



Academie voor Technology, Innovation &
Society Delft
Academie voor ICT & Media

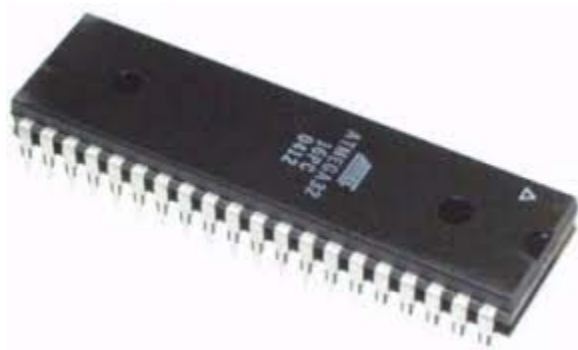
Inleiding microcontrollers

Week 1 – Introductie microcontroller
Jesse op den Brouw (met dank aan Ben Kuiper)
INLMIC/2018-2019

DE HAAGSE
HOGESCHOOL

Microcontroller

- Uit Wikipedia:
- “A **microcontroller** (sometimes abbreviated μC or uC) is a small computer on a single integrated circuit containing a processor core, memory, and programmable input/output peripherals.”



INLMIC (Inleiding microcontrollers)

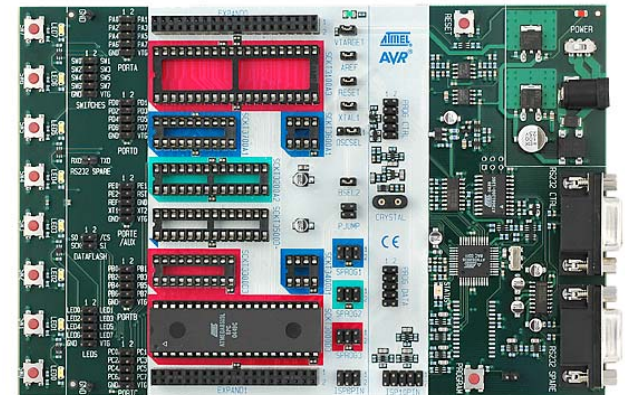
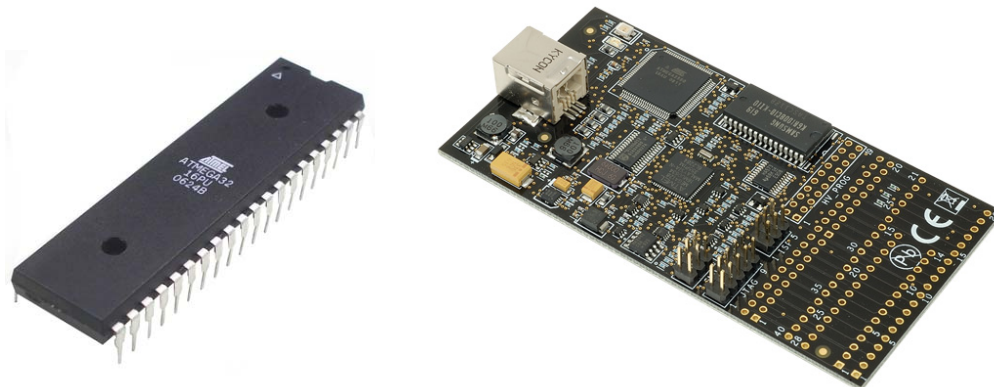
- INLMIC (Inleiding microcontrollers) bestaat uit:
- Theorie (INLMIC-co1)
 - 7x2 uur
 - Eén toets, beoordeeld met cijfer 1 t/m 10
 - Docent: Jesse op den Brouw
- Practicum (INLMIC-pr1)
 - 7x2 uur
 - Beoordeeld met een O/V
 - Docenten: Jesse op den Brouw, Ben Kuiper
- Totaal 84 SBU (3 EC)

Leerdoelen

- Na deze onderwijseenheid ben je bekend met:
 - Algemene opbouw computersystemen, microprocessors en microcontrollers
 - Opbouw AVR microcontroller
 - Opbouw AVR assembler-instructies
 - Structuur assembler applicaties
 - Lussen, vergelijkingen en beslissingen in AVR assembly
 -
- Voor een volledige lijst met alle leerdoelen en ook de toetsmatrijs, zie studiewijzer!

