

## Oblikovanje pomoću računala

**Katedra za konstruiranje  
i razvoj proizvoda**

10.4.2008
1

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sadržaj

- Definicije
- Povijest
- CAD jezgra
- Računalna grafika
- Grafički standardi

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fhb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
2

---

---

---

---

---

---

---

---

## Definicije ...

- **CAD – Computer Aided Design**
  - Tehnologija orijentirana uporabi računala pri kreiranju, promijeni, analizi i optimizaciji konstrukcija.
  - CAD programske aplikacije variraju od onih koje su orijentirane manipulaciji geometrijom do aplikacija prilagođenih rješavanju specifičnih konstrukcijskih problema.

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fhb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
3

---

---

---

---

---

---

---

---

## Definicije ...

- CAD se može prevesti i kao "computer-assisted ..." potpomognuto računalom, "computer-aided" računalom podržano. Akronimi koji su još u uporabi su CADD "Computer-Aided Design and Drafting", računalom podržano konstruiranje (modeliranje) i crtanje, CAID "Computer-Aided Industrial Design", CAAD "Computer-Aided Architectural Design" i mnogi drugi. Svi navedeni termini su u osnovi sinonimi, ali postoje razlike u značenju i primjeni.

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
4

---

---

---

---

---

---

---

---

## Definicije ...

- **CAM – Computer Aided Manufacturing**
  - Tehnologija orijentirana uporabi računala u planiranju, upravljanju i kontroli operacija za izradu proizvoda (direktno (DNC) ili indirektno (CNC)), te u području upravljanja robotima.

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
5

---

---

---

---

---

---

---

---

## Definicije ...

- **CAE – Computer Aided Engineering**
  - Područje primjene ove tehnologije je u analizi CAD geometrije (kinematika, dinamika, statika (FEM – Finite Element Method), analize raznih strujanja (CFD - Computational Fluid Dynamics), ...).

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
6

---

---

---

---

---

---

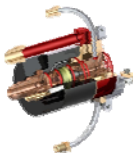
---

---

- Tehnologija orijentirana uporabi računala u planiranju proizvodnje i proizvodnih procesa.

- Pokušaj "objedinjavanja" različitih tehnologija (CAD, CAM, CAPP, ...) uz uključivanje "neinženjerskih" područja (računovodstvo, skladište, ...).

- RPT – Rapid prototyping (Brza izrada prototipova),
- VRT – Virtual prototyping (Izrada virtualnih prototipova).



10.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fcb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala

7

**cad lab**

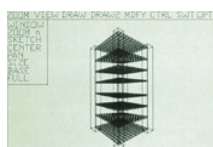
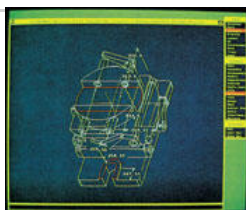
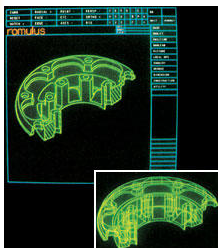
- Prvi grafički sustav kreiran je sredinom 1950. godine (SAGE – Semi Automatic Ground Environment) od strane američkog zrakoplovstva. Sustav je razvijen na MIT a uključivao je prikaz računalno obrađenih radarskih podataka na CRT monitoru.
- 1960. godine Ivan Sutherland je u MIT laboratorijima na TX-2 računalu razvio SKETCHPAD. SKETCHPAD se smatra početkom računalne grafike te prvim značajnim korakom prema CAD-u.
- Prvi CAD sustav razvijen je tijekom šezdesetih godina pod imenom DAC (Design Aided Computer Graphics) DAC je kreirao Dr. Hanratty (često spominjan kao „otac CAD/CAM“) u GM (General Motors). DAC se smatra prvim interaktivnim grafičkim programom koji se koristio u proizvodnji (manufacturing).
- Kasnije je Dr. Hanratty osnovao tvrtku MCS (Manufacturing and Consulting Services) koja je izradivala programske kodove za McDonnell Douglas (Unijgraphics), Computervision (CADDSS), AUTOTROL (AD380) i Control data (CD 200).
- Procjenjuje se da danas oko 70% 3D MCAD/CAM programskih aplikacija još uvijek koristi dijelove MCS originalnog koda.
- 1968. Computervision je prodao prvu komercijalnu CAD programsku aplikaciju tvrtci Xerox.

