

4 Parte IV: Surgimento da Eletrônica

O final do Século XIX e início do Século XX foi uma era em que os negócios cresceram. Bancos, indústria, comércio e governos tornaram-se cada vez maiores e mais complexos e necessitavam de cada vez mais armazenamento e processamento de informação. Ainda não havia computadores propriamente ditos, mas os ecos dos sonhos de Babbage por uma máquina analítica universal ainda eram ouvidos.

Com o surgimento da eletrônica, a existência efetiva dessas máquinas estava cada vez mais provável. O final do Século XIX testemunhou os primeiros avanços na área de registro de informação por meio magnético, bem como a transmissão de voz e dados à distância através de fio e também de sinais eletromagnéticos pela atmosfera. Cartões perfurados começaram a ser usados com cada vez mais frequência para armazenar dados de todos os tipos, por várias empresas, a maioria das quais, clientes da CTR-IBM.

4.1 Burroughs – 1886

William Seward Burroughs I (Estados Unidos, 1857-1898) foi um inventor Americano que deu origem a uma das principais empresas de computação do Século XX. Conta-se que desde a infância ele se interessou por projetos de máquinas calculadoras. Acabou trabalhando em um banco e percebeu que as máquinas da época eram muito pouco confiáveis, especialmente se operadas por pessoas sem muita experiência com elas.

No início dos anos 1880 ele se mudou para St. Louis e começou a trabalhar na Boyer Machine Shop. Ali ele passou a dedicar-se a um projeto de criar uma máquina calculadora mais resistente e confiável do que todas as que existiam.

Em 1885 ele submeteu sua primeira patente por uma máquina calculadora e logo no início de 1886 fundou com mais 3 sócios a American Arithmometer Company, que em 1904 tornou-se a Companhia de Máquinas de Adição Burroughs. Em 1953 ela se torna a Burroughs Corporation e finalmente em 1986 ela se funde com a Sperry Corporation para formar a Unisys.

Em 1888 ele recebeu a patente pela invenção de uma máquina (Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -1) muito semelhante às máquinas registradoras mecânicas que durante quase todo o Século XX foram usadas em mercados pelo mundo todo.

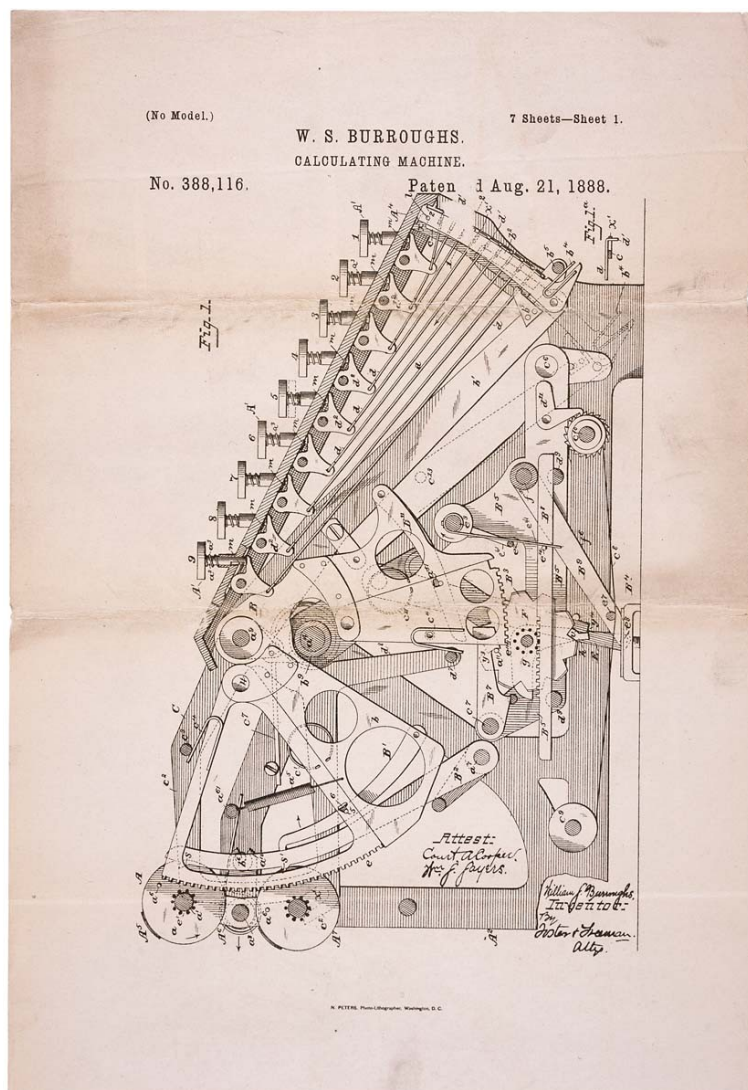


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -1: Máquina de calcular de Burroughs (1891).¹ 2/3

Conta-se que ele teria produzido cerca de 50 cópias de um primeiro modelo, mas que ao perceber que não eram tão confiáveis quanto ele queria, jogou-as, uma por uma, do segundo andar o prédio em que estavam.

4.2 Calculadora Eletromagnética de Charles Weiss – 1886

A primeira calculadora eletromagnética de que se tem notícia é uma máquina patenteada por Charles Weiss em 1886. A única informação que se tem sobre essa máquina é um registro de patente disponível em <http://www.google.com/patents/US348437>. E fora isso quase nada se sabe sobre a eventual repercussão desta máquina ou mesmo sobre a vida de seu inventor. Consta no site mencionado acima que essa patente foi citada em pelo menos 3 outras, bem mais tarde, em 1940, 1947 e 1951.

¹ "CalculatingMachinePatentBurroughs" by William S. Burroughs - Licensed under Public Domain via Commons
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CalculatingMachinePatentBurroughs.jpg#/media/File:CalculatingMachinePatentBurroughs.jpg>

Era, de fato, uma máquina de somar de coluna única, semelhante à de Caroline Winter, ou seja, a máquina é capaz de somar um dígito de 1 a 9 de cada vez e acumular o resultado em um registrador. Com o movimento de uma alavanca, visível no alto da **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -2**, era possível determinar se se estava somando unidades, dezenas ou centenas.

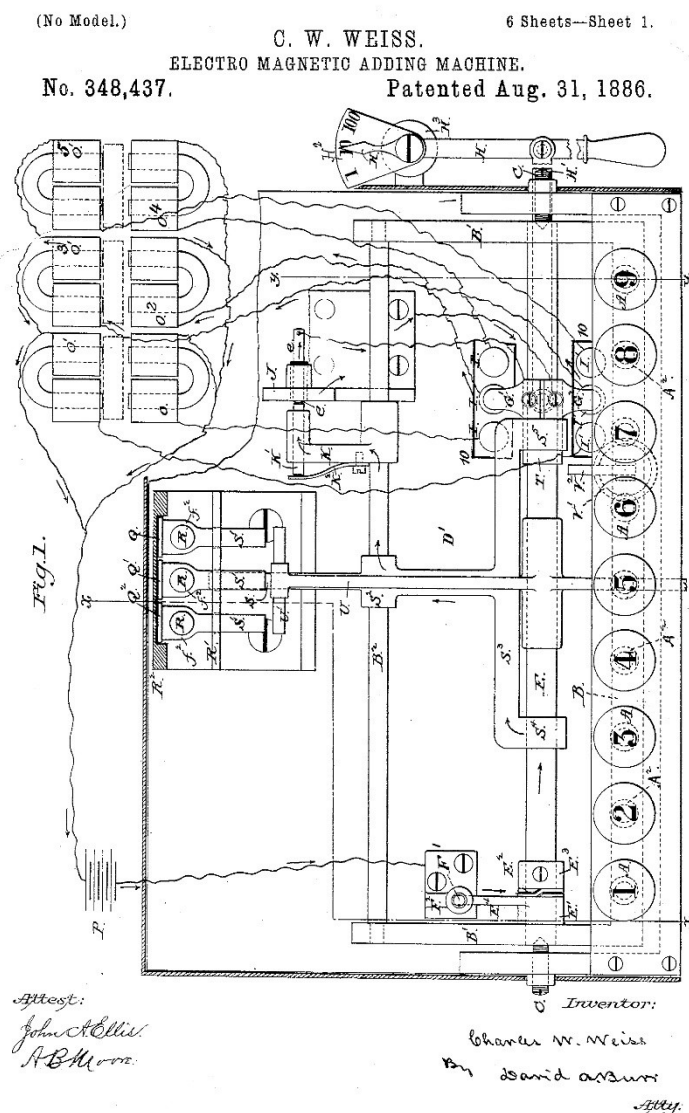


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -2: Calculadora eletromecânica de Weiss.² 2/3

Convém mencionar que Hollerith já havia desenvolvido uma máquina tabuladora eletromagnética pelo menos 2 anos antes da patente de Weiss. Mas a máquina original de Hollerith somava de um e um, ou seja, era uma máquina de incremento unitário que correspondia a uma contadora de furos em cartões. A máquina de Hollerith não seria capaz de calcular $5+6+9+7+4....$ Já a máquina de Weiss tinha um teclado com 9 teclas, cada uma marcada com um algarismo, e ao ser pressionada uma tecla, um dispositivo eletromagnético fazia girar uma roda em um ângulo que correspondia à quantidade de

² Domínio público. Disponível em: <http://www.google.com/patents/US348437?hl=pt-BR>

movimento associada ao algarismo correspondente, acumulando assim os valores à medida que iam sendo digitados.

4.3 Máquina Lógica de Allan Marquand – 1886

Allan Marquand (Estados Unidos, 1853-1924) era professor da Universidade de Princeton. Ele obteve um Ph.D. pela Universidade Johns Hopkins, sob orientação de Charles S. Peirce. Logo após seu doutoramento, por sugestão de Peirce, ele concebeu uma máquina lógica muito semelhante ao piano lógico de Jevons. Porém, sua máquina era de execução muito mais simples, pois operava com circuitos elétricos.

A máquina básica construída por Marquand também operava com quatro variáveis lógicas: A, B, C, D, e suas negações a, b, c e d. Basicamente a máquina permitia visualizar uma matriz com as 16 combinações possíveis, mostrada na **Tabela Parte IV: Surgimento da Eletrônica -1**.

Tabela Parte IV: Surgimento da Eletrônica -1: Combinações de quatro variáveis lógicas.

		A		a	
		B	b	B	b
C	D	ABC D	AbC D	aBC D	abC D
	d	ABC d	AbC d	aBC d	abC d
c	D	ABc D	Abc D	aBc D	abc D
	d	ABc d	Abc d	aBc d	abc d

Essa disposição matricial da **Tabela Parte IV: Surgimento da Eletrônica -1** pode ser visualizada no diagrama da máquina exibido na **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -3**. Na mesma figura observa-se as teclas que acionam os circuitos elétricos que respectivamente acionam as bobinas magnéticas, cada uma representando uma das posições da tabela de combinações. Essas bobinas eram responsáveis por alterar a exibição dos mostradores da máquina de forma que o usuário pudesse saber quais das opções eram consistentes com as expressões lógicas informadas na máquina e quais eram inconsistentes.

