

Memória de tambor magnético

A primeira ideia de [gravação de sinais](#) remonta a 1807, mas a gravação magnética de sinais começa por volta de 1900.

O primeiro disco magnético

Em 1901, [Valdemar Poulsen](#) (1849-1942) e [Peder Oluf Pedersen](#) (1874-1941) apresentaram a primeira versão de um gravador magnético que utilizava discos de aço de 130 mm (5 polegadas), capazes de armazenar cerca de 2 minutos de áudio. Em 1901, Pedersen, que tinha várias patentes para fazer aderir partículas magnéticas a vários materiais, patenteou, também, discos eletrodepositados com diferentes materiais magnetizáveis.



Fig. 1 - Pintura de Poulsen e Pedersen em 1915, por [Knud Larsen](#) (1865-1922).

O tambor magnético

A ideia original de usar um cilindro metálico rotativo (tambor) coberto com uma camada magnética, para poder gravar nele informação, pertence ao austríaco [Gustav Tauschek](#) (1899-1945), Fig. 2. Tauschek desenvolveu a ideia entre 1920 e 1930. A patente do tambor magnético foi pedida nos EUA em outubro de 1929, e foi concedida em 1932 ([US 1880523](#)). A memória de tambor magnético viria a ser muito usada pelos computadores desenvolvidos entre 1940 e 1950. A esta memória seguiu-se a memória de disco magnético.



Fig. 2 - Gustav Tauschek

A IBM comprou, a Tauschek, os direitos desta e de várias outras invenções. A IBM explorou a ideia do tambor magnético, DRUM, usando-o em vários computadores como memória de média capacidade, mas que era relativamente rápida.

No período de 1940 a 1950 as memórias de computador mais usadas eram: memória de relés, com pequena capacidade e muito lenta; memória magnética de tambor, relativamente rápida; memória acústica de mercúrio, razoavelmente rápida e a memória feita com válvulas eletrônicas, muito rápida, mas com pequena capacidade. Destas memórias só a de tambor era permanente, isto é, mantinha a informação quando o sistema era desligado.

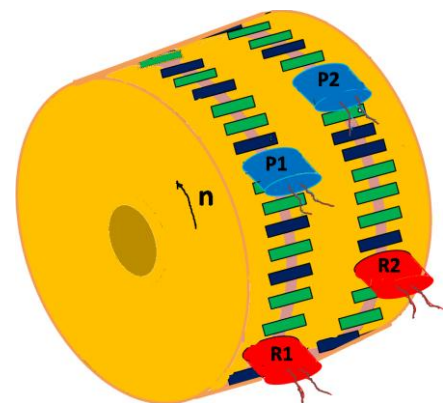


Fig. 3 - Desenho de duas pistas magnéticas gravadas no tambor.

O princípio de funcionamento do tambor magnético

Sobre o tambor magnético são colocadas cabeças magnéticas fixas (solenoides) de gravação, R, e reprodução, P, de campos magnéticos na superfície cilíndrica do tambor, ver Fig. 3. Os bits gravados a "1" são representados pela cor verde e os bits "0" são representados pela cor azul. Entre as cabeças R1 e P1 está gravada a palavra digital 1101011 e entre R2 e P2 está gravada a palavra digital 0111001. O ritmo de rotação do tambor, n , permite determinar o ritmo de gravação de informação na superfície cilíndrica do tambor magnético. Pode colocar-se um número grande de cabeças R e P em cada pista de gravação. Sempre que é ativada uma cabeça R, a informação anterior contida no tambor é apagada e é escrita uma nova informação, durante o tempo de ativação. A informação entre uma cabeça R e uma cabeça P pode ser recirculada criando-se um registo de deslocamento. A informação lida por uma cabeça P, pode ser combinada com informação

digital proveniente doutra pista [e constituir uma unidade aritmética](#) em que a informação existente entre uma cabeça R e uma P, na mesma pista, funciona como registo acumulador.

