

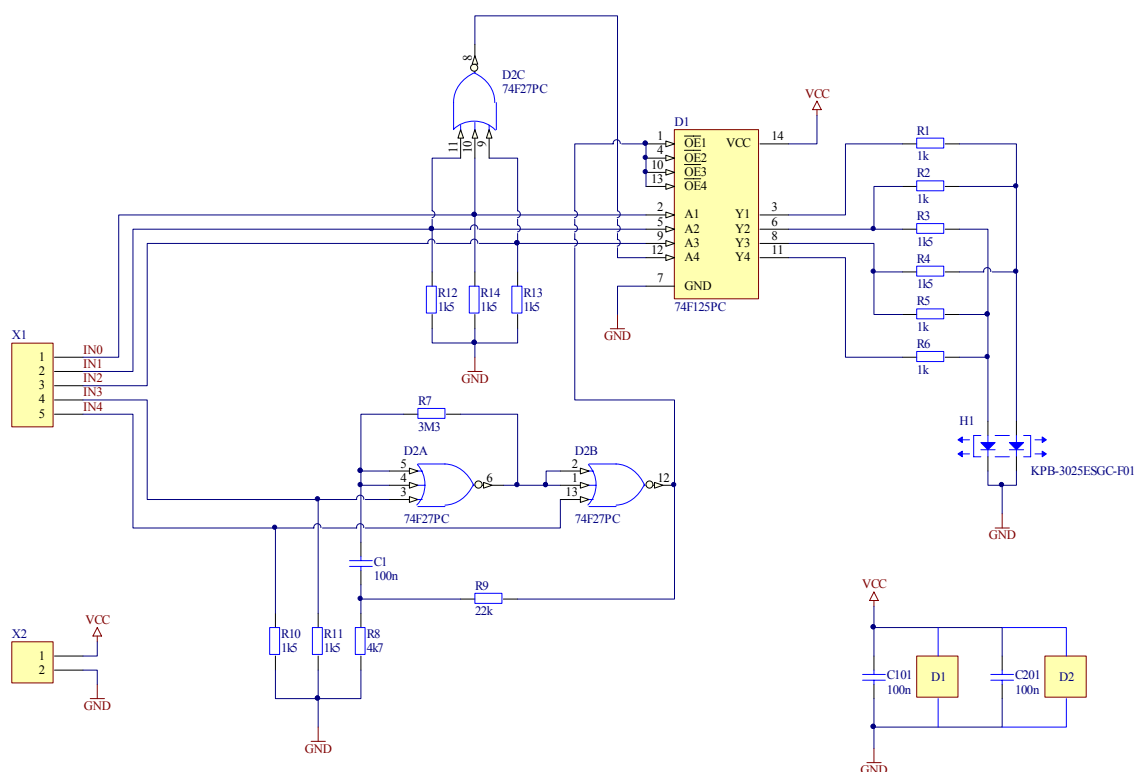
## UPUTE ZA 1. LABORATORIJSKU VJEŽBU

**Zadatak:** U okviru 1. laboratorijske vježbe potrebno je napraviti sljedeće:

- precrtati električnu shemu zadanu slikom 1, u skladu s detaljnim smjernicama izloženim u nastavku ovih uputa,
- definirati vlastite komponente koje nedostaju u izvornim bibliotekama (npr. H1 na slici 1); kreirati korisničku biblioteku komponenata *LAB1\_Lib.SchLib* u koju će se dodavati nove komponente i uključiti je u projekt,
- za svaku komponentu ispuniti informacije neophodne za realizaciju tiskane pločice i nabavku komponenata (*footprint*, dobavljač, kataloški broj, cijena, prema tablici Tablica 3),
- provesti provjeru ispravnosti električkog projektiranja (ERC, *electrical rule check*), ručno kreirati spojnu listu (*netlist*) i proučiti njen sadržaj.

**Zadaci za vježbu<sup>1</sup>:**

- kreirati novi PCB projekt u kojem će shema prikazana slikom 1 biti realizirana korištenjem hijerarhije (vidi naputke u zadnjoj točki ovih uputa),
- u biblioteci *LAB1\_Lib.SchLib* napraviti alternativne verzije električnih komponenti D1 i D2; korisnički definirane komponente D1 i D2 postaviti u PCB projekt realiziran korištenjem hijerarhijskog pristupa.



Slika 1: Električna shema

<sup>1</sup> Zadaci za vježbu mogu se napraviti i kod kuće, u slučaju da ne bude dovoljno vremena na laboratorijskim vježbama

Upute za izradu 1. laboratorijske vježbe:

### Kreiranje projekta

1. Kreirati korisničku radnu mapu u kojoj će biti pohranjeni PCB projekti:  
*D:\Users\<ime\_prezime>*
2. Otvoriti novi PCB projekt (*File » New » Project » PCB Project*) i pohraniti ga u kreiranu korisničku mapu (*File » Save Project As...*) (pod nazivom *LAB1\_1.PCBPrj*)
3. Dodati novu električnu shemu (*File » New » Schematic*) i pohraniti na disk (*Shema\_All.SchDoc*)

### Podešavanje biblioteka

4. Na *Libraries* popisu uključiti sljedeće biblioteke u *Installed* popis:

Miscellaneous Devices.IntLib (\Library)  
 Miscellaneous Connectors.IntLib (\Library)  
 FSC Logic Buffer Line Driver.IntLib (\Library\Fairchild Semiconductor\FSC Logic Gate.IntLib)  
 FSC Logic Gate.IntLib (\Library\Fairchild Semiconductor\FSC Logic Gate.IntLib)

**Napomena:** Ako *Libraries* panel nije vidljiv, uključiti ga pritiskom na *System » Libraries* (u statusnoj traci, u donjem desnom dijelu glavnog prozora).

### Postavljanje komponenata

5. Prilikom crtanja električne sheme odabrati sljedeće komponente:

**Tablica 1: Opis komponenata na električnoj shemi**

Oznaka	Biblioteka	Komponenta
R1 – R14	Miscellaneous Devices.IntLib	RES2
C1, C101, C201	Miscellaneous Devices.IntLib	CAP
D1	FSC Logic Buffer Line Driver.IntLib	74F125PC
D2	FSC Logic Gate.IntLib	74F27PC
H1	LAB1_Lib.SchLib <sup>2</sup>	KPB-3025ESGC-F01
X1	Miscellaneous Connectors.IntLib	Header 5
X2	Miscellaneous Connectors.IntLib	Header 2

Za postavljanje korisnički definirane komponente H1 pogledati upute uz točku 26.

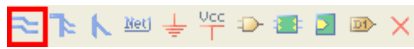
**Napomena:** Komponente se prilikom postavljanja na električnu shemu mogu rotirati pritiskom na *Space*, a zrcaliti pritiskom na *x* i *y* tipke. *Ctrl + Mouse wheel* omogućava brzo zumiranje. Pritiskom na tipku *z* pojavljuje se *Zoom pop-up* izbornik (drugim pritiskom na početno slovo opcije iz izbornika pokreće se odabrana opcije, npr. *z + a = Zoom + All* – odabir mjerila prikaza koje obuhvaća sve objekte na električnoj shemi).

---

<sup>2</sup> *LAB1\_Lib.SchLib* je korisnički definirana biblioteka, vidi upute uz točku 26

### Povezivanje komponenata

6. Za povezivanje komponenata koristiti *Wire* alat:



7. Postaviti *Power portove* (mreže napajanja) VCC i GND:



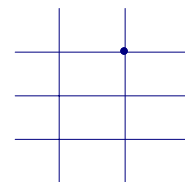
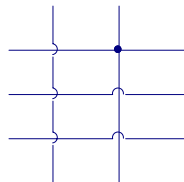
8. Provjeriti da li će se skriveni priključci napajanja integriranog sklopa D2 ispravno povezati s mrežom napajanja VCC kod kompajliranja projekta:

- Dvostruki klik na D2, uključiti opciju *Show All Pins on Sheet*,
- Provjeriti da li se pinovi napajanja zovu *VCC* i *GND*,
- Nakon provjere sakriti pinove napajanja (isključiti *Show All Pins on Sheet*).

9. Rasporediti komponente i povezati ih u skladu s predloškom električne sheme na slici 1.

10. Obratiti pažnju na sljedeće detalje:

- Odabir ispravnog *Part numbera* za NILI-logička vrata kod komponente D2 (može se mijenjati ili u dijalogu svojstava komponente ili korištenjem opcije *Edit » Increment Part Number*),
- Prilikom povezivanja korištenjem *Wire* objekata paziti na križanja i povezivanje žica:



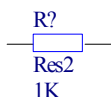
Mjesta gdje se dvije žice spajaju moraju biti označena *Junction* simbolom (malim ispunjenim kružićem), dok na mjestima gdje jedna žica prelazi preko druge tog simbola ne smije biti (dva načina ispravnog prikaza takvih mjesta mogu se vidjeti na gornjim slikama, a vrsta prikaza određuje se putem opcije *DXP » Preferences » Schematic » General » Display Cross-Overs*)

- Za *Power portove* VCC i GND koristiti različite simbole (vidi sliku 1).