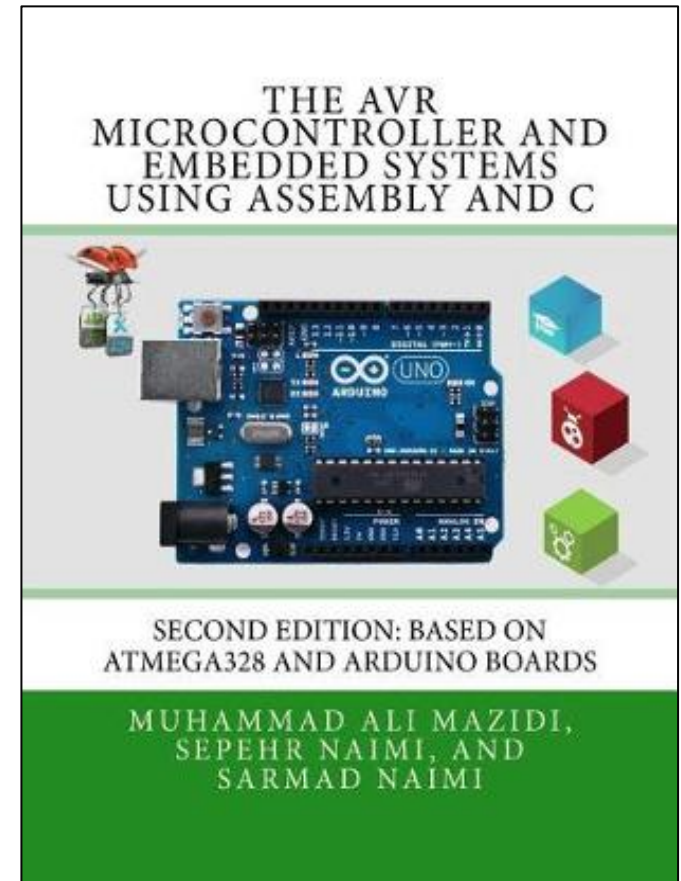
Keuze microcontroller

- Gekozen is voor de ATmega32(A) van de firma Atmel
 - Eenvoudig om te leren en te gebruiken
 - Wordt zeer veel in de praktijk gebruikt
 - Veel te vinden op internet
- Ontwikkelomgeving
 - Goede IDE met assembler
 - GNU C/C++ compiler
 - Goedkope debug/tracer



Boek

- The Avr Microcontroller and Embedded Systems Using Assembly and C: Using Arduino Uno and Atmel Studio
- **Paperback**
632 pagina's
Microdigitaal
ISBN13: 9780997925968
- € 20,- bij bol.com
- Wordt ook gebruikt bij MICPRG



Alternatieve boeken

- Er zijn enkele alternatieven
- [Embedded System Design With The Atmel Avr Microcontroller](#) (Engels, C)
- [Programming and Customizing the Avr Microcontroller](#) (Engels, gedateerd)
- [AVR, hardware en C-programmering in de praktijk](#) (Nederlands, C)
- [AVR-microcontrollers](#) (Nederlands, gedateerd, assembler, weinig info)
- [Mikrocomputertechnik mit Controllern der Atmel AVR-RISC-Familie](#) (Duits, C en assembler, volledig)
- [AVR – An Introductory Course](#) (Engels, assembler, gedateerd, niet volledig),

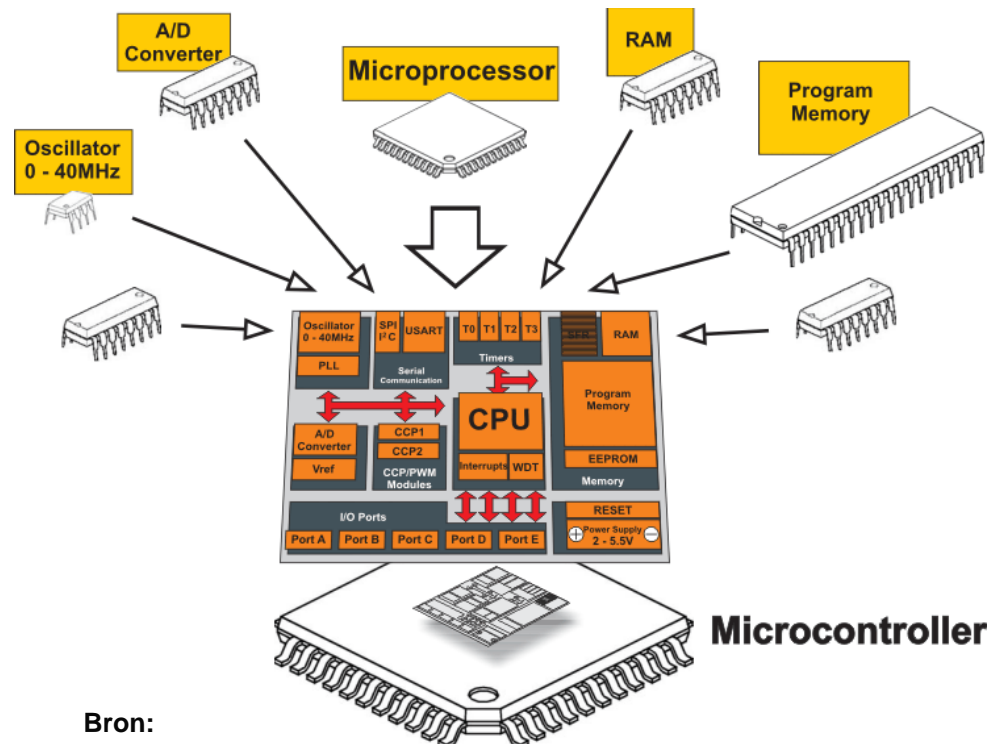
Weekindeling

| Week | Onderwerpen |
|------|--|
| 1 | Wat is een computersysteem Wat is een microcontroller Typen processoren De opbouw van een microcontroller |
| 2 | De AVR microcontroller |
| 3 | Assembler programma opbouw Rekenkundige instructies Lussen, vergelijken en beslissen |
| 4 | addressing modes Port I/O, input/output, manipulatie I/O ports Stack, Subroutine |
| 5 | Interrupt, Timer |
| 6 | C en assembler Pipelining en wachtlopen |
| 7 | Uitloop en bespreken proeftoets |

- Bekijk de studiewijzer voor de volledige planning en ook voor het te bestuderen materiaal!

Week 1

- Wat is een computersysteem
- Wat is een microcontroller
- Typen processoren
- De opbouw van een microcontroller



Bron:
<https://learn.mikroe.com/ebooks/picprogramming/chapter/introduction-to-the-world-of-microcontrollers/>

Computersysteem

- Een systeem dat rekenkundige operaties, data manipulaties en beslissingen kan uitvoeren, aan de hand van een lijst instructies.

