บทที่ 1
วิวัฒนาการของดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์
DEVELOPMENT OF DIGITAL ELECTRONICS

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาจบบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายให้เห็นความแตกต่างระหว่างอะนาล็อก และดิจิตอลได้
2. เล่าวิวัฒนาการของการคำนวณแบบดิจิตอลโดยสังเขปได้
3. เล่าวิวัฒนาการของคอมพิวเตอร์โดยสังเขปได้
4. บอกความแตกต่างของคอมพิวเตอร์ยุคต่าง ๆ ได้

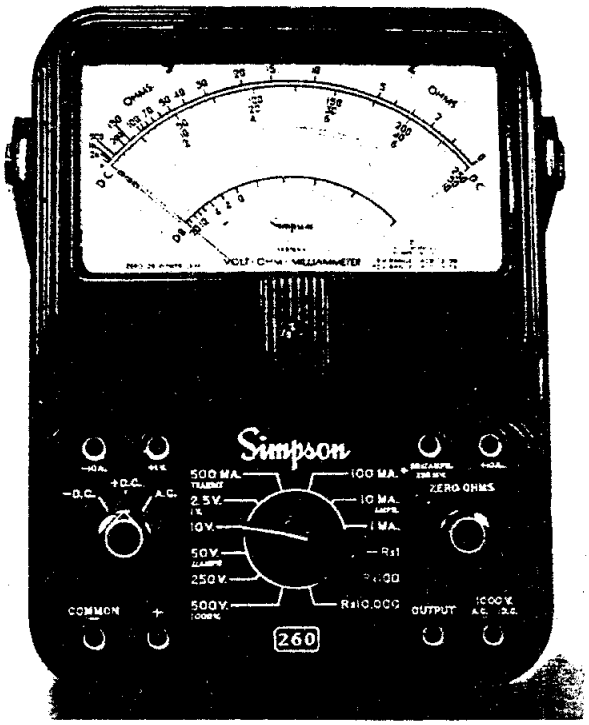
1.1 วิธีดิจิตอลและอะนาล็อก
Digital and Analog Methods

ก่อนที่จะทำความเข้าใจกับวิธีดิจิตอล ต้องเข้าใจความแตกต่างของวิธีดิจิตอล และวิธีอะนาล็อกก่อน คำว่าดิจิตอลหมายถึงกระบวนการซึ่งทำสำเร็จโดยหน่วยไม่ต่อเนื่อง (discrete units) (เช่น นิ้วมือ, หิน, ช้าง) โดยอาจเป็นแต่ละหน่วย หรือกลุ่มของหน่วยเพื่อแสดงจำนวนทั้งหมด และอาจทำการบวกหน่วยเหล่านี้ก็ได้

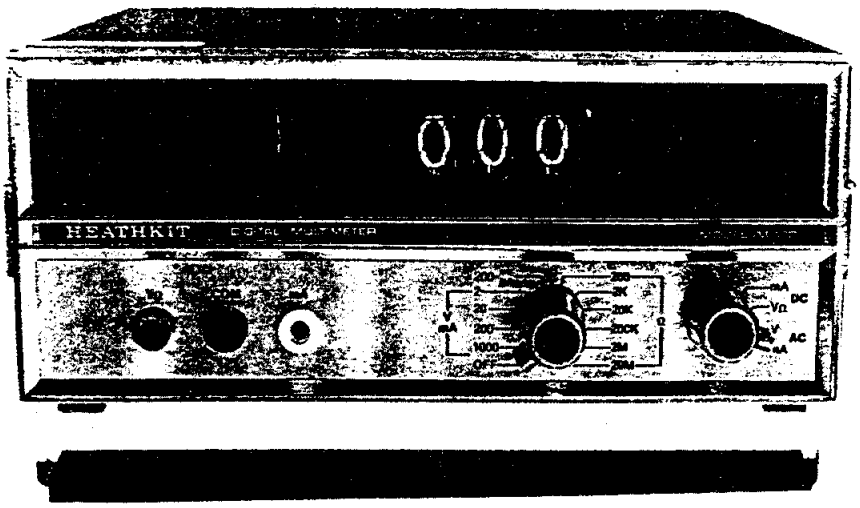
ในทางตรงข้าม จำนวนอะนาล็อกแทนปริมาณที่สามารถวัดได้โดยตรง เช่น โวลต์ (volt) ความต้านทาน การหมุน ระยะทาง เป็นต้น อะนาล็อกคล้ายคลึงกับอุปมา (analogy) โดยทั้งสองอย่างแสดงความเป็นคู่ขนานระหว่างของจริงกับการแทนของจริง ดังนั้นในวิธีอะนาล็อกจำนวน 15 อาจใช้แทนการหมุน 150 องศาของเข็มมิเตอร์ (meter) หรือความลึกของน้ำในเรือดำน้ำ หรือความยาวที่เหมาะสมบนสเกล การบวกอาจกระทำได้โดยการบวกการหมุนของเข็ม ความลึกของน้ำหรือความยาวของสเกล

1.1.1 เครื่องมือ

เครื่องมือในทางอะนาล็อกเราเคยคุ้นกับการใช้อย่างกว้างขวางในอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การวัดความเข้ม, ความถี่, อัตราเร็ว และเวลา มิเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดปริมาณพวกนี้ (เรียกว่า scale-type meter) มีข้อดีที่ว่าทำให้ผู้สังเกตพิจารณาเปอร์เซ็นต์ (percent) ของสเกลเต็ม แต่มีข้อเสียคือต้องอาศัยการกะประมาณ ซึ่งไม่เพียงแต่ทำให้เสียเวลายังอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย จากการอ่านด้วยสายตา แต่ละคนอาจอ่านค่าได้ไม่ตรงกัน ปัญหาเช่นนี้แก้ไขด้วยเครื่องมือแบบดิจิตอล ดังรูป 1.1 ซึ่งให้ค่าเป็นตัวเลข และยังมีราคาไม่แพงเพราะประกอบด้วยไอซี (IC : Integrated Circuit)