### Označavanje komponenata

11. Oznake komponenata na električkoj shemi definiraju se u polju *Designator*, a nazivna vrijednost ili oznaka integriranog sklopa u *Comment* (u dijalogu svojstava komponente, koji se dobije dvostrukim klikom na komponentu).

**Napomena:** Prilikom postavljanja pasivnih komponenata na električnu shemu bit će vidljiva tri polja: *Designator*, *Comment* i parametar *Value.*, npr za otpornik:



R? (podrazumijevani *Designator*), Res2 (*Comment*), 1K (parametar *Value*)

*Comment* predstavlja informaciju o vrijednosti komponente koja se prilikom transfera dizajna prenosi preko spojne liste sa sheme na tiskanu pločicu, dok parametar *Value* predstavlja vrijednost komponente koja se koristi prilikom SPICE simulacije električnih mreža (ta se informacija **ne prenosi** u modul za projektiranje tiskanih veza!).

Za električnu shemu i za modul za projektiranje tiskanih pločica mjerodavno je **samo** polje *Comment* (u koje se upisuje vrijednost komponente), dok je parametar *Value* na shemi potrebno sakriti (isključiti *Visible* za parametar *Value* u dijalogu svojstava komponente).

**Napomena** (nije potrebno raditi kod izvođenja 1. laboratorijske vježbe):

Ako se želi izbjeći vođenje dvostruke dokumentacije o vrijednostima pasivnih komponenata, a shemu projektirati tako da bude spremna za SPICE simulaciju, potrebno je napraviti sljedeće:

- sakriti parametar *Value* (isključiti *Visible* za parametar *Value* u dijalogu svojstava komponente),
- u *Value* polje upisati vrijednost komponente (npr. 1k, 5k6, 3M3 i sl.),
- u *Comment* polje upisati “=*Value*“ (direktiva da se vrijednost parametra *Value* automatski kopira u polje *Comment*),
- uključiti opciju *DXP » Preferences » Schematic » Graphical Editing » Convert Special Strings* (inače se na shemi neće prikazati npr. “1k“, već “=*Value*“)

12. (\*)<sup>3</sup> Automatizirano označavanje komponenata moguće je obaviti korištenjem opcija *Tools » Annotate* ili *Tools » Annotate Quiet*

**Pažnja:** anotacija komponenata može promijeniti raspored *partova* kod *multipart* komponenti, ako je djelomično ručno označavanje provedeno prije antoacije.

13. (\*) Napredni postupci promjene svojstava većeg broja komponenti

Promjena svojstava većeg broja komponenti putem dijaloga svojstava klikanjem na svaku komponentu nije učinkovito rješenje. Bolje je koristiti neke naprednije mogućnosti koje nudi Altium Designer, kao što su *Sch List* i *Sch Inspector*. U nastavku će biti opisani postupci promjene svojstava komponenti korištenjem dva navedena pristupa.

14. (\*) Selektiranje i maskiranje komponenti i opcija *Find Similar Objects*

Za postupke istovremene promjene svojstava većeg broja komponenti (i drugih objekata) važno je najprije razumijeti postupke učinkovitog provođenja postupka **selekcije**. Također je važno razumijeti pojam **maskiranja (filtriranja)** objekata.

Selekcija grupe objekata na električnoj shemi može se obaviti na više načina:

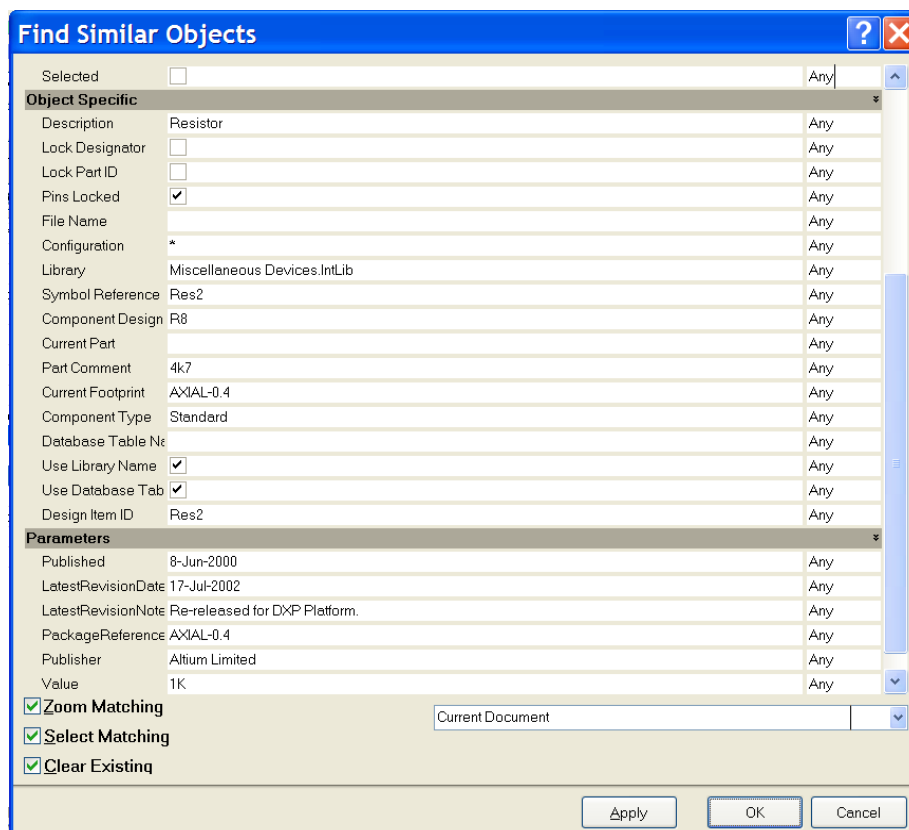
---

<sup>3</sup> Točke u uputama na početku kojih se nalazi oznaka (\*) korisno je pročitati, jer opisuju kako se neke radnje u Altium Designeru mogu lakše i brže obaviti, ali ne predstavljaju korake koji su nužni za izvođenje zadataka predviđenih na laboratorijskoj vježbi

- označavanjem pravokutnog područja mišem, na način uobičajen za standardne grafičke programske alate (**pažnja**: tada u selekciju ulaze raznovrsni objekti, ne samo npr. komponente, već i žice, *power portovi* i ostalo što se nađe unutar područja selekcije),
- shift* + lijevi klik na svaki objekt kojeg se želi uključiti u selekciju (*toggle selection*),
- pozivom opcije *Edit » Find Similar Objects*; ta je opcija izuzetno korisna kod rada s Altium Designerom i predstavlja najučinkovitiji način selektiranja većeg broja objekata prema korisnički zadanom kriteriju pretraživanja, pa će biti detaljnije ilustrirana na jednom primjeru.

**Primjer:** selektiranje svih otpornika na slici 1:

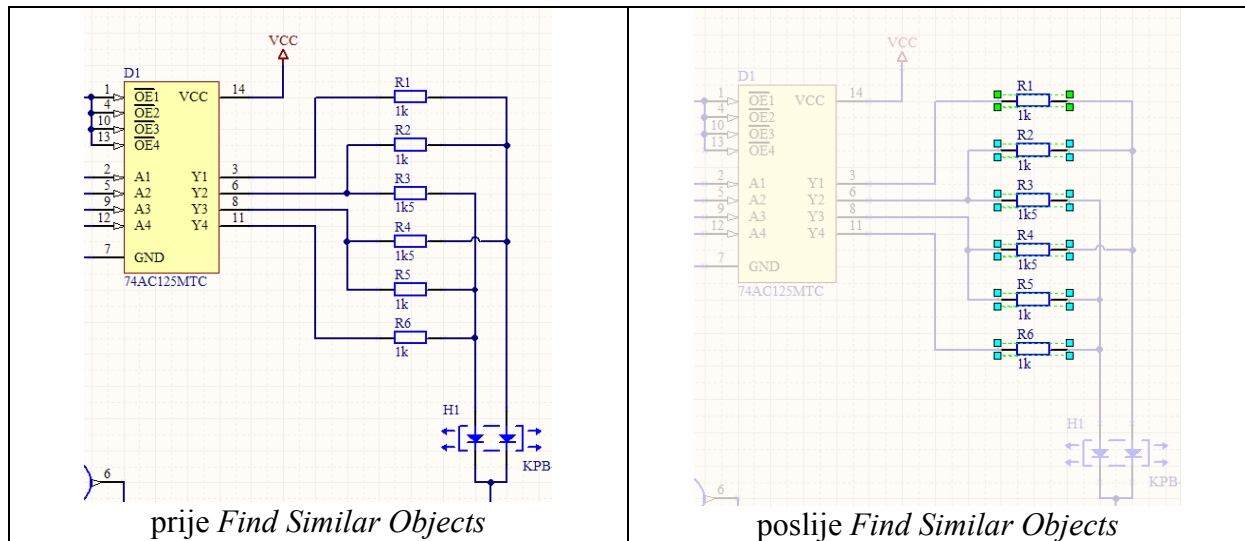
- pozvati *Edit » Find Similar Objects*,
- kliknuti na neki otpornik (ciljni objekt),
- pojavljuje se sljedeći dijalog:



