

Лек3. Сандық құрылғыларды жобалау үшін  
автоматтандырылған жобалау жүйелерінің  
мүмкіндіктері және қолдану әдістері.

# Автоматтандырылған жобалау жүйелері

## **Автоматтандырудың алғышарттары**

- ✓ Ақпарат көлемінің үздіксіз өсуі
- ✓ Жобалаудың күрделенуі
- ✓ Сапа мен уақыт арасындағы қайшылық
- ✓ Еңбекті автоматтандыру қажеттілігі

## **Жобалауды автоматтандыру (ерекшеліктері)**

- ✓ Адам–машина жүйесі
- ✓ Жобалау процесін ақпараттық қолдау
- ✓ Модельдеу және верификация мүмкіндіктері
- ✓ Қателерді ерте табу және түзету

# CAD-дың тарихи дамуы

## CAD-дың тарихи дамуы

- 1960–1970 жж. – алғашқы графикалық автоматтандырылған жүйелер (CAD).
- 1980 жж. – өндірістік процестерді автоматтандыру (CAM – Computer-Aided Manufacturing).
- 1990 жж. – инженерлік талдау жүйелері (CAE – Computer-Aided Engineering).
- 2000 жж. – өнімнің өмірлік циклін басқару (PLM – Product Lifecycle Management).
- Бүгін – интеграцияланған орта: CAD + CAE + CAM + PLM.

# CAD бағдарламалық құралдары

- ✓ Vivado Design Suite (Xilinx/AMD) – FPGA жобалау.
- ✓ Quartus Prime (Intel/Altera) – Cyclone, Stratix FPGA.
- ✓ ModelSim / QuestaSim – Verilog/VHDL симуляция.
- ✓ Mentor Graphics – өнеркәсіптік деңгейдегі жобалау.
- ✓ Synopsys Design Compiler – ASIC синтез.



# CAD қолдану салалары

## **Өнеркәсіп пен өндірісте**

- ✓ Электроника – FPGA, ASIC, микросхемалар жобалау.
- ✓ Машина жасау – механизмдер, бөлшектер, роботтар жобалау.
- ✓ Авиация және ғарыш – күрделі конструкциялар, басқару жүйелері.
- ✓ Энергетика – электр станциялары мен желілердің цифрлық модельдері.

## **Құрылыс және сәулет**

- ✓ Ғимараттар мен инженерлік жүйелердің 3D модельдері.
- ✓ Құрылыс процесін модельдеу және шығындарды есептеу.

## **Білім беру мен ғылым**

- ✓ Университеттік зертханаларда цифрлық схемалар курсы.
- ✓ FPGA тақталарында тәжірибелік жобалар.
- ✓ Ғылыми-зерттеу жұмыстарында күрделі есептерді модельдеу.

## **Ақпараттық технологиялар**

- ✓ Криптографиялық құрылғыларды жобалау.
- ✓ Жасанды интеллектке арналған аппараттық жүйелер.
- ✓ IoT (заттар интернеті) құрылғылары.

# CAD(Computer-Aided Design system) құру принциптері

- **CAD — бұл адам–машина жүйесі.** Жүйенің негізгі бөлігі — әзірлеушілер мен пайдаланушылар ұжымы. Олар техникалық құралдармен (CAD) өзара әрекеттесе отырып жобалау процесін орындайды. Жобалау рәсімдерінің бір бөлігі автоматтандырылмайды және адамның қатысуымен шешіледі.
- **CAD — дамушы жүйе.** CAD толықтыруларды, жетілдіруді және оның қосалқы жүйелері мен компоненттерін жаңартуды ескере отырып жасалып, жұмыс істеуі тиіс.
- **CAD жүйелік бірлік принципі.** CAD-ды құру, пайдалану және дамыту кезінде қосалқы жүйелер арасындағы байланыстар бүкіл жүйенің тұтастығын қамтамасыз етуі керек. CAD-дан ең үлкен әсер барлық деңгейдегі жобалауды кешенді автоматтандыру арқылы алынады.

