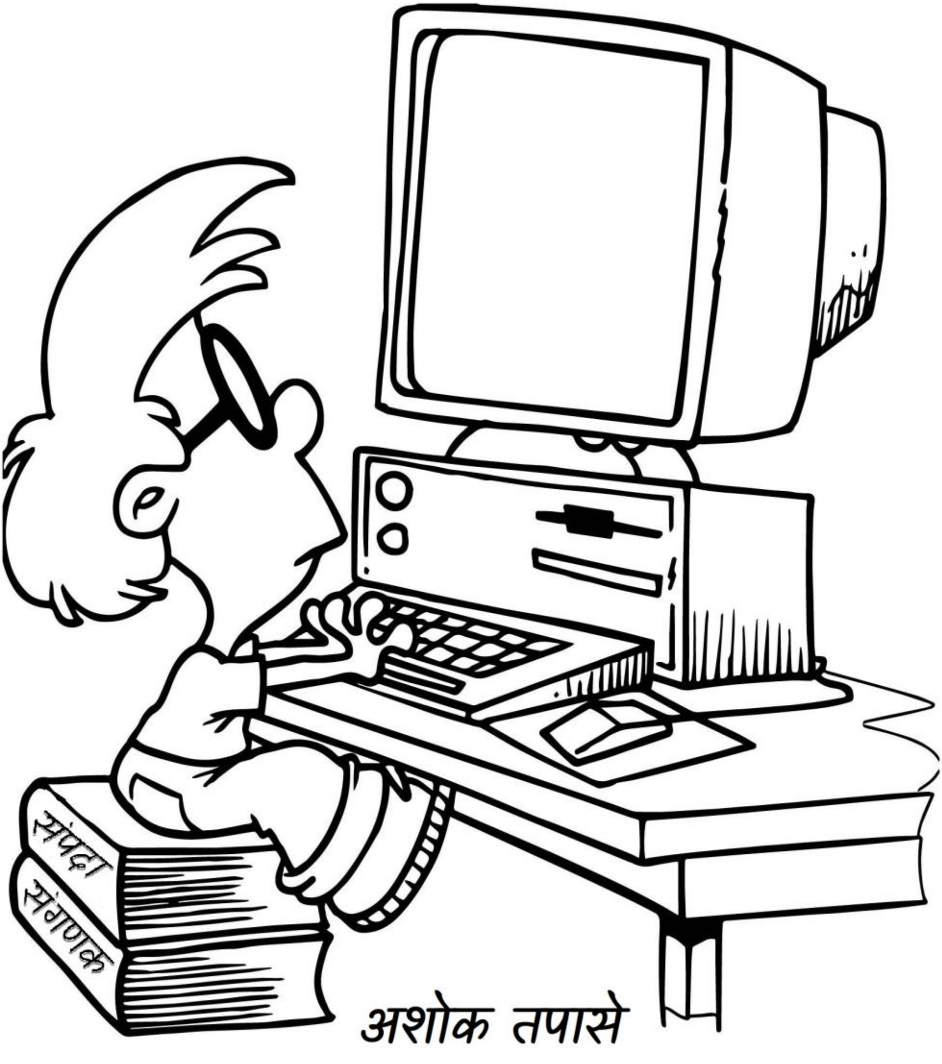
संपदा

संगणक परिचय दालन



अशोक तपासे

****

संपदा

संगणक **प**रिचय **दा**लन

अशोक तपासे

१९९३

© हर्षदा तपासे

9930 112 113

9969 112 113

8879 112 113

पुरिस-दम्म प्रकाशन

इगतपुरी, जिल्हा नाशिक,

महाराष्ट्र.

मानस पटल

विकसनशील राष्ट्रातील प्रत्येक घटक विकसनशील असावयास हवा. जेव्हा प्रत्येक घटक विकसित होईल तेव्हाच राष्ट्राचा विकास होईल. एखाद्या घटकाच्या विकासात एखादा अडथळा आला तर तो दूर होण्यासाठी प्रयत्न व्हायला हवा. गेल्या काही वर्षात राष्ट्रीय विकासाच्या क्षेत्रात आधुनिक तंत्र विज्ञानाने मोलाची भर टाकली. या तंत्र विज्ञानात सिंहाचा वाटा संगणक शास्त्राचा. येत्या काही वर्षात जवळजवळ सर्वच क्षेत्रात संगणकाचा शिरकाव होणार आहे, त्यामुळे येणाऱ्या पिढीतील अधिकाधिक व्यक्तींना संगणकाची जाण असणे अत्यावश्यक झाले आहे.

सध्या अनेक इंग्लिश माध्यमाच्या शाळातून इयत्ता तीसरीतील विद्यार्थ्यांना संगणक शिकविण्यास सुरुवात झाली आहे. इंग्लिश भाषेतच संगणकावर अधिकाधिक पुस्तके असल्याने ही गोष्ट सुलभ आहे. असे असले तरी शालेय विद्यार्थ्यांसाठी खास असे संगणक विषयाचे पुस्तक इंग्लिश भाषेतही उपलब्ध नसावे. इंग्लिश माध्यमातून शिक्षण घेणाऱ्या विद्यार्थ्यांचा संख्येपेक्षा मराठी माध्यमातून शिक्षण घेणाऱ्या विद्यार्थ्यांची संख्या मुंबई आणि महाराष्ट्रात कितीतरी पट आहे. या साऱ्या मराठी भाषिक विद्यार्थ्यांच्या संगणक शिक्षणात असलेला मोठा अडथळा म्हणजे मराठी भाषेत संगणक विषयावर पुस्तकांची अनुपलब्धता. या सामान्य अडथळ्यामुळे मराठी विद्यार्थ्यांना संगणक अभ्यासापासून वंचित रहावे लागावे ही एक खंत मनाला गेली दोन-तीन वर्षे लागून होती, म्हणून या पुस्तकाचे प्रयोजन. माध्यमिक शाळेचा विद्यार्थी नजरेसमोर ठेवून या पुस्तकातील पाठ लिहिण्याचा प्रयत्न केला आहे त्यामुळे कांही आवश्यक गोष्टी सुटू नयेत ही काळजी तर पाठ अधिक कठीण होऊ नयेत ही खबरदारी देखील घेण्याचा प्रयत्न केला आहे. या अभ्यासात संगणकाचे फक्त एकसुरी स्वरूप जसे इंग्लिश माध्यमाच्या शाळातून व काही खाजगी संस्थातून फक्त संगणक आज्ञावली लेखन किंवा संचालन शिकवले जाते, असे होणार नाही याचीही काळजी घेतली आहे.

विद्यार्थ्यांसमोर संगणकाचे वास्तव चित्र उभे रहावे म्हणून व संगणकाचा सर्वांगीण अभ्यास व्हावा म्हणून संगणक भौतिक विज्ञान (Computer Hardware) व संगणक आणि अभिभौतिक विज्ञान (Computer Software) या दोन्ही शाखांना सारख्या तोला-मोलाने सांभाळले आहे. यामुळे विद्यार्थ्यांना पुढे जाऊन संगणकातील त्यांना हवी असलेली शाखा निवडण्यात वाव मिळेल, निदान तशी जाणीव तरी होईल. तरीही हे पुस्तक म्हणजे संगणक शास्त्राचा पूर्ण अभ्यास असे मुळीच नाही. संगणक हे क्षेत्रच मुळी अतिशय विस्तृत असे क्षेत्र आहे. या पुस्तकाने विद्यार्थ्यांना संगणक परिचयाचे दालन फक्त उघडून दिले आहे. या दालनात प्रवेश करून विद्यार्थी संगणकाशी असलेला अल्पपरिचय दृढ करून घेऊ शकेल, संगणकाशी गट्टी करू शकेल. निदान तशी इच्छा तरी विद्यार्थ्यांच्या मनात या पुस्तकाने निर्माण झाली तरी मला धन्यता वाटेल.

या पुस्तकाच्या लेखनासाठी माझी पत्नी हर्षदा हीने दिलेली प्रेरणा मोलाची आहेच परंतु पुस्तक लिहावे अशी प्रबळ इच्छा मनात निर्माण होण्याचे कारण म्हणजे विद्यार्थ्यांच्या सर्वांगीण विकासासाठी मनस्वी परिश्रम घेणाऱ्या, भायखळा म्यनिसिपल सेकंडरी शाळेच्या मुख्याध्यापिका सौ. विनिता पंतवैद्य यांनी संगणक शिक्षण क्षेत्रात विद्यार्थ्यांना आणि त्याच बरोबर मलाही दिलेले प्रोत्साहन. या ऋणांची स्मृती मनात ठेवूनच भारतीय स्वातंत्र्याच्या ४६व्या वर्धापन दिनी या पुस्तकाच्या रूपाने भारताच्या विकासास शुभेच्छा चिंतन करून हे पुस्तक आपल्या हाती देत आहे.

आपला स्नेहांकित,

अशोक तपासे

रविवार १५ ऑगस्ट १९९३.

संगणक म्हणजे काय ?

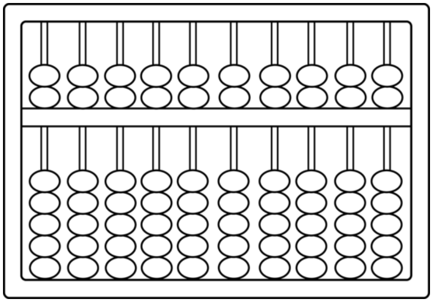
पृथ्वीतलावर जन्माला आलेल्या प्राणीमात्रां मधे सर्वश्रेष्ठ प्राणी म्हणजे मानव. त्याच्या श्रेष्ठत्वाचे कारण म्हणजे त्याला मिळालेला मोठा आणि विकसित मेंदू. मानवाने या जैविक देणगीचा खुबीने वापर केला आणि स्वतःचे जीवन आमूलाग्र पणे बदलले. मानव तसा मुळचाच आळशी प्राणी. इतर अनेक प्राण्यांच्या तुलनेत शारिरीक शक्तीच्या कमी क्षमतेमुळे तो आळशी असणे तसे नैसर्गिकच आहे. या त्याच्या आळशीपणामुळे त्याने स्वतःची कामे कमीत कमी श्रमात करण्यासाठी **चाक** आणि **तरफा** यांचा शोध फार पूर्वीच लावला होता. आणि असेच पुढे जाऊन त्याने स्वतःसाठी यंत्र गुलाम किंवा सर्वो मेकॅनिझम (Servo-Mechanism) बनवले. या यंत्र मानवांनी मानवाला अनेक क्षेत्रात मदत केली विकासाच्या या हजारो वर्षांच्या कालावधीतील पहिली कांही हजार वर्ष अगदीच धिमे पणाने गेली, पण गेल्या दोनशे वर्षात मात्र विकासाने अपूर्व वेग घेतला. घोड्याच्या बग्गीतून निघालेला हा विकास मोटार गाडीतून व नंतर विमानातून प्रवास करता झाला. विमाना चे आजचे वय शंभर वर्षाहून अधिक नाही त्याचबरोबर विद्युत उपकरणांचे ही वय कमी-अधिक तितकेच आहे. विद्युत-सुवाहक (Electrical Good Conducter) विद्युत-अवाहक (Electrical Insulater) आणि विद्युत रोधक (Electrical Restance) पदार्थांच्या सोबतीला सुमारे चाळीस वर्षांपूर्वी विद्युत-अनित-वाहक (Electrical Semiconducter) पदार्थ आले. या विद्युत-अनित-वाहकाने अभियांत्रिकी क्षेत्रात विद्युत-अनित-वहन अभियांत्रिकी (Semiconducter Electronics) नावाचे नवे वेगवान युग आणले. विज्ञानाच्या क्षेत्रात एक नवे दालन उघडले. आज

आपण पाहतो तो वैयक्तिक संगणक याच नव्या दालनातील एक अविष्कार आहे.

