

2 Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas

Os Séculos XVII, XVIII e XIX viram o surgimento e aperfeiçoamento das calculadoras mecânicas. A partir de trabalhos inovadores como os de Schickard, Pascal e Leibniz, máquinas capazes de realizar as quatro operações aritméticas com o simples girar de uma alavanca se tornaram realidade. Essas máquinas, bem como o tear mecânico, que usava cartões perfurados já no início do Século XIX foram fundamentais para a concepção posterior dos computadores de propósito geral, ou seja, máquinas programáveis para executar qualquer função computável e não apenas as quatro operações. Esse mesmo período também testemunhou o desenvolvimento da aritmética binária e o surgimento dos primeiros computadores humanos, ou seja, pessoas cuja profissão era executar cálculos repetitivos a mão.

2.1 Relógio Calculador de Schickard – 1623

Durante quase 300 anos a calculadora de Pascal foi considerada como o primeiro projeto bem-sucedido de uma calculadora mecânica automática. Porém, quando duas cartas de William Schickard (Alemanha, 1592-1635) para Johannes Kepler (Alemanha, 1571-1630) foram redescobertas entre os pertences de Kepler em pleno Século XX, mencionando o projeto de uma máquina calculadora (*rechnuhr*), percebeu-se que o projeto de Schickard antecedia o de Pascal em cerca de 20 anos. Essas cartas de 1623 e 1624 já haviam sido já mencionadas em publicações nos séculos XVIII e XIX, mas até 1957 ninguém havia percebido e publicado esse fato histórico tão importante.

Assume-se, pelo descrito nas cartas, que Schickard teria construído duas máquinas, um protótipo para uso próprio e outra mais bem-acabada que ele daria de presente a Kepler. A segunda máquina foi encomendada a um artesão, mas pouco antes de a máquina ser concluída e entregue ela acabou destruída em um incêndio noturno. Já a máquina pessoal de Schickard possivelmente foi destruída já que a região onde ele morava foi envolvida em uma guerra e sua casa e todos os bens foram queimados após sua morte, causada pela peste bubônica.

Nada restou do trabalho de Schickard a não ser alguns papéis mantidos na biblioteca de Stuttgart e as duas cartas a Kepler. Um desenho da máquina incluído em uma das cartas é apresentado na **Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-1**, e uma reprodução física da mesma na **Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-2**.

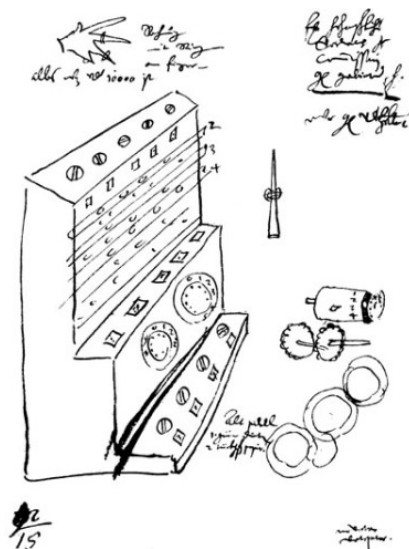


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-1: Um esboço da calculadora de Schickard em uma das cartas a Kepler.¹ 1/3



Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-2: Reprodução da calculadora de Schickard.² 1/2

Assim como o astrolábio e o mecanismo de Antikythera, a máquina de Schickard foi planejada para fazer cálculos astronômicos (daí sua relação com Kepler, famoso astrônomo). Em 1623 ele escreve o seguinte para Kepler: “O que você fez com cálculos eu consegui através da mecânica. Eu concebi uma máquina consistindo de onze engrenagens completas e seis incompletas; ela calcula instantaneamente e automaticamente adições, subtrações, multiplicações e divisões, a partir dos números dados. Você iria adorar ver como a máquina faz acumulações e transporta

¹ "Rechenmaschine wilhelm schickard" by The original uploader was Wernerroth at German Wikipedia - Transferred from de.wikipedia to Commons. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rechenmaschine_wilhelm_schickard.png#/media/File:Rechenmaschine_wilhelm_schickard.png

² "Schickard" por teclasorg - <http://www.flickr.com/photos/teclasorg/2834616624/>. Licenciado sob CC BY 2.0 via Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schickard.jpg#/media/File:Schickard.jpg>

espontaneamente as dezenas e centenas para a esquerda e em reverso, como ela faz o oposto quando subtrai ...”³.

A máquina de Schickard na era composta por duas partes. A parte superior era uma versão modificada dos bastões de Napier. Os números correspondentes a cada bastão eram engenhosamente gravados em seis cilindros giratórios na frente dos quais 10 varetas com uma pequena abertura eram colocadas. As varetas podiam ficar em duas posições: à direita, não permitiam visualizar nenhum número, mas à esquerda a abertura permitia visualizar um número correspondente à multiplicação da posição correspondente no cilindro e na vareta. Por exemplo, para multiplicar 532 por 7 o usuário deveria girar os três cilindros mais à direita para as posições “5”, “3” e “2”, e mover a vareta número 7 para a esquerda. As aberturas permitiriam então visualizar os valores “35”, “21” e “14”, correspondendo aos produtos de 5, 3 e 2 por 7. Assim, a parte superior da calculadora simplificava o processo de multiplicação pelo uso da técnica dos bastões de Napier. Restava a soma das parcelas.

Para realizar a soma das parcelas, Schickard construiu um sistema de engrenagens que permitia que números fossem representados através do giro de discos. Cada disco permitia representar os dígitos de 0 a 9. Quando um disco girava além da posição 9 para a posição 0, uma engrenagem de um único dente fazia a engrenagem à esquerda girar uma posição (por exemplo, se estivesse em 3, ela iria para 4). Assim, a cada dez giros de um disco, o disco imediatamente a esquerda girava uma vez (realizando desta forma o famoso “*carry*” ou “vai um” das operações aritméticas).

Assim, para somar, por exemplo 35 com 67, o usuário deveria girar o disco mais à direita para 5 e o seu vizinho da esquerda para 3; depois deveria girar o disco mais à direita mais 7 posições, o que deixaria este disco na posição “2” e, na passagem de 9 para 0, isso faria o disco imediatamente a esquerda girar mais uma posição, ficando assim, portanto, na posição “4”. Para finalizar o usuário deveria girar o disco da esquerda mais seis posições, ficando assim na posição “0”, e fazendo seu vizinho da esquerda girar uma posição, indo para a posição “1”. O resultado 102, seria então visualizado nos mostradores da máquina.

Desta forma, seria relativamente fácil somar várias sequências de números, apenas girando discos, e a máquina acumularia o resultado em seus mostradores. Schickard teve até o cuidado de instalar uma campainha no disco mais da esquerda, que tocaria caso houvesse um *overflow*, ou seja, se a capacidade da máquina fosse excedida. Com 6 discos, essa capacidade seria limitada a representar os números de 0 a 999.999.

A subtração é conseguida girando os discos no sentido inverso. A divisão deveria seguir o processo proposto por Napier. A máquina ainda tinha um conjunto independente de discos para que resultados intermediários pudessem ser armazenados pelo usuário enquanto este continuasse a fazer novas operações.

³ Tradução do autor a partir do inglês (original em latim).

Uma das maiores desvantagens do sistema de Schickard é que quando várias engrenagens devem realizar o “vai um”, por exemplo, ao somar 99.999 com 1, o esforço necessário para mover o disco mais à direita terá de ser bastante grande, exceto se um mecanismo muito bem lubrificado fosse usado. Mesmo assim, a escalabilidade desse sistema para números mais longos seria inviável com a tecnologia da época.

2.2 Pascalina – 1642

Blaise Pascal (França, 1623-1662) provavelmente nunca teve acesso ao trabalho de Schickard. Mas cerca de 20 anos depois, com apenas 19 anos de idade ele conseguiu reinventar o conceito de calculadora mecânica, e foi considerado, por quase 300 anos, como o pioneiro. De fato, ele teve o mérito de ter criado a primeira calculadora que funcionava de forma robusta, além de ter obtido um registro equivalente a uma patente moderna (um “privilégio real”, concedido por Luiz XIV em 1649).

