


Indhold

Øvelse 1: Transmissionslinjer	2
Effekt af transmissionslinjens impedans	2
Måling af bench voltage	2
Refleksioner og termineringer.....	3
Øvelse 2: Beregning af banebredde.....	3
Oprettelse af stackup data	3
Oprettelse af fysisk regelsæt til 50Ω baner	4
Øvelse 3: Oprettelse af diagram.....	5
Øvelse 4: Oprettelse af Package Symbol (footprint)	8
Oprettelse af Padstack	8
Oprettelse af Package Symbol.....	10
Øvelse 5: Placering og Routing af print	11

Øvelse 1: Transmissionslinjer

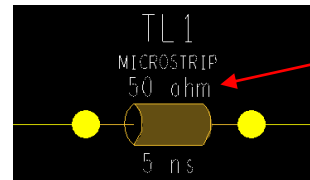
Effekt af transmissionslinjens impedans



1. Start programmet 'SigXplorer' fra start menuen under 'All Programs -> Cadence -> Release 16.x -> SigXplorer'.
2. Åbn topologien 'transmissionslinje_1.top' ved at vælge 'File -> Open'. Filen ligger i folderen 'C:\Kursus\mercantec\ovelse_1'.
3. Start simuleringen ved at trykke på ikonet  eller fra menuen 'Analyze -> Simulate'.



Efter endt simulering vises resultaterne i SigWave.

4. I SigWave vises to kurver – signalet ved senderen og signalet ved modtageren. Bemærk at impedanstilpasningen er perfekt.
5. Ændr nu impedansen for transmissionslinjen TL1 til 25Ω. Dette gøres ved at først klikke på teksten '50 ohm'. Fokus skifter nu til 'Parameters' fanen hvor værdien nu kan ændres til '25 ohm'.




6. Start simuleringen ved at trykke på ikonet  eller fra menuen 'Analyze -> Simulate'.
7. Bemærk på resultatet i SigWave at signalet skal frem og tilbage mange gange inden det når op på den fulde signalstyrke på 2V.
8. Ændr nu impedansen for transmissionslinjen TL1 til 75Ω. Dette gøres ved at først klikke på teksten '25 ohm'. Fokus skifter nu til 'Parameters' fanen hvor værdien nu kan ændres til '75 ohm'.
9. Start simuleringen ved at trykke på ikonet  eller fra menuen 'Analyze -> Simulate'.


Efter endt simulering vises resultaterne i SigWave.

10. Bemærk på resultatet i SigWave at signalet har en væsentlig højere amplitude når det når frem til modtageren og at det skal frem og tilbage et par gange inden det når et leje på de 2V.

Måling af bench voltage


11. Åbn topologien 'bench_voltage_1.top' ved at vælge 'File -> Open'. Filen ligger i folderen 'C:\Kursus\mercantec\ovelse_1'.
12. Start simuleringen ved at trykke på ikonet  eller fra menuen 'Analyze -> Simulate'.

Efter endt simulering vises resultaterne i SigWave.

13. Mål bench voltage med en horizontal marker. Tryk på ikonet  for at tilføje en marker.
14. Tryk på markeren som er en stiplede linje for at markere den. Derefter kan den flyttes ved at trække i den med musen. Noter værdien for bench voltage her _____ V.
15. Beregn nu selv hvad værdien for bench voltage burde være ud fra formlen $V_{\text{bench}} = \frac{V \cdot Z_0}{R1 + Z_0}$. Outputspændingen for bufferen 'tdr_out' er 2V. Stemmer værdien overens med den målte?

16. Ændrer værdien for 'R1' indtil signalet ved modtageren hverken har overshot eller undershot. Noter værdien for 'R1' her _____Ω.

Refleksioner og termineringer

17. Åbn topologien 'refleksioner_1.top' ved at vælge 'File -> Open'. Filen ligger i folderen 'C:\Kursus\mercantec\ovelse_1'.
18. Start simuleringen ved at trykke på ikonet  eller fra menuen 'Analyze -> Simulate'.


Efter endt simulering vises resultaterne i SigWave.

19. Bemærk på resultaterne at der ikke bliver reflekteret ude ved modtageren da det er en perfekt parallelterminering.
20. Ændr nu værdien for modstanden R1 til 0Ω og start simuleringen igen.
21. Bemærk nu på resultatet at hele signalet ved modtageren bliver reflekteret 100% med negativt fortegn. Det det kan ses på er at der efter 10ns er 0V - altså signalet har været en gang frem og tilbage og den negative refleksion udligner det oprindelige signal.
22. Ændr nu værdien til '10MΩ' dette gøres ved at give 'R1' værdien '10e6'.
23. Start simuleringen og bemærk at signalet ved modtageren bliver doblet op. Først ved modtageren da det er her refleksionen ses først og derefter ved senderen efter signalet har været en gang frem og tilbage.
24. Ændr nu værdien for 'R1' til 10Ω og kørs simuleringen.
25. Noter slutværdien for signalet når det har været en gang frem og tilbage (10ns). Passer denne værdi med $1V \cdot \frac{(10-50)}{(10+50)} = 1V \cdot \frac{-40}{60} = 0.333V$.
26. Prøv evt. med andre værdier f.eks. 'R1' = 75Ω.

Dette afslutter øvelser til første del om transmissionslinjer.

Øvelse 2: Beregning af banebredder

Oprettelse af stackup data

1. Start programmet 'PCB Editor' fra start menuen under 'All Programs -> Cadence -> Release 16.x -> PCB Editor'.
2. Åbn board-filen 'stackup.brd' ved at vælge 'File -> Open'. Filen ligger i folderen 'C:\Kursus\mercantec\ovelse_2'.
3. Tryk på ikonet  for at åbne 'Layout Cross Section' vinduet eller vælg 'Setup -> Cross-Section' fra menuen.
4. Indtast data for materialerne så de matcher nedenstående – dvs. tykkelsen for det grønne 'Dielectric' lag skal ændres til 1.6mm.
- | | Subclass Name | Type | Material | Thickness (MM) | Conductivity (mho/cm) | Dielectric Constant | Loss Tangent | Negative Artwork | Shield | Width (MM) |
|---|---------------|------------|----------|----------------|-----------------------|---------------------|--------------|--------------------------|--------|------------|
| 1 | | SURFACE | AIR | | | 1 | 0 | | | |
| 2 | TOP | CONDUCTOR | COPPER | 0.035 | 595900 | 4.5 | 0 | <input type="checkbox"/> | | 0.130 |
| 3 | | DIELECTRIC | FR-4 | 1.6 | 0 | 4.5 | 0.035 | | | |
| 4 | BOTTOM | CONDUCTOR | COPPER | 0.035 | 595900 | 4.5 | 0 | <input type="checkbox"/> | | 0.130 |
| 5 | | SURFACE | AIR | | | 1 | 0 | | | |
5. For at field solveren kan regne rigtig skal der indgå et plan lag. Sæt derfor laget 'Bottom' til at være et 'Plane' i stedet for 'Conductor' samt sørg for at der er sat hak i 'Shield' ud for laget 'Bottom'.

	Subclass Name	Type	Material	Thickness (MM)	Conductivity (mho/cm)	Dielectric Constant	Loss Tangent	Negative Artwork	Shield	Width (MM)
1		SURFACE	AIR			1	0			
2	TOP	CONDUCTOR	COPPER	0.035	595900	4.5	0	<input type="checkbox"/>		0.130
3		DIELECTRIC	FR-4	1.6	0	4.5	0.035			
4	BOTTOM	PLANE	COPPER	0.035	595900	4.5	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5		SURFACE	AIR			1	0			

6. Sæt nu hak i 'Show Single Impedance' nederst til højre i 'Layout Cross Section' vinduet. Hermed fremkommer kolonnen 'Impedance'.



7. Prøv nu at taste forskellige bredder for banen i kolonnen 'Width' og lad field solveren beregne impedansen indtil der opnås en impedans på 50Ω.

8.

	Subclass Name	Type	Material	Thickness (MM)	Conductivity (mho/cm)	Dielectric Constant	Loss Tangent	Negative Artwork	Shield	Width (MM)	Impedance (ohm)
1		SURFACE	AIR			1	0				
2	TOP	CONDUCTOR	COPPER	0.035	595900	4.5	0	<input type="checkbox"/>		1.500	71.637
3		DIELECTRIC	FR-4	1.6	0	4.5	0.035				
4	BOTTOM	PLANE	COPPER	0.035	595900	4.5	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5		SURFACE	AIR			1	0				

9. En anden måde er at skrive den ønskede impedans i kolonnen 'Impedance' og herefter beregner field solveren bredden af banen. Den endelige banebredde skulle gerne ende lige omkring 2.9mm.

10. Beregn banebredden for en 75Ω bane og noter den her _____mm.

11. Luk 'Layout Cross Section' vinduet ved at trykke på 'OK' nederst til venstre.

12. I PCB Editor gem board filen ved at trykke på ikonet .

Oprettelse af fysisk regelsæt til 50Ω baner

13. Åbn 'Constraint Manageren' (CM) ved at klikke på ikonet  eller fra menuen 'Setup -> Constraints -> Constraint Manager'

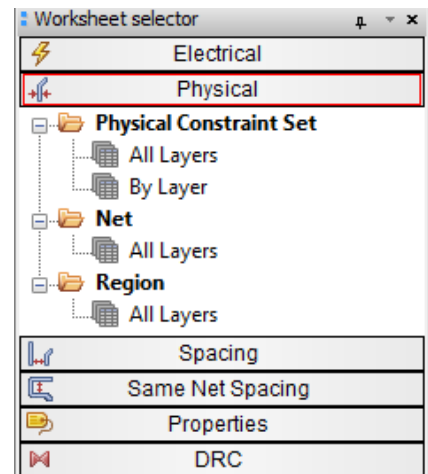
14. Til venstre i CM er der mulighed for at vælge faner med de forskellige Constraint domæner – Electrical, Physical, Spacing og Same Net Spacing.

15. Vælg fanen 'Physical' da et 50Ω regelsæt hører hjemme her.

Alle domæner er inddelt i en folder til regelsæt (Physical Constraint Set). Under denne folder oprettes regelsæt hvilket svarer til en typografi i Microsoft Word.

Derudover findes der en folder 'Net' hvor net fra netlisten befinder sig i. Under denne folder kan man knytte et regelsæt til de net der er kommet ind via netlisten.

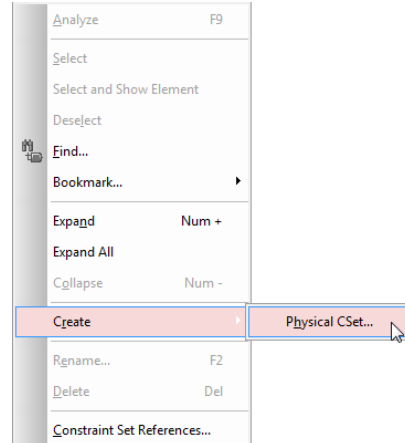
Denne opbygningsmåde øger abstraktionsniveauet og gør at man typisk kun skal rette i regelsæt og ikke på netniveau.



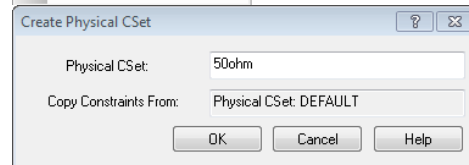
16. Tryk på 'All Layers' under 'Physical Constraint Set'. Nu skulle man kunne se alle de constraints der kan sættes op og der gælder i det fysiske domæne.


Type	Objects	Line Width		Neck		Vias	BB Via Stagger		Allow		
		Min mm	Max mm	Min Width mm	Max Length mm		Min mm	Max mm	Pad-Pad Connect	Etch	Ts
Dsn	stackup	0.127	0.000	0.127	0.000	VIA	0.127	0.000	ALL_ALLOWED	TRUE	ANYWHERE
PCS	DEFAULT	0.127	0.000	0.127	0.000	VIA	0.127	0.000	ALL_ALLO...	TRUE	ANYWHERE

17. Opret et nyt regelsæt ved at højreklikke på det allerede eksisterende regelsæt 'Default' og vælg 'Create -> Physical CSet'.



18. I 'Create Physical CSet' vinduet angiv navnet til '50ohm'



19. Angiv nu 'Min Line Width' til 2.9 og afslut med 'Enter'. Reglen 'Min Line Width' styrer banebredden for net der knyttes til dette regelsæt.
20. Opret et regelsæt med navnet 75ohm (brug samme metode som til 50ohm) og indstast 'Min Line Width' beregnet tidligere.
21. Luk CM ved at trykke på det røde kryds i øverste højre hjørne eller fra menuen 'File -> Close'.
22. I PCB Editor gem board filen 'stackup.brd' ved at trykke på ikonet .

Øvelse 3: Oprettelse af diagram

1. Start programmet 'OrCAD Capture CIS' fra start menuen under 'All Programs -> Cadence -> Release 16.x -> OrCAD Capture CIS'.
2. Opret et nyt Capture design. Vælg 'File -> New -> Project'.
3. I 'New Project' vinduet:

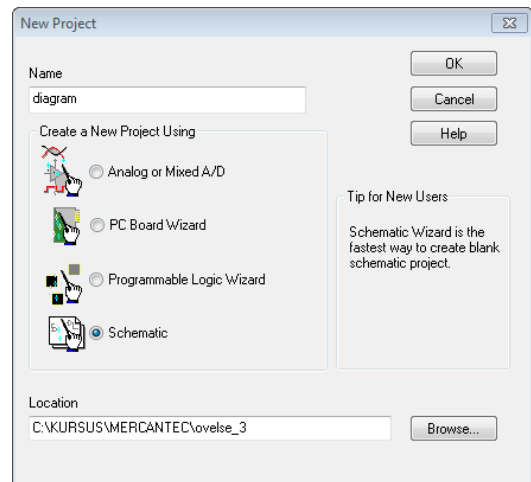


Sæt 'Name' til at være 'diagram'.

Sørg for at der er sat hak i 'Schematic'.

Angiv 'Location' til 'C:\KURSUS\mercantec\ovelse_3'.

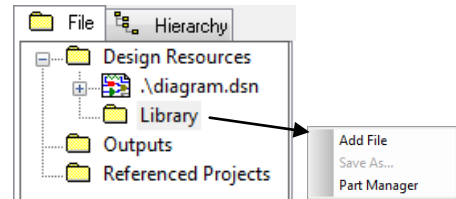
Slut af med at trykke på 'OK'.




4. Tilføj part biblioteket 'ovelse_3_lib.olb' til det netop oprettede design.

Højreklik på folderen 'Library' og vælg 'Add File'.


Filen 'ovelse_3_lib.olb' findes i folderen 'C:\Kursus\mercantec\ovelse_3'.

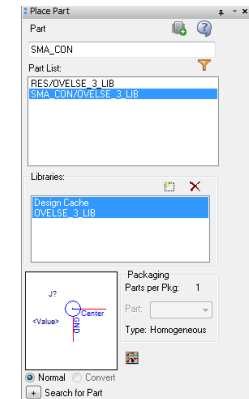


5. Gør klar til at placere komponenter ved at vælg det viste diagram vindue '/ - (SCHEMATIC : PAGE1)'.


6. Tryk på 'p' på tastaturet for at på 'Place Part' vinduet frem eller tryk på ikonet .
7. Placer fem symboler af typen SMA_CON.

Marker 'SMA_CON/OVELSE_3_LIB' under 'Part List'.

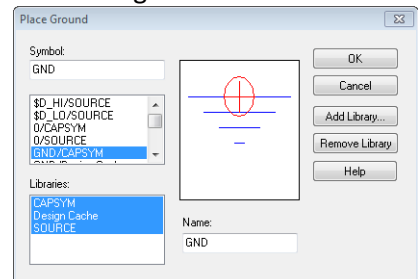
Tryk nu på ikonet  placer derefter tre symboler på diagramsiden ved at klikke med musen.



8. Marker nu 'RES/OVELSE_3_LIB' under 'Part List' og placer et modstandssymbol.
9. Afslut med at højreklikke og vælge 'End Mode' eller tryk på 'esc' på tastaturet.

10. Placer nu 'GND' symboler på diagrammet. Tryk på 'g' på tastaturet eller brug ikonet .
11. I 'Place Ground' vinduet tryk på knappen 'Add Library'.

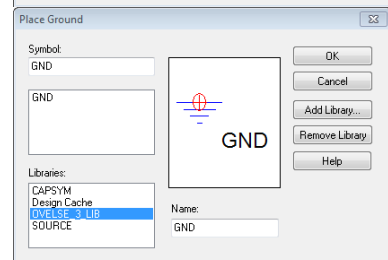
Tilføj filen 'ovelse_3_lib.olb' som ligger i mappen 'C:\Kursus\mercantec\ovelse_3'.



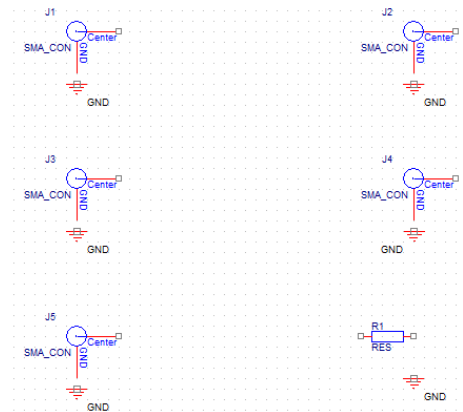
12. Marker 'OVELSE_3_LIB' i listen inder 'Libraries' i vinduet.


Tryk derefter på 'OK'.

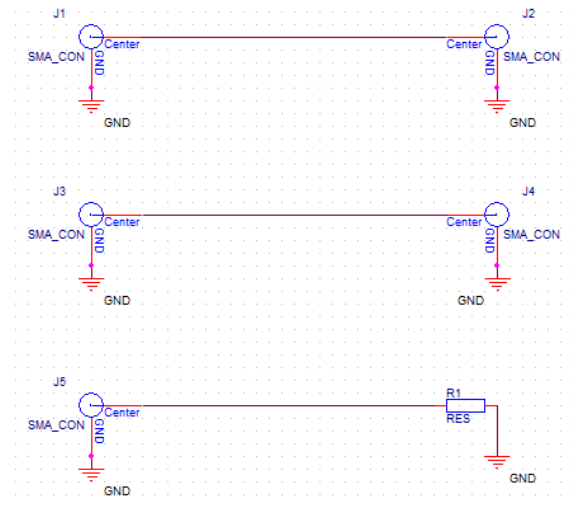
Placer nu seks 'GND' symboler på diagramsiden i nærheden af 'GND' benet på SMA symbolerne og ved modstanden 'R1'.



13. Flyt nu rundt på symbolerne så diagrammet ligner det viste til højre.



14. Spejlvend 'J2' og 'J4' ved først at klikke på det og bagefter højreklikke på det og vælg 'Mirror Horizontally'.
15. Forbind nu de to 'Center' ben på 'J1' til 'J2' samt 'J3' til 'J4'. Tryk på 'w' på tastaturet eller tryk på ikonet .
16. Forbind også 'J5' til 'R1' samt forbind 'GND' symbolerne til 'J1' - 'J5' og 'R1'.





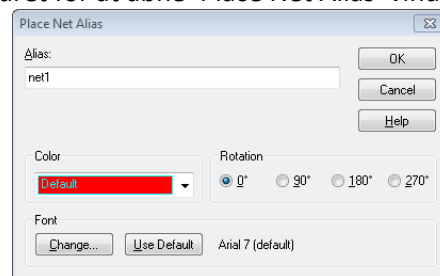
17. Tilføj netnavne på nettene. Tryk nu på 'n' på tastaturet for at åbne 'Place Net Alias' vinduet.
18. Angiv 'net1' under 'Alias' og tryk på 'OK'.

Herefter hænger der et alias på musemarkøren.

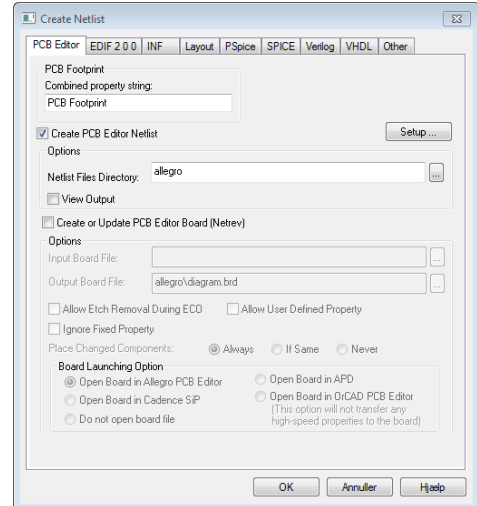
Klik nu på de tre net for at give dem netnavnene 'net1', 'net2' og 'net3'.

'Net Alias' funktionen tæller selv op efter man har klikket på et net for at placere et netnavn.

19. Afslut med at højreklikke og vælge 'End Mode' eller tryk på 'esc' på tastaturet.
20. Gem designet ved at trykke på ikonet  eller fra menuen 'File -> Save'.
21. Opret en netliste ved først at vælge .\diagram.dsn i 'Project Manageren' og derefter trykke på ikonet  eller fra menuen 'Tools -> Create Netlist'.



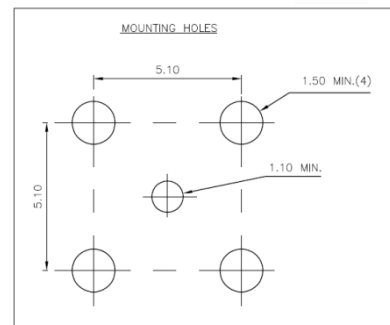
22. I 'Create Netlist' vinduet vælg fanebladet 'PCB Editor' og tryk på 'OK' nederst i vinduet. Klik 'OK' og 'Yes' i de næste par vinduer.



Øvelse 4: Oprettelse af Package Symbol (footprint)

Oprettelse af Padstack

1. Start programmet 'Pad Designer' fra start menuen under 'All Programs -> Cadence -> Release 16.x -> PCB Editor Utilities -> Pad Designer'.
2. Opret padstacken for center ben på SMA stikket.



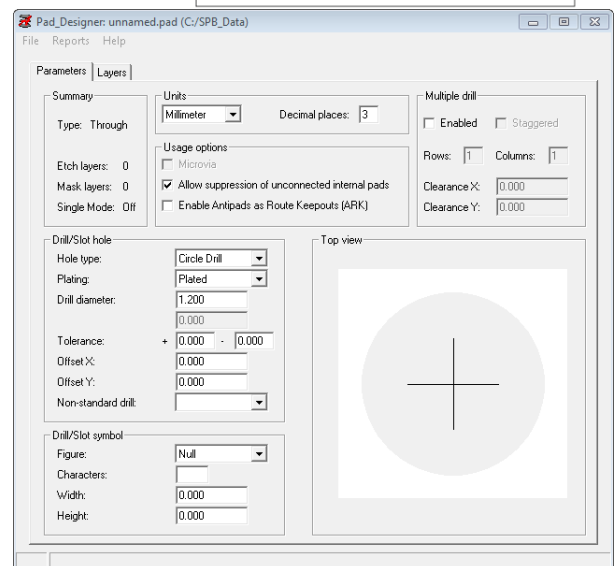
3. Sæt 'Units' for padstacken til 'millimeters'.

Sæt 'Decimal Places' til '3'.

Sæt 'Hole type' til Circle Drill'.

Sæt 'Plating' til 'Plated'.

Sæt 'Drill diameter' til 1.200 (1.1+tol).



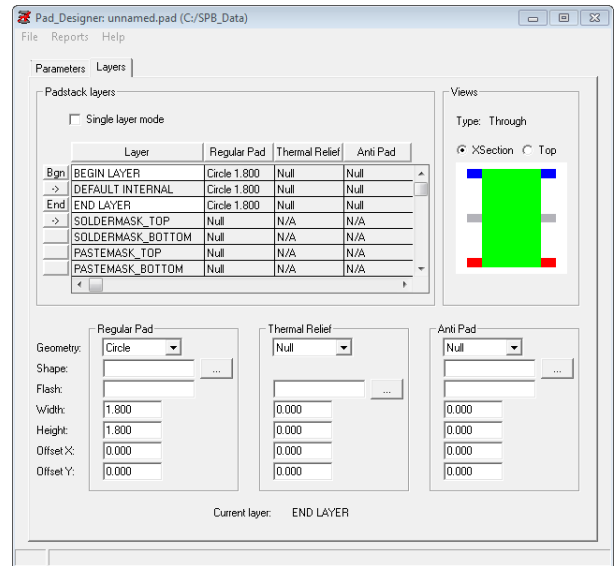
4. Vælg fanebladet 'Layers' i 'Pad Designer'.

5. Vælg laget 'BEGIN LAYER' og i 'Regular Pad' boksen:

Sæt 'Geometry' til 'Circle' fra drop-down menuen.

Sæt 'Width' til 1.8 for at få en annularring på 0.3mm tykkelse.

Gentag ovenstående for lagene 'DEFAULT INTERNAL' og 'END LAYER'.



6. Vælg 'File -> Save As' og gem filen med filnavn 'ph_120_180.pad' i folderen 'C:\Kursus\mercantec\ovelse_4'.
7. Vælg 'File -> New' for at oprette padstacken for de andre ben på SMA stikket.
8. I 'New Padstack' vinduet tryk på 'Browse' og opret den nye padstack med filnavn 'ph_160_220.pad' og vælg folderen 'C:\Kursus\mercantec\ovelse_4'.

Slut af med at trykke på 'OK'.

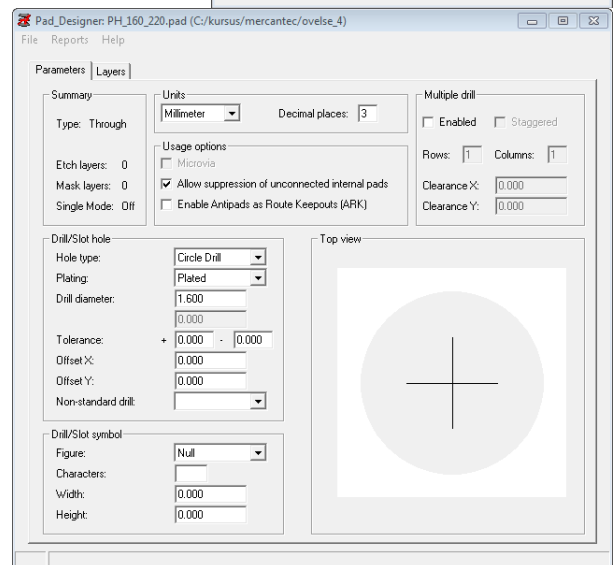
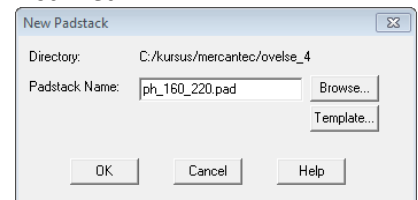
9. Sæt 'Units' for padstacken til 'millimeters'.

Sæt 'Decimal Places' til '3'.

Sæt 'Hole type' til 'Circle Drill'.

Sæt 'Plating' til 'Plated'.

Sæt 'Drill diameter' til 1.600 (1.6+tol).



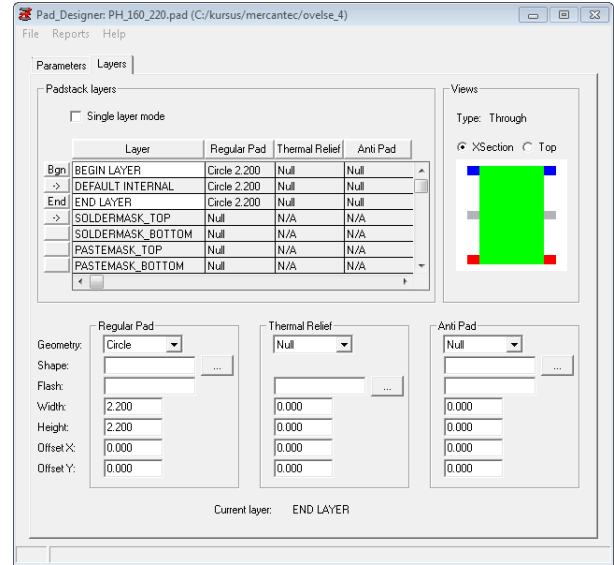
10. Vælg fanebladet 'Layers' i 'Pad Designer'.

11. Vælg laget 'BEGIN LAYER' og i 'Regular Pad' boksen:

Sæt 'Geometry' til 'Circle' fra drop-down menuen.

Sæt 'Width' til 2.2 for at få en annullarring på 0.3mm tykkelse.

Gentag ovenstående for lagene 'DEFAULT INTERNAL' og 'END LAYER'.



12. Vælg 'File -> Save' for at gemme padstacken.
13. Luk 'Pad Designer' på krydset i øverste højre hjørne eller fra menuen 'File -> Exit'.

Oprettelse af Package Symbol

14. Start programmet 'PCB Editor' fra start menuen under 'All Programs -> Cadence -> Release 16.x -> PCB Editor'.
15. Åbn drawing-filen 'sma_lead.dra' ved at vælge 'File -> Open'. Filen ligger i folderen 'C:\Kursus\mercantec\ovelse_4'. Sørg for at sætte 'Filetype' til 'Symbol Drawing (*.dra)'.
16. Hold musen hen over knappen 'Options' i højre side. Når musen holdes hen over knappen foldes menuen ud. Sæt den fast ved at trykke på den lille knappenål i titlen på 'Options' vinduet.



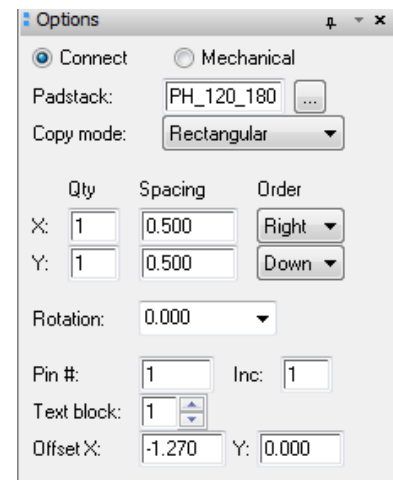
Visibility
Find
Options



17. Placer nu center ben for SMA stikket. Tryk først på ikonet
18. I 'Options' panelet angiv ph_120_180 i feltet 'Padstack'.

Før musen ud på kanvasset (det sorte med de hvide prikker) og placer et ben i koordinatet (0, 0).

(0, 0) er angivet med symbolet



19. Ændr nu 'Padstack' i 'Options' panelet til 'ph_160_220'.

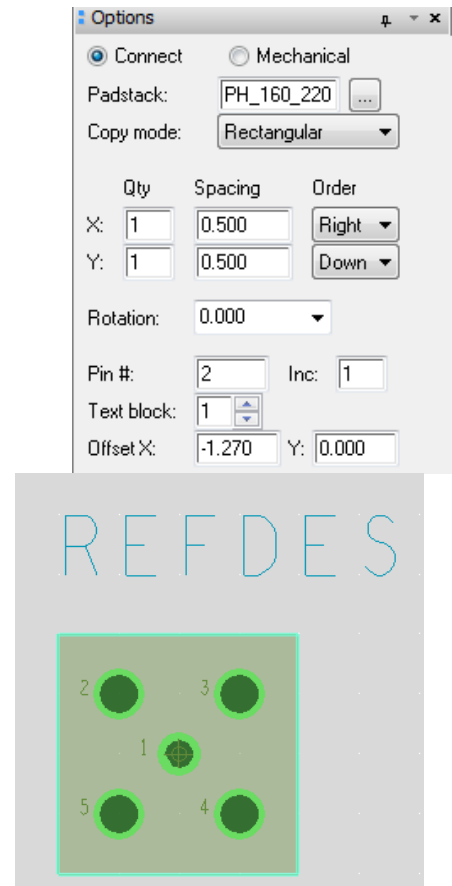
Før musen in på kanvasest og placer fire ben et i koordinaterne

- (-2.55 , 2,55)
- (2.55 , 2.55)
- (2.55 , -2.55)
- (-2.55 , -2.55)

Grid på filen skulle være sat op til 2.55 mellem hver gridpunkt.

Afslut med at højreklikke og vælge 'done'.

20. I 'Command' vinduet skriv 'replay add_areas' for at tilføje angivelse af komponentens størrelse og silketryk. Resultatet skulle gerne ligne det til højre.



21. Vælg 'File -> Save' for at gemme package symbolet.

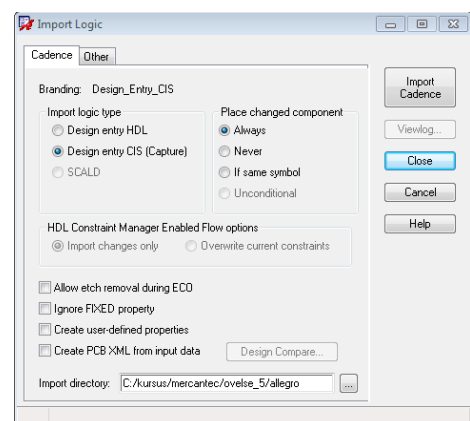
Øvelse 5: Placering og Routing af print

1. Start programmet 'PCB Editor' fra start menuen under 'All Programs -> Cadence -> Release 16.x -> PCB Editor'.
2. Åbn board-filen 'stackup.brd' ved at vælge 'File -> Open'. Filen ligger i folderen 'C:\Kursus\mercantec\ovelse_5'.
3. Vælg 'PCB Flow -> Netlist import' fra menuen for at få 'Import Logic' vinduet frem.



Check at stier til filer er identisk med vinduet til højre.

Afslut med at trykke på knappen 'Import Cadence'.

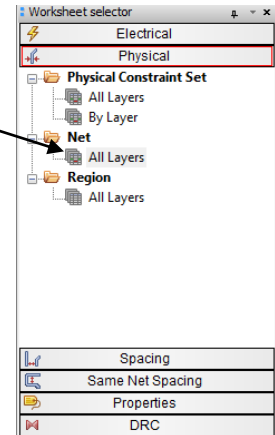


4. Vælg 'PCB Flow -> Constraint setup with netlist -> Physical' fra menuen.

5. Vælg 'Net -> All Layers' i 'Worksheet Selector'.

Tryk på 'Default' ud for 'Net1' og vælg '50OHM' i listen
 Tryk på 'Default' ud for 'Net2' og vælg '75OHM' i listen
 Tryk på 'Default' ud for 'Net3' og vælg '50OHM' i listen

stackup		Referenced Physical CSet	Line Width		Neck		Uncoupled Length	
Type	Objects		Min mm	Max mm	Min Width mm	Max Length mm	Gather Control	Max mm
Die	stackup	DEFAULT	0.127	0.000	0.127	0.000		
Net	GND	DEFAULT	0.127	0.000	0.127	0.000		
Net	NET1	50OHM	2.500	0.000	0.127	0.000		
Net	NET2	75OHM	1.356	0.000	0.127	0.000		
Net	NET3	50OHM	0.127	0.000	0.127	0.000		

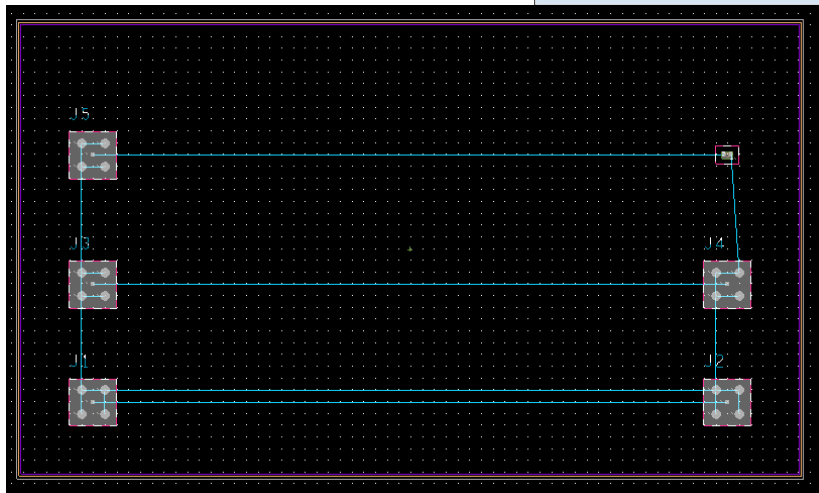
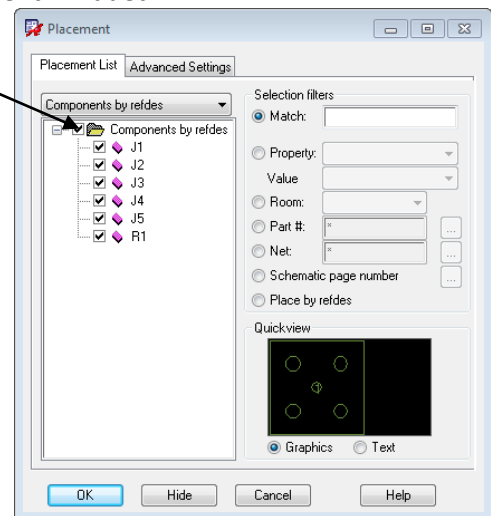


6. Luk Constraint Manager enten vha. krydset i øverste højre hjørne eller via menuen 'File -> Close'.
 7. Vælg 'PCB Flow -> Component placement' for åbne 'Placement' vinduet.
 8. I placement vinduet sæt hak ved 'Components by refdes'.

Tryk på knappen 'Hide' for at skjule 'Placement' vinduet under placering af komponenter.

Før herefter musen ud på kanvasset og J1 hænger på musen.

Placer komponenterne indenfor outline som vist nedenfor.



9. Afslut placering af komponenter ved at højreklikke på kanvas og vælg 'Done'.
 10. Nu skal banerne på printet routes. Vælg 'PCB Flow -> Route' fra menuen.

11. Tryk nu på centerbenet på 'J1' og indstil 'Find filteret i højre side som vist til højre.

Afslut banen ved at trykke på 'J2' centerben.