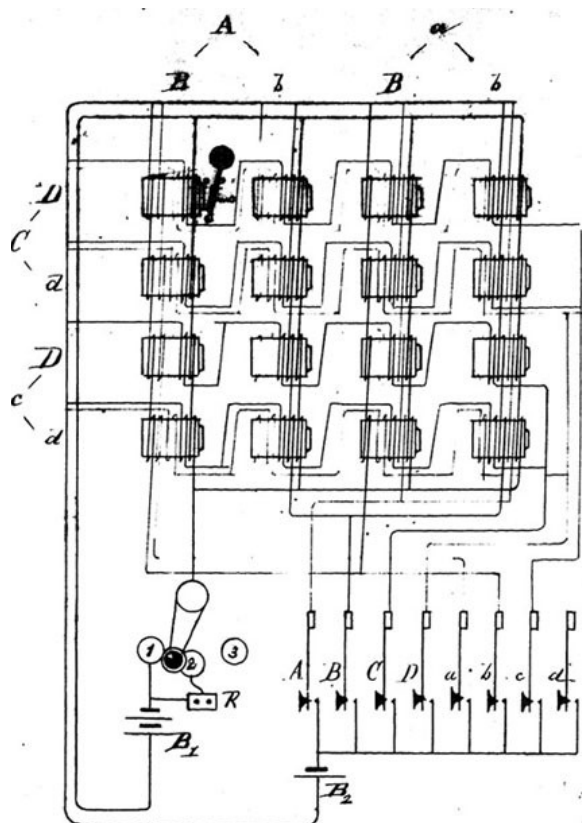


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -3: Diagrama da máquina lógica de Marquand.³ 1/2

Da mesma forma que o piano de Jevons, essa máquina permitia a entrada de premissas como $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow C$, e à medida que estas iam sendo informadas ela ia eliminando as opções na matriz que fossem incompatíveis com essas expressões lógicas.

Novamente, a máquina era incapaz de apresentar inferências diretas como “se $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow C$ então $A \rightarrow C$ ”, já que a expressão resultante deveria ser inferida a partir das opções consistentes na matriz apresentadas pela máquina. Mas foi um passo importante na direção de mostrar que máquinas eletrônicas poderiam ser usadas para fazer aquilo que antes era feito apenas por máquinas mecânicas, especialmente no que se refere ao tratamento matemático e lógico. Este foi, portanto, o primeiro projeto de uma máquina lógica eletrônica.

4.4 Telautograph – 1888

Em 1888 um inventor chamado Elisha Gray (Estados Unidos, 1835-1901) inventou um mecanismo que é considerado precursor dos aparelhos de fax. O aparelho, denominado Teleautograph consistia basicamente em uma caneta que ficava presa a dois fios, cada um dos quais ligado a um potenciômetro (Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -4). Quando a caneta é movida, os fios fazem girar os potenciômetros. Sinais elétricos que passam pelos dois potenciômetros são enviados então a uma estação de recepção, onde servomecanismos (motores) reproduzem o movimento da caneta.

³ Domínio público. Fonte: Dalakov, G. *History of Computers, Hardware, Software, Internet...* Disponível em: <http://history-computer.com/ModernComputer/thinkers/Peirce.html>

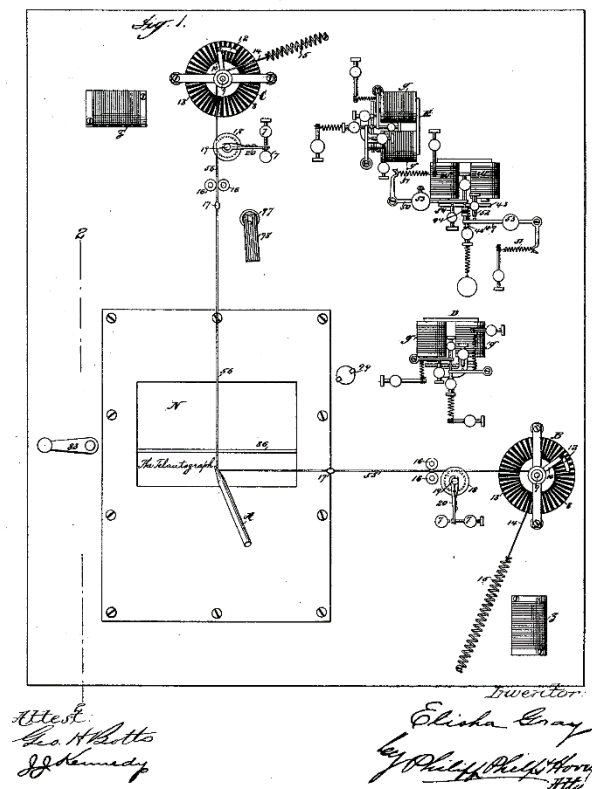


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -4: Teleautograph.⁴ 1/2

Assim, o aparelho conseguia, de fato, transmitir escrita à mão e desenhos feitos à mão à distância, desde que duas linhas de transmissão estivessem disponíveis.

No final do Século XIX o aparelho foi modificado por Foster Ritchie para que funcionasse simultaneamente como telefone. Esse novo aparelho foi rebatizado como Telewriter.

O Teleautograph foi popular na época, sendo instalado em bancos e hospitais especialmente para obtenção de assinaturas de clientes e médicos à distância. Estações ferroviárias também utilizavam o aparelho para passar informações sobre os horários dos trens e possíveis atrasos. O sistema ficou operacional na estação de trens de Chicago até a década de 1970. Gray chegou a receber mais de 5 milhões de dólares pelas suas patentes ao longo de sua vida.

A empresa Teleautograph Corp. que fabricava o equipamento mudou de nome várias vezes ao longo de sua história. Ela finalmente foi comprada pela Xerox em 1999 e transformada na divisão Omnifax.

4.5 Gravador Magnético de Oberlin Smith – 1888

Oberlin Smith (Estados Unidos, 1840-1926) era um engenheiro mecânico bem famoso no final do Século XIX. Por volta de 1880 ele visitou os laboratórios de Thomas Edison (Estados Unidos, 1847-1931) que tinha acabado de inventar o fonógrafo e o microfone. O fonógrafo de Edison permitia gravar sons através de sulcos em materiais, como folhas

⁴ By Elisha Gray (Life time: 1901) - Original publication: United States Patent 386,815 Immediate source: <http://www.freepatentsonline.com/386815.pdf>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18595779>

metálicas, de forma semelhante aos antigos LPs (discos plásticos também conhecidos como “*long play*”, ainda hoje usados).

Sendo um apaixonado por música, Oberlin imediatamente comprou um fonógrafo, mas não ficou satisfeito com a qualidade do som, pois chiava muito. Assim, Oberlin colocou sua criatividade para funcionar e conseguiu imaginar uma forma totalmente diferente de gravar sons. Como os sons captados pelo microfone eram transformados em corrente elétrica, ele imaginou que um fio ou fita metálica magnetizada poderia também armazenar uma sequência de sons.

Ele corretamente presumiu que um fio metálico não seria o meio adequado pois o magnetismo induzido se espalharia por toda a sua extensão, não ficando registrada a sequência de gravação. Para evitar esse problema, ele propôs que um fio de tecido fosse “embebido” em pó de ferro de forma que as partículas não se tocassem, ficando isoladas umas das outras, para evitar a propagação da indução magnética. Assim, ao passar o fio sobre um indutor magnético ligado, por exemplo, a um microfone, as correntes induzidas fariam cada uma das partículas ficar magnetizada de um jeito diferente, ou seja, o som estaria registrado no fio e poderia ser reproduzido quando o fio fosse passado novamente sobre uma bobina capaz de captar o magnetismo e transformá-lo novamente em corrente elétrica.

A Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -5 mostra um desenho de uma pré patente que Oberlin registrou em 1878. O fio embebido em pó de ferro (C) seria desenrolado e enrolado através dos cilindros D e E. Um microfone (A), captando sons, produziria corrente elétrica no fio B que, enrolado em forma de bobina sobre o fio C, induziria magneticamente as partículas de ferro neste outro fio. Assim, todos os sons captados pelo microfone ficariam ali representados. Ao passar o mesmo fio sobre uma bobina ligada a um autofalante os sons poderiam ser ouvidos.

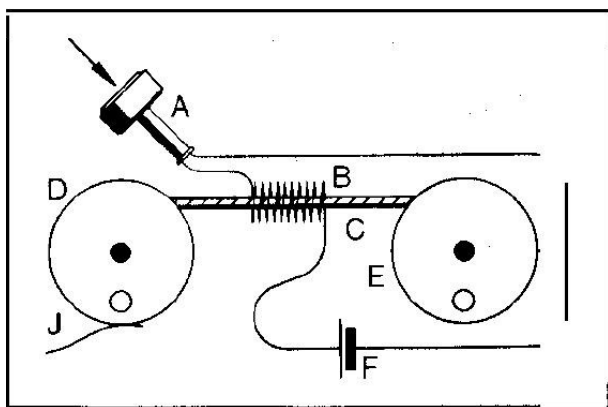


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -5: O primeiro projeto de um gravador magnético.⁵ 1/2

Nasceu assim o primeiro dispositivo de armazenamento magnético de que se tem notícia, e isso em pleno Século XIX. Até hoje os dispositivos de armazenamento magnético seguem o mesmo princípio, com a ressalva de que hoje temos materiais

muito mais eficientes do que tecido e limalha de ferro. Porém, Smith, ocupado com outras invenções e devido à grande dificuldade tecnológica de transformar seu invento em algo útil acabou desistindo de patentear a invenção e preferiu abrir sua ideia ao publicá-la na revista *Electrical World* em 1888.

4.6 Calculadoras Analógicas de Leonardo Torres y Quevedo – 1893

Leonardo Torres y Quevedo (Espanha, 1852-1936) foi provavelmente um dos maiores cientistas da virada do Século XIX para o Século XX. Ainda falaremos de outras invenções dele, mas no momento o assunto será sua contribuição na área de computação analógica.

Um computador analógico representa dados e produz soluções para problemas utilizando grandezas físicas ao invés de representação simbólica. Pode-se dizer também que computadores analógicos operam com variáveis contínuas, enquanto os digitais operam com variáveis discretas.

Essas grandezas físicas podem ser de várias naturezas; por exemplo, uma distância percorrida (como no caso das réguas de cálculo), o girar de um eixo, a frequência de uma vibração, uma tensão elétrica, um volume ou um peso. Por exemplo, quer saber quanto é $3,75 \times 3$? Consiga 3 objetos que pesem exatamente 3,75 kg e ponha-os juntos na balança. O resultado será $3,75 \times 3$, ou seja, 11,25 kg. E você acabou de fazer uma computação analógica.

Um computador analógico é, assim, uma máquina que resolve um problema matemático através de uma representação física que, processada, apresenta um resultado físico que é depois reinterpretado como um valor matemático.

Torres y Quevedo trabalhou neste primeiro período, basicamente com máquinas mecânicas, que ele chamou de “calculadoras algébricas” em uma primeira publicação em 1893, totalmente inspirada no trabalho de Babbage. Não só ele, como outros nessa época, mostra que Babbage não foi esquecido mesmo décadas depois de sua frustrada tentativa de construir um computador mecânico universal.

Ele criou uma concepção de máquina puramente geométrica, o que era novidade na época, pois até então máquinas eram definidas sempre em função de tempos e movimentos. Torres eliminou a necessidade de usar o tempo para descrever uma máquina e propôs que uma descrição de relações geométricas seria suficiente para descrever quaisquer máquinas.

Ele dizia, então que uma máquina é definida por um conjunto de relações entre suas partes móveis e que essas relações se expressam por certas fórmulas. Ele faz então uma pergunta chave: “¿Podrá construirse una fórmula cualquiera?”⁶. Assim, ele cria todo um novo conceito científico: fórmulas matemáticas podem ser representadas fisicamente por máquinas? Ele passa então a conceber as mais variadas formas de máquinas que mecanicamente realizavam diversos tipos de cálculos.

⁶ Tradução: Poder-se-ia construir qualquer fórmula?