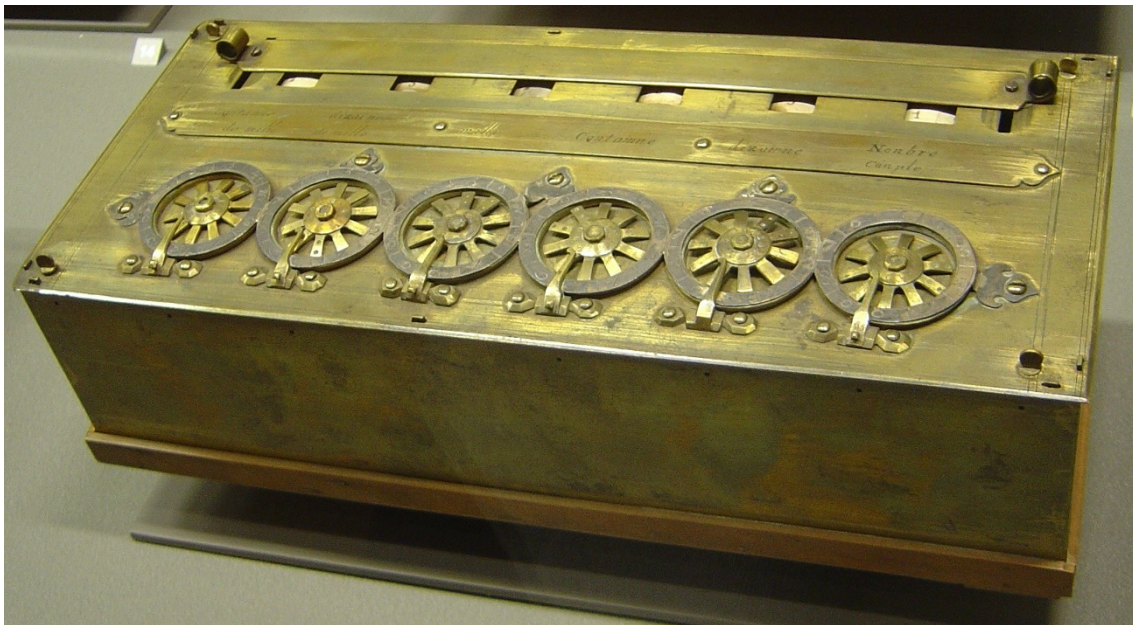


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-3: Uma Pascalina.⁴ 1/1

Pascal teria construído 20 dessas máquinas após testar cerca de 50 protótipos com diferentes designs. Ele foi capaz de vender algumas, mas o alto custo não permitiu que o projeto fosse muito longe. Consta que 9 dessas máquinas ainda existem e estão em exposição em museus.

A máquina de Pascal tinha muitas semelhanças com a parte inferior da máquina de Schickard. Porém, Pascal resolveu o problema do atrito do “vai um” em cadeia inserindo no seu projeto uma pequena mola que fazia mover a engrenagem da esquerda quando fosse necessário passar o dígito de carry. Como cada engrenagem tinha sua própria mola que gerava o movimento, o problema do atrito não se

⁴ "Arts et Metiers Pascaline dsc03869" by © 2005 David Monniaux /. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arts_et_Metiers_Pascaline_dsc03869.jpg#/media/File:Arts_et_Metiers_Pascaline_dsc03869.jpg

propagava de uma engrenagem para outra. Isso permitiria que não apenas cinco ou seis engrenagens fossem usadas, mas qualquer número delas já que cada uma teria sua própria força motriz sem depender das anteriores.

Infelizmente esse mecanismo também impedia que as engrenagens girassem no sentido inverso, o que dificultava as subtrações. Pascal resolveu esse problema utilizando a técnica de subtrair pela soma do número complementar. A janela que mostrava os números na máquina podia ser movida de forma que fossem exibidos os números normais ou seus complementares.

O complemento de um número depende de quantos dígitos se considera. Com uma máquina de 5 dígitos, o complemento de n seria $99.999 - n$. Por exemplo, o complemento de 89 seria $99.999 - 89 = 99.910$. Assim, para subtrair, por exemplo, $89 - 35$ poderíamos somar $99.910 + 35 = 99.945$. O complemento deste número ($99.999 - 99.945$) é o resultado da subtração: 54.

Para somar dois números ou mais a operação da máquina era muito simples. Primeiramente o operador devia se certificar que a máquina estava zerada (todos os mostradores na posição “0”). Em seguida o primeiro número podia ser inserido. Cada botão giratório tinha 10 raios, como uma roda de carroça. Ao redor dos botões estavam inscritos os dígitos de 0 a 9. Havia um ponto de parada, semelhante aos antigos telefones de discar. Então, por exemplo, para inserir um “5” o operador colocava o dedo ou um apontador na posição “5” e girava a roda até a posição de parada. Nesse momento, o mostrador da máquina estaria exibindo “00005”. Se em seguida o operador quisesse adicionar 6, deveria colocar o apontador na posição “6” e girar a roda até a posição de parada. Neste momento o mostrador estaria exibindo “00011”.

Como as engrenagens não podiam ser giradas no sentido inverso, para zerar a máquina era necessário colocar todos os mostradores na posição 9 (ou seja, fazer a máquina exibir “99.999”) e em seguida somar 1 girando o botão mais à direita em uma posição.

Um pequeno filme disponível em www.youtube.com/watch?v=3h71HAJWnVU ilustra com perfeição o funcionamento desta máquina.

2.3 Leviathan de Thomas Hobbes – 1651

O filósofo Thomas Hobbes (Inglaterra, 1588-1679) é considerado por muitos como o fundador da inteligência artificial. Em seu livro “Leviathan” (**Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-4**), de 1651 ele afirma o seguinte: “By ratiocination, I mean computation”⁵.

⁵ Tradução: Raciocinar significa computar.



Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-4: Frontispício do livro "Leviathan" de Hobbes.⁶ 1/2

Esta frase é particularmente importante por trazer à discussão filosófica duas grandes ideias:

- Pensar consiste em realizar operações simbólicas, ou seja, é como trabalhar cálculos com lápis e papel, exceto que isso é feito internamente.
- O pensamento é mais claro e racional quando ele segue regras rígidas como as que os contadores usam quando fazem cálculos, ou seja, o raciocínio é um processo mecânico, como a operação de um ábaco mental.

As ideias de Hobbes aparentemente tiveram influência sobre o pensamento de Leibniz e também sobre teorias mais modernas que tentam explicar o funcionamento da mente como um processo de computação.

Hobbes afirma que pensar é como fazer somas e subtrações com a mente. Ele mesmo exemplifica isso dizendo que a adição da ideia de quadrilátero (um polígono de

⁶ "Leviathan by Thomas Hobbes" by Unknown - <http://www.loc.gov/exhibits/world/world-object.html><http://www.securityfocus.com/images/columnists/leviathan-large.jpg>. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leviathan_by_Thomas_Hobbes.jpg#/media/File:Leviathan_by_Thomas_Hobbes.jpg

quatro lados) com a ideia de polígono regular (um polígono com lados iguais) pode-se conceber a ideia de quadrado (um polígono regular com quatro lados).

Ele também afirma que os silogismos nada mais são do que a soma de duas proposições gerando um resultado. Adicionalmente, proposições são a adição de um predicado a um sujeito, por exemplo, somando o sujeito “neve” com o predicado “branca”, tem-se a proposição “a neve é branca”. Ao sugerir que tais combinações podem ser feitas sem a necessidade de uma palavra intermediária na frase (no exemplo, a palavra “é”), ele lança as bases para a notação matemática que mais tarde se tornaria a fundamentação de linguagens como Prolog, na qual se escreveria este predicado, por exemplo, como “*branca(neve)*”.

2.4 O Método Lullístico de Athanasius Kircher – 1669

Athanasius Kircher (Alemanha, 1602-1680) aprimorou, de certa forma, o sistema de combinação de ideias de Ramon Llull ao utilizar símbolos no lugar de palavras latinas (Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-5). Com essa abordagem, Kircher buscava a matematização do método combinatório de Llull.

LIBRI TERTII.									
PARS I.									
De Alphabetis eorumque applicatione.									
CAPUT I.									
De Alphabeto Artis Lullianæ, ejusque Combinationibus & usu.									
<p>Uamvis Alphabetum Artis nostræ fulse in primo Libro exposuerimus, quia tamen omnia, quæ tum ad terminos ejus combinandos, tum ad usum ejus insignem & maximum pertinent, ibidem omisimus, hic singula ordine ad majorem Lectoris instructionem penitus ad mentem Lulli exponenda duximus. Nota Lector, sequens Alphabetum non Lulli, sed nostrum esse. Quomodo verò id regulis Artis à Lullo traditæ applicari possit & debeat ad habitum scientificum faciliiori methodo adquirendum; hac parte demonstrabitur.</p>									
Alphabetum Artis Magnæ.									
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Principia absoluta.	B.	M.	D.	P.	S.	Vo.	Vi.	Ve.	G.
Respectiva.	=	♥	☉	α	⊙	ω	M	Æ	Min.
Quæstiones.	An.	Quid.	De quo.	Cur.	Quantum.	Quale.	Quomodo.	Ubi.	Quicquid.
Subiecta universalia.	△	☙	⊙	□	♂	♂	♂	♂	⋮
Virtutes.	Justitia.	Prudentia.	Fortitudo.	Temperantia.	Fides.	Spes.	Charitas.	Patientia.	Pietas.
Vitia.	Avaritia.	Gula.	Luxuria.	Superbia.	Acedia.	Invidia.	Ira.	Mendacium.	Incontinentia.
De Combinatione Alphabeti, & de Tabulis ex eo concinnandis.					contra. Combinationem expansam ita adorieis.				
Nota, dupliciter Alphabeti terminos inter se combinari posse; vel expansæ, vel					Cum in Alphabeto novem sint literæ: B. M. D. P. S. Vo. Vi. Ve. G. quæ novem principia absoluta per initiales suas literas significant.				

Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-5: O alfabeto simbólico de Kircher.⁷ 3/4

⁷ Domínio Público. Cortesia: Dalakov, G. *History of Computers, Hardware, Software, Internet...* Disponível em: <http://history-computer.com/Dreamers/Kircher.html>

Kircher publicou em 1669 um vasto tratado sobre a arte de Llull, o “Ars Magna Sciendi, Sive Combinatoria”. No capítulo terceiro deste livro ele apresenta essa nova e universal versão do método de Llull para combinação de conceitos.

Entre outras coisas, Kircher tentou calcular todas as possíveis combinações de alfabetos formados com 1, 2, 3, ..., 50 letras diferentes. Com esse conhecimento ele pretendia decifrar os hieróglifos egípcios.

2.5 Calculadora de Samuel Morland – 1673

Samuel Morland (Inglaterra, 1625-1695) deixou uma importante contribuição à computação mecânica do século XVII não tanto pelas três máquinas calculadoras que inventou, mas pela publicação de um extenso tratado sobre elas. Em 1673, Morland publicou um livro (**Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-6**) sobre duas de suas calculadoras, uma máquina de somar e uma de multiplicar. Esse foi o primeiro livro sobre calculadoras mecânicas publicado na história, visto que de Schickard restaram apenas as cartas, e que Pascal publicou apenas um pequeno panfleto sobre sua própria calculadora. De fato, até as publicações de Charles Babbage, mais de 150 anos depois, muito pouco foi produzido no mundo sobre esse assunto.



Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-6: O primeiro livro escrito no mundo sobre calculadoras mecânicas.⁸ 1/1

Menciona-se que Morland conheceu uma pascalina quando visitava a corte da rainha da Suécia, o que o inspirou a criar e construir suas próprias máquinas. Sua máquina de somar era na verdade praticamente do tamanho de uma calculadora de bolso, medindo 12 x 7 cm e com menos de um centímetro de espessura. Ela era construída e podia ser encomendada ao relojoeiro Humphrey Adamson de Londres. A máquina era capaz de lidar com escalas diferentes da decimal, mas ainda assim necessárias naquela época, já que as moedas inglesas do século XVII não seguiam a divisão decimal: um guinéu valia 20 shillings, um shilling valia 12 pennies e um penny 4 farthings.

Porém, a principal desvantagem da máquina de Morland, especialmente se comparada à mais complexa máquina de Pascal, é que ela não fazia automaticamente a operação de transposição do “carry”, que devia ser feita manualmente pelo operador quando necessário. Isso simplificava a máquina em relação à Pascalina e inclusive permitia que ela fizesse subtrações com o giro dos discos no sentido oposto ao da soma, mas fazia a máquina perder muito do apelo prático, pois deixava de ser realmente automática.

⁸ Domínio Público. Cortesia: Dalakov, G. *History of Computers, Hardware, Software, Internet...* Disponível em: <http://history-computer.com/MechanicalCalculators/Pioneers/Morland.html>.

A outra máquina era uma máquina de multiplicar chamada “ciclológica” (Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-7), a qual se baseava no método de Napier. Ela era basicamente uma execução mecânica dos bastões de Napier. Ela era provida com discos contendo números de Napier. Eles deviam ser colocados em posições específicas na máquina (para cada cálculo) e cobertos por uma tampa que deixava visualizar apenas um dígito de cada vez. Então, uma alavanca devia ser girada fazendo a cada volta os discos avançarem uma posição. Um indicador mostrava quantas vezes a alavanca tinha sido acionada. Assim, por exemplo, para multiplicar 365 por 7, devia-se posicionar os discos de número 3, 6 e 5 na posição apropriada e girar a alavanca 7 vezes. Os mostradores mostrariam os números de Napier correspondentes ao produto de 3 por 7, 6 por 7 e 5 por 7, ou seja, 21, 42 e 35. Para obter o resultado, o usuário precisaria somar a mão os dígitos em discos contíguos, ou seja $2[1+4][2+3]5 = 2555$.

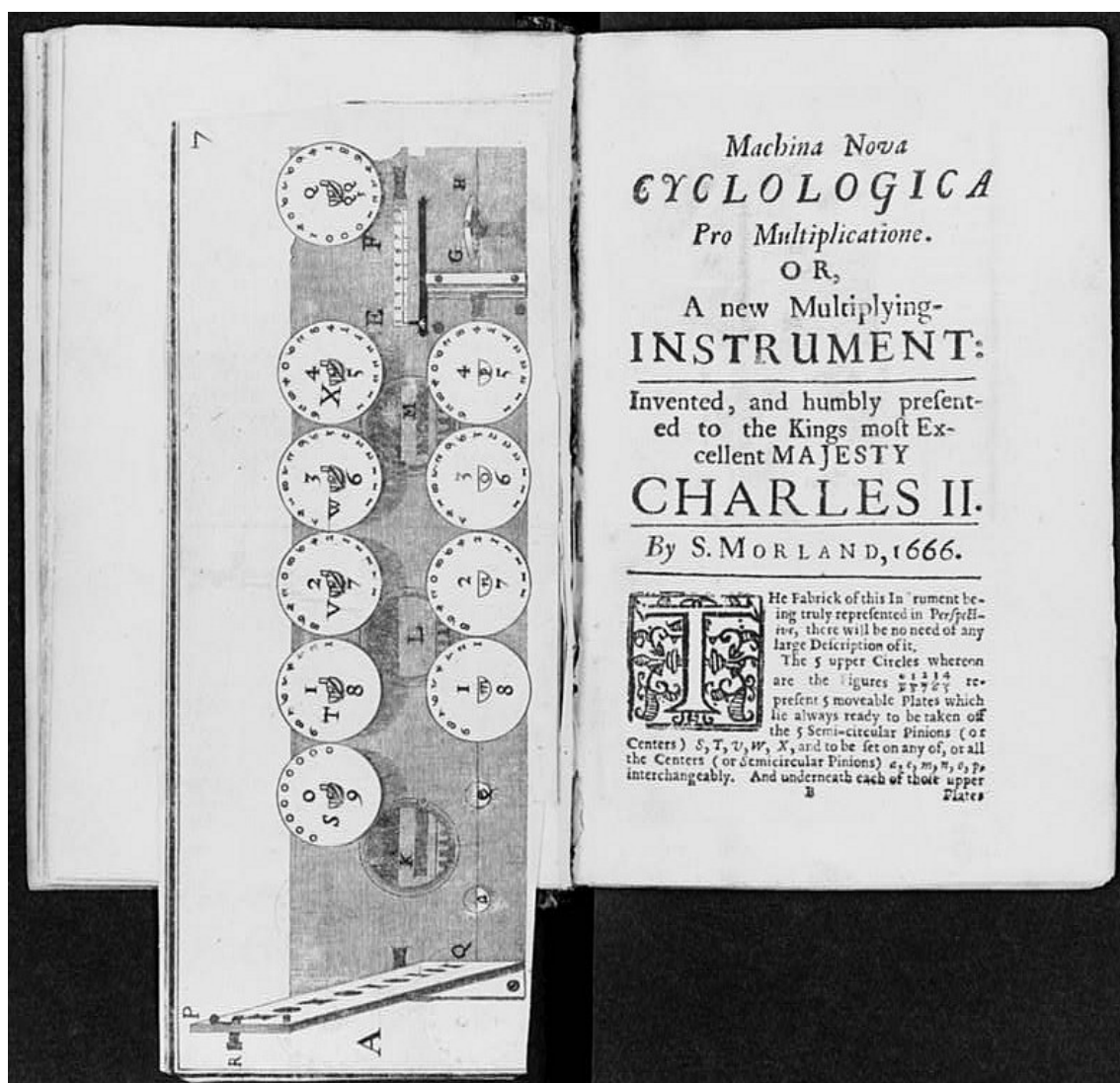


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-7: Máquina de multiplicar de Morland.⁹ 1/1

⁹ By Samuel Morland (inventor). Engraver unknown. - This image is available from the United States Library of Congress's Prints and Photographs division under the digital ID cph.3c10470. Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6246399>

Essa máquina também não dispunha de mecanismo de *carry*, o que dificultava seu uso na prática. Por exemplo, ao multiplicar 28 por 9 os discos vão apresentar $2 \times 9 = 18$ e $8 \times 9 = 72$. Somando-se os dígitos dos discos contíguos obtém-se $1[8+7]2$. Neste caso, o resultado fica $1[15]2$, e o *carry* precisa ser transferido manualmente para a esquerda, resultando em 252.