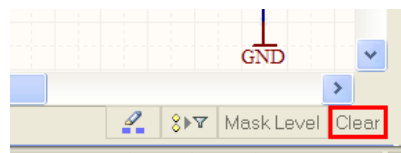
- ako se žele selektirati svi otpornici koji su identični odabranom (tj. ista izvorna biblioteka i zapis simbola u njoj), postaviti oznaku uz polje *Design Item ID* (Res2 u primjeru) na vrijednost *Same*,
- ako se u kriterij pretraživanja želi uključiti još jedan “AND” uvjet (npr. jednak parametar *Value*), uz odabrano polje također postaviti vrijednost *Same*,
- provjeriti da su uključeni *Select Matching* i *Clear Existing*,
- pritisnuti OK.

Rezultat je sljedeći:

- sve komponente koje odgovaraju uvjetu pretraživanja se **selektiraju**,
- sve komponente koje ne odgovaraju uvjetu pretraživanja se **maskiraju** u *Sch Editoru* (tj. prikazane prigušeno (*dimmed*) – vidi sljedeću sliku).



- nad **selektiranim** objektima (oko kojih se pojavljuju maleni **kvadratići**) moguće je provesti akcije tipične za selekcije, ali samo dok su ti objekti selektirani; objekti se deselektiraju jednostavnim klikom na prazno mjesto na shemi,
- **maskirani** objekti su prikazani prigušeno i privremeno su **nedostupni** za uređivanje (**napomena:** ti će objekti postati ponovno dostupni tek nakon što se klikne gumb *Clear* u donjem desnom kutu prozora!):



Maskiranje je vrlo korisna mogućnost kada je potrebno obaviti više složenih operacija nad nekom grupom objekata, pri čemu se želi postići da svi ostali objekti na električnoj shemi budu privremeno nedostupni (npr. radi lakšeg selektiranja mišem (da u selekciju ne ulaze objekti različitog tipa) i sl.).

Važno je uočiti da maskiranje i selektiranje **nisu** identične operacije!

#### 15. (\*) Tablično uređivanje svojstava više komponenti putem *Sch List* panela

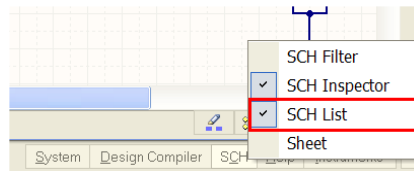
*Sch List* panel predstavlja tablicu **selektiranih** objekata (komponenti, žica, portova i sl.) u kojoj se prikazuju svojstva koja su **zajednička** svim objektima u selekciji.

Ako se, primjerice, u selekciji nalaze samo komponente, tada će se u tablici *Sch List* panela nalaziti sva zajednička polja za komponente (uključivo i polja *Designator* i *Comment* koja se mogu uređivati u toj tablici). Ako se uz komponente u selekciji nalaze i npr. žice (*wires*), tada polja *Designator* i *Comment* neće biti dostupna u tablici, jer ne pripadaju skupu svojstava žica! (to je problem ako se komponente selektiraju npr. jednostavnim obilježavanjem područja na shemi mišem).

**Primjer:** tablično uređivanje svojstava otpornika u *Sch List* panelu:

- selektirati sve nacrtane otpornike (najbolje korištenjem opcije *Find Similar Objects* ili putem *shift+lijevi klik* (sporije)),

- prikazati *Sch List* panel (ako već nije vidljiv) na sljedeći način:



- tablica u *Sch List* panelu izgleda (približno) ovako (ako se na prikazani način podesi raspored stupaca):

SCH List				
Edit selected objects from current document Include all types of objects				
Component Designator	Part Comment	Current Footprint	Library	Description
R1	1k	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R2	1k	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R3	1k5	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R4	1k5	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R5	1k	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R6	1k	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R7	3M3	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R8	4k7	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R9	22k	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R14	1k5	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R13	1k5	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R12	1k5	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R11	1k5	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor
R10	1k5	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib	Resistor

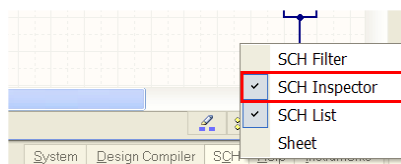
- sva prikazana polja mogu se uređivati izravno u tablici (npr. *Designator*, *Comment* i sl.); to je korisno kada se žele npr. tablično upisivati vrijednosti svih komponenta (npr. otpornika),
- desni klik + *choose columns* omogućava podešavanja stupaca (definiranje uključenosti i rasporeda stupaca).

**Napomena:** Parametri komponenta (kao npr. *Value*) **ne prikazuju** se u *Sch List* tablici (za njih je potrebno koristiti opciju *Tools » Parameters Manager* ili *Sch Inspector*).

#### 16. (\*) Uređivanje svojstava više komponenti putem *Sch Inspector* panela

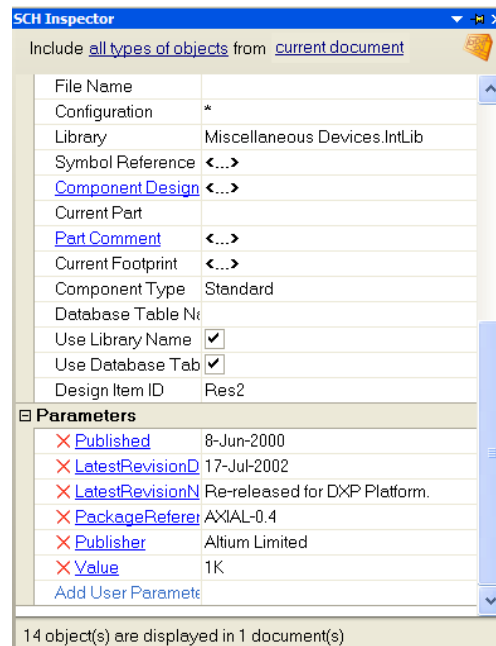
*Sch Inspector* panel omogućuje **istovremeno** mijenjanje nekog svojstva zajedničkog grupi **selektiranih** objekata (selektiranih na neki od ranije navedenih načina).

*Sch Inspector* panel može se uključiti na sljedeći način (ako već nije vidljiv):



**Primjer:** promjena *footprint* polja za sve selektirane otpornike.

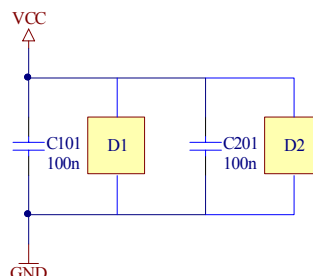
- neka je grupa otpornika selektirana na način kako je opisano uz opis funkcionalnosti *Sch List* panela,
- *Sch Inspector* panel ima (približan) izgled prikazan sljedećom slikom:



- u *Sch Inspector* panelu prikazuju se sva svojstva koja su **zajednička** za sve selektirane komponente (**ne prikazuju** se tablično svojstva pojedinačnih komponenata, za razliku od *Sch List* panela),
- prikazuju se vrijednosti koje su zajedničke svim selektiranim objektima (npr. *Design Item ID* = Res2), dok polja za koja vrijednosti nisu jednake svim selektiranim objektima imaju oznaku "<...>",
- ako se u polje s oznakom "<...>" upiše neka vrijednost (npr. AXIAL-0.4 za *Current footprint* polje), tada će **svi** objekti obuhvaćeni selekcijom poprimiti upravo upisanu vrijednost tog polja (tj. u prikazanom primjeru svi selektirani otpornici imat će *footprint* AXIAL-0.4) (**global change!**),
- za razliku od *Sch list* panela, preko *Sch Inspector*a mogu se uređivati i parametri komponenata.

### Crtanje blokadnih kondenzatora

17. Blokadni kondenzatori integriranih sklopova obično se ne crtaju uz same komponente, već se prikazuju u izdvojenom dijelu električke sheme (prostor dolje desno na električnoj shemi na slici 1).



