

# The Baby Machine

## os matemáticos e os computadores

José Maria Almeida

Tom Kilburn nasceu em 11 de Agosto de 1921 em Earlsheaton, um subúrbio de Dewsbury no Yorkshire em Inglaterra. Em 1940 obteve o grau de BA e em 1942 o de MA em Ciências Matemáticas na Universidade de Cambridge, UK. Em 1942 foi incorporado como *scientific officer* no *Telecommunications Research Establishment* — TRE — em Malvern, UK.

Ao chegar a Malvern, em Setembro, de 1942, Tom Kilburn disse, naturalmente, que gostaria de ser incorporado no Grupo da Matemática. A resposta foi seca: “o Grupo está cheio, apresente-se a Freddie Williams no pavilhão de *cricket*”.

Freddie Williams, mais velho 10 anos que Tom Kilburn, era BSc (1933) em Engenharia pela Universidade de Manchester, DPhil (1936) pela Universidade de Oxford e DSc (1939) pela Universidade de Manchester. A área de investigação de Freddie Williams era a electrónica e desenvolvia, em Malvern, um projecto para explorar a possibilidade de memorizar dados em CRT<sup>1</sup> (Cathode Ray Tube) que equipavam o RADAR (Radio Detection And Ranging).

Quando Tom Kilburn se apresentou a Freddie Williams, que esperava um engenheiro electrotécnico para reforçar a sua equipa, Freddie perguntou-lhe: “Então você o que é?”, ao que Tom respondeu: “Sou matemático por Cambridge”. O comentário imediato de Freddie foi: “Oh meu Deus!” e, após uma pausa, continuou: “Não faz mal vai aprender depressa a ser engenheiro”.

Ao longo de quatro anos, Tom trabalhou na equipa, mas passados seis meses já se considerava um engenheiro electrotécnico muito competente.

Em 1946 Freddie Williams regressou à Universidade de Manchester para ocupar a cátedra de Electrotecnia e conseguiu uma licença para que Tom Kilburn, ainda ao serviço no TRE, viesse trabalhar com ele. Em Dezembro de 1946 Tom Kilburn chegou a Manchester e começou a trabalhar no aperfeiçoamento do sistema de memorização de dados nos CRT's.



Tom Kilburn

O computador electrónico digital então conhecido era o ENIAC - Electronic Numerical Integrator and Computer - que não possuía efectivamente uma capacidade electrónica de memorização.

Os números (dados) eram introduzidos no ENIAC através de um dispositivo denominado *constant transmitter* que trabalhava em conjunto com um leitor de cartões perfurados IBM. Os números eram memorizados em *relays* localizados no *constant transmitter* e disponibilizados quando solicitados pelo processo de cálculo.

Os resultados eram perfurados em cartão através de uma *printer unit* que trabalhava em conjunto com um perfurador de cartões IBM. Introduzindo os cartões numa Tabuladora IBM obtinha-se a impressão dos resultados.

A memorização era consubstanciada em acumuladores electrónicos (conjuntos de válvulas) e o programa

A *Baby Machine* pode ser considerada como o protótipo dos actuais computadores.

Pela primeira vez, na Terra tinha sido executado um programa armazenado na memória de um computador electrónico digital.

era constituído por um conjunto de circuitos eléctricos de comando e controlo que enviavam e recebiam sinais dos diversos componentes.

No ENIAC mudar de um programa para outro era um trabalho árduo que implicava a reconfiguração do *hardware* a qual poderia demorar vários dias.

No entanto, desde Agosto de 1944 que John von Neumann visitava regularmente a Moore School da Universidade da Pensilvânia - USA, onde estava a ser construído o ENIAC. Von Neumann, discutia os problemas do controlo lógico com os elementos da equipa, nomeadamente Mauchly, Eckert, Burks, Goldstine e outros e apresentou dois relatórios sobre o assunto. O segundo relatório contendo 101 páginas e intitulado *First Draft of a Report on EDVAC* (Electronic Discret Variable Calculator) foi apresentado em Julho de 1945 à equipa que construía o ENIAC na Moore School.

