“菲利克斯”手摇计算机

孙德利①

【摘要】“菲利克斯”手摇计算机是在电子计算机产生以前曾被广泛使用的计算仪器。本文介绍了一件生产于20世纪20年代的“菲利克斯”手摇计算机，梳理了手摇计算机的发展脉络，阐述手摇计算机这种反映了当时科学技术水平、制造业水平的科学仪器在社会生产中的重要作用。

【关键词】科技史；计算机史；“菲利克斯”手摇计算机；奥德涅尔轮

2018年7月22日，笔者随清华老校友代表团在莫斯科考察期间住在“一只蚂蚁”(Измайлово)酒店，酒店北面100米处就是著名的伊兹麦洛娃古董市场。古董市场只在每个周末开放，恰好当天上午没有安排其他活动，笔者抱着试试看的心理来到这里，竟然在一家古董店中发现了新旧两台“菲利克斯”手摇计算机。古董店的主人是一位朴实的老者，笔者向他询问了价钱。较新的铁制“菲利克斯”手摇计算机功能完好，运转自如，要价5000卢布；这台旧的“菲利克斯”手摇计算机要价10000卢布，底部和后面板已经锈迹斑斑，内部和摇柄因多年没有保养已经无法转动了。令人不解的是，为什么旧的却更贵呢？店主向笔者详细地说明了缘由。“菲利克斯”是苏联时期最好的手摇计算机品牌，因为结实耐用而广受青睐，所以大量生产。一般苏联时期生产的“菲利克斯”材质是铁的，而且在外壳上都刻有醒目的苏联“镰刀和铁锤”标志或者刻有“CCCP”(“苏维埃社会主义共和国联盟”的俄语缩写)字样。只有在最早的苏俄时期生产的“菲利克斯”手摇计算机顶部才刻有“РСФСР”(“俄罗斯苏维埃联邦社会主义共和国”的俄语缩写)字样。仔细观看，可以发现这台旧的手摇计算机使用黄铜作为材料。由于制造成本较高，所以只有莫斯科厂最初几年生产的手摇计算机才使用黄铜材质，后期的其它改进型号就改为铁制造了。原来这台外观破旧的手摇计算机更加古老，更加珍贵。最终，笔者以7000卢布（相当于人民币700元）买下了这架仪器，并带回了清华大学科学博物馆，成为馆藏的第一台手摇计算机。经过笔者和清华大学科学博物馆王涛工程师的保养和维修，这台几乎一个世纪前的“菲利克斯”手摇计算机仍然能够正常进行加减乘除运算（因为其主要部件的材质都是黄铜，齿轮并没有生锈）。

① 孙德利：清华大学科学博物馆（筹）策展部负责人，博士；研究方向：俄罗斯建筑史、俄罗斯科学仪器史；通讯地址：北京市海淀区清华大学蒙民伟科技大楼南楼217室；邮编：100084；Email：sundelee@gmail.com。

引用格式：孙德利.“菲利克斯”手摇计算机[J].自然科学博物馆研究,2019(5):78-83.[Sun Deli.“Felix”Arithmometer[J].Journal of Natural Science Museum Research,2019(5):78-83.].DOI:10.19628/j.cnki.jnsmr.2019.05.011

一、手摇计算机简史与“菲利克斯”手摇计算机

算盘当属于最早的计算仪器，因其在做加减法时所具备的无可争辩的速度优势，即使到了现代它仍旧被很多人所使用。尽管如此，计算工作仍然是一种令人感觉疲劳的智力活动，多少世纪以来人们一直在寻求解决这一问题的办法。继算盘之后，在各种计算机器中，要数手摇计算机的应用最为普遍，它大大提高了乘法和除法的运算效率，对科学技术进步和工农业的发展起到了巨大的作用。

1617 年，苏格兰数学家约翰·纳皮尔（John Napier，1550—1617，对数的发明者）发明了用于多位数乘以多位数的乘法工具——纳皮尔小棒[1]148。