Postupak je sljedeći:

- nacrtati portove napajanja (*Power port* VCC i GND),
- dodati blokadne kondenzatore (C101 i C201 (100nF, keramika)) i povezati ih s portovima napajanja (korištenjem *Wire* objekata),
- pokraj svakog blokadnog kondenzatora označiti na koji se integrirani sklop odnosi korištenjem crtaćih alata (linije, tekstualnog komentara i pravokutnika),

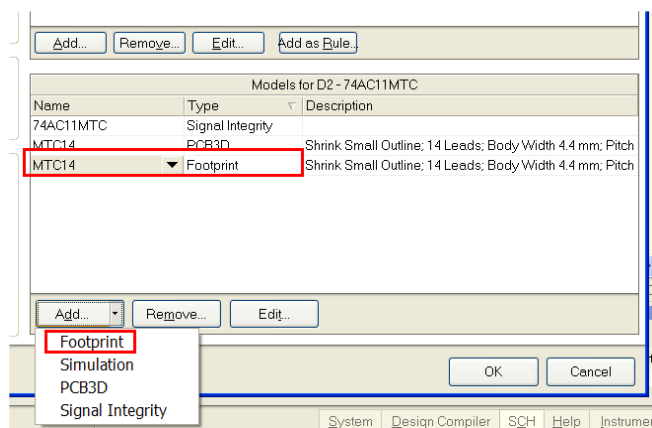


- crtaćim objektima (*drawing objects*) može se pristupiti iz izbornika alata:



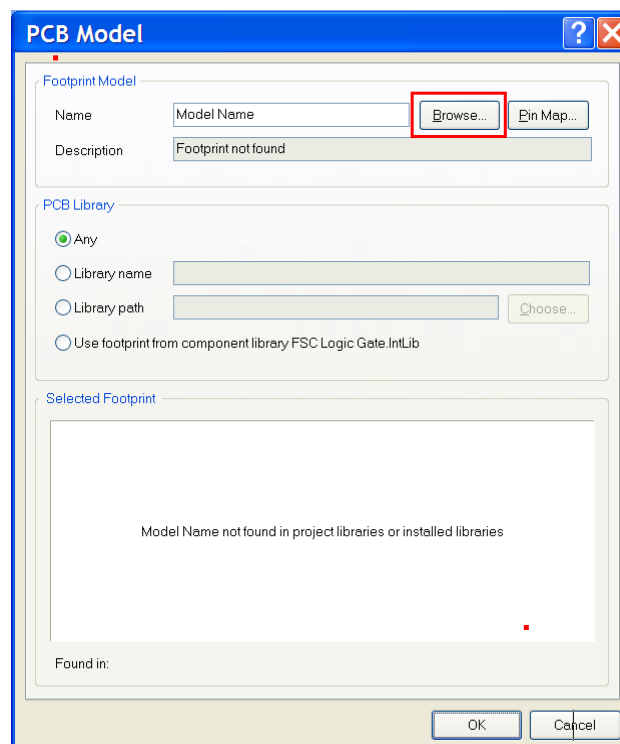
## Uređivanje svojstava i informacija o komponentama

### 18. Odabir fizičke komponente za realizaciju tiskane pločice (*footprint*)

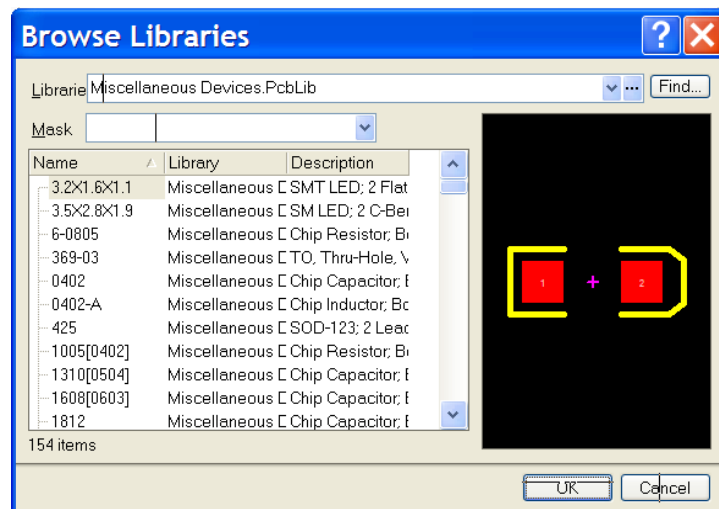


Postupak definiranja *footprint*a za **jednu** komponentu:

- dvostruki klik (dijalog svojstava komponente),
- ako za komponentu nije definiran *footprint* (u izvornoj biblioteci), novi *footprint* može se dodati putem opcije *Add » Footprint* (vidi sliku gore),
- pojavljuje se sljedeći dijalog:



- pritisnuti gumb *Browse*:



- pojavljuje se popis svih uključenih biblioteka s dostupnim *footprintovima* i popisi *footprintova* u svakoj biblioteci,
- u *Libraries* odabrati odgovarajuću izvornu biblioteku (*IntLib* ili *PCBLib*), a s liste odgovarajući *footprint*

**Napomena:** Voditi računa da *Designator* polje pina komponente na električnoj shemi mora odgovarati sadržaju *Designator* polja na lemnjoj točki (*pad*) PCB komponente (*footprint*).

U ovom primjeru, sve komponente postavljene na električnu shemu prema ranijim naputcima imat će već definirane *footprinte* (osim za H1).

**Napomena:** Definicije *footprintova* mogu se nalaziti u \*.IntLib ili \*.PcbLib bibliotekama. Instalirane \*.PcbLib biblioteke nalaze se u mapi *\Library\Pcb*.

## 19. Korištenje *Footprint Managera* (*Tools » Footprint Manager*)

Promjena *footprinta* za više komponenata može se ubrzati korištenjem *Footprint Managera* (*Tools » Footprint Manager*).

**Primjer:** promjena *footprinta* AXIAL-0.4 u C0805 za sve otpornike na shemi korištenjem *Footprint Managera*:

- pokrenuti footprint manager (*Tools » Footprint Manager*),
- selektirati otpornike u tablici (R1-R14) (*Shift + click* ili *Ctrl + click*),
- dok su otpornici selektirani, pritisnuti gumb *Add* i dodati *footprint* C0805:
  - o jedna je mogućnost pretraživanjem \*.IntLib i \*.PCBLib biblioteka, na način opisan u prethodnoj točki,
  - o druga je mogućnost ručno upisivanje **imena** *footprinta* (kao ASCII stringa, ako se unaprijed zna naziv *footprinta*), bez pretraživanja biblioteka PCB komponenti,
- novi *footprint* bit će dodan za sve selektirane komponente,

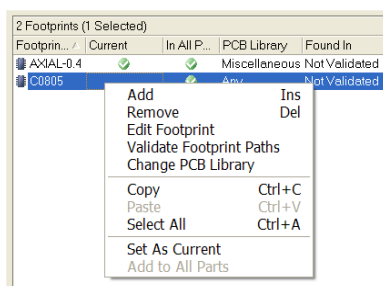
**Component List**

Drag a column header here to group by that column

21 Components (14 Selected)

Selected	Designat...	Comment	Current Footprint	Design Item ID	Part C...	Sheet Name
	C1	100n	RAD-0.3			1 Cijela_shema.SchDoc
	C101	100n	RAD-0.3			1 Cijela_shema.SchDoc
	C201	100n	RAD-0.3			1 Cijela_shema.SchDoc
	D1	74AC125MTC	MTC14			1 Cijela_shema.SchDoc
	D2	74AC11MTC	MTC14			3 Cijela_shema.SchDoc
	X1	Header 5	HDR1X5			1 Cijela_shema.SchDoc
	R1	1k	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R10	1k5	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R11	1k5	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R12	1k5	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R13	1k5	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R14	1k5	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R2	1k	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R3	1k5	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R4	1k5	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R5	1k	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R6	1k	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R7	3M3	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R8	4k7	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	R9	22k	AXIAL-0.4			1 Cijela_shema.SchDoc
	H1	KPB-3025ESC				1 Cijela_shema.SchDoc

- za sve komponente definirati da je C0805 trenutno aktivan odabir *footprinta* (*Set As Current*):



- pritisnuti gumb *Accept Changes*<sup>4</sup>

20. Za vježbu, promijeniti postojeće *footprinte* komponenata prema sljedećoj tablici:

**Tablica 2: Opis *footprinta* komponenti na električnoj shemi prikazanoj slikom 1**

Oznaka komponente	Biblioteka	Footprint
R1 – R14	Miscellaneous Devices.IntLib	C0805 <sup>5</sup>
C1, C101, C201	Miscellaneous Devices.IntLib	RAD0.1
D1	Miscellaneous Devices.IntLib	DIP-14
D2	Miscellaneous Devices.IntLib	DIP-14
H1	LAB1_Lib.PcbLib	KPB-3025ESGC-F01 <sup>6</sup>
X1	Miscellaneous Connectors.IntLib	HDR1X5 <sup>7</sup>
X2	Miscellaneous Connectors.IntLib	HDR1X2

<sup>4</sup> Promjene zadane u dijalogu *Footprint Managera* će se reflektirati na shemu tek nakon što se validiraju i prihvate ECO promjene (*Engineering change order*) nakon pritiska na gumb *Accept Changes*

<sup>5</sup> Iako uz *footprint* C0805 stoji opis „chip capacitor“, može se slobodno koristiti i za SMD otpornike!

