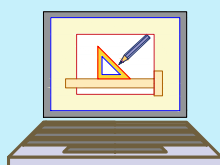
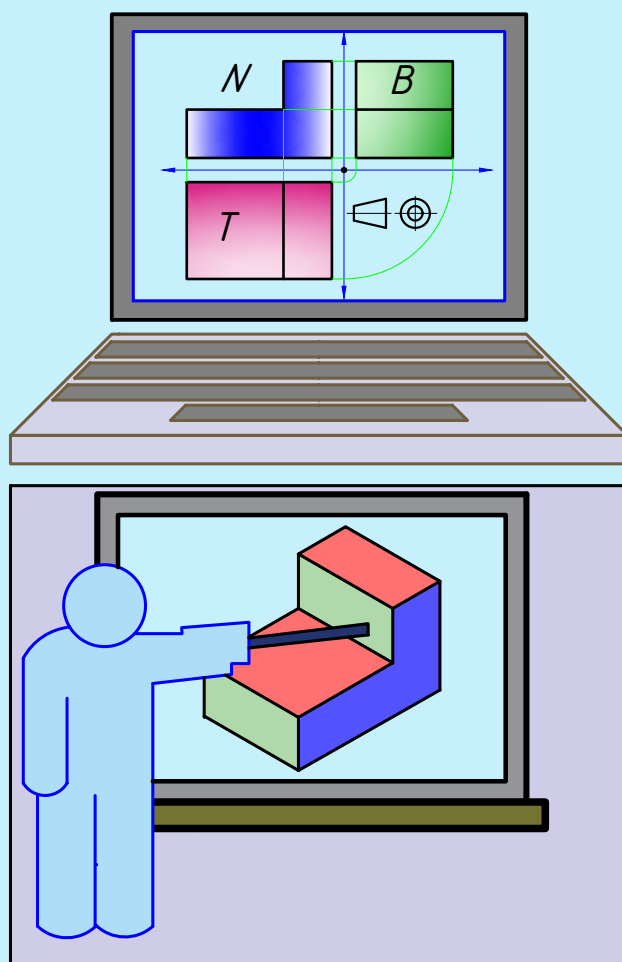


Mato Lučić

TEHNIČKO CRTANJE I DOKUMENTIRANJE

udžbenik za prvi razred srednjih strukovnih škola



Mato Lučić
NAKLADNIŠTVO

PREDGOVOR

Udžbenik *Tehničko crtanje i dokumentiranje* namijenjen je učenicima za učenje temeljeno na radu u modularnoj nastavi u obrazovnom sektoru *Elektrotehnika i računarstvo*, a za sljedeće strukovne module i skupove ishoda učenja:

- **Tehničko crtanje i dokumentiranje** (*Tehničar/ka za mehatroniku, Tehničar/ka za robotiku i automatizaciju*)
- **Računalno dokumentiranje i tehnička dokumentacija** (*Tehničar/ka za računarstvo*)
- **Tehničko crtanje i dokumentiranje u elektrotehnici** (*Tehničar/ka za elektroniku i komunikacije, Elektromehaničar/ka, Elektroinstalater/ka, Tehničar/ka za električne strojeve i elektroenergetiku, Elektroničar/ka, Brodski električar/ka*)

Budući da različita zanimanja u sektoru *Elektrotehnika i računarstvo* imaju slične strukovne module vezano za tehničko crtanje (s malim razlikama) svi su oni objedinjeni u ovom udžbeniku. Za mali broj učenika u pojedinim zanimanjima bilo bi krajnje neracionalno izraditi poseban udžbenik za svako zanimanje. Stoga će nastavnici odabrati i obraditi one skupove ishoda učenja koji se nalaze u kurikulumu za određeno zanimanje.

Skupovi ishoda učenja ostvarit će se kroz gradivo sadržano u ovom udžbeniku, te primjere i projektne zadatke koji su uzeti iz prakse.

Udžbenik je koncipiran tako da pridonese osnovnom cilju ostvarivanja modularne nastave kao inovativnog načina poučavanja te treba omogućiti prilagodljivost i individualni pristup obradi gradiva.

Poseban naglasak u ovom udžbeniku stavljen je na vizualnom doživljaju obrađenog gradiva. Tomu služe i **prezentacije** kao i mnogi drugi **digitalni sadržaji** koje prate gradivo iz udžbenika, a koje bi trebale pridonijeti boljem razumijevanju gradiva i njegovoj primjeni u praktičnom radu. U tu svrhu se u udžbeniku nalaze i *QR kodovi* od kojih svaki predstavlja *.*ppsx* prezentaciju za preuzimanje i pregledavanje, a vezanu za određeni skup ishoda učenja. Iste prezentacije i mnoge druge digitalne materijale možete također preuzeti s web odredišta:

<https://www.naklada-lucic.hr/nastava/>.

