

Institutt for datateknologi og informatikk, NTNU

# **TDT4295 DATAMASKINER PROSJEKT**

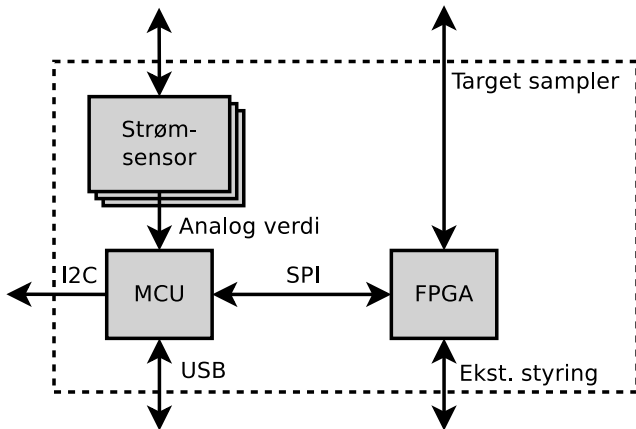
Kretskortutlegg

2021-09-14

# Typisk fremgangsmåte

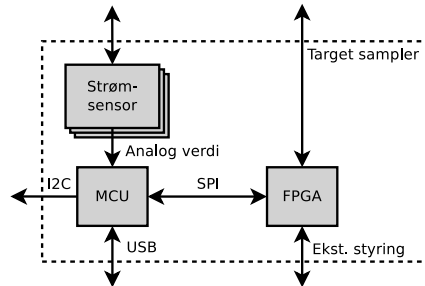
1. Bestem funksjonalitet
  - ▶ Overordnet skisse over hovedkomponenter
2. Bestem hovedkomponenter
3. Tegn skjema for systemet
  - ▶ Bestem resten av komponentene
4. Tegn kretskort

# Funksjonalitet



# Komponentvalg

- ▶ Identifiser de viktige først
  - ▶ Mikrokontroller
    - ▶ EFM32GG
    - ▶ Hva trengs av I/O?
  - ▶ FPGA
    - ▶ Xilinx Artix 7
  - ▶ Andre viktige komponenter
- ▶ Disse vil påvirke hvordan detaljdesignet (og valg av småkomponenter) blir



# Komponentvalg

Velg komponenter som er lette å bruke:

- ▶ Noen komponenter krever kompliserte støttekretser og / eller komplisert PCB-utlegg
- ▶ Noen komponenter kan være vanskelige å skrive programvare for
  - ▶ Finnes driver som kan brukes?
- ▶ Pass på at komponentene faktisk er compatible med andre komponenter de skal kommunisere med
  - ▶ Spenningsnivåer: Prøv å holde dere til 3.3V for alle signaler
  - ▶ Kommunikasjonsstandarder (SPI/I2C/...)
- ▶ *Les og forstå datablader*



# Komponentvalg

Velg komponenter som er lette å lodde:

- ▶ Samme komponent kan komme i forskjellige pakker
- ▶ Lette å lodde:
  - ▶ QFP
  - ▶ SOIC / \*SOP etc
  - ▶ SOT
- ▶ Vanskelige å lodde:
  - ▶ BGA
  - ▶ QFN
- ▶ Velg stor pitch (avstand mellom pinner/ben)
  - ▶ Helst 0.5mm eller mer (gjerne 1mm på BGA)
- ▶ For motstander/kondensatorer etc:
  - ▶ Følg databladenes anbefalinger hvis det er angitt
  - ▶ Velg gjerne 0805 eller 1206 som standard
  - ▶ Unngå mindre enn 0603

# Komponentvalg

Velg komponenter som er lette å få tak i:

- ▶ Sjekk tilgjengelighet på [farnell.no](https://www.farnell.no) og [digikey.no](https://www.digikey.no)
- ▶ Dere har ikke tid til å vente månedsvis på ukurante komponenter



# Skjemategning

- ▶ KiCAD Eeschema
- ▶ Symbolsk sammenkobling av komponenter
  - ▶ Spesifiserer hvordan komponenter kobles sammen
  - ▶ Sier ingenting om fysisk plassering, banebredde etc.
- ▶ Den viktigste designjobben gjøres her
- ▶ Nettlista (informasjon om sammenkobling av komponenter) kan senere overføres til PCB-verktøyet hvor fysisk design gjøres