1642 年，法国物理学家和数学家布莱士·帕斯卡（Blaise Pascal，1623—1662），在巴黎发明并制造了第一个拨盘式加法器。起初他只是出于一个简单的目的——帮助父亲统计征收的税款。在之后的 4 年中，他研制出了更完美的加法器样机，这种加法器可以进行十进制加减法运算。帕斯卡大约制造了 50 台样机，并获得了皇家授权生产。帕斯卡加法器在全世界有若干个复刻品，后来由传教士介绍给康熙皇帝，并得到康熙帝的喜爱。清宫造办处按照帕斯卡加法器的结构原理自制了这种盘式黄铜镀金加法器，现收藏于北京故宫博物院。这种加法器与算盘不同，它利用齿轮的转动达到进位的目的，低位齿轮旋转一周，高位齿轮旋转一个数位，这样就达到了自动进位的目的。虽然这台计算器只能做加法运算，却被公认为是世界上第一台实用的计算器。

帕斯卡加法器的发明引起了很多人的注意，其中最著名的是德国数学家、哲学家、微积分的发明者之一戈特弗里德·威廉·莱布尼茨（Gottfried Wilhelm Leibniz，1646—1716）。1671 年，莱布尼茨着手改进帕斯卡的加法器，并于 1674 年发明了乘法器。莱布尼茨乘法器又称步进计算器（step reckoner），可以做四则运算。莱布尼茨的乘法器为后来的机械计算机奠定了基础，但由于是纯手工制造的，仍无法满足工业发展的巨大需求。

1820 年，法国发明家托马斯·科尔玛（Thomas de Colmar，1785—1870）发明了能够计算乘法和除法的四则计算机，超越了当时所有的计算仪器，但是他的计算器在 19 世纪 40 年代才开始批量生产。

1847 年，俄国教师库麦尔发明了被称为计数器的加（减）法器。当时俄国广泛使用算盘作为加减法的计算工具，库麦尔计数器并没有速度优势，所以在俄国没有得到普及，但是根据库麦尔计数器原理制造的西欧计算仪器却被广泛使用[1]148。

现代意义上的第一台手摇计算机真正的发明者是居住在俄罗斯的瑞典人奥德涅尔（Willgodt Theophil Odner，1845—1905）。奥德涅尔是一位天才的、多才多艺的机械工程师，于 1846 年 8 月 10 日出生于德国的韦姆兰省（Vermland，现在属于瑞典）；1864—1867 年，他在斯德哥尔摩皇家理工学院学习，但在毕业前离开；1868 年，他移居俄罗斯的圣彼得堡，先在当地机械车间找到了一份工作，几个月后又加入了卢德维格·诺贝尔①（Ludvig Nobe，l831—1888）开设的机械工厂，并在那里工作到 1877 年；1878 年，他加入了一家大型造纸厂和印刷厂 Expedition，并在那里工作到 1892 年；1905 年 9 月在俄罗斯圣彼得堡去世。在 1871 年，奥德涅尔有机会修复法国发明家托马斯·科尔玛计算机，然后确信完全有可能通过更简单、有效的结构解决机械计算问题。1874 年，奥德涅尔在人类积累了两个多世纪的计算机创新经验的基础上，改进了托马斯四则计算机[2]，经过长期的思考和大量的实验，发明“奥德涅尔轮”结构（见图 1），终于制造出第一台手摇计算机的原型机，奥德涅尔在俄国和德国获得专利，并在全世界推广[1]148。

① 卢德维格·诺贝尔，诺贝尔奖的创立者阿尔弗雷德·诺贝尔（1833—1896）的哥哥。



图1 “奥德涅尔轮”模型

“菲利克斯”手摇计算机正是“奥德涅尔”手摇计算机的改进机型。虽然奥德涅尔的第一台手摇计算机的原型机在1874年已经发明，但是直至1890年“奥德涅尔”手摇计算机才在俄罗斯圣彼得堡工厂投入生产。1891年，“奥德涅尔”手摇计算机在德国生产。1892年，这种手摇计算机在德国以“Brunsviga”（以德国东部城市不伦瑞克Braunschweig命名）品牌销售“奥德涅尔”的克隆机，至1912年产量高达2万台。1917年十月革命之后，奥德涅尔的继承人被遣返瑞典，在当地以新商标“真正的奥德涅尔”（Original-Odner）销售手摇计算机。1919年7月，俄国步兵上将尤登尼奇和他的白军进攻彼得格勒（第一次世界大战以后，圣彼得堡在1914年8月改名彼得格勒）；7月20日列宁亲自下令将奥德涅尔工厂转移到莫斯科；1919年11月，工厂完成了搬迁。奥德涅尔工厂与莫斯科苏希夫斯基同志的防火柜厂和炉具厂合并为莫斯科捷尔任斯基厂；“菲利克斯”手摇计算机因纪念苏俄革命家菲利克斯·捷尔任斯基（Дзержинский，Феликс Эдмундович，1877—1926）而得名，1924年以“Феликс”商标生产“Odner”手摇计算机的改进机型[3]。自1924年至1978年下线，机器多次进行优化，出现了20多个改进机型，是苏联时期使用最广泛的手摇计算机，生产数量达百万台。苏联时期，“菲利克斯”手摇计算机主要的生产厂家是库尔斯克计算机厂和莫斯科捷尔任斯基计算机厂。