Por um curto, mas intenso, período de tempo ele se desdobra em descrever vários tipos de máquinas, calculadoras de polinômios, integradores, revolvedores de equações diferenciais, e passa a construir algumas dessas máquinas, inclusive, provando assim que suas teorias eram praticáveis. A **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -6** mostra uma das máquinas algébricas, atualmente em exposição no Museu da Faculdade de Engenharia Civil, em Madrid.

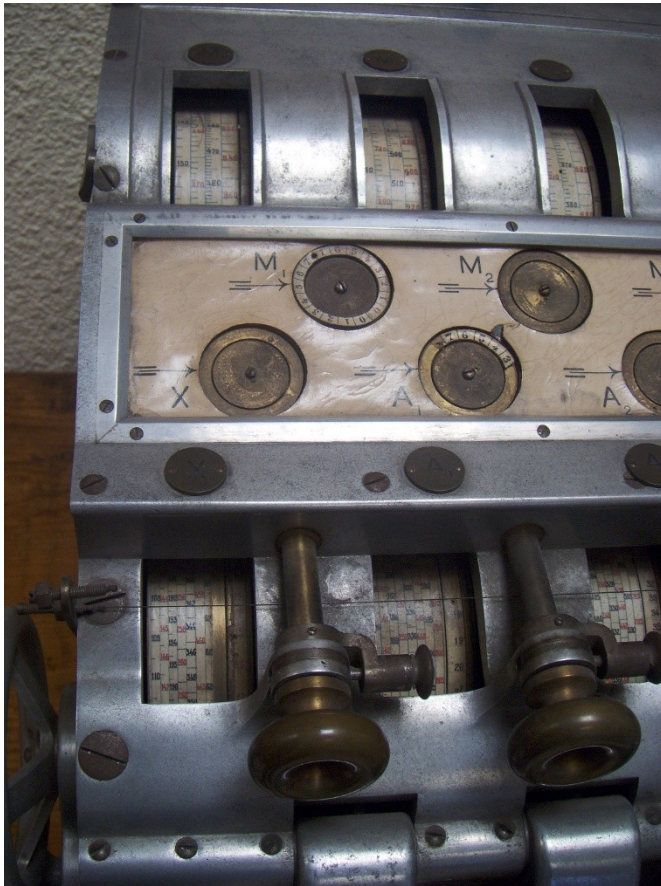


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -6: Uma das máquinas algébricas de Torres y Quevedo.⁷
1/2

4.7 TMC: Tabulating Machine Company – 1896

Lembra de Herman Hollerith, do censo norte-americano de 1890? Conforme vimos, a partir do sucesso de sua máquina tabuladora, e de várias patentes concedidas, ele fundou em 1896 uma empresa chamada TMC (Tabulating Machine Company), a qual se especializou na construção e venda de serviços de tabulação e ordenação de informações representadas em cartões perfurados. Essa empresa, já sabemos, foi uma das que formou a CTR e posteriormente a IBM.

Por essa época, Hollerith estava fornecendo serviços para empresas de trens e preparava-se para o grande desafio do censo de 1900, o qual suas máquinas conseguiriam processar em tempo recorde. Infelizmente, censos nos EUA só havia a

⁷ "Algebraica1" by MdeVicente - Own work. Licenced under CC0 via Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Algebraica1.JPG#/media/File:Algebraica1.JPG>

cada 10 anos e nesse meio tempo, ele ocupava-se em buscar novos clientes e abrir novos mercados para suas máquinas tabuladoras.

Como Hollerith era o único detentor da tecnologia de máquinas tabuladoras, ele elevou sobremaneira o preço de seus serviços, cobrando do departamento do censo americano valores absurdos para a época. Assim, o Censo acabou investindo no desenvolvimento de tecnologia própria, e já para o censo de 1910 eles tinham máquinas até melhores que as de Hollerith, deixando-o de fora do processo.

Seu negócio foi, por fim, comprado por um investidor em 1911 pela fantástica quantia de 2,3 milhões de dólares (uma fortuna ainda hoje, quanto mais naquela época), dos quais 1,2 milhões ficaram com Hollerith. Ele permaneceu como membro do conselho da nova empresa, até sua aposentadoria cerca de 10 anos depois.

4.8 O Monitor CRT – 1897

A história dos monitores CRT e dos televisores do século XX remonta ao final do Século XIX. CRT é uma sigla que significa “Cathode Ray Tube” (Tubo de Raios Catódicos). Já em 1869, Johann Hittorf (Alemanha, 1824-1914) observou que raios desconhecidos eram emitidos a partir de um cátodo, um dispositivo que atua, neste caso, como um emissor de elétrons.

Em 1897, Karl Ferdinand Braun (Alemanha, 1850-1918) construiu um tubo de vidro, dentro do qual produziu vácuo e associou esse tubo em uma das pontas a um emissor de elétrons (um cátodo) e na outra ponta a uma tela fluorescente. Como resultado ele podia visualizar na tela um pequeno ponto brilhante que correspondia ao fino raio de elétrons. Na **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -7**, o gerador de raios está à direita, a tela à esquerda (dentro do tubo) e os indutores magnéticos na parte central da figura.

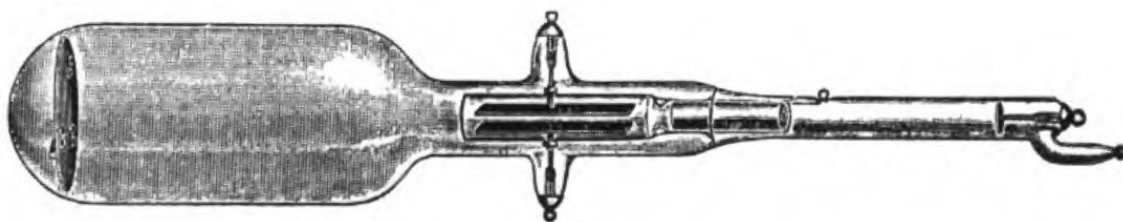


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -7: Tubo de raios catódicos de Braun.⁸ 1/1

Ainda no mesmo ano, o cientista Joseph John Thompson (Reino Unido, 1856-1940) fez experiências que demonstraram a deflexão eletromagnética do feixe de elétrons, ou seja, um campo magnético poderia mudar a direção do raio. Alterando-se a potência do campo magnético podia-se fazer o raio desviar em maior ou menor grau para uma direção ou para outra. O resultado na tela fluorescente era um ponto luminoso que ficava dançando de um lado para outro.

⁸ "Braun cathode ray tube" by Eugen Nesper - Retrieved on 11 October 2013 from Eugen Nesper 1921 Handbuch der Drahtlosen Telegraphie und Telephonie, Julius Springer, Berlin, p. 78, fig. 46 on Google Books. Licensed under Public Domain via Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Braun_cathode_ray_tube.jpg#/media/File:Braun_cathode_ray_tube.jpg

Agora imagine duas bobinas induzindo campos magnéticos, uma na horizontal e outra na vertical perpendicularmente ao movimento do raio de elétrons em direção à tela. Imagine que a bobina vertical mantém o feixe parado numa posição enquanto a horizontal leva o feixe de elétrons de um lado ao outro da tela. Daí a bobina vertical faz o feixe descer uma posição discreta (uma linha) e a bobina horizontal repete o processo. Neste caso, você vai ver o feixe de elétrons passando por todas as posições da tela linha por linha. Se a velocidade com que as bobinas fazem suas mudanças for suficientemente rápida, você não verá mais o pontinho dançando na tela, mas verá a tela toda iluminada. Claro que isso é só uma ilusão, pois de fato apenas um ponto está iluminado a cada instante, mas seu olho é incapaz de ver isso porque o ponto muda sua posição muito rápido.

Finalmente, acrescente um circuito que aumenta ou diminui a intensidade do raio de elétrons, de acordo com uma programação predefinida. Quando a intensidade do raio diminui, o ponto da tela que ele toca fica mais escuro, mas se a intensidade do raio aumenta, o ponto fica mais luminoso. Se você criar uma codificação adequada para esta sequência de altos e baixos de intensidade, provavelmente será capaz de deixar algumas regiões da sua tela mais escuras e outras mais claras. Fez tudo isso? Então você acaba de inventar a televisão; pelo menos a TV CRT, que usa o tubo de imagem.

Esse experimento para criação artificial de imagens numa tela fluorescente a partir de um tubo de raios catódicos foi feito com sucesso pela primeira vez por Boris Rosing (Rússia, 1869-1933), que conseguiu mostrar figuras geométricas simples em uma tela de CRT. O primeiro televisor comercializado foi fabricado pela alemã Telefunken em 1934.

4.9 Telegraphone – 1898

Oberlin Smith concebeu, mas não chegou a construir seu gravador magnético. Essa honra coube a Valdemar Poulsen (Dinamarca, 1869-1942), que em 1898 construiu e patenteou a primeira máquina que realmente realizou gravações que foram posteriormente tocadas. Essa máquina chamava-se Telegraphone (**Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -8**).

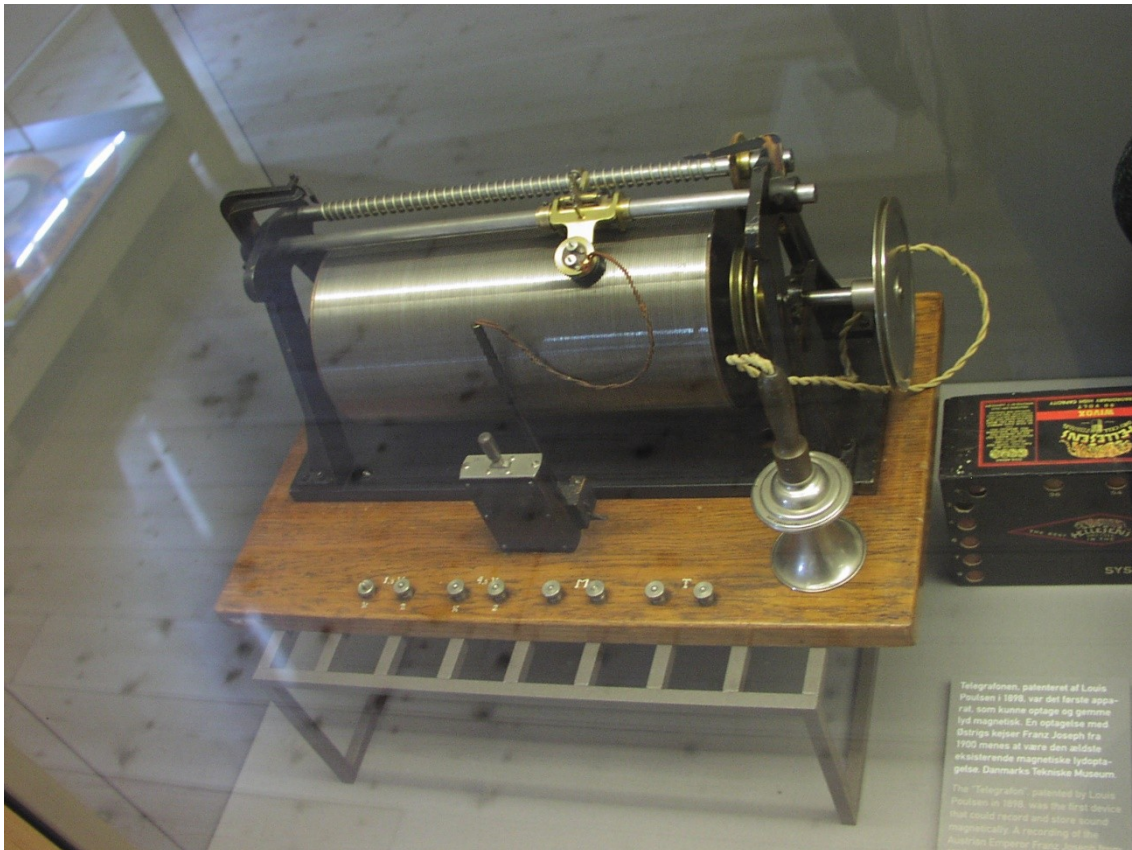


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -8: Telegraphone.⁹ 1/1

Ela era bem parecida com a máquina de Smith. Basicamente possuía um cilindro sobre o qual estava enrolado um fio metálico que era magnetizado por uma espécie de “cabeçote” móvel, o qual a partir de uma corrente elétrica gerada por um microfone, induzia diferentes graus de magnetismo no fio. O fio enrolado no cilindro podia depois acionar um cabeçote de leitura (bobina) na qual seus diferentes níveis de magnetismo iriam induzir uma corrente variável que, se conectada a um autofalante resultaria em sons audíveis.