# Skjemategning

- ▶ Følg eksempelskjema i datablader
  - ▶ Det finnes nesten alltid et eksempel som kan kopieres
- ▶ Bruk hierarkiske bokser/underskjema:
  - ▶ Mikrokontroller
  - ▶ FPGA
  - ▶ Strømforsyning
  - ▶ ...
- ▶ Kjør ERC (Electrical Rules Checker) før dere overfører nettlista til PCB-verktøyet

# Symboler

- ▶ Symboler representerer en PCB-komponent i skjemaverktøyet
- ▶ KiCAD har symboler for mange komponenter
- ▶ Må du tegne nytt symbol:
  - ▶ Pass på at pinnenummerering blir korrekt

# Avkoblingskondensatorer

- ▶ Generelt trenger alle brikker en eller flere avkoblingskondensatorer
- ▶ Disse skal helst plasseres så nært VCC-pinnene som mulig (på PCB, i skjemategningen spiller det ingen rolle)
- ▶ Sørger for å holde VCC konstant selv ved kortvarig høyt strømtrekk
- ▶ Dette er spesifisert i databladene; kopier eksempelet fra databladet



# Ta høyde for feil

- ▶ Legg til noen testpunkter for måleutstyr
  - ▶ Men ikke på raske busser, kan ødelegge signalintegritet
- ▶ Rut noen ledige GPIO-pinner ut på pin-headere
  - ▶ Gir fleksibilitet
  - ▶ Både fra FPGA og mikrokontroller

# Koble symbol til footprint

- ▶ Når skjemaet er ferdig må alle symboler tilordnes et footprint
- ▶ Footprints er den fysiske representasjonen av komponenten
  - ▶ Inneholder loddpunkter, hull og tekst/grafikk som trykkes på kretskortet
  - ▶ Hvert symbol i skjemategningen må tilknyttes et footprint som skal brukes i PCB-verkstøyet
- ▶ Må du tegne nytt footprint:
  - ▶ Vær nøyaktig
  - ▶ Pass på å ikke speilvende pinner
  - ▶ Følg datablad
  - ▶ Skriv ut og sjekk at komponenten passer fysisk og at dere har store nok loddepunkter til håndloding

# Kretskortutlegg

- ▶ KiCAD: Pcbnew
- ▶ Fysisk utlegg av kretskortet
- ▶ Plassere komponenter
- ▶ Ruting (tegne ledere mellom komponenter)
- ▶ Bruker informasjon fra skjemaet slik at man er sikret mot feilkoblinger

# PCB: Oppsett av kort

Sett opp antall lag: Bruk 4–8 lag

- ▶ Ett internt jordingslag
- ▶ Minst ett internt VCC-lag
- ▶ Minst to signallag (topp og bunn)
- ▶ Antall lag:
  - ▶ Få lag: Billig.
  - ▶ Mange lag: Lettere å rute
  - ▶ FPGA er vanskelig å rute med bare 4 lags kort

## PCB: Oppsett av kort

Sett opp design rules i KiCAD. Hent info fra fabrikk (<https://www.elprint.no/Kapabilitet>) eller bruk følgende:

- ▶ Clearance: 0,125 mm
- ▶ Track width: 0,125 mm
- ▶ Via dia: 0,6 mm
  - ▶ En via er en sammenkobling av baner på ett lag til et annet lag
- ▶ Via drill: 0,3 mm

Det meste kan lages, men husk at smått er dyrt.



# PCB: Komponentplassering

- ▶ Plasser ut alle footprints manuelt
- ▶ Tegn omrisset av kortet når komponentene er plasserte
  - ▶ Ikke lag for lite kort, vanskelig å lodde og debugge
- ▶ Tenk nøye gjennom plassering og rotasjon
  - ▶ Har mye å si for hvor lett ruting blir senere
  - ▶ Ikke plasser for tett
    - ▶ Det gir vanskelig ruting og vanskelig lodding
- ▶ Grupper komponenter i forhold til skjemategningene
- ▶ Følg databladenes retningslinjer