# CAD құру принциптері

- **САПР компоненттерінің үйлесімділік принципі.** Тілдер, символдар, кодтар, ақпараттық және техникалық сипаттамалар – САПР-дың қосалқы жүйелер арасындағы құрылымдық байланыстарды қамтамасыз ету құралдары. Бұл қосалқы жүйелердің бірлесіп жұмыс істеуін қамтамасыз етуі тиіс. Әсіресе маңыздысы – қосалқы жүйелердің ақпараттық және бағдарламалық келісімділігі.
- **САПР стандартизация принципі.** Қосалқы жүйелер мен компоненттерді унификациялау, типизациялау және стандарттау. Жобаланатын объектілерге инвариантты ережелерді бекіту. САПР-ды құру және дамыту саласындағы қызметті реттеу мақсатында қолданылады.
- **САПР қосалқы жүйелерінің (бағдарламаларының) тәуелсіздік принципі.** Қосалқы жүйелердің (бағдарламалардың) басқа қосалқы жүйелерден тәуелсіз енгізілуі және жұмыс істеу мүмкіндігін анықтайды. Бұл принципті САПР құрудың модульдік принципі деп те атайды.

# CAD құру принциптері

- ✓ **CAD ашықтық принципі.** Жүйені әзірлеу және пайдалану барысында оған өзгерістер енгізу мүмкіндігі. Өзгерістер жаңа элементтерді қосу немесе ескілерін бағдарламалық, ақпараттық, техникалық және лингвистикалық қамтамасыз етудің жаңа түрлеріне ауыстыру түрінде болуы мүмкін.
- ✓ **Автоматтандырылған (дәстүрлі) жобалау мен САПР үйлесімділік принципі.** САПР-ды енгізу кезінде қолданыстағы кәсіпорынның құрылымы, өзара байланыстары, құжаттаманы пайдалану нысандары мен әдістері ескерілуі тиіс.

# CAD құру жолдары

- ✓ Кәсіпорынның жекелеген қызмет түрлерін қамтитын көптеген жеке автоматтандырылған жүйелерді құру және кейіннен оларды біріктіру.
- ✓ Автоматтандырылған жүйелерді біртұтас негізде құру, соның арқасында оның ішкі жиынтықтарын икемді және жедел қалыптастыруға мүмкіндік болады.

# CAD мүмкіндіктері

- ✓ HDL (Verilog, VHDL) тілінде сипаттау.
- ✓ Функционалды модельдеу.
- ✓ Синтез – логикалық сұлбаларға түрлендіру.
- ✓ Орналастыру және трассировка.
- ✓ Таймингтік талдау.
- ✓ FPGA немесе ASIC-ке жүктеу.

## 2. CALS-технологиялары

- ✓ CALS/ӨӨҚ (Continuous Acquisition and Lifecycle Support / Өнімнің Өмірлік Циклін Қолдау) – бұйымдардың өмірлік циклін барлық кезеңдерінде қолдауды қамтамасыз ететін басқарушылық және ақпараттық технологиялардың, негізгі принциптердің жиынтығы. Бұл бағдарламалық құрал немесе олардың жиынтығы емес, бұл – әдіснама, яғни принциптер мен стандарттардың жиынтығы.
- ✓ CALS бірыңғай ақпараттық кеңістікті пайдалануға негізделген, онда электрондық деректер алмасуы арқылы өмірлік циклдің барлық қатысушыларының: өнім тапсырыс берушілерінің, әзірлеушілердің, өндірушілердің және тұтынушылардың өзара іс-қимылы жүзеге асырылады. Екіжақты әрекет ету ережелері халықаралық стандарттармен реттелген.