Este relatório foi o ponto de partida para a denominada "Arquitectura von Neumann" utilizada na construção de todos os computadores-série actuais.

No entanto, na época não tinha sido construído nenhum computador com base naquela arquitectura. Só mais tarde Mauchly e Eckert, que fundaram a *Electronic Control Co.*, em Filadélfia - USA, construíram um computador denominado BINAC (Binary Automatic Computer) de acordo com os princípios enunciados por von Neumann. O BINAC só ficou operacional em Agosto de 1950.

Freddie Williams tinha visitado a Moore School em 1946, viu o ENIAC a trabalhar e teve a ideia de construir um dispositivo que memorizasse informação digital (dados e programas) e resolvesse o problema da mudança dos programas.

No Outono de 1947 Tom Kilburn, assistido por Geoff Tootill<sup>2</sup>, conseguiu memorizar 2.048 bit num CRT durante quatro horas. Este método passou a ser denominado *Williams Tube* embora tivesse sido descrito no relatório intitulado *A Storage System for use with Binary Digital Computing Machines* apresentado por Tom Kilburn ao TRE em 1 de Dezembro de 1947.

O passo seguinte era construir um computador utilizando um ou mais *Williams Tubes*.



Williams Tube

O financiamento do projecto tinha sido garantido pelo professor Max Newman<sup>3</sup> então catedrático de Matemática Pura na Universidade de Manchester. O financiamento era constituído por £3,000 para salários durante cinco anos e por £20,000 para serem gastos, também durante cinco anos, na construção do computador.

Tom Kilburn, assistido por Geoff Tootill tomou a iniciativa de construção de um protótipo denominado SSEM (*Small Scale Experimental Machine*) que rapidamente foi baptizado com a denominação *The Baby Machine*.

No esquema do computador podia perceber-se a existência de uma memória, de um processador e de uma unidade aritmética e lógica. No entanto, estas denominações não eram utilizadas na época e as unidades eram denominadas:

- Memória;
- Adicionador;
- Subtractor;
- Teste;
- Acumulador;
- Registo de controlo (também memorizava a instrução em execução);
- Registo de *flip-flop* (memorizava o endereço do operando durante a execução da instrução em execução e o endereço da instrução que seria executada em seguida);

Existiam também dois periféricos que só muito mais tarde seriam banalizados:

- *Display* - consubstanciado com um *Williams Tube*;
- Teclado - construído com os selectores de frequência TSF usados nos aviões de caça *Spitfire*.

De notar que o Adicionador apenas era usado para adicionar o valor resultante de um teste ao conteúdo do Registo de controlo.

O único dispositivo verdadeiramente aritmético disponível era o *Subtractor* porque podia ser utilizado, sem qualquer alteração, para criar os complementos dos números.

Assim, para introduzir um número positivo eram usados três passos, no primeiro dos quais o número era convertido em negativo, pela criação do seu complemento, no segundo, o número era memorizado e no terceiro, era introduzido de novo no *Subtractor* que o convertia em positivo através da criação do seu complemento.

Para adicionar dois números eram utilizados quatro passos. No primeiro, o número era convertido em negativo pela criação do seu complemento, no segundo, era introduzido o segundo número que era subtraído (adição do complemento) ao primeiro número (complemento memorizado no Acumulador), no terceiro, o resultado era memorizado e no quarto, o resultado era introduzido no *Subtractor* que o convertia em positivo através da criação do seu complemento. Por exemplo, considerando p e q:

carrega o acumulador com p negativo; subtrai q ao conteúdo do acumulador; memoriza o resultado (-p-q); carrega o acumulador com o resultado negativo e obtém (+p+q).

