на ИД, а така също и с обекти от външната среда (получава входни и отдава изходни сигнали);
- 4) Външната среда за ИД ще се представя като отделен, нулев елемент на ИД, който взаимодейства с останалите елементи - понятието „външна среда” ще се различава от реалната външна среда на елементите на системите от ИД

- IV.2. Модел на устройствата на системите на ИД като агрегати на сложна система
- IV.2.1. Агрегатът - унифицирана абстрактна схема, позволяваща еднообразно описание на всички елементи на ИД (детерминирани и стохастични, с дискретно и непрекъснато време).
- $t \in [0, T]$ - момент от време
- $w(t)$ - възможно състояния на агрегатът в t
- w - състояние на системата
- W - Множеството на състоянията на системата
- Предполага се, че състоянието w на разглежданото устройство се описва с някакъв набор от характеристики $w_1, w_2, \dots, w_{i^*}$ такива, че $w_i \in W_i, i = 1, 2, \dots, i^*$, където W_i – зададени множества.
- Разглежда се правото произведение
- $\hat{W} = W_1 \times W_2 \times \dots \times W_{i^*}$ (4.2)

• IV.2.2. Пространство на състоянията

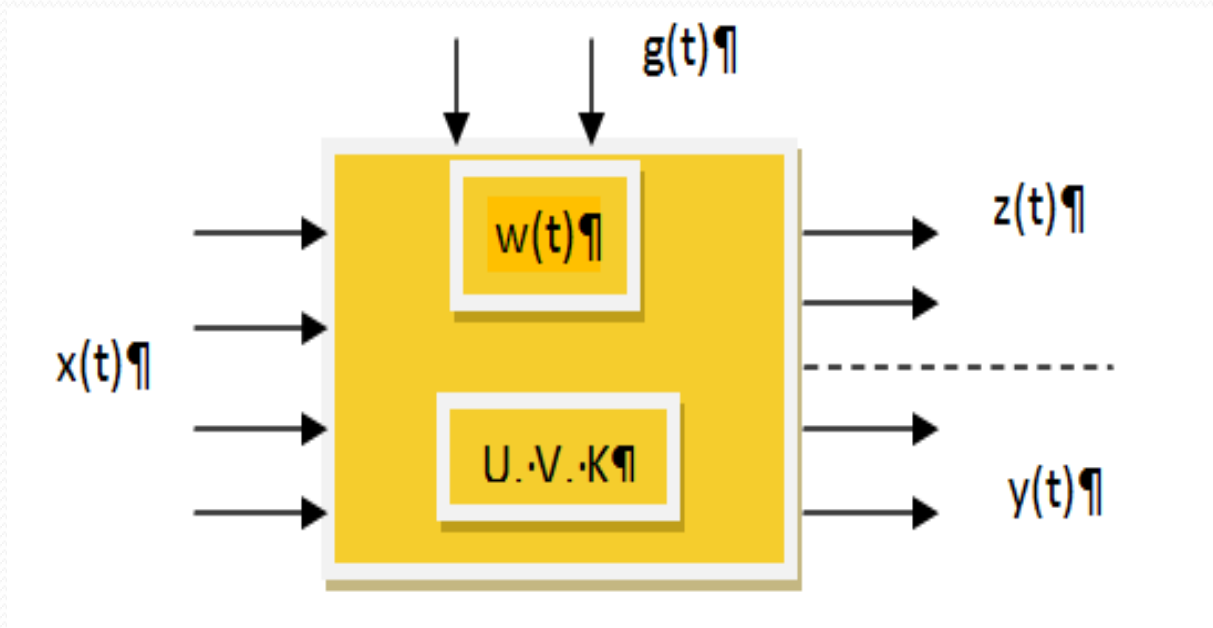
- Когато W_i са множество точки от числовата права, то $\hat{W}$ може да се разглежда като множеството точки $\hat{W} = (w_1, \dots, w_{i^*})$ на i^* -мерното пространство.
- Когато елементите w_{i^*} на множествата W_i се явяват характеристики с произволна същност, а не само числа (например вектори, матрици, функции и т.н.) ще се говори, че точката $\hat{W}$ на пространството $\hat{W}$ има координати $w_1, w_2, \dots, w_{i^*}$.
- Множеството $\hat{W}$ ще се нарича „пространство на състоянията” на устройството.

