



100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



Proizvodnja podržana računalom CAM

6. sem: IIM, PI, RI

9. predavanje 2018/2019

Zagreb, 10. travnja 2019.



100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Tehnike programiranja

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

 100 godina Fakulteta
 strojarstva i brodogradnje
 Sveučilišta u Zagrebu
 100 Years of Faculty of
 Mechanical Engineering
 and Naval Architecture
 University of Zagreb


PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

PROGRAMIRANJE – opis programiranja

Programiranje CNC strojeva je kodiranje geometrijskih i tehnoloških informacija potrebnih za izradu nekog dijela na CNC stroju.

RAZINE PROGRAMIRANJA

1. Ručno programiranje
2. Automatizirano programiranje
3. Programiranje u CAD/CAM sustavima
4. Ekspertni sustavi i tehnike AI

PROGRAMIRANJE - priprema

1. Koordinatni sustav i nul-točke
2. Vrste upravljanja
3. Gradnja i sintaksa programa

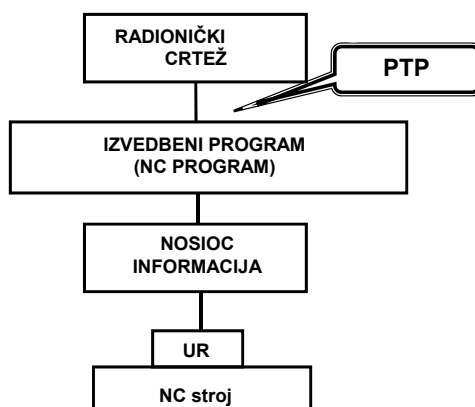
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

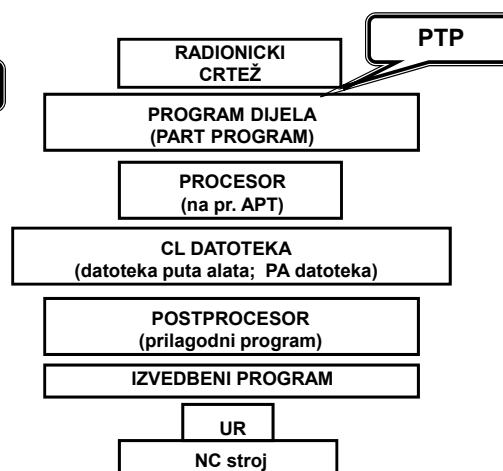
 100 godina Fakulteta
 strojarstva i brodogradnje
 Sveučilišta u Zagrebu
 100 Years of Faculty of
 Mechanical Engineering
 and Naval Architecture
 University of Zagreb


PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Ručno programiranje



Automatizirano programiranje

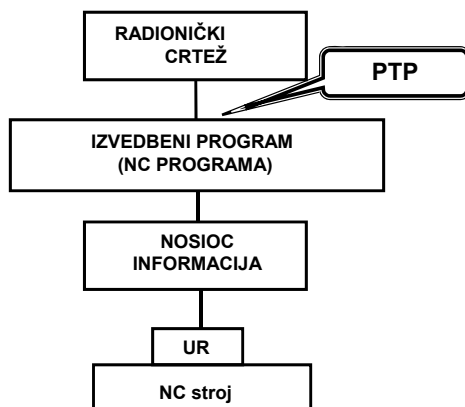


FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Osnovne napomene o ručnom programiranju



Značajke ručnog programiranja:

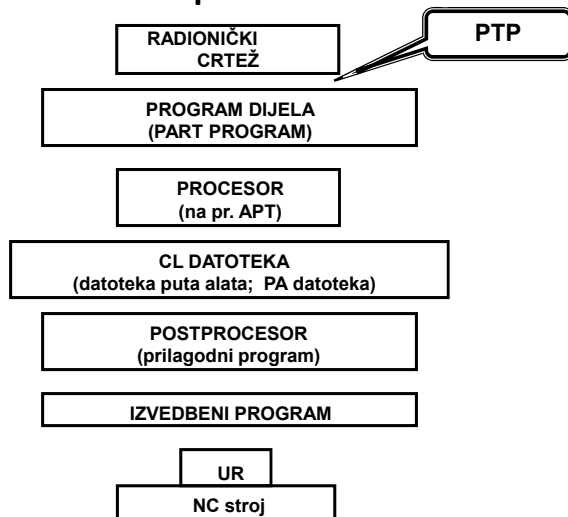
- nemoguće je programiranje vrlo složenih dijelova
- 1 tehnolog-programer ne može programirati više od 4-5 strojeva
- otežana provjera programa
- danas ima smisla u prototipnoj proizvodnji (tamo gdje je malo NC strojeva) i kad su u pitanju bolja UR, tj UR koja omogućuju „koverzacijsko“ programiranje.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Osnovne napomene o automatiziranom programiranju