A especificação da máquina, em terminologia actual, seria:

- palavra com 32 *bit* de comprimento;
- endereçamento simples;
- cálculo aritmético binário em série utilizando o complemento para dois dos algarismos;
- uma memória RAM com 32 *words*, extensível até 8.192 *words*;
- uma velocidade de cálculo de 1,2 milisegundos por instrução;
- o formato da instrução continha 3 bit para o campo função, 13 *bit*

para endereçamento e 16 bit que não eram utilizados.

A *Baby Machine* dispunha apenas de um conjunto de oito instruções:

Código <sup>4</sup>	Operação
000	Salto incondicional. Introduzia no Registo de controlo o conteúdo do endereço de memória indicado.
100	Salto incondicional relativo. Adicionava o conteúdo do endereço de memória indicado ao conteúdo do Registo de controlo
010	Carregamento negativo. Carregava o Acumulador com o complemento do conteúdo do endereço de memória indicado.
110	Armazenar. Copiava o conteúdo do Acumulador para o endereço de memória indicado.
001 ou 101 <sup>5</sup>	Subtracção. Carregava o Acumulador com a diferença entre o seu conteúdo e o conteúdo do endereço de memória indicada.
011	Comparação a zero. Testava o valor do conteúdo do Acumulador. Se menor que zero era adicionado 2 ao Registo de controlo saltando assim uma instrução sequencial no programa.
111	Stop. Suspensia automaticamente a execução do programa e esperava pelos comandos manuais a introduzir pelo teclado.

Entretanto, Tom começou a escrever um programa que deveria ser executado na *Baby Machine* para determinar o maior factor primo contido na factorização do número 262144. O resultado era conhecido para o número escolhido ( $262144 = 2^{18}$ ) pelo que seria fácil verificar a execução correcta do programa.

O programa original foi concebido e escrito por Tom, em notação binária, nas viagens de comboio entre a sua residência e a Universidade.

Terminada a construção do protótipo o programa foi armazenado na memória e lançada a sua execução. Nos primeiros ensaios a execução do programa não terminava e Tom e Geoff desligavam a *Baby Machine*, reviam o programa, corrigiam-no, voltavam a carregá-lo e lançavam de novo a sua execução.

Finalmente às 11 da manhã do dia 21 de Junho de 1948 o resultado esperado foi afixado no *Display* da *Baby Machine*. A execução do programa demorara 52 minutos.

Pela primeira vez, na Terra, tinha sido executado um programa armazenado na memória de um computador electrónico digital.

Assim, a *Baby Machine* pode ser considerada como o protótipo dos actuais computadores.

Embora o bloco de notas de Tom tenha desaparecido, Geoff conservou o seu onde tem escrita uma versão corrigida<sup>6</sup> do programa datada de 18 de Julho de 1948.

Em 1996 Tom e Geoff reconstituíram o programa original, o qual continha 17 linhas de código e utilizava 8 endereços de memória.

A primeira instrução do programa reduzia a zero o conteúdo do Acumulador e a segunda instrução carregava-o com o número 262144. Este número era também armazenado num endereço de memória cujo conteúdo não era alterado durante a execução do programa. O número memorizado era subtraído de uma unidade e armazenado num outro endereço de memória.

O conteúdo do primeiro endereço de memória era dividido pelo conteúdo do segundo endereço de memória e verificado se o resto era zero. Se o resto fosse zero a execução do programa terminava e era visualizado o resultado. No caso contrário o conteúdo do segundo endereço de memória era subtraído de uma unidade e a divisão e teste eram repetidos.