एखाद्या गोष्टीची व्याख्या करताना त्या गोष्टीच्या सर्व शक्य आणि अनुभवीत गुणांची योग्य रीतीने मांडणी करावी लागते. संगणक म्हणजे काय किंवा संगणकाची व्याख्या काय, या प्रश्नाला अशा पद्धतीने उत्तर द्यायचे झाल्यास तो एक अतिशय जिकिरीचा प्रयत्न होईल. अशा व्याख्येतून कदाचित संगणकाचे असे स्वरूप डोळ्यासमोर उभे राहिल की संगणक म्हणजे मानवी बुद्धीची एक वेगवान झेप जी त्याच्या मानवी बुद्धीला मोडीत काढेल. किंवा हीच व्याख्या संगणकाचे असे स्वरूप आपल्या समोर उभे करील की संगणक म्हणजे एक साधे यंत्र हत्यार जे मानवाने दिलेल्या सूचनां बर-हुकुम गणन कार्य वेगाने करते आणि सूचना व्यतिरिक्त काहीही करीत नाही. या दोन्ही स्वरूपांहून संगणक मात्र वेगळाच राहील. कारण आजचा संगणक हे फक्त यंत्र हत्यार राहिलेले नाही तर आजच्या मानवी बुद्धीच्या कक्षा संगणकाच्या अमर्याद विस्तारातही न मावण्या इतक्या विस्तारल्या आहेत. मग हा संगणक म्हणजे आहे तरी काय या प्रश्नाच्या कोड्यात न अडकता आपण संगणक काय करतो आणि कसे करतो याबद्दलची अधिक अधिक माहिती मिळवण्याचा प्रयत्न करू. या प्रयत्नातूनच संगणक म्हणजे काय या प्रश्नाचे उत्तर सुलभपणे आपणास मिळू शकेल.

संगणकाचा इतिहास

संगणकाची कल्पना जरी आधुनिक असली तरी त्यांची बीजे मात्र फार फार वर्षांपूर्वी रुजली आहेत. सुमारे अडीच हजार वर्षांपूर्वी म्हणजे इसवी सन पूर्व ४५० मध्ये इजिप्तमध्ये बेरीज वजाबाकी करण्यासाठी मातीची चौकोनी पाटी व लहान दगडी गोट्या वापरण्यात येत होत्या. या पाटीवर सरळ अशा खळग्यांच्या रेघा असत व या खळग्यात गोट्या ठेवून त्या इकडून तिकडे सरकवून बेरीज-वजाबाकी केली जाई. त्यानंतर व्यापारी देवाण-घेवाणी बरोबरच ही मातीची पाटी चीन पर्यंत येऊन पोहोचली. चीन व जपान मध्ये या पाटीचे स्वरूप मात्र बदलले. दगडी गोट्यांची जागा मण्यांनी घेतली व खळग्यांच्या रेषांऐवजी हे मणी तारेत ओवुन ते एका लाकडी चौकटीत बसवीले गेले. हे पहिले बेरीज-वजाबाकी चे सुलभ यंत्र. ज्याला मराठीत आपण **मणीपाटी** म्हणु. या मणीपाटीला चीन मधे **अबॅकस** तर जपान मधे **सोरोबॉन** म्हणून संबोधले जाते. अबॅकस आणि सोरोबॉन नंतर अनेक शतके गणक यंत्रातील विकासाचा वेग बराच थंडावला.

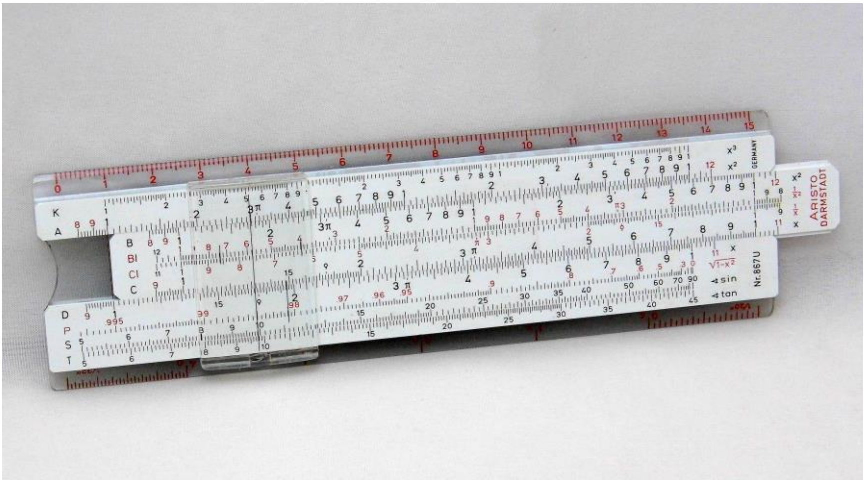


अबॅकस / सोरोबॉन

इसवी सन १६१४ मध्ये जॉन नेपियर या गणितज्ञाने नैसर्गिक घातांकांचा (Natural Logarithm) उपयोग गुणाकारा साठी केला. गुणाकाराच्या कठीण कार्यासाठी बेरीज व भागाकारा साठी वजाबाकीची सुलभता आली. पुढच्याच वर्षी हेन्री ब्रिग्ज या गणितज्ञाने दशमान घातांकाचा (Decimal Logarithm) शोध लावून घातांक पद्धतीत अधिक सुलभता आणली आणि मग जॉन नेपियर याने इसवी सन १६१७ मधे फिरणाऱ्या दंडगोल पट्ट्यांचे गणक यंत्र तयार केले. या यंत्रावर बेरीज, वजाबाकी, गुणाकार व भागाकार सुलभ रितीने करता येत होते.

नेपियर्स बोन्स

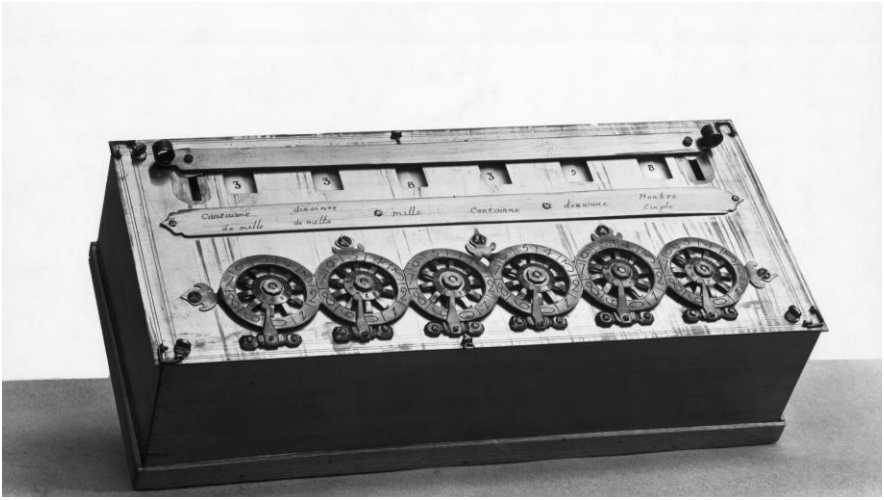
या यंत्राला **नेपियर्स बोन्स** असे नाव पडले. एडमंड गंटर या पाद्री व खगोल शास्त्रज्ञाने घातांकावर आधारीत गुणाकार करण्याची पट्टी तयार केली. या पट्टीचे पहिले नाव **गंटर्स रुल** असेच होते. विलीयम ऑटर्ड याने इसवी सन १६३२ मधे गंटर्स रुलवर आधारीत दोन पट्ट्या एकमेकांवर सरकत्या लावून अचुकता वाढवीत **स्लाईड रुल** तयार केली. या यंत्राचा उपयोग खगोलशास्त्रीय अभ्यास करण्यासाठी व इतर शास्त्रीय अभ्यासासाठी प्रभावी पणे होऊ लागला. या यंत्रात सुलभता असली तरी जनसामान्यांपर्यंत पोचणारे यंत्र मात्र पुढच्या काळात जन्माला आले.



सरकत्या गणन पट्टया (Slide Rule)

इसवी सन १६४२ मध्ये फ्रेंच गणिती **ब्लेझ पास्कल** याने दशमान संख्यांच्या बेरीज-वजाबाकी साठी दातेरी चाकांचा उपयोग करून गणक यंत्र तयार केले. या यंत्रात पुढे जर्मन शास्त्रज्ञ विलहेम व्हॉन लेबनीज याने सुधारणा केल्या १६७२ ते १६९४ या कालावधीत अथक प्रयत्नातून त्याने हे गणतंत्र बेरीज, वजाबाकी, गुणाकार व भागाकार या चारही मूलभूत

गणिती प्रक्रियांसाठी सज्ज केले. या यंत्रात गुणाकार व भागाकार बेरीज व वजावाकी यांच्या आवर्तनातून केले जात होते. परंतु यंत्रातील दातेरी चाकांच्या फिरण्यात सहजता आणणे कठीण झाल्याने हे यंत्र तितकेसे लोकप्रिय होऊ शकले नाही.

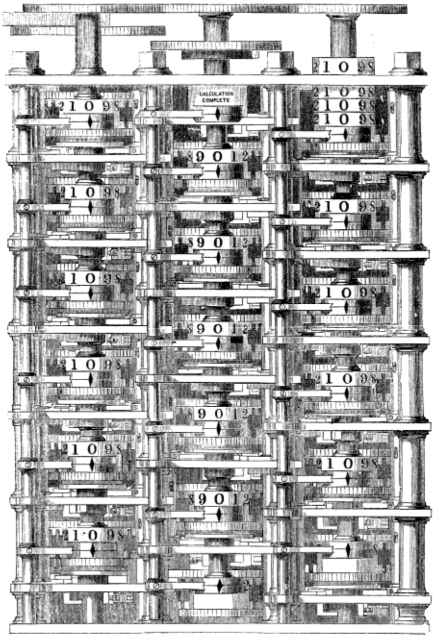


पास्कलचे गणक यंत्र

इसवीसन अठराशे वीस मध्ये पुन्हा फ्रेंच शास्त्रज्ञ थॉमस डे कोलमार (चार्लस् झेवियर थॉमस) याने पास्कलच्या गणित यंत्रातील दातेरी चाके अधिक अचुक बनवून गणितातील चारही मूलभूत प्रक्रियांसाठी सुलभ गणक यंत्र तयार केले. या यंत्राला मात्र बरीच लोकप्रियता लाभली आणि सुमारे पंधराशे गणक यंत्र बाजारात आली व वापरली गेली

इसवी सन १८१२ बारा मध्ये केंब्रिज विश्वविद्यालयाचे गणिताचे प्राध्यापक चार्ल्स बॅबेज यांनी प्रथमच काही नव्या गणकयंत्रीय संकल्पनांना जन्म दिला. पास्कलच्या गणक यंत्रातील दातेरी चाकांची

जुळणी गणन-संख्या अनुरुप करण्याचे जे काम मानवी हातांना करावे लागत होते त्यासाठी कागदी पुठ्ठयाला लहान छिद्र विशिष्ट प्रकारे पाडुन या पुठ्ठया कडून दातेरी चाकांचे नियंत्रण केले. हीच संकल्पना आज आधुनिक सांख्यकी संगणकात स्मृति पटलाच्या स्वरुपात दिसते.