Na época não havia ainda amplificadores, assim o som ouvido era de muito baixa intensidade. Mas com o fone bem encostado ao ouvido, como no caso de um telefone, eles poderiam ser ouvidos.

A máquina fez muito sucesso na Feira Mundial de Paris em 1900. Consta que a primeira gravação feita foi o som da voz do Imperador Franz Josef da Áustria, a qual é considerada o mais antigo registro de som em meio magnético do mundo.

Mesmo assim, ele não conseguiu investimentos para produzir sua máquina em escala comercial. Mas em 1903, com alguns sócios americanos, fundou a American Telegraphone Company e conseguiu produzir e vender uma versão comercial de sua máquina.

⁹ "Telegrafon 8154" by Original uploader was Bitman at hu.wikipedia - Transferred from hu.wikipedia; transferred to Commons by User:Nico-dk using CommonsHelper. Licensed under CC BY-SA 2.5 via Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Telegrafon_8154.jpg#/media/File:Telegrafon_8154.jpg

4.10 Autarith de Alexander Rechner – 1900

A evolução das calculadoras mecânicas não parou, e em 1900 Alexander Rechner (Eslováquia, c. 1880-1922) patenteou e construiu um novo modelo de calculadora mecânica capaz de fazer as 4 operações de forma automática, a Autarith.

A novidade que ele introduziu foi o uso de um motor elétrico para mover as engrenagens semelhantes aos cilindros escalonados de Leibniz, desta forma evitando que o usuário tivesse que controlar ele mesmo a quantidade de giros de alavanca necessários para efetuar multiplicações e divisões longas.

Assim, a simples existência do motor permitiu simplificar bastante a operação da calculadora e mecanismos de controle para sua parada automática foram projetados e introduzidos.

Rechner chegou a conseguir produzir suas máquinas em escala comercial, mas infelizmente não era um bom vendedor e não teve muito sucesso nas vendas. Após sua morte (seu corpo foi encontrado no East River em Nova York), suas ideias acabaram sendo exploradas por outras empresas.

A **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -9** mostra um anúncio do catálogo da empresa Keuffel & Esser, importante fabricante de réguas de cálculo nos Estados Unidos desde 1867, oferecendo 3 diferentes modelos da Autarith.

KEUFFEL & ESSER CO. NEW YORK.

RECKONING MACHINES.



No. 4036.

Calculations, such as Addition, Subtraction, Multiplication, Division, Squaring, Cubing, Extracting of Square Roots, etc., etc., can be performed with rapidity and unfailing accuracy and without mental effort by means of this machine. The tedious work of reckoning is reduced to setting the figure discs or shifters and turning the crank handle, a simple mechanical operation. The machine will multiply two factors, each of which may have as many figures as there are grooves in the machine.

The machine is mechanically perfect and built in the most substantial manner so that it will retain its efficiency and accuracy for a very long time. There are a great many of these machines in use in public and private offices and scientific laboratories here and in Europe, and they are in all cases giving the greatest satisfaction.

4005.	Reckoning Machine,	6 grooves,	12 holes in upper row . .	each	\$ 193 25
4006.	do.	do.	8 " 16 " " " " . . "		241 50
4007.	do.	do.	10 " 20 " " " " . . "		338 25

Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -9: Anúncio da Autarith no catálogo da Keuffel & Esser.¹⁰

4.11 Máquina Analítica de Percy Ludgate – 1903

Percy Edwin Ludgate (Irlanda, 1883-1922) começou a trabalhar em 1903 em um hobby: projetar máquinas calculadoras. Mesmo sem nunca ter ouvido falar na máquina analítica

¹⁰ Domínio público. Fonte: Dalakov, G. *History of Computers, Hardware, Software, Internet...* Disponível em: <http://history-computer.com/MechanicalCalculators/20thCentury/Rechnitzer.html>

de Babbage (pelo menos inicialmente) ele projetou uma máquina analítica de igual poder computacional, porém com um mecanismo muito mais simples.

Enquanto a máquina de Babbage representava seus registradores em torres de discos de alta complexidade, a máquina de Ludgate representaria os registradores (ou variáveis, como ele também chamava) em bastões metálicos que podiam assumir diferentes posições em relação a um suporte. Cada uma das posições correspondia a um algarismo de 0 a 9 e a quantidade de bastões colocados no suporte definiria o número de dígitos que cada variável poderia representar. Um dos bastões representaria o sinal do número (positivo ou negativo). Ludgate não chegou a nos deixar desenhos, mas a partir de suas descrições uma concepção do provável desenho da máquina foi feita em 1973. Os desenhos são apresentados em um artigo de Brian Randell disponível em <http://www.cs.ncl.ac.uk/research/pubs/articles/papers/398.pdf>.

A **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -10** mostra um detalhe do suporte de memória com 3 barras. A do alto está na posição média, representando assim o número 5. A barra central está na posição mais recolhida, representando assim o 0 e a barra mais abaixo, praticamente toda estendida representa um 8. Este suporte, portanto, está representando o número 508.

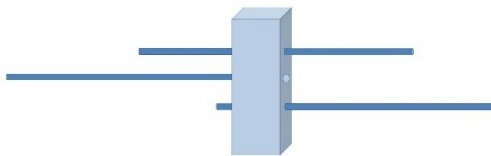


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -10: Detalhe de uma barra de memória da máquina analítica de Ludgate. 1/2

Cada suporte no projeto original continha 20 barras, cada uma representando diferentes dígitos de um número entre 0 e 99.999.999.999.999.999 armazenado no respectivo registrador ou variável.

A memória da máquina seria formada por dois discos concêntricos, cada um dos quais contendo 96 suportes. A **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -11** mostra de forma esquemática a colocação de 3 suportes em cada um dos dois discos (o interno e o externo). Cada suporte, no desenho conta com 4 barras, neste caso podendo representar 6 variáveis capazes de assumir qualquer valor entre 0 e 9999.

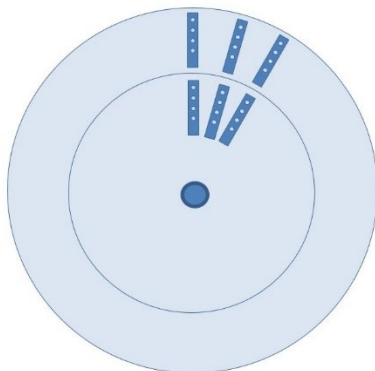


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -11: Esquema dos discos de memória da máquina analítica de Ludgate. 1/3

Pode-se observar que os diferentes registradores são acondicionados em dois discos concêntricos com giro independente. No total a máquina seria capaz de armazenar 192 variáveis. Para operar sobre duas variáveis, então, era necessário girar os dois discos até que suas posições coincidissem com a posição de operação, quando então eles seriam lidos pelo “moinho”. Ludgate usou o mesmo nome que Babbage usou para se referir ao que hoje chamamos de ULA, ou Unidade de Lógica e Aritmética.

Pode-se ver, assim, que o mecanismo de Ludgate era muito mais simples do que o de Babbage e usava muito menos peças. Além disso, os discos poderiam ser removidos e substituídos facilmente, o que não era possível com as enormes torres de discos de Babbage.

Outra inovação de Ludgate era a forma como sua máquina faria somas. Essa técnica é hoje conhecida como “logaritmo irlandês”. Observe a Tabela Parte IV: Surgimento da Eletrônica -2; ela contém um índice equivalente para cada dígito possível de 0 a 9. Para multiplicar dois dígitos, a ideia seria tomar os índices equivalentes a cada um dos dígitos, soma-los e encontrar em uma segunda tabela, na posição correspondente à soma destes índices, o valor do produto.

Tabela Parte IV: Surgimento da Eletrônica -2: Índice correspondente para cada dígito decimal nos logaritmos irlandeses.

Dígit o	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índic e	5 0	0	1	7	2	2 3	8	3 3	3	1 4

Assim, por exemplo, para multiplicar 4 por 5, deveríamos somar os índices correspondentes a 4 e 5: $2+23 = 25$. Assim, na posição 25 da tabela de antilogaritmos encontraríamos o valor 20, que corresponde ao produto de 4 por 5. A Tabela Parte IV: Surgimento da Eletrônica -3 apresenta o início da tabela de antilogaritmos irlandeses.

Tabela Parte IV: Surgimento da Eletrônica -3: Parte da tabela para encontrar o antilogaritmo irlandês dado o índice.

Índice composto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0	1 1	1 2	1 3	1 4	1 5	1 6
Valor do produto	1	2	4	8	1 6	3 2	6 4	3	6	1 2	2 4	4 8	-	-	4 9	1 8	3 6

...

Índice composto	1 7	1 8	1 9	2 0	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5	2 6	2 7	2 8	2 9	3 0	.. .
Valor do produto	7 2	-	-	-	2 7	5 4	5	1 0	2 0	4 0	-	8 1	-	1 5	.. .

Observe então como os índices compostos são obtidos:

- 0 é a soma dos índices 0 e 0, ou seja, $1 \times 1 = 1$.
- 1 é a soma dos índices 0 e 1, ou seja, $1 \times 2 = 2$.
- 2 é a soma dos índices 1 e 1, ou seja, $2 \times 2 = 4$.
- 5 é a soma dos índices 2 e 3, ou seja, $4 \times 8 = 64$.
- 12 é indefinido porque não existem dois índices que possam somar 12.
- 17 é a soma dos índices 3 e 14, ou seja, $8 \times 9 = 72$.
- 25 é a soma dos índices 2 e 23, ou seja, $4 \times 5 = 20$.

E assim por diante.

A máquina de Ludgate seria controlada por uma fita perfurada, ou “papel fórmula” como ele a chamava. Cada instrução na fita indicaria quais as duas variáveis a serem operadas, qual a operação a ser executada e em qual variável ou par de variáveis o resultado deveria ser armazenado.

Ele publicou um artigo sobre a máquina em 1909, no qual reconhecia o trabalho de Babbage e comparava o seu ao dele. Sua máquina também teria, embora ele não tivesse descrito, um comando para desvio condicional e repetição, possivelmente atuando na forma como a fita perfurada era movida. Mais impressionante do que tudo era o fato de que a máquina de Babbage seria gigantesca e extremamente complexa, mas a de Ludgate poderia caber sobre uma mesa. Iniciava-se, assim, a miniaturização dos computadores.

4.12 Válvula-Diodo de John Fleming – 1904

A válvula foi um dispositivo muito importante na história da computação pois muitos dos primeiros computadores foram construídos com elas. É verdade que a válvula foi substituída pelo transistor e depois pelos circuitos integrados, mas estes são apenas uma execução física diferente do mesmo princípio, o princípio dos semicondutores. Um semicondutor é um dispositivo eletrônico que conduz corrente elétrica apenas em uma direção e bloqueia a corrente na direção oposta.