A terceira máquina de Morland não era uma calculadora mecânica propriamente dita, mas um instrumento que permitia fazer cálculos trigonométricos e medir o resultado com o uso de réguas.

2.6 Sistema Binário – 1679

A invenção ou descoberta do moderno sistema binário é atribuída a Gottfried Leibniz (Alemanha, 1646-1716). Em seu artigo “Explication de l'Arithmétique Binaire” (1679) ele apresenta o sistema binário dizendo que estamos acostumados a representar os números no sistema decimal: progredimos de 0 a 9 e em seguida iniciamos de novo, ou seja, depois de 9, vem 10. Da mesma forma, após 99 temo 100, e assim por diante. Leibniz propõe trabalhar com o sistema mais simples de todos, que tem apenas 2 algarismos: 0 e 1. Depois do 1, começamos de novo. Assim, depois de 1 vem 10, depois 11, depois 100, e assim por diante. Então o 10 binário corresponde ao 2 decimal e o 100 bin

Leibniz afirma que essa é a forma mais simples e mais pura de entender e manipular os números já que se pode fazer as quatro operações aritméticas de forma muito mais simples, sem a necessidade de saber tabuadas ou resultados de somas de algarismos quaisquer como 6 e 9. Para fazer as quatro operações com aritmética binária, basta saber os fatos representados na **Tabela 2.1**.

Tabela Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-1: Os fatos básicos da aritmética binária

Soma	Subtração	Multiplicação	Divisão
$0+0=0$	$0-0=0$	$0 \times 0=0$	Sejam x e y números binários com o mesmo número de dígitos, se $x \geq y$ então $x \div y = 1$, senão $x \div y = 0$.
$0+1=1$	$10-1=1$	$0 \times 1=0$	
$1+0=1$	$1-0=1$	$1 \times 0=0$	
$1+1=10$	$1-1=0$	$1 \times 1=1$	

Por exemplo, para somar 12 e 6 em binário, primeiro construímos a representação binária dos dois números: $12=1100_{\text{bin}}$ e $6=110_{\text{bin}}$. Para somar, segue-se o procedimento usual que aprendemos com o sistema decimal: alinham-se os dois números pelo dígito mais à direita e somam-se os pares um por um conforme a primeira coluna da Error: Reference source not found. Quando se somar 1 e 1, o resultado é zero e “vai um” para a coluna imediatamente à esquerda. Os passos são mostrados na Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-8.

Passo 1	Passo 2	Passo 3	Passo 4
$\begin{array}{r} 1100 \\ +110 \\ \hline 0 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1100 \\ +110 \\ \hline 10 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1 \\ 1100 \\ +110 \\ \hline 010 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1 \\ 1100 \\ +110 \\ \hline 10010 \end{array}$

Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-8: Exemplo de soma binária. (tamanho: igualar tamanho da fonte ao texto)

Assim, o resultado 10010_{bin} corresponde ao número 18.

A Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-9 mostra como fazer uma subtração binária, no caso $13-6=7$. Novamente, usa-se o mesmo processo que se usa com números decimais e unicamente as regras mostradas na segunda coluna da

Passo 1	Passo 2	Passo 3
$\begin{array}{r} 1101 \\ -110 \\ \hline 1 \end{array}$	$\begin{array}{r} 0 \\ 1101 \\ -110 \\ \hline 11 \end{array}$	$\begin{array}{r} 0 \\ 1101 \\ -110 \\ \hline 111 \end{array}$

Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-9: Exemplo de subtração binária. (tamanho: igualar tamanho da fonte ao texto)

A multiplicação binária também segue o mesmo procedimento da multiplicação decimal. Mas a tabuada é muito mais simples, conforme mostrado na terceira coluna da A operação $13 \times 5 = 65$. Nos passos em que o número de cima é multiplicado por 1, basta reproduzir o número no resultado; isso pode ser visto nos passos 1 e 3. Nos passos é que o número de cima é multiplicado por zero, basta preencher o resultado com zeros, como no passo 2. O passo 4 consiste em somar as parcelas, produzindo o resultado da multiplicação.

Passo 1	Passo 2	Passo 3	Passo 4
$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 101 \\ \hline 1101 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 101 \\ \hline 1101 \\ 0000 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 101 \\ \hline 1101 \\ 0000 \\ 1101 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 101 \\ \hline 1101 \\ 0000 \\ +1101 \\ \hline 1000001 \end{array}$

Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-10: Exemplo de multiplicação binária. (tamanho: igualar tamanho da fonte ao texto)

A divisão binária é também extremamente simples. Basta fazer como no método decimal, tomando uma parte do dividendo que tenha o mesmo comprimento do divisor da esquerda para a direita. Se a parte do dividendo for maior ou igual ao divisor, o resultado é 1 e o resto é a parte do dividendo menos o divisor. Se a parte do dividendo for menor do que o divisor, o resultado é 0 e o resto é igual ao dividendo.

A Error: Reference source not found mostra como dividir 18 por 2 em binário, produzindo como resultado o número 9. No passo 1, tem-se divisão exata $10 \div 10 = 1$ com resto 0. No passo 2, desce um 0 e a divisão é $00 \div 10 = 0$ com resto 0. No passo 3, desce o 1 e a divisão é $01 \div 10 = 0$ com resto 1. Finalmente, no passo 4 desce o último 0 e a divisão é $10 \div 10 = 1$ com resto 0.

Passo 1	Passo 2	Passo 3	Passo 4
10010 10 0 1	10010 10 00 10 0	10010 10 00 100 01 1	10010 10 00 1001 01 10 0

Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-11: Exemplo de divisão binária. (tamanho: igual tamanho da fonte ao texto)

O leitor que eventualmente entenda um pouco de circuitos eletrônicos já poderá perceber como seria muito mais fácil implementar tais operações com portas lógicas do que implementar as operações sobre números decimais. Este é um dos principais motivos pelos quais os computadores modernos em sua grande maioria operam no sistema binário e não decimal.

Mais interessante ainda é que Leibniz chegou a descrever um mecanismo de computação muito semelhante aos computadores modernos. Ele chegou a pensar e descrever o que viria a ser o sistema de cartões perfurados para entrada e saída de dados.

2.7 Contador Mecânico de Leibniz – 1694

Conta a história que Leibniz, ao conhecer um pedômetro (um aparelho capaz de contar o número de passadas dadas por um ser humano), teve a ideia de construir um calculador mecânico em 1672. Tempos depois, ele acabou entrando em contato com os escritos de Pascal e ficou conhecendo a Pascalina. Leibniz ficou praticamente obcecado pela ideia de construir uma máquina capaz de fazer operações aritméticas e decidiu-se a aperfeiçoar a Pascalina de modo a conseguir fazer multiplicações e divisões de forma totalmente automatizada.

Inicialmente, Leibniz tentou projetar um mecanismo semelhante ao de Pascal, mas logo se deu conta de que para realizar multiplicações e divisões automaticamente ele precisaria criar um mecanismo totalmente novo, o que ele, finalmente conseguiu, ao criar o cilindro escalonado (*stepped-drum*).

A máquina de Leibniz (Stepped Reckoner) esteve em desenvolvimento durante cerca de 40 anos; vários modelos foram construídos e seu projeto final acabou sendo a base para as calculadoras mecânicas até a década de 1970, quando estas foram finalmente substituídas pelos modelos eletrônicos. A **Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-12** apresenta um desenho mostrando a máquina em sua visão frontal e superior.