PORTION OF BABBAGE'S DIFFERENCE ENGINE.

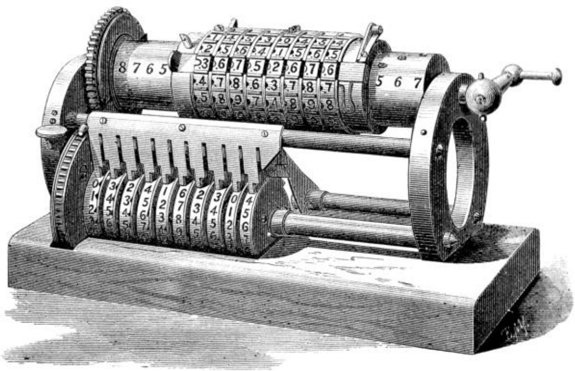
चार्ल्स बॅबेज यांचे डिफ्रेंशियल इंजिन

हीच संकल्पना त्याने तयार केलेल्या **डिफ्रेंशियल इंजिन** आणि **ॲनॅलिटीकल इंजीन** मधे दिसली. या संगणन यंत्राचे तीन महत्वाचे घटक होते, स्मृती घटक, संगणन घटक आणि नियंत्रण घटक. आजच्या सांख्यकी संगणकातही हे घटक असेच दिसतात. त्या काळात अभियांत्रिकी कौशल्य पुरेसे विकसित झालेले नसल्यामुळे चार्लस् बॅबेज यांच्या पदरात संपुर्ण यश पडले नाही. त्यांच्या गणक यंत्रातील स्मृति

घटकात गणन कार्यात वापरावयच्या संख्या पुठ्ठयावरील छिद्रांच्या स्वरुपात होत्याच पण या संख्यांवर कोणत्या गणिती प्रक्रिया कोणत्या क्रमाने करायच्या या सुचनाही वेगळ्या पुठ्ठयावर छिद्रांच्या स्वरुपातच साठविलेल्या होत्या. इतक्या उत्कृष्ट संकल्पनांनी युक्त अशी ही संगणक योजना बारगळली कारण अपुरे अभियांत्रिकी कौशल्य. खरे तर **चार्ल्स बॅबेज** हे त्यांच्या काळातही संकल्पनांच्या स्वरुपात फार फार पुढच्या काळात झेपावले होते. या थोर शास्त्रज्ञाला **संगणकाचे अजोबा** म्हणून संबोधले तर ते वावगे ठरणार नाही.

कागदी पुठ्ठया वर छिद्र पाडून यंत्राला सूचना देण्याची संकल्पना जोसेफ मारी जेकॉर्ड या शास्त्रज्ञानेही इसवी सन १८०४ मधे त्याच्या यंत्रमागात वापरली होती, आणि या यंत्र मागाचा त्याकाळातील वस्त्रोद्योगात चांगला उपयोगही झाला होता. कापड विणता-विणताच त्यावर नक्षीकाम विणणारे **जेकॉर्ड यंत्र माग** हे विश्वातील पहिले पुर्वग्रथित सुचना नियंत्रित (Store Programme Controlled) यंत्र म्हणून उल्लेखीले जाते. याच जोसेफ मारी जेकॉर्ड यांचे एक रंगचित्र चार्लस बॅबेज यांनी त्यांची प्रेरणा म्हणून स्वतःकडे जपून ठेवले होते. पुढील शतकापर्यंत चार्लस बॅबेज यांच्या संकल्पना केवळ इतिहासाच्या पानातच अडकुन पडल्या. मधल्या काळात पास्कलच्या मुळ यंत्रात मात्र अनेक सुधारणा घडून आल्या. अमेरिकेतील डोर-इ-फेल्ट याने सर्वप्रथम १८८७ मधे अंकानुरुप कळ असलेल्या गणक यंत्राची निर्मिती आणि विक्री केली. या यंत्राचे नाव होते **कॉम्प्टोमीटर**. याच यंत्रात सुधारणा करुन इसवी सल १८८९ मधे त्याने गणितातील संख्या आणि उत्तरे कागदावर छापणारे **कॉम्प्टोग्राफ** हे

यंत्र बाजारात आणले. इसवी सन १९२० मधे ही गणक यंत्र विजेच्या सहाय्याने चालु लागली.



यांत्रिक अंकगणित संयंत्र १८७७

इसवी सन १८३३ ते १८४२ च्या काळात चार्ल्स बॅबेज यांनी मांडलेल्या संकल्पनांना १८८६ मध्ये अमेरिकेतील हरमन होलरिथ यांनी उजाळा दिला आणि छिद्रयक्त पुठ्ठयांच्या संचलनाचे यंत्र जनगणनेच्या कार्यात माहितीच्या नीट संकलना साठी वापरले. अमेरिकेतच पुढे आयबिएम कंपनीने स्वयंचलित कार्यानुक्रम नियंत्रण असलेले गणक यंत्र तयार केले. आणि त्यावरुनच हॉरवर्ड विश्वविद्यालयाचे प्राध्यापक **हॉवर्ड आयकेन** यांच्या मार्गदर्शनाखाली विश्वातला पहिला संगणक **आयबिएम मार्क १** जन्माला आला. इसवी सन १९२३ मधे या यंत्राने १/३ सेकंदात बेरीज-वजाबाकी तर ५ सेकंदात गुणाकार आणि १६ सेकंदात भागाकार केले. या यंत्राने या सर्व प्रक्रिया २३ अंकी दशमान संख्यांपर्यंत सुलभपणे केल्याच शिवाय २३ अंकी दशमान संख्यांचे घातांक (Logarithm) देखील दीड मिनीटात काढून दिले.

ब्रिटनमध्ये मात्र युद्ध परिस्थितीमुळे रडार यंत्रणेचा अधिक अभ्यास होत होता. या अभ्यासातून १९४२ ते १९४५ च्या दरम्यान मुर स्कूल ऑफ इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग मध्ये विद्युत प्रभारी अभियांत्रिकी (Electronic) संगणक ENIAC तयार झाला. पेनसिल्वेनिया विश्वविद्यालयाच्या या संगणकात १८००० व्हॉल्व वापरलेले होते. एका सेकंदात ७ ते १० बेरजा करणाऱ्या पूर्वीच्या संगणकाच्या तुलनेत हा संगणक अतिवेगवान होता कारण याने एका सेकंदात सुमारे ५००० बेरजा केल्या. ENIAC* नंतर १९४६ ते १९५२ च्या काळात पेनसिल्वेनिया विश्वविद्यालयाने दुसरा संगणक EDVAC~ तयार केला. या नंतर हारवर्ड विश्वविद्यालयाने आयबिएम मार्क १ नंतर आयबिएम मार्क २ देखील तयार केला. या नंतर मात्र संगणक संशोधनाचा वेग झपाट्याने वाढला, इतका की या शतकाच्या शेवटच्या दोन दशकात सुपर-काँप्युटरचा देखील उदय झाला. या संगणकाने संचलित झालेला यंत्रमानव म्हणजेच रोबोट धरतीवर अवतरला. संगणकाचा संचार घराघरातून होऊ लागला. मानवानेच संगणक नावाचा अत्यंत हुशार मित्र स्वतःसाठी तयार केला.

***** - ENIAC -> Electronic Numeric Integrator and Calculator

~ - EDVAC -> Electronic Discrete Variable Automatic Calculator

संगणन तत्व

संगणक आमच्यासाठी काय करेल या प्रश्नाच्या उत्तराची यादी तशी फारच मोठी आहे. उदाहरणादाखल ही यादी पुढीलप्रमाणे करता येईल.

१. क्लिष्ट अशा गणिते सोडवील.
२. सुंदर चित्र आणि नक्षी स्वतःहून निर्माण करील.
३. मधुर संगीत सुरांची जुळणी करील.
४. अजून कागदावरच असलेल्या एखाद्या विमान उड्डाणाच्या प्रवासाचे संपूर्ण स्वरूप दाखवील.
५. उपग्रहावरून आलेल्या माहितीचे नीट संकलन करून निष्कर्षाप्रत घेऊन जाईल.
६. शरीरात क्ष-किरण टाकून त्यामुळे मिळणाऱ्या प्रतिमा मधून शरीर यंत्रणेचे किंवा त्यात झालेल्या बिघाडांचे बिनचूक निदान करील.
७. कारखान्यातील प्रक्रियांचे अवलोकन करून त्यावर नियंत्रण ठेवील.
८. कामगारांच्या पगाराचा हिशोब करून पावत्या बनवील.
९. विद्यार्थ्यांच्या परीक्षांचे निकाल पत्रक तयार करील.
१०. वाचनालयातील पुस्तकांची व्यवस्था पाहील.

अशी कितीतरी कामे तो कमी वेळात बिनचूकपणे करील. या यादीवरून एक गोष्ट निश्चितपणे कळते की संगणक मानवाची जवळ जवळ सर्वच तार्किक कामे करील. या सर्व कार्यांसाठी संगणकाला काही अर्थपूर्ण माहिती पुरवावी लागेल. अर्थपूर्ण या शब्दाने येथे महत्त्वाचा किंवा विशिष्ट प्रकारचा असा साहित्यिक व वाङमयीन अर्थ नसून सामान्यपणे सर्व जणांना व सर्व ठिकाणी सारखाच अर्थबोध होईल असा हा शब्दशः अर्थ घ्यायचा आहे. या अर्था वरूनच असे म्हणता येईल की, संगणक दिलेल्या

माहितीचे संकलन करतो आणि त्यावरून तार्किक निष्कर्ष काढतो. जसे ...

१. विडीतील तंबाखूमध्ये निकोटिन असते.
२. निकोटीन मुळे कर्करोग होतो.
३. कापसाच्या गाळणीतून निकोटिन वेगळे करता येते.

या तीन वाक्यातील सर्वसामान्य अर्थ समजून यावरून संगणक तार्किक निष्कर्ष काढेल की कापसाची गाळणी बसवलेल्या विडी मुळे कर्करोग होणार नाही. हा निष्कर्ष तार्किक दृष्ट्या खरा आहे, पण तो तसा नसेल तर पहिली तीन वाक्य पूर्णतया सत्य किंवा निर्दोष सत्य सांगत आहेत असे नाही. ती वाक्य तार्किक दृष्ट्या अर्थपूर्ण आहेत व त्यावरून निष्कर्ष काढता येऊ शकतो इतकेच.

या विवेचनावरून आपण असे म्हणू शकतो की संगणक दिलेल्या अर्थपूर्ण माहितीवर तर्कशुद्ध गणिती प्रक्रिया करतो, या प्रक्रिया करतांना व त्यावरून निष्कर्ष काढताना या माहितीच्या सत्य-असत्यते बद्दल किंवा करण्यात येणाऱ्या प्रक्रियांच्या योग्य-अयोग्यते बद्दलचा कसलाही प्रतिप्रश्न विचारीत नाही. आता संगणकाची एक सर्वमान्य पण सामान्य व्याख्या अशी होईल की दिलेल्या माहितीवर दिलेल्या पूर्वनियोजित सूचनांप्रमाणे तार्किक व गणिती प्रक्रिया करणारे आणि तशाच पूर्वनियोजित पणे निष्कर्षांची मांडणी करून देणारे स्वयंचलित संयंत्र म्हणजे संगणक. या व्याख्येतून संगणकाचे काही महत्त्वपूर्ण कार्यवाही घटक पडतील.

