

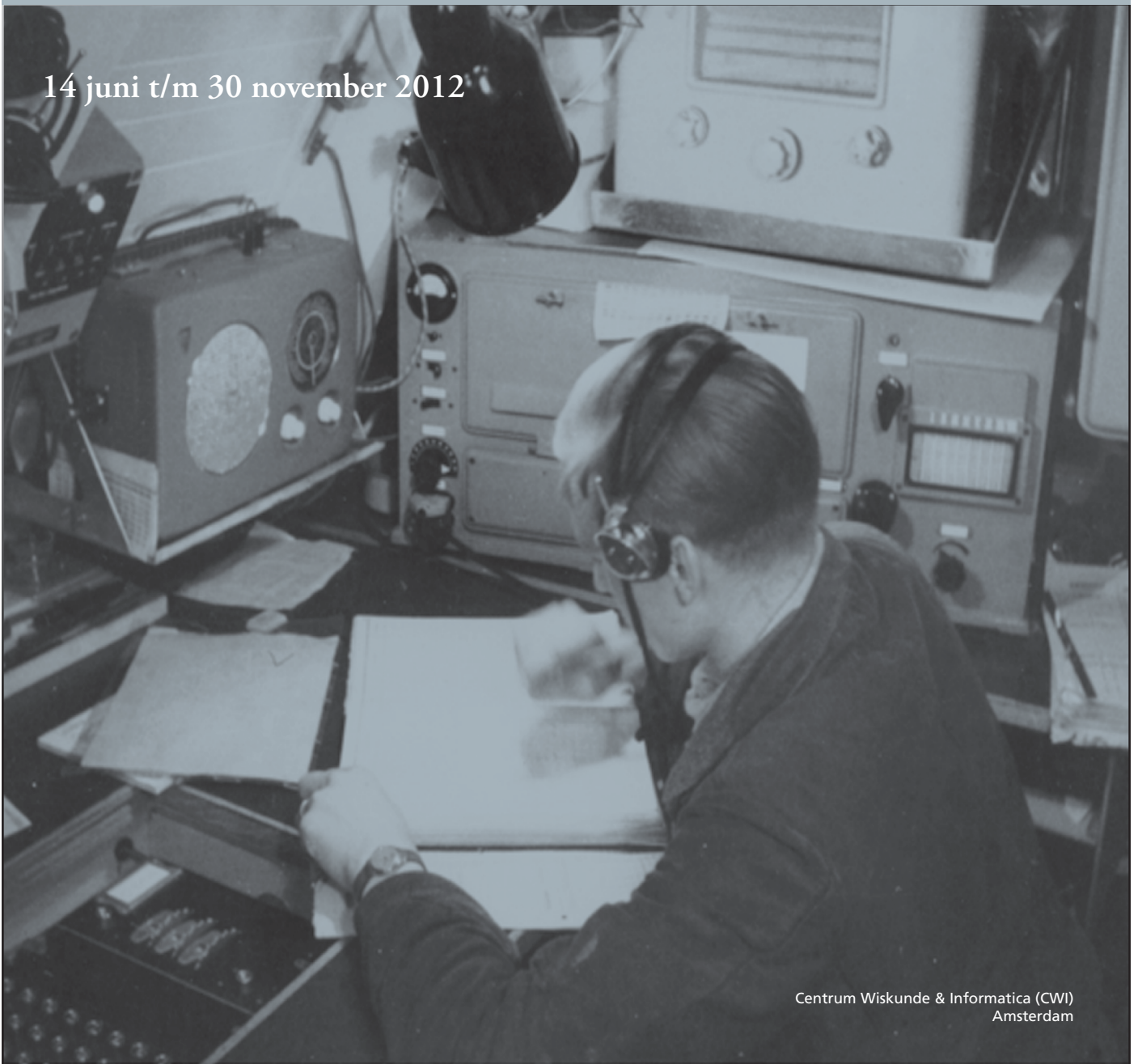
**CWI**

Centrum Wiskunde & Informatica

# Catalogus Turings Erfenis

De stille kracht van  
informatica

14 juni t/m 30 november 2012



Centrum Wiskunde & Informatica (CWI)  
Amsterdam

## Voorwoord

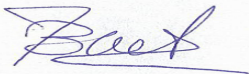
In de wereld waar we nu in leven wordt steeds meer geautomatiseerd gedaan, Turing heeft hier een cruciale rol in gespeeld. Als een van de weinigen heeft Turing ook voorzien wat de computer voor de mensheid zou gaan betekenen. Als onderzoeksinstituut voor wiskunde en informatica heeft het CWI veel aan Turing te danken. Met de tentoonstelling Turings Erfenis willen we hem eer bewijzen en ook laten zien hoe zijn fundamentele worden toegepast in informatica-onderzoek van vandaag de dag.

De tentoonstelling Turings Erfenis vertelt het verhaal over Alan Turing als oorlogsheld, computerpionier en grondlegger van de kunstmatige intelligentie. In de tentoonstelling zijn daarnaast historische objecten te bewonderen die de revolutionaire ontwikkeling van de computer laten zien. Ook wordt het belang van zijn werk voor biologen belicht.