Computersysteem

- Een computersysteem bestaat uit de fysieke en tastbare onderdelen, *hardware* genaamd.
- Een computersysteem bevat een lijst van instructies die uitgevoerd moeten worden, een *programma*. De verzamelnaam voor programma's is *software*.
- Moderne computers zijn digitaal, ze rekenen met getallen.

Computersysteem

- De minimale hardware van een computersysteem bestaat uit:
 - Processor
 - Geheugen
 - Invoer-uitvoer
 - (Secundair geheugen)

- Een programma kan worden opgebouwd uit:
 - Toekenning (met expressie, bv $A=B+5$)
 - Beslissing (if ...)
 - Springen (goto ...)

Processor

- Een processor is een digitaal systeem dat data verwerkt.
- Een processor voert instructies uit. Dit vertelt de processor hoe de data verwerkt moet worden.
- Een processor heeft dus een rekeneenheid, zodat data verwerkt (berekend) kan worden.
- Een processor heeft mogelijkheid tot tussentijdse opslag van data, zodat complexe berekeningen kunnen worden uitgevoerd.
- Een processor op één plak silicium wordt een microprocessor genoemd.



Geheugen

- Geheugen wordt gebruikt voor opslag van programma's en data.
- ROM
 - Read Only Memory wordt gebruikt om permanente informatie in op te slaan (opslag van het programma, constanten)
- RAM
 - Random Access Memory wordt gebruikt voor opslag van informatie die nodig is om een bepaalde operatie uit te voeren of informatie die door het programma is gegenereerd (data).
- Moderne systemen: Het programma ook in RAM, geladen vanaf secundair geheugen (disk).



Invoer-uitvoer

- Een computersysteem voert interactie uit met de omgeving door middel van invoer- en uitvoerapparaten.
- Invoer: toetsenbord, schakelaars.
- Uitvoer: beeldscherm, printer, lampjes.
- Invoer-uitvoer: seriële en parallelle verbindingen.
- Invoer-uitvoer wordt in de regel I/O genoemd, of periferie, peripherals.

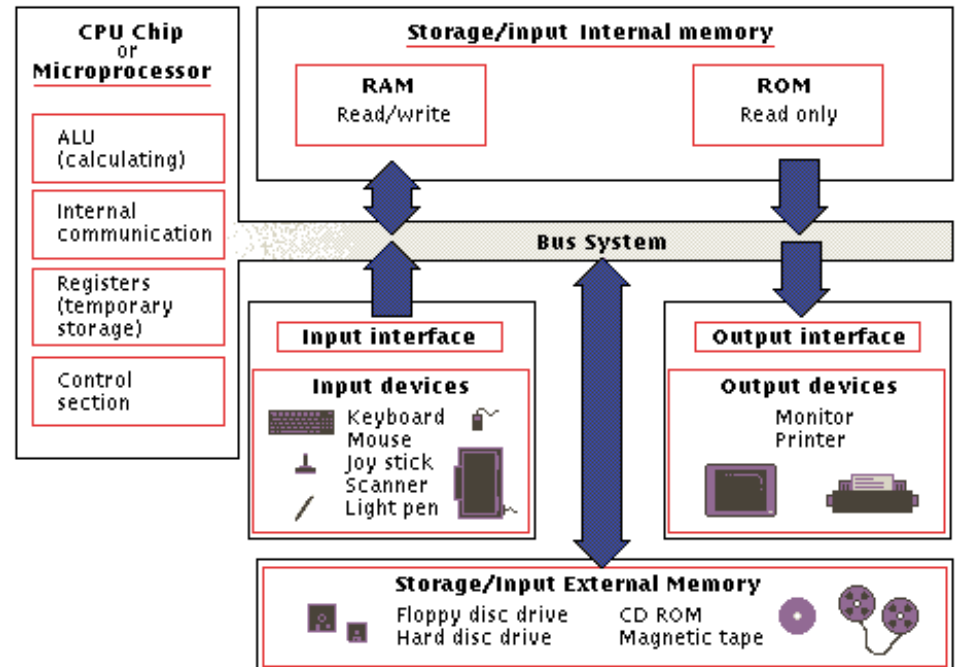
Secundair geheugen

- Onder secundair geheugen verstaan we apparatuur dat informatie permanent kan opslaan.
- Disk (HD, SSD, *online*)
 - Snelle toegang tot data
- Tape (*offline*)
 - Veel opslagcapaciteit tegen lage kosten
- USB-stick (*online*, verwisselbaar)
 - Veel opslag, goedkoop



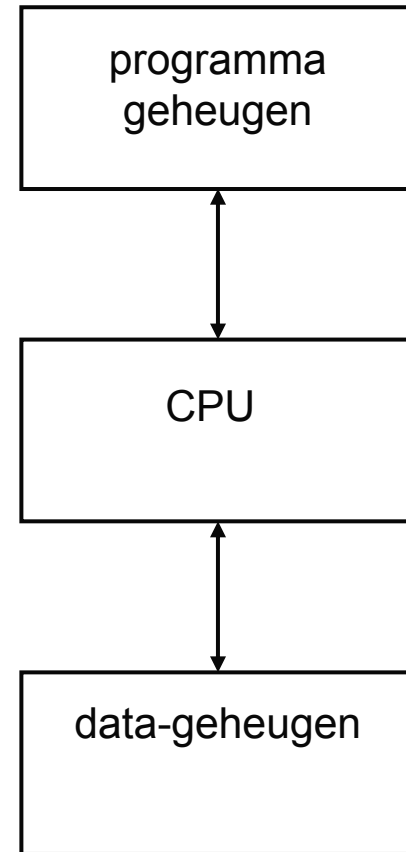
Schema computersysteem

- Schema hiernaast werkt volgens de *Von Neumann architectuur*.
- Stored program computer. (programma instructies staan in elektronisch geheugen)
- Programma en data mogelijk in één geheugen en beschikbaar via één bus.
- Intel x86/x64 etc.