O primeiro semicondutor de que se tem notícia foi construído pelo engenheiro John Ambrose Fleming (Reino Unido, 1849-1945) em 1904. Sua invenção, cujos primeiros protótipos de 1904 são mostrados na Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -12, era chamada de Válvula de Fleming ou Válvula-Diodo.

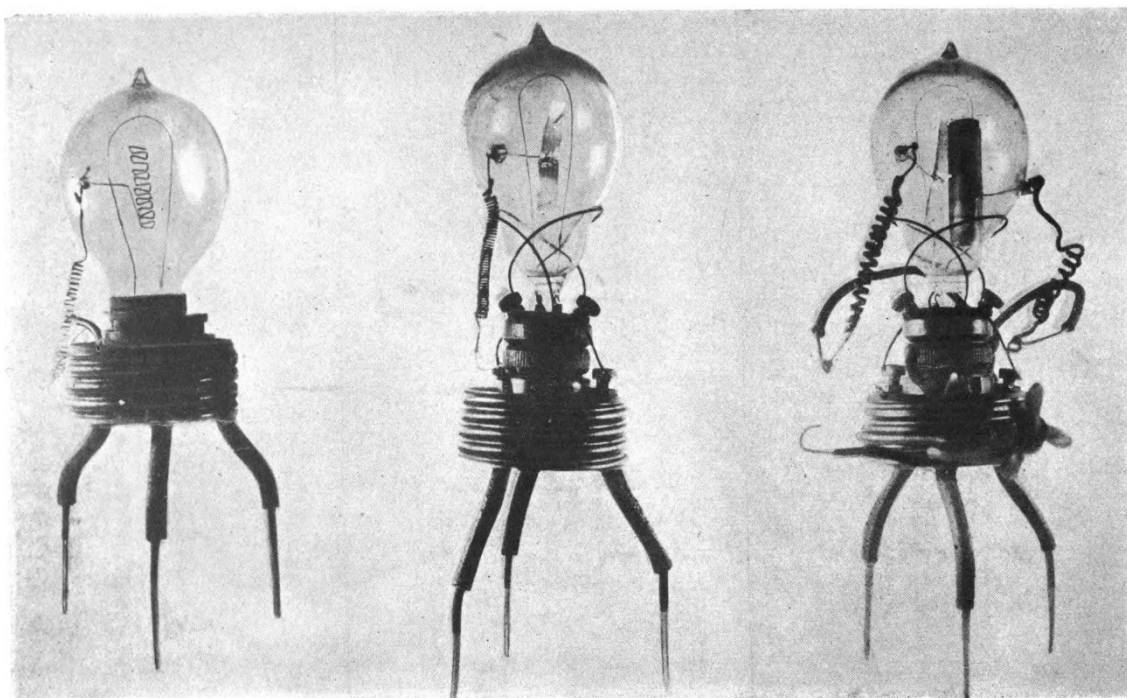


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -12: Válvulas-diodo de Fleming.¹¹ 1/1

Fleming trabalhou sobre um fenômeno observado inicialmente por Frederick Guthrie (Reino Unido, 1833-1886) em 1873 e posteriormente por Thomas Alva Edison (Estados Unidos, 1847-1931) em 1880, mas que acabou ficando conhecido como efeito Edison. O efeito Edison consiste na criação de uma nuvem de elétrons em torno de um filamento metálico aquecido dentro de um tubo com alto vácuo. O aquecimento do fio, que chega a ficar incandescente, gera tanta energia que expulsa os elétrons do metal e estes ficam circulando no espaço ao redor do fio.

Se você colocar próximo a este filamento aquecido dentro do vácuo, um fio ou placa metálica ligada a uma carga positiva (ânodo), os elétrons vão ser atraídos por essa carga, migando então do filamento aquecido para a placa. Porém, se esta placa estiver ligada a uma carga negativa, ela vai repelir os elétrons, e assim não haverá corrente nela. A Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -13 mostra esquematicamente os componentes deste tipo de válvula.

¹¹ "Fleming valves" by John Ambrose Fleming - Downloaded July 18, 2013 from John Ambrose Fleming (1919) The Thermionic Valve and its Developments in Radiotelegraphy and Telephony, The Wireless Press, London, frontispiece on Google Books. Licensed under Public Domain via Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fleming_valves.jpg#/media/File:Fleming_valves.jpg

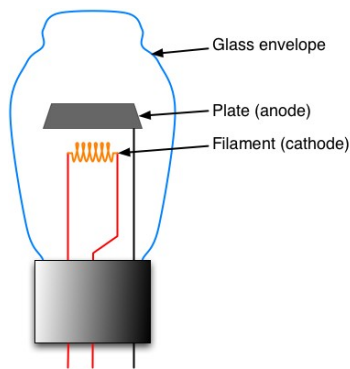


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -13: Esquema de uma válvula-diodo.¹² 1/4

Uma das principais aplicações deste tipo de válvula é a conversão da corrente alternada em corrente contínua, ou seja, a retificação da corrente. Ocorre que é mais fácil e barato gerar e transmitir energia elétrica na forma de corrente alternada, mas esse tipo de corrente, que temos em nossas tomadas, é bem diferente da corrente contínua gerada, por exemplo, por uma pilha. A corrente alternada não tem polo positivo e negativo fixos, ela fica justamente alternando o positivo e o negativo o tempo todo. A velocidade dessa alternância é chamada de frequência. Assim, uma corrente que alterna positivo e negativo 60 vezes por segundo é dita corrente de 60 Hertz (Hz), que é uma unidade de medida de frequência.

Desta forma, uma corrente alternada vai aquecer o filamento; mas a corrente que vai passar da nuvem de elétrons para o ânodo será contínua, pois a válvula, como explicado acima, só permite que os elétrons entrem na placa, mas nunca saiam.

Outra aplicação muito importante deste efeito consiste na retificação de ondas de radiofrequência. Desta forma, a válvula de Fleming poderia substituir os diodos de galena, bem mais difíceis de trabalhar, na recepção de sinais de rádio. Ocorre o seguinte: as oscilações eletromagnéticas de rádio que passeiam pela atmosfera são como a corrente alternada, indo do positivo para o negativo de forma muito rápida; rápido demais para ser detectada por um dispositivo como por exemplo um galvanômetro. Mas aplicando-se a retificação, aquela oscilação toda é transformada em uma corrente contínua, a qual pode então ser detectada por esse dispositivo. Em função disso, inclusive, a válvula foi batizada por ele de “válvula de oscilação”, porque ela só deixava passar metade da corrente alternada.

Na computação, as válvulas foram os componentes básicos para a construção das portas lógicas, que, utilizando o sistema binário de Leibniz, substituiriam as engrenagens mecânicas e relês eletromecânicos por circuitos puramente eletrônicos décadas mais tarde.

4.13 Cristal Líquido (LCD) – 1904

Tecnologia de cristal líquido ou LCD (Liquid Cristal Display) parece tão moderna que nem imaginávamos que sua história remete ao Século XIX. Em 1888 o botânico e

¹² "Diode vacuum tube". Licenciado sob CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diode_vacuum_tube.png#/media/File:Diode_vacuum_tube.png

químico Friedrich Richard Kornelius Reinitzer (Bohemia, 1857-1927) ao estudar moléculas de benzoato de colesterol observou um comportamento muito estranho. Essas moléculas tinham dois pontos de fusão (liquefação): o primeiro a 145,5°C e o segundo a 178,5°C. No primeiro estado, o sólido se transformava em um líquido esfumaçado e opaco, e no segundo estado em um líquido cristalino. Inicialmente, Reinitzer pensou que o fenômeno fosse devido a impurezas na substância, mas não era; o efeito era reversível e purificações adicionais não mudaram absolutamente nada nas observações.

Ele identificou três importantes propriedades para essa substância:

- A existência de dois pontos de fusão.
- A reflexão de luz polarizada circularmente.
- A capacidade de rotacionar a polarização da direção da luz.

Reinitzer solicitou então ajuda ao físico Otto Lehmann (Alemanha, 1855-1922), o qual prosseguiu os estudos durante seu pós-doutorado e em 1904 cunhou o termo “cristal líquido”. Lehman imaginou que a fase opaca da substância era um novo estado da matéria, que ele batizou de “cristal líquido”, pois tinha propriedade cristalinas, mas era um líquido.

Porém, ninguém achou aplicação prática para essa descoberta na época e durante quase 80 anos ela não passou de uma mera curiosidade científica. Hoje, muitos monitores de computador e TVs são construídos com essa tecnologia.

4.14 CTR: Computing-Tabulating-Recording Company – 1911

A história da CTR (Computing-Tabulating-Recording Company) merece ser contada porque ela é na verdade a origem da maior empresa de informática do Século XX, a IBM. Ela foi criada oficialmente em 1911 por Charles Ranlett Flint (Estados Unidos, 1850-1934), como uma holding, ou seja, uma empresa que não necessariamente produz, mas que detém grandes parcelas das ações e outras empresas, obtendo assim controle sobre elas. As empresas que constituíram a CTR foram:

- *TMC: The Tabulating Machine Company.* Ela era a empresa de Hollerith, já mencionada, especializada na produção de máquinas de contagem baseadas em cartões perfurados, as quais eram usadas principalmente nos censos de diferentes países, mas também, cada vez mais, em outros processos.
- *Computing Scale Company of America.* Ela, por sua vez, já era uma holding, fundada em 1901, a qual controlava várias empresas que fabricavam balanças comerciais.
- *ITR: The International Time Recording Company.* Ela era uma empresa que fabricava relógios. Ela teve suas origens em 1894 com o nome de Willard & Frick Manufacturing Company, a primeira fabricante de relógios-ponto do mundo. Em 1900 ela se fundiu com a Bundy Manufacturing Company, passando então a chamar-se ITR.
- *Bundy Manufacturing Company.* Essa empresa, fundada em 1889, é muitas vezes ignorada como fundadora da CTR porque ela já havia cedido para a ITR

seu negócio de fabricação de relógios, tendo permanecido apenas no ramo de calculadoras mecânicas, mas como a **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -14** mostra, ela claramente participou da formação inicial da CTR.

1298 (26) UNITED STATES INVESTOR [July 29, 1911.]

Computing - Tabulating - Recording Company

CAPITALIZATION

6% Thirty-Year Sinking Fund Gold Bonds \$7,000,000

Dated July 15, 1911 Due July 1st 1941 Interest January and July

Capital Stock (All One Class) - \$10,500,000

This Company is a recent consolidation of the following companies:

INTERNATIONAL TIME RECORDING COMPANY, of Endicott, N. Y.
TABULATING MACHINE COMPANY, of Washington, D. C.
COMPUTING SCALE COMPANY OF AMERICA, of Dayton, Ohio
BUNDY MANUFACTURING COMPANY, of Endicott, N. Y.

Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -14: Anúncio da criação da CTR.¹³ 1/1

A empresa consolidada já contava com 1300 funcionários. Seu primeiro diretor, George Fairchild (Estados Unidos, 1854-1924), era membro do congresso americano desde 1906, e por isso não se esperava que ele tomasse um papel ativo na administração da empresa. Mas quando o primeiro presidente da empresa saiu após apenas um mês na posição, ele acabou tomando o comando da empresa e ali ficou até 1912, quando foi sucedido pelo ex-comandante da ITR.

Mas a *alma mater* da CTR, que a levou a ser a gigante IBM, certamente foi Thomas John Watson Sênior (Estados Unidos, 1874-1956). Ele se tornou diretor geral da CTR em 1914, logo depois de ter sido condenado criminalmente por formação de cartel, o que levou muitos membros do quadro da CTR a se perguntar como ele iria dirigir a empresa da cadeia. Porém, ele apelou do julgamento e foi atendido; e então o novo julgamento acabou nunca acontecendo. Assim, ele nunca foi preso, podendo comandar a CTR, e depois IBM, ainda por muitos anos.