१. आपण देत असलेली माहिती घेणारा घटक, अर्थात स्विकृती घटक किंवा आदान घटक. (Input Unit)
२. तार्किक वा गणिती प्रक्रिया करणारा घटक, म्हणजेच प्रक्रिया घटक किंवा प्रक्रियक. (Process Unit / Processer)
३. निष्कर्षांची नियोजित, संकलित आवृत्ती देणारा घटक म्हणजेच देय घटक किंवा प्रदान घटक. (Output Unit)

संगणकास माहिती पुरविली जाते ती दोन प्रकारे दिली जाऊ शकते आणि त्यावर करण्यात येणाऱ्या प्रक्रियादेखील त्या स्वरूपा-अनुरूप असतात. एका प्रकारात संगणकास पुरवण्याची सर्व माहिती मोज-संख्यांच्या स्वरूपात दिली जाते आणि त्यावर करावयाच्या प्रक्रियादेखील गणिती अथवा तर्काच्या असतात. दुसऱ्या प्रकारात संगणकास पुरवण्याच्या माहितीचे संगणकास आकलानीय अशा दुसऱ्या गोष्टीशी साधर्म्य साधून त्या साधर्मी स्वरूपातच सर्व माहिती दिली जाते व प्रक्रिया देखील त्याच स्वरुपात केल्या जातात. या अशा शब्द जंजाळात न शिरता आपण काही उदाहरणे पाहू ...

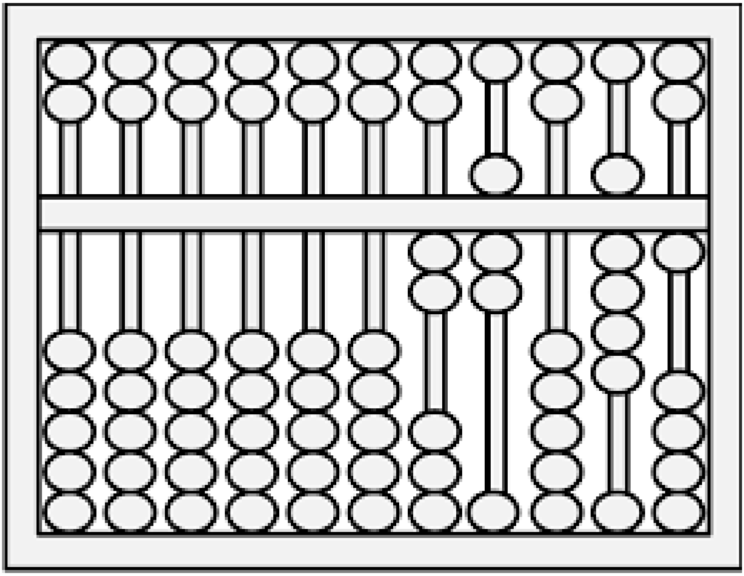
समजा दोन मुलांना एक समस्या सोडवण्यास दिली त्यापैकी एक मुलगा दुसरीत तर दुसरा मुलगा सातवीत शिकत आहे. समस्या अशी की ....

दोन्ही मुलांकडे दोन सारख्याच आकाराचे डबे दिले. त्या डब्यात सारख्याच आकाराचे ठोकळे व्यवस्थित रचून ठेवलेले आहेत. दोन्ही डबे ठोकळ्यांनी संपूर्ण भरलेले आहेत. प्रत्येक ठोकळा १ x १ सेंटिमीटर आकाराचा आहे तर डबा ९ x ७ x ५ सेंटीमीटर आकाराचा आहे. त्या डब्यात किती ठोकळे आहेत ?

पहिला मुलगा तो डबा जमिनीवर उपडा करील व एकेक ठोकळा मोजीत जाईल. ठोकळे मोजून संपताच तो उत्तर देईल की डब्यात ३१५ ठोकळे आहेत. सातवीतला मुलगा मात्र तसे करणार नाही. ठोकळ्यांच्या संख्येचे डब्याच्या आकारमानाशी सरळ साधर्म्य आहे हे तो जाणेल. तो त्या ठोकळ्याचे आकारमान आणि डब्याचे आकारमान याचे निरीक्षण करील. आणि त्याला येत असलेल्या गणिताने उत्तर देईल की ....

डब्यात ९ x ७ x ५ = ३१५ ठोकळे आहेत.

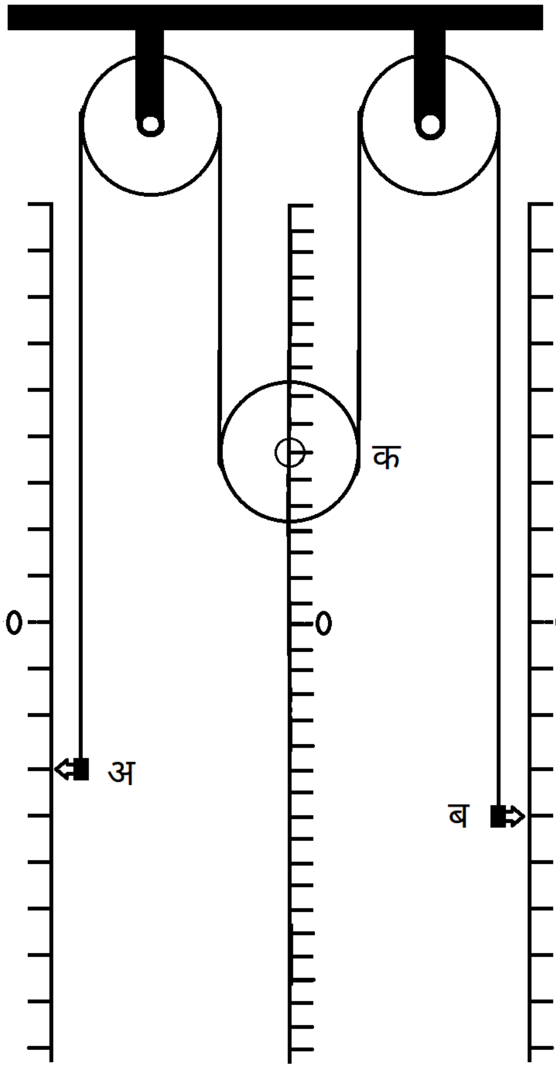
येथे लहान मुलाने एकेक ठोकळा मोजला आहे. म्हणजेच त्याने मिळविलेली माहिती किंवा केलेली क्रिया सांख्यिकी गणनाच्या स्वरूपात आहे. मोठ्या मुलाने ठोकळ्यांचे आकारमानामुळे डब्याच्या लांबी, रुंदी व उंचीत मावणाऱ्या ठोकळ्यांची संख्या यातील साधर्म्य शोधुन त्यातून उत्तर मिळविण्याची प्रक्रिया केली आहे.



सांख्यकी संगणन (अबॅकस)

या यंत्रावर २७०९१ ही संख्या दिसत आहे.

अबॅकस मधे दोन मणीपाटी चौकटी असतात. खालच्या चौकटीतील तारेत १ ते ५ मणी मोजले जातात तर वरच्या चौकटीतील प्रत्येक मणी ५ ही संख्या दर्शवितो. मोजसंख्या जुळविण्या साठी दोन्ही चौकटीतील मणी मधल्या दुभजक पट्टी जवळ सरकविल्या जातात.



साधर्म्य संगणन तत्व

अ = ३ , ब = ४, बेरीज क =७

दुसरे एक सामान्य पण यंत्र युक्त उदाहरण पाहता येईल. वरील चित्रात दिसणारी मणीपाटी लहान मुलांना बेरीज करण्यास मदत करते हे आपण आपल्या लहानपणी पाहिलेच आहे.

आता आपण शेजारील चित्रातील बेरीज करण्याचे दुसरे यंत्र पाहू. अ आणि ब हे बाण वर खाली सरकवून बेरीज करण्याचे दोन अंक जुळवून ठेवले जाताच अ आणि ब हे बाण मोजपट्टयांवर ज्या संख्या दर्शवतात त्या संख्यांची बेरीज क हा बाण त्याच्या मोजपट्टी वर दाखवतो. अ आणि ब पैकी एक बाण उणे बाजूस सरकवून वजाबाकी करता येते.

मणीपाटीवर बेरीज किंवा वजाबाकी सांख्यकी संगणन तत्त्वावर आधारलेली आहे तर कप्पि आणि मोजपट्टीच्या यंत्रात दोरीच्या लांबीचे संख्यांशी साधर्म्य साधून साधर्म्य संगणन तत्त्वावर बेरीज-वजाबाकी केली आहे.

या दोन उदाहरणांच्या निरीक्षणातून आपण संगणकांच्या दोन पद्धती जाणून घेतल्या.

१. सांख्यकी संगणन पद्धत. (Digital Computing)
२. साधर्म्य संगणन पद्धत. (Analog Computing)

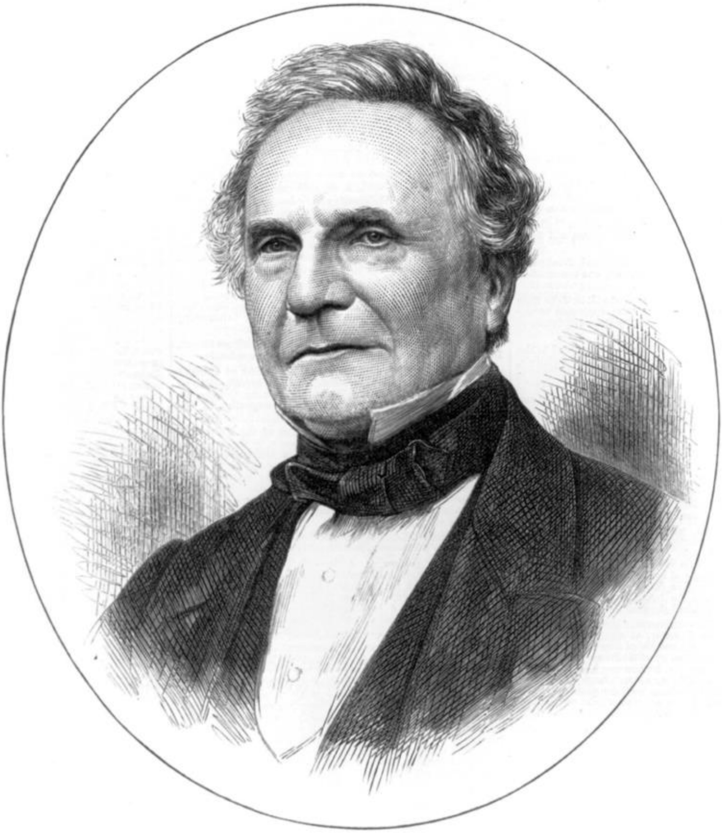
पुढील लेखांमधून आपण प्रामुख्याने सांख्यकी संगणन पद्धतीचीच अधिक माहिती मिळवणार आहोत, कारण आज आपल्या नजरेत संगणक किंवा वैयक्तिक संगणक (Personal Computer) म्हणून जे संयंत्र दिसते त्यात सांख्यकी संगणन पद्धत प्रामुख्याने वापरली आहे.