10.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala

8

**cad lab**



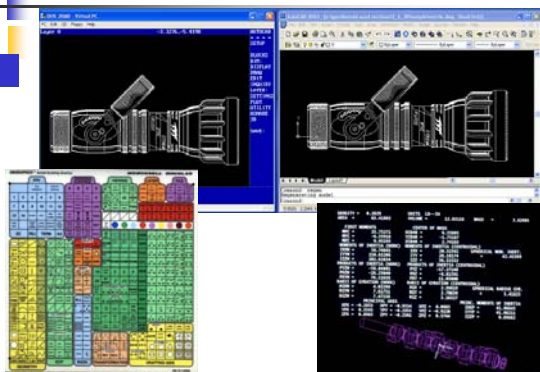
10.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala

9

- Tijekom 70tih težište razvoja je bilo na automatizaciji izrade 2D crteža.
- 1973. godine Auto-trol prezentirao je Auto-Draft prvi "turnkey" grafički sustav.
- 70tih godina tipičan računalni sustav sastojao se od terminala (npr. Tektronix 4014) povezanog s PDP-11 mainframe računalom te 11" tableta s komandama za kreiranje geometrije.
- 1977. godine kreirana je preteča današnje CATIA programske aplikacije.
- 1979. tvrtke Boeing, General Electric i NIST (National Institute of Standards and Technology) kreirali su neutralni format za zapis grafičkih podataka IGES (Initial Graphic Exchange Standard). Kasnijih godine proširen je na zapis 3D podataka za žičane modele.

- Početkom 80tih godina pojavilo se nekoliko programskih rješenja vezano za proizvodnju (CAM – Computer Aided Manufacturing) koja su automatizirala neke postupke naročito u sferi upravljanja strojevima (NC – Numeric Control).
- 1981 godine tvrtka Unigraphics prezentirala je prvu programsku aplikaciju za izradu računalnog modela proizvoda uporabom krutih tijela (solid design) pod imenom UniSolid. UniSolid je bio temeljen na PADL-2 programskoj aplikaciji.
- Početkom 80tih tipična računalna konfiguracija za CAD je bilo 16 bitno računalo sa max. 512 Kb RAM te 20 to 300 Mb diskom, a koštalo je oko 125.000,00 USD.
- Tih godina osnovana je tvrtka Autodesk koja kasnije prezentira programsku aplikaciju za izradu 2D crteža pod imenom AutoCAD. Istovremeno na tržištu se pojavio CADKEY koji je omogućavao rad u prostoru (3D wireframe).



cad lab

### Povijest CAD-a

- 1983. godine započet je rad na razvoju standarda za razmjenu podataka između CAD programskih aplikacija STEP (STandard for the Exchange of Product model data). Prvi dostupan STEP translator objavila je tvrtka EDS Unigraphics 1991. godine.
- Stvarna komercijalna uporaba krutih tijela i 3D pristupa je započela oko 1988 godine kada se pojavio Pro/ENGINEER. U isto vrijeme pojavio se i **Parasolid** tvrtke Shape Data Ltd. koji se kasnije dokazao kao izvrstan i stabilan grafički kernel (parasolid se temelji na B-rep pristupu).
- 90te se mogu smatrati i godinama ostvarenja najvećih doseg u MCAD/CAM području. 1990 tvrtka Spatial Technologies prezentirala je **ACIS**. ACIS je sustav za podršku modeliranju krutim tijelima koji podržava zajedničku bazu koja se može dijeliti između različitih dijelova programske aplikacije (izrada dijelova, izrada sklopova, izrada CNC koda, kreiranje 2D crteža, itd.).
- 2000 objavljena CATIA v5 te Pro/ENGINEER 2000i.