(a) Analog Volt-Ohm-Meter

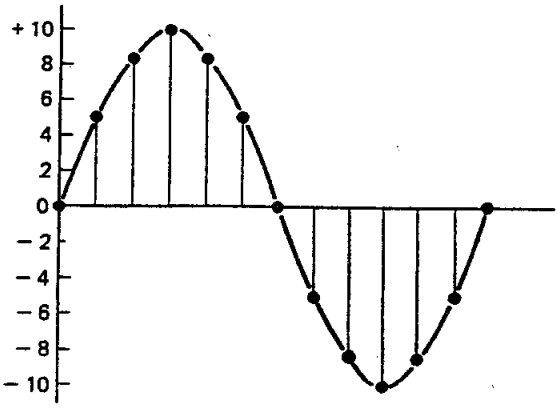


(b) Digital Volt-Ohm-Meter

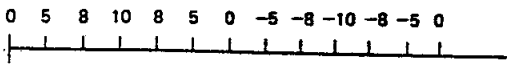
รูป 1.1 อะนาล็อกและดิจิตอลมิเตอร์

1.1.2 การคมนาคม

ปัจจุบันทั้งวิธีดิจิตอล และอะนาล็อกใช้ในการคมนาคมทั้งสิ้น ในแบบดิจิตอล (รูป 1.2) รูปคลื่นอะนาล็อกจะถูกส่งไปเป็นตัวอย่างและการแทนแอมพลิจูดในแบบดิจิตอลจะถูกส่งผ่านที่ช่วงเวลาซึ่งเพียงพอแก่การนิยามรูปคลื่นนั้น ช่องพหูคูณ (multiple channel) ของข้อมูลสามารถจัดโดยรูปคลื่นแบบสลับ A และ B ในรูป 1.3 เป็นการแปลงแอมพลิจูดให้เป็นจำนวนดิจิตอล (ดิจิไตซ์ : digitizing) แล้วจึงส่งผ่านข้อมูลผลลัพธ์ในแบบดิจิตอลที่ได้ ระบบเช่นนี้เรียกว่าการมัลติเพล็กซ์โดยการแบ่งเวลา (time division multiplexing) เพราะเวลาถูกเฉลี่ยระหว่างช่อง A และ B



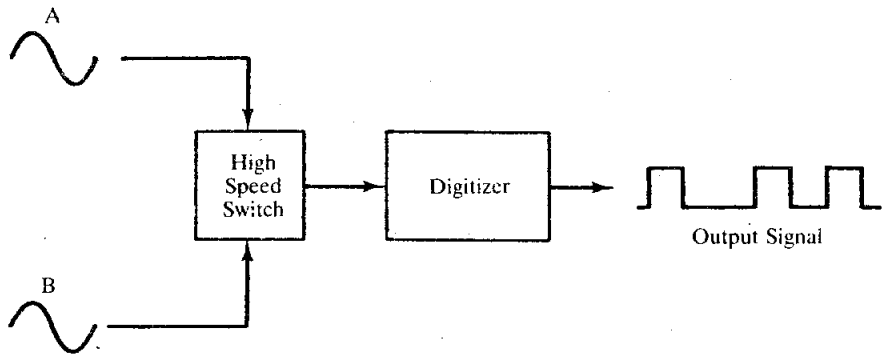
(a) Waveform



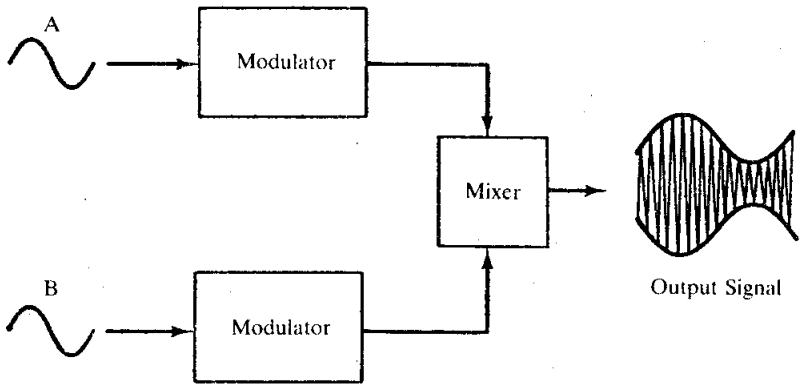
(b) Numbers Transmitted

รูป 1.2 การดิจิไตซ์รูปคลื่น

TDM ตรงข้ามกับวิธีตรงไปตรงมาแบบอะนาล็อกดังรูป 1.3 (b) ซึ่งใช้ตัวกล้ำ (modulator) สำหรับจัดความถี่พาหะซึ่งแตกต่างกันสำหรับแต่ละช่วง ช่องเหล่านี้สามารถรวมในตัวรวมความถี่ ผลลัพธ์ที่ได้ก็ส่งผ่านไป วิธีส่งผ่านแบบนี้เรียกว่าการมัลติเพล็กซ์โดยการแบ่งความถี่ (frequency division multiplexing : FDM) ทั้ง TDM และ FDM ยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน สำหรับการส่งผ่านข้อมูลเสียง



(a) Time Division Multiplexing

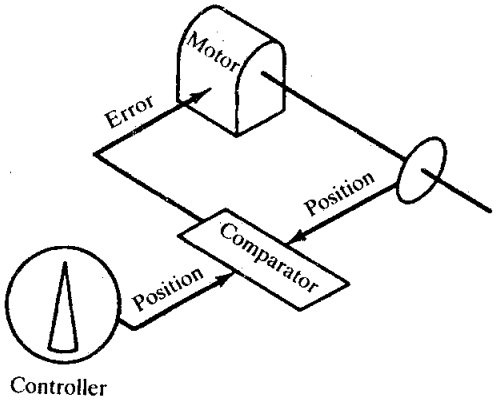


(b) Frequency Division Multiplexing

รูป 1.3 การมัลติเพล็กซ์ช่องการคมนาคม

1.1.3 ระบบควบคุม

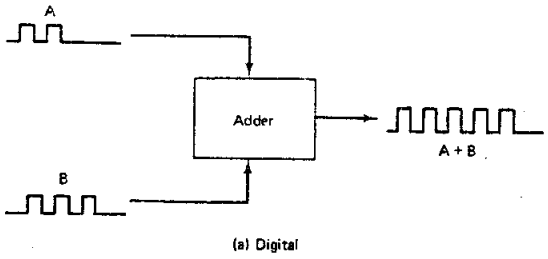
ระบบควบคุมก็มีใช้ทั้งแบบดิจิตอลและอะนาล็อก ในระบบดิจิตอลข้อมูลรายละเอียดถูกนำออกมาจากมอร์เตอร์ ชาฟท์ (motor shaft) แสดงตำแหน่งของมัน ซึ่งนำไปเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่ถูกสั่งโดยตัวควบคุม (controller) และสัญญาณความผิดพลาดที่ได้มาจากเอาท์พุทของตัวเปรียบเทียบ (comparator) แสดงความแตกต่างระหว่างที่ที่ชาฟท์อยู่และที่ที่มันควรจะอยู่ สัญญาณความผิดพลาดซึ่งอยู่ในรูปแบบของดิจิตอลพัลส์นี้ จะส่งมอร์เตอร์ให้เคลื่อนไปในทิศทางที่เหมาะสมเพื่อลดความผิดพลาด ในทำนองเดียวกัน สำหรับระบบควบคุมในแบบอะนาล็อก สัญญาณความผิดพลาดจะกำเนิดโดยการเปรียบเทียบ แรงดันที่วัดได้ (pick-off voltage) กับแรงดันของตัวควบคุม (controller voltage) แล้วสัญญาณความผิดพลาดนี้ จะสั่งมอร์เตอร์ให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่เหมาะสมเพื่อลดความผิดพลาด