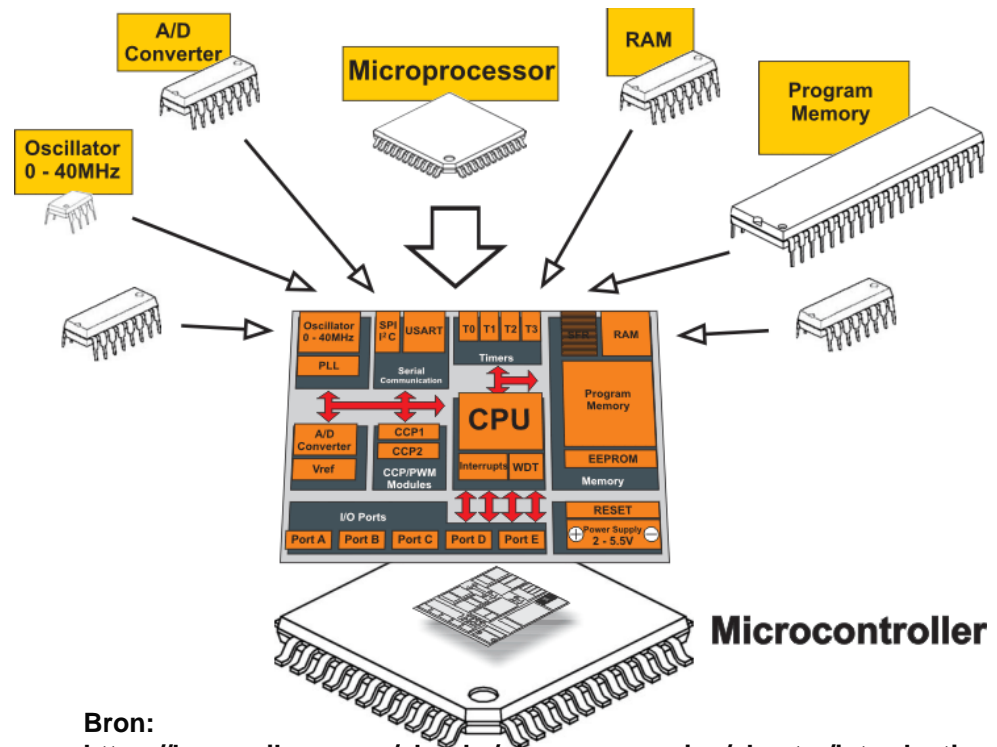
Harvard architectuur

- ATmega werkt met de Harvard architectuur
- Stored program computer.
- Programma en data is in verschillende geheugens en wordt benaderd via verschillende bussen. (voordeel o.a. snelheidswinst)
- ATmega, PIC.



Wat is een microcontroller?

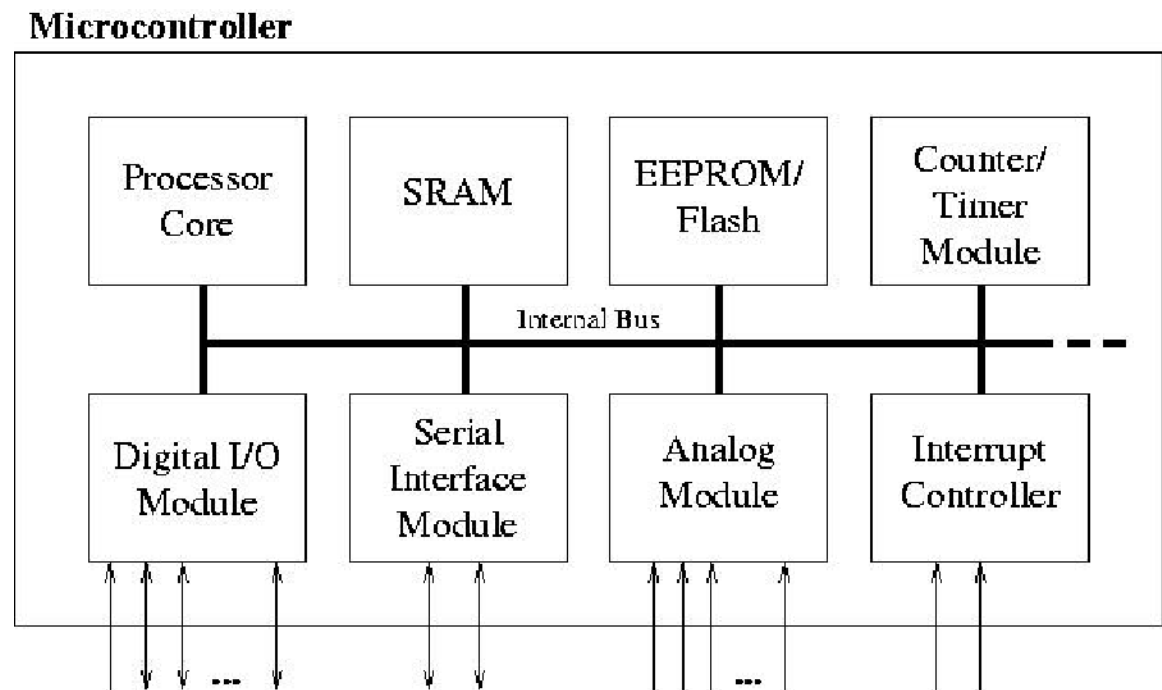
- Een microcontroller is een compleet computersysteem dat bestaat uit
 - Processor
 - Geheugen
 - I/O peripherals
- Dit alles zit in een enkel stuk silicium