# PCB: Ruting

- ▶ Anbefaler manuell ruting
  - ▶ Autoruterer gir neppe godt resultat
- ▶ Helst ikke bruk minimum banebredde hvis det ikke er nødvendig
  - ▶ Sett opp en standardbredde for signaler, og noen tykkere baner for strømforsyning
- ▶ *Ikke bruk "buried" eller "blind" via.* Bare bruk vanlig through-hole via.
- ▶ *Ikke ha via i en pad*

# PCB: Signalintegritet

- ▶ Plasser krystaller og oscillatorer nær brikkene som bruker de
- ▶ Hold "høyhastighets"-busser korte og uten hindringer
  - ▶ Ikke rut disse via en konnektor eller pinheader
  - ▶ Eksempel: SPI-buss mellom mikrokontroller og FPGA

# PCB: Analog og digital

- ▶ For minimalt med støy bør eventuell analogdel separeres fra støyende digitale deler
- ▶ Legg analogdelen ut mot en kant av PCB
  - ▶ Ikke mellom strømforsyning og digitaldel
- ▶ Vanlig å ha egen VCC for analogdel (se EFM32 AN0002 for eksempel på isolering av analog VCC)
- ▶ Stort og komplisert tema
  - ▶ Ikke noe vi ønsker dere skal bruke mye tid på
  - ▶ For f.eks audio vil alt fungere (muligens med dårligere lydkvalitet) selv om dere ignorerer alle analog-råd

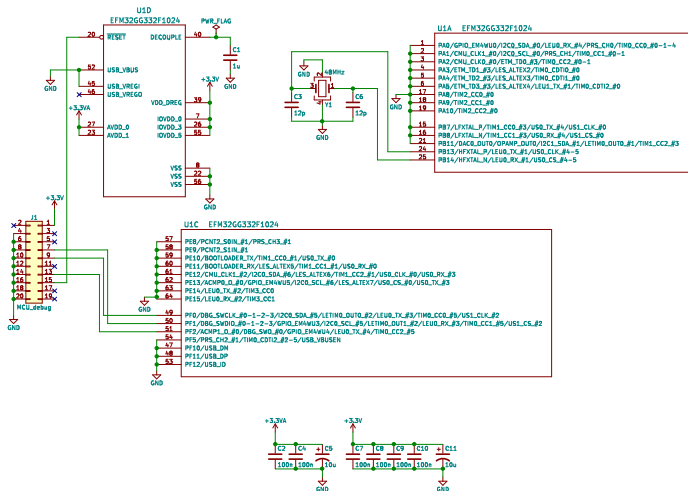
# PCB: Ferdigstillelse

- ▶ Fyll alle plan
  - ▶ De interne jord- og VCC-lagene er såkalte “plan”, store fylte områder med kobber
  - ▶ Sjekk at ikke via har ødelagt noen av planene
- ▶ Kjør DRC (Design Rules Checker)
- ▶ Skriv ut på papir og sjekk at:
  - ▶ komponenter passer fysisk
  - ▶ det er plass til å lodde

# EFM32GG

- ▶ Generelt lett å bruke
- ▶ Strømforsyning: 3.3V
- ▶ Klokke: Kan bruke intern oscillator, eller ekstern krystall
  - ▶ Anbefaler 48MHz ekstern krystall
- ▶ Velg den som har de egenskapene dere trenger
  - ▶ I/O
  - ▶ Flash (men ingen grunn til å være gjerrig på flash)
- ▶ Husk JTAG-konnektor
- ▶ Relevante dokumenter:
  - ▶ SiLabs EFM32 AN0002 (Hardware Design Considerations)
- ▶ Bruk helst pakke QFP64

# EFM32GG



# Xilinx Artix 7 FPGA

- ▶ Kompleks chip
- ▶ Krever mye støtte på kretskortet
  - ▶ Kompleks strømforsyning
  - ▶ Mange avkoblingskondensatorer
  - ▶ Egen Flash-brikke til å lagre konfigurasjonen
  - ▶ JTAG-konnektor
- ▶ Bruk helst pakke FTG256 (også kjent som 256-LBGA)