Sinds 1991 is op de Universiteit van Amsterdam het Computermuseum UvA gevestigd. Het museum heeft een grote collectie technische en wetenschappelijke rekenapparaten van de Tweede Wereldoorlog tot nu. Een belangrijk deel van de collectie van de Alan Turing Tentoonstelling is afkomstig uit de collectie van het Computermuseum UvA.

De Alan Turing tentoonstelling is een initiatief van het Centrum Wiskunde & Informatica en mede mogelijk gemaakt door de Gemeente Amsterdam, Nikhef, Instituut voor Informatica (IvI, UvA), Korteweg-de Vries Instituut (KdV, UvA) en het Institute for Logic, Language and Computation (ILLC, UvA), alle gevestigd op het Science Park Amsterdam. Deze instituten op het Science Park Amsterdam spelen een belangrijke rol in de informatica in Nederland, en zijn daarmee schatplichtig aan het werk van Alan Turing.

Ik wens u veel plezier toe bij deze tentoonstelling!



Prof. dr. J.C.M. Baeten  
Algemeen directeur

# 1. Alan Mathison Turing

## 1912 - 1954

Minitoonstelling over het leven en werk van Alan Turing aan de hand van een zestal posters over zijn jeugd, Cambridge en het berekenbaarheidsprobleem, de periode Princeton, Bletchley Park en na de oorlog, kunstmatige intelligentie, morfogenese en zijn laatste levensjaren.

De getoonde replica's zijn gemaakt op basis van de originele documenten die in het Archive Centre bewaard worden. Meer informatie is beschikbaar op [www.kings.ac.uk/library/archives](http://www.kings.ac.uk/library/archives). Digitale afbeeldingen van de meeste documenten in de Turingcollectie zijn te bekijken op <http://www.turingarchive.com>

Documenten van Alan Turing zijn sinds 1960 verzameld in het Archive Centre in King's College, Cambridge door zijn moeder, Sara Turing, en zijn afkomstig uit een groot aantal bronnen. King's College dankt de familie Turing, de Turing Trust, prof. I.J. Good, dr. A. Hodges, N.E. Hoskin, prof. C.B. Jones, dr. N. Routledge, prof. M.V. Wilkes en prof M. Yates voor hun behulpzaamheid in het aanleveren van documenten en het geven van advies.



*Alan Mathison Turing, Brits wiskundige (1912 - 1954)*

## 2. 3-rotor Enigma codeermachine, Duitsland, WO II

In de Tweede Wereldoorlog versleutelden de Duitsers hun geheime boodschappen met de Enigma. Het versleutelingprincipe van de Enigma is een slimme variant van het al eeuwenoude: vervang elke letter van het alfabet door een andere. Dit 'afbeelden' van letters op elkaar kan in deze elektrische codeermachine worden gerealiseerd door elke lettertoets van een schakelaar te voorzien; van die schakelaar gaat een draad naar een gloeilampje achter een venstertje met een andere letter.

In de Enigma werd de afbeelding van het alfabet op zijn versleutelde versie bepaald door de interne bedrading van een 'rotor'. Een rotatie komt neer op een verschuiving van de beide alfabetten ten opzichte van elkaar. Er werden meerdere (3 tot 5) rotors achter elkaar geplaatst. De rotors waren de belangrijkste elementen uit de vercijfering. Vooraan de Enigma zit verder een stekkerbord met kabels die letterparen verbinden en waarbij de verbinding tussen twee letters kan worden gewisseld.

Gebruikmakend van letter- en woordfrequenties zou het geheimschrift nog betrekkelijk makkelijk te ontcijferen zijn. Het cruciale punt is dat de positie van de rotors continue wisselt na elke ingevoerde letter en elke letter dus steeds anders wordt vercijferd. Het woord ENIGMA bijvoorbeeld, kon er nu in versleutelde vorm uit zien als AAAAAB, maar niet AAAAAA, want een gegeven letter kon niet op zichzelf worden afgebeeld: dit bleek een van de zwakke punten van de Enigma te zijn.

De Enigma is uitgevonden in 1918.



3-rotor Enigma codeermachine, Duitsland, WOII (collectie CWI)

Tot de Tweede Wereldoorlog is het principe van de machine bestudeerd door Poolse wiskundigen. Alan Turing speelde een cruciale rol in het ontwerp van de 'Bombe', een ontcijfermachine waarmee hij de codes van Enigma wist te achterhalen en een belangrijke bijdrage leverde aan de uiteindelijke overwinning van de Tweede Wereldoorlog.