Kodiranje se provodi u jednom od viših programskih jezika problemski orijentiranih (APT, COMPACT, EXAPT, TC APT, ...)

tako kreiran program vrijedi za sve kombinacije NC stroj-UR za promatranu obradu (univerzalnost)

moguće je programiranje najsloženijih dijelova

1 tehnolog-programer može programirati niz istovrsnih strojeva

lagana provjera programa (simulacije putanje alata)

mogućnost integracije u složenije oblike CA aplikacija

danas se više ne koriste jezici već CAD/CAM sustavi

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

PROGRAMIRANJE – automatizirano programiranje

Jezici (procesori) za programiranje CNC alatnih strojeva

To su problemski orijentirani jezici. Više se ne primjenjuju kao samostalna rješenja za programiranje CNC strojeva.

- **APT** (Automatically Programmed Tools) – prvi jezik, a često ga zovu „majka“ svih jezika za programiranje CNC strojeva. Razvijen je na MIT-u (1958), dalje razvijan na IIT.
- AD-APT (**A**daptation of **APT**) – pojednostavljena inačica (prilagodba, adaptacija) APT-a za manja računala (u vrijeme 60—tih i 70-tih).
- COMPACT II – vrlo popularan u USA
- EXAPT (**E**xTended Subset of **APT**) – vrlo popularan u Njemačkoj i Europi općenito. UNIAPT – pojednostavljena inačica APT-a
- GTL – dosta prisutan u Italiji
- MINIAPT – pojednostavljena inačica APT-a
- TC APT (**T**echnology **C**omprehensive **APT**)

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Programiranje u APT-u

APT omogućuje definiranje kompleksnih geometrijskih oblika i upravljanje do 5 simultanih osi. Obzirom da je bio prvi jezik i sveobuhvatan, postao je gotovo standard. U prvom trenutku najveća prednost APT-a je bila primjena riječi temeljenih na engleskom jeziku i velike mogućnosti definiranja geometrije, a pojavom CAD/CAM sustava to prestaje biti prednost (sučelje između čovjeka i računala postaje grafika koja je vizualna i u svim jezicima ista).

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Programiranje u APT-u

APT-ov riječnik ima ~600 riječi, a riječi se dijele na:

Glavne riječi (Major Words) – u naredbi dolaze prije kose crte i definiraju tip naredbe (na pr. geometrijski entitet, smjer gibanja alata i sl.).

Primjer glavnih riječi: MACHIN, PARTNO, FEDRAT, POINT, LINE, CIRCLE, ...

Pomoćne riječi (Minor Words) – to su uglavnom modifikatori kojima se upotpunjuje definicija onoga što je zadano glavnom riječju.

Primjer pomoćnih riječi: INTOF, RPM, TO, PAST, ON, TANTO, CLW, MPM, ...

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

APT – struktura (segmenti) programa dijela (part program)

OPĆE (ORGANIZACIJSKE) NAREDBE

- Obradak
- Alatni stroj
- Stezna naprava
- Materijal obratka

GEOMETRIJSKE NAREDBE

- Elementi konture
- Pomoćni geometrijski elementi
- Kontura priprema
- Završna kontura

NAREDBE GIBANJA I OBRADE

KRAJ PROGRAMA

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

 100 godina Fakulteta
 strojarstva i brodogradnje
 Sveučilišta u Zagrebu
 100 Years of Faculty of
 Mechanical Engineering
 and Naval Architecture
 University of Zagreb

PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM
OPĆE (ORGANIZACIJSKE) NAREDBE

Obradak	PARTNO/
Alatni stroj	MACHIN/
Ispis	CLPRNT/
Napomena (komentar)	REMARK
.	.
.	.
.	.
Kraj	FINI

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

 100 godina Fakulteta
 strojarstva i brodogradnje
 Sveučilišta u Zagrebu
 100 Years of Faculty of
 Mechanical Engineering
 and Naval Architecture
 University of Zagreb

PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM
GEOMETRIJSKE NAREDBE
Primjer APT-ovih riječi za geometrijske elemente

Geometrijski element	APT-ova glavna riječ
Točka	POINT
Pravac	LINE
Ravnina	PLANE
Kružnica	CIRCLE
Elipsa	ELLIPS
Hiperbola	HYPERB
Niz točaka	PATERN
Tabelarni cilindar	TABCYL
“Ruled surface”	RLDSRF
Valjak	CYLDR

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

GEOMETRIJSKE NAREDBE

APT - geometrijske naredbe

Sve APT-ove geometrijske naredbe imaju istu strukturu, sintaksu:

<Simboličko ime> = GLAVNA RIJEČ/<definicija>

< Simboličko ime> je bilo koji "naziv" koji programer dodijeli nekom geometrijskom elementu uz uvjet da se naziv sastoji od najviše 6 znakova. Tako se napr. točke mogu nazvati TOCKA1, TOCKA2, T1, T2, i sl., pravci P1, P2, ..., kružnice KRUG1, KRUG2, K1, K2 i td.

GLAVNA RIJEČ je rezervirana riječ u APT rječniku, a u ovom slučaju su to riječi koje definiraju određeni geometrijski element kao na pr.: POINT, LINE, CIRCLE, PLANE, PATTERN, CYLDR.

<definicija> je "pomoćni" dio naredbe kojim se definira određeni geometrijski element.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

GEOMETRIJSKE NAREDBE

APT - primjeri zadavanja geometrijskih elemenata

T1 =POINT/8,8,8 (točka zadana parvokutnim prostornim koordinatama.)

T2 =POINT/INTOF,P1,P2 (točka zadana kao presjecište pravaca P1 i P2)

T3 =POINT/CENTER,K1 (točka zadana kao središte kružnice K1)

T4 =POINT/XSMALL,INTOF,P1,K1 (točka zadana kao ono presjecište pravca P1 i kružnice K1 koje ima manju vrijednost X koordinate)

P4 =LINE/T1,T2 (pravac zadan pomoću dvije točke T1 i T2)

P5 =LINE/T2,PARLEL,P1 (pravac koji prolazi kroz točku T2 i paralelno s pravcem P1)

P6 =LINE/T1,LEFT,TANTO,K1 (pravac kroz točku T1 i "lijeva" tangenta na kružnicu K1)