必须指出，现代形式的“菲利克斯”手摇计算机是俄国学者专家们一系列发明共同作用的结晶。1845年，В. Я. 斯陆尼斯基发明了“计数器”，计数器的原理直接启发了奥德涅尔。1874年，奥德涅尔在圣彼得堡发明了“奥德涅尔轮”并成功制造出了手摇计算机。虽然之前的计算器也有批量生产并得到应用，但是奥德涅尔手摇计算机的发明，无疑是计算机史上最重要的一个里程碑（相比之前的计算器，奥德涅尔手摇计算机最大的改进是增加了奥德涅尔轮）。“奥德涅尔轮”就是凸齿上有9个齿数可变的用于置数的轮子，代替了莱布尼兹的阶梯形轴。在之后的一个多世纪里，这种手摇计算机的改进机型一直是最流行的计算设备。其他国家生产的手摇计算机虽然在外形和零件上有差异，但都是根据这种结构制造的。

在电子计算机出现以前，手摇计算机显然已经成为人类最主要的计算工具。清华大学科学博物馆（筹）收藏的这台“菲利克斯”手摇计算机生产于20世纪20年代，生产厂家是莫斯科捷尔任斯基工厂，出厂编号为0726。机身长300mm，宽153mm，高130 mm，重3.6kg，计算速度为120—140转/分钟[4]3，机身黄铜材质，遍体为黑色，底座黑铁材质，外观大部分黑漆脱落、露铜（见图2）。

与“菲利克斯”手摇计算机一样使用“奥德涅尔轮”（见图3a）结构的手摇计算机，除了德国的布朗斯Brunsviga（多种机型）以外，还包括德国的泰勒斯Thales（多种机型）、特里昂菲特Triumphator（多种机型）、瓦尔特Walther（多种机型）、瑞典的奥德涅尔Odner（多种机型）、日本的虎牌Tiger（多种机型），以及其它国家数十种不太常见的品牌。

二、“菲利克斯”手摇计算机的结构、使用范围、使用方法

（一）结构

“菲利克斯”手摇计算机属于杠杆式计算机，由置数装置（静止部分的机身）和记数装置（可移动滑架）两部分组成（见图3b）。

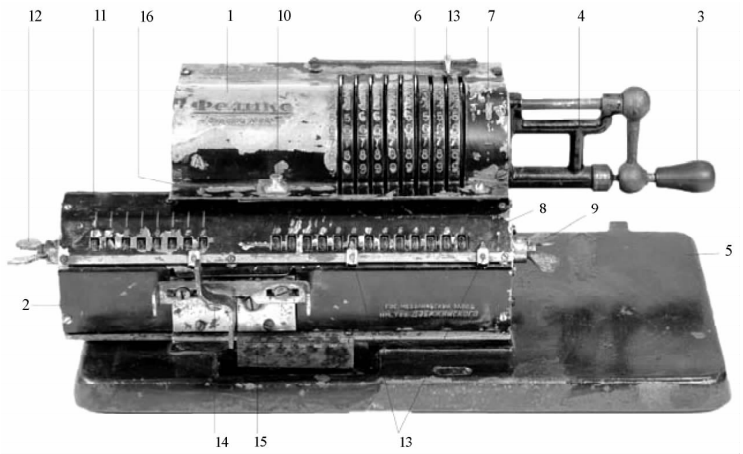


图 2 “非利克斯”杠杆式手摇计算机

1. 机身；2. 可移动滑架；3. 摇柄；4. 摇杆支臂；5. 底座；6. 置数杆；7. 正摇/反摇（+/−）指针；8. 得数计数器的读数窗；9. 蝶形得数计数器器消清钮；10. 消清置数用的杠杆条按钮；11. 转数计数器读数窗；12. 蝶形转数计数器的消清钮；13. 金属活动小数点；14. 滑架移动杠杆；15. 梳形位移定位齿板；16. 滑架移动位数指示箭头。