Bron:
<https://learn.mikroe.com/ebooks/picprogramming/chapter/introduction-to-the-world-of-microcontrollers/>

Opbouw microcontroller

- Een microcontroller integreert verschillende componenten:
- CPU
- geheugen
- digitale I/O lijnen
- analoge I/O lijnen
- interrupt controller
- counter/timer
- seriële interfaces



Processor versus Controller

- Processor
 - Ontworpen om getallen te “crunchen”
 - Losse chip
 - Zeer snel
 - Veel vermogen
- Controller
 - Een processor met periferie speciaal voor besturingstaken.
 - Alles op één plak
 - Niet snel
 - Weinig vermogen
 - Meestal één specifieke taak



Typische toepassing

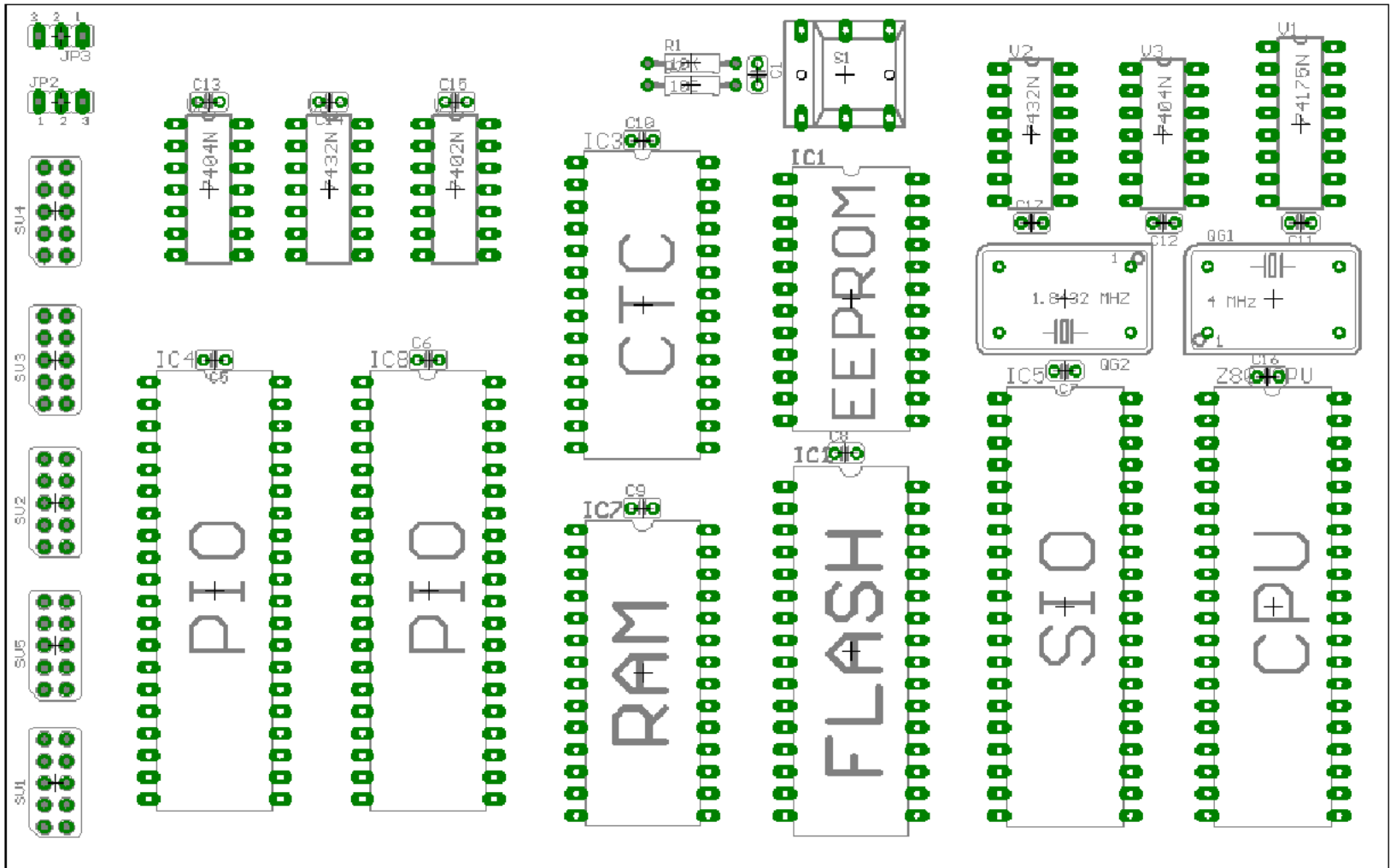
- Een eenvoudige besturingstaak: Thermostaat
 - lees periodiek de temperatuur (4 bit digitale waarde)
 - zet de verwarming aan/uit afhankelijk van de temperatuur (1 lijn)
 - display de huidige temperatuur (display 8 +3 bits)
 - gebruiker kan de temperatuur instellen met knoppen (4 knoppen)
 - gebruikt de seriële interface om de temp. data te downloaden (2 bit)
- > 20 digitale I/O lijnen, timer, seriële interface