# CALS-технологиясының қолдану салалары

Процесс кезеңі

Сипаттамасы

Жобалау

Өнімнің құрылымын, сызбасын және сипаттамаларын жасау

Жинақтау

Қажетті бөлшектерді, материалдарды және ресурстарды таңдау

Өндіріс

Өнімді технологиялық процестер арқылы дайындау

Жаңғырту

Өнімнің функционалдық мүмкіндіктерін жетілдіру

Сату

Өнімді нарыққа шығару және тұтынушыға жеткізу

Пайдалану

Өнімді қолдану және оның тиімділігін қамтамасыз ету

Сервистік қызмет

Өнімнің жұмысқа қабілеттілігін қолдау, жөндеу

Кәдеге жарату

Қызмет ету мерзімі аяқталған өнімді қайта өңдеу немесе жою

# Өнім туралы ақпарат оның өмірлік циклі (ӨЦ) кезеңдері бойынша

1. Жобалау
2. Құжаттама әзірлеу
3. Технологиялық дайындық
4. Материалдық-техникалық жабдықтау
5. Жоспарлау
6. Өндіріс
7. Сервистік қызмет көрсету

# Өнім туралы ақпарат оның ӨЦ (өмірлік цикл) кезеңдері бойынша

- ✓ Өнім туралы конструкторлық деректер. Бұл – жобалау және бұйымды әзірлеу барысында пайда болатын ақпараттық объектілердің жиынтығы. Олар өнімнің құрамы, геометриялық модельдері, оның компоненттері мен техникалық сипаттамалары, олардың бұйым құрылымындағы байланыстары, есептеу және модельдеу нәтижелері, бөлшектерді дайындауға арналған рұқсаттар туралы мәліметтерді қамтиды.
- ✓ Өнім туралы технологиялық деректер. Бұл – өндірістің технологиялық дайындығы кезеңінде пайда болатын ақпараттық объектілердің жиынтығы. Олар өнімді және оның құрамдас бөліктерін сипаттайды және өндірістегі дайындау мен бақылау тәсілдері туралы мәліметтерді қамтиды (оның ішінде кіріс бақылау). Сонымен қатар: Маршруттық және операциялық технологиялар сипаттамасы, Уақыт нормалары және материал шығындары, Сандық басқарылатын станоктарға арналған басқарушы бағдарламалар, Арнайы құралдар мен өлшеу жабдықтарын жобалау деректері де кіреді.

- ✓ Өнім туралы өндірістік деректер. Өндіріс процесінде пайда болатын ақпараттық объектілер жиынтығы. Олар өнім мен оның компоненттерін сипаттайды, өндірістік циклдегі нақты бұйымдар мен компоненттердің мәртебесі туралы мәліметтерді қамтиды.
- ✓ Өнім сапасы туралы деректер. Бақылаудың барлық түрлерін орындау кезінде пайда болатын ақпараттық объектілер жиынтығы. Олар өнім мен оның компоненттерін сипаттайды, нақты үлгілердің техникалық талаптарға, техникалық шарттарға, стандарттар мен басқа нормативтік-техникалық құжаттар талаптарына сәйкестік дәрежесі туралы мәліметтерді қамтиды.
- ✓ Өнім туралы логистикалық деректер. Жобалау мен әзірлеу процесінде пайда болатын ақпараттық объектілер жиынтығы. Олар өнім мен оның компоненттерін сипаттайды және ӨЦ-дің (өмірлік циклдің) өндірістен кейінгі сатыларында өнімді логистикалық қолдау үшін қажет мәліметтерді қамтиды.
- ✓ Өнім туралы пайдалану деректері. Жобалау және әзірлеу процесінде пайда болатын ақпараттық объектілер жиынтығы. Олар өнімді пайдалану, қызмет көрсету, жөндеу және басқа да әрекеттерді ұйымдастыру үшін қажетті мәліметтерді қамтиды. Сонымен қатар интерактивті электрондық техникалық нұсқаулықты (ИЭТР) қамтиды.