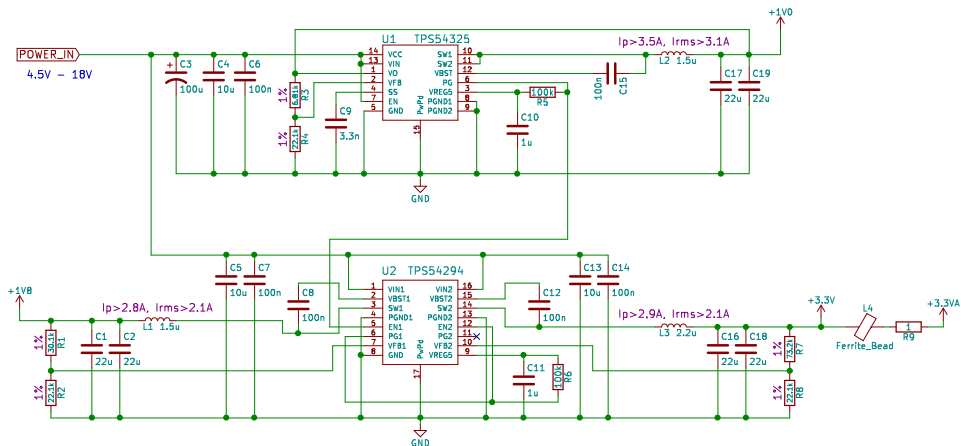
## Artix 7 – Relevante dokumenter

- ▶ UG483: 7 Series FPGAs PCB Design Guide
  - ▶ Her finner dere bl.a. info om avkoblingskondensatorer
- ▶ XAPP586: Using SPI Flash with 7 Series FPGAs
  - ▶ Hvordan koble opp Flash-brikken og JTAG-konnektor
- ▶ UG908: Vivado Design Suite User Guide
  - ▶ Appendix C har liste over støttede Flash-brikker
- ▶ Mindre relevante dokumenter:
  - ▶ UG470: 7 Series FPGAs Configuration
    - ▶ Mer om JTAG og konfigurering

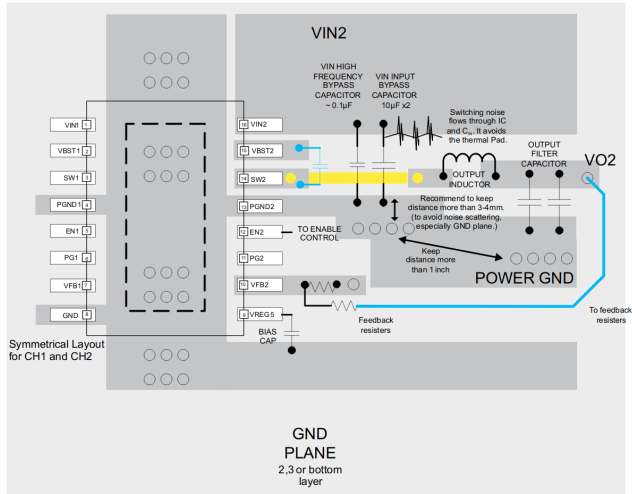
## Artix 7 – Strømforsyning

- ▶ Krever 3 spenninger: 1.0V, 1.8V, 3.3V
- ▶ Disse må dere skru på i korrekt rekkefølge
- ▶ Switching converter (buck converter) eller lineær?
  - ▶ Switching er mer energieffektiv
  - ▶ Lineær er enklere å bruke
  - ▶ Lineær støyer mindre

# Artix 7 – Eksempel på strømforsyning



# TPS54294 utlegg



## Artix 7 – Avkoblingskondensatorer

- ▶ Krever mange avkoblingskondensatorer
- ▶ Størrelser, antall og maks avstand fra brikken spesifisert i UG483
  - ▶ En mulighet er å plassere disse på undersiden av kortet, for å oppfylle distansekrav

## Artix 7 – Flash

- ▶ FPGA trenger en separat Flash-brikke for å lagre konfigurasjonen
- ▶ Velg en SPI Flash som er kompatibel:
  - ▶ Velg fra appendix C i UG908
- ▶ Kopier skjema fra XAPP586

## Artix 7 – JTAG og Reset

- ▶ Koble opp som i XAPP586
- ▶ Legg til 10k pullup-motstand på TMS og TCK for å hindre problemer når JTAG-kabel ikke er plugget i
  - ▶ Pullup-motstand er en motstand koblet opp mot VCC. Sørger for at linja er høy hvis ikke noe annet driver den lav.

## Artix 7