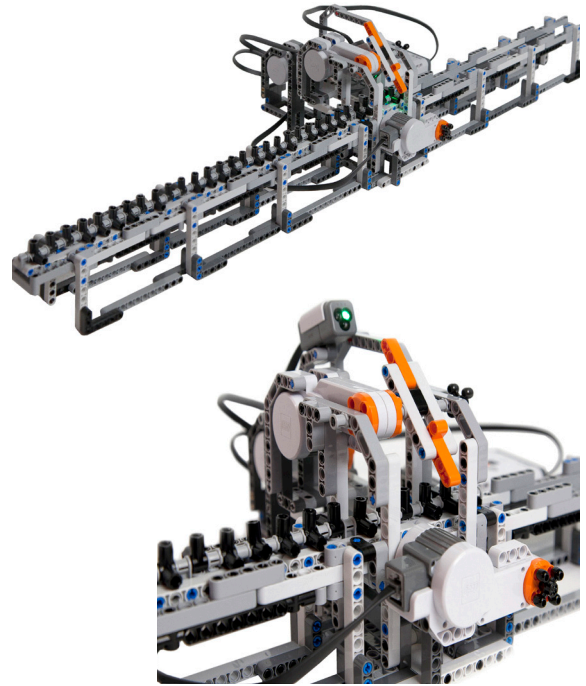


### 3. Turingmachine, 1936

Een Turingmachine is een hypothetische machine die een rij nullen en enen op een oneindige tape (het geheugen) kan bewerken volgens een vaste set regels het programma, dat het gedrag van de machine bepaalt. De Turingmachine is hét theoretische model dat ten grondslag ligt aan alle computers. Een Turingmachine - ook deze van Lego - kan in principe ieder mogelijk computerprogramma uitvoeren.

Het theoretische model van de Turingmachine heeft de essentie en vooral ook de beperkingen van het begrip 'berekenbaarheid' duidelijk gemaakt. Turing toonde vanuit de Turingmachine aan dat niet alle wiskundige stellingen oplosbaar zijn. Het is namelijk mogelijk dat de machine geen oplossing vindt, maar eeuwig door blijft rekenen.

Met de Turingmachine ontwikkelde Alan Turing het concept van de moderne computer. Eind jaren '40 was Turing ook nauw betrokken bij de realisatie van de eerste computers.



*Lego Turingmachine; ontwerp: Davy Landman en Jeroen van den Bos (CWI 2012)*

### 4. Friden SRQ-10, elektro-mechanische rekenmachine, 1964

De meest gecompliceerde elektromechanische rekenmachine ooit. Deze machine kon net als de Madas [6] de vier basisfuncties uitvoeren: optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. Maar hoewel eerdere mechanische machines nooit konden worteltrekken (een door wetenschappers vaak benodigde bewerking), kon de Friden SRQ dat wel! Doordat daarvoor een bijzonder complex mechaniek nodig is, liep de machine nog eerder vast dan zijn met de hand aangezwengelde of elektrisch aangedreven voorlopers. Dat kon bijvoorbeeld gebeuren bij een verkeerde toetsaanslag, met als gevolg een dure en tijdrovendereparatie. Er zijn niet veel mechanische rekenmachines in bedrijfsklare toestand overgebleven. Ook de getoonde machine is ooit blijven steken, misschien doordat iemand geprobeerd heeft door 0 te delen.



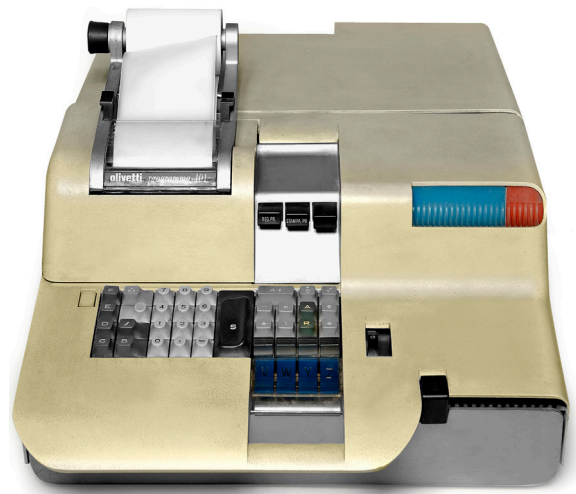
*Friden SRQ-10, elektromechanische rekenmachine (collectie UvA computermuseum)*

## 5. Olivetti P101, 1965

Deze Olivetti is een van de eerste succesvolle programmeerbare rekenmachines. Het ontwerp – een belangrijk aspect van alle Olivetti producten – is van de architect Mario Bellini.

Deze rekenmachine kan de vier basis rekenfuncties uitvoeren en kan worteltrekken. De rekenresultaten verschijnen op papier door middel van de ingebouwde snelle printer.

Programma's bevatten maximaal 120 instructies (naast de rekeninstructies: getallen afdrukken en verplaatsen tussen registers, programmasprongen). Ze worden, na te zijn ingetoetst, bewaard op magneetkaartjes. Er werden door Olivetti heel wat programma's bijgeleverd: voor wiskundige functies, elektrische, bouwkundige en financiële berekeningen. Er was ook een netwerk voor de uitwisseling van door de gebruikers geschreven programma's.



*Olivetti P101 (collectie UvA computermuseum)*

## 6. Madas, elektromechanische rekenmachine, Zwitserland, 1937

Deze mechanische rekenmachine is vergelijkbaar met de Unitas en Brunsviga, maar aangedreven door een elektromotor. De Madas kan de vier basisfuncties (optellen, aftrekken, vermenigvuldigen, delen) automatisch uitvoeren. Optellen en aftrekken kan de Madas in ca. 1 seconde (afgezien van intoetsen en overschrijven). Delen en vermenigvuldigen op deze rekenmachine duurt al gauw 10 seconden, afhankelijk van het aantal cijfers.