• IV.2.3. Фазово пространство

- В някои случаи могат да се разглеждат също пространства от вида $T \times W$, точките на които се явяват наредените двойки (t, w) . Такова едно пространство се нарича „**фазово пространство**” на агрегата.
- Когато аргументът t пробягва всички свои стойности в интервала $[0, T]$, характеристиките w_i се изменят като функции на времето $w_i(t)$.
- Функциите $w_i(t)$ се наричат фазови траектории,
- w_i фазови координати - като фиксирани стойности за определен момент.

• IV.2.4. Контакти

- Агрегатът има *входни* и *управляващи* контакти, способни да възприемат въздействието на външната среда, а така също и *изходни* контакти, способни да въздействат на външната среда.
- (Фиг.4.2).



• IV.2.4. Контакти

- Определение: Контакт на агрегата ще се нарича абстрактен полюс, способен да възприема въздействието или да въздейства на външната среда и на други устройства.
- Контактите се различават помежду си по физическа същност или по стойността на параметър, характеризиращ физическата същност (Фиг.4.2).



• Входни Контакти

- x - входен сигнал
- $t_j, j=1, 2, \dots, J, t_{j+1} > t_j$ на входните контакти постъпват входни сигнали.
- X - множество - пространство на входните сигнали.
- $x = (x_1, \dots, x_{k^*})$ - пълен входен сигнал - реален вектор, размерността на който е равна на броя на входните контакти k^* .
- x се дава като набор от x_k - елементарни входни сигнали (само входни сигнали).
- Редиците от вида $(t_j, x_k^{(j)})$ са реализации на случайните редици $(\Theta_j, X_k^{(j)})$ с някакъв закон на разпределение.
- Аналогично x_k е фазова координата, а $x_k(t)$ - фазова траектория.

• Управляващи Контакти

- особени контакти, към които в някои моменти време τ_j постъпват елементарни управляващи сигнали.
- $\mathbf{g} = (g_1, \dots, g_{l^*})$ - реални вектори в пространството на управляващите сигнали $\mathbf{G}$
- В общия случай, редиците от вида $(\tau_j, \mathbf{g}_l^{(j)})$ също се оказват случайни реализации и се задават със съответен закон на разпределение.
- Ще се предполага, че за краен брой интервали от време в устройството постъпват
- краен брой входни и управляващи
- сигнали.

• Изходни Контакти – 2 вида

- $y = (y_1, \dots, y_m^*)$ - Първият вид изходни контакти отдават изходни сигнали, които не зависят от входните и управляващите сигнали на устройството - група на неизчисляваните изходни сигнали - определят се по предварително зададени закони на изменение (детерминирани и вероятностни).
- $z = (z_1, \dots, z_n^*)$ - Вторият вид изходни контакти отдава изходни сигнали които зависят от входните, управляващите и неизчисляваните изходни сигнали (или от някои от тях) - група на изчислявани изходни сигнали.