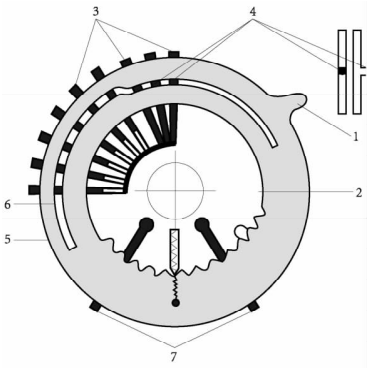


图 3a “奥德涅尔轮”图解

1. 置数器

置数装置位于计算机上部，是整个机械的静止部分。核心部件是装置在同一根轴上的 9 个奥德涅尔轮，每个奥德涅尔轮上都有置数杆突出在机身外盖子的缝隙中间，可以活动置放原始数据。

2. 计数器（可移动滑架）

计数器位于计算机下部，由两部分构成：得数计数器位于可移动滑架右侧，由十进位数码轮盘和消清机构部件组成。其中数码轮盘共有 13 个，因此运算的结果不能超过 13 位数。十进位轮上有 10 个数码标记（0 到 9）的数码盘。

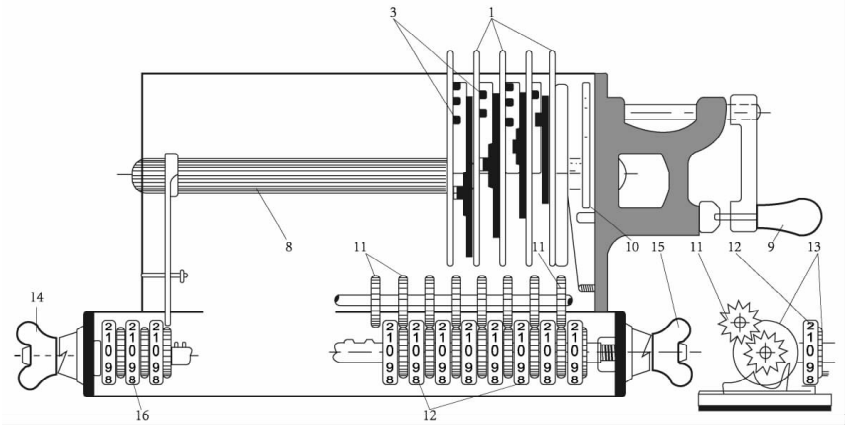


图 3b “菲利克斯”手摇计算机原理图解

1. 置数杆；2. 固定垫圈；3. 长齿；4. 侧面的突出部分；5. 活动垫圈；6. 十进制得数器；7. 十进制长齿；8. 主轴；9. 摇柄；10. 小齿轮；11. 过度小齿轮；12. 得数数字轮；13. 附加小齿轮；14. 转数计数器蝶形消清钮；15. 得数计数器蝶形消清钮；16. 转数计数器数字轮盘。

转数计数器位于可移动滑架左侧，同得数计数器一样，转数计数器亦由数码轮盘和消清机构部件组成，只是数码轮盘数为8位（乘数不得超过8位数）。

“菲利克斯”计算机具有以下几个特点：

（1）结构简单，全部零件为金属材质，结构坚固耐用；

（2）体积很小，仅长30厘米，可以随身携带；

（3）运算速度快（每分钟120~140转）；

（4）操作方法简单，学习者不必花费很长时间，非常容易掌握。如果遵循正确操作，那么输出结果绝对正确。

（5）生命周期长。由于这种手摇计算机可以批量生产，在近一个世纪内都在各国广泛应用，直到20世纪中期电子计算机出现。

（二）使用范围

利用手摇计算机能够轻松进行加、减、乘、除、乘方、开方以及各种混合运算，但是如果进行单调的加减法运算，则不如加法机和算盘方便和快捷。

手摇计算机加法运算时适用于9位数以下的加减法；做乘法运算时适用于9位数以下和一个8位数以下的数字相乘（但得数不得超过13位数字）；做除法运算时适用于13位以下的数字除以一个9位以下数字（所得的商不超过8位数字）。