Door hun hoge prijs werden deze machines voor de Tweede Wereldoorlog nog relatief weinig gebruikt. Het mechaniek is aanzienlijk ingewikkelder dan dat van de hand-gezwengelde machines, omdat de machine nu zelf moet beslissen hoe vaak er aan de (interne) zwengel moet worden gedraaid, en wanneer de wagen met het verzamelregister moet opschuiven.

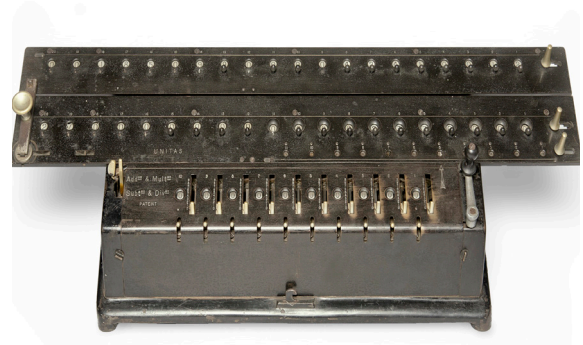


*Madas, elektronische rekenmachine, 1937, Zwitserland (collectie UvA computermuseum)*

## 7. Unitas Arithmometer, mechanische rekenmachine, Duitsland, ca. 1910

Mechanische rekenmachine met handaandrijving, de oervorm van een type rekenmachine dat meer dan vijftig jaar door diverse fabrikanten werd geproduceerd. De 19 kg zware Unitas Arithmometer is gemaakt door de firma Ludwig Spitz in Berlijn. Er zijn twee beweegbare verzamelregisters (in de 'wagen' onderaan) die apart of gelijktijdig gebruikt kunnen worden. De machine werkt volgens het staffelwals-principe. Hij kan gebruikt worden voor vermenigvuldigen en delen.

Een extra van deze machine is, dat de gebruiker kiest tussen vermenigvuldigen en delen door het verzetten van een hefboompje: daardoor kan in beide gevallen de slinger rechtsonder worden gedraaid.



*Unitas Arithmometer, mechanische rekenmachine Duitsland, ca. 1910 (collectie UvA computermuseum)*

## 8. Facit TK, 1945

Facit TK, mechanische rekenmachine Zweden, ca. 1945 - Mechanische rekenmachine met handaandrijving. Typerend voor de FACIT is de getalinvoer door middel van het toetsenbord in plaats van door middel van hefboompjes.

Handbediende machines zoals deze en de Brunsviga [9] zijn - in gemoderniseerde styling - even lang in zwang geweest als hun elektromechanische grote broers, dank zij het grote verschil in prijs. Maar aan het begin van de jaren '70 zijn beide onherroepelijk verdrongen door de elektronische rekenmachine.



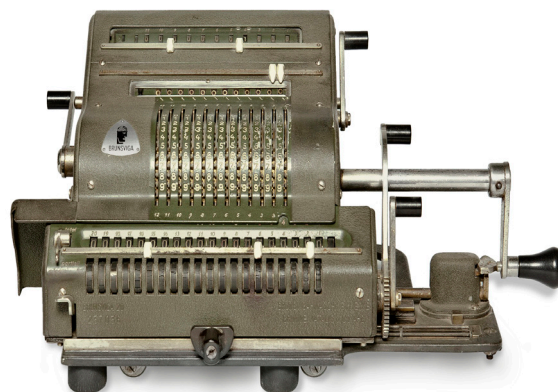
*Facit TK, mechanische rekenmachine, 1945, Zweden (collectie UvA computermuseum)*



## 9. Brunsviga 20, mechanische rekenmachine Duitsland, ca. 1940

Bij deze mechanische rekenmachine met handaandrijving vond de getal invoer plaats door middel van het instellen van de hefboompjes. Door eenmaal rechtsom aan de slinger te draaien wordt een getal opgeteld bij wat al in het 'verzamelregister' staat. Een getal, met de hefboompjes ingesteld, wordt door eenmaal rechtsom aan de slinger te draaien opgeteld bij wat al in het verzamelregister (in de 'wagen' onderaan) aanwezig is. Door 3 maal aan de slinger te draaien wordt het dus met 3 vermenigvuldigd. Wil men met 43 vermenigvuldigen dan wordt vervolgens de wagen een plaats naar rechts geschoven, en dan wordt 4 maal aan de slinger gedraaid.

Aftrekken en delen gebeurt door de slinger linksom te draaien. Het bovenste register toont hoe vaak aan de slinger is gedraaid. Deze luxe versie heeft onder meer de extra mogelijkheid het verzamelregister naar het invoerregister te kopiëren. De Brunsviga werd tot eind jaren tachtig gebruikt in grenswisselkantoren voor het omrekenen van buitenlands geld.



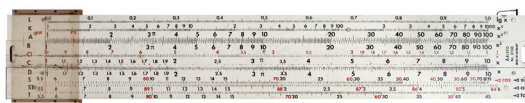
*Brunsviga 20, mechanische rekenmachine, 1940, Duitsland (collectie UvA computermuseum)*

## 10. Aristo rekenliniaal, jaren 60

Rekenlinialen zijn lange tijd populair geweest voor het maken van berekeningen (met name vermenigvuldigen en delen) waarbij uiterste precisie niet vereist was. Hoe langer de liniaal, hoe beter de nauwkeurigheid.