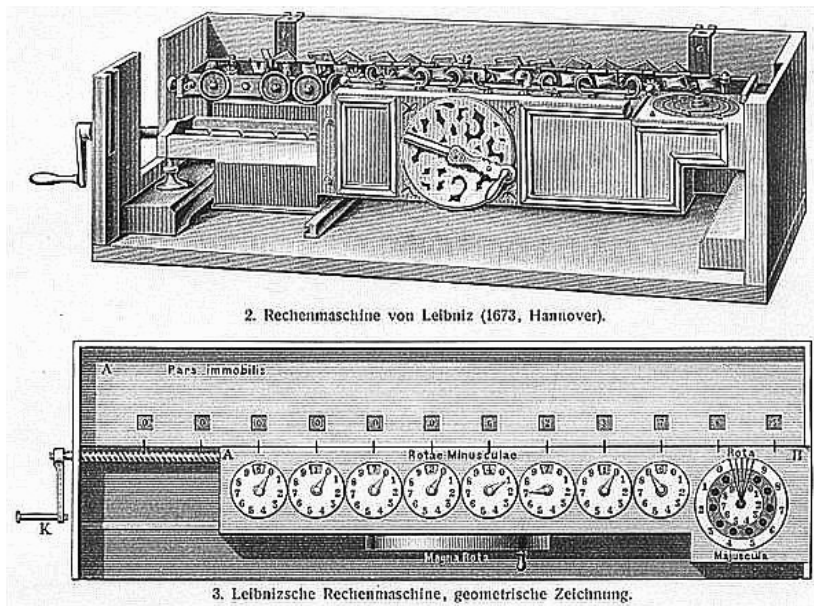


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-12: Desenho da calculadora de Leibniz.¹⁰
3/4

O primeiro protótipo de apenas dois dígitos foi construído em 1672 e foi apresentado na Academia Francesa de Ciências. Apenas duas máquinas feitas na época de Leibniz e várias réplicas posteriores sobreviveram até os nossos dias. Uma delas, ficou esquecida em um sótão na universidade de Göttingen até que em 1879 a necessidade de um conserto no telhado fez com que fosse encontrada.

A **Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-13** mostra o esquema básico de funcionamento do cilindro escalonado de Leibniz. O cilindro em questão, mostrado na parte de baixo da figura, tem dentes com diferentes extensões. A ideia é que a cada inserção de números, uma manivela faça o cilindro dar uma volta completa. Mas a quantidade de movimento colocada no acumulador (representado pela engrenagem na parte de cima na figura), dependerá da posição em que se encontrar o seletor que move essa engrenagem para a direita ou para a esquerda. Quanto mais à esquerda a engrenagem estiver menor o número de dentes que vai movê-la à cada giro completo do cilindro inferior.

¹⁰ "Leibniz Stepped Reckoner drawing" by Hermann Julius Meyer - Downloaded 2008-1-16 from Leibniz's Calculator, Rechnerlexikon which states it is from Hermann Julius Meyer, ed. (1893-1897) Meyers Konversationslexikon, 5th Ed., Bibliographischen Institut, Leipzig, Germany. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leibniz_Stepped_Reckoner_drawing.png#/media/File:Leibniz_Stepped_Reckoner_drawing.png

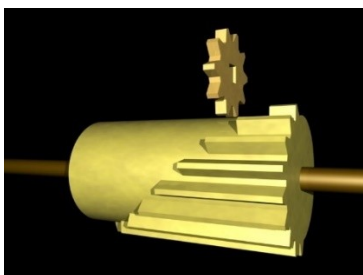


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-13: Esquema do cilindro escalonado de Leibniz.¹¹ 1/3

Um mecanismo como esse precisaria ser construído para cada dígito dos números que se pretende operar, bem como um mecanismo de carry (vai um) para os diferentes acumuladores. Desta forma, para efetuar somas e subtrações, basta posicionar os indicadores dos diferentes dígitos nos números desejados e girar a manivela uma volta completa. O sentido horário realiza somas e o sentido anti-horário subtrações.

Para realizar uma multiplicação, por exemplo, 825×3 , bastaria posicionar os indicadores os três últimos dígitos nas posições 8, 2 e 5 e girar a manivela 3 vezes, o que realizaria na prática a operação $825 + 825 + 825 = 3 \times 825$. Leibniz acrescentaria um visor no qual se poderia verificar quantas vezes a alavanca foi girada.

Mas, e para fazer multiplicações de números grandes como 1873×249 ? Para evitar ter que girar a alavanca 249 vezes, Leibniz criou um mecanismo ainda mais engenhoso com o qual todo o conjunto seria movimentado da seguinte forma: primeiramente, coloca-se o conjunto na posição das centenas, o que faz com que cada giro da alavanca some na casa das centenas, equivalendo a uma multiplicação por 100, depois nas dezenas e finalmente nas unidades. Assim, para multiplicar por 249, posiciona-se o conjunto na casa das centenas e se realizam dois giros, depois nas dezenas quatro giros e finalmente nas unidades, nove giros. Isso equivale a operação $1873 \times (2 \times 100) + 1873 \times (4 \times 10) + 1873 \times (9 \times 1) = 1873 \times 249$. O resultado 466.377 seria mostrado pela máquina.

Acredita-se que a máquina de Leibniz não tenha sido um sucesso completo em sua época primeiramente devido ao seu alto custo, mas também pelo fato de que ele aparentemente não resolveu completamente o problema do mecanismo de carry, sendo que em alguns casos, a intervenção manual do operador poderia ser necessária para realizar o carry com sucesso.

2.8 Computadores Humanos – 1758

Antes que os computadores fossem eletromecânicos ou puramente eletrônicos, eles eram humanos. A própria palavra “computador” até meados do Século XX significava o nome de uma profissão, e não de uma máquina. Especialmente durante as duas guerras mundiais podia-se encontrar nos classificados dos jornais, nos países

¹¹ By Barbarah - Own work, GFDL, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11203355>

envolvidos, anúncios procurando por “computadores” para trabalhar nos cálculos necessários para diversas atividades relacionadas à guerra.

Pode-se dizer que a profissão em si nasceu a partir de uma necessidade criada pelo trabalho de Edmond Halley (Inglaterra, 1656-1742). Halley tentou calcular a órbita do cometa que depois acabou recebendo seu próprio nome, mas foi incapaz de conseguir algo mais que uma aproximação grosseira e deixou a tarefa para as gerações seguintes. A órbita era influenciada principalmente pela gravidade do Sol, mas também por Júpiter e Saturno e não havia uma equação conhecida que permitisse seu cálculo.

Em 1758, Alexis-Claude Clairaut (França, 1713-1765) criou um novo modelo matemático para a órbita do cometa, mas este modelo só teria resolução numérica, ou seja, para calcular a posição do cometa, uma série extensiva de cálculos teria que ser feita (e não a aplicação de uma simples fórmula). No mesmo ano, Clairaut contratou dois amigos para ajudá-lo nos cálculos. Eles se debruçaram sobre os números durante cinco meses e são considerados como a primeira equipe de “computadores” do mundo. Eles completaram o trabalho em 1757 e infelizmente erraram por 31 dias a previsão de quando o cometa estaria em seu ponto mais próximo ao Sol. Isso fez com que alguns cientistas desmerecessem o trabalho dos computadores, mas logo depois outros grupos começaram a se formar.

Para que uma equipe de computadores pudesse funcionar ela teria que ser adequadamente organizada. Assim, a divisão de trabalho inicialmente alocada a cada membro da equipe era peça fundamental. Cada pessoa não precisaria ser um matemático de mão cheia; na maioria dos casos bastaria saber as quatro operações da aritmética, mas deveriam ser pessoas bem disciplinadas e focadas, já que o trabalho envolvia executar muitos procedimentos puramente mecânicos e repetitivos com números. Ou seja, na prática as pessoas estariam seguindo mecanicamente os algoritmos estabelecidos para cada caso.

Durante o Século XIX verdadeiras fábricas com dezenas ou centenas de computadores humanos surgiram ao redor do mundo para calcular os mais diferentes tipos de tabelas de números. Não apenas a astronomia, mas também a engenharia, a construção, as finanças, bancos e seguros dependiam de tabelas de números que precisavam ser previamente calculadas. Os primeiros trabalhos com computadores humanos foram considerados de baixo retorno, pois muito tempo e dinheiro se gastava com os cálculos e pouco se obtinha de retorno, mas com a revolução industrial, bens e dinheiro passaram a depender fortemente dessas inúmeras tabelas. Possivelmente por isso Charles Babbage no início do Século XIX tenha conseguido recursos considerados astronômicos para a época para a tentativa de mecanização do processo de cálculo dessas tabelas.

A maioria dos computadores humanos eram mulheres. Entre outros motivos para isso cita-se o fato de que, primeiro, essa era uma das poucas formas de uma mulher se envolver efetivamente em ciência na época, e além disso, o salário pago às mulheres era bem menor do que o pago aos homens (algo como 35 centavos de dólar para mulheres e 50 centavos por hora para homens).

A era dos computadores humanos só terminou com o advento dos primeiros computadores eletrônicos, mais precisamente a partir do final dos anos 1940 quando eles começaram a entrar em operação em empresas e governos. A previsão da órbita do cometa de Halley para 1986 já foi calculada por um desses primeiros computadores eletrônicos, o UNIVAC.

2.9 Calculadora e Demonstrador de Charles Stanhope – 1775

Durante o Século XVIII e XIX, várias pessoas projetaram e mesmo construíram diferentes tipos de máquinas de calcular. A maioria delas inspirou-se nos mecanismos de Leibniz e Pascal sem apresentar grandes inovações ou, às vezes, até construindo ou projetando mecanismos menos sofisticados que os originais.