Watson trouxe de sua antiga empresa o lema “*think*” (pense). Ele considerava que o sucesso de vendas não provinha do gasto da sola de sapato (andar de porta em porta), mas do trabalho com a cabeça (pensar). O lema continua a ser usado pela IBM até hoje, inclusive uma de suas linhas de notebooks era chamada de “Thinkpad”. Comenta-se que o lema “*think different*” (pense diferente) da Apple nos anos 1990 tenha sido uma resposta ou mesmo uma provocação à IBM.

Outra influência importante que Watson teve nestes primeiros anos da CTR foi indicar que a empresa não vendia apenas as melhores máquinas do mercado, ela vendia serviço, ou seja, o cliente comprava não apenas a máquina, mas todo o suporte necessário para fazê-la funcionar.

¹³ Domínio público. Disponível em: <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2011/06/ibms-first-100-years-a-heavily-illustrated-timeline/240502/>

A CTR operou basicamente dividida em três partes: as balanças, os relógios e as máquinas tabuladoras. O negócio das balanças sempre foi problemático e acabou sendo vendido nos anos 1930. Os relógios foram o carro chefe dos primeiros anos da CTR, mas depois perderam importância. O grande negócio acabou sendo mesmo as máquinas tabuladoras e seus serviços associados. Entre outras coisas, a maioria dessas máquinas era alugada, não vendida, o que combinava com a visão de negócios de Watson e permitia maior estabilidade nas rendas da empresa, uma vez que os alugueis entravam regularmente no caixa enquanto que as vendas podiam ter altos e baixos perigosos. Esse modelo de aluguel e serviços continuou sendo praticado pela IBM ao longo de muitas décadas.

Em 1917 a CTR consolidou três empresas canadenses similares às que originalmente a formaram: a Canadian Tabulating Machine Co., Ltd., a International Time Recording Co. of Canada, Ltd., e a Computing Scale Co. of Canada, Ltd. A nova holding foi chamada de International Business Machines Co., Ltd. No mesmo ano, a convite do governo brasileiro, a empresa abre um escritório no Brasil e em 1922, na feira do centenário da independência faz as primeiras demonstrações de suas máquinas em solo brasileiro.

Após a morte de Fairchild em 1924, quando Watson tomou o controle total da CTR. Ele a rebatizou como IBM, inspirado no nome dado às subsidiárias no exterior.

4.15 O Enxadrista de Torres y Quevedo – 1912

Então voltamos a falar de Torres y Quevedo. Esse engenheiro espanhol poderia ter perfeitamente servido de inspiração para Carl Barks da Disney criar o Professor Pardal, tamanha a sua capacidade criativa.

Um desses inventos digno de um Pardal foi o enxadrista (*ajedrecista*), construído em 1912 e apresentado na feira de Paris de 1914. Trata-se simplesmente do primeiro jogo automático da história, uma máquina que executava fisicamente os movimentos de um rei e uma torre jogando uma final de partida de xadrez contra um adversário humano com apenas um rei. A máquina é mostrada na **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -15.**

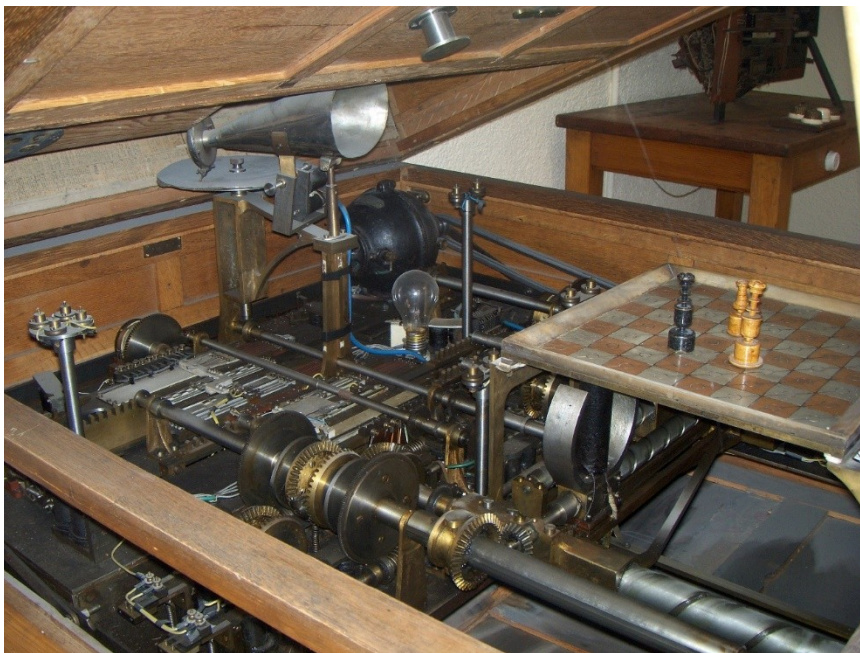


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -15: O enxadrista de Torres y Quevedo.¹⁴ 2/3

A situação é de vitória certa para a máquina, ou seja, para quaisquer jogadas do humano a máquina acabará vencendo. Um pouco injusto talvez, mas mesmo assim, um feito incrível considerando que estamos falando de 1912 e que computadores ainda estão longe de serem construídos, quanto mais os jogos eletrônicos.

Houve duas máquinas: a primeira movimentava as peças por meio de um braço mecânico e a segunda por eletroímãs que ficavam abaixo do tabuleiro. A posição do rei oponente era sentida pela máquina por meio de sensores elétricos. Os movimentos eram calculados por um algoritmo simples que nem sempre executava a sequência de movimentos mais curta possível, mas ainda assim sempre ganhava. Considere que o computador joga com o rei e a torre brancos e que o humano joga com o rei preto. Considere também o tabuleiro dividido em três zonas: as três primeiras colunas e as três últimas colunas das oito que existem são chamadas “zona de torre” e as duas colunas centrais são chamadas de “zona central”.¹⁵ Em resumo, o algoritmo funciona baseado em três regras simples:

1. Se o rei preto e a torre branca estão na mesma zona, a torre se afasta horizontalmente para outra zona.

¹⁴ «Ajedrecista segundo2» de MdeVicente - Trabajo propio. Disponible bajo la licencia CC0 vía Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ajedrecista_segundo2.JPG#/media/File:Ajedrecista_segundo2.JPG

¹⁵ Importante mencionar para quem não joga xadrez que a torre pode se movimentar qualquer quantidade de casas em uma única direção, que pode ser horizontal ou vertical. Já o rei pode andar apenas uma casa de cada vez, mas ele pode ir na horizontal, na vertical ou na diagonal, possibilitando assim um total de 8 movimentos possíveis a cada jogada. Além disso, no xadrez, uma peça “come” a outra se ela consegue com um movimento posicionar-se na mesma “casa” que a outra.

2. Se a distância vertical entre o rei preto e a torre branca for de mais de uma fileira, a torre se aproxima verticalmente de forma a reduzir a mobilidade do rei preto.
3. Se a distância entre os dois reis é grande o suficiente para que uma aproximação do rei branco não provoque xeque-mate na jogada seguinte, o rei branco se aproxima do rei preto.

Se o humano fizer um movimento ilegal a máquina não joga até que ele seja corrigido. Se ele fizer isso três vezes a máquina para totalmente de jogar.

Tudo isso é feito com a construção dos contatos e circuitos adequados que comparam as posições relativas das peças e traduzem o movimento adequado de acordo com as regras acima.

Ambas as máquinas ainda funcionam no departamento de máquinas da Universidade Politécnica de Madrid, onde você pode desafiá-las para um jogo (e perder). Pelo menos uma delas anuncia o xeque-mate através de um alto-falante usando um mecanismo não muito diferente do gramofone.

4.16 Máquina Analítica de Torres y Quevedo – 1913

Possivelmente o sucesso com o enxadrista levou Torres Y Quevedo a sonhar mais alto. Explicitamente inspirado em Charles Babbage, ele idealizou uma máquina analítica capaz de computar quaisquer funções. Porém, ao invés de usar discos e engrenagens para representar números, ele propunha que fossem usados circuitos eletromecânicos, ao estilo do enxadrista. Isso tornaria a máquina muito menor e mais barata do que a de Babbage.

Ele imaginava que a máquina poderia ter milhares ou talvez até milhões de interruptores, cada um dos quais capaz de estar em diferentes posições ou estados e assim representar não apenas algarismos, mas também letras e sinais de pontuação. Assim, ao contrário de Babbage que via a máquina analítica como um “mastigador de números”, Torres y Quevedo já imaginava que essa máquina poderia armazenar em sua memória informação não numérica.

Infelizmente ele não foi capaz de construir a máquina completa, mas apenas algumas provas de conceito. Em sua famosa publicação “Essays on Automatics” de 1913 ele apresenta um projeto bastante detalhado de uma máquina analítica eletromecânica capaz de calcular todos os valores para a fórmula $\alpha = ax(y-z)^2$. Entre outros componentes da máquina ele descrevia o mecanismo de entrada de instruções de programação como um disco rotatório com diferentes regiões eletricamente condutoras. Assim, à medida que o disco rodasse, diferentes contatos elétricos seriam ativados, causando a execução de certos comandos sobre os registradores da máquina. Em 1914 ele construiu um protótipo para esta máquina.

Consta ainda que neste projeto ele idealizou também um sistema aritmético de ponto flutuante, o qual só foi efetivamente colocado em prática por Konrad Zuse na década de 1940. Números de ponto flutuante são representações de números de maneira diferenciada. Ao invés de concatenar os algarismos um ao lado do outro como 984, um

número de ponto flutuante usaria uma representação como $0,984 \times 10^3$, ou seja, $0,984 \times 1000$ que é exatamente 984. Isso pode parecer irrelevante para este tipo de número com apenas 3 dígitos, mas quando trabalhamos com números muito grandes, essa notação pode ser bastante econômica. Por exemplo, para representar 5.200.000.000.000.000.000 bastaria escrever $0,52 \times 10^{22}$. Na prática, se assumirmos base 10 como padrão, poderíamos representar esse número gigantesco a partir de dois valores apenas: a mantissa 52 e o expoente: 22.

A técnica também é útil para representar números muito pequenos. Assim, $0,34 \times 10^{-16}$ seria a representação em ponto flutuante de 0,000.000.000.000.000.034. A representação desse número fica bem mais simples se dissermos que ele tem mantissa 34 e expoente -16.

Outra façanha desse inventor ocorreu em 1920, quando a invenção do Arithmometer completava 100 anos. Para celebrar a ocasião ele construiu um arithmometer eletromecânico (**Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -16**), ou seja, totalmente baseado em circuitos e chaves elétricas, sem giros de manivela. O equipamento era ligado a uma máquina de escrever e funcionava assim: para somar 67 com 156 o operador devia “bater” na máquina “6” e depois “7”, e na sequência a barra de espaço; depois teclava o símbolo da operação, no caso “+”, novamente espaço e em seguida entrava com o segundo número batendo “1”, “5”, “6” e espaço. Até esse momento a máquina havia escrito “67 + 156” no papel. Mas depois de alguns instantes ela escrevia “=” e em seguida o resultado da operação, que no caso era “223”. Isso certamente assombrou muitas pessoas em pleno ano de 1920. Infelizmente ele nunca se interessou em produzir a máquina comercialmente e assim apenas o protótipo para fins de demonstração existiu.