Om de schaallengte te vergroten zijn ook rekenschijven en rekenspiralen bedacht. De hier getoonde extreem lange rekenliniaal werd alleen gebruikt voor instructiedoeleinden in het middelbaar onderwijs.

De rekenliniaal is geheel in onbruik geraakt bij de introductie van de digitale zakrekenmachines, rond 1975.



*Aristo rekenliniaal, jaren 60 (collectie UvA computermuseum)*



## 11. Flexowriter, Friden, jaren 60

De Flexowriter werkt helemaal mechanisch en werd als terminal gebruikt ( in- en uitvoerstation op afstand) van o.m. de X1 computer. Dit exemplaar werd in Amsterdam gebruikt op het Sterrenkundig Instituut van de UvA.

Op de Flexowriter geprepareerde programmaponsbanden werden door de gebruiker per fiets naar de in het Mathematisch Centrum (het huidige CWI) opgestelde X1 gebracht. De uitvoer van de X1, ook op ponsband, kon een dag later worden opgehaald en op de Flexowriter worden geprint.

Het van oorsprong vooroorlogse IBM-ontwerp werd van 1955 tot 1965 door de firma Friden in Nijmegen geproduceerd.

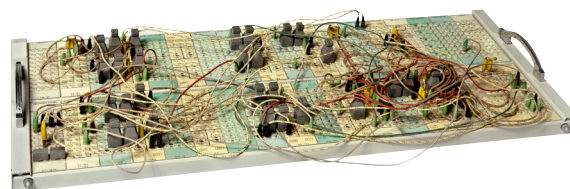


*Flexowriter, Friden, jaren 60 (collectie UvA computermuseum)*

## 12. Programmeerbord, van een Hitachi analoge computer, 1975

Elektronische analoge computers werden in de jaren '60 en '70 gebruikt voor het oplossen van differentiaalvergelijkingen: heel belangrijk in de technische- en bètawetenschappen. Het was destijds moeilijk om de bestaande, voor handrekenen ontworpen rekenmethoden in efficiënte digitale-computerprogramma's te vertalen. Bovendien waren digitale computers te traag voor real-time werk, zoals baanberekeningen in de ruimtevaart. Analoge computers zijn in onbruik geraakt toen de digitale computers sneller, goedkoper, en makkelijker te programmeren werden.

Het programmeren van een analoge computer gebeurt door met kabeltjes de voor het gegeven probleem benodigde eenheden voor optellen, integreren en vermenigvuldigen met elkaar te verbinden.



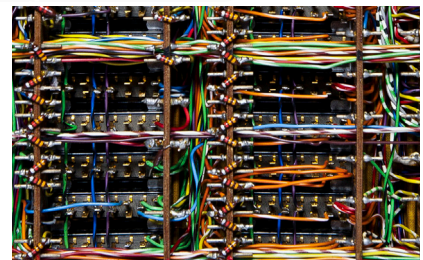
*Programmeerbord Hitachi analoge computer, 1975 (collectie UvA computermuseum)*

De aansluitingen van deze - in veelvoud aanwezige - eenheden zijn toegankelijk via het getoonde programmeerbord.

De oplossing van een probleem wordt in grafische vorm zichtbaar op een oscilloscoopscherm of (analoge) plotter. Analoge computers van het merk Hitachi werden in Nederland veel gebruikt bij het technisch onderwijs.

### 13. 'Bollenveld', 1958

'Bollenveld', 1958 - Het zogenaamde 'bollenveld' is een bord met plug-in-modules van de Electrologica X1 computer. In de geopende module zijn vijf Philips germanium-transistors te zien.



'Bollenveld', 1958 (collectie UvA computermuseum)

### 14. Teletype, jaren 70

De Teletype heeft dezelfde functie als de Flexowriter [11] en werkt ook geheel mechanisch. Aan mechaniek, materiaal en styling is echter duidelijk te zien dat de ontwerpen uit verschillende tijdperken stammen (voor en na WO II).

Begin jaren '70 was de Teletype heel populair voor de communicatie met de computer - meestal een grote installatie elders in de stad of soms zelfs in een ander land. Deze communicatie verliep dan via een telefoonlijn. Meestal was de Teletype ook uitgerust met een ponsband-ponser en ponsbandlezer, maar die werden voor de lokale opslag van gegevens gebruikt (zoals later de floppy disk en nog veel later de geheugenstick). Met de Teletype konden maximaal 10 tekens per seconde worden verstuurd of ontvangen. In de loop van de 70-er jaren werd de Teletype verdrongen door de beeldschermterminal.



Teletype, jaren 70 (collectie UvA computermuseum)

## 15. Hewlett-Packard HP-67, 1974

De HP 67 was de aanzienlijk goedkopere opvolger van de HP 65, de eerste met magneetkaartjes programmeerbare zakrekenmachine.

De rekenmachine was populair onder technici en wetenschappers. De HP-67 werkt met 'omgekeerde Poolse notatie' (RPN) die het mogelijk maakt om formules in te voeren zonder haakjes te gebruiken. Rekenmachines van Texas Instruments en de latere 'zakjapanners' werkten altijd met gewone algebraïsche notatie en maakten daardoor hun opgang bij het brede publiek.