Para este problema o programa executava 131072 divisões e testes. Como a divisão era efectuada pelo método das subtracções sucessivas eram executadas aproximadamente

19/7/48  
Kilburn Highest Factor Routine (amended)

Instr.	C	25	26	27	Line	012348	1348
-24 C	-G <sub>1</sub>	-	-	-	1	00011	010
+25	G <sub>1</sub>	-	-G <sub>1</sub>	-	2	01011	110
-26 C	G <sub>1</sub>	-	-	-	3	01011	010
+27	-	-	-G <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	4	11011	110
-25 C	a	-G <sub>1</sub>	-G <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	5	11101	010
Subtr 27	a	-	-	-	6	11011	001
Test	-	-	-	-	7	-	011
Add 25	-	-	-	-	8	00101	100
Subtr 26	r <sub>n</sub>	-	-	-	9	01011	001
+25	r <sub>n</sub>	-	-	-	10	10011	110
-25 C	-	-	-	-	11	10011	010
Test	-	-	-	-	12	-	011
Stop	0	0	-G <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	13	-	111
-26 C	G <sub>n</sub>	r <sub>n</sub>	-G <sub>n</sub>	G <sub>n</sub>	14	01011	010
Subtr 21	G <sub>n+1</sub>	-	-	-	15	10101	001
+27	G <sub>n+1</sub>	-	-	-	16	11011	110
-27 C	-G <sub>n+1</sub>	-	-	-	17	11011	010
+26	G <sub>n+1</sub>	-	-	-	18	01011	110
22 G <sub>1</sub>	r <sub>n</sub>	-G <sub>n+1</sub>	G <sub>n+1</sub>	-	19	01101	000

20	-3	10111010
21	1	10000
22	4	00100

23	-a	25	-	init. final
24	G <sub>1</sub>	26	-	-G <sub>n</sub>
		27	-	G <sub>n</sub>

or 10100

Uma página do bloco de notas de Geoff.

3,5 milhões de instruções. A execução total do programa demorava 52 minutos. Assim, a *Baby Machine* executava, aproximadamente, 1100 instruções por segundo.

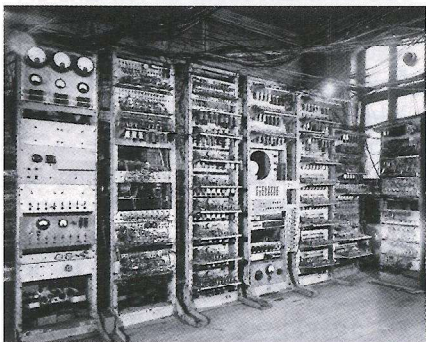
Em meados de Julho de 1948, Alan Turing escreveu um programa que foi executado na *Baby Machine* o qual incluía uma rotina para uma divisão longa.

A partir de Agosto de 1948 a equipa foi reforçada com dois estudantes de investigação — Edwards e Thomas — e a *Baby Machine* começou a ser sujeita a um desenvolvimento intensivo de engenharia de modo a proporcionar um melhor desempenho de cálculo.

Edwards trabalhou no aperfeiçoamento dos *Williams Tube's* e criou as denominadas *B-lines*<sup>7</sup> actualmente denominados registos de índice.

Thomas construiu o primeiro tambor magnético - inicialmente denominado *magnetic wheel* - que consubstanciava uma memória externa, mas sincronizada com a unidade *clock* do processador central. Esta concepção permitia a extensão para múltiplos tambores.