संगणकांची सामान्य माहिती देणाऱ्या या प्रकरणाच्या शेवटी साधर्म्य संगणक आणि सांख्यकी संगणक यामधील तुलनात्मक फरक पाहू.

साधर्म्य संगणक	**सांख्यकी संगणक**
प्रक्रियेचे साधर्म्य जुळविले जाते.	प्रक्रिया गणिताच्या स्वरुपात असते.
माहिती गोळा करतानाच माहितीचे निरंतर मापन केले जाते.	माहिती संख्येच्या स्वरुपात असते.
प्रक्रियेसाठी विशेषोपयोगी साधनांचा वापर केला जातो.	प्रक्रियेसाठी विविधोपयोगी साधनाचा उपयोग केला जातो.
प्रत्येक कार्याला विशेष साधन असल्याने एकाच वेळी विस्तृत प्रक्रिया होतात. (समांतर प्रक्रिया)	विविधोपयोगी साधनामुळे प्रक्रिया एका पाठोपाठ एक अशा एकाच साधनाने केल्या जातात. (अनुक्रमित प्रक्रिया)
अचुकता सामान्य असते.	अचुकता अतिसुक्ष्म करता येते.
संपुर्ण प्रक्रियेची एकरुप प्रतिमा होत असल्याने समकालीन संगणन होते.	गणिती प्रक्रियेच्या सांख्यकी प्रतिरुपामुळे सामान्यतः संगणन समकालीन नसते.
फक्त भौतिक स्वरुपातील माहितीवर प्रक्रिया केली जाते.	कोणतीही माहिती संख्यांच्या स्वरुपात मांडल्यास प्रक्रिया केली जाते.
मापन योग्य माहितीचे संगणन करण्यास सर्वाधिक समर्थ.	संख्याशास्त्रीय, शास्त्रीय अशा प्रकारच्या माहितीचे संगणन करण्यास समर्थ.

आधुनिक साधर्म्य संगणकात विद्युत् प्रवाहाचे भौतिक गोष्टींशी साधर्म्य साधले जाते. यासाठी अनेक प्रकारची उपकरणे आज उपलब्ध आहेत. नंतर या प्रवाहावर इतर विद्युत-अनीत-वाहक उपकरणांद्वारे प्रक्रिया केल्या जातात व निष्कर्ष विद्युत प्रवाहाच्या स्वरूपातच मिळतात. नंतर याच निष्कर्ष विद्युत् प्रवाहाचे रूपांतर हव्या असलेल्या स्वरूपात केले जाते.

आधुनिक सांख्यिकी संगणकात मात्र सर्व माहिती संख्यांच्या स्वरूपात घेतली जाते एकाच विद्युत परिमंडळातील प्रवाहाच्या कमी अधिक तीव्रतेचा उपयोग जसा साधर्म्य संगणकात केला जातो तसा इथे केला जात नाही, त्या ऐवजी अनेक विद्युत परि-मंडळांच्या उपयोगातून संख्या तयार केल्या जातात. यासाठी एक वेगळे संख्याशास्त्र वापरण्यात येते. या संख्याशास्त्राचा अभ्यास देखील आपण पुढील पाठातून करणार आहोत.



चार्ल्स बॅबेज – संगणकाचे अजोबा

संगणकाचे भौतिक घटक

संगणक म्हणजे काय हे जाणून घेताना आपण हे पाहिले आहे की संगणकाचे त्याच्या कार्यावरून तीन प्रमुख घटक पडतात.

१. आदान घटक २. प्रक्रिया घटक ३. तीन प्रदान घटक

आदान घटक संगणकाला करावयाच्या कार्यासंबंधी ची सर्व माहिती गोळा करतो आणि ती प्रक्रिया घटकाकडे पाठवितो. प्रक्रिया घटक या माहितीवर दिलेल्या सूचनांनुसार प्रक्रिया करतो आणि निष्कर्ष नोंदून ते प्रदान घटकाकडे पाठवतो. प्रदान घटक प्रक्रिया घटकाकडून आलेली माहिती संगणक संचालकास दर्शवितो.

उदाहरणार्थ आपण एक सामान्य कार्य कसे केले जाते हे पाहू. संगणकास जर काही संख्यांची सरासरी काढण्याची प्रक्रिया सोपवली तर हे कार्य खालीलप्रमाणे होत जाईल.

१. प्रथम आदान घटकाकडून प्रक्रिया घटकास पाठोपाठ येणाऱ्या सर्व संख्यांची बेरीज करण्याची व त्या एकूण संख्यांची मोजदाद करून तशी नोंद ठेवण्याची सूचना मिळेल.

२. प्रक्रिया घटक येणारी संख्या एका **स्वीकृती स्मरणिकेत** ठेवेल व **बेरजेच्या स्मरणिकेत** या संख्यांची बेरीज नोंद केली जाईल. सोबतच आणखी एका **मोज-स्मरणिकेत** संख्यांची मोज नोंदवून ठेवली जाईल.

३. आदान घटकाकडून संख्या संपल्याची सूचना मिळताच संख्यांच्या एकूण बेरजेला एकूण संख्यांच्या अंकाने भागून येणारे उत्तर, **उत्तर स्मरणिकेत** लिहिण्याची क्रिया प्रक्रिया घटक करील.

४. प्रक्रिया घटक उत्तराच्या स्मरणिकेतील माहिती प्रदान घटकाकडे पाठवील.

५. प्रधान घटक उत्तर दर्शविल.

या कार्यात प्रक्रिया घटकाला चार स्मरणिका वापराव्या लागल्या. त्यांचे व्यवस्थित भान ठेवून हीच क्रिया पुन्हा अभ्यासली तर पुढील प्रमाणे घडलेली असेल.

१. एकूण संख्येच्या स्मरणिकेत शून्य नोंद केली.

२. बेरजेच्या स्मरणिकेत शून्य नोंद केली.

३. संख्या स्वीकारण्याच्या स्मरणिकेत शून्य नोंद केली.

४. आदान घटका कडून येणारी संख्या, संख्या स्वीकारण्याच्या स्मरणिकेत नोंदविली.

५. बेरजेची स्मरणिका व संख्या स्वीकारण्याची स्मरणिका यांची बेरीज करून ती बेरजेच्या स्मरणिकेत नोंदविली.

६. एकूण संख्यांच्या स्मरणिकेत एकने वाढ केली.

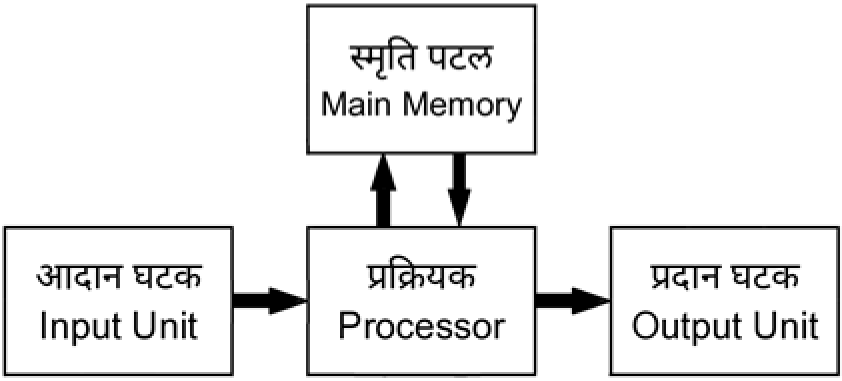
७. संख्या संपल्याची सूचना मिळाली नसल्यास (४) या प्रक्रियेपासून पुनःसंचालन करावयास घेतले. (संख्या संपल्याची सूचना मिळाली असल्यास पुढील प्रक्रिया केली जाईल.)

८. बेरजेच्या स्मरणिकेतील संख्येला एकूण संख्यांच्या स्मरणिकेने भागले व आलेले उत्तर, उत्तरांच्या स्मरणिकेत नोंदले.

९. उत्तरांच्या स्मरणिकेतील संख्या प्रदान घटकाकडे पाठविली.

वरील क्रमवार प्रक्रियांमध्ये एक-दोन-तीन व आठ यामधील प्रक्रियेत प्रत्येकी एक स्वतंत्र स्मरणिका वापरली आहे, म्हणूनच एकूण चार स्मरणिका वापरल्या गेल्या आहेत. या प्रक्रियेत दिलेल्या सर्व संख्या नोंदवून ठेवलेल्या नाहीत तर फक्त एकूण संख्या, संख्यांची बेरीज व सरासरी उत्तर या तीन व शेवटची संख्या उपलब्ध आहे. येथे सर्व संख्यांची नोंद हवी असल्यास प्रक्रियेत, प्रक्रिया आणि त्यांची संख्या वाढवावी लागेल. अशी नोंद मोठ्या संगणकीय कार्यात आवश्यक असेलच याशिवाय वरील उदाहरणात फक्त सर्व संख्यांची बेरीज हा एकच मध्यावधी निष्कर्ष काढला आहे, पण मोठ्या संगणकीय कार्यात अनेक मध्यावधी निष्कर्ष येतील. हे सर्व मध्यावधी निष्कर्ष पुढील प्रक्रियांसाठी नोंदवून ठेवावे लागतील. यावरून एक गोष्ट निश्चित होते की प्रक्रियकामधे प्रक्रिया करण्यासाठी आवश्यक असलेली सर्व माहिती आणि प्रक्रियांच्या मध्यात येणारे सर्व मध्यावधी निष्कर्ष नोंदवून ठेवण्यासाठी पुरेशा स्मरणिका आवश्यक आहेत. प्रक्रियांमध्ये स्मरणिकांची संख्या जितकी अधिकाधिक असेल तितके त्याचे नियंत्रण कठीण होत जाईल.

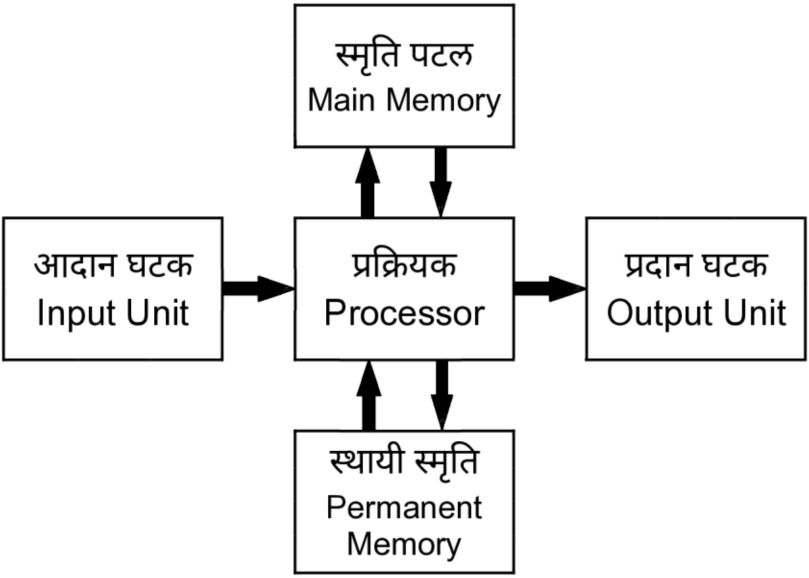
प्रक्रियकाची संरचना आणि त्याला द्यावयाच्या सूचना अधिक क्लिष्ट होत जातील. याहून अधिक महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे प्रक्रियकाला देण्याची सर्वच माहिती आणि सूचना प्रक्रियकाकडे क्रमवार द्याव्या लागतील. यामुळे प्रक्रियकाशी मानवी संवाद वाढेल व संगणक क्रियेचा वेग मंदावेल. संगणक खऱ्या अर्थाने स्वयंचलित यंत्र ठरणार नाही. या सर्व गोष्टी वरील सुलभ उपाय म्हणजे प्रक्रियकाला साथ-संगत करणारी एक वेगळी स्मृती यंत्रणा.