Thermostaat met de Z80

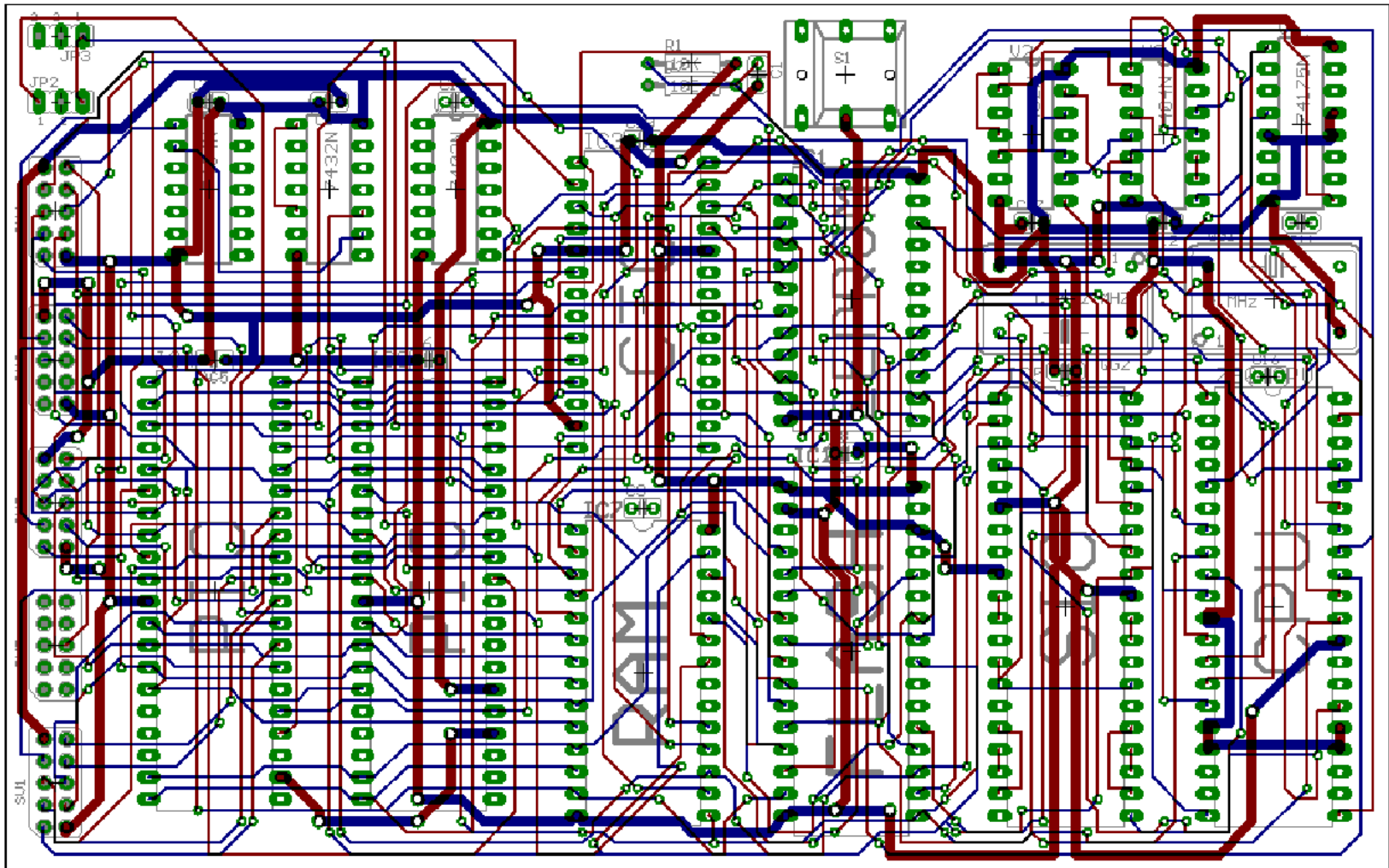
- Benodigde componenten:
 - CPU (Z80)
 - 2x PIO (2x 16 = 32 I/O lijnen)
 - SIO (seriële I/O)
 - CTC (timer)
 - geheugen (SRAM, Flash, EPROM)
- Totaal nodig: 8 chips (+ verbindingen) op een PCB