（三）使用方法

1. 准备工作

在着手计算之前，首先要将所有置数杆中的数字清零；然后将得数窗和转数计数窗中的数字归零。在做乘法运算时，计数人员可以自行决定，是否要将计数器消清；但是做除法运算前，则一定要消清计数器。

为了避免对手摇计算机的损坏，必须注意：

（1）一般摇柄必须处于底部位置（摇动手柄进行计算时除外），在此位置时摇柄被锁定。如果摇柄没有回位（回到固定位置），任何按键、旋钮都不能使用；

（2）如果可移动支架的指针指向两个位数中间，则不得旋转摇柄；

（3）如果蝶形消清键（得数消清键和转数消清键）位置不在刻度槽内，则不得旋转摇柄；

（4）若摇柄不在锁定位置或蝶形消清键不在槽内则不能移动滑架；

（5）当计算工作已经开始时，摇柄必须每次都完成整周的旋转，不得停留在除底部之外的其他位置上。即使在演算时发现旋转方向错了，也必须完成这一周的旋转后，才能再将摇柄向反方向再旋转一周。如果不遵循上述步骤，就可能在计算过程中导致结果错误[1]158。

2. 加、减法运算

将滑架放在最左侧（滑架位数指针箭头指向数字“1”），将置数杠杆在奥德涅尔轮盘上放置一个被加数，每一个加数的位数要与该位数的奥德涅尔轮盘一一对应。将摇柄顺时针方向转动一周，已放置的加数就会被显示在得数器上，然后在奥德涅尔数字盘上放置第二个被加数/减数，再将摇柄顺/逆时针摇动一周，得数器上就得到了两个数的和或差。

3. 乘、除法运算

取一个因子作为被乘数（这里取一个较大的因子比较合理）放置于奥德涅尔盘上，将滑架移动到最左侧位置，顺时针转动摇柄，并根据乘数个位数的数字是几就顺时针转动几周，然后将滑架向右移动一位（指针指向数字“2”），顺时针旋转十位上数字的圈数，以此类推地逐位演算完毕，得数器上就得出它们的乘积，转数器上所显示的就是乘数。

在“菲利克斯”手摇计算机上计算除法与算数上做除法无异，也是连续递减的计算方法。在转数器上得出的读数是商，在得数器上显示出余数。

三、手摇计算机在我国的使用情况及影响

手摇计算机与中国有很深的渊源。1962年和1978年，故宫博物院的文物工作者在整理库存文物时，先后发现了10台原始的机械计算机[5]95，据当时专家推测，这些计算机应制造于

康熙年间（1661—1722），其中就有依照当时传教士带来的帕斯卡式加法器的结构，由清宫造办处制造的铜镀金帕斯卡加法器。

20世纪20年代开始，手摇计算机作为主要计算工具，应用于工业、农业、科研、财政、统计、税务等重要部门。在中国近现代史上，比例杆式（揿钮式）手摇计算机及“菲利克斯”等杠杆式手摇计算机曾在国内广泛应用。

20世纪50年代中期，天津市红星工厂开始仿制日本生产的“虎牌”手摇计算机，并以“文化”牌生产。1965年，“飞鱼”牌比例杆式手摇计算机在上海计算机打字机厂已经批量生产[6]。直至80年代，手摇计算机还用于科学研究中的计算及国民经济各领域。20世纪80年代中晚期随着电子计算机的问世，手摇计算机退出了历史舞台。

20世纪50年代末，我国在研制“两弹一星”时，电子计算机非常稀少，大量计算工作都是通过手摇计算机完成的。在邓稼先先生的日记里：“……然后用计算机模拟原子弹爆炸的过程，然而所谓的计算机，只不过是一些电子、手摇计算机再加上算盘而矣”。1957年8月，邓稼先调到新组建的第二机械工业部第九研究院，任理论部主任，负责领导核武器的理论设计。1961年初，整个核武器研究部只有一台电子计算机，除了核心大数据、微积分等部分使用该计算机以外，其它所有的基础数据，包括各种辐射强度以及时间数据全部都是手工计算。在邓稼先、周光召、彭桓武等带领下，使用老式手摇计算机以及半自动计算机，经过一年多的艰苦努力，对原子弹爆炸时的物理过程进行了9次模拟计算和分析，成功地完成了我国第一颗原子弹的理论计算。手摇计算机为我国原子弹研制工作立下了汗马功勋。2018年，国家博物馆的“复兴之路”展览展出了邓稼先领导研制中国第一颗原子弹时使用过的上海产“飞鱼”牌比例杆式手摇计算机，受到了人们的关注。