<sup>6</sup> Za komponentu H1 samo upisati naziv *footprinta*, jer će se kreiranje komponente i biblioteke LAB1\_Lib\_PcbLib raditi na 2. laboratorijskim vježbama

<sup>7</sup> Nije potrebno mijenjati *footprint* za komponente X1 i X2

**Napomena:** Brza promjena *footprinta* može se obaviti i preko *Sch Inspector*a, uz korištenje opcije *Find Similar Objects* (u određenim slučajevima to je bolji i brži način od korištenja *Footprint Manager*a).

## Izrada sastavnice

### 21. Parametri komponenata

Svakom objektu u Altium Designeru mogu se dodijeliti korisnički definirani atributi (tzv. **parametri**). Primjerice, otpornici definirani u biblioteci *Miscellaneous Devices.IntLib* (komponenta *RES2*) ima sljedeće predefinirane parametre u izvornoj biblioteci:

Parameters for R9 - Res2			
Visible	Name	Value	Type
<input type="checkbox"/>	LatestRevisionDate	17-Jul-2002	STRING
<input type="checkbox"/>	LatestRevisionNote	Re-released for DXP Platform.	STRING
<input type="checkbox"/>	PackageReference	AXIAL-0.4	STRING
<input type="checkbox"/>	Published	8-Jun-2000	STRING ▼
<input type="checkbox"/>	Publisher	Altium Limited	STRING
<input type="checkbox"/>	Value	1K	STRING

Neki novi parametar za komponentu može se dodati pritiskom na *Add* gumb u dijalogu svojstava komponente:



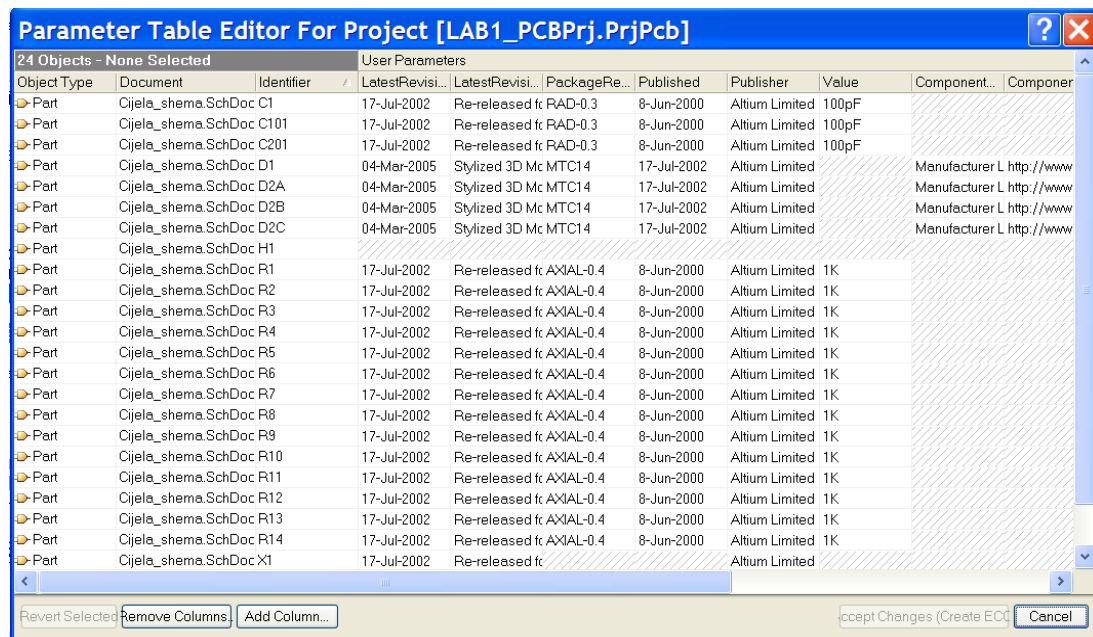
Polje *Name* u dijalogu koji se pritom pojavljuje označava **naziv** parametra (npr. “*Publisher*“ u gornjem primjeru), a *Value* njegovu **vrijednost** (npr. “*Altium Limited*“).

### 22. Korištenje *Parameter Manager* (Tools » *Parameter Manager*)

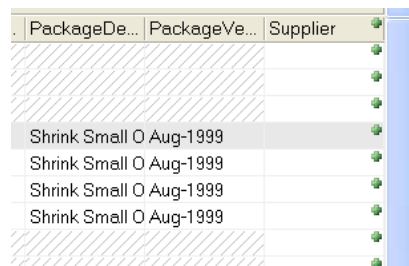
Parametri su posebno korisni npr. kod izrade sastavnice (*Bill of materials, BOM*). Kada se na električnoj shemi nalazi veći broj komponenti, ručno dodavanje i uređivanje parametara putem dijaloga svojstava komponenti nije učinkovito, već je bolje koristiti tablično sučelje *Parameter Manager*a.

**Primjer:** Dodavanje polja *Supplier*, *StockNo* i *Price* za sve komponente na električkoj shemi (za definiranje dobavljača, kataložnog broja i cijene svake komponente):

- pozvati opciju *Tools » Parameter Manager*; u dijalogu koji se pritom pojavljuje uključiti samo prikaz parametara komponenti (*checkbox* pokraj polja *Parts*),
- pojavljuje se tablica koja sadrži parametre svih komponenti na električnoj shemi (vidi sliku),



- za dodavanje novog parametra (npr. *Supplier*) potrebno je napraviti sljedeće korake:
  - o desni klik na tablicu parametara + *Add Column*,
  - o napisati *Supplier* u *Name* polje i uključiti *Add to all objects*,
  - o u novo dodanom stupcu pojavljuje se oznaka zeleno “+ “:



- oznaka zeleno “+ “ znači da parametar još uvijek **nije dodan** na električnu shemu (ali da će biti ako se prihvati ECO! (*Engineering Change Order*)),
  - pritisnuti gumb *Accept Changes*,
  - pritisnuti *Validate changes* i zatim *Execute changes*,
  - tek nakon toga je parametar *Supplier* dodan svim komponentama na električnoj shemi.
- postupak je potrebno ponoviti i za parametre *StockNo* i *Price*.

Sada sve komponente na električnoj shemi imaju dodane parametre *Supplier*, *StockNo* i *Price*. Upisivanje vrijednosti tih parametara može se obaviti:

- ručno (putem dijaloga svojstava komponente – sporo i neučinkovito!),
- putem *Sch Inspector*a (ali ne i *Sch Liste*! – tamo nisu dostupni parametri komponenata),
- korištenjem *Parameter Manager*a.

U tablici 3 nalaze se podaci za izradu sastavnice.

Tablica 3: Sastavnica

Oznaka	Tip	Dobavljač	Kat. broj	Cijena [Kn]
D1	74F125PC	Farnell	376231	4,70
D2	74F27PC	Farnell	1409816	0,70
H1	KPB-3025ESGC-F01	Farnell	8530173RL	2,00
R1, R2, R5, R6	1k	Chipoteka	2210049501	0,20
R3, R4, R10, R11, R12, R13, R14	1k5	Chipoteka	2210053001	0,20
R7	3M3	Chipoteka	2210128601	0,20
R8	4k7	Chipoteka	2210064900	0,15
R9	22k	Chipoteka	2210081500	0,20
C1, C101, C201	100n	Farnell	7569564	0,06
X1		Chipoteka	4072002001	7,80
X2		Chipoteka	2630505130	1,70

**Zadatak:** Iz tablice 1 u shemu unijeti podatke za komponente D1, D2, H1 i otpornike iznosa 1k i 1k5 korištenjem *Parameter Managera* ili *Sch Inspector*. U nastavku će biti opisana oba pristupa.

Dodavanje podataka za sastavnicu korištenjem *Parameter Managera*:

- pronaći redak u tablici parametara koji se odnosi na komponentu kojoj se žele promijeniti podaci za sastavnicu,
- unošenje vrijednosti: desni klik na odgovarajuće polje + *Edit* (npr. *Price*):

User Parameters					
Identifier	LatestRevisi...	LatestRevisi...	PackageRe...	Price	Published
Joc C1	17-Jul-2002	Re-released fr RAD-0.3			8-Jun-2000
Joc C101	17-Jul-2002	Re-released fr RAD-0.3			8-Jun-2000
Joc C201	17-Jul-2002	Re-released fr RAD-0.3			8-Jun-2000
Joc D1	04-Mar-2005	Stylized 3D Mc MTC14			17-Jul-2002
Joc D2A	04-Mar-2005	Stylized 3D Mc MTC14			17-Jul-2002
Joc D2B	04-Mar-2005	Stylized 3D Mc MTC14			17-Jul-2002
Joc D2C	04-Mar-2005	Stylized 3D Mc MTC14			17-Jul-2002
Joc H1					
Joc R1	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4		0.20 Kn	8-Jun-2000
Joc R2	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4			8-Jun-2000
Joc R3	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4			8-Jun-2000

- ako je istu vrijednost parametra potrebno unijeti više puta, najjednostavnije je odabrati ćeliju s parametrom, pritisnuti *Ctrl+Ins* (Copy), a zatim *Shift+Ins* (Paste) tamo gdje se želi kopirati vrijednost parametra,
- uz pritisnuti *Shift* + *strelica* (gore/dolje) može se selektirati više odredišnih ćelija:

hDoc R1	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn	8~
hDoc R2	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn	8~
hDoc R3	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn	8~
hDoc R4	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4		8~
hDoc R5	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4		8~
hDoc R6	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4		8~
hDoc R7	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4		8~
hDoc R8	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4		8~
hDoc R9	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4		8~
hDoc R10	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4		8~

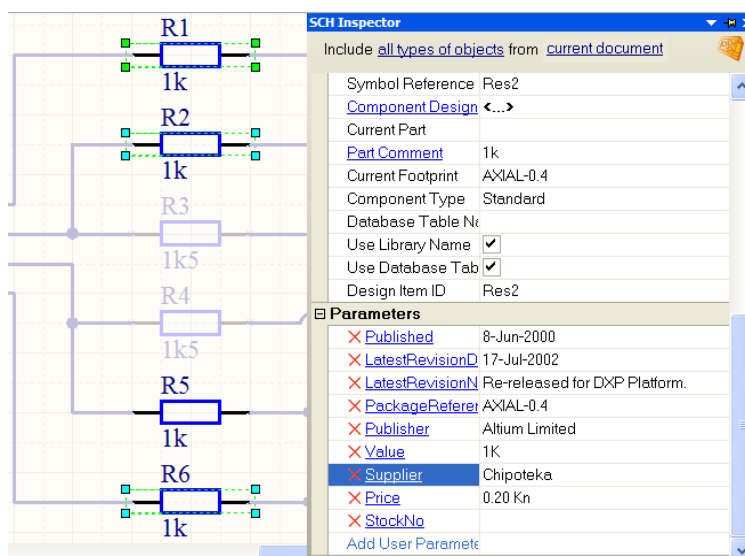
- *Shift + Ins* kopirat će vrijednost parametra iz izvorišne u ciljne ćelije:

R1	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn
R2	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn
R3	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn
R4	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	
R5	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	
R6	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn
R7	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn
R8	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn
R9	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn
R10	17-Jul-2002	Re-released fr AXIAL-0.4	0.20 Kn

- ponoviti postupak dok se ne unesu sve potrebne informacije za sastavnicu,
- pritisnuti gumb *Accept Changes* i prihvatiti ECO.

Dodavanje podataka za sastavnicu putem *Sch Inspector* često može biti znatno učinkovitije od uređivanja tablice u *Parameter Manager*:

- putem *Edit » Find Similar Objects* opcije odabrati sve istovrsne komponente za koje se žele unijeti identični podaci za sastavnicu (preporučljivo je da to budu komponente koje imaju istu vrijednost polja *Part Comment* i *Current Footprint*),
- npr. svim odabranim komponentama želi se za parametar *Supplier* upisati vrijednost “*Chipoteka*”; dovoljno je u *Parameters* okviru *Sch Inspector* u polje parametra *Supplier* (koji je prethodno dodan svim komponentama korištenjem *Parameter Manager*) upisati tekst “*Chipoteka*” i pritisnuti tipku *Enter*:



- u istom koraku mogu se u upisati i ostale potrebne informacije za sastavnicu (npr. za parametre *StockNo*, *Price*), bez potrebe za ponavljanjem cijelog postupka globalne selekcije komponenata.

**Napomena:** Nakon korištenja opcije *Edit » Find Similar Objects* putem gumba *Clear* resetirati filtriranje (maskiranje) komponenata na električnoj shemi, kako bi opet postale dostupne za uređivanje.

### 23. Generiranje sastavnice (*Bill of materials, BOM*)

Sastavnica se može generirati nakon unošenja informacija u odgovarajuće korisnički definirane parametre komponenata na električnoj shemi. Pozvati opciju *Reports » Bill of materials*:

- program će automatski generirati sastavnicu,
- potrebno je ručno uključiti parametre *Supplier*, *StockNo* i *Price* u tablični prikaz (iz *All columns* popisa, klikanjem na *checkbox* objekte u *Show stupcu*),
- primjer djelomično ispunjene sastavnice:

Comment	Description	Designat...	Footprint	Price	Quantity	StockNo	Supplier
100n	Capacitor	C1, C101, C201	RAD-0.3		3		
74AC125MTC	Quad Buffer with D1		MTC14		1		
74AC11MTC	Triple 3-Input AN D2		MTC14		1		
KPB-3025ESGC		H1			1		
1k	Resistor	R1, R2, R5, R6	AXIAL-0.4	0.20 Kn	4		Chipoteka, Chip
1k5	Resistor	R3, R4, R10, R1	AXIAL-0.4	0.20 Kn	6		
3M3	Resistor	R7	AXIAL-0.4	0.20 Kn	1		
4k7	Resistor	R8	AXIAL-0.4	0.20 Kn	1		
22k	Resistor	R9	AXIAL-0.4	0.20 Kn	1		
1k5	Resistor	R13	C0805		1		
Header 5	Header, 5-Pin	X1	HDR1X5		1		
Header 2	Header, 2-Pin	X2	HDR1X2		1		

- sastavnicu je moguće pohraniti u MS Excel datoteku pritiskom na gumb *Export*.

**Zadatak:** Za električnu shemu kreirati sastavnicu i pohraniti u MS Excel datoteku.

### ERC provjera

### 24. Provjera ispravnosti električnog dizajna (*Electrical rule check, ERC*)

Nakon uspješno provedenog unosa električne sheme, potrebno je **kompajlirati** dizajn. Kompajlirati se može ili cijeli projekt ili neki njegovi dijelovi (sheme, biblioteke, PCB datoteke i sl.). Postupak kompajliranja pokreće se pritiskom na desni gumb miša u *Project Explorer* panelu + *Compile*.

Prilikom kompajliranja električne sheme, provest će se, između ostalog, i sljedeći postupci:

- provjera ispravnosti električnog projektiranja (*Electrical rule check, ERC*),
- izgradnja hijerarhije (ako se koristi).

ERC pravila mogu se podešavati i provjeravati na razini projekta putem opcija *Project » Project Options » Error Reporting* i *Project » Project Options » Connection Matrix* (u pravilu, nije potrebno mijenjati *default* programske postavke).

Ukoliko se otkriju pogreške prilikom kompajliranja, otvorit će se *Messages* panel u kojem se mogu proučiti pogreške otkrivene prilikom ERC provjere. Tek nakon što se otkriju i uklone sve ERC pogreške, električna shema je spremna za transfer u modul za projektiranje tiskanih pločica (PCB modul).



## Provjera spojne liste

### 25. Ručno generiranje spojne liste (*netlist* datoteke)

Spojna lista predstavlja tekstualni opis električne sheme (u ASCII formatu), koji sadrži sve bitne informacije o električnoj shemi u obliku razumljivom modulu za projektiranje tiskanih veza. Spojna lista generira se u pozadini postupka kompajliranja projekta, ali nije vidljiva osim ako se eksplicitno ne generira *netlist* (\*.NET) datoteka. U spojnoj listi nalaze se sve informacije o komponentama i električnim vezama među njima.

*Netlist* datoteka za PCB projekt generira se pozivom opcije *Design » Netlist for Project » Protel* (pojavljuje se u čvoru projektnog stabla *\Generated\Netlist Files\\*.NET*) i može se u pregledati u običnom tekst editoru (dvostruki klik na generiranu datoteku).

## Definiranje vlastitih komponenata za električnu shemu

### 26. Crtanje korisnički definirane komponente KPB-3025ESGC-F01 (*dual red/green LED*)

Komponente koje se ne nalaze u dostupnim bibliotekama (tj. onima koje dolaze s instalacijom programskog paketa *Altium Designer*) potrebno je definirati u posebnoj, korisnički kreiranoj *SchLib* biblioteci.