10.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala

13

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

cad lab

### Povijest CAD-a (danas)

10.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala

14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

cad lab

### Povijest CAD-a (danas)

10.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala

15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

cad lab

Računalna podrška (Hardware)

10.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala

16

---

---

---

---

---

---

---

---

cad lab

Računalna podrška (Hardware)

10.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala

17

---

---

---

---

---

---

---

---

cad lab

GUI – Operativnih sustava (grafička podrška)

10.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala

18

---

---

---

---

---


---

---

---

### Danas

- Pro/ENGINEER
- CATIA
- Unigraphics
- AutoDESK Inventor
- SolidWorks
- SolidEdge
- Rhino
- SurfCAM
- 3D StudioMAX
- Maya
- ...



10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fhb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
19

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

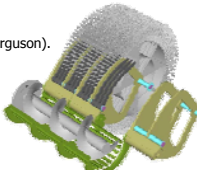
### Povijest - kratko

**Područja koja su utjecala na razvoj CAD-a:**

- Razvoj numerički upravljanih strojeva (1950 MIT).
- Razvoj na području modeliranja površinama (Bezier, Ferguson).
- Razvoj računalne grafike.
- Razvoj metoda analize konačnim elementima (FEM).

**Bitne godine i razdoblja:**

- Kasne '50 i '60tih prvi CAD i CAM sustavi.
- 1963 prvi HLR algoritam – Roberts, Sketchpad - Sutherland.
- 1970 interaktivna kreacija FEM mreža.
- Kasne '60 i početak '70 prelazak sa 2D na 3D.
- Modeliranje krutim tijelima 1970 – dvije grane:
  - Boundary representation – Univeristy of Cambridge (modeli se sastoje od facet-a koje su podskup ravninskih, kvadratnih i toroidonalnih površina),
  - CSG (Constructive Solid Geometry) – Univeristy of Rochester (konačan broj Boolean operacija nad poluprostorima definiranim nejednakostima).
- '80tih razvoj FBD tehnologija, krajem 80tih pojava prvih FBD programskih aplikacija za modeliranje.



10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fhb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
20

---

---

---

---

---

---

---

---

---

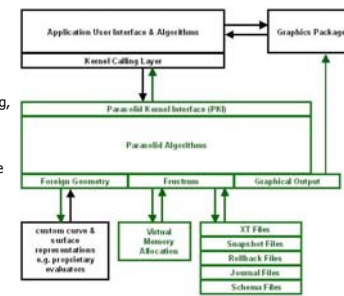
---

### CAD jezgra (kernel)

- CAD jezgra osnova je svake CAD programske aplikacije. Koristi se za opis geometrijskih entiteta te manipulaciju istima. Na tržištu su danas najviše u uporabi dvije jezgre ACIS (AutoDesk) i Parasolid (Unigraphics).

Neke funkcionalnosti omogućene uporabom jezgre:

- sweep, Boolean operacije, blend, chamfer, fillet, tapering, draft, nejednoliko skaliranje, offset solida, zadebljavanje površina (thickening), izračunavanje mase, kreiranje ljuski, eksportiranje geometrije, undo, grafički prikaz, ...



10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fhb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
21

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Računalna grafika

- Računalna grafika (Computer Graphics) obuhvaća stvaranje, pohranu i uporabu modela i slika objekata. Modeli i objekti računalne grafike potječu iz različitih područja: prirode, znanosti, inženjerstva, apstraktnih koncepata...
- Dok je predmet računalne grafike sinteza slika na temelju računalnih modela stvarnih ili imaginarnih objekata, obrnuti procesi analize scene i rekonstrukcije modela objekata predmet su discipline koja se naziva obrada slike (image processing).

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
22

---

---

---

---

---

---

---

---

## Računalna grafika

- Obrada slike obuhvaća područja:
  - poboljšanje slike (image enhancement) - razvitak i primjena tehnika poboljšanja kvalitete slike i povećanja kontrasta, detekcije,
  - prepoznavanja uzoraka (pattern detection and recognition) - otkrivanje standardnih uzoraka na slici uključujući npr. optičko prepoznavanje alfanumeričkih znakova (optical character recognition),
  - analizu scene i računalni vid (scene analysis and computer vision) - prepoznavanje i rekonstrukcija 3D modela scene na temelju više 2D slika.