- IV.2.5. Състояния на агрегата - $w(t)$
- $w(t)$ за произволен момент $t > t_0$ се определя от предишното състояние и/или от входните плюс управляващите сигнали посредством оператора V :
- $w(t) = V[w(t_0), t]$ (4.4)
- а/ ако t^* е момент на постъпване на входен сигнал:
- $w(t^*+0) = V'[w(t^*), x, g_s]$ (4.5)
- б/ ако t^{**} е момент на постъпване на управляващ сигнал:
- $w(t^{**}+0) = V'' [w(t^{**}), x_s, g]$ (4.6)
- в/ ако t' е момент на постъпване едновременно и на входен и на управляващ сигнал:
- $w(t'+0) = V'''[w(t'), x, g]$ (4.7)
- г/ ако t'' е момент на отдаване на изходен сигнал:
- $w(t''+0) = V^{iv}[w(t''), x, g, y]$ (4.8)
- Моделът позволява при определяне на изходния сигнал в $z(t)$ да не се отчита състоянието $w(t)$. В този случай $z(t)$ се определя чрез оператора K , имащ смисъл на коефициент на предаване:
- $z(t) = K[x, g, y, t, t_0]$ (4.9)

• IV.3. Преобразуване /бинаризиране/ на сигнали

- Преобразуваме всички реални елементарни сигнали по една от следните формули:

- $$\bar{x}_k(t) = \begin{cases} 0 & \text{за } x_k(t) \leq x_k^* \\ 1 & \text{за } x_k(t) > x_k^* \end{cases} \quad (4.10)$$

- $$\bar{x}_k(t) = \begin{cases} 0 & \text{за } x_k(t) \geq x_k^* \\ 1 & \text{за } x_k(t) < x_k^* \end{cases} \quad (4.11)$$

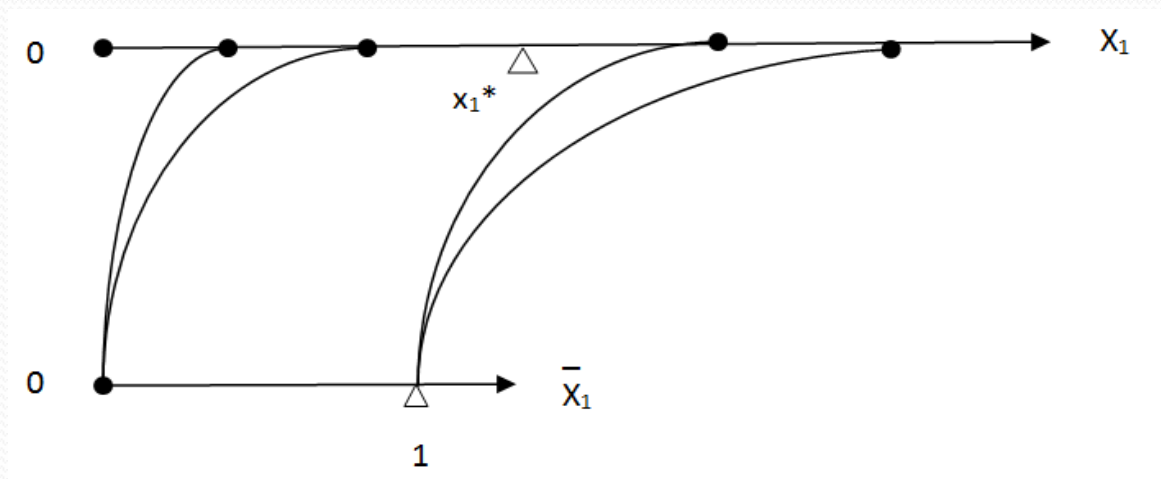
- $$\bar{x}_k(t) = \begin{cases} 0 & \text{за } x_k(t) \in (x_k^*, x_k^{**}) \\ 1 & \text{за } x_k(t) \notin (x_k^*, x_k^{**}) \end{cases} \quad (4.12)$$

- $x_k(t)$ - стойността на реалния сигнал,
- x_k^* и x_k^{**} - предварително зададени стойности за съответния елементарен сигнал.
- Преобразувана (бинаризирана) стойност 0 се дава, когато реалния елементарен сигнал принадлежи на зададено множество, за което се смята, че устройството работи или има възможност да работи нормално.