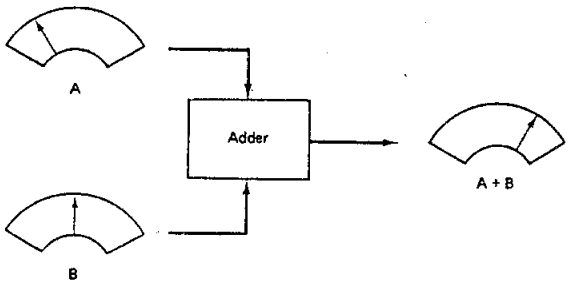
รูป 1.4 ระบบควบคุม

1.1.4 คอมพิวเตอร์

ทั้งวิธีดิจิตอลและอะนาล็อกใช้สำหรับการคำนวณ (รูป 1.5) ดิจิตอลคอมพิวเตอร์ใช้เลขคณิตคล้ายคลึงกับที่เราทำด้วยกระดาษ, ดินสอ ซึ่งมีการบวก ลบ คูณ หาร โดยการใช้แรงดันและการหมุนของโปเทนชิโอมิเตอร์ (potentiometer) เพื่อแทนจำนวนเลข การบวก ลบ แม้แต่การอินทิเกรตเพื่อให้ได้ค่าแรงดันผลลัพธ์ ผลลัพธ์นี้อาจถูกอ่าน (และตีความ) โดยผู้สังเกตที่หน้าปัทม์ของมิเตอร์หรือบันทึกผล (chart recorder)



(a) Digital



(b) Analog

รูป 1.5 เลขคณิตคอมพิวเตอร์

1.2 ประวัติศาสตร์การคำนวณแบบดิจิตอล
History of Digital Computing

เนื่องจากคำว่าตัวเลข (digit) หมายถึงหน่วยการนับแบบไม่ต่อเนื่องกัน จึงไม่น่าประหลาดใจเลยที่การประยุกต์ใช้ในตอนแรกเริ่มอยู่ในเครื่องมือคำนวณ ต่อไปนี้จะกล่าวถึงบางสิ่งบางอย่างเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ของการคำนวณ

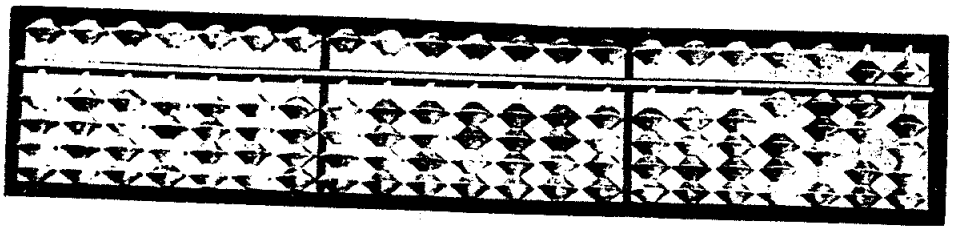
1.2.1 ลูกคิด (Abacus)

ประวัติศาสตร์ตอนต้น กล่าวว่า มนุษย์คำนวณโดยทำเครื่องหมายลงในฝุ่นผง 1 เครื่องหมายสำหรับ 1 2 เครื่องหมายสำหรับ 2, ฯลฯ คำว่า ลูกคิด (abacus) เบื้องแรกมีความหมายว่า "ฝุ่น" ซึ่งคือการทำเครื่องหมายในฝุ่นผง จากจุดเริ่มต้นนี้ ชาวกรีกและโรมันพัฒนาระบบของการนับซึ่งรวมถึงลูกปัดบนโต๊ะหินอ่อน ลูกปัดถูกจัดเป็นกลุ่ม ๆ กลุ่มของหน่วย, สิบ, ร้อย ไปเรื่อย ๆ ต่อมามีการร่องบนโต๊ะ เพื่อให้ลูกปัดเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ

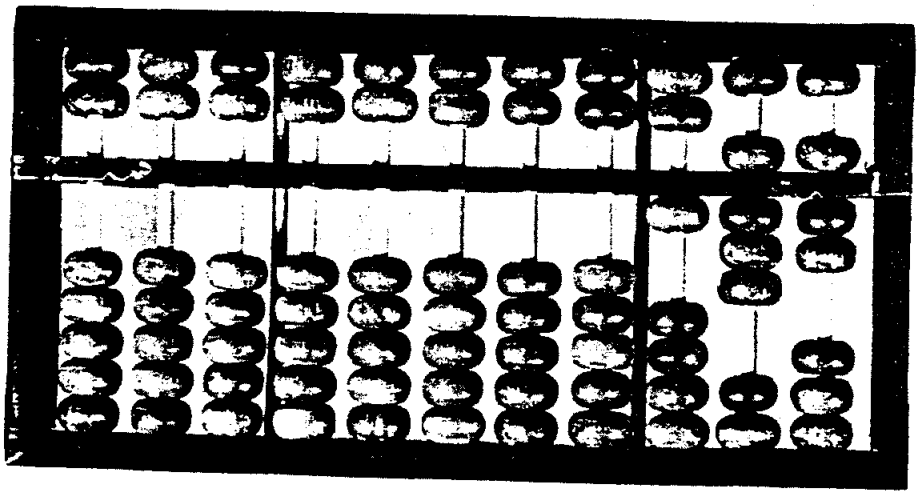
ลูกคิดได้รับการบันทึกว่าเริ่มมีใช้ครั้งแรกในศตวรรษที่ 5 ก่อนคริสตกาล และใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในยุโรปและเอเชีย จนกระทั่งศตวรรษที่ 20 เมื่อเลขอารบิค (Arabic number) กลายเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ลูกคิดจึงเลิกใช้ในยุโรป การเข้ามาแทนที่ของเลขอารบิคในยุโรป ทำให้มีรายงานในกองทัพของนโปเลียนว่า การค้นพบลูกคิดเกิดในรัสเซีย

สำหรับประเทศที่ไม่ได้ใช้เลขอารบิค ลูกคิดก็ยังเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง ประมาณ 95% ของธุรกิจญี่ปุ่นยังใช้ลูกคิด