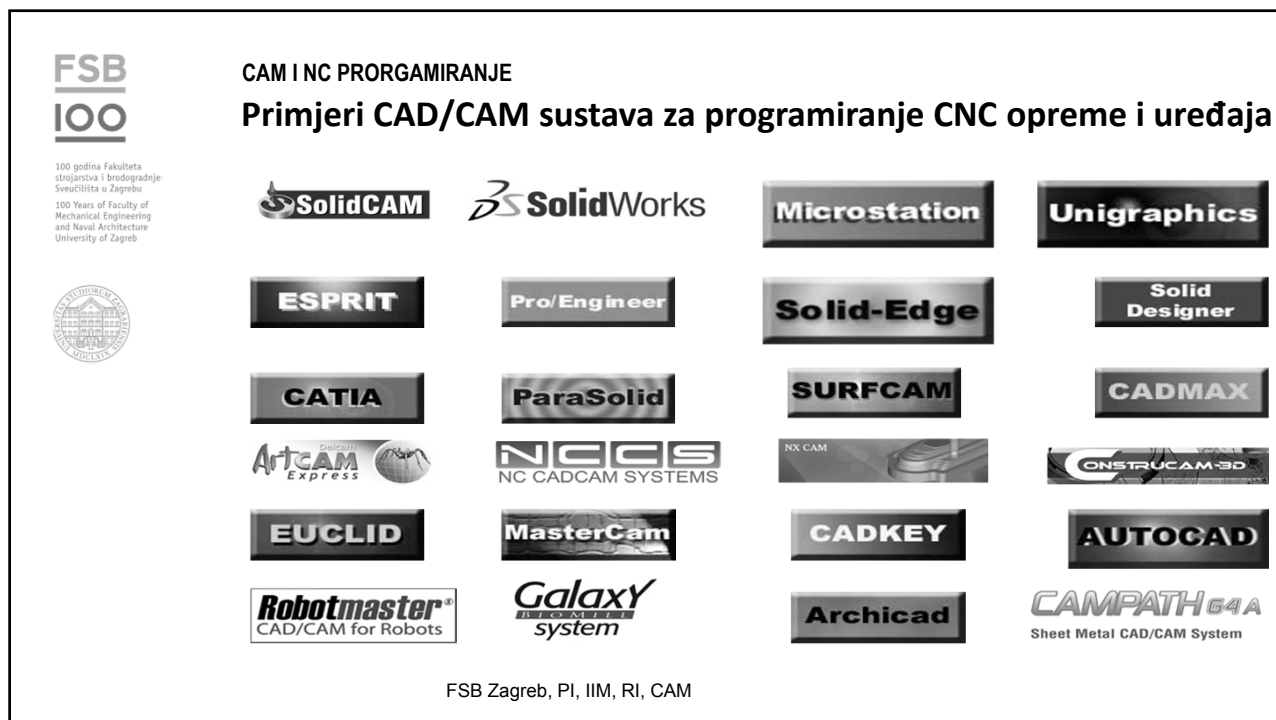
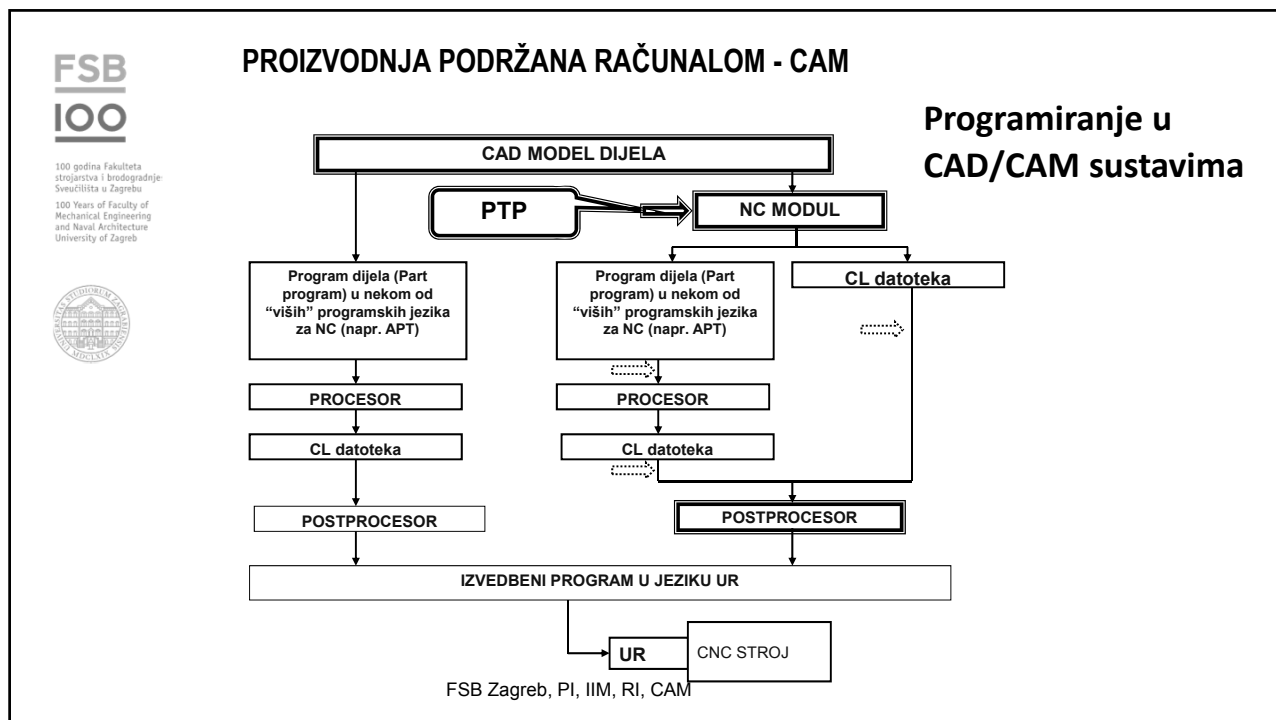
K1 =CIRCLE/CENTER,T1, 10 (kružnica sa središtem u T1 i polumjerom 10 mm)

K2 =CIRCLE/CENTER,T5,P1 (kružnica sa središtem u T5 i tangencijalna na P1)

RAV1 =PLANE/T1,T2,T3 (ravnina zadana točkama T1, T2 i T3)

RAV2 =PLANE/XYPLAN,1.0 (ravnina paralelna ravnini XY i udaljena 1 mm)