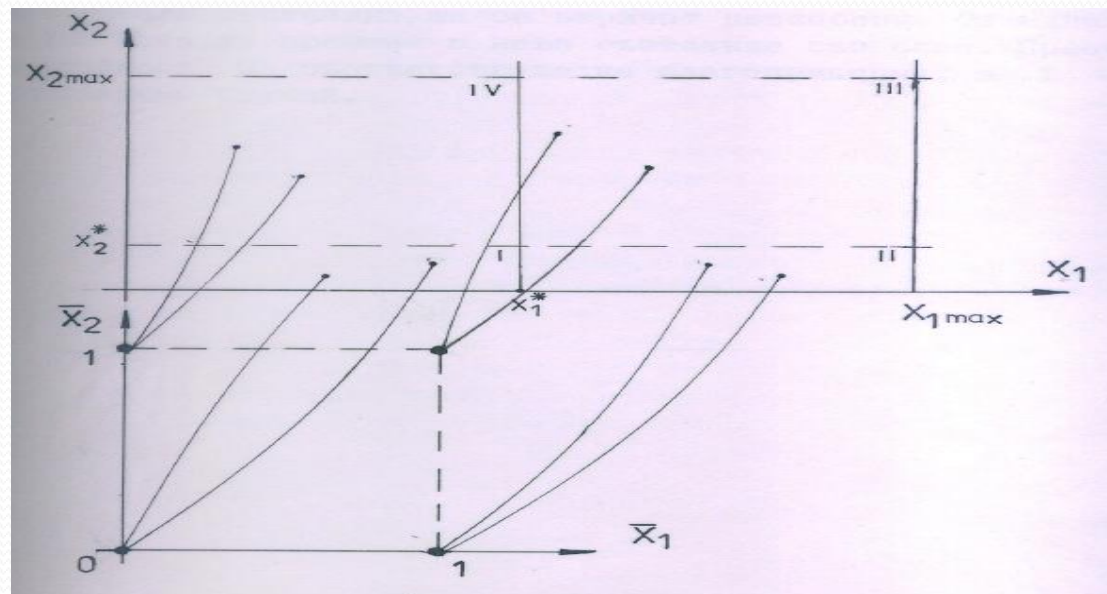
- IV.3. Бинаризиране /2/

- Аналогично се преобразуват $g(t)$, $y(t)$ и $z(t)$.

- Фиг.4.3.



- Фиг.4.4.



• IV.4. Особено състояние на агрегата (ОС)

- Състоянието на агрегата, определено в момента на получаване на входни, управляващи или на предаване на изходни сигнали, за което който и да е от бинаризираните сигнали преминава от 0 в 1 или обратно.
- Тези моменти от време, при които преобразуваните (бинаризирани) входни $\bar{x}_k(t)$, управляващи $\bar{g}_l(t)$, неизчислявани изходни $\bar{y}_m(t)$ или изчислявана изходни $\bar{z}_n(t)$ сигнали преминават от 0 в 1 или обратно.
- Всички останали състояния ще се наричат неособени.
- От едно състояние устройството може да премине в ново състояние със скок. Преобразувана стойност 0 съответства на благоприятния, а 1 - на неблагоприятния случай.

• IV.5. Пример

- УКВ-ЧМ радиоприемник - част от мултимедийната система на ИД и формализирано като агрегат на сложната система ИД.
- $z_1(t)$ е полезният изходен сигнал, отдаван от съответния изходен контакт;
- $\neg z_1(t)=0$, когато радиоприемникът изпълнява своето предназначение със задоволително качество, при $P_{\text{изх с+ш}}/P_{\text{изх ш}} \geq 3$;
- $\neg z_1(t)=1$ - радиоприемникът ще работи с незадоволително качество;
- y_1 е мощност, излъчвана от хетеродина на приемника;
- $y_1(t) \geq y_{1*}$ - този приемник смущава други мултимедийни устройства ; ще му се припише преобразувана стойност $\neg y_1(t) = 1$