ลูกคิดเป็นเครื่องมือทางดิจิตอลที่ค่อนข้างง่ายมีพื้นฐานตามเลขโรมัน ลูกปัดพวกที่อยู่เหนือราว (รูป 1.6 (a)) มีค่าลูกละ 5 เมื่อเคลื่อนเข้าหาราว ลูกปัดพวกที่อยู่ใต้ราวมีค่าลูกละ 1 เมื่อเคลื่อนเข้าหาราว ดังนั้นแต่ละคอลัมน์ (column) สามารถนับค่าได้ถึง 9 คอลัมน์ทั้งหลายถูกจัดไว้ในลักษณะเดียวกับจำนวนเลขฐานสิบ กล่าวคือ, คอลัมน์ทางขวามือเป็นหลักหน่วย คอลัมน์ต่อมาเป็นหลักสิบ หลักร้อย เป็นต้น



(a) Japanese Model



(b) Chinese Model

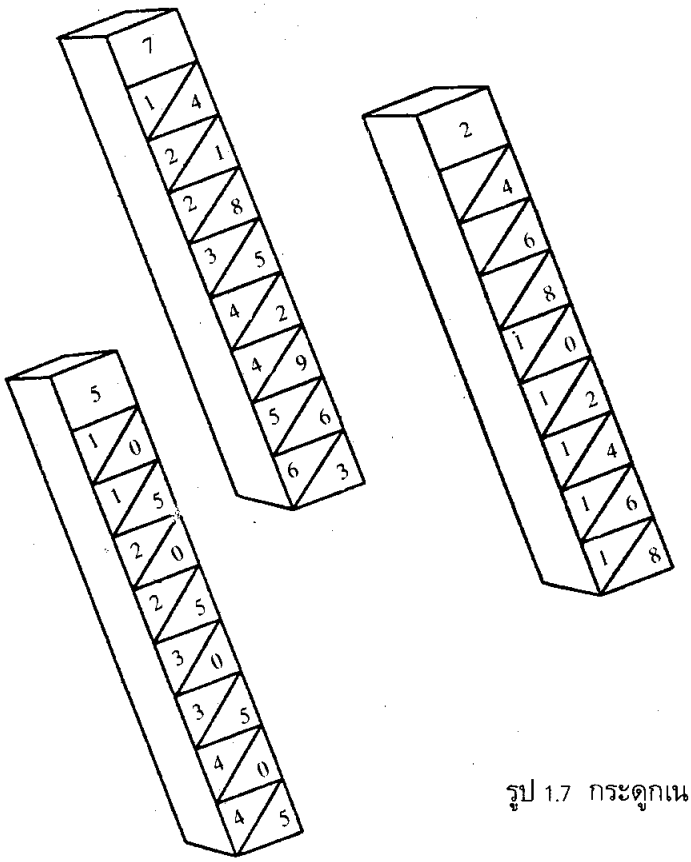
รูป 1.6 ลูกคิด

ลูกคิดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 ประเภท คือ แบบจีน และแบบญี่ปุ่น แบบของจีนคล้ายคลึงกันกับแบบของญี่ปุ่น เว้นแต่ว่ามันมีลูกปัดค่า 5 สองลูก แต่ลูกปัดค่า 1 ห้าลูกในแต่ละคอลัมน์

1.2.2 วิวัฒนาการของคอมพิวเตอร์

ในปี 1614 จอห์น เนเปียร์ (John Napier) นักคณิตศาสตร์ชาวสก๊อต ผู้ค้นพบลอการิทึม (logarithm) ทำให้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์แบบเชิงซ้อนสามารถคำนวณได้โดยง่าย ล็อก (logs) เป็นอะนาล็อกโดยธรรมชาติ กล่าวคือ มันเป็นอะนาล็อกของจำนวนจริง

สามปีหลังจากนั้น เนเปียร์ได้ค้นพบวิธีทางดิจิตอลสำหรับทำการคูณเขาสร้างเครื่องมือซึ่งใช้ท่อ (rods) หรือกระดูก (bones) มี 4 ด้านประกอบด้วยจำนวนเลขจัดเรียงอยู่ในแบบดังรูป 1.7 การใช้เครื่องมือชิ้นนี้กระดูกจะถูกเลือกและจัดเรียงให้ตัวตั้งอยู่ข้างบนของกระดูก ตัวอย่างเช่นในรูป 1.8 ต้องการคูณ 642 ด้วย 72 กระดูดชิ้น 6, 4, 2 ถูกเลือกให้วางอยู่ข้าง ๆ กระดูก 1 ดังรูป

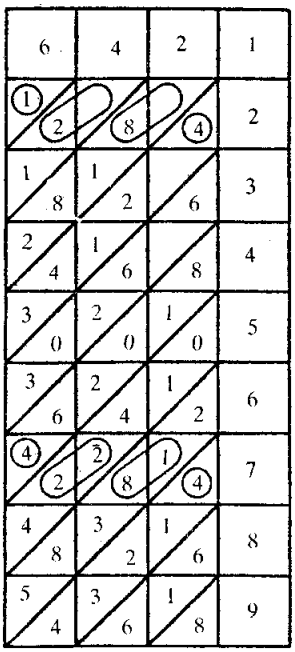


รูป 1.7 กระดูกเนเปียร์

แรกทีเดียวคูณ 642 ด้วย 7 โดยนับตามกระดูก 1 ลงมาถึงแถวที่ 7 ดังแสดงในรูป 1.8 แล้วอ่านคำตอบได้ 4494 ให้สังเกตว่าตัวทดถูกบวกเข้าไปยังหลักถัดไปโดยอัตโนมัติ โดยการพิจารณาคำตอบ เราต้องคูณด้วย 10 (เพราะเรากำลังคูณด้วย 70 ไม่ใช่ 7) จึงได้ผลเป็น 44940 ต่อไปคูณด้วย 2 โดยวิธีเดียวกัน แล้วจึงบวกผลลัพธ์ทั้งสองนี้เข้าด้วยกันได้เป็นคำตอบสุดท้าย แม้ว่าอุปกรณ์ชิ้นนี้เป็นฉากหนึ่งในประวัติศาสตร์ แต่ก็เป็นเพียงแสดงให้เห็นความเกี่ยวพันกับวิวัฒนาการในเครื่องมือคำนวณเท่านั้น

หลังจากนั้น 15 ปี คือในปี 1632 วิลเลี่ยม ออเทร็ด (William Oughtred) นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษได้ประดิษฐ์สไลด์ รูล (slide rule) ขึ้น ซึ่งนับเป็นเครื่องมือทางอะนาล็อก โดยใช้ลอการิทึมของเนเปียร์เป็นหลักพื้นฐาน