## CALS дамуының қазіргі бағыттары

- ✓ Қазіргі уақытта CALS аясында келесі бағыттар ерекшеленеді:
- ✓ Бизнес-процестерді талдау әдістері;
- ✓ Параллель жобалау әдістері мен құралдары;
- ✓ Логистика технологиялары;
- ✓ Интернет технологияларын практикалық қолдану;
- ✓ Өнімге арналған электрондық құжаттама;
- ✓ Ақпараттық қауіпсіздік;
- ✓ Өнімнің унификацияланған моделі — жобалаудан утилизацияға дейін (ISO 10303—STEP);
- ✓ Кәсіпорындардың ақпараттық өзара әрекеттесуінің құқықтық мәселелері.

# CALS қолданудың артықшылықтары

- Компьютерлік автоматтандыру. Жобалау, өндіріс және пайдалану процестерін автоматтандыруға мүмкіндік береді.
- Процестердің ақпараттық интеграциясы. Барлық кезеңдерде (жобалау — өндіріс — пайдалану) ақпарат алмасудың бірыңғай жүйесін қамтамасыз етеді.
- Қағазсыз технологияларға көшу. Процестерді электронды түрде ұйымдастыру және оларды басқарудың жаңа модельдерін енгізу.

# CALS стандарттары

## **CALS-стандарттаудың бағыттары:**

- CALS міндеттерін шешу үшін қолданыстағы стандарттарды пайдалану;
- түбегейлі жаңа стандарттарды әзірлеу.

**CALS/ИРИ стандарттары** ережелер мен регламенттерді белгілейді, олардың негізінде жобалау, өндіру, сынау, пайдалану, сервис және т.б. сатыларында субъектілердің ақпараттық өзара әрекеттестігі ұйымдастырылады.

CALS/ИРИ 150-ден астам стандарттарға негізделген, олар келесі топтарға бөлінеді:

# CALS стандарттарының топтары

**Функционалдық стандарттар** бұйым туралы деректерді формализациялау процестері мен әдістерін және CALS/ИРИ-технологияларын қолдану жөніндегі нұсқауларды реттейді. Бұл стандарттар қызмет салаларына қатысты: процестердің ақпараттық мазмұнын сипаттау және осы процестерді іске асыруға қажетті ақпаратқа қойылатын талаптарды қалыптастыру.

Бұл стандарттар конфигурацияны басқару, қосалқы бөлшектерді жеткізу, техникалық қызмет көрсету, барлық түрдегі жөндеу, бұйым туралы ақпаратты өзгерту мен жаңарту процестеріне функционалдық талаптарды анықтайды. Сондай-ақ ақаулар мен шағымдар туралы хабарламаларды да қамтиды.

# CALS стандарттарының топтары

**Ақпараттық стандарттар** бұйым және процестер туралы деректерді сипаттайды: ақпараттық элементтердің жалпы анықтамаларын, байланыстарды, деректерді қорғау мен қолжетімділігін ұсынады. Бұл стандарттар мәтінді, графиканы, ақпараттық құрылымдарды және жоба деректерін, өндірістік деректерді және бұйымды сүйемелдеу деректерін бірыңғай көрсетуге, ақпаратты жеткізу мен сақтауға, құжаттау кезінде бұйым туралы деректерді көрсетуге бағытталған.

Қолданылатын стандарттар:

- **STEP** – бұйымдардағы деректер элементтерін жалпы сипаттау және оларға қол жеткізу;
- **PLIB** – жинақтаушы бұйымдарға арналған деректер кітапханасын құру;
- **MANDATE** – өндірістік деректерді ұсыну;
- **SGML** – мәтіндік ақпаратты жалпы сипаттау;
- **CGM** – графикалық бейнелеу стандарты;
- **IGES** – графикалық деректер алмасудың базалық сипаттамасы;
- **HyTime** – өнімнің пайдалану үлгісі;
- **IDEF** – бұйымның өмірлік циклі моделін жалпы сипаттау.

# CALS стандарттарының топтары

**Техникалық алмасу стандарттары** ақпаратты сақтау мен деректер алмасу үдерістерін беруші және қабылдаушы жүйелер арасында бақылайды (ақпаратпен алмасудың цифрлық түріндегі ортақ ережелерін анықтайды).