O desenvolvimento do primeiro tambor de memória, DRUM, teve início nos EUA em 1946, com a fundação da [Engineering Research Associates \(ERA\)](#), sediada em St. Paul, Minnesota. A ERA trabalhava para a Marinha dos EUA, no projeto Goldberg, em aplicações criptográficas relacionadas e motivadas pela 2ª guerra mundial e o período da guerra fria que se seguiu. O projeto foi liderado por [William C. Norris](#) (1911-2006). A ERA construiu o primeiro tambor magnético, com núcleo de alumínio, a partir de fitas de gravação de um gravador Magnetophone alemão capturado na 2ª guerra mundial e usaram as cabeças de um gravador de fio Brush Development Company. Como as fitas não aderiam ao tambor de alumínio, aplicaram uma emulsão de óxido de ferro, obtida da 3M em Minneapolis, diretamente sobre a superfície do tambor com tinta spray. John Coombs () [relatou o sucesso da invenção](#) na Conferência Nacional de Eletrônica de Chicago, em novembro de 1947. O tambor tinha 5 polegadas de diâmetro e girava a 3000 rpm, gravando a uma densidade de 230 bits por polegada com uma cabeça rígida montada a apenas 0,001 polegada (25 µm) da superfície do tambor.

A Marinha dos EUA contratou a ERA para o desenvolvimento de um computador com programa armazenado que teve o nome de Atlas e foi concluído em 1950. A ERA construiu o computador Atlas em 1948 com um tambor magnético de 8,5 polegadas de diâmetro com 200 cabeças de leitura/gravação e uma capacidade de 16.384 palavras de 24 bits. A ERA patenteou o seu tambor magnético em 1948, incluindo a chamada "pista de endereços", uma pista de controlo para mapear os endereços dos dados nas pistas de armazenamento. A velocidade de acesso e a grande capacidade dos tambores magnéticos superaram todas as outras formas de memória de computador em uso durante a década após a Segunda Guerra Mundial, como a memória baseada em tubos de raios catódicos, CRT, e a memória baseada em linhas de atraso de mercúrio. O tambor magnético foi a memória de computador preferida até que as memórias de núcleo magnético que eram mais rápidas aparecessem nos final da década de 50.

Dois dos primeiros tambores funcionais, desenvolvidos pela ERA, foram entregues em 1948, um tambor foi entregue em 1950, para ser usado como memória principal no [computador Atlas](#)¹. Em 1950, a ERA publicou um catálogo dos DRUMs que podiam ser construídos, [catálogo que pode encontrar no Museu Faraday do IST](#).

No catálogo ERA, de 1950, referem-se as possíveis capacidades dos tambores magnéticos desenvolvidos até essa data e a grande variedade de modelos que podia ser fabricada, como se ilustra na apresentação da Fig. 4. Podiam ser fabricados tambores com diâmetros entre 50 mm e 650 mm. Os tambores podiam rodar com velocidades fixadas entre 1200 rpm e 7000 rpm e a densidade de bits gravados poderia chegar a 33 bit /mm. As cabeças magnéticas que poderiam ser colocadas poderia atingir o número de 200 cabeças (100 de escrita e 100 de leitura) tipicamente colocadas, sem tocar no tambor, a poucos µm da sua superfície. Apenas como exemplo, o 12º tambor fabricado, o ERA 1100 A1, tinha 216 mm de diâmetro e 350 mm de comprimento, 200 cabeças magnéticas e armazenava 720 kbit, com um tempo de acesso aleatório de 165 ms.



Fig. 4 - Engenheiros da ERA com diferentes DRUMs.

¹ - Para saber mais sobre computadores aprenda com o [ChatBot Chimpanzé do Museu Faraday](#)