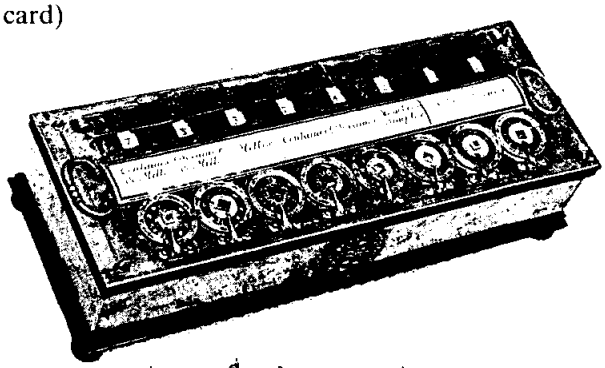
ปี 1642 เบลส ปาสคาล (Blaise Pascal) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส และนักเขียนศาสนศาสตร์ เกิดความฉุนเฉียวที่ต้องบวกคอลัมน์ตัวเลขยาว ๆ ให้บิดาของเขาซึ่งเป็นผู้เก็บภาษี เขาอายุเพียง 19 ปีก็ได้ประดิษฐ์เครื่องคำนวณตั้งโต๊ะสำหรับทำการบวก (รูป 1.9) เครื่องจักรนี้ประกอบด้วย 8 เกียร์ แต่ละเกียร์มี 10 ซี่ฟัน แต่สิ่งน่าสนใจในเครื่องมือนี้คือ มันสามารถทดตัวเลขไปยังตำแหน่งที่สูงกว่าได้เมื่อเกียร์เคลื่อนที่ไปสู่ที่ตั้งศูนย์



รูป 1.8 การคูณด้วยกระดูกเนเปียร์

ปี 1670 บารอน กอทฟรายด์ วิลเฮม ฟอน ลิบนิกซ์ (Baron Gottfried Wilhelm von Leibniz) นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมันได้สร้างเครื่องจักรเรียกว่า เครื่องคาดคะเนคำนวณแบบเป็นขั้นตอน (stepped reckoner) มีความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร และหารากนี่เป็นจุดเริ่มต้นของเครื่องคำนวณเชิงกลที่ใช้ในศตวรรษที่ 20

ในปี 1780 โจเซฟ มารี แจคการ์ด (Joseph Marie Jacquard) ชาวฝรั่งเศสได้พัฒนาเครื่องทอผ้าอัตโนมัติ ซึ่งสามารถสานเส้นใยที่ออกแบบอย่างประณีตด้วยการโปรแกรมโดยใช้บัตรเจาะรู (punched card)

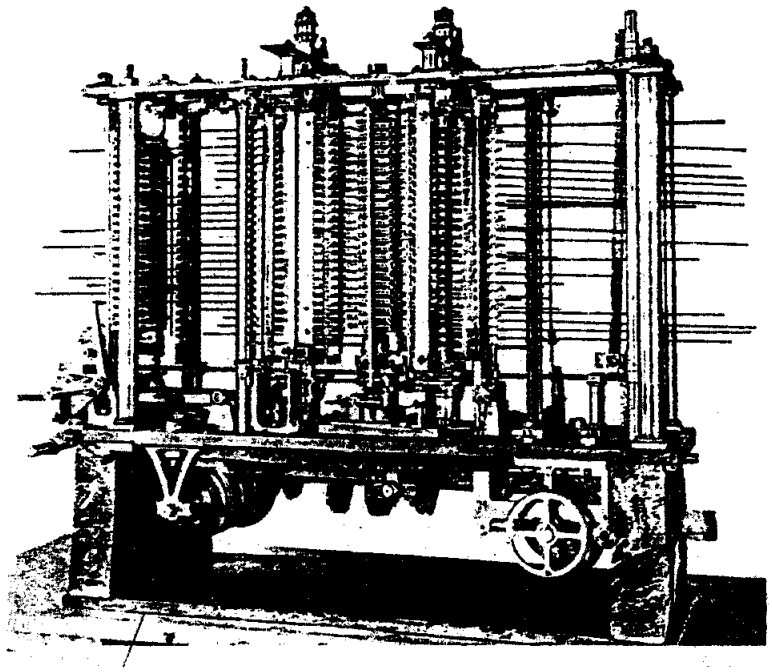


รูป 1.9 เครื่องคำนวณของปาสคาล

ในปี 1801 เขาแสดงเครื่องจักรสมบูรณ์แบบในงานแสดงอุตสาหกรรมในปารีส เครื่องจักรนี้สามารถควบคุมเส้นด้ายได้ 12,000 เส้นในเวลาเดียวกัน เครื่องทอผ้าอัตโนมัตินี้ยังเหมือนเดิมมิได้เปลี่ยนแปลงตราบจนทุกวันนี้ บัตรเจาะรูที่เขาใช้ก็เป็นวิธีปฐมภูมิของอินพุทคอมพิวเตอร์ 1 รูหมายถึงเลข 1 ไม่มีรูหมายถึงเลข 0

ผู้ที่มีความสำคัญมากที่สุดคนหนึ่งในศาสตร์คอมพิวเตอร์ของศตวรรษที่ 19 คือ ชาร์ลส์ แบบเบจ (Charles Babbage) นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษ ระหว่างปี 1812 และ 1822 เขาประดิษฐ์เครื่องจักรเรียกว่า เครื่องจักรความแตกต่าง (difference engine) เพื่อวัตถุประสงค์ในการคำนวณตารางทางคณิตศาสตร์ เขาสร้างเป็นแบบเล็ก ๆ ในปี 1813 เขาได้รับการสนับสนุนจากสมาคมอังกฤษเผยแพร่ความรู้ธรรมชาติ (The Royal Society) ให้สร้างเครื่องกลที่ใหญ่ขึ้นโดยมีรีจิสเตอร์ (register) ขนาด 20 หลัก 7 ตัว สำหรับเก็บตัวเลข และมีส่วนพิมพ์ผลเอาท์พุท แต่ด้วยอุปสรรคในการผลิตสมาคมดังกล่าวจึงยกเลิกการสนับสนุนไปในปี 1822

เขายังคงทำงานต่อไป ในปี 1833 เขาพัฒนาแนวคิด "เครื่องจักรวิเคราะห์" (รูป 1.10) เครื่องมือนี้ประกอบด้วยหน่วยความจำมี 1000 แหล่งที่ (1000–location memory) แต่ละแหล่งที่สามารถเก็บตัวเลขได้ถึง 50 หลักในล้อนับ เครื่องนี้ใช้หลักการควบคุมโดยบัตรเจาะรูของแจคการ์ด