DIGITALNI MATERIJALI



Autor

<https://naklada-lucic.hr>

E-mail: nakladalucic@gmail.com

SADRŽAJ

1. UVOD U TEHNIČKO CRTANJE	1
1.1. Tehnički crtež	1
1.2. Pribor za tehničko crtanje i rukovanje priborom	1
2. NORME U TEHNIČKOM CRTANJU	3
2.1. Vrste tehničkih crteža	3
2.2. Vrste, širina i namjena crta	5
2.3. Mjerila u tehničkom crtanje	6
2.4. Formati papira za crtanje	6
2.5. Zaglavlje i sastavnica crteža	7
2.6. Tehničko pismo	8
Pitanja za ponavljanje	9
Zadatci	10
3. GEOMETRIJSKE KONSTRUKCIJE I TEHNIČKE KRIVULJE	11
3.1. Simetrale dužine	11
3.2. Okomica iz točke na pravac	11
3.3. Kvadrat sa zadanom stranicom	11
3.4. Pravilni peterokut u zadanoj kružnici	11
3.5. Pravilni šesterokut u zadanoj kružnici	11
3.6. Pravilni šesterokut sa zadanom stranicom	11
3.7. Pravilni višekutnik (n stranica) u zadanoj kružnici	12
3.8. Spajanje kružnica tangentama	12
3.9. Spajanje pravaca kružnim lukom (kružni prijelaz)	12
3.10. Konstrukcija elipse pomoću konjugiranih promjera	12
3.11. Konstrukcija elipse pomoću koncentričnih kružnica	12
3.12. Konstrukcija elipse pomoću šestara unutar romba	13
3.13. Konstrukcija parabole	13
3.14. Konstrukcija spirale	13
3.15. Konstrukcija evolvente	14
3.16. Konstrukcija hiperbole	14
3.17. Konstrukcija zavojnice	14
4. KOTIRANJE CRTEŽA	15
4.1. Elementi kota i oznake	15
4.2. Opća pravila za nanošenje kota	15

4.3. Primjeri kotiranja s objašnjenjima	15
4.4. Sustavi nanošenja kota	19
Pitanja za ponavljanje	19
Zadatak: kotiranje	20
5. PRAVOKUTNO (ORTOGONALNO) PROJICIRANJE	21
5.1. Vrste projiciranja općenito	21
5.2. Kvadranti, oktanti i koordinate u pravokutnom projiciranju	21
5.3. Smjer pogleda i raspored projekcija pri pravokutnom projiciranju tijela	22
5.4. Pravokutno projiciranje pravilnih geometrijskih tijela	23
5.5. Pravokutno projiciranje nepravilnih geometrijskih tijela – primjeri	24
6. PROSTORNO PREDOČAVANJE	27
6.1. Uvod	27
6.2. Metode prostornog predočavanja	27
6.3. Perspektiva	27
6.4. Dimetrija	27
6.5. Kosa projekcija	28
6.6. Izometrijska projekcija (izometrija)	28
6.7. Primjeri modela nacrtanih u tri dimenzije u izometrijskoj predodžbi	28
Zadatci za vježbu	29
Pitanja za ponavljanje	30
7. SKICIRANJE U TEHNIČKOM CRTANJU	31
7.1. Uvod	31
7.2. Skiciranje predmeta u pravokutnoj predodžbi (2D)	31
7.3. Skiciranje predmeta u prostornoj predodžbi (3D)	32
Zadatak za vježbu	32
Pitanja za ponavljanje	32
8. PRESJECI RAVNINAMA I PRODORI TIJELA	33
8.1. Presjeci tijela ravninama i njihove mreže	33
8.2. Prodori geometrijskih tijela i mreže	34
Zadatci za vježbu	36
9. PRESJECI NEPRAVILNIH GEOMETRIJSKIH TIJELA	37
9.1. Pojam i šrafiranje presjeka	37
9.2. Označavanje ravnine presjeka i vrste presjeka	38
9.3. Dijelovi koji se ne crtaju u presjeku	39

9.4. Prijelomi i skraćenja	40
9. 5. Pojednostavljena pri crtanju	40
Pitanja za ponavljanje i zadatci	42
10. TOLERANCIJE I DOSJEDI	43
10.1. Elementi tolerancija	43
10.2. Kvaliteta tolerancije i položaj tolerancijskih polja	44
10.3. Unošenja tolerancija u crtež	45
10.4. Dosjedi i njihovo označavanje na crtežima	45
10.5. Geometrijske tolerancije	47
10.6. Hrapavost površina	49
Pitanja za ponavljanje	50
11. SIMBOLI U TEHNIČKOM CRTANJU I PROCESNE SCHEME	51
11.1. Pojam i podjela simbola	51
11.2. Simboli strojarstvu	51
11.3. Simboli u elektrotehnici i elektronicima	54
11.4. Simboli kućnih instalacija	55
11.5. Shematski crteži u elektronicima	56
11.6. Shematski crteži električnih instalacija	57
11.7. Dijagrami (blokovski, dijagram tijeka, montažna shema i vremenski dijagram)	58
Pitanja za ponavljanje	60
Projektne zadatke i zadatke za vježbu	61
12. PRAVILA PRI IZRADI I ČITANJE I CRTEŽA	64
12.1. Izrada crteža	64
12.2. Čitanje crteža i shema	64
Pitanja za ponavljanje	65
13. DOKUMENTACIJA I ARHIVIRANJE CRTEŽA	66
13.1. Tehnička dokumentacija – vrste dokumentacije	66
13.2. Tehnička dokumentacija u području elektrotehnike i računarstva	69
13.3. Arhiviranje (pohrana) i kolanje tehničke dokumentacije	71
14. CRTANJE NA RAČUNALU U PROGRAMU <i>AutoCAD</i>[®]	71
14.1. <i>CAD</i> radno mjesto	73
14.2. Ukratko o programu <i>AutoCAD</i> [®]	73
14.3. Elementi korisničke radne površine <i>AutoCAD</i> [®] -a	74