या यंत्रणेच्या अंतर्गत प्रक्रियकाला मोजक्याच स्मरणिका ठेवून प्रक्रियका पासून एक वेगळे स्मृतीपटल योजलेले असते. स्मृतीपटलावर प्रक्रियकाला लागणारी सर्व माहिती आणि सूचना लिहिल्या जातात. प्रक्रियक या सूचना आणि माहितीमधील आवश्यकता असेल तेंव्हा, जो हवा तो भाग वाचू शकतो. तसेच स्वतःकडील कोणतीही माहिती स्मृतीपटलावर कोणत्याही ठिकाणी लिहून ठेवू शकतो. स्मृतीपटल व प्रक्रियक यामध्ये असे संधान उपलब्ध असते.

संगणकातील सर्व घटक विद्युत-अनित-वहन तत्वावर आधारित असतात. संगणकाचे कार्य विद्युत प्रवाहाच्या शक्तीवर चालते. विद्युत प्रवाह खंडित झाल्यास संगणकाचे कार्य थांबते. पण त्याचबरोबर स्मृतीपटलावर लिहिलेली सर्व माहिती आणि सूचना पुसल्या जातात. ही माहिती आणि सूचना सामान्यपणे अनेक वेळा वापरावयाच्या असतात. शिवाय वैयक्तिक संगणक विविध उपयोगी असतो. एकदा एक संगणकीय कार्य पूर्ण झाले की संगणकाला दुसरे कार्य सोपवताना पहिल्या कार्याच्या सूचना आणि माहिती पुसून पुढील कार्याची माहिती व सूचना स्मृतीपटलावर लिहिली जाते. अशा प्रत्येक वेळी संगणकाच्या स्मृती पटलावरील माहिती आणि सूचना स्थायी स्वरूपात लिहून ठेवणे आवश्यक असते. अशा रीतीने स्मृती संरक्षित करण्यासाठी वापरण्याची यंत्रणा म्हणजे स्मृती-तबकडी. या स्थायी स्मृतीवर लिहिण्या-वाचण्याची क्रिया विद्युत प्रवाहाने करता यावी, परंतु विद्युत प्रवाह खंडित झाल्यावरही लिहिलेली माहिती पुसली जाऊ नये हे पाहणे आवश्यक आहे. अशा प्रकारचे काही विद्युत्प्रवाह लेखन विद्युत-चुंबकीय स्वरूपात करता येऊ शकते. त्यामुळे अशीच विद्युतचुंबकीय स्मृती लेखन यंत्रणा स्थायी स्मृती मध्ये केलेली असते. या योजनेमुळे संगणकात पुढील प्रमाणे सहा घटक येतात.

१. आदान घटक २. प्रक्रिया घटक ३. प्रदान घटक ४. स्मृतीपटल आणि ५. स्थायी स्मृती   असे एकुण पाच महत्वाचे घटक आले आहेत.



सर्वसाधारणपणे संगणकात हे पाच घटक येतात, परंतु अनेक वेळा काही आदान व काही प्रदान घटक एकत्रित तयार केलेले असतात. अशा घटकांना आप्रदान घटक (I/O Device) किंवा संवाद घटक (Communication Device) म्हणतात. संगणकाचे हे बहुतेक घटक एकमेकांशी सुसंवाद साधून कार्य करतात. संगणकांच्या या भौतिक घटकांचा अभ्यास करण्याचे शास्त्र म्हणजेच संगणकाचे भौतिक विज्ञान. वैयक्तिक संगणकाच्या आदान घटकात प्रामुख्याने कळपट (Keyboard), क्रिडा सुकाणू (Joy Stick), चल संवेदक (Mouse) अशा गोष्टी येतात. विशेष कार्यकारी संगणकात मात्र याहून निराळे असेही आदान घटक वापरले जातात. प्रदान घटकात पुढील गोष्टींचा प्रामुख्याने अंतर्भाव होतो. दृक-पटल यंत्र (Display Screen), छाप

यंत्र (Printer), रेखांकन यंत्र (Plotter), इत्यादी. प्रक्रियक हा विद्युत-अनित-वाहन शास्त्रावर आधारित अनेक यंत्रांचा बनलेला असतो. तर स्मृतीपटल देखील अशाच विद्युत-अनित-वाहक यंत्रांचे बनलेले असते. आजच्या संगणकात स्मृती-तबकडी (Memory Disk) विद्युतचुंबकीय तत्त्वावर आधारलेल्या असतात. यात पुढील गोष्टींचा समावेश आहे

१. चुंबकीय फीत (Magnetic Tape)

२. चुंबकीय मंजुषा (Magnetic Disk).

परंतु काही वर्षांपूर्वी स्थायी स्मृती म्हणून सच्छिद्र पत्र (Punched Card) किंवा सच्छिद्र फित (Punched Tape) या गोष्टींचा देखील वापर केला जात असे. या सर्व घटकांचा अधिक विस्तृतपणे अभ्यास केल्यास संगणक म्हणजे काय हे निश्चितपणे समजू शकेल.

सध्या २१व्या शतकात सच्छिद्र पत्र आणि सच्छिद्र फीत पुर्णतः नामशेष झाली आहे आणि चुंबकीय स्मृती देखील नामशेष होण्याच्या मार्गावर आहेत. त्या ऐवजी विद्युत-अनित-वाहक स्मृती (Semicunductor Memory) अवतरल्या आहेत.

संगणक घटकांतर्गत

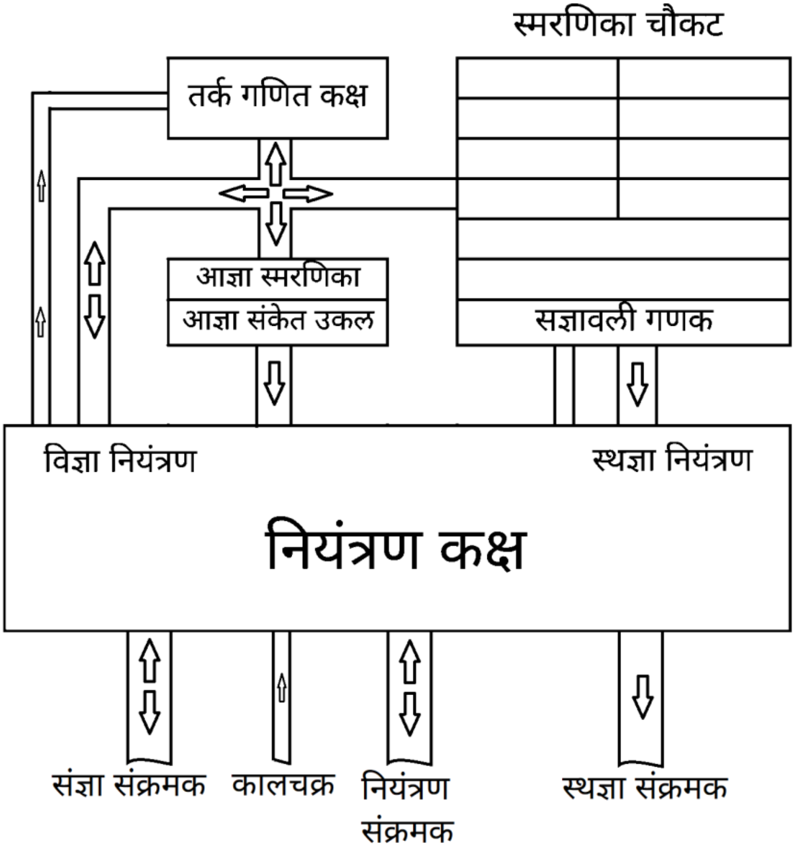
संगणकाचे पाच प्रमुख घटक आपण मागील पाठातून पाहिले. या सर्व घटकांच्या मधील मध्यवर्ती आणि महत्वाचा घटक म्हणजे प्रक्रिया घटक. संगणका विषयी अधिकाधिक माहिती मिळविताना सर्वप्रथम या प्रक्रिया घटकाचा सविस्तर अभ्यास करावा लागेल.

प्रक्रियक - संगणक ज्या माहितीवर प्रक्रिया करतो ती माहिती प्रक्रिया करण्यासाठी प्रक्रियकाकडे घेतली जाते. प्रक्रियक ही माहिती प्रक्रिया करण्यापूर्वी स्वतःजवळ नोंदवून ठेवतो. ही नोंद ठेवणारी प्रक्रियकाकडील यंत्रणा म्हणजे स्मरणिका. सामान्यपणे स्मरणिकेत ० ते २५५ पर्यंतची कोणतीही संख्या नोंदता येते. परंतु अनेक प्रक्रियकांमध्ये स्मरणिकांच्या जोड्या असतात. अशा एका जोड-स्मरणिकेत ० ते ६५५३५ पर्यंतची कोणतीही संख्या नोंदता येते.

सांख्यकी संगणकात सर्वच प्रक्रिया तर्क-गणित स्वरूपांच्या असतात. या प्रक्रिया करण्यासाठी प्रक्रियकाकडे एक महत्वाचा विभाग असतो. याला **तर्क-गणित कक्ष** (Arithmatic & Logic Unit - ALU) असे म्हणतात. बेरीज, वजाबाकी व आणखी काही तार्किक प्रक्रिया या कक्षाद्वारे केल्या जातात.

तर्क-गणित कक्ष, स्मृतीपटल, स्मरणिका, तसेच प्रक्रियकामधील स्मरणिका यांच्यात सतत माहितीची देवाणघेवाण होत असते. तसेच प्रक्रियकातील अंतर्गत स्मरणिकांत देखील आपापसात माहितीची देव-घेव करायची असते. या देव-घेव कार्याचे नियंत्रण करणे आवश्यक असते. तसेच तर्क-गणित कक्षात होणाऱ्या कार्याचे देखील नियंत्रण होणे

आवश्यक असते. या नियंत्रणाचे महत्त्वाचे स्वरूप असते ते देव-घेव कार्यात आणि तर्क-गणित प्रक्रियेत कालबद्धता निर्माण करणे. या नियंत्रण तसेच कालबंधन कार्यासाठी प्रक्रियांमध्ये एक महत्त्वाचा विशिष्ट भाग असतो. या विभागास **कालचक्र** आणि **नियंत्रण कक्ष** (Clock & Control Unit - CCU) असे म्हणतात.



प्रक्रियकाच्या आतील भागांची संरचना

प्रक्रियकाला लागणाऱ्या सर्व सूचना आणि माहिती स्मृतिपटलावर लिहून ठेवलेली असते. या सूचनांना संगणकीय **आज्ञा** (Instructions) म्हणून संबोधता येईल व माहितीला **विज्ञा** म्हणजे (Data) म्हणता येईल. आज्ञा व विज्ञा मिळून होणाऱ्या संकलित माहितीला **सज्ञा** म्हणता येईल. म्हणजेच स्मृतिपटलावर संगणकीय सज्ञा लिहिलेल्या असतात. या संज्ञा प्रक्रियकाला विशिष्ट क्रमाने द्यावयाच्या असतात. सज्ञा अशाप्रकारे क्रमवार संकलित करून ठेवल्या की त्यांना **सज्ञावली** किंवा (Program) म्हणतात.