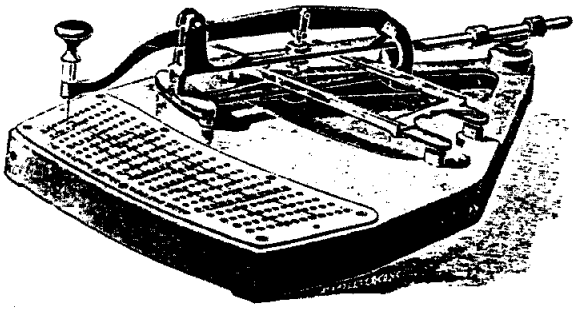
รูป 1.10 เครื่องจักรวิเคราะห์ของแบบเบจ

เครื่องจักรทำเลขคณิตสามารถบวกหรือลบใน 1 วินาที หรือทำการคูณตัวเลข 50 × 50 ใน 1 นาที

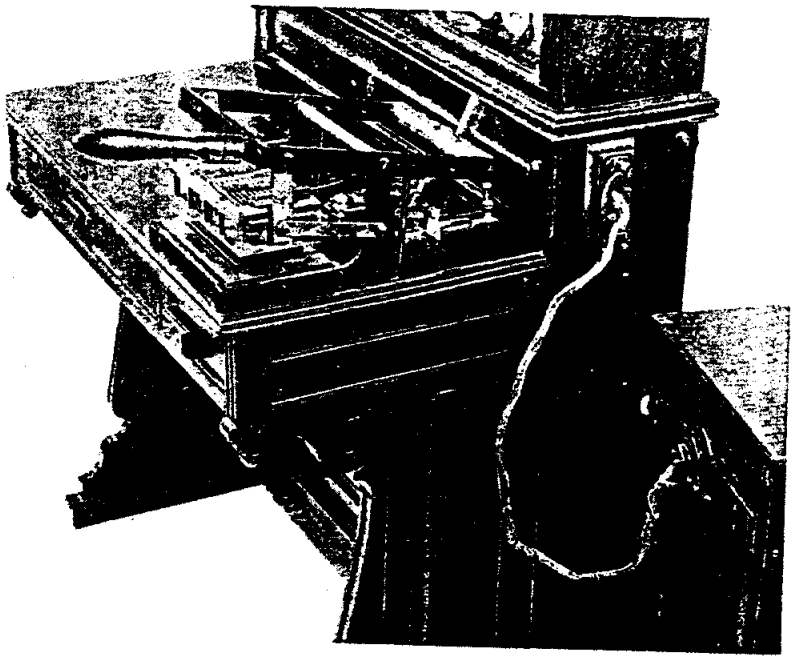
แบบเบจตายในปี 1871 เขาได้สร้างเครื่องมือของเขาเพียงบางส่วนเท่านั้น เพราะอุปกรณ์ในสมัยนั้นไม่เอื้ออำนวย อย่างไรก็ตามแนวคิดของเขาในเรื่อง โปรแกรม (program) การเก็บข้อมูล (storage), หน่วยเลขคณิต (arithmetic unit), อินพุท และเอาท์พุท เหล่านี้เป็นโครงร่างพื้นฐานสำหรับดิจิตอลคอมพิวเตอร์ยุคใหม่ทั้งหมด

ในปี 1876 วิลเลียม ทอมป์สัน (William Thompson) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ซึ่งรู้จักกันว่า ลอร์ด เคลวิน (Lord Kelvin) พัฒนาอะนาล็อกคอมพิวเตอร์เครื่องแรกสำหรับแก้สมการดิฟเฟอเรนเชียล (differential equation) แม้ว่าการออกแบบของเขาดูจะเป็นไปได้ เขาก็ไม่อาจสร้างรูปแบบที่ทำงานได้จริงเนื่องจากพัฒนาการของเทคโนโลยียังไม่เพียงพอในสมัยนั้น ในปี 1930 แวนเนวา บุช (Vannevar Bush) แห่งสถาบันเทคโนโลยีแมสสาจูเสท (Massachusetts Institute of Technology) ได้สร้างอะนาล็อกคอมพิวเตอร์โดยอาศัยพื้นฐานจากแบบของทอมป์สัน

ในปี 1887 เฮอร์แมน ฮอลเลอริทช์ (Herman Hollerith) นักสถิติแห่งสำนักสำมะโนประชากรในบัฟฟาโล, นิวยอร์ค (Bureau of Census in Buffalo, New York) เนื่องจากการสำมะโนประชากรจะกระทำอีกครั้งใน 3 ปี เขาได้พัฒนาระบบซึ่งสามารถป้อนข้อมูลของสำมะโนประชากรลงบนบัตรเจาะรู (punched card) บัตรเหล่านี้ ใส่เข้าเครื่องอ่านซึ่งประกอบด้วยเข็มสำหรับตรวจสอบรูบนบัตร (รูป 1.11) เครื่องมือของเขาได้ใช้ในการสำรวจสำมะโนประชากรในปี 1890 . สามารถประหยัดเวลาสำหรับการวิเคราะห์ได้ถึง 1 ใน 3 ของสำมะโนประชากรในปี 1880 แม้ว่าประชากรจะเพิ่มขึ้น 26% ก็ตาม ต่อมาฮอลเลอริทช์ได้พัฒนาบริษัทซึ่งได้กลายมาเป็นส่วนหนึ่งของ IBM (International Business Machines) รหัสซึ่งใช้สำหรับบัตรเจาะรูยังคงรู้จักกันว่ารหัสฮอลเลอริทช์