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
23

---

---

---

---

---

---

---

---

## Računalna grafika

- Računalna grafika danas se koristi u različitim područjima gospodarstva, administracije, edukacije, zabave i svakodnevnog kućnog života. Područje primjene se ubrzano širi s rasprostranjenošću računala. Neki primjeri primjene računalne grafike uključuju:
  - korisnička sučelja,
  - interaktivno crtanje,
  - uredska automatizacija i elektroničko izdavaštvo,
  - projektiranje pomoću računala,
  - simulacija i animacija,
  - umjetnost,
  - trgovina,
  - upravljanje procesima,
  - geografski informacijski sustavi,
  - grafičko programiranje.

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
24

---

---

---

---

---

---

---

---



## Računalna grafika

- **korisnička sučelja** (većina aplikacija na osobnim računalima i na radnim stanicama imaju grafički sustav prozora putem kojeg komuniciraju s korisnicima. Primjeri takvih aplikacija uključuju obradu teksta, stolno izdavaštvo, proračunske tablice...),
- **interaktivno crtanje** (u poslovnim, znanstvenim i tehnološkim primjenama računarska grafika koristi se za prikazivanje funkcija, dijagrama, histograma i sličnih grafičkih prikaza sa svrhom jasnijeg sagledavanja složenih pojava i olakšanja procesa odlučivanja),
- **uredska automatizacija i elektroničko izdavaštvo** (računarska grafika široko se koristi za izradu elektroničkih i tiskanih dokumenata),
- **projektiranje pomoću računala** (CAD danas se standardno koristi za projektiranje sustava i komponenata u strojarstvu, elektrotehnici, elektronici, telekomunikacijama, računarstvu...),

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
25

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Računalna grafika

- **simulacija i animacija** (računalna grafika koristi se za znanstvenu i inženjersku vizualizaciju i zabavu; područja primjene obuhvaćaju prikaze apstraktnih matematičkih modela vremenski promjenljivih pojava, TV i filmsku tehnologiju...),
- **umjetnost** (računalna grafika se koristi za kreiranje umjetničkih slika),
- **trgovina** (računalna grafika se koristi za vizualnu animaciju i elektroničku trgovinu),
- **upravljanje procesima** (podaci iz senzora dinamički se prikazuju u prikladnom grafičkom obliku),
- **geografski informacijski sustavi** (računalna grafika koristi se za točan prikaz geografski raspodijeljenih i rasprostranjenih sustava i mjernih podataka npr. u telekomunikacijama i telemetriji),
- **grafičko programiranje** (računalna grafika se koristi za automatizaciju procesa programiranja virtualnih sustava npr. u instrumentaciji).

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
26

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Računalna grafika

■ Razlikujemo dvije glavne kategorije prikaza grafike:

- vektorski prikaz
- rasterski, bitmap prikaz

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
27

---

---

---

---

---

---

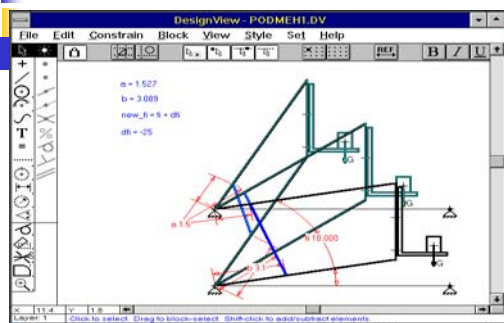
---

---

---

---

- 



- [illegible]

- | REZOLUCIJA |         |         |          |          |           |           |
|------------|---------|---------|----------|----------|-----------|-----------|
| BOJA       | 640x480 | 800x600 | 1024x768 | 1152x864 | 1280x1024 | 1600x1200 |
| 8 bita     | 307200  | 480000  | 786432   | 995328   | 1310720   | 1920000   |
| 16 bita    | 614400  | 960000  | 1572864  | 1990656  | 2621440   | 3840000   |
| 24 bita    | 921600  | 1440000 | 2359296  | 2985984  | 3932160   | 5760000   |
| 32 bita    | 1228800 | 1920000 | 3145728  | 3981312  | 5242880   | 7680000   |

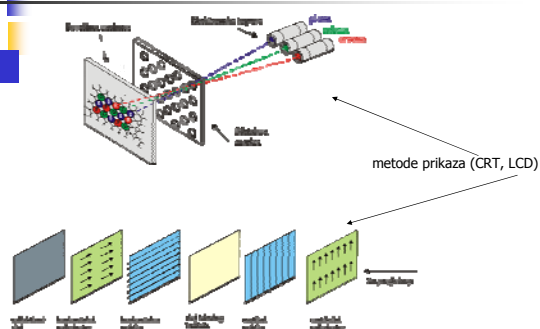
- 

31

- 



32



33

## Računalna grafika

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fhb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
34