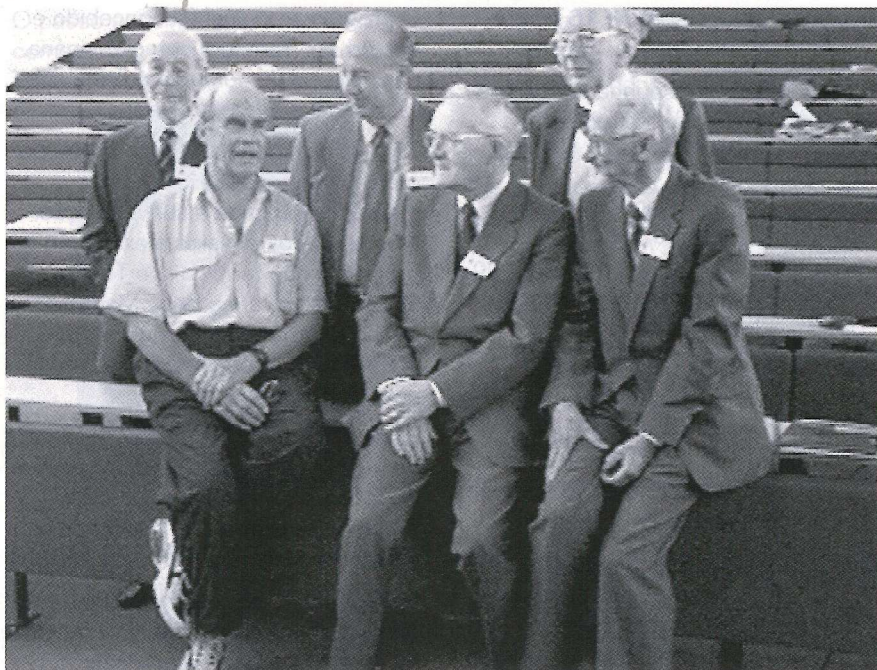
A *Baby Machine* mudou de nome e passou a ser designada pela sigla MK I<sup>8</sup>.



A *Baby Machine*

O MK I despertou então a atenção dos membros do governo nomeadamente a de Sir Ben Lockspeiser quando visitou o Departamento de Engenharia Electrotécnica da Universidade de Manchester em Outubro de 1948. Lockspeiser ficou tão impressionado com o funcionamento do protótipo que iniciou de imediato um contrato governamental com a empresa Ferranti Limited para que esta construísse uma versão comercial da máquina<sup>9</sup>.

A partir de Novembro de 1948



Equipa em 1998. Da esquerda para a direita: 2ª fila - Geoff Tootill, Dai Edwards, Laurie Allard; 1ª fila - Tommy Thomas, Tom Kilburn, Alec Robinson

começou a vigorar entre a Universidade de Manchester e a *Ferranti Limited* um contrato por cinco anos envolvendo um dispendio estimado de £35,000 por ano. Este contrato é um exemplo frutuoso da colaboração entre Universidades e a Indústria.

A Ferranti produziu a série de computadores comerciais Mark I Star o primeiro dos quais foi instalado na Universidade de Manchester em Fevereiro de 1951.

A equipa de investigação na Universidade de Manchester foi reforçada com Laurie Allard que desenvolveu o aperfeiçoamento dos CRT e Alec Robinson que desenhou um multiplicador paralelo.

Ao Ferranti MARK I seguiu-se o projecto *Meg* — *Megacycle machine* — onde foram utilizados transistores e uma concepção mista série/paralelo que estava operacional em Maio de 1954.

Do *Meg* resultou o *Ferranti Mercury* cujo primeiro exemplar foi vendido em Agosto de 1957.

A Universidade construiu entretanto um computador experimental totalmente transistorizado que estava em funcionamento em Novembro de 1953.

Deste computador resultou o *Metropolitan-Vickers MV950* que começou a funcionar em 1956.

No Outono de 1956 a equipa da Universidade de Manchester começou a trabalhar num novo projecto denominado *Muse* — *microsecond computer*. Foi criada em 1959 uma *joint venture* Universidade/Ferranti que produziu o computador resultante do *Muse* e que teve a denominação *Atlas*.

O *Atlas*, inaugurado oficialmente em 7 de Dezembro de 1962, foi o primeiro computador a utilizar o conceito de Memória Virtual.

O exemplar do *Atlas* instalado na Universidade de Manchester funcionou até 30 de Setembro de 1971.

Em 1966 a Universidade iniciou um projecto denominado MU5 que utilizava memórias associativas e podia ser usado num ambiente multiprogramação em *real-time*.