- **V. МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЕЛЕМЕНТИТЕ НА ИД**
- **V.1. Механизъм на обмяна на сигналите**
- **V.1. 1. Условности:**
- 1/ Взаимодействието между елементите /агрегатите/ на ИД се разглежда като съвкупност от взаимодействия на всеки елемент с другите елементи и се представя с набор от характеристики, наречени сигнали.
- 2/ Изучаването на взаимодействието се свежда до изучаване на механизма на обмяна на сигналите.
- 3/ Сигналите се предават по канали за връзка, разположени между елементите на сложен ИД. („разположени” следва да се приема условно в смисъл, че някои канали физически не съществуват, а се появяват в описанията на Дома, благодарение на формализацията).
- 4/ Началото на даден канал се явява изходен контакт (изходен полюс) на елемента, отдаващ сигнал, а крайт на канала - входен контакт (входен полюс) на елемента, приемащ сигнал.

- 5/ Каналът предава сигналите мигновено и без изкривявания. Този канал ще се нарича идеален. Характеристиките на сигнала в началото и в края му съвпадат във всички моменти от време.
- **V.1.2. Съставлящи на схемата на взаимодействие**
- 1. Процес на формиране на изходния сигнал на елемента;
- 2. Определяне адреса на подаване на всеки изходен сигнал;
- 3. Преминаване на сигналите по каналите за връзка и компоновка на входния сигнал за елементите, приемащи сигнали;
- 4. Реагиране на елемента, приемащ сигнали на постъпващите входни и управляващи сигнали.

• V.2. Модел на схемите на спрягане

- Това е адресацията на изходните сигнали и компоновката им във входни сигнали.
- Сложният ИД съдържа елементите $C_1, C_2 \dots C_A$, представени като агрегати.

• Предположение 1:

- 1/ Елементарните сигнали се предават по елементарни канали.
- 2/ Всеки m -ти елементарен канал $Y_m^{(a)}$, включен към някой от изходите на елемента C_a е способен да предава само елементарни сигнали $Y_m^{(a)}(t)$, имащ фиксиран индекс m . Горе, в малки скобки, се дава номерът на елемента.

Комуникационна система S_1

мултимедийна система S_2

- 1 - изх. моб. вч. сигнал
- 2 - моб изход/ екран
- 3 - моб изход/ звук
- PC изход/ екран