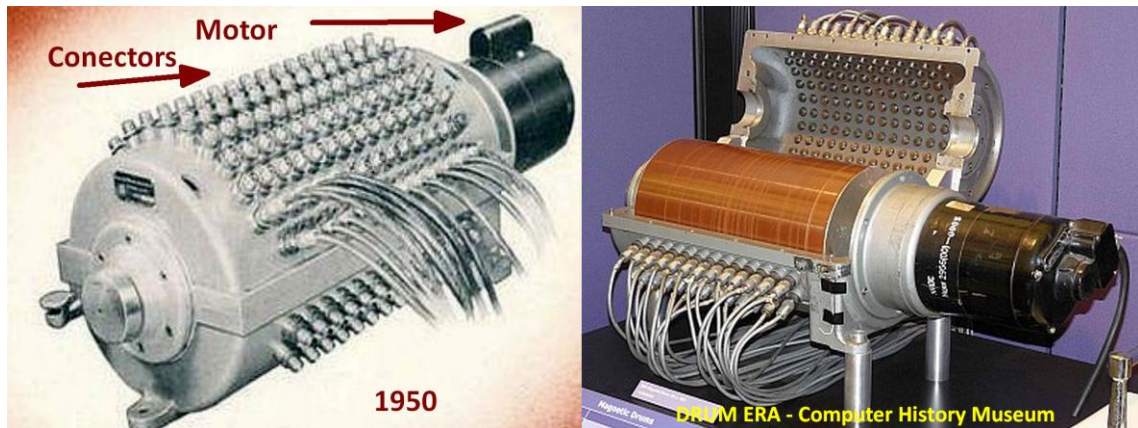


Fig. 5 - DRUM ERA, fechado e aberto, com 13 cabeças de escrita e 13 de leitura ativadas.

Na Fig. 5 pode ver-se a constituição externa e interna de um tambor magnético ERA típico. As ligações às cabeças magnéticas são feitas com cabos blindados coaxiais por causa do ruído dado que não há nenhuma eletrónica incluída no tambor magnético. Esta eletrónica conterá os circuitos de gravação, de receção e de sincronismo entre o movimento do tambor e o sinal de uma cabeça magnética de referência.

Outro exemplo é o do tambor do computador Atlas, desenvolvido pela própria ERA, que tinha 8,5 polegadas de diâmetro, 14 polegadas de comprimento, armazenava 16.384 palavras de 24 bits com uma densidade de 80 bits por polegada ao longo da pista, girava a 3.450 rpm, permitindo um tempo de acesso de 17 ms. Este computador foi financiado como projeto número 13 (101 em binário) da ERA, pelo que a versão comercial recebeu o nome binário de "ERA 1101". A ERA foi, posteriormente, incorporada na Univac Corporation² e os seus computadores sucessores receberam nomes da série 110x até ao 1108 na década de 1970.

Mas havia mais tambores magnéticos em desenvolvimento. [Howard Aiken](#) (1900-1973), em Harvard, também estava a usar um tambor magnético no computador Mark II em 1947, e ele tornaria o tambor a principal característica de seu computador Mark III que foi melhorado em 1948. [Harry Huskey](#) (1916-2017) também, em 1948, usaria um tambor magnético no projeto do SEAC- Standards Eastern Automatic Computer para o National Bureau of Standards. [Andrew D. Booth](#) (1918-2009), em 1948, na Grã-Bretanha, construiu um tambor magnético para o computador ARC, Automatic Relay Computer, e instalaria, também, um tambor magnético no computador "baby" de Manchester em 1949. D. Booth é o autor do algoritmo Booth da multiplicação.

O primeiro tambor magnético comercial

Embora a IBM tenha previamente adquirido a patente do tambor magnético de Tauschek só lançou o seu primeiro tambor magnético em 1953, na calculadora³ IBM 650 Magnetic Drum Data; este computador só viria a estar disponível no início de 1955. O desenvolvimento do tambor magnético no IBM 650 foi um esforço da equipa da IBM, liderado por [Frank Hamilton](#) (1898-1972), que também projetou [o ASCC](#) e [o SSEC](#), e de outros técnicos vindos de empresas já com experiência em tambores magnéticos. A tecnologia de tambores (iniciada pela ERA) já era o padrão comercial de memória,

² UNIVAC (Universal Automatic Computer). Foi criado pela Eckert-Mauchly Computer Corporation (EMCC) por J. Presper Eckert e John Mauchly, os inventores do ENIAC. Esta empresa foi adquirida pela Remington Rand (1950) tornando-se na sua divisão Univac.