(a) Hollerith Pantagraph Punch

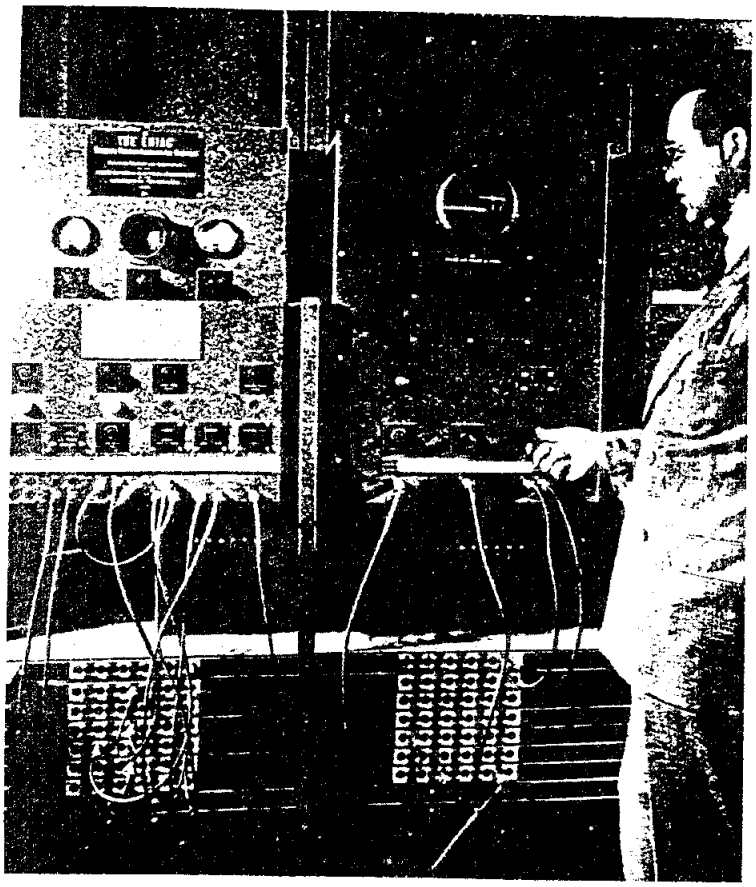


(b) Card Reader

รูป 1.11 การ์ด โปรเซสเซอร์ของฮอลเลอริทช์

ในปี 1937 โฮวาร์ด เอช. ไอเกน (Howard H. Aiken) พัฒนาคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยเครื่องทำการบวกต่ออยู่ภายใน 78 เครื่องควบคุมโดยโปรแกรมเจาะรูในแบบลูกกลิ้งเปียโน (piano roll) เครื่องนี้ใช้ส่วนประกอบของเครื่องคำนวณมาตรฐาน รีเลย์ (relay) เครื่องนับเชิงกล มีรอบเวลา 300 มิลลิวินาที ใช้กำลังขับ 4 กำลังม้า และหนัก 5 ตัน เรียกว่า Mark I ซึ่งใช้ในกองทัพของสหรัฐอเมริกาจนกระทั่งสิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2

ในปี 1946 ดิจิตอลคอมพิวเตอร์ที่ใช้หลอดสูญญากาศ (vacuum tube) ได้ถูกพัฒนาขึ้น โดย เจ. เพรสเพอร์ เอ็กเคิร์ท (J. Presper Eckert) และจอห์น ดับบลิว. มอชลี (John W Mauchly) แห่งโรงเรียนวิศวกรรมมัวร์ (Moore School of Engineering) มหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย (University of Pennsylvania) เรียกเครื่องนี้ว่า ENIAC (The Electronic Numerical Integrator And Computer) ดูรูป 1.12 เครื่องนี้ประกอบด้วยหลอดสูญญากาศ 18,000 หลอด และสามารถทำการบวก 5,000 ครั้ง หรือคูณ 500 ครั้งต่อวินาที



รูป 1.12 เครื่อง ENIAC

ในปี 1948 IBM สร้าง SSEC (Selective Sequence Electronic Calculator) ประกอบด้วยหลอดสูญญากาศ 12,500 หลอด เป็นคอมพิวเตอร์เครื่องแรกที่ใช้โปรแกรมที่เก็บอยู่

ปี 1951 คอมพิวเตอร์เครื่องแรกในทางพาณิชย์ที่ใช้ประมวลผลข้อมูลถูกสร้างขึ้นชื่อ สเปอรี แรนด์ ยูนิแวก 1 (Sperry Rand UNIVAC I) ประกอบด้วยไดโอดสารกึ่งตัวนำ และหลอดสูญญากาศ (รูป 1.13) ใช้ในสำนักสำมะโนประชากร สำหรับการสำมะโนประชากรในปี 1950

คอมพิวเตอร์ UNIVAC นี้ (Universal Automatic Computer) เปิดประตูสู่โครงสร้างคอมพิวเตอร์พื้นฐานซึ่งยังคงใช้ในปัจจุบัน แม้ว่า ENIAC ถูกโปรแกรมโดยชุดคำสั่งที่ต่อเข้าไปคงที่ UNIVAC ใช้แนวคิดของโปรแกรมที่เก็บอยู่ภายใน ซึ่งโปรแกรมที่ต้องการสามารถป้อนเข้าไปในหน่วยความจำ และเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยคอมพิวเตอร์เอง

รูป 1.13 UNIVAC I

ENIAC เป็นอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์เต็มรูปเครื่องแรก ติดตามมาด้วยเครื่องต่าง ๆ อีกมากมายเช่น EDVAC, SEAC, Whirlwind I สำหรับ UNIVAC I และ IBM 650 เป็นเครื่องจักรแรกที่สร้างสำหรับการผลิต คอมพิวเตอร์เหล่านี้เป็นคอมพิวเตอร์ยุคแรก (first generation computer) ใช้หลอดสูญญากาศ

ปี 1955 UNIVAC I ถูกผลิตขึ้นมากกว่า 15 เครื่อง ในระหว่างนั้น IBM เริ่มต้นผลิตคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในเชิงพาณิชย์ และเราได้เข้าสู่ยุคการปฏิบัติงานโดยคอมพิวเตอร์

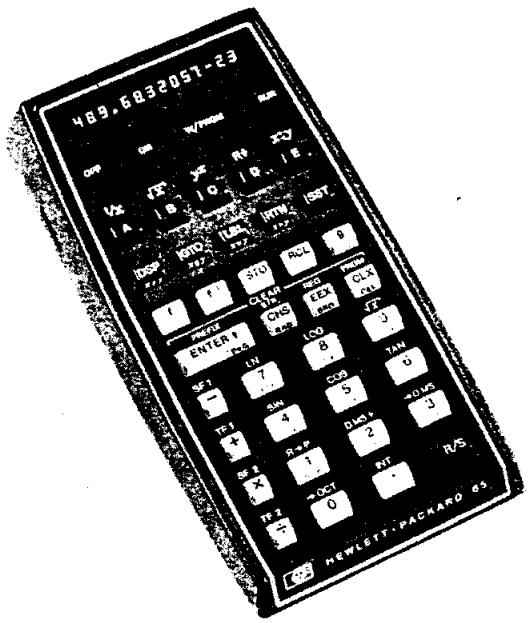
ในราวหลังปี 1950 มีการประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ (transistor) ขึ้นซึ่งให้ผลน่าพึงพอใจยิ่งในขนาดที่เล็ก และความน่าเชื่อถือ จึงเกิดเป็นคอมพิวเตอร์ยุคที่สอง ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นองค์ประกอบแทนหลอดสูญญากาศซึ่งมีขนาดใหญ่ ราคาสูง และมีความร้อนสูง

ในราวปี 1965 โครงสร้างและระบบการทำงานของคอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนาโดยใช้วงจรเบ็ดเสร็จ (ไอซี : IC : Integrated Circuit) กลายเป็นคอมพิวเตอร์ยุคที่สาม เริ่มด้วย IBM ในอนุกรม 360