Hewlett-Packard HP-67, 1974 (collectie UvA computermuseum)

## 16. Zaanlander, 1997

Zaanlander, 1997 - Aan het eind van de jaren '60 werden de mechanische rekenmachines in snel tempo vervangen door elektronische, die aanvankelijk nog even groot, even zwaar en duurder waren, maar wel sneller en betrouwbaarder.

30 jaar na de intrede van de elektronische rekenmachine gaf Albert Heijn deze minuscule (breed 6 cm) maar complete elektronische rekenmachine, die ook kon worteltrekken, bij de kaas cadeau!



Zaanlander, minuscule rekenmachine, 1997 (collectie UvA computermuseum)

## 17. Osborne 1980

De eerste draagbare computer met een gewicht van 11kg! De computer heeft 64 kB geheugen en twee 100 kB floppydiskstations; geen harde schijf.

Wie het beeldschermje te klein vond kon een externe monitor aansluiten. De Osborne had geen batterij en moest op het net worden aangesloten.



*Osborne 1980, eerste draagbare computer (collectie UvA computermuseum)*

## 18. AT&T 3B2/300 computer, 1984

Deze Unix computer is ontwikkeld door Bell Labs en werd in Europa verkocht door Olivetti. Hij werd veel gebruikt samen met de 5620 terminal, een 'slimme' terminal met eigen processor waarop een grafische gebruikersinterface (GUI) kon worden geprogrammeerd, al dan niet met gebruik van een muis.

De 5620 terminal was bekend onder de naam BLIT: 'Bell Labs Intelligent Terminal' of '[bit-] Block Image Transfer' naar de technologie gebruikt om snelle grafische operaties op het scherm te implementeren. Opmerkelijk is het verticaal georiënteerde scherm waarop een A4 bladzijde in zijn geheel kon worden bekeken.

In de jaren 80 was dit systeem populair in de wetenschappelijke wereld, ook op het CWI.



*AT&T 3B2/300 computer, 1984 (collectie UvA computermuseum)*



## 19. IBM-PC (model 5150), 1981

De IBM-PC (officieel IBM Model 5150) is op de markt gebracht in 1981. Op dat moment bestonden er al veel, onderling soms sterk verschillende 'personal computers'. De machines van Apple, Atari, Commodore en Radio Shack waren de bekendste. De IBM-PC bracht een revolutie teweeg, dat was niet in het bijzonder vanwege de speciale kwaliteiten van deze computer, en ook niet vanwege de prijs (20.000 gulden!).

De introductie door IBM werkte als een keurmerk en dat was heel bepalend voor het succes. De komst van de IBM-PC betekende het einde van de vele ondernemingen (ook in Nederland) die een plaats op de markt voor kleine computers bevochten. De 5150 heeft een klok-snelheid van 5 MHz, tot 640 kB uit te breiden geheugen, geen harde schijf, maar wel een of twee 160 kB floppy-disk drives. Verder een aansluiting voor een cassetterecorder (voor data- of programma-opslag), en zelfs een voor een Teletype. Op het beeldscherm kan alleen tekst worden getoond (geen plaatjes): groen op een zwarte achtergrond. De 5150 kan gebruikt worden met het vast ingebouwde BASIC, of met Microsoft PC-DOS (later MSDOS genoemd) vanaf een floppy disk. In de machine kunnen uitbreidingskaarten worden geplaatst, bijvoorbeeld om een externe 10 MB harde schijf of een kleurenmonitor aan te kunnen sluiten.



IBM-PC (model 5150), 1981  
(collectie UvA computermuseum)

Dit was op zich geen nieuw idee, maar het bus-systeem waarin de kaarten moesten passen werd door het gewicht van IBM een industriestandaard. Dat is mede bepalend geweest voor het succes van de IBM-PC. Nog belangrijker is wellicht geweest dat IBM voldoende gegevens vrijgaf om het andere fabrikanten mogelijk te maken om 'klonen' van de machine te bouwen.

## 20. IME 86, ca. 1968

IME 86, elektronische rekenmachine, ca. 1968 - De IME 86 (Industria Macchine Elettroniche) is een van de eerste getransistoriseerde wetenschappelijke rekenmachines. Hij heeft uiteraard de vier standaardfuncties, maar hij kan ook worteltrekken.

De IME 86 werkt met germaniumtransistors en kerngeheugen, net als de tentoongestelde Electrologica X1 computer. Het 16-cijferige display is gebaseerd op de bekende nixie cijferbuisjes.



IME 86, ca. 1968 (collectie UvA computermuseum)

## 21. Monroe 1920, 1974

De Monroe 1920 is een volwaardige wetenschappelijke calculator. Het is een tafelmodel, wat ergonomisch een voordeel is ten opzichte van de in die tijd in zwang komende zakrekenmachines. Hij is echter niet programmeerbaar.

De 1920 gebruikt, net als zijn vroege voorganger de IME [20], een neon display.