³ - A IBM não queria usar o termo computador pois este tinha sido introduzido pela UNIVAC.

noutros computadores. O IBM 650 teve um enorme sucesso comercial pois, até 1963, foram vendidas (alugadas) 2000 unidades⁴. A IBM no seu computador 650 utilizava o trufo do tambor magnético IBM 355, como a sua memória principal e, na gíria, a 650 ficou conhecida como "Calculadora de Tambor Magnético".

O tambor magnético IBM 355 era constituído por um cilindro de metal revestido com uma camada de uma liga de cobalto e níquel. O cilindro tinha 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento e rodava a 12.500 rpm, cerca de 210 rotações por segundo. Inicialmente, podia armazenar entre 1.000 e 2.000 "palavras" de 10 dígitos decimais (equivalente a cerca de 8,5 kB a 17 kB), expandindo-se posteriormente até 4.000 palavras. O tempo médio de acesso era de 2,4 a 2,5 milissegundos.

A IBM 650 trabalhava em notação decimal em vez de binária, mas na eletrónica usava-se a notação bi-quinária (7 bit por dígito decimal, 2 bit Bi e 5 bit Qui) que era mais imune a erros. O uso do tambor permitia que a máquina repetisse operações automaticamente em caso de erro, o que na época foi uma grande inovação. O tambor magnético foi a principal forma de armazenamento magnético, mas a IBM lançou em 1956 o IBM 350 (RAMAC), o primeiro sistema de armazenamento em disco rígido.

Outros fabricantes de computadores também fabricaram os seus tambores magnéticos, a grande inovação na computação nos anos 50. Na Fig. 6 podem ver-se o tambor do Computador DEUCE fabricado pela English Electric em 1955, o tambor IBM 355 e o tambor soviético MB-11 de 1972.

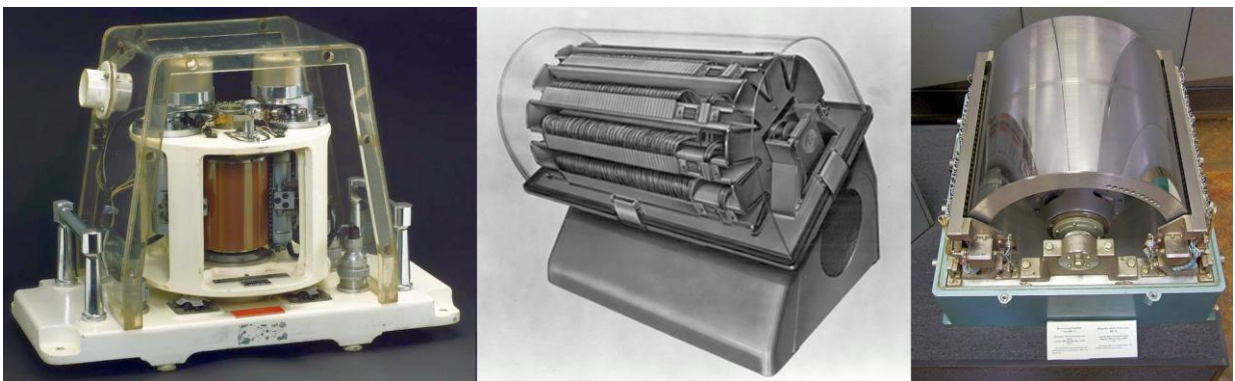


Fig. 6 – Tambores magnéticos: DEUCE, IBM 355 e MB-11.

Normalmente os fabricantes de computadores faziam tambores específicos para os seus computadores que eram bastante mais limitados do que os tambores da ERA que tinham hipóteses de colocar centenas de cabeças magnéticas, o que proporcionava registos e comprimentos de palavra com configuração quase ilimitada. Por exemplo, no tambor construído em 1953 para o [computador BESK](#) sueco, Fig. 7, o tambor só tinha três geratrizes do cilindro preenchidas com cabeças (cerca de 50 posições de cabeças ao longo de cada geratriz. Os pequenos computadores de escritório também só tinham como alternativa a memória de tambor magnético. Na Fig. 8 pode observar-se um pequeno computador Royal LGP – 30, cujas características pode ver aqui.



Fig. 7 - Tambor magnético do computador BESK.