手摇计算机一般只能做加、减、乘、除四则运算及乘除混合运算，如结合算筹还能进行平方数、立方数、开平方、开立方运算。如果需要计算三角函数和对数函数就需要像查《辞海》一样的函数表才行。以今天的眼光来看，手摇计算机的运算模式无疑是浅显而笨拙的。以计算弹道为例，从弹道导弹的起飞积分到关机点，人工手摇计算机完成一次弹道计算需费时2个月时间。但是曾经作为一个国家工业及机械制造业的最高水平的手摇计算机，其精密的构造与巧妙的计算原理至今令人惊叹不已。在当时，因为制造难度大，工艺要求高，手摇计算机被认为是罕见之物，只有科研单位处级以上领导才能配备。遗憾的是，随着时间的流逝，越来越多的实物已经消失，如今听说过手摇计算机的人寥寥无几，而会使用者更是凤毛麟角。这些曾经辉煌的计算仪器仍然饱含历史意义，一些早期和稀有的型号更是价值不菲。

参考文献

[1] Е. Г. Ларченко（拉尔庆科）.计算技术[M].於宗儔,郭懋锲,译，北京:高等教育出版社,1955.
[2] 狄隆涅.数学机器简明教程[M].李学荣,译,北京:高等教育出版社,1958:1.
[3] https://ru.wikipedia.org/wiki/Арифмометр_Однера[EB/OL].(2019-06-07).
[4] Арифмометр “Феликс” Инструкция，техническое описание，паспорт на Арифмометр “Феликс”，приложение. Курский завод счетмаш. Курск，1969 .
[5] 李迪,白尚恕.故宫博物院所藏科技文物概述[J].中国科技史料,1981(1):95-97.
[6] 国产的飞鱼牌计算机[J].测绘通报,1965(9):32-33.
[7] 白尚恕,李迪.故宫珍藏的原始手摇计算机[J].故宫博物院院刊,1980(1):76-82.
[8] 严敦杰.故宫所藏清代计算仪器[J].文物,1962(3):17-22.
[9] Timo Leipala: Production of Original-Odhner Arithmometers in Russia，Sweden and Soviet Union 1912-1928[EB/OL].(2019-06-05).http://www.computer-museum.ru.

（编辑：谌璐琳）

education activity: *Talking about Passionate World Cup in Scientific Way*, has used various teaching methods, including multisensory learning, situational teaching, learning by doing, experiment inquiry and role-playing. This teaching plan is suitable for different museums and schools.

Keywords: science and technology museums, educational activities, Bernoulli principle, Magnus effect

Theoretical Concern and Practical Tutorial:
Thoughts Triggered by *Museum Design: Ideas, Tones and other Considerations*

Bu Huiwen

Abstract: In contemporary society, museums have become a place of great potential due to their complex features in social, cultural, economic and identity orientations. Under this context, the concepts of "design museum" or "museum design" goes beyond the explicit level of physics and architecture, while other invisible levels, including museums´ operation, content, technology, service and responsibility, are integrated into ongoing discussions. The book, *Museum design: Ideas, Tones and other Considerations*, discusses the connotation of "museum design" in a broad sense from aspects of museum architecture, information dissemination, exhibition narration, presentation of thorny memories, community participation and multiculturalism. It also provides some inspirations for museums and provoke thinking on the possibility of the development of museums in the future.

Keywords: museum design, practice guidance, theoretical concern, exhibition narration, multicultural

"Felix" Arithmometer

Sun Deli

Abstract "Felix" arithmometer was widely used before the invention of electronic computer. Through introducting a "Felix" arithmometer produced in Russia during early 1920s, this paper traced the development history of arithmometers. And by regarding the "Felix" arithmometers as a kind of scientific instrument reflecting national scientific, technological and manufacturing levels, this paper also elaborated the important role arithmometers played in social production at its time.

Keywords: the history of science and technology, the history of computer, "Felix" arithmometer, Manual Mechanical Calculator, Odner