---

---

---

---

---

---

---

---

## Računalna grafika – grafički standardi

- Trendovi razvitka otvorenih računalnih sustava i potreba za prenosivošću softvera doprinijeli su razvitku svijesti o prednostima uporabe dobro definiranih, standardnih metoda neovisnih o proizvođaču. Osnovne prednosti proizlaze iz sljedećih svojstva:
  - prenosivost aplikacija neovisno o sklopovlju i operacijskom sustavu,
  - prenosivost podataka između aplikacija,
  - prenosivost stručnih znanja i vještina.

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fhb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
35

---

---

---

---

---

---

---

---

## Računalna grafika – grafički standardi

- Prvi međunarodni standard za računalnu grafiku specificiran je godine 1985. pod nazivom **GKS** - Graphical Kernel System (GKS, IS 7942:1985). GKS opisuje metode za 2D grafiku neovisno o uređajima i rezoluciji.

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fhb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
36

---

---

---

---

---

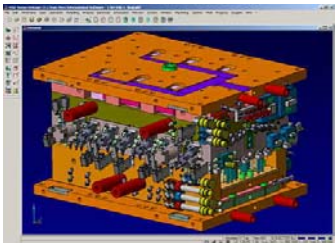
---

---

---

## Računalna grafika – grafički standardi

- Na temelju iskustava s GKS standardom godine 1989. definiran je novi standard **PHIGS** - Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System (PHIGS, IS 9592: 1989). Ovim standardom definiran je složeniji grafički sustav s poboljšanom interakcijom i 3D hijerarhijskim strukturiranim modeliranjem.



10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
37

---

---

---

---

---

---

---

---

## Računalna grafika – grafički standardi

- Za usporedbu različitih sustava važno je raspolagati općenitim referentnim modelom računalne grafičke aplikacije. Zbog toga je godine 1992. definiran referentni model računalne grafike **CGRM** - Computer Graphics Reference Model (ISO/IEC 11072: 1992).

**Aplikacija**

Konstrukcijska okolina

Virtualna okolina

Motrična okolina

Logička okolina

Realizacijska okolina

Oglednik

- Po CGRM modelu grafički sustav je podijeljen na 5 jedinica koje se nazivaju okolinama (environments) i to:
  - konstrukcijska okolina (Construction Environment),
  - virtualna okolina (Virtual Environment),
  - prostor promatranja (Viewing Environment),
  - logička okolina (Logical Environment),
  - realizacijska okolina (Realisation Environment).

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
38

---

---

---

---

---

---

---

---

## Računalna grafika – grafički standardi

- konstrukcijska okolina (Construction Environment) - sadrži grafički model definiran u terminima i jedinicama aplikacije. Operacija kreiranja modela naziva se priprema (Preparation),
- virtualna okolina (Virtual Environment) - grafičku scenu koju sačinjavaju transformacije modela iz konstrukcijske okoline. Operacija transformacije modela u grafičku scenu naziva se produkcija (Production),
- prostor promatranja (Viewing Environment) - sadrži idealnu sliku koja se tvori transformacijom scene iz virtualne okoline s definiranim smjerom gledanja i gledišnom točkom. Operacija transformacije grafičke scene u idealnu sliku naziva se projekcija (Projection),
- logička okolina (Logical Environment) - sadrži sliku koja je priređena uzimajući u obzir osnovna svojstva prikaznih uređaja kao što su minimalna širina crte i broj raspoloživih boja. Operacija transformacije idealne slike u realnu sliku naziva se dovršavanje (Completion),
- realizacijska okolina (Realisation Environment) - sadrži krajnji prikaz potpuno prilagođen prikaznom uređaju. Operacija transformacije slike u prikaz na prikaznom uređaju naziva se prezentacija (Presentation).

10.4.2008
Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda \* <http://www.cadlab.fsb.hr> \* Oblikovanje pomoću računala
39

---

---

---

---

---

---

---

---

- 