PCB board layout thermostaat met Z80



PCB board geroute

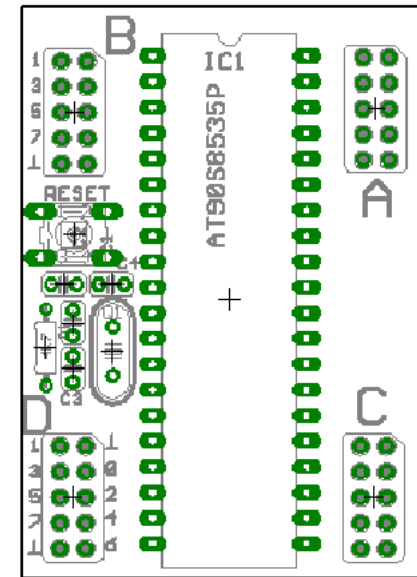
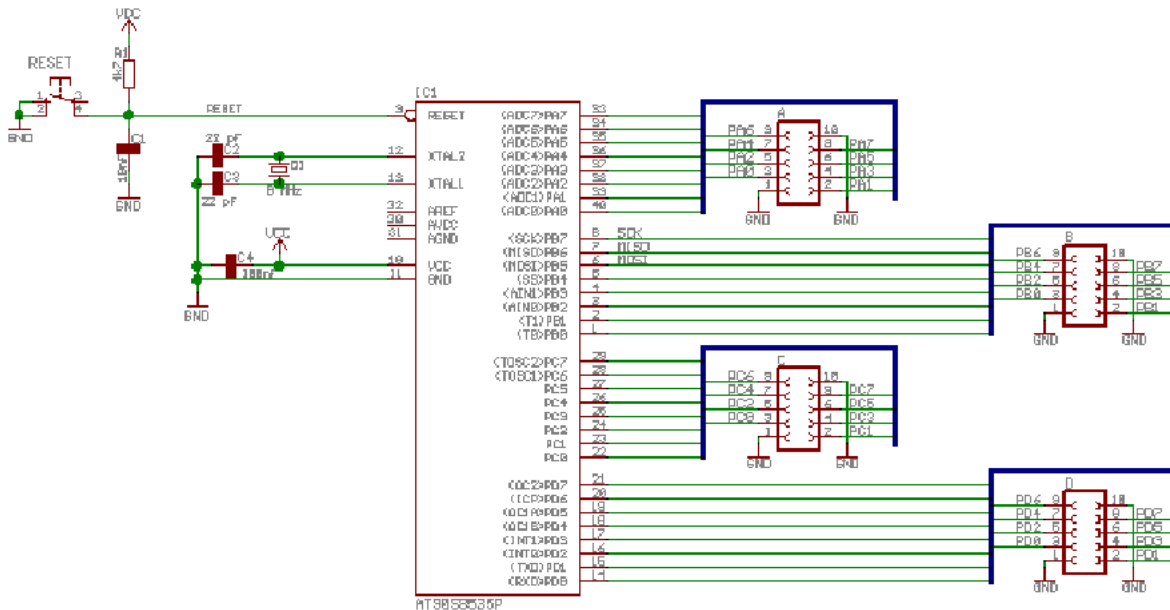


Thermostaat met ATmega32

- Indien een microcontoller gebruikt wordt:
 - CPU
 - minstens 20 digitale I/O lijnen
 - seriële interface
 - timer
 - geheugen (SRAM, Flash, EEPROM)

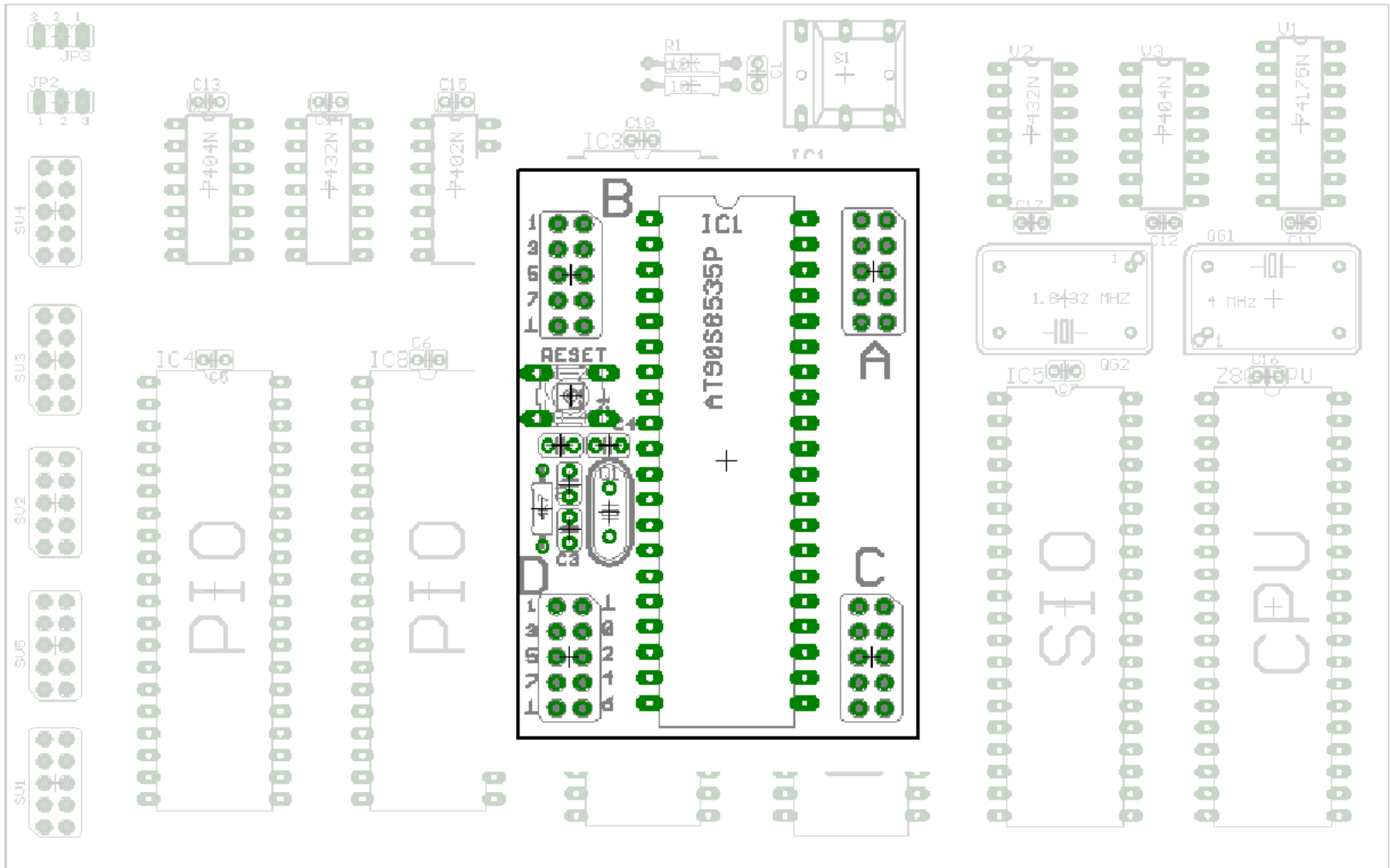
Schema thermostaat met ATmega32

- Benodigde componenten: 1 microcontroller
 - Alle componenten zijn geïntegreerd op een enkele chip