O tambor magnético do LGP-30 tem 165 mm de diâmetro e 178 mm de comprimento. Tem 64 pistas magnéticas com 1 mm de largura e espaçamento de 1,8 mm. A memória total é de 2048 palavras, 64

⁴ - Inicialmente, a IBM só alugava o IBM 650 por um preço mensal de cerca de 3000 a 8000 dólares EUA e mais um contrato de manutenção anual de cerca de US \$4000. Uma configuração típica do IBM 650 podia custar cerca de 1 milhão de dólares por ano, em preços de 2026. Para se ter uma ideia relativa, um automóvel Cadillac de superluxo, em 1953, custava US \$ 3000.

palavras de 32 bit por pista, ou seja, 2048 bits por pista. Com o tambor a rodar a 60 rps, o ritmo de bit é de 120 kbps. O LGP-30 tem, também 3 registos de circulação de 32 bit.

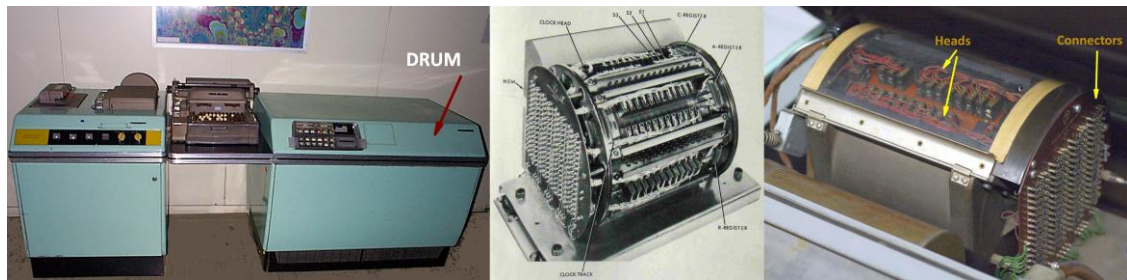


Fig. 8 – Royal LGP-30 e tambor magnético.

Os tambores magnéticos tinham uma fiabilidade muito grande e eram mecanicamente estáveis e robustos a vibrações tendo sido usados na exploração espacial, em computadores de bordo de mísseis e foguetes para armazenar programas de navegação, trajetórias e sequências de lançamento, como, por exemplo, o tambor ASC-15 usado no computador do foguetão Saturn I em 1961; este tambor, Fig. 9, está em exposição no [Museu Espacial de Huntsville](#), Alabama, EUA.

Os primeiros tambores magnéticos tinham cabeças fixas que estavam situadas a poucos micrómetros de distância da superfície do disco rotativo; esta distância, apesar de ser pequena, limitava a densidade de bits que podia ser armazenada pelo que vários fabricantes, nomeadamente fabricantes japoneses, desenvolveram tambores magnéticos com cabeças flutuantes.

A era dos tambores magnéticos com cabeças flutuantes

Em 1966, a NEC entregou à Universidade de Osaka uma unidade de tambor magnético de alta velocidade e grande capacidade que utilizava cabeças magnéticas flutuantes. Em 1968, a Fujitsu concluiu uma unidade de tambor magnético de alto desempenho e grande capacidade. Em 1970, a Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation (atual NTT) e a Hitachi concluíram em conjunto a Unidade de Tambor Magnético Modelo 1 (denominada JS4150 e com capacidade de armazenamento de 4 megabytes), uma unidade de cabeça flutuante com densidade de bits 10 vezes maior que a das unidades convencionais de cabeça fixa existentes. Aproveitando a investigação feita em conjunto com a NTT, a Hitachi lançou, em 1968, as unidades de tambor magnético H-8566, ver Fig. 9, e, em 1969, a unidade H-8567 em, usadas nos computadores HITAC-8000.



Fig. 9 – Tambor Hitachi H-8566 de 1968 e tambor do computador do foguetão Saturn I de 1961.

Em 1953 começaram a aparecer alternativas com mais capacidade do que os tambores magnéticos, nomeadamente as memórias de núcleo magnético introduzidas em 1953 no computador [Wirlwind](#) e com a introdução do disco rígido em 1956 no computador [IBM 305 RAMAC](#). Ver memória de [disco magnético no Museu Faraday](#).