Parte da investigação desenvolvida foi utilizada pela ICL na série 2900 anunciada em Outubro de 1974.

O matemático, que aprendeu a ser engenheiro electrotécnico em seis meses, reformou-se em 1980, mas voltou à sua Universidade no dia 21 de Junho de 1998, de onde coman-

do, à distância, o arranque da *Baby Machine* reconstruída<sup>10</sup> instalada no Museu da Ciência e Indústria em Manchester.

José Maria Fernandes de Almeida  
Universidade do Minho

#### Notas

1 Actualmente a banalização da utilização de CTR's nos receptores de Televisão e em Monitores de computador quase faz "esquecer" a sua existência.

2 Geoff Tootill, Mathematics MA por Cambridge, substituiu Arthur Marsh que considerou não haver futuro para este trabalho.

3 Chefe de projecto em Bletchley Park para construção do *Coloßsus* (1943).

4 Deve notar-se que os números eram escritos com o dígito menos significativo à esquerda.

5 para economizar elementos lógicos só era realizada uma descodificação parcial do código.

6 Tom afirmou, verbalmente, em 1998 que esta "versão oficial" também não é a verdadeira pois contém um erro provocando um *loop*.

7 foi utilizada a letra B, porque a A já era utilizada para o Acumulador e a C para o controlo.

8 No *Illustrated London News* de 25 de Junho de 1949 o protótipo foi crismado

MADM - *Manchester Automatic Digital Machine* -, denominação que nunca foi usada na Universidade de Manchester.

9 Carta assinada por Lockpeiser, datada de 26 de Outubro de 1948 e enviada a Eric Grundy (gestor do Departamento de Instrumentos da Ferranti): [... *Construct an electronic calculating machine to the instructions of Professor FC Williams*].

10 Chris Burton - membro da *Computer Conservation Society* - construiu uma réplica perfeita da *Baby Machine*. A réplica demorou 3 anos a ser construída, envolveu mais de 10.000 horas/homem de trabalho e representou um investimento de £150.000.

## Encontros 2000 e 2001

### CASTME

A International Conference On Science, Technology & Mathematics Education For Human Development realizar-se-á em Goa, de 20 a 23 de Fevereiro de 2001. Esta conferência internacional vai centrar-se na literacia científica e tecnológica, nomeadamente no papel da Ciência, Tecnologia e Educação Matemática no desenvolvimento humano. Os contactos podem ser feitos para:

Mr. Orlando Hall Rose  
Section for Science and Technology Education  
UNESCO  
7 Place de Fontenoy  
75352 Paris 07SP, FRANCE

Tel: +33-1-4568 0816;  
Fax: +33-1-4568 5626  
Email: c.thiounn@unesco.org

Para mais informações consultar a página <http://www.hbcse.tifr.res.in/icstme.html>.

### AERA 2000

O próximo encontro anual da AERA (*American Educational Research Association*) realizar-se-á em New Orleans, entre 24 e 28 de Abril e terá como tema *Creating Knowledge in the*



*21st Century: Insights From Multiple Perspectives.*

A página do encontro pode ser vista em <http://www.aera.net/meeting/call00/am00call.htm>

### TIME 2000

A *International Conference on Technology In Maths Education* realiza-se em Auckland, na Nova Zelândia, de 11 a 14 de Dezembro de 2000. Terá como foco o uso da tecnologia nas seguintes áreas: ensino, avaliação, educação à distância, investigação, aprendizagem e resolução de problemas.

Mais informações em: <http://notes.ait.ac.nz/homepages/appmath/TIME2000> ou <http://math.auckland.ac.nz/TIME2000>

### PME 24

O Congresso internacional organizado pelo *International Group for the Psychology of Mathematics Education* terá lugar entre 23 e 27 de Julho de 2000 em Hiroshima, no Japão. Mais informações em <http://www.ipc.hiroshima-u.ac.jp/~pme24>.

