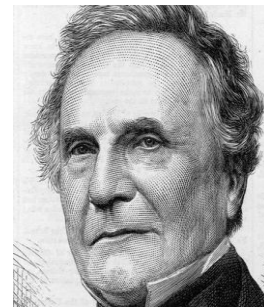


Pioniers van de Informatica: Charles Babbage

De differentiemachine

Het HNF in Paderborn besteedt in de Galerie der Pioniere prominent aandacht aan de grondleggers van de informatica. Zoals het museum laat zien, kunnen we inmiddels veel naoorlogse computers tot de historie van de rekeninstrumenten, dus tot ons belangstellingsgebied rekenen. Daarom geven we in deze MIR een overzicht van leven en werk van de pioniers die aan de basis van de computerkunde hebben gestaan.

De briljante wetenschapper Charles Babbage (1791 – 1871) bouwde als eerste een machine met een architectuur die lijkt op die van hedendaagse computers. Tot de tijd van Babbage en ook nog lang erna werden tabellen met logaritmen en goniometrische verhoudingen met de hand samengesteld, dat wil zeggen, berekend door feilbare mensen. De tabellen bevatten daardoor een enorm aantal rekenfouten, die bijvoorbeeld bij de navigatie op open zee tot ernstige problemen kunnen leiden. Babbage meende dat met de hand samengestelde tabellen altijd vol fouten zouden blijven zitten. Het mechaniseren van het rekenwerk zou zulke fouten kunnen voorkomen.



In 1822 ontwierp Babbage een door stoom aangedreven *differentiemachine* die volautomatisch de waarden van zesdegraads polynomen kon berekenen. De Britse Admiraliteit stelde 20.000 pond (omgerekend enkele miljoenen hedendaagse ponden) beschikbaar voor het bouwen van de machine.

Het differentiealgoritme

Veeltermen van de 6^e graad vormen een voldoende nauwkeurige benadering van veel in de praktijk gebruikte wiskundige functies. In zijn machine paste Babbage een slim algoritme toe, waardoor vermenigvuldigingen zo veel mogelijk worden voorkomen. Het berekenen van polynoomwaarden door middel van differenties is verbluffend eenvoudig. Om het rekenwerk te beperken illustreren we dat aan de hand van een 3^e-graads in plaats van een 6^e-graads polynoom.

Als voorbeeld bepalen we de functiewaarden $p(x) = x^3 + 2x^2 + 3x + 4$ voor een aantal gehele x -waarden. Eerst berekenen we, met de hand, de functiewaarden p voor vier x -waarden, bijvoorbeeld $x = 0, 1, 2$ en 3 . De bijbehorende p -waarden zijn respectievelijk 4, 10, 26 en 58.

Vervolgens construeren we een tabel met opeenvolgende verschillen (blauw) die we afleiden uit de vier berekende p -waarden:

x-waarden	0	1	2	3	4	5
p-waarden	4	10	26	58	112	...		
1^e verschil	6	16	32	54	...			
2^e verschil	10	16	22	...				
3^e verschil	6	6	6	6	6	6	6	6

Omdat de derde afgeleide van een derdegraads veelterm constant is, zijn de 3^e verschillen ook constant. In het voorbeeld zijn die 3^e verschillen allen 6.

Door eenvoudig optellen kunnen we de eerstvolgende p -waarde (voor $x = 4$) uitrekenen. We beginnen met de rode 6 op de onderste regel van de tabel en vinden achtereenvolgens van beneden naar boven $6 + 16 =$

22 , $22 + 32 = 54$ en $54 + 58 = 112 = p(4)$. Daarna kunnen we op overeenkomstige wijze $p(5)$ uitrekenen, vervolgens $p(6)$, enzovoorts.

Voor de uitvoering van het algoritme door een differentiemachine voor derdegraads veeltermen hoeven maar 4 waarden met de hand te worden uitgerekend en te worden ingevoerd. Voor een zesdegraads veelterm moeten de eerste zeven waarden worden uitgerekend, daarna doet de machine de rest.

Naast die zeven startwaarden moeten natuurlijk ook de zeven coëfficiënten van de veelterm worden ingevoerd. De differentiemachine moet verder in staat zijn de laatst berekende verschillen te onthouden in een geheugen.

De differentiemachine bestaat dus uit eenheden voor de invoer van getallen, de uitvoer van getallen, een geheugen en een centrale verwerkingseenheid. Het programma van de differentiemachine (het algoritme) ligt weliswaar volkomen vast in de mechanische constructie, niettemin zien we hier voor het eerst de contouren van de moderne computerarchitectuur.

De analytische machine

De fijnmechanische problemen waarvoor de instrumentmakers zich gesteld zagen waren te groot voor de stand van de techniek in de eerste helft van de negentiende eeuw. Pas later in de negentiende eeuw zou een Zweedse machinebouwer als eerste een functionerende mechanische differentiemachine construeren met de architectuur van het apparaat van Babbage.

Tijdens de bouw van zijn differentiemachine kwam Babbage op het idee van een programmeerbare machine, een analytische machine, die *alle* algoritmen zou kunnen uitvoeren, niet alleen het hierboven geschetste differentiealgoritme. Naast de vier al genoemde modules zou de analytische machine een vijfde eenheid moeten bevatten waarmee de machine geladen zou kunnen worden met een programma op ponskaarten of een ponsband, zoals die bij de weefmachine van Jacquard werd toegepast. (Zie de foto bij het verslag van Nico Smalenburg van het bezoek aan het NHF.) De analytische machine kreeg daarmee de architectuur van alle hedendaagse computers, met één essentieel verschil: het programma (algoritme) bevond zich niet in het geheugen van de machine, maar in een *externe* bron. De analytische machine kon daardoor wel verschillende algoritmen uitvoeren, maar niet met de flexibiliteit van de moderne computer.

Een onvoltooid project

De technische problemen bij de constructie van de analytische machine waren te overweldigend. Nadat een klein aantal submachines (te zien in het British Museum in Londen) gebouwd was, moest Babbage gedesillusioniseerd en berooid zijn project wegens geldgebrek beëindigen. Niettemin vormen de ideeën van Babbage over een universele algoritmemachine de basis van alle latere ontwikkelingen op computergebied.

Referenties

[1] Foto van website: www.giantsofscience.weebly.com/charles-babbage.html.

[2] Pohl, I en Shaw, A, *The nature of computation*, Computer Science Press, Inc, Rockville, Maryland, 1981, pag. 131-137.

[3] HNF, *Museumsführer*, Paderborn, 2000, pag. 64-65.