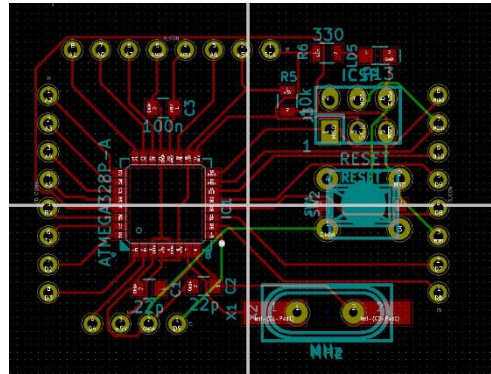
PCB: minder dan een kwart eurokaart 5x8 cm

PCB reductie in grootte



PCB reductie in grootte: SMD

- Met SMD componenten is natuurlijk een nog grotere reductie te halen.
- Voorbeeld:



- (Dit is overigens niet de thermostaat-oplossing!)

Waarom microcontrollers?

- kleiner board oppervlak
- sneller te ontwerpen (zowel hardware als software)
- eenvoudig te debuggen en te upgraden
- lage kosten
- minder energieconsumptie
- hoge betrouwbaarheid
- makkelijker te voldoen aan EMC regelgeving

Kortom microcontrollers besparen tijd & geld!

Toepassingsgebieden

- telecommunicatie
- automotive industrie
- lucht- en ruimtevaartindustrie
- huishoudelijke apparaten, domotica
- fabrieksautomatisering
- ...

meestal in grote hoeveelheden (90 in autos) → gigantische markt

Typen microcontrollers

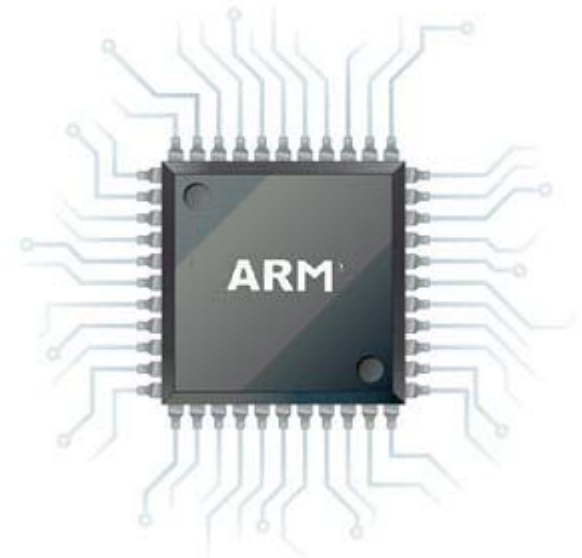
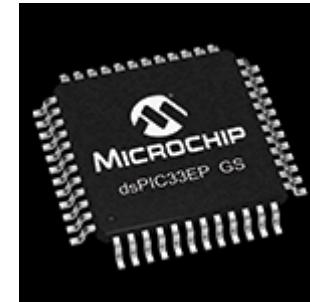
- Veel verschillende controllers van vele verschillende fabrikanten (bijv. PIC, AVR, HC11, 8051, ARM)
- Controller familie:
 - Dezelfde CPU
 - Dezelfde opbouw (denk aan busstructuur)
 - Verschillende peripherals (aantal I/O, timers, ...)
 - Verschillende grootte geheugen (RAM, Flash, EEPROM)
 - Voorbeeld: Atmel AVR ATmega familie

Typen microcontrollers

- Controllers met (4), 8, 16, 32 bit bus
- Wij concentreren ons op kleine 8-bit controllers
 - geen MMU (memory management unit)
 - geen DMA (direct memory access)
 - geen cache geheugen
 - geen FPU (floating point unit)
- Klokfrequenties tussen 1 – 25 MHz

Bekende microcontroller families

- PIC
 - 8 en 16 bits uitvoering
 - DSP-variant
- ARM
 - 32 bit core
 - met en zonder MMU
 - zeer goedkoop (€2 - €12)
 - snel (100 MHz)
 - veel I/O
 - goede ontwikkelomgeving
 - voor ervaren ontwikkelaars
 - Linux OS (Android)



Technische terminologie

- Embedded System: de microcontroller is deel van het systeem dat een bepaalde functie heeft (magnetron, mobiele telefoon, printer,...).
- Real-Time Systeem: een systeem dat binnen een vastgestelde tijd moet reageren op gebeurtenissen (events). Indien het systeem te laat reageert kan dat rampzalige gevolgen hebben (break-by-wire in de auto, kerncentrale).

Literatuur/leeswerk

- H1S1, H1S2, H1S3 (t/m pag. 20), H1S4



Academie voor Technology, Innovation &
Society Delft
Academie voor ICT & Media

De Haagse Hogeschool, Delft
015-2606311
J.E.J.opdenBrouw@hhs.nl
www.dehaagsehogeschool.nl

DE HAAGSE
HOGESCHOOL