Техникалық алмасу стандарттары – Интернет арқылы, CD-ROM қолданғанда, басқаруда, саудада және көлікте деректер алмасу кезінде ақпаратпен алмасудың жалпы ережелері.

**Ақпаратты қорғау стандарттары** ақпаратты қорғаудың бағдарламалық және аппараттық құралдарына қойылатын жалпы талаптарды білдіреді (оның ішінде электрондық цифрлық қолтаңбаны қолдану, шифрлау және кілттерді басқару алгоритмдері). Олар мемлекеттік деңгейде, корпоративтік қолдануда немесе кәсіпорын шеңберінде іске асырылады.

# CALS стандарттарының топтары

## **Электрондық                      цифрлық                      қолтаңба                      стандарттары**

Ақпараттық қауіпсіздікті ақпаратты қорғау әдістері мен құралдарының негізінде қамтамасыз етеді, соның ішінде электрондық құжаттың тұтастығын міндетті түрде растау және ақпаратты бірлесіп пайдалану мәселелерін шешу үшін қолтаңбаның аутентификациясы арқылы.

## **Жалпы                                              мақсаттағы                                              стандарттар**

Мысалы, ISO 11179 стандарты (Information Technology – Basic Data Element Attributes), ол деректерді анықтау, деректер элементтеріне атау беру және оларды сәйкестендіру қағидаларын, деректер элементтерін тіркеу ережелері мен нұсқауларын белгілейді.

# Сандық құрылғыларға қолдану әдістері

- ✓ Vivado Design Suite (Xilinx/AMD) – FPGA жобалау, синтез, симуляция, жүктеу.
- ✓ Quartus Prime (Intel/Altera) – Cyclone, Stratix FPGA.
- ✓ ModelSim/QuestaSim – толық HDL-симуляция.

# Vivado жүйесіндегі жұмыс кезеңдері

- ✓ Жаңа жоба құру.
- ✓ Verilog/VHDL модуль қосу.
- ✓ Testbench арқылы симуляция.
- ✓ Синтез және имплементация.
- ✓ Таймингтік талдау.
- ✓ FPGA-ға жүктеу.

# Артықшылықтар мен шектеулер

- ✓ Артықшылықтар:
- ✓ – Үлкен жобаларды тездету.
- ✓ – Қателерді ерте табу.
- ✓ – IP-ядролар кітапханасы.
- ✓ Шектеулер:
- ✓ – Жад пен диск көп қажет етеді.
- ✓ – Үйрену күрделі.
- ✓ – Толық нұсқалары қымбат (бірақ WebPASC тегін).

- **Vivado Design Suite** – AMD/Xilinx компаниясының FPGA (Field Programmable Gate Array – бағдарламаланатын логикалық матрица) және SoC жобалауға арналған ортасы.
- Негізгі мақсаты – **цифрлық құрылғыларды автоматтандырылған түрде жобалау**, яғни Verilog/VHDL кодын аппараттық деңгейге айналдырып, FPGA-ға жүктеу.

# Vivado

## **Код жазу**

- ✓ HDL тілдерінде (Verilog, VHDL) модульдерді сипаттау.
- ✓ Мысалы: санағыш, регистр, арифметикалық құрылғы.

## **Симуляция (Simulation)**

- ✓ Testbench арқылы кодтың дұрыс жұмысын тексеру.
- ✓ Қателерді ерте табу.

## **Синтез (Synthesis)**

- ✓ HDL кодын логикалық қақпалар мен схемаларға түрлендіреді.

## **Имплементация (Implementation)**

- ✓ Жобаны FPGA чіпінің ішіне орналастыру (placement) және трассировка (routing).

## **Таймингтік талдау (Timing Analysis)**

- ✓ Сигналдардың жылдамдығы мен кешігуін тексеру.

## **Bitstream генерациясы және жүктеу**

- ✓ FPGA-ға жүктелетін .bit файлын жасау.
- ✓ Құрылғыны USB арқылы бағдарламау.