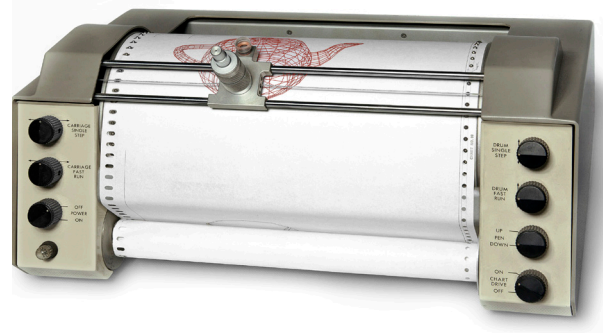


Monroe 1920, 1974 (collectie UvA computermuseum)

## 22. Calcomp trommelplotter, 1966

Met deze Calcomp 565 digitale plotter was destijds de enige mogelijkheid om de computer plaatjes van bruikbare kwaliteit te laten maken. Het ging dan om lijntekeningen, zoals ontwerptekeningen en grafieken van meet- en rekenresultaten.

De plotter wordt aangestuurd met 6 simultane commando's: pen op, pen neer, trommel linksom, trommel rechtsom, pen links, pen rechts, de laatste vier in stapjes van 1/100 inch. Deze commando's werden in de vorm van elektrische impulsen gegenereerd door de computer. De gebruiker werd geacht zelf voor een op zijn computer toegesneden elektrisch interface en driverprogramma te zorgen.



Calcomp trommelplotter, 1966 (collectie UvA computermuseum)

## 23. Apple Macintosh, 1984

Apple Macintosh, 1984 - De eerste commercieel succesvolle microcomputer met een grafische gebruikersinterface (GUI), die gebruik maakt van een muis.

Het idee van de muis dateert al uit 1963, en werd toegepast in computers van Xerox en AT&T. Maar de tot op heden algemeen gebruikte interactietechnieken (zoals knippen en plakken, overlappende vensters, prullenbak, standaardmenu's in elke toepassing) zijn door Apple zelf ontworpen.

De eerste Mac werkte op de Motorola 68000 processor met 128 kB geheugen en 64 kB ROM, waarin het besturingssysteem werd bewaard. Er was één 400 kB diskette drive met aansluitmogelijkheid voor een tweede, of voor een 5 MB harde schijf. De Mac werd bij de afdeling Informatica van de UvA in veelvoud gebruikt bij het onderwijs in de programmeertaal Pascal.

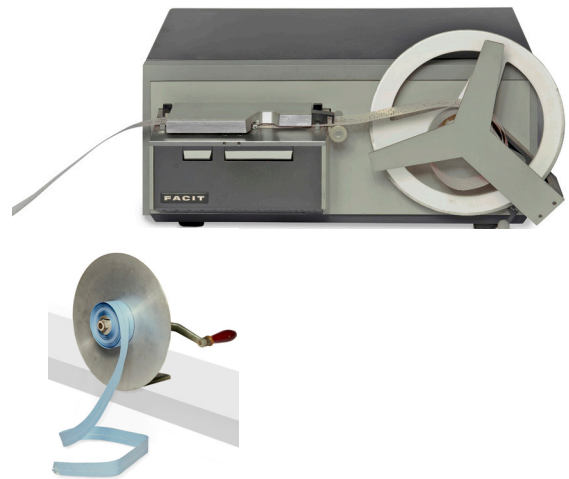


Apple Macintosh, 1984 (collectie UvA computermuseum)

## 24. Facit ponsbandlezer, ca 1980

Facit ponsbandlezer (ca. 1980) en ponsband wikkelmachine (jaren '60) - Met de ponsbandlezer wordt de gaatjescode van de ponsband omgezet in elektrische signalen die leesbaar zijn voor de computer.

Een computerprogramma neemt meters ponsband in beslag. Op 1 meter is plaats voor 400 bytes. Voor informatie op een – inmiddels bijna uitgestorven – 3.5" diskette zou een rol ponsband met een doorsnede van 14 meter nodig zijn.



Facit ponsbandlezer (ca. 1980) en ponsband wikkelmachine (jaren '60) (collectie UvA computermuseum)



## 25. Turingpatronen

Als een embryo zich ontwikkelt, ontstaat uit een bevruchte eicel een organisme met een boven- en onderkant, en met repeterende patronen zoals de nerven in een blad, de vingers in een hand en de strepen van een zebra. Hoe weet een cel in een groeiend embryo tot welk orgaan het moet gaan behoren, zonder centrale sturing?

In zijn artikel *The Chemical Basis of Morphogenesis* (1952) stelde Alan Turing zijn reactie-diffusievergelijkingen voor die grote invloed hebben in de biologie.

Inmiddels is gebleken dat zogeheten Turingpatronen bij de vorming van de links-rechtssymmetrie van het hart, bij de verdeling van haren in de vacht, en bij de ontwikkeling van handen en voeten inderdaad een rol spelen.

En zelfs bij zich herhalende patronen van vegetatie in woestijnen komt het principe van Turing terug. Alhoewel de details vaak verschillen van wat Turing bedacht, blijft het wiskundig principe altijd hetzelfde.



## 26. Zicht op bedreigde diersoorten

Met nieuwe computertechnieken kunnen biologen potvissen, bultrug walvissen en lederschildpadden in zee automatisch herkennen. Bij deze technieken herkent en vergelijkt de computer foto's van individuele dieren. Pigmentatievlekken en contouren worden hierbij als herkenningspunt gebruikt.

Potvissen en bultruggen zijn bijvoorbeeld te herkennen aan hun unieke staartcontour en lederschildpadden aan een wolkachtige roze vlek - even uniek als een vingerafdruk - boven op hun kop. Van potvis- en bultrugstaarten hebben biologen inmiddels duizenden foto's verzameld.