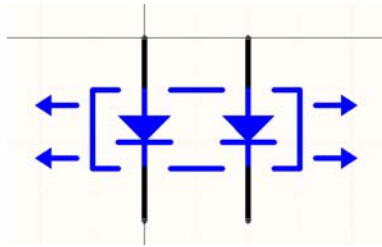
Postupak dodavanja nove *SchLib* biblioteke u PCB projekt je sljedeći:

- desni klik na projekt u *Project Manager* panelu + *Add New to Project + Schematic Library* (u stablu projektne strukture pojavljuje se nova *SchLib* biblioteka),
- pohraniti novokreiranu biblioteku na disk (u datoteku *LAB1\_Lib.SchLib*),
- nova komponenta u biblioteku dodaje se pozivom opcije *Tools » New Component* (u novoj biblioteci inicijalno postoji jedna komponenta *Component\_1*),
- naziv komponente mijenja se putem opcije *Tools » Rename component* (promijeniti u KPB-3025ESGC-F01),
- komponenta se crta korištenjem “crtačih” alata (linija, pravokutnika, lukova i sl.) i pinova (najdonja ikona iz izbornika alata):



Opis postupka crtanja komponente KPB-3025ESGC-F01:

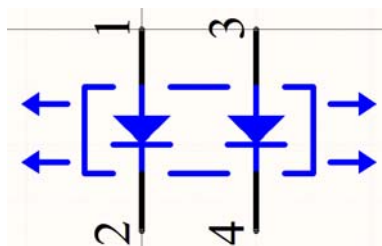
- komponenta KPB-3025ESGC-F01 sastoji se od dvije LED diode (crvene i zelene), koje su smještene u istom kućištu; kontrolom omjera struje kroz svaku od dioda mogu se postići različite nijanse boja (crvena, zelena, žuta, narančasta); komponenta ima četiri izvoda putem kojih se mogu upravljati LED diode (vidi simbol),
- simbol komponente za električnu shemu prikazan je sljedećom slikom:



- **napomena:** sve komponente u *SchLib* editoru potrebno je crtati oko ishodišta koordinatnog sustava smještenog u sredini radnog područja,
- električni neaktivni dijelovi komponente (prikazani plavom bojom) služe za definiranje grafičkog izgleda simbola i u pravilu se crtaju korištenjem linija i poligona; ako linija ili poligon nisu prikazani plavom bojom (npr. crna boja je uključena po defaultu), potrebno je za vrijeme crtanja pritisnuti tipku *Tab* i zadati plavu boju (*color code: 229*); nakon toga će ta boja postati *default* za sve nove objekte tog tipa,
- kod crtanja grafičke reprezentacije simbola, najčešće je podrazumijevani *snap grid* (iznosa 10) pregrub i stvara probleme za crtanje finih detalja u prikazu električnog simbola; pritiskom na tipku *G* moguće je jednostavno ciklički mijenjati *snap grid* u rasponu 1-5-10,
- pinove komponente moguće je brzo postavljati korištenjem *shortcut*-a *P + P* (*Place + Pin*),
- za vrijeme postavljanja pinova komponente pritiskom na tipku *Tab* mogu se dinamički uređivati *default* svojstva pinova za postavljanje, bez potrebe za stalnim ručnim otvaranjem dijaloga svojstava dvostrukim klikom na pin,
- posebno je korisno primijetiti *autoincrement* mogućnost, koja se odnosi na automatsko uvećanje numeričke vrijednost *Display Name* i *Designator* polja pina; trenutne vrijednosti *Display Name* i *Designator* polja mogu se promijeniti u svakom trenutku pritiskom na tipku *Tab*.

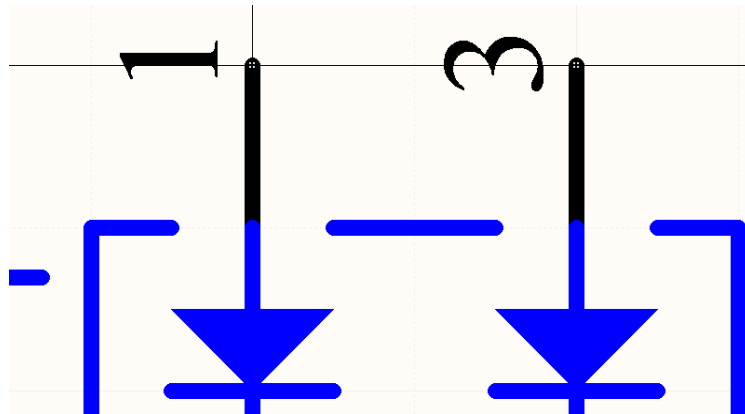
Uređivanje svojstava pinova komponente KPB-3025ESGC-F01:

- isključiti prikaz *Name* i *Designator*,
- u *Name* polje nije potrebno upisati ništa, dok je polja *Designator* potrebno ispuniti tako da imaju **jedinstvenu numeraciju** (važno za ispravno generiranje spojne liste!),
- pozivom opcije *View » Show Hidden Pins* mogu se prikazati ili sakriti *hidden* pinovi ili svojstva pinova kojima je uključeno svojstvo *hidden*,
- označavanje pinova (polje ***Designator***) provesti prema sljedećoj slici:



- poželjno je skratiti izvode komponente na duljinu 10 (radi manjeg zauzeća površine simbola na električnoj shemi); kod integriranih sklopova obično se ostavlja duljina pina 20,
- također je bitno postaviti ispravni električni tip pina (u ovom slučaju *Passive*),
- na kraju, u *Tools » Component Properties* postaviti *Default Designator* u "H?".

**Napomena:** Vrlo je bitno uočiti da pinovi nisu simetrični objekti, odnosno da se električki aktivni dio (s kojim se može povezati putem *wire* objekta) nalazi na onom kraju pina gdje se vide četiri bijele točkice:



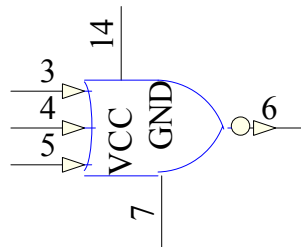
Ako se pin zarotira za 180°, povezivanje komponente na električnoj shemi neće biti ispravno provedeno!

### Zadaci za vježbu

27. (\*\*) Crtanje komponente 7427 (troulazna NILI vrata, *multipart* komponenta)

Postupak crtanja *multipart* komponente 7427 je sljedeći:

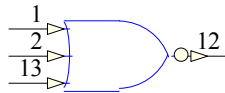
- dodati novu komponentu u *SchLib* biblioteku (putem opcije *Tools » New Component*),
- promijeniti ime komponente (korištenjem opcije *Tools » Rename component*) u 7427,
- nacrtati *part 1* (korištenjem linija, pinova i lukova); izgled komponente je sljedeći:



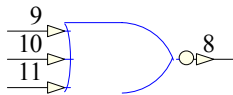
- **napomena:** prilikom crtanja grafičkog prikaza simbola korisno je isključiti snap grid (tj. pritiskom na *G* tipku promijeniti snap grid na vrijednost 1); međutim, pinove je poželjno postavljati na grubljem snap gridu (10), radi lakšeg povezivanja na el. shemi!
- za pinove unijeti sljedeće informacije:

Designator /visible	Display name /visible	Connect to	Type	Hide
3/da	/ne		input	ne
4/da	/ne		input	ne
5/da	/ne		input	ne
6/da	/ne		output	ne
14/da	VCC	VCC	power	da
7/da	GND	GND	power	da

- **napomena:** informacije o pinovima mogu se brzo uređivati korištenjem *Sch List* i *Sch Inspector* panela,
- za pin 6 zadati “outside edge = DOT” (oznaka logičke negacije na izlazu),
- dodati novi *part* putem opcije *Tools » New Part*,
- nacrtati *part 2* (preporučljivo napraviti *Copy-Paste* postojeće definicije *part 1*):



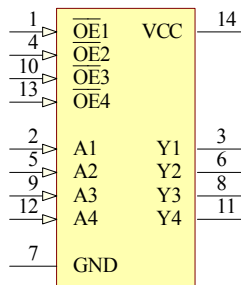
- isto ponoviti i za *part 3*:



**Napomena:** skrivene pinove napajanja dovoljno je nacrtati samo na jednom *partu*. Međutim, ako se taj *part* ne postavi eksplicitno na električnu shemu, tada se skriveni pinovi napajanja komponente neće povezati s mrežama napajanja (u pravilu, svi *partovi* komponente trebali bi biti vidljivi na električnoj shemi).

Ukoliko se pinovima 7 (GND) i 14 (VCC) na *partu* 1 postavi ručno svojstvo **PART=0** u dijalogu svojstava pina, tada će ti pinovi uvijek postojati na električnoj shemi, bez obzira da li je na nju postavljen onaj *part* u kojem su ti pinovi i stvarno definirani. “*Part*” svojstvo pina postoji upravo iz tog razloga.