- 4 - ТВ изход/ екран
- 5 - ТВ изход/ звук

- 6 - PC изход/ екран
- 7 - PC изход/ звук

- 8 - НЧ изход/ звук

- 9 - Тлф. изход/ звук

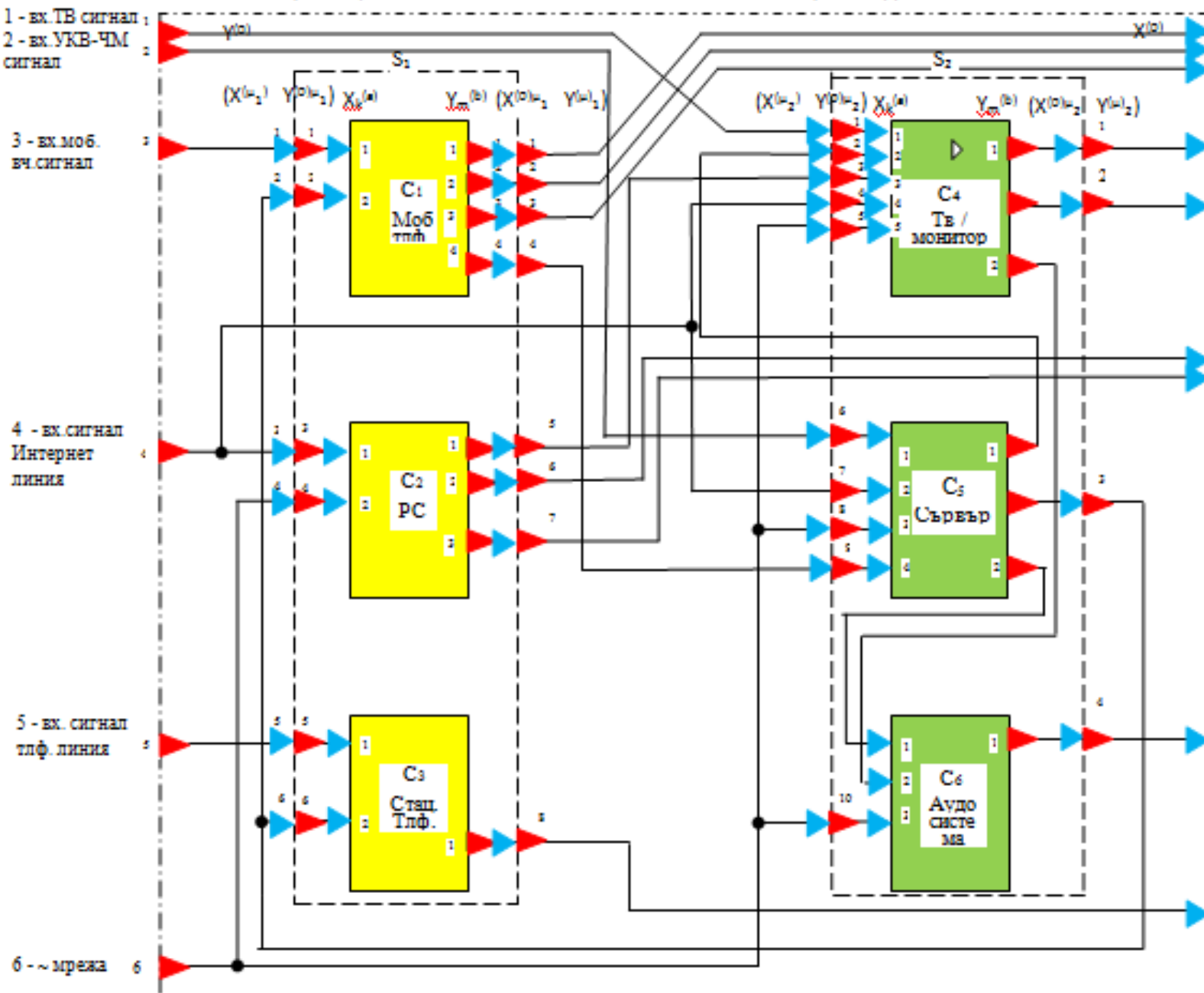
- 1 - вх. ТВ сигнал
- 2 - вх. УКВ-ЧМ сигнал

- 3 - вх. моб. вч. сигнал

- 4 - вх. сигнал Интернет линия

- 5 - вх. сигнал тлф. линия

- 6 - ~ мрежа



• VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1/ Разглежда се математически модел на „Интелигентен дом” като сложна система.
- 2/ Предлагат се основни числови параметри на ИД, като Функционалната съвместимост – основна числова характеристика на ефективността на ИД, както и устойчивостта на функциониране на ИД.
- 3/ Разглежда се математическият модел на елементите на ИД – отделните устройства на системите, изграждащи ИД, които се представят чрез агрегатния апарат на теорията на сложните системи.
- 4/ Предлагат се за анализ формализираните пространства на състоянията, използват се фазовите пространства на сигналите и схемата на бинаризираните (преобразувани) сигнали.

• VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ /2/

- 5/ Представят се за разглеждане някои основни положения от математическия модел на взаимодействие между елементите на ИД чрез механизъм за обмяна на сигналите.
- 6/ Започнато е представянето на Модела на схемите на спрягане.
- По-нататъшните положения ще бъдат представени в следващата част на материала.

БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО!