14.4. Prilagodba korisničkih postavki <i>AutoCAD</i> ®-a	74
14.4.1. Namještanje boje polja za crtanje i veličine križnog pokazivača	74
14.5. Alati za 2D crtanje u <i>AutoCAD</i> ®-u	75
14.5.1. Početak rada u <i>AutoCAD</i> ®-u	75
14.5.2. Zadavanje naredbi, izlaz iz naredbe i ponavljanje jedne naredbe	75
14.5.3. Postavljanje slojeva u crtež (<i>Layers</i>)	75
14.5.4. Koordinatni sustavi	76
14.5.5. Postavljanje kriterija za ciljanje točaka objekata (<i>Osnap</i>)	76
14.5.6. Vođenje prikazivanja crteža (<i>Zoom naredbe</i>)	77
14.5.7. Crtanje točke i crte (<i>Point, Line</i>)	77
14.5.8. Crtanje segmentnih crta (<i>Polyline</i>)	77
14.5.9. Crtanje pravilnih mnogokuta (<i>Polygon</i>)	78
14.5.10. Crtanje kružnih lukova (<i>Arc</i>)	78
14.5.11. Crtanje kružnica (<i>Circle</i>)	79
14.5.12. Crtanje elipse (<i>Ellipse</i>)	80
14.5.13. Crtanje pravokutnika (<i>Rectangle</i>)	80
14.5.14. Crtanje glatkih krivulja (<i>Spline</i>)	81
14.5.15. Uređivanje objekata na crtežu	81
14.5.16. Premještanje objekata (<i>Move</i>)	82
14.5.17. Rastavljanje složenih objekata (<i>Explode</i>)	82
14.5.18. Kraćenje objekata (<i>Trim</i>)	82
14.5.19. Produljenje objekata (<i>Extend</i>)	83
14.5.20. Rotacija objekata (<i>Rotate</i>)	83
14.5.21. Rastezanje objekata (<i>Stretch</i>)	83
14.5.22. Promjena veličine objekata i crteža (<i>Scale</i>)	83
14.5.23. Svojstava objekata (<i>Properties</i>) i preslikavanje svojstava objekata	84
14.5.24. Preslikavanje objekata (<i>Copy Object</i>)	85
14.5.25. Spajanje krajeva crta lukovima (<i>Fillet</i>)	85
14.5.26. Spajanje crta uporabom zasjeka (<i>Chamfer</i>)	86
14.5.27. Usporedne preslike skupa objekata (<i>Offset</i>)	86
14.5.28. Zrcaljenje objekata (<i>Mirror</i>)	86
14.5.29. Višestruko preslikavanje objekata u pravokutnom rasporedu (<i>Array</i>)	87
14.5.30. Višestruko preslikavanje objekata u kružnom rasporedu (<i>Polar Array</i>)	87
14.5.31. Ispisivanje teksta na crtežu (<i>Text</i>)	88
14.5.32. Crtanje tablica (<i>Table</i>)	88
14.5.33. Oblikovanje zatvorenih područja (<i>Region</i>)	89
14.5.34. Skiciranje u <i>AutoCAD</i> -u (<i>Sketch</i>)	89

14.5.35. Šrafiranje površina	90
14.5.36. Unošenje kota na crtež (<i>Dimensions</i>)	90
14.5.37. Priprema crteža za ispis na pisaču ili na <i>ploteru</i> (crtalu) (<i>Plot</i>)	92
14.5.38. Blokovi (<i>Block</i>)	93
14.6. Alati za 3D crtanje u <i>AutoCAD</i> ®-u	94
14.6.1. Uvod u trodimenzionalno crtanje (<i>3D</i>)	94
14.6.2. Crtanje osnovnih čvrstih <i>3D</i> objekata	94
14.6.3. Stvaranje <i>3D</i> objekata iz dvodimenzionalnih likova (<i>Extrude</i>)	96
14.6.4. Stvaranje složenih trodimenzijskih (<i>3D</i>) objekata	96
14.6.5. Pravokutne projekcije <i>3D</i> modela	97
14.6.6. Navigacija u <i>3D</i> načinu crtanja	98
Pitanja i zadatci za utvrđivanje i provjeru znanja	99
15. Zadatci za vježbe crtanja	103
Vježba 1	105
Vježba 2	106
Vježba 3	107
Vježba 4	108
Vježba 5	109
Vježba 6	110
Vježba 7	111
Vježba 8	112
Kazalo pojmova	117
Literatura	120