सज्ञावलीतील एकेक आज्ञा आणि विज्ञा घेऊन प्रक्रियक प्रक्रिया करतो. यासाठी स्मृती पटलावरील सज्ञेचे स्थान प्रक्रियकाला ठाऊक असणे आवश्यक असते. याशिवाय प्रक्रियेदरम्यान प्रक्रियक स्वतःकडील कोणत्याही स्मरणिकेतील विज्ञा स्मृतीपटलावर कोणत्याही ठिकाणी लिहू शकतो. म्हणजेच प्रक्रियकाला स्मृतीपटलावरील कोणत्याही स्थानाचा निर्देश करणे शक्य असावयास हवे. प्रक्रियक स्मृतीपटलावर स्थान निर्देश करणारी विशेष विज्ञा यासाठी वापरतो. या विज्ञेला **स्थज्ञा** किंवा (Address) म्हणतात. प्रक्रियक कार्यान्वित असताना त्यास हव्या असलेल्या पुढील सूचनेच्या स्मृती पटलावरील स्थानाचे कायम भान ठेवतो. या कामासाठी एक विशेष यंत्रणा व एक विशेष स्मरणिका प्रक्रियकाकडे असते. या यंत्रणेस **सज्ञा नियंत्रक** (Address Control) व स्मरणिकेस **सज्ञावली गणक** किंवा (Program Counter) असे म्हणतात.

प्रक्रियक स्मृतीपटलाशी संवाद साधतांना प्रथम स्मृतिपटलाकडे स्थज्ञा पाठवून विशिष्ट स्थानाचा निर्देश करतो. त्यानंतर जर प्रक्रियकास

स्मृतिपटलावर सज्ञा वाचायची असेल तर निर्देशित स्थानावरील सज्ञा वाचतो व स्वतःकडील स्मरणिकेत घेतो, अथवा निर्देशित स्थानावर स्वतःकडील स्मरणिकेतील विज्ञा लिहीतो. या कार्यात प्रक्रियकाकडून स्मृतीपटलाकडे स्थज्ञा घेऊन जाणाऱ्या घटकास "**स्थज्ञा संक्रमक**" (Address Bus) असे म्हणतात तर स्मृतीपटल व प्रक्रियांमध्ये विज्ञाची ने-आण करणाऱ्या घटकास "**विज्ञा संक्रमक**" (Data Bus) असे म्हणतात. याचप्रमाणे नियंत्रणासंबंधीची जी माहिती प्रक्रियकाकडून दिली अथवा घेतली जाते त्या माहितीची ने-आण करणाऱ्या घटकास "**नियंत्रण संक्रमक**" (Control Bus) असे म्हणतात.

स्मृतिपटलावर असलेल्या सज्ञा एका विशिष्ट क्रमाने नोंदलेल्या असतात. प्रथम आज्ञा व आज्ञाच्या पाठोपाठ या आज्ञेस आवश्यक असलेली विज्ञा. जेव्हा स्मृतिपटलावरु सज्ञा प्रक्रियकाकडे येतात तेव्हा प्रक्रियकाला ती आज्ञा आहे की विज्ञा हे या विशिष्ट क्रमामुळेच समजते. प्रक्रियकाकडे येणारी ही आज्ञा असल्यास ती एका विशेष स्मरणिकेत लिहिली जाते. या स्मरणिकेस आज्ञा स्मरणिका (Instruction Register) असे म्हणतात. या स्मरणिकेचे ला जोडून एक विभाग असतो, या विभागात आज्ञेचा अर्थ लावला जातो व त्या प्रमाणे प्रक्रियकातील इतर घटकांना कार्यान्वयन आदेश आणि नियंत्रण संकेत दिले जातात. आज्ञेचा अर्थ लावणाऱ्या यंत्रणेस **संकेत उकल** म्हणजेच (Instruction Decoder) म्हणतात. संकेत उकल यंत्रणा नियंत्रण कक्षाला जोडलेली असते. नियंत्रण कक्षाला कालचक्र ही जोडलेले असते, हे आपण यापूर्वीच पाहिले आहे. या सर्व उपघटकांसह संपूर्ण प्रक्रियक हल्ली एका छोट्या अनितवाहक

तबकडीवर तयार केलेला असतो. याला सूक्ष्म प्रक्रियक म्हणजेच (Microprocessor) म्हणतात.

स्मृतीपटल – (RAM) अनेक स्मरणिकांचा एकसंघ संच म्हणजे स्मृतीपटल. सर्वसाधारणपणे स्मृतीपटलावर प्रत्येक स्मरणिकेत ० ते २५५ मधील कोणतीही संख्या नोंदवून ठेवता येते. स्मृतीपटलावर प्रत्येक स्मरणिकेचे स्थान निश्चित असते आणि या स्थानाचा निर्देश करून त्या स्मरणिकेत सज्ञा लिहिता किंवा वाचता येते. हे प्रक्रियकाची माहिती मिळवताना समजले आहेच. यासाठीच स्मृतीपटल प्रक्रियकांशी विज्ञा संक्रमक, अज्ञा संक्रमक व लेखन-वाचन-आप्रदान नियंत्रक यामार्फत जोडलेले असते. स्मृतिपटलावर एकूण किती स्मरणिका उपलब्ध आहेत हीच स्मृतिपटलाची क्षमता **किलो अष्टका** मध्ये म्हणजे (Kilobytes-KB) मधे मोजली जाते. एक किलोबाईट म्हणजे १०२४ अष्टके. स्मृतीपटलाची क्षमता जितकी अधिक तितकी मोठी किंवा क्लिष्ट कामे या प्रक्रियका मार्फत करविता येतात. अर्थात वापरात असलेल्या प्रक्रियकाच्या स्थज्ञा नियंत्रण क्षमतेवर म्हणजेच प्रक्रियकाच्या स्थज्ञा संक्रमकाच्या क्षमतेवर स्मृतीपटलाची क्षमता बऱ्याच अंशी अवलंबून असते. प्रक्रियक स्वतःच्या स्थज्ञा संक्रमका मार्फत जेवढे स्मृतीपटल निर्देशीत करू शकतो त्याहून मोठे स्मृतीपटल उपयोगात आणावयाचे झाल्यास स्मृतीपटल आणि प्रक्रियक यांच्या जोडणीतही एक वेगळी यंत्रणा वापरावी लागते. या यंत्रणेतून जो स्मृतीपटलाचा वाढीव भाग उपलब्ध होतो त्यास **विस्तारित स्मृती पटल** (Extended RAM) असे म्हणतात. प्रायोगिक संगणकात १६ KB पासून ६४ KB किंवा त्याहून अधिक क्षमतेचे स्मृतीपटल असते. घरगुती वैयक्तिक संगणकात

सामान्यपणे ६४ KB किंवा जवळपास क्षमतेचे स्मृतीपटल असते. मात्र वैयक्तिक संगणकात २५६, ५१२ KB किंवा याहूनही मोठे स्मृतीपटल असते. आदान घटकात अंतर्भाव असणाऱ्या गोष्टी आपण या लेखात पाहिल्या आहेतच. संगणक ज्या स्वरूपात माहिती स्वीकारतो आणि प्रक्रिया घटकास ज्या स्वरूपात माहिती हवी असते यात बरीच तफावत असते. उदाहरणार्थ कळपटास माहिती मिळते ती एखादी कळ दाबल्या जाण्याच्या स्वरूपात, परंतु कळपटाकडून प्रक्रियकाकडे मात्र त्या कळीची सांकेतिक संख्या दिली जाते. प्राप्त होणाऱ्या माहितीचे अशाप्रकारे परिवर्तन करण्याची यंत्रणा आदान घटकाकडे असते. सामान्यपणे संगणकाला एकापेक्षा अधिक आदान घटक जोडण्याची सोय केलेली असते. केंव्हा आणि कोणत्या आदान घटकांकडून माहिती स्वीकारायची याचे नियंत्रण प्रक्रियकाकडे असते. कांही आदान घटक नियंत्रण संक्रमका मार्फत नियंत्रण संकेताने प्रक्रियाकाचे स्वतःकडे लक्ष वेध देखील करून घेऊ शकतात. सामान्यपणे आदान घटक निवडीचा निर्देश प्रक्रियक स्थज्ञा संक्रमकावर प्रसारित करतो, आदान घटक या स्थज्ञेसह नियंत्रण संकेताची उकल करून हा संकेत त्याच्या करीता असल्यास स्वतःकडील उपलब्ध माहिती विज्ञा संक्रमकावर प्रसारित करतो. या सर्व यंत्रणा म्हणजेच माहितीचे सांख्यिकी परिवर्तन करणारी यंत्रणा, स्थज्ञा उकल यंत्रणा आणि लक्षवेधी यंत्रणा (Address decoding, Intrupt Generator) आदान घटक व प्रक्रियक यांच्यात मध्यस्थाची भूमिका बजावतात. या सर्व यंत्रणांना एकत्रितपणे आधार मध्यस्थ (Input Interface) असे म्हणतात.

आदान घटका प्रमाणेच प्रदान घटकाचे ही आयोजन असते. प्रक्रियकाकडून प्रदान घटकाकडे दिली जाणारी माहिती संख्यांच्या स्वरूपात असते पण प्रदान घटक मात्र हीच माहिती वेगळ्या स्वरुपात देतो. उदाहरणार्थ छाप यंत्राकडे प्रक्रियक संख्या पाठवितो परंतु छापयंत्र त्या संख्या अनुरूप अक्षरे किंवा चिन्ह कागदावर छापते. यासाठी प्रदान घटकाला प्रक्रियकाकडून येणाऱ्या सांख्यकी माहितीत हवे तसे परिवर्तन करून घ्यावे लागते. हे परिवर्तन करणारी यंत्रणा प्रदान घटकातच उपलब्ध असते. तसेच संगणकाला एकाहून अधिक प्रदान घटक जोडलेले असतात. यातील विशिष्ट प्रदान घटक निवडण्याचे नियंत्रण प्रक्रियकाकडे असते. या निवडीसाठी प्रक्रियक स्थज्ञा संक्रमकावर प्रदान घटक निवडीचा निर्देश प्रसारित करतो प्रदान घटक या संज्ञेची उकल करून हा निर्देश स्वतःकरता असल्यास विज्ञा संक्रमांकावर उपलब्ध असणारी माहिती स्वीकारून ती योग्य स्वरूपात प्रदान करतो. आदान मध्यस्था सारखीच ही सज्ञा उकल यंत्रणा आणि आलेल्या माहितीचे योग्य परिवर्तन करणारी यंत्रणा प्रदान घटक व प्रक्रियक यांच्यात मध्यस्थी करते म्हणूनच या यंत्रणेत प्रदान मध्यस्थ (Output Interface) म्हणतात. अनेक वेळा संगणकास काही आदान व काही प्रधान घटक एकत्रितपणे योजलेले असतात. अशा वेळी प्रक्रियक व आप्रदान घटक यांच्या मधील मध्यस्थाला आप्रदान मध्यस्थ (I/O Interface) असे म्हणतात.