Uma exceção a essa regra foi a máquina de Charles Stanhope (Inglaterra, 1753-1816) que desenvolveu em 1775 uma forma inovadora de realizar a execução do “vai um”. De fato, ele idealizou e construiu um mecanismo que fazia o carry em duas fases: uma fase de preparação, quando o 9 passa para a posição 0, e uma fase de execução, quando o carry é efetivamente realizado na engrenagem seguinte. Isso evitava o problema da acumulação de esforço nas engrenagens, já abordado por Pascal e Leibniz. Esse mecanismo de Stanhope passou a ser utilizado nas máquinas calculadoras desde então por mais de 100 anos.

Além desta contribuição, ele também construiu um mecanismo chamado “demonstrador” em 1805 que era capaz de mecanicamente resolver silogismos numéricos simples ou combinar probabilidades (Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-14). Para realizar as demonstrações, ele movia alavancas nas laterais do mecanismo que exibiam resultados que seriam interpretados na tela central.

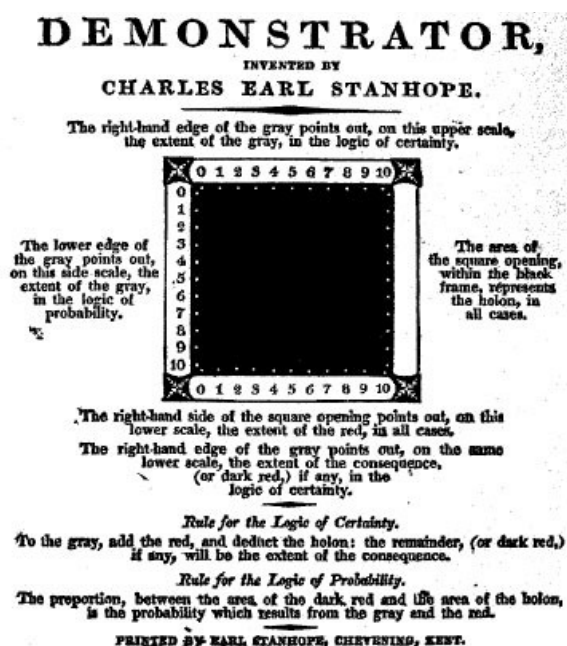


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-14: O demonstrador de Charles Stanhope.¹² 1/2

Por exemplo, se oito em dez A's são B (80%) e quatro em dez A's são C (40%), então quantos B são C, no mínimo? Stanhope moveria uma alavanca para a esquerda 8 unidades (**Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-15**); em seguida ele moveria outra alavanca para a direita 4 unidades (**Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-16**) e o resultado seria imediatamente visível na tela central, indicado pela quantidade de colunas cobertas pela intersecção da área coberta pela primeira e pela segunda alavancas, ou seja, duas colunas; portanto a conclusão é que pelo menos 20% dos B's são C.

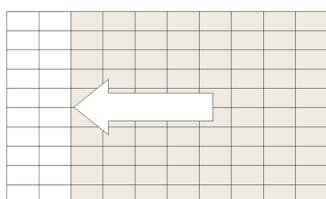


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-15: Inserindo a premissa maior “8 em 10 A's são B”. 1/4

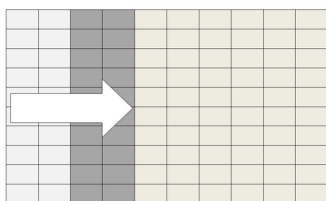


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-16: Inserindo a premissa menor “4 em 10 A's são C” e concluindo que 2 em 10 B's são C. 1/4

A máquina também era capaz de combinar (multiplicar) probabilidades. Para combinar duas probabilidades como $1/2$ e $1/5$, ele moveria uma alavanca para baixo duas unidades e outra alavanca para a esquerda 5 unidades, o resultado seria lido na área da intersecção das duas áreas, no caso, $1/10$, conforme mostrado na Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-17.

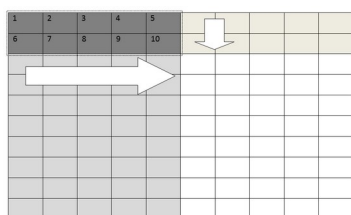


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-17: Combinando duas probabilidades: $1/2$ e $1/5 = 1/10$. 1/4

As demonstrações obtidas por este mecanismo eram bem simples e poderiam ser facilmente ser feitas de cabeça. Porém, seu verdadeiro valor esteve em mostrar que

¹² Domínio Público. Cortesia: Dalakov, G. *History of Computers, Hardware, Software, Internet...* Disponível em: <http://history-computer.com/ModernComputer/thinkers/Stanhope.html>.

raciocínios poderiam ser feitos de forma mecânica, coisa que os computadores modernos fazem muito bem.

2.10 Calculadora e Máquina Diferencial de Johann H. Müller – 1783

Outro engenheiro que fez a diferença (literalmente, pois ele inventou uma máquina diferencial), foi Johann H. Müller (Alemanha, 1746-1830). Inicialmente, ele idealizou e construiu uma pequena, mas muito interessante, calculadora em formato circular (um design ainda usado no Século XX pelas calculadoras Curta). Um detalhe desse mecanismo é mostrado na **Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-18**.



Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-18: Detalhe da calculadora circular de Johann Helfrich Müller.¹³ [1/1](#)

Por volta de 1780, seu patrão lhe pediu que conferisse e recalculasse algumas tabelas numéricas. Assim como outros antes e depois dele, ele sentiu que seria mais produtivo construir uma máquina que calculasse tais números de forma automática. Após ler um artigo de Phillipp M. Hahn (Alemanha, 1739-1790), que também tinha criado uma calculadora circular baseada nas ideias de Leibniz, ele resolveu desenvolver seu próprio projeto e tentar melhorar alguns aspectos do projeto de Hahn, especialmente no que se relaciona ao sempre problemático mecanismo de carry.

¹³ "Detail der Rechenmaschine von Johann Helfrich Müller" by Nick Stahlkocher - Stahlkochers collection. Licenced under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Detail_der_Rechenmaschine_von_Johann_Helfrich_M%C3%BCller.jpg#/media/File:Detail_der_Rechenmaschine_von_Johann_Helfrich_M%C3%BCller.jpg

A máquina de Hahn era capaz de realizar as quatro operações com números de até 14 dígitos e podia trabalhar tanto com o sistema decimal quanto com outros sistemas de numeração, o que era na época uma necessidade importante já que alguns sistemas monetários, para não falar no sistema de contagem de tempo usado até hoje (de base 60), não eram decimais.

Em relação à máquina de Hahn, as principais melhorias introduzidas por Müller foram:

- Na máquina de Hahn, os números eram inseridos pela movimentação de um bastão para a frente e para trás, o que podia ser difícil, pois exigia grande precisão; já na máquina de Müller, os números eram introduzidos pelo girar de um disco.
- As engrenagens da máquina de Müller podiam ser facilmente substituídas por engrenagens com números diferenciados de dentes, o que possibilitava à máquina operar em diferentes sistemas numéricos.
- A máquina de Müller adicionou uma campainha que tocada no caso de overflow de operação ou quando uma subtração produzia um número negativo (tentar subtrair um número maior de um menor).

Porém, mais importante do que esse trabalho, Müller teve o mérito de ter pela primeira vez concebido uma máquina diferencial, capaz de calcular automaticamente séries de polinômios usando o método das diferenças, que veremos mais adiante. Müller concebeu a máquina e publicou seu projeto em um livro em 1786. Porém, ele não foi capaz de obter financiamento para construir tal máquina. Apenas em 1821 Charles Babbage conseguiu os recursos necessários para iniciar a construção de uma máquina desse tipo. Assim, talvez por este motivo, o mérito pela invenção da máquina diferencial seja usualmente atribuído a Babbage, ficando Müller relativamente esquecido. Porém, conforme veremos, mesmo Babbage, após gastar uma fortuna, foi incapaz de terminar a máquina diferencial.

2.11 O Tear de Jacquard – 1801

Uma invenção que teve grande impacto no desenvolvimento da computação no Século XX foi o cartão perfurado. Este foi o primeiro meio desenvolvido para dar entrada de dados em grande quantidade e também para introduzir instruções nos computadores até meados dos anos 1980.

Mas o cartão perfurado tem uma história muito mais antiga do que a dos computadores eletrônicos. Um dos grandes passos nessa história foi dado por Joseph Marie Charles *dit* Jacquard (França, 1752-1834), que aperfeiçoou projetos anteriores de teares automáticos com um sistema que permitia a programação automática dessas máquinas com o uso de cartões perfurados. Um desses teares é mostrado na **Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-19**.



Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-19: Tear baseado em cartões perfurados de Jacquard.¹⁴ 1/2

Basicamente o tear serve para tramar fios para criar tecidos. A cada movimento do tear uma nova “linha” do tecido é produzida. Para criar desenhos no tecido pode-se selecionar quais fios serão tramados em cada linha. Uma sequência de decisões desse tipo leva à construção de desenhos ou padrões no próprio tecido. Obviamente que para um operador humano, o trabalho de decidir a cada instante quais fios utilizar e quais não utilizar era altamente repetitivo e pouco produtivo.

Jacquard então aperfeiçoou por volta de 1801 o sistema que permitia ao tear automaticamente tomar essa decisão em função de cartões perfurados que eram passados pela máquina a cada instante. A sequência de furos nos vários cartões previamente programados iria produzir o desenho ou padrão desejado.

Jacquard com certeza conhecia os projetos de seus antecessores, Basile Bouchon, Jean Falcon e especialmente Jacques Vaucanson (França, 1709-1782). Em relação ao projeto de Vaucanson, Jacquard eliminou a fita de papel que este utilizava e retornou ao modelo de cartões de Falcon. Ele procurou também eliminar os cilindros de metal de Vaucanson que eram caros substituindo-os por um mecanismo de cabeçote adaptável a uma série de teares.

No mecanismo de Jacquard, cada posição do cartão perfurado correspondia a um gancho que podia ser elevado ou ficar parado dependendo de a posição conter um furo ou não. Cada gancho podia ser conectado a mais de uma linha, permitindo que o padrão fosse repetido várias vezes ao mesmo tempo. Assim, um tear com um

¹⁴ "Jacquard loom, 6 of 6" by GeorgeOnline - Own work. Licenced under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jacquard_loom,_6_of_6.jpg#/media/File:Jacquard_loom,_6_of_6.jpg

cabeçote de 500 ganchos poderia ter quatro linhas ligadas a cada gancho, resultando em um tecido de 2000 fios de largura.

Para demonstrar o potencial de sua máquina, Jacquard produziu uma imagem de si próprio que foi tecida com fios brancos e pretos a partir de um programa formado com 10 mil cartões. A imagem resultante é mostrada na **Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-20**. Consta que Charles Babbage, idealizador do primeiro computador universal, tinha uma destas imagens em sua sala para servir de inspiração já que ele mesmo esperava que sua máquina fosse alimentada por cartões perfurados e por vezes a descrevia como uma máquina de tecer números.

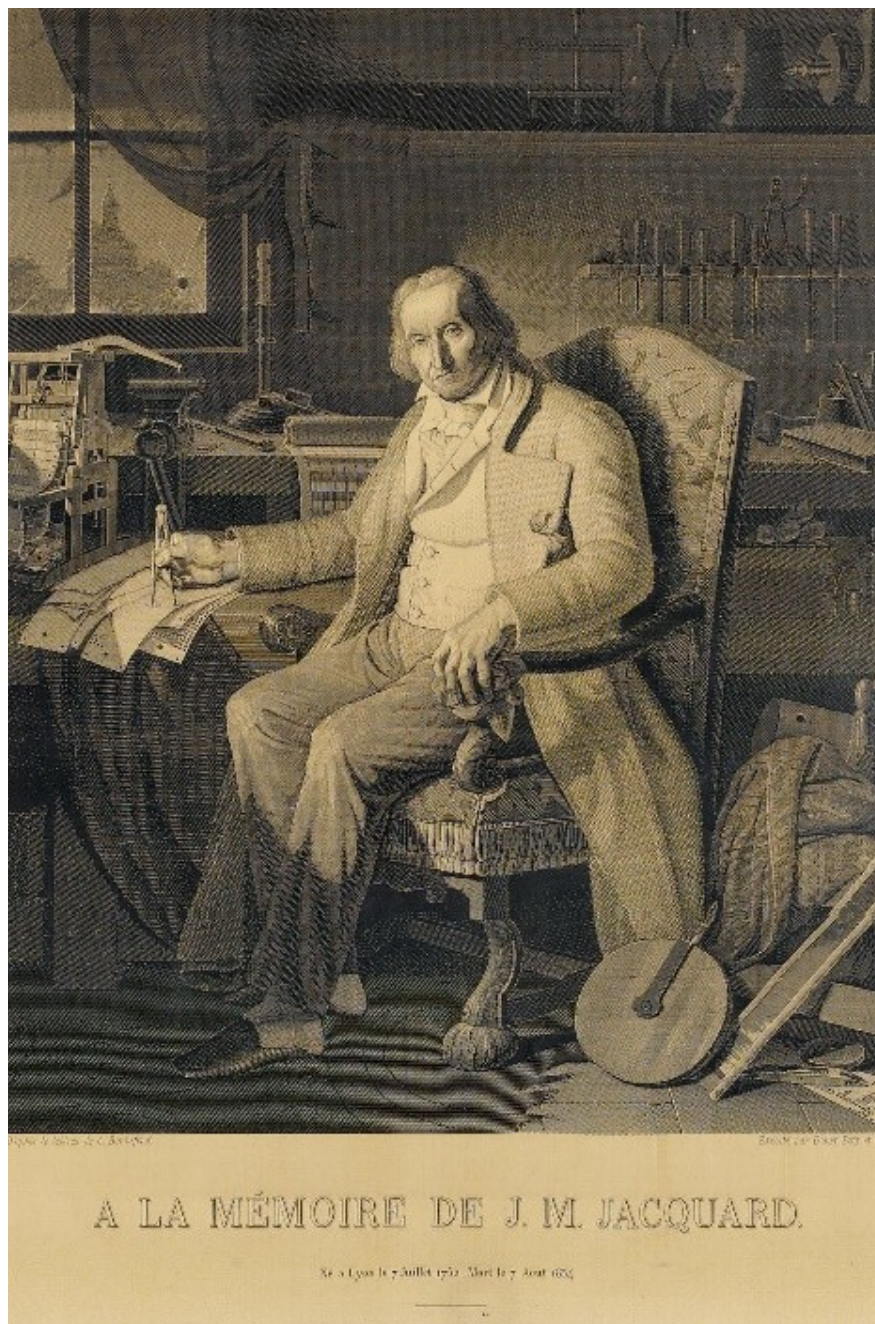


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-20: Imagem de Jacquard tecida a partir de 10 mil cartões perfurados.¹⁵ 3/4

A invenção de Jacquard não teve um início muito satisfatório, não porque não funcionasse, mas pelo medo dos trabalhadores da indústria de tecelagem de perderem seus empregos. Em 1801, após uma apresentação exitosa em Paris, Jacquard levou seu tear para ser mostrado em Lyon. Lá ele foi atacado por uma multidão e seu tear foi destruído. Assim, Jacquard por pouco não foi o primeiro mártir

¹⁵ "A la mémoire de J.M. Jacquard" by Michel Marie Carquillat (tisseur) d'après Claude Bonnefond - Bonhams. Licenced under Public Domain via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_la_m%C3%A9moire_de_J.M._Jacquard.jpg#/media/File:A_la_m%C3%A9moire_de_J.M._Jacquard.jpg

da computação. O problema do desemprego causado pela automatização continuou a ser um assunto em franca discussão durante os séculos XIX e XX.

Em 1805 o Imperador Napoleão concedeu a Jacquard uma patente pela sua invenção. Em função disso ele recebeu uma grande pensão, bem como uma participação nos lucros da venda de teares Jacquard nos seis anos seguintes. Isso o deixou rico, pois consta que cerca de 11 mil teares foram vendidos até 1811.

Nessa época, os conjuntos de cartões perfurados que poderiam ser usados para reproduzir os padrões pré-programados inúmeras vezes tinham um valor semelhante ao do software nos dias de hoje. Surgiu então a pirataria, pois consta que algumas tecelagens roubavam conjuntos de cartões de outras para poder usar os mesmos padrões sem ter o trabalho de programá-los.

Teares semelhantes aos de Jacquard ainda são usados nos dias de hoje, mas sua operação é agora totalmente computadorizada, desde a captura da imagem até a execução do tecido.

2.12 Arithmometer – 1820

Durante o Século XIX, especialmente na sua segunda metade, em plena revolução industrial, as calculadoras mecânicas tornaram-se mais do que uma simples curiosidade a ser colecionada por reis e nobres, mas uma ferramenta de trabalho produzida em escala industrial e suficientemente robusta para ser usada nas atividades diárias de empresas diversas.

A partir de 1820, Charles Xavier Thomas de Colmar (França, 1785-1870) desenhou e construiu uma calculadora que viria a ser o ícone de uma era: a Arithmometer. De fato, ela chegou a ser produzida até 1915. Sua produção só parou devido à primeira guerra mundial. Após a guerra ela não foi retomada pela falta de pessoas habilitadas para produzi-la. A **Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-21** mostra uma Arithmometer de 1875.



Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-21: Arithmometer.¹⁶

A arithmometer baseava-se nos mesmos princípios do contador mecânico de Leibniz. Ela era capaz de fazer as quatro operações aritméticas usando os mesmos expedientes criados por Leibniz. De fato, o grande mérito de Thomas foi o de investir em seu design sólido e robusto, permitindo maior confiabilidade e simplicidade no uso.

Tamanho foi o sucesso desta calculadora e tantas máquinas foram vendidas que ela chegou inclusive a ter vários clones (**Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-22**) sendo produzidos e vendidos em todo o mundo, e seu nome passou a ser, naquela época, sinônimo de “calculadora”. Essa calculadora também teve manuais de usuário durante sua existência.

¹⁶ "Thomas Arithmometer 1875" by Ezrdr - Own work. Licenced under Public Domain via Wikimedia Commons
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thomas_Arithmometer_1975.png#/media/File:Thomas_Arithmometer_1975.png

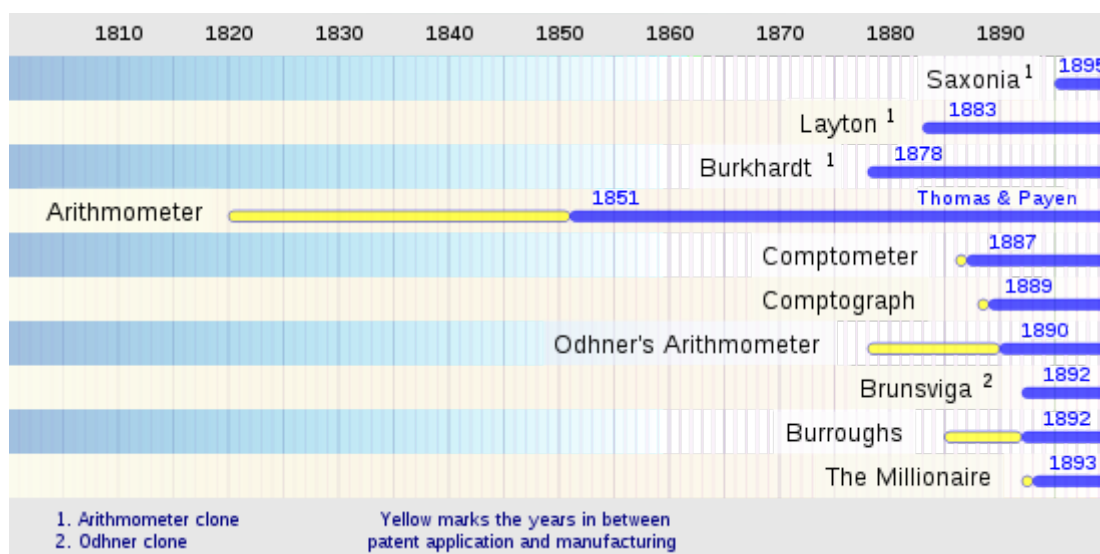


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-22: Linha de tempo da arithmometer e seus concorrentes.¹⁷

O primeiro protótipo foi apresentado publicamente em 1820. Thomas recebeu uma patente por 5 anos, mas não iniciou imediatamente a produção e venda. Antes disso ele aperfeiçoou o mecanismo. O protótipo de 1821, que ainda pode ser visto no museu Smithsonian tinha apenas 3 dígitos e ao invés de uma alavanca possuía uma fita que devia ser puxada para girar os cilindros de Leibniz, claramente visíveis no lado esquerdo inferior da **Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-23**. Este protótipo tinha uma característica que depois foi abandonada: um dígito multiplicador que se fosse colocado, por exemplo, na posição 8, fazia os cilindros girarem 8 voltas quando a fita fosse puxada, evitando assim que o usuário tivesse que fazer a operação 8 vezes como no caso da contadora mecânica de Leibniz ou da pascalina.

¹⁷ "DesktopMechanicalCalculators inProduction intheXIXCentury" by Ezdrdr - Own work. Licensed under Public Domain via Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DesktopMechanicalCalculators_inProduction_intheXIXCentury.svg#/media/File:DesktopMechanicalCalculators_inProduction_intheXIXCentury.svg

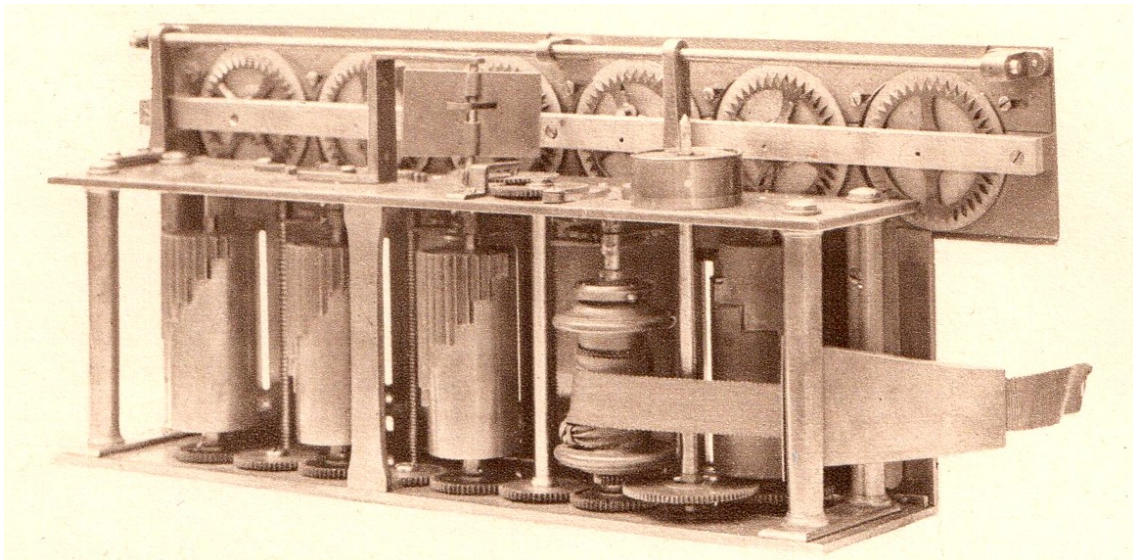


Figura Parte II: Surgimento das Calculadoras Mecânicas-23: Visão interna da arithmometer de 1821.¹⁸ 1/1

Até 1850 pouco se sabe se Thomas trabalhou no projeto de sua máquina ou se simplesmente cuidou de outros projetos. Mas a partir daí novos protótipos começaram a surgir: máquinas maiores, porém mais simples e mais robustas.

A Arithmometer foi construída com vários tamanhos, os mais comuns eram de 10, 12, 16 e 20 dígitos. Mas uma calculadora especial com 30 dígitos foi construída para a exposição universal de Paris. Ela era, portanto, capaz de cálculos de até um nonilhão menos um, operando de zero a 999.999.999.999.999.999.999.999.999. Essa máquina hoje pertence à coleção de calculadoras da IBM. Julio Verne (França, 1828-1905) viu a máquina em Paris e ficou tão impressionado que mencionou em seu livro "Paris no Século XX" escrito em 1863 que haveria calculadoras do tamanho de pianos por volta de 1960, capazes de dar respostas instantâneas a quem pudesse operar seus teclados (uma visão quase exata dos computadores eletrônicos de 1960 cem anos antes).

2.13 Até aqui...

Como vimos neste capítulo, os Séculos XVII a XIX viram a necessidade de realização de cálculos mais rápidos, pois diversos problemas, inicialmente na astronomia, e depois em outras áreas, exigiam a realização de cálculos repetitivos à exaustão.

Nesta época surgiu o conceito de "computador", que era uma profissão, e o conceito de calculadora mecânica. Pascal e Leibniz foram as duas maiores influências na construção destas máquinas, o primeiro por divulgar amplamente um mecanismo capaz de somar e subtrair e o segundo por criar um mecanismo para fazer multiplicações e divisões. Sua contribuição com a aritmética binária também foi

¹⁸ "Mechanism Arithmometer 1822" by La compagnie d'assurance "Le Soleil" - French book celebrating the 100th anniversary of the insurance company "Le Soleil" 1829-1929, and its founder Thomas de Colmar. Licenced under Public Domain via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mechanism_Arithmometer_1822.png#/media/File:Mechanism_Arithmometer_1822.png

importante, mas só seria relevante em meados do Século XX com os computadores eletrônicos.

A partir da metade do Século XIX, calculadoras mecânicas como a Arithmometer e seus clones se tornaram acessíveis ao grande público e uma nova revolução estava prestes a iniciar, como veremos no capítulo seguinte.