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM



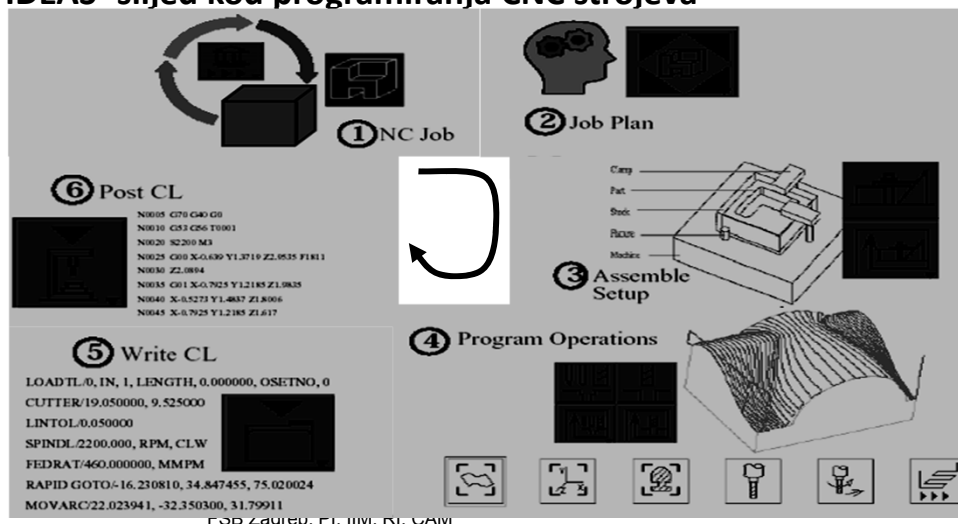
FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM Programiranje u CAD/CAM sustavima

IDEAS- slijed kod programiranja CNC strojeva



FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Druge mogućnosti automatiziranog programiranja NC strojeva koje se susreću u literaturi

BCL- Basic Control Language

Po definiciji:

**BASIC CONTROL LANGUAGE (BCL) - AN ASCII DATA EXCHANGE SPECIFICATION
FOR COMPUTER NUMERICAL CONTROL MANUFACTURING**

Prvotno značenje akronima "BCL" je "Binary Cutter Location".

Skrb o razvoju i promjeni BCL-a (norma EIA/ANSI 494) vodi udruga NCBSA-Numerical Control BCL Standards Association, formirana 1984.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

 100 godina Fakulteta
 strojarstva i brodogradnje
 Sveučilišta u Zagrebu
 100 Years of Faculty of
 Mechanical Engineering
 and Naval Architecture
 University of Zagreb


PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Druge mogućnosti automatiziranog programiranja NC strojeva koje se susreću u literaturi

BCL se može primijeniti na tri različita načina. Svako rješenje ima svojih prednosti i nedostataka. Mogući načini primjene BCL su:

- Osnovni sustav
- Front-End upravljanje
- “Prirodno” BCL upravljanje

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

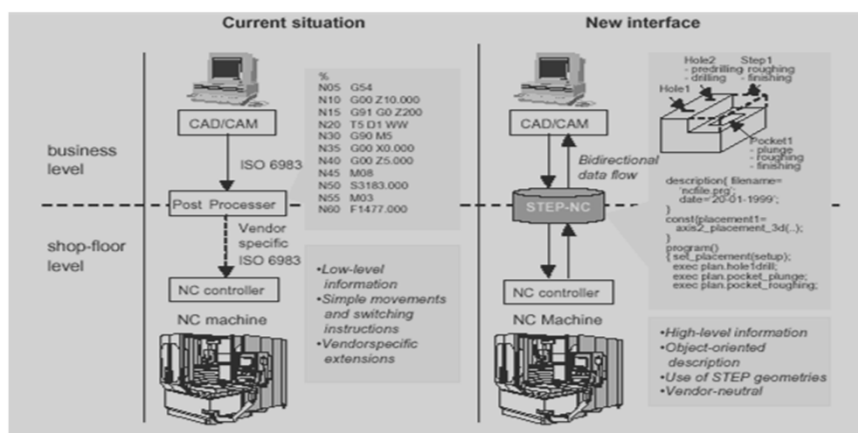
FSB
100

 100 godina Fakulteta
 strojarstva i brodogradnje
 Sveučilišta u Zagrebu
 100 Years of Faculty of
 Mechanical Engineering
 and Naval Architecture
 University of Zagreb


PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Druge mogućnosti automatiziranog programiranja NC strojeva koje se susreću u literaturi

STEP-NC novo sučelje za programiranje CNC strojeva



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Druge mogućnosti automatiziranog programiranja NC strojeva koje se susreću u literaturi

NCML: jezik za programiranje NC strojeva na bazi XML-a

Numerical Control Markup Language
Numerically Controlled Markup Language

FACILE - A Fast Associative Clean Interface Language and Environment for Discrete Prototype Fabrication

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Druge mogućnosti automatiziranog programiranja NC strojeva koje se susreću u literaturi

XML-a

Povijest XML-a

- *GML (Generalized Markup Language) - IBM 1960s*
- *SGML - Standard Generalized Markup Language – ISO standard 1986*
- *HTML - CERN - Switzerland - 1989 = web explosion*
- *XML - W3C - Feb 1998 - XML 1.0*

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Druge mogućnosti automatiziranog programiranja NC strojeva koje se susreću u literaturi

Zašto se NCML temelji na XML?

- XML je norma za obradu dokumenata koju je predložio World Wide Web Consortium
- Format koji se lako provjerava normom Document Type Definition (DTD)
- XML omogućuje da dokumenti budu "machine readable" kao što HTML omogućuje da dokumenti budu "human readable"
- Postoj niz alata za obradu XML
- Razvijene su brojne aplikacije, napr. MathML, SML (industrija čelika) itd., a i Microsoft Office koristi XML

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Druge mogućnosti automatiziranog programiranja NC strojeva koje se susreću u literaturi

- NCML se može prevesti (prihvatiti) u VRML (Virtual Reality Modeling Language)
- Dijelovi su vidljivi standardnim "browser-ima" i "plugins-in"

Koliko je opsežan i kompliciran NCML ?

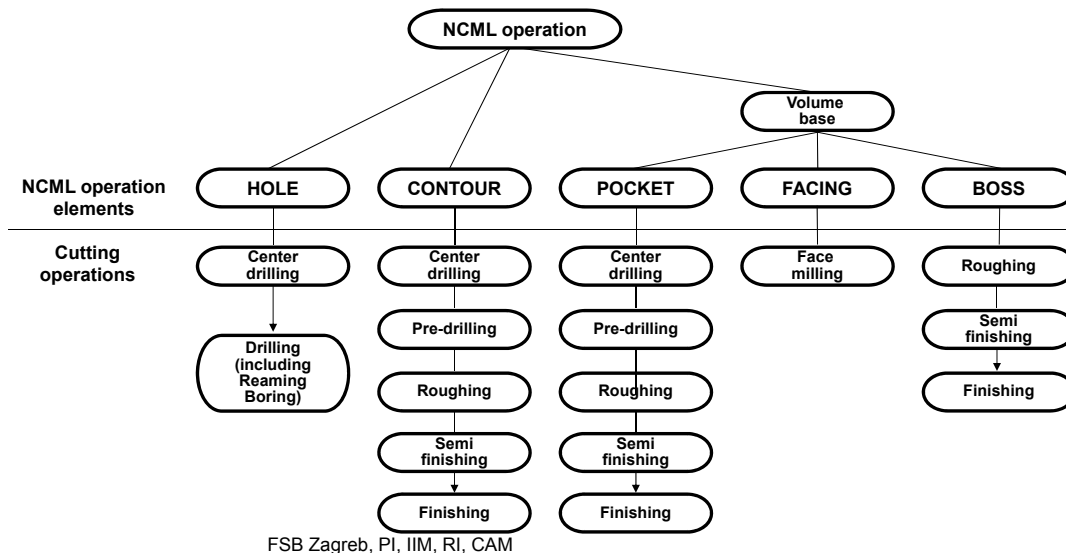
- Ima ukupno 57 elemenata.
- Cijeli DTD se sastoji od 117 redova i 520 riječi.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Postprocesor – prevodi NCML u izvedbeni kod (G i M)



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Druge mogućnosti automatiziranog programiranja NC strojeva koje se susreću u literaturi

Što je loše kod "G-koda"

- Velike datoteke s malim sadržajem informacija.
- Nije strukturiran
- Teško "editiranje"
- Nema podataka o tolerancijama i hrapavosti obrađene površine

FSB
100

100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Programiranje u CAD/CAM sustavima

CAD/CAM sustav CATIA V5R17

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM