

# TSTE93 Analog konstruktion

Introduktion

*Mark Vesterbacka*

# Dagens föreläsning

- Kursinformation
- Projektinformation
- Mönsterkort

# Lärare

- Kursansvar, föreläsare, labbhandledare, projekthandledare
  - Mark Vesterbacka
- Forskningsingenjör
  - Arta Alvandpour
- Våra kontor
  - Ingång 25—27, övre våningen



# Projektkurs i analog konstruktion

- Under VT1 lär vi oss
  - Konstruera ett analogt system
  - Modellera och simulera större kretsar
  - Konstruera mönsterkort
- Under VT2 fortsätter vi med att
  - Bestycka mönsterkort
  - Mäta och felsöka
- Kursen ger 6 hp och betyg *G* vid
  - Godkänd teknisk rapport
  - Godkänd muntlig redovisning

# Material

- Ingen kursbok
- Kursmaterial på <http://www.isy.liu.se/edu/kurs/TSTE93/>
  - Föreläsningbilder
  - Labmanualer
  - Projektexempel
- Instruktioner, datablad och applikationsnoter finns t ex hos
  - National Instruments: [www.ni.com/multisim/technical-resources](http://www.ni.com/multisim/technical-resources)
  - Vår huvudleverantör: [www.elfa.se](http://www.elfa.se)
  - Sekundär leverantör: [se.farnell.com](http://se.farnell.com)

# Föreläsningar och laborationer under VT1

- Fö består av introduktion & korta presentationer under labbpass
- Under labbpassen görs projektförberedelser och projektarbete
  - 18/1: Kretskonstruktion med Multisim
  - 25/1: Konstruktion av mönsterkort med Ultiboard
  - 1/2: Val av projektuppgift och specifikation (lärarlös)
  - 8/2: Konstruktion och simulering i Multisim
  - 15/2: Definiera komponentmodeller i Ultiboard
  - 22/2: Kretsschema och inköpslista (lärarlös)
  - 1/3: Färdigställa mönsterkort
- Den 16/3 beställer vi mönsterkort och 19/3 beställer vi komponenter. Ofärdiga konstruktioner görs färdigt nästa år.

# Moment under VT2

- VT2 ägnas i huvudsak åt att färdigställa projektet
  - Bestyckning av mönsterkort
  - Felsökning
  - Prestandamätning
  - Rappportskrivning
  - Projektdemonstration
- Tider i VT2 fastställs senare

# Genomförande

- En grupp består normalt av 3 personer
- Projektarbetet dokumenteras i ett gemensamt dokument
  - Projektarbete 2018 finns i Google drive-mappen TSTE93
  - Kursdeltagare får en länk under fredag 19/2 via kursens epostlista
  - Kursdeltagarna fyller i projektinformation löpande under kursen
- Tekniska frågor diskuteras på en chat
  - TSTE93 VT18 finns på briteback.com
  - Kursdeltagare får en länk till chatten under fredag 19/2



# Deadlines

- Följande aktiviteter ska dokumenteras under VT1
  - 2018-01-29: Skapa projektgrupp
  - 2018-02-05: Projektval
  - 2018-02-12: Specificera projekt, gör en blockskiss och testplan
  - 2018-02-26: Gör en komponentlista och kontrollera priset
  - 2018-03-16: Färdigställ kretskortslayouten och leverera till fo-ing
  - 2018-03-19: Beställ komponenter via fo-ing
- Aktiviteter som dokumenteras under VT2
  - Bestyckning av kortet med komponenter
  - Felsökning
  - Prestandamätning

# Exempel på projekt

- 2.1-audioförstärkare (vänster, höger, subbas)
  - Standard line-ingång
  - Stereohögtalare för 20 Hz – 20 kHz
  - Subbas för 20 Hz – 100 Hz
  - Ljud från vänster och höger ska båda ut i subbas
- Möjlighet att ställa in volym, balans, bas, diskant samt loudness
- Rättning av ofullkomligheter hos subbashögtalaren
  - Jämna till frekvensgången genom att justera förstärkning och fas

# Arbetsgång

- Beskriv funktion och krav för system och subsystem
- Välj kretsstrukturer för att implementera funktionen
- Beräkna och välj komponentvärden
- Välj komponenter från bibliotek av tillgängliga komponenter (bestäm pris, elektriska och mekaniska egenskaper)
- Validera den elektriska funktionen med simulering
- Konstruera mönsterkort
- Validera den kompletta konstruktionen
- Tillverka kort och beställ komponenter
- Montera och testa apparaten

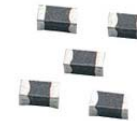
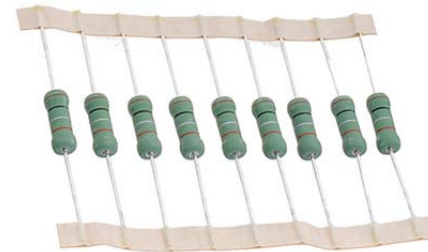
# Komponenter

- Komponenter har olika anslutningar
  - Ben på resistanser, kapacitanser
  - Pinnar på IC-kretsar
  - Kabelskoanslutningar
  - Skruvanslutningar på stora kapacitanser
  - Punkter på undersidan av IC-kretsar



# Kapsling

- En komponent med ett visst värde kan se ut på många olika sätt
- Exempel: resistans
- Olika monteringsätt
  - Hålmontering
  - Ytmontering
- Maximal effekt
  - Maximal temperatur
  - Möjlighet avleda värme

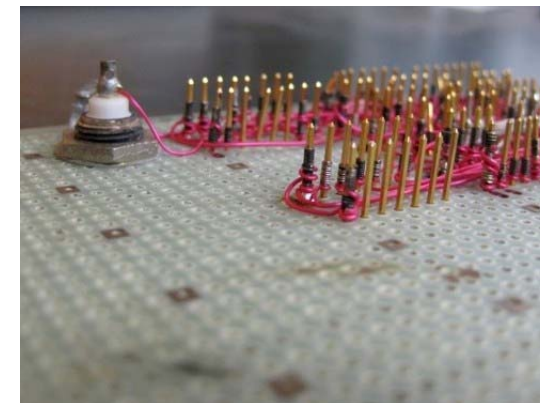
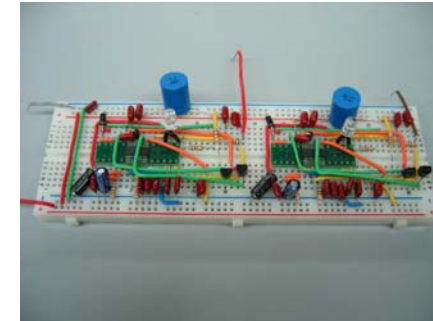


# Komponentegenskaper

- Material, exempel motstånd
  - Kolfilm
  - Metallfilm
  - Trådlindade
- Noggrannhet, stabilitet
  - Avvikelse från märkvärdet
  - Temperaturberoende
  - Långtidsstabilitet
- Signalegenskaper
  - Parasitegenskaper
  - Störningskänslighet

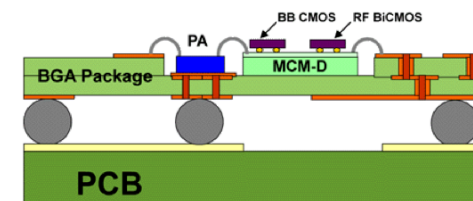
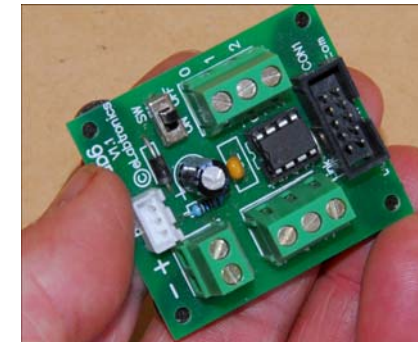
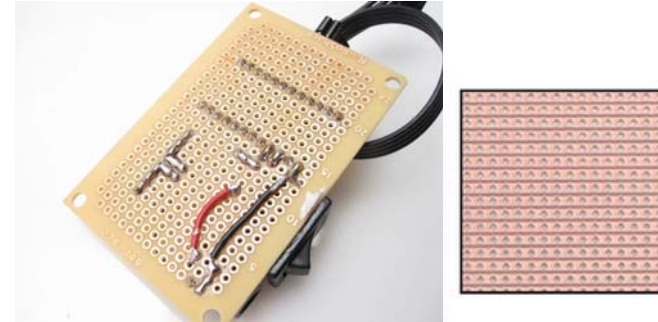
# Byggsätt

- Kopplingsplatta (breadboard typ Elvis)
  - Ingen lödning och lätt att ändra, osäker kontakt, dålig mekanisk stabilitet
- Direkt lödning på komponenter
  - Ostrukturat, känsligt för mekanisk påverkan och svårt att tillverka
- Virning
  - Ingen lödning, svåröverskådligt, säkrare elektrisk förbindning än lödning, störningskänslig



# Bygga med kretskort

- Experimentkort
  - Svårt göra kompakta kort, mycket extra arbete, manuell hantering
- Mönsterkort
  - Lödning, speciellt tillverkat för varje applikation, automatisk montering och lödning möjlig
  - Större startkostnad
- Hantering av specialkapslingar, etc.
  - System-in-package, Multichip modules



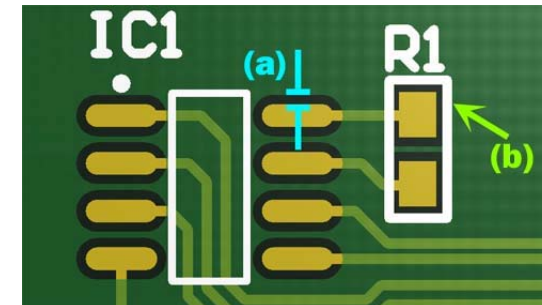
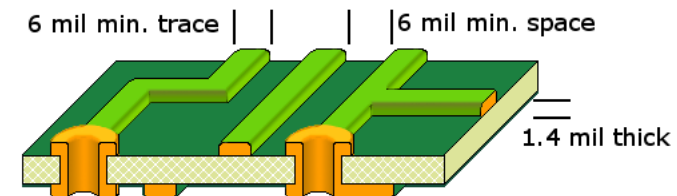


# Fördelar med mönsterkort

- Ger god kontroll på anslutningarnas egenskaper
  - Parasitiska egenskaper, matchning
  - Mekanisk stabilitet
- Sprider värme som utvecklas i komponenterna
- Effektivt sätt att producera stora serier
  - Enkelt att automatisera produktion av kort
- Möjliga att bestycka och löda automatiskt
  - Automatisk montering
  - Våglödning eller omsmältningslödning (engelska: reflow)

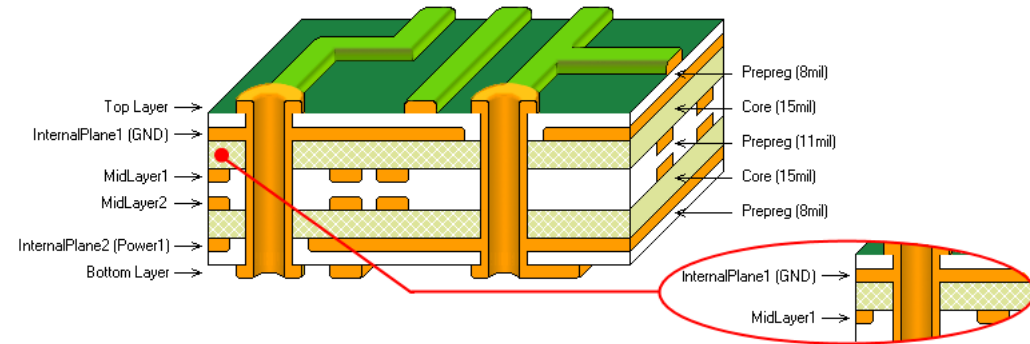
# Mönsterkortets uppbyggnad

- Isolerande skiva med metallmönster, hål för koppling mellan lager
  - Koppar deponeras inuti hålen (genomplätering)
- Isolerande lack över mönstret utom vid anslutningspunkterna, så kallad lödmask
- Tryck med info om komponenter etc. på båda sidorna
  - Engelska: *legend* eller *silk screen*
- Förtenta anslutningspunkter
- Förgyllda kontaktytor

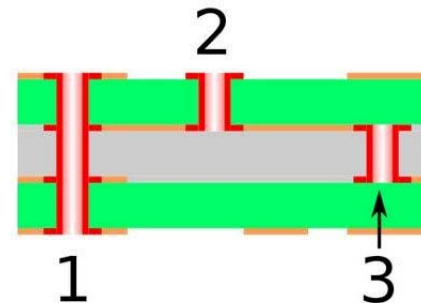


# Mönsterkortets lager

- Flera lager möjliga
  - Enkelsidigt billigast
  - Byggs som en lager-på-lager konstruktion
  - Vanligen upp till 20 lager



- Anslutningar mellan lager (via)
  - Vanlig via (1)
  - Blind via (2)
  - Begravd via (3)



# Material i mönsterkort

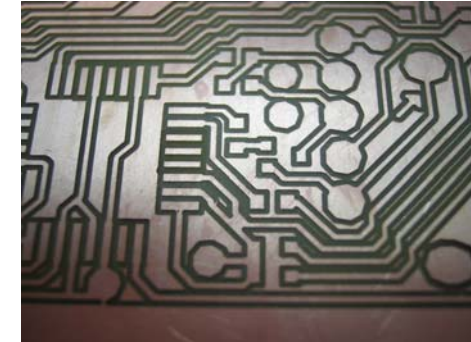
- Vanliga material
  - Glasfiberarmerad epoxi, teflon, polyamid, fenolpapper, CEM
  - Flexibla laminat som plastfilm
  - Metallbaserade laminat
  - Tunt glas (0.1 mm)
- Intressanta egenskaper
  - *Temperaturutvidgningskoefficient* (CTE), ppm expansion/°C
  - *Glasomvandlingstemperatur* ( $T_g$ ), temperatur när isolatorn mjuknar
  - *Dielektricitetskonstant* ( $\epsilon_r$  eller DK), förmåga att lagra laddning, ska vara liten och ge konstant impedans
  - *Förlustfaktorn* (dissipationsfaktorn,  $\tan \delta$ ), växelströmsförluster

# Montering

- Manuell
  - Vanlig för prototyper och små serier
- Maskinell
  - Hålmonterat löds med våglödningsmaskin
  - Ytmonterade komponenter limmas och lödpasta appliceras
  - Screentryck av lim och lödtenn
  - Komponenter monteras genom att lödpastan smälts i en ugn
- Komponenter monteras ibland på båda mönsterkortssidor

# Mönsterkortstillverkning

- Fräs bort koppar för att få lämpligt ledarmönster
  - Kopparlaminat borras och spår fräses för att få ledningsbanor
  - Inga genompläterade hål
- Hobbytillverkning med etsning
  - Färdigt laminat med enkelt eller dubbelsidigt kopparlager
  - Applicera ledningsmönster, t ex med gnuggsymboler, tejp eller färg
  - Alternativt använd fotoresist för att överföra mönster som skyddar ledningsmönstret
  - Etsa bort oönskad koppar (järnklorid, väteperoxid, syra....)



# Industriell tillverkning

- Standardiserat format behövs för mönsterkortslayout
  - Beskrivning av ledningsmönster på de olika lagren
  - Beskrivning av borrar och fräsningsmönster
- Vanligt format: *Gerber*
  - ASCII (text) format med X och Y koordinater beskrivande utseende
- Mått anges oftast i mil (tusendels tum = 0.0254 millimeter)
- Mindre mönsterkort tillverkas av stora kort som delas
  - Kombinera flera små eller duplicera samma kort på varje panel

# Industriell tillverkning av mönsterkort

- Som bas används ett laminat med tunn baskoppar (35  $\mu\text{m}$  tjock)
- Steg 1: Borrning
  - Gör hål för komponenter, vior och styrhål
- Steg 2: Håtplätering
  - Belägg insidan i hålen med ett tunt lager koppar
- Steg 3: Lägg på fotoresist
  - Ljuskänslig lack som härdas av UV-ljus
- Steg 4: Överför en kopia av ledningsmönstret på fotoresisten
  - Belys resisten genom en fotoplottad film



# Mellansteg

- Steg 5: Framkalla fotoresisten (tvätta bort exponerad resist)
  - Negativt mönster finns kvar på laminatet
  - Exponerade ytor ska ges tjockare kopparbanor
- Steg 6: Elektrolytisk plätering
  - Laminat placeras i bad med kopparjoner
  - Ström får koppar att fällas ut på exponerade ytor
  - Lika mycket koppar avsätts som sitter på laminatet
- Steg 7: Elektrolytisk applicering av ett tunt tennlager
  - Skyddar önskat mönster mot etsning i efterföljande steg
- Steg 8: Ta bort fotoresist och etsa bort oönskad baskoppar

# Avslutande tillverkningssteg

- Steg 9: Ta bort tennlagret
- Steg 10: Lägg på lödmask
  - Lack som klarar höga temperaturer och skyddar kopparbanorna
  - Masken har hål för lödning
  - Ofta grön
- Steg 11: Komponentplaceringstryck
  - Hjälper vid montering

# Tillverkning av fler lager

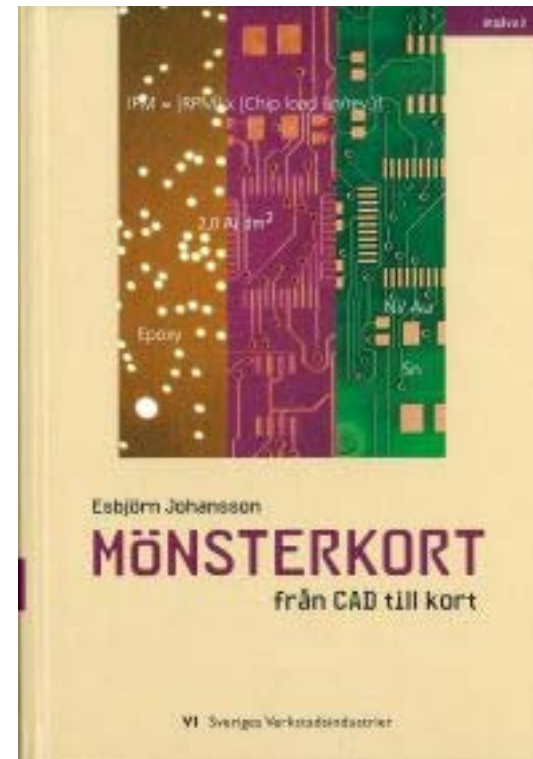
- Ett eller flera dubbelsidiga kort tillverkas
- Korten lamineras med *prepreg*
  - bindark av expoxiindränkt glasfiberväv
- Korten hettas och pressas så att materialen flyter ihop
- Ytterligare prepreg kan läggas på med kopparfolie under/över
- Slutligen borrar hål, yttersta lagret ges ledningsmönster och pläteras på samma sätt som beskrivs ovan

# Test av kort

- Optisk verifiering
  - Kan göras vid flera av stegen (inte enbart efter sista)
- Elektrisk verifiering
  - *Bed of nails* (fjäderbelastade nålar trycks mot mönsterkortet)
  - Hög spänning används för att kolla isolationsavstånd (~300V)
- Röntgenavsyning av flerlayerskort
  - Se inuti kortet
  - Verifiera innerlagrens utseende/placering
  - Kontrollera ledningstjocklekar etc.

# Mer information om mönsterkort

Mönsterkort : från CAD till kort  
av *Esbjörn Johansson*



I morgon börjar övningar med  
datorverktygen Multisim och Ultiboard

[www.liu.se](http://www.liu.se)