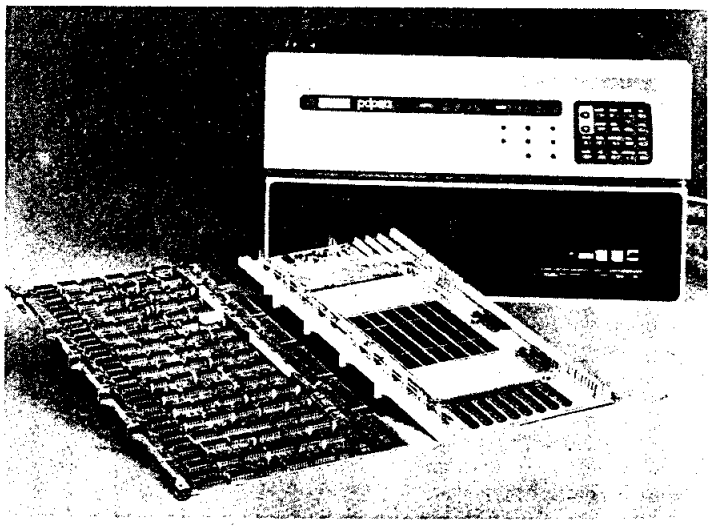
สำหรับคอมพิวเตอร์ยุคที่สี่เข้าสู่ตลาดในทศวรรษ 1970 ด้วยมีวงจรไอซีซึ่งรวมกลุ่มทำงานปริมาณมาก (Large Scale Integration : LSI) และระบบการทำงานซับซ้อนมาก

การพัฒนาของไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ได้ปฏิวัติอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์เมื่อได้มีการผลิตไมโครคอมพิวเตอร์ (microcomputer) ขึ้น การดำเนินชีวิตของเราแตกต่างจากเดิมโดยสิ้นเชิง

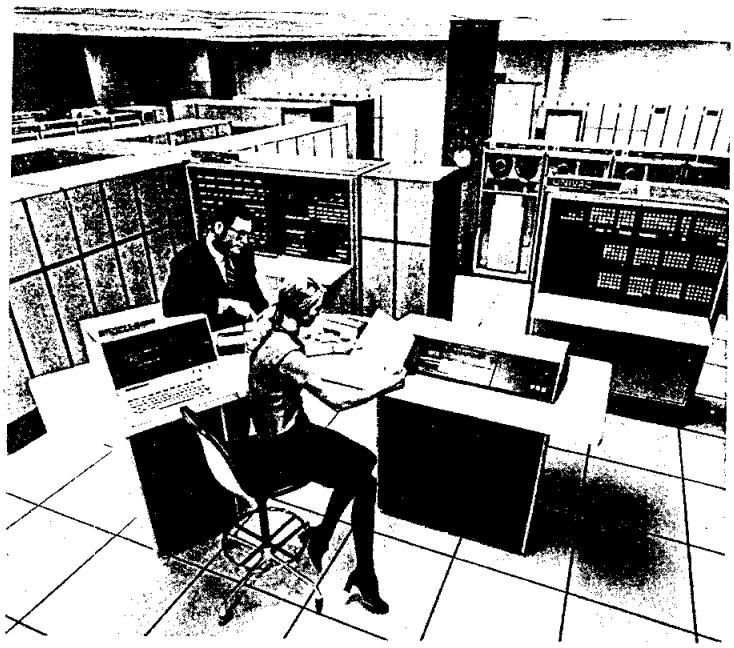
ปัจจุบันมีการผลิตคอมพิวเตอร์ร้อย ๆ ชนิด ขนาดต่าง ๆ กันตั้งแต่เครื่องคำนวณขนาดกระเป๋า ไปจนถึงขนาดมัลติโปรเซสเซอร์ (multiprocessor) ขนาดห้องทำงาน (รูป 1.14, 1.15, 1.16)



รูป 1.14 เครื่องคำนวณขนาดกระเป๋าสามารถโปรแกรมได้ HP-65



รูป 1.15 PDP-8/A มินิคอมพิวเตอร์



รูป 1.16 ความสะดวกในการประมวลผลข้อมูลด้วย UNIVAC 1110

สรุป

เลขคณิตตามวิธีดิจิตอลเริ่มตั้งแต่มนุษย์ใช้นิ้วมือสำหรับเป็นเครื่องมือในการนับ ระบบนี้แตกต่างจากระบบอะนาล็อกซึ่งใช้ปริมาณที่วัดค่าได้โดยตรงในการแสดงจำนวน ทั้งสองระบบใช้ในเครื่องมืออุปกรณ์ คมนาคม ระบบควบคุม และระบบการคำนวณ ลูกคิดนับเป็นเครื่องคำนวณทางดิจิตอลชนิดแรกเริ่ม เนเปียร์, ปาสคาล, ลิบนิกซ์ มีส่วนช่วยขยายความรู้แห่งศาสตร์การคำนวณ แบบเบจตั้งหลักเกณฑ์สำหรับดิจิตอลคอมพิวเตอร์ ฮอลเลอริทช์ใช้เทคนิคการประมวลผลข้อมูล จากนั้นคอมพิวเตอร์ก็มีวิวัฒนาการไปไกลเริ่มจาก MARKI, ENIAC, SSEC จนเข้าสู่ยุคคอมพิวเตอร์ความเร็วสูงสามารถทำงานได้เป็นล้านการดำเนินการในทุก ๆ วินาที

แบบฝึกหัด

1.1 จงกล่าวถึงข้อดี ข้อเสียของอะนาล็อกมิเตอร์ และดิจิตอลมิเตอร์

1.2 จงให้นิยามของคำว่า อะนาล็อก และดิจิตอล

1.3 ทำไมจึงมีการแปลงโฉมหน้าของอิเล็กทรอนิกส์ไปเป็นกระบวนวิธีแบบดิจิตอล

1.4 จงแสดงค่าทางตัวเลขของลูกคิดในรูป 1.6 (a) และ (b)

1.5 จงจับคู่บุคคลต่อไปนี้กับผลงานของเขา

ก. ชาร์ลส์ แบบเบจ	1. เครื่องบวกเลข
ข. เฮอร์แมน ฮอลเลอริทซ์	2. อะนาล็อกคอมพิวเตอร์
ค. โจเซฟ แจคการ์ด	3. กระดูกหรือท่อคำนวณ
ง. บารอน ฟอน ลิบนิกซ์	4. เครื่องอ่านบัตรสำมะโนประชากร
จ. จอห์น เนเปียร์	5. เครื่องจักรความแตกต่าง
ฉ. วิลเลียม ออเทร็ด	6. ทูกทอผ้าโปรแกรมได้
ช. เบลส ปาสคาล	7. เครื่องคูณ/หาร
ซ. วิลเลียม ทอมป์สัน	8. สไลด์ รูล