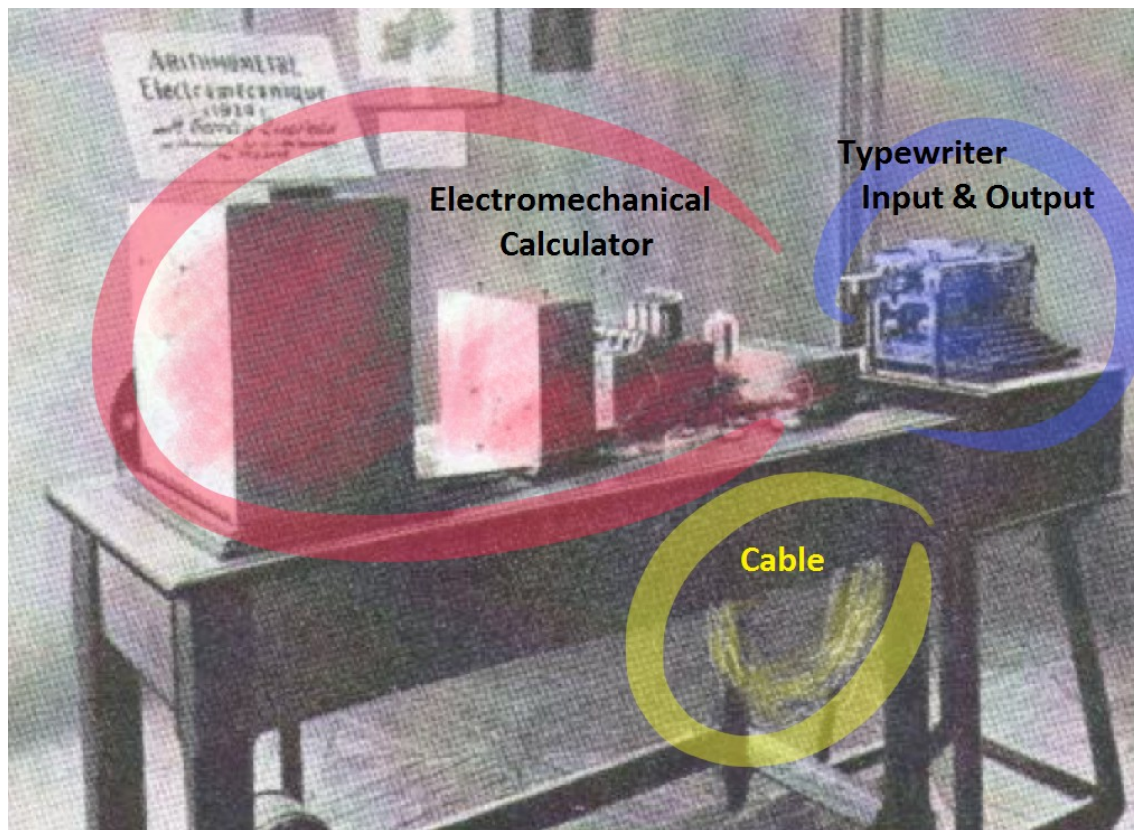


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -16: Arithmometer eletromecânico.¹⁶ 1/1

4.17 Flip-Flop – 1918

Um dos circuitos mais importantes para a construção dos primeiros computadores a partir dos anos 1940 foi o Flip-Flop. O Flip-Flop foi inventado em 1918 por Willian H. Eccles (Reino Unido, 1875-1966) e Frank W. Jordan (Reino Unido, 1882-?).

O circuito que eles criaram era baseado em apenas duas válvulas diodo. Ele tem dois estados possíveis, que podem ser trocados a partir de um sinal elétrico, tornando-o assim, perfeito para a representação de um bit (zero ou um) em um computador.

O primeiro uso documentado de circuitos flip-flop em computadores ocorreu apenas 25 anos depois do registro da patente por parte de Eccles e Jordan, no computador Colossus Mark I.

¹⁶ By Unknown - Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale - Septembre-Octobre 1920 - page 626, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30060419>

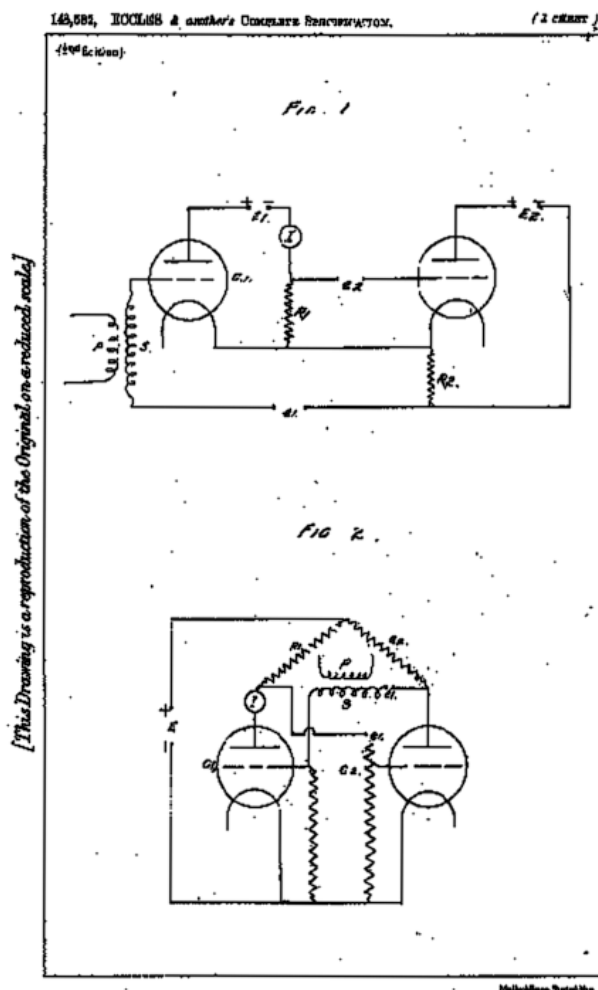


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -17: Desenho original da patente do flip-flop.¹⁷ 1/2

Para entendermos um pouco melhor o comportamento deste componente, primeiro precisamos entender que ele é um circuito que funciona como uma memória capaz de armazenar dois estados, que podem ser interpretados como 0 e 1.

O circuito tem duas entradas nas quais pulsos elétricos podem ser aplicados. Vamos chamar essas entradas de “set” e “reset”. A primeira muda o estado do flip flop para 1 e a segunda muda seu estado para zero. Mesmo depois que o pulso de entrada cessa, o flip-flop permanece no estado em que foi colocado.

O flip-flop tem também duas saídas, uma que tem corrente quando ele está no estado 0 e outra que tem corrente quando ele está no estado 1.

A Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -18 mostra um circuito flip-flop no estado 0. Isso significa que o último contato a ser acionado foi “reset” (contato da esquerda). Neste momento, o coletor de Q1 não está recebendo energia, porque a energia que passa por

¹⁷ "Eccles-Jordan trigger circuit flip-flop drawings" by Eccles and Jordan - GB 148582 (filed: 21 June 1918; published: 5 August 1920). Licensed under Public Domain via Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eccles-Jordan_trigger_circuit_flip-flop_drawings.png#/media/File:Eccles-Jordan_trigger_circuit_flip-flop_drawings.png

R2 flui por Q2 e assim o resistor R4 impede que ela flua para a base de Q1. Neste caso, temos energia fluindo por Q2 mas não por Q1 e o flip-flop está no estado “0”.

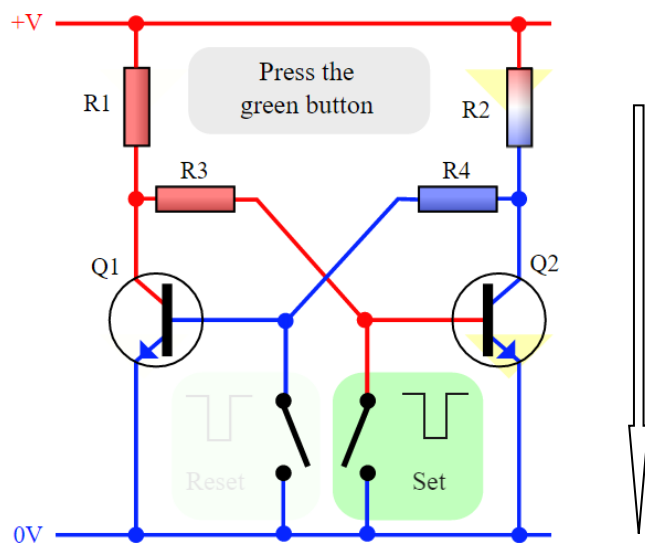
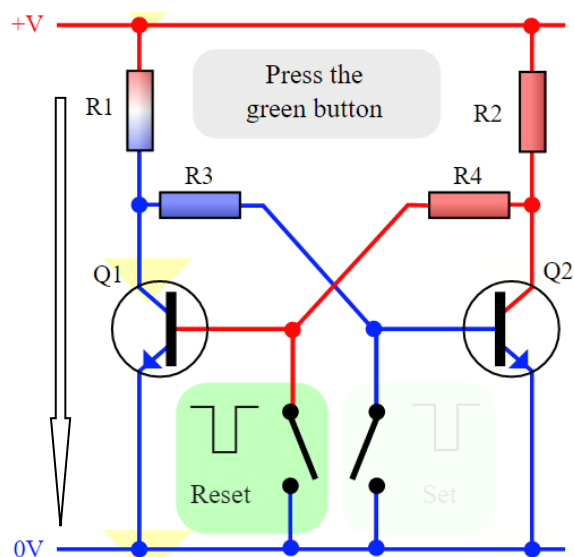


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -18: Flip-flop no estado “0”.¹⁸ 1/2

Ao fechar o contato “set” (contato da direita), mesmo que por um curto espaço de tempo, a corrente corre livremente pelo contato (não há resistor) e assim ela para de entrar pela base de Q2. Como a corrente em Q2 fica assim interrompida, a corrente que vem de R2 passa agora a fluir por R4, energizando a base de Q1. Dessa forma a energia passa do coletor para o emissor de Q1 e o flip-flop assume um novo estado, “1”, mostrado na Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -19.



¹⁸ Adaptado de: "Transistor Bistable interactive animated EN" by DrJolo - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transistor_Bistable_interactive_animated_EN.svg#/media/File:Transistor_Bistable_interactive_animated_EN.svg

4.18 IBM – 1924

Nos anos que seguiram sua consolidação como IBM, a empresa cresceu muito e introduziu muitas práticas totalmente inovadoras para a época, como seguro de vida e férias pagas aos seus funcionários. O logotipo original da empresa é mostrado na **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -20**. Porém, ainda nada de computadores. A empresa obtinha o principal de suas rendas a partir do aluguel das máquinas tabuladoras no estilo de Hollerith. Além das aplicações já consolidadas no cálculo do censo de vários países, ela ainda diversificava as possíveis aplicações dessas máquinas, como por exemplo, um sistema completo para controle de horários escolares.



Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -20: Logotipo original da IBM.²⁰ 1/5

Durante os anos da grande depressão, a IBM não parou de produzir, mesmo não tendo clientes. Isso permitiu que ela fosse a única empresa capacitada a vencer um grande contrato com a seguridade social norte americana em 1935, visto que contava com um grande estoque de máquinas que nenhuma outra empresa tinha. Esse contrato foi considerado a maior operação de registro de informação até então, visto que 26 milhões de registros de empregados foram mantidos pelos sistemas da empresa. A coisa foi tão positiva que logo contratos de outras áreas do governo começaram a surgir.