## 27. Robotmaatje voor kinderen, 2012

Over kunstmatige intelligentie ontwikkelde Alan Turing zeer invloedrijke ideeën. Tegelijk met het idee van de computer was Turing er ook van overtuigd dat de computer uiteindelijk de functies van de menselijke hersenen zou kunnen imiteren of zelfs overstijgen.

Hij ontwikkelde de Turingtest, een experiment dat antwoord moet geven op de vraag of computers kunnen denken. Een computer denkt volgens Turing als een mens op het moment dat een mens niet meer kan bepalen of hij met een computer praat of met een ander mens.

De tentoonstelling toont ook de laatste toepassingen in de kunstmatige intelligentie.

Een film laat zien hoe persoonlijke robots jonge kinderen kunnen helpen om te gaan met hun chronische aandoening. Kinderen verrichten activiteiten met hun robotmaatje, zoals het spelen van een quiz. De robot helpt hun begrijpen wat hun aandoening betekent en hoe zij er mee om kunnen gaan in hun dagelijkse leven. Over de tijd leert de robot het kind steeds beter kennen, waardoor deze lange tijd interessant is.

Een project van TNO en ALIZ-e



*Kinderen met hun robotmaatje (TNO)*

## 28. Presentatie Turings Erfenis

Deze presentatie maakt een reis door de tijd van de automatische weefgetouwen van Jacquard, via de mechanische rekenmachines van Babbage en het werk van Turing naar de toepassingen van informatica vandaag en morgen. Na een kort historisch overzicht van automatisering in voorgaande eeuwen, komen de verschillende aspecten van Turings werk aan de orde.

Ook wordt de betekenis van zijn werk voor computers en programmeren toegelicht. Na een korte uitleg van het begrip “programmeren” volgt een overzicht wat er allemaal geprogrammeerd kan worden: van iPhone tot Wikipedia, van World of Warcraft tot Google. De presentatie laat zien dat de informatica een stille kracht is die ons leven diepgaand beïnvloed heeft. Deze invloed zal in de toekomst alleen maar toenemen. Onderwijs en onderzoek in de Informatica zijn daarom van steeds groter belang.

**TNO** innovation  
for life



## 29. Electrologica X1, jaren '60

De X1, is één van de eerste computers die in Nederland zijn ontworpen in het Mathematisch Centrum (het huidige Centrum voor Wiskunde & Informatica).

De X1 werd gefabriceerd door de hiervoor speciaal opgerichte onderneming Electrologica.

Deze machine bevat het bedieningspaneel. Onder de 'tafel' zitten de processor, en het basisgeheugen van 512 27-bits 'woorden', plus 700 woorden van wat wij tegenwoordig ROM (read-only memory) noemen. De processor is uitgevoerd met transistors, die per (gemiddeld) 5 stuks in een module zijn samengebouwd tot een functionele eenheid, bijvoorbeeld een 'flip-flop'.

De modules zijn geplugd in verzamelborden, waarvan er in de tentoonstelling ook een los te zien is. De machine werd gewoonlijk uitgebreid met extra geheugeneenheden in manshoge kasten, tot een maximum van 32768 woorden - dit komt ruwweg overeen met 100 kB.

Altijd was er een in- en uitvoerstation voor ponsband, meestal een elektrische schrijfmachine (vergelijkbaar met de tentoongestelde Flexowriter), en soms een roterende magnetische cilinder (voorloper van de harddisk) als achtergrondgeheugen.

De operator 'praatte' met de machine hoofdzakelijk via lampjes, schakelaars en piepsignalen.

De X1 was een succes: er zijn 31 exemplaren verkocht in binnen- en buitenland aan onder meer universiteiten, onderzoeksinstituten, verzekeringsbedrijven en industriële ondernemingen. De opvolger van de X1 was de eveneens succesvolle X8.



*Electrologica X1 computer, jaren '60, (collecties TU Delft)*

## Credits Turings Erfenis

### Concept, realisatie en uitvoering

Karin Blankers, Edo Dooijes, Paul Klint,  
Coby van Vonderen

### Opbouw vitrines

Tartica Art, Walter de Gruiter

### Bijdragen

Centrum Wiskunde & Informatica (Jeroen van den Bos, Davy Landman, Roeland Merks, Eric Pauwels), IOS Press i.s.m. King's College, Cambridge (Astrid Engelen, Benedikt Löwe, Fenner Tanswell en Donna Geczi), Lego Nederland (Roy Cordes), TNO (Rosemarijn Looije), Collecties TU Delft (Han Heijmans), UvA Computermuseum (Edo Dooijes).

### Bronvermelding

Hodges, A., Alan Turing: The Enigma. New York, 1983. Hodges, A., Alan Turing: a short biography. <http://www.turing.org.uk/bio/index.html> Wikipedia, Alan Turing. [http://en.wikipedia.org/wiki/Alan\\_Turing](http://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing).

## Colofon

### Teksten

Karin Blankers, Edo Dooijes

### Ontwerp en vormgeving

Coby van Vonderen

© 2012

Centrum Wiskunde & Informatica

[www.cwi.nl](http://www.cwi.nl)