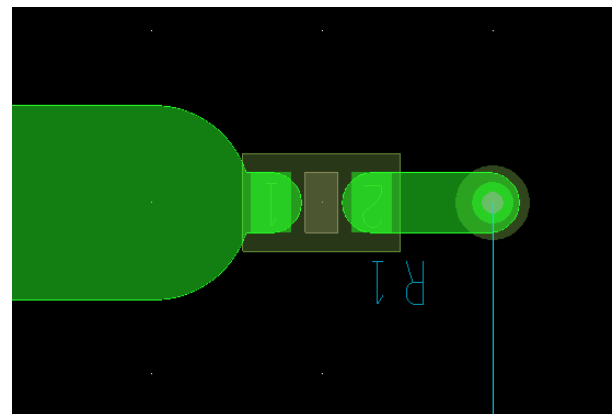
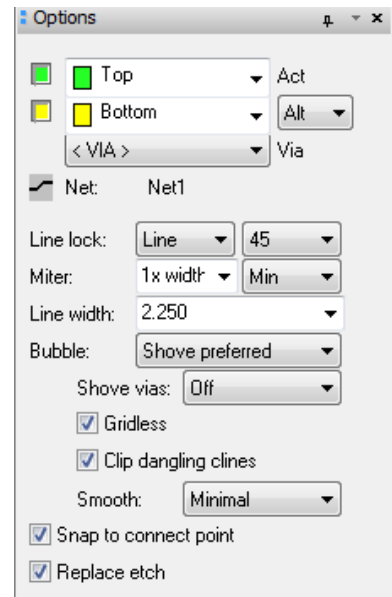
Forbind nu centerben på 'J3' til 'J4' på samme måde. Bemærk at banebredden er anderledes. Dette skyldes at vi har sat regler op for 'Min Line Width'.

Forbind nu 'J5' til 'R1'.

Forbind til sidst Det andet ben på 'R1' til bagsiden af printet. Dette gøres ved først at klikke på det andet ben på 'R1' og derefter trække musen derud hvor en via skal placeres.

Placer via ved at dobbeltklikke højreklik derefter og vælg 'done'.

Detalje ved via ses her.



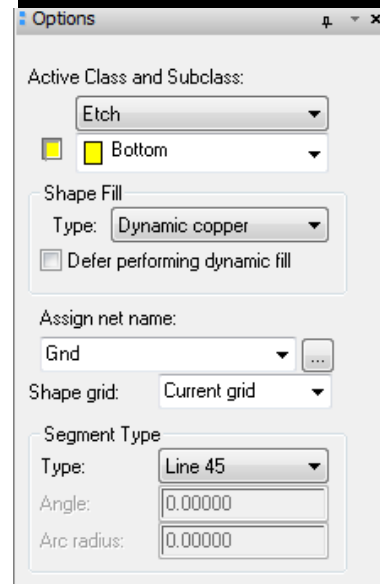
12. Opret nu kobberlag på bagsiden af printet. Vælg 'PCB Flow -> Copper shapes'.

Indstil 'Find' filteret som vist til højre.

Sæt 'Class' og 'Subclass' til 'Etch' og 'Bottom'.

Sæt 'Type' er sat til 'Dynamic Copper'.

Sæt 'Assign net name' til 'Gnd'.



13. Tryk nu på kanvas med musen uden for outline – begynd i øverste venstre hjørne.

14. Tryk nu hele vejen rundt om outline.

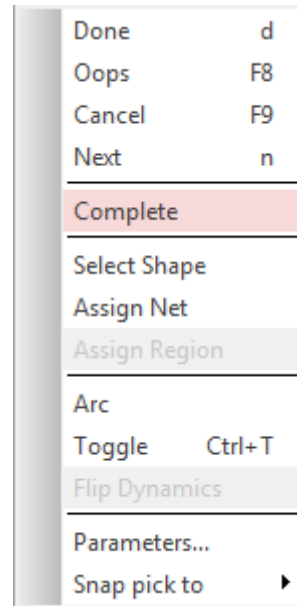
Få PCB Editor til selv at gøre den sidste side færdig.

Højreklik og vælg 'Complete'.

Der skulle nu gerne være opretten et kobberareal på bundsiden af printet.

PCB Editor klipper selv shapen af uden for outline.

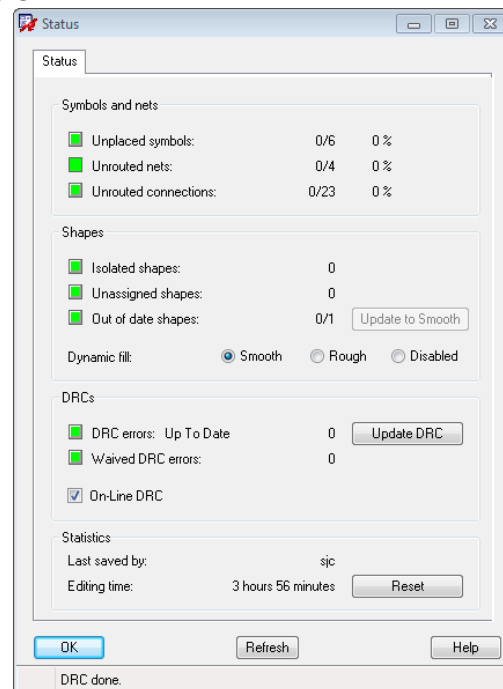
Slut af med at højreklikke og vælge 'Done'.




15. Printet er nu færdigt. Vælg 'PCB Flow -> Status Check'.
Kør desuden en 'Tools->Database Check' og tryk på OK
16. Tryk på knappen 'Update DRC' for at verificere at der ikke er nogen DRC fejl.

Printet ser ud til at være klar til produktion.

Luk vinduet ved at trykke på 'OK'.



17. Afslut opgaven ved at genere output filer. Vælg 'PCB Flow -> Post processing'.
18. I 'Post Processing' vinduet tryk på 'Run' nederst i vinduet for at generere filer.
19. Under kørslen af 'Post Processor' vil man blive bedt om at placere en drill legend. Placer den i toppen af kanvas uden for outline for printet.
20. Vælg 'No' til at se log filen.
21. Filerne til produktion af printet kan nu findes i folderen 'C:\kursus\mercantec\ovelse_5\output'. Filerne er at finde løst i folderen, men der er også oprettet en zip fil med en samlet produktionspakke.
22. I PCB Editor gem board filen ved at trykke på ikonet .