A empresa inovou também nessa época em muitos aspectos, como por exemplo, ao introduzir uma máquina tabuladora capaz de subtrair. Até então os números negativos precisavam ser introduzidos como complementos de 9, que precisavam ser calculados à mão, o que tomava certo tempo das pessoas que operavam as máquinas. Mas com a introdução dessa nova máquina, o processo passou a ser feito de forma bem mais rápida. Além disso, já em 1931 a empresa produziu a série IBM 600, as primeiras máquinas tabuladoras capazes de multiplicar e dividir.

Em 1933 a IBM adquiriu a empresa Electromatic Typewriters, Inc., o que permitiu não só que ela entrasse no mercado de máquinas de escrever, mas que também adquirisse tecnologia para aprimorar as impressoras que acompanhavam suas máquinas tabuladoras.

¹⁹ Adaptado de: "Transistor Bistable interactive animated EN" by DrJolo - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transistor_Bistable_interactive_animated_EN.svg#/media/File:Transistor_Bistable_interactive_animated_EN.svg

²⁰ "Original IBM Logo" by OgilvyOne - Own work. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Original_IBM_Logo.png#/media/File:Original_IBM_Logo.png

Em 1934 ela lança a série 801, uma máquina capaz de selecionar, endossar e totalizar cheques bancários, entrando assim em um mercado altamente lucrativo. Em 1937 ela lança o modelo 805, uma máquina capaz de corrigir provas e dar notas a estudantes.

O importante aqui é mencionar que, embora a IBM não fabricasse computadores nessa época e não tenha sido ela a primeira empresa a construí-los, ela criou todo um mercado que fez com que essas máquinas, depois de inventadas para uso científico, tivessem também um uso comercial muito intenso, como veremos mais adiante.

4.19 OCR de Gustav Tauschek – 1929

Bem antes de existirem computadores eletrônicos como os atuais um engenheiro chamado Gustav Tauschek (Áustria, 1899-1945) inventou um aparelho que é considerado o precursor do OCR (Optical Character Recognition). O mecanismo, patenteado na Alemanha em 1929 e nos Estados Unidos em 1935 é mostrado na **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -21**.

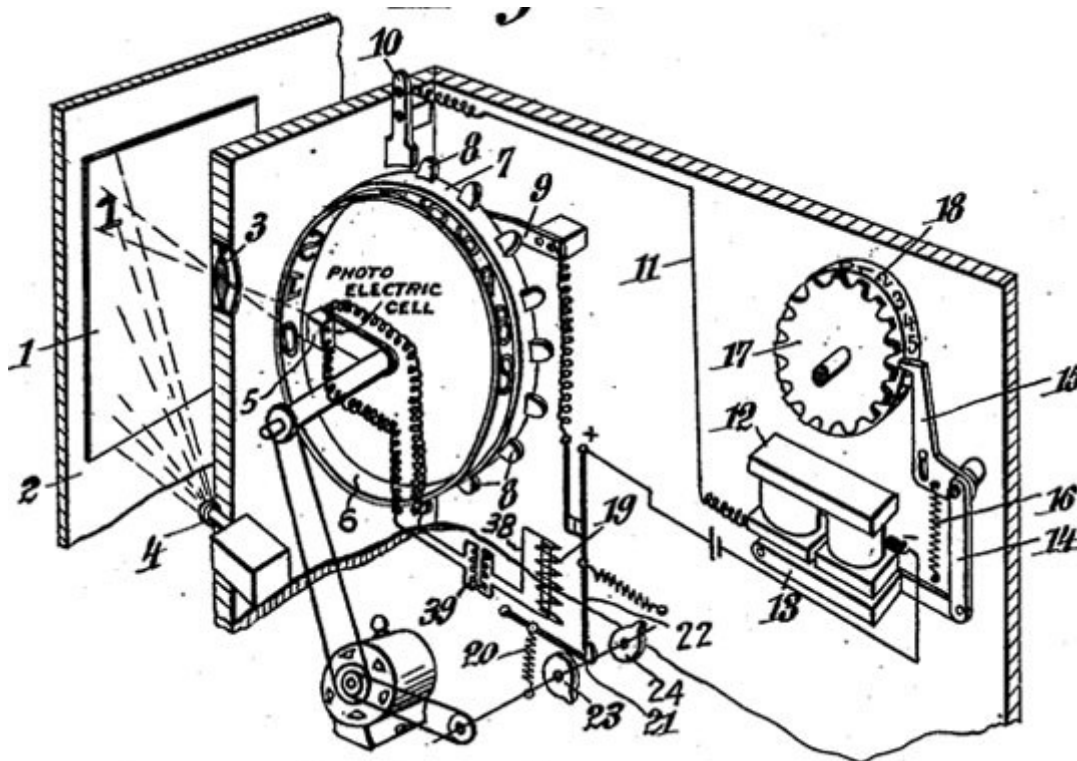


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -21: Projeto do leitor óptico de Tauschek.²¹ **1/1**

O projeto era simples, mas bem engenhoso. Para reconhecer um símbolo (letra ou algarismo) impresso em uma folha de papel (1), suficientemente iluminada por uma fonte (4), a máquina girava uma roda (6) na qual várias formas de letras e números seriam recortadas de maneira a deixar passar a luz. Uma lente (3) faria a luminosidade do papel alcançar uma célula fotoelétrica (5). Caso o formato da letra iluminada coincidissem com a forma recortada na roda (6) o nível de energia gerado pela célula

²¹

ativaria o reconhecimento da letra, o que poderia ser então transmitido para outro mecanismo que a imprimisse ou armazenasse.

O mecanismo, porém, teria algumas falhas que tornariam seu uso muito complicado. Inicialmente as letras teriam que estar perfeitamente alinhadas e no tamanho exato para serem lidas pela máquina. Em segundo lugar, a máquina poderia ser enganada por falsas letras. Um borrão preto, por exemplo, do tamanho de uma letra poderia ser identificado como qualquer uma das letras do alfabeto. Assim, a máquina só funcionaria em condições ideais.

4.20 Tambor Magnético – 1932

Mas as contribuições de Gustav Tauschek não param por aí. Além da invenção do OCR e de outros dispositivos para trabalhar com cartões perfurados, ele também inventou a memória de tambor magnético em 1932.

Tratava-se basicamente de um cilindro giratório e uma série de cabeçotes de leitura e escrita, mostrados no desenho da patente na **Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -22**. O cilindro era feito de um material que podia ser magnetizado positiva ou negativamente. Os cabeçotes de leitura eram basicamente bobinas magnéticas que podiam ser energizadas para produzir um ou outro estado no material do cilindro. Assim, o cilindro basicamente registrava valores binários, que podiam ser interpretados como 0s e 1s.

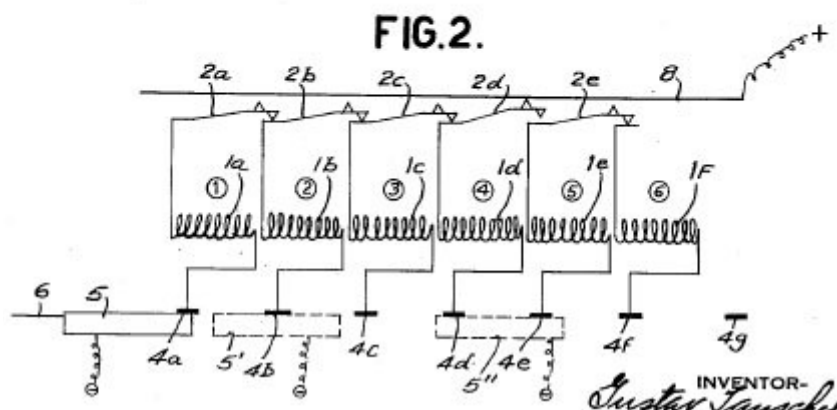
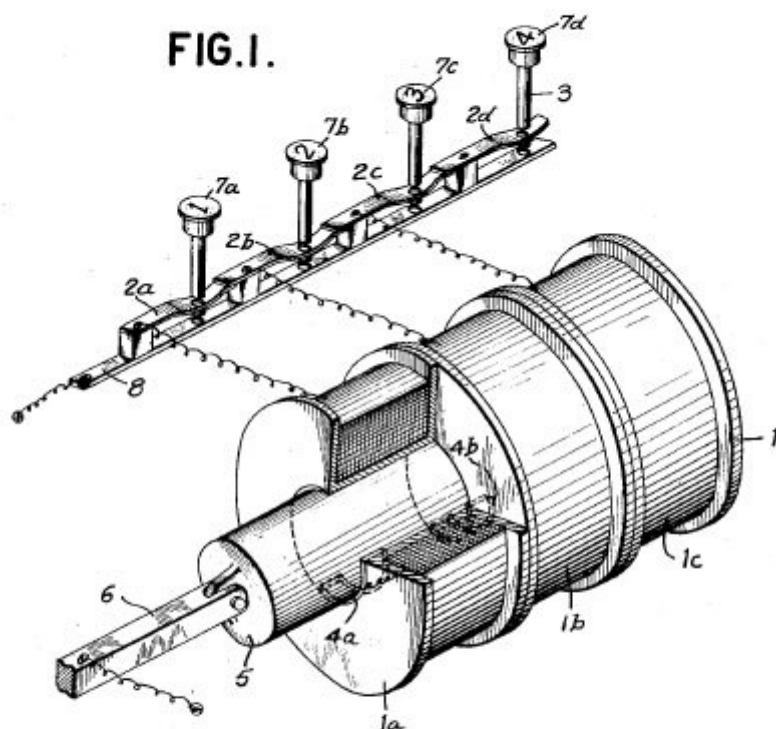


Figura Parte IV: Surgimento da Eletrônica -22: Tambor magnético de Gustav Tauschek.²² 2/3

Ao contrário dos discos magnéticos mais modernos nos quais os cabeçotes se movem para posições específicas de leitura ou gravação, no tambor de Tauschek os cabeçotes eram todos fixos; apenas o cilindro girava. Dessa forma, para gravar ou ler dados do cilindro era necessário indicar qual o cabeçote em questão e qual a posição angular do cilindro que deveriam ser considerados.

O dispositivo construído e patenteado por Tauschek em 1932 tinha capacidade para armazenar 500 mil bits (um bit é um valor que pode ser 0 ou 1), ou seja,

aproximadamente 61 KB (quilo bytes)²³. Assim, o tambor magnético original podia armazenar cerca de 61 mil números entre 0 e 255, ou 61 mil letras, já que é possível associar um código numérico para cada letra ou símbolo.

A IBM comprou os direitos sobre esta e muitas outras patentes de Tauschek e efetivamente usou estes dispositivos ou evoluções deles em vários de seus sistemas posteriormente; afinal a era da informática estava para começar.

4.21 Até Aqui...

Vimos que a virada do Século XIX para o Século XX foi repleta de invenções que mais tarde iriam convergir para a construção dos computadores. Essa foi a era em que a palavra “tele” esteve muito em voga, com a invenção do telefone, telefax, televisor e telégrafo.

A automação de escritórios passou a ser um mercado no qual a IBM investia fortemente com suas máquinas tabuladoras e dispositivos de entrada, saída e armazenamento de dados.

Vários componentes que depois serviriam aos computadores foram inventados nessa época, como as memórias magnéticas, calculadoras eletromecânicas, OCR e monitores CRT e LCD. Mas todas essas invenções ainda não estavam conectadas a uma única máquina. Isso vai começar a acontecer na fase seguinte, onde o nascimento dos computadores efetivamente vai ocorrer.

²³ Um byte é definido como 8 bits. Se cada bit pode ser zero ou um, segundo o sistema de numeração binária, então um byte pode representar números de 0 até 255 ($=2^8-1$). Um quilobyte (KB) são 1024 bytes. Assim, $500.000 / 8 / 1024 = 61$ KB.