28. (\*\*) Crtanje komponente 74125 (*single part* integrirani sklop s većim brojem pinova)



Postupak crtanja komponente 74125 je sljedeći:

- dodati novu komponentu u *SchLib* biblioteku (putem opcije *Tools » New Component*),
- promijeniti ime komponente (korištenjem opcije *Tools » Rename component*) u 74125,
- postaviti pravokutnik (koji simbolizira da se radi o integriranom sklopu) u ishodište radnog prostora (na sredini “virtualnog” papira),
- nacrtati izvode komponente prema slici,
- za sve izvode uključiti prikaz *Display name* i *Designator* polja; na ispravno postavljenom pinu *Display name* mora se naći unutar pravokutnika (opis funkcije pina), a *Designator* izvan njega (redni broj izvoda na kućištu komponente),
- za pinove u negativnoj logici znak negacije iznad slova u *Display name* dobiva se postavljanjem znaka “\” iza svakog slova, npr: “O\E\1”

- pinove napajanja preporučljivo je sakriti, kako je opisano kod komponente 7427 (ovdje nije potrebno koristiti mogućnost definiranja svojstva pina *part=0*, jer se ne radi o *multipart* komponenti)

## 29. (\*\*) Nacrtati električnu shemu sa slike 1 korištenjem hijerarhijskog pristupa

Hijerarhijski pristup crtanju električne sheme omogućuje podjelu složenog dizajna u više jednostavnijih cjelina. Ishodište hijerarhije predstavlja *top* shema, na koju se postavljaju *Sheet Symbol* objekti, koji definiraju uključenost podređenih shema u hijerarhijsko stablo (potrebno je definirati simbolički naziv *Sheet Symbola* i ime datoteke na koji pokazuje (\*.SchDoc)). Na *Sheet Symbol* objekte postavljaju se *Sheet Entry* objekti, koji određuju način razmjene signala između sheme višeg stupnja hijerarhije (*parent*) sa shemom nižeg stupnja (*child*) (vidi slike).

U prikazanom primjeru postupak izrade hijerarhijskog dizajna je sljedeći:

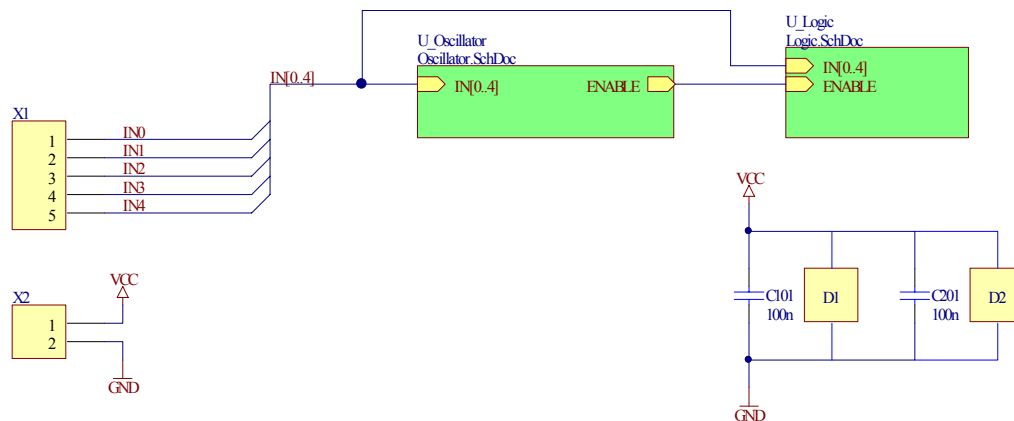
- otvoriti i pohraniti novi prazni PCB projekt (npr. *LAB1\_H\_PCBPrj.PCBPrj*),
- dodati tri nove prazne električne sheme korištenjem opcije *Add New to Project*; pohraniti novododane sheme na disk (kao npr. *Top.SchDoc*, *Oscillator.SchDoc* i *Logic.SchDoc*),
- sa električne sheme iz prethodno završenog projekta *LAB1\_PCBPrj.PCBPrj* korištenjem *Copy-Paste* opcije kopirati dijelove dizajna na sve tri novokreirane sheme (prema slikama u nastavku),
- shemu *Oscillator.SchDoc* potrebno je doraditi na sljedeći način:
  - o dodati *Port* objekt IN[0..4], povezati ga s *Bus* objektom, na *Bus* dodati *net label* IN[0..4]; net labela "IN[0..4]" znači da je na *Bus* spojeno pet mreža (IN0, IN1, ... , IN4 – logički *bus*); mreže IN0, IN1, ... , IN4 s *Top.SchDoc* će se proslijediti na *Oscillator.SchDoc* preko *Sheet Entry* i *Port* objekata (*Sheet Entry* nalazi se na *Sheet Symbolu* na *Top.SchDoc*, a odgovarajući *port* na *Oscillator.SchDoc*),
  - o ako se prosljeđuje samo jedan signal, tada svaki *Sheet Entry* odgovara jednoj žici (*wire*) (npr. ENABLE na slici); **napomena**: žice na *top* i *child* shemama potrebno je eksplicitno imenovati korištenjem *net labela* (istog imena), tj. nije ih dovoljno samo spojiti na portove, jer portovi ne mogu imenovati mrežu (bitno je jedino da se *portovi* i *sheet entryji* jednako zovu; eksplicitno imenovanje mreže uvijek se obavlja korištenjem net labela!),
  - o kada se želi proslijediti istovremeno više žica kroz jedan *Sheet Symbol*, mogu se koristiti tzv. *logički busevi* (vidi detaljnija objašnjenja u dokumentu *AR0123 Connectivity and Multi-Sheet Design.pdf*); **napomene**: logički bus može se imenovati putem *net labele* na ranije opisani način samo ako se strogo poštuje sintaksa <prefix><neprekinuta\_numeracija>; ukoliko *net labele* pridjeljene nekom *busu* nemaju takvu nomenklaturu, tada se *bus* ne može spojiti na *Sheet Entry* kao cjelina (tj. kao logički bus), već je za svaku mrežu (žicu) iz *busa* potrebno definirati poseban *Sheet Entry* (pojedinačno)!
  - o definirati *Port* objekt IN[0..4] kao ulazni,
  - o postaviti *Port* objekt ENABLE i definirati ga kao izlazni,
- napraviti isti postupak za shemu *Logic.SchDoc*:
  - o postaviti *Port* objekt IN[0..4] i definirati ga kao ulazni,
  - o postaviti *Port* objekt ENABLE i definirati ga kao ulazni,
- na *top* električnu shemu (*Top.SchDoc*) dodati dva *Sheet Symbola* (zeleni pravokutnici); dodavanje se može obaviti ručno (uz ručno dodavanje *Sheet Entryja* i

upisivanje informacija za povezivanje sa shemama u datotekama), ali je puno bolje i brže koristiti opciju *Design » Create Sheet Symbol from Sheet or HDL*

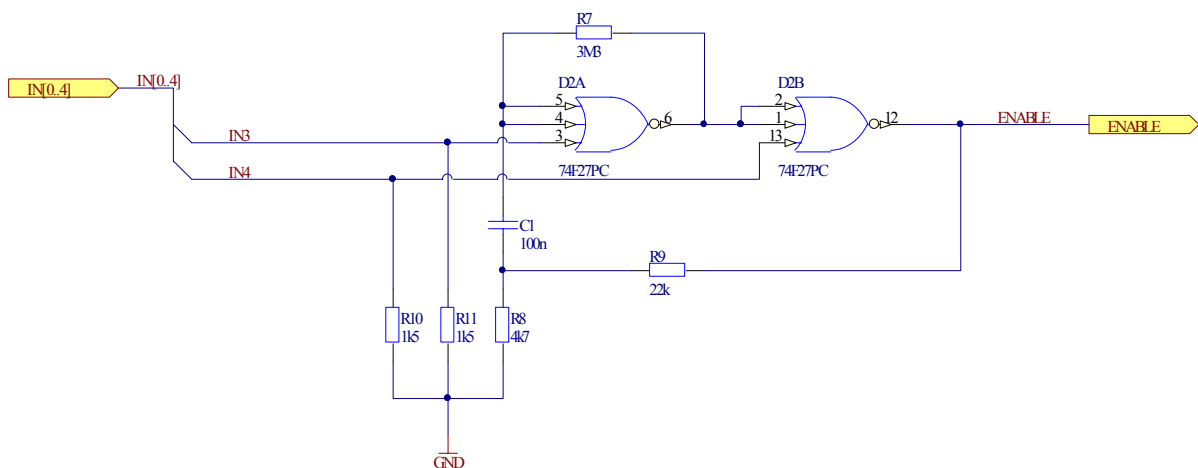
- pozivom opcije *Compile Project* automatski će se generirati hijerarhijsko stablo,
- na kraju, za vježbu zamijeniti postojeće komponente D1 i D2 korisnički definiranim komponentama 7427 i 74125.



Hijerarhijsko stablo projekta



Top.SchDoc



Oscillator.SchDoc