आप्रदान घटकांमधे आदान व प्रदान अशा दोन्ही क्रिया होत असल्याने या क्रियांना संगणकिय संवाद (Computer Communication) असेही संबोधले जाते.

प्रदान घटक प्रक्रियकाशी दोन प्रकारांनी संवाद करतात. **समन्वयीत संवाद** म्हणजे (Parallal Communication) आणि **अनुक्रमित संवाद** म्हणजे (Serial Communication). या दोन संवाद प्रकारांची माहिती आपणास पुढील लेखातून मिळेलच. संवाद साधण्याच्या प्रदान घटकांच्या पद्धती अनुसार प्रदान मध्यस्थांची यंत्रणा देखील बदलत असते. यामुळेच संवाद प्रकारावरून नही मध्यस्थांचे वेगवेगळे प्रकार पडतात. उदाहरणार्थ समन्वयीत संवाद मध्यस्थ व अनुक्रमिक संवाद मध्यस्थ. सामान्यपणे वैयक्तिक संगणकास काही आवश्यक आदान-प्रदान घटक मूलतः जोडलेले असतात. यात कळपट, दृकपटल इत्यादी घटक येतात. परंतु काही अधिक आप्रदान घटक जोडण्यासाठी विविध उपयोगी असे सामान्यत प्रदान मध्यस्थ संगणकाला जोडलेले असतात किंवा सहज जोडता येतात. हा मध्यस्थ एका बाजूने प्रक्रियकाला जोडला जातो व दुसऱ्या बाजूस प्रदान घटकांसाठी विशेष जोडणी उपलब्ध असते. या जोडणीला संवाद तळ किंवा (Communication Port) असे म्हणतात. असे विशेष संवाद तळ संवादाच्या दोन्ही प्रकारात म्हणजेच समन्वय संवाद व अनुक्रमित संवाद यासाठी उपलब्ध असतात.

स्थायी स्मृतीसाठी आधुनिक संगणकात विद्युत-चुंबकीय फीत किंवा मंजुषा वापरलेली असते. लहान अथवा घरगुती संगणकात सामान्यपणे ध्वनी लेखना साठी वापर करण्यात येणारे चुंबक फीत डबी (Audio Magnetic Tape Cassette) वापरली जाते तर मोठ्या संगणकात चुंबक फीतीची मोठी गुंडाळी (Magnetic Tape Spool) वापरली जाते. तसेच चुंबकीय मंजुषेचे दोन प्रमुख प्रकार आहेत. एका प्रकारात पातळ प्लास्टिकच्या तबकडीवर चुंबकीय विलेपन करून तयार केलेली

मंजुषा चांगल्या कागदी वेष्टनात अथवा प्लास्टिकच्या वेष्टनात बसवलेली असते, हिला लवचिक मंजुषा किंवा (Floppy Disk) म्हणतात. तर अचुंबकीय धातूच्या तबकडीवर चुंबकीय विलेपन करून ती धातूच्या वेष्टनात बसवून कठीण मंजुषा म्हणजेच (Hard Disk) तयार होते. लवचिक मंजुषा हवी असेल तेव्हा उपयोग कर्ता स्वतः बदलू शकतो, मात्र कठीण मंजुषा यंत्रात कायमस्वरूपी बसवलेली असते.

APPLE II COMPUTER / CA. 1980

संगणकीय संख्या निर्मिती

संगणकातील भौतिक घटकांची आणि त्यातील अंतर्गत घटकांची माहिती आपण आता पर्यंत मिळविली. या भौतिक घटकांमुळे संगणकाचे कार्य चालते. पण हे कार्य ज्यावर चालते ती माहिती मात्र भौतिक स्वरुपाची नसते. ज्या सूचना दिल्या जातात त्या सुचनाही भौतिक स्वरुपांच्या नसतात. भौतिक गोष्टीहून निराळ्या अशा मानवी बुद्धीच्या तर्कशुद्ध संकल्पनांच्या स्वरुपात या गोष्टी असतात. याच तर्कशुद्ध बौद्धिक संकल्पनांच्या संचातून तयार होतात संगणकाचे अभिभौतिक घटक.

या पुढील लेखातून संगणकाच्या अभिभौतिक घटकांचा अभ्यास आपण करणार आहोत. या घटकाच्या निर्मितीतील मूलभूत सूक्ष्म घटक म्हणजे संगणकीय संख्या. या संख्या मधून मिळणारे अक्षर संकेतही पाहू.

आपण जगभर अंकगणितात दशमान संख्या वापरतो. या संख्या पद्धतीत कोणतीही संख्या निर्देशीत करण्यासाठी ०, १, २, ३, ४, ५, ६, ७, ८, ९ या दहा चिन्हांचा आपण वापर करतो उदाहरणार्थ सतरा = १७, दोनशे पासष्ट = २६५, तीन हजार आठशे चौऱ्याण्णव = ३८९४ इत्यादी.

विद्युत प्रवाहातून असे निश्चित स्वरुपाचे संकेत तयार करणे संगणकासाठी आवश्यक आहे. कारण आजचा संगणक हा विद्युत संचलित आहे. ज्या संकेतात कदापि बदल होणार नाही असे निश्चित संकेत म्हणजे विद्युत मंडलात “प्रवाह आहे” आणि “प्रवाह नाही”. या दोनच संकेतांपासून सर्व संख्या तयार करण्यासाठी प्रथम आपण दशमान संख्या निर्मिती त्यादृष्टीने तपासून पाहू. दशमान पद्धतीत संख्या मोजताना (०) शून्य ते (९) नऊ या खुणा नियोजित क्रमाने येतात आणि

शून्य ते नऊ इतकी अंक गणना होते. यापुढे अंक गणना करण्यासाठी दहा चिन्ह पैकी १ हे चिन्ह प्रथम लिहून मग त्यापुढे शून्य ते नऊ पैकी एक चिन्ह लिहिण्याचा क्रम येतो. यातून १० ते १९ म्हणजेच अंकगणना होते. यानंतर २ हे चिन्ह प्रथम लिहून पुढे शून्य ते नऊ पैकी एक चिन्ह येते व २० ते २९ अंकगणना होते. याच प्रकारे ०० ते ९९ पर्यंत अंकगणना दोन चिन्हांच्या एकत्रित उपयोगातून मिळते. तीन चिन्ह एकत्र करुन ९९९ पर्यंत आणि चार चिन्हांना योजून ९९९९ पर्यंत मोजणी करता येते. याच पद्धतीने आपण अनंत संख्या लिहू शकतो. आता हेच तत्व फक्त दोन चिन्ह वापरुन उपयोगात आणावयाचे आहे. विद्युत प्रवाह 'नाही' म्हणजे '०' आणि विद्युत प्रवाह 'आहे' म्हणजे '१'. असे संकेत मानुन शून्य व एक या चिन्हांतून दशमान पद्धती प्रमाणेच संख्या तयार करावयाच्या आहेत. या संख्या खालील प्रमाणे तयार होतील.

दशमान	दोन अंकी	तीन अंकी	चार अंकी संख्या
००	० ०	० ० ०	० ० ० ०
०१	० १	० ० १	० ० ० १
०२	१ ०	० १ ०	० ० १ ०
०३	१ १	० १ १	० ० १ १
०४		१ ० ०	० १ ० ०
०५		१ ० १	० १ ० १
०६		१ १ ०	० १ १ ०
०७		१ १ १	० १ १ १
०८			१ ० ० ०
०९			१ ० ० १
१०			१ ० १ ०
११			१ ० १ १
१२			१ १ ० ०
१३			१ १ ० १
१४			१ १ १ ०
१५			१ १ १ १

दशमान पद्धतीत १० चिन्हे असल्याने या पद्धतीस दशमान (Decimal) म्हणतात. तद्वतच या पद्धतीत दोनच चिन्हे असल्याने या पद्धतीला **द्विमान पद्धत** म्हणजे (Binary System) म्हणतात. जसे दशमान पद्धतीत दोन अंकी संख्या मध्ये ०० ते ९९ इतक्या संख्या होतात तर तीन अंकी संख्या मध्ये ००० ते ९९९ इतक्या संख्या होतात. तसेच या द्विमान पद्धतीत दोन अंकी ०० ते ११ व तीन अंकी ००० ते १११ अशा संख्या मिळतात. दशमान संख्यामध्ये वापरलेल्या चिन्हांना अंक म्हणतात द्विमान संख्यांची दोन चिन्ह विद्युत परिमंडळातून मिळत असल्याने त्यांना "विद्युत परिमंडळ एकक" यातील पहिल्या अक्षरा पासून बनलेल्या "**विपक**" (Bit) या शब्दाने ओळखता येईल. चार विपकांनी बनलेल्या संख्या ०००० ते ११११ या (० ते १५ दशमान) संख्या तयार होतील. आठ विपकातून ० ते २५५ (दशमान) संख्या मिळतील. आठ विपकांच्या संख्येला "अष्टक" म्हणजेच (Byte) म्हणतात. म्हणजेच एका अष्टकाची दशमान किंमत ० ते २५५ च्या दरम्यान असते. संगणकाच्या स्मरणिकेत अथवा स्मृतीपटलाच्या एका स्थानावर एक अष्टक नोंदून ठेवता येते. म्हणूनच स्मृतिपटलावरील एका स्थानावर ० ते २५५ दरम्यानची कोणतीही संख्या नोंदवता येते असे आपण यापूर्वीच्या लेखात वाचले आहे. याच अष्टकातून मिळणाऱ्या ० ते २५५ संख्यांतून संगणकातील प्रक्रियक स्वतःला लागणाऱ्या सर्व माहिती व सूचना घेतो. याच अष्टकाच्या स्वरुपात स्मृतिपटलावर प्रक्रियकाला देण्याची माहिती संकलित केलेली असते.

सांख्यिकी संगणकातील प्रक्रियक, प्रक्रियकातील स्मरणिका मधील संख्या वरच प्रक्रिया करतो. या स्मरणिकां मधे ज्या संख्या असतात त्या

एका अष्टकाचा स्वरुपातच म्हणजे ० ते २५५ च्या दरम्यान असते. परंतु आपणास संगणकाकडून त्याहून कैक पटीने मोठ्या असलेल्या संख्या वर प्रक्रिया करावयाच्या असतात. या संख्या एका अष्टका एवजी दोन किंवा चार अष्टकात लिहिल्या जातात व स्मृतीपटलावर ही अष्टके विशिष्ट क्रमाने लिहिली जातात. संगणकाचे हे एक वेगळेच संख्याशास्त्र आहे. संगणकाच्या द्विमान संख्याशास्त्राचा अभ्यास म्हणजे संगणकशास्त्राचा एक मोठा भाग आहे परंतु हा भाग या पाठ्यक्रमाच्या कक्षेबाहेरचा आहे. ही एवढीच माहिती संगणकाच्या अभिभौतिक घटकाच्या अभ्यासासाठी पुरेशी आहे. सांख्यकी संगणकास देण्यात येणारी सर्व माहिती व सूचना संख्यांच्या स्वरुपात असतात, मात्र आपणास संगणकाकडून करुन घ्यावयाची कामे मात्र पुर्णतया वेगळ्या स्वरुपाची असतात. गणिती प्रक्रिया बरोबरच अनेकदा संगणक, शब्दातील माहितीचे व्यवस्थित संकलन करण्याचे कामही करत असतो. यासाठी संगणकास मानवी भाषेतील अक्षरे आणि चिन्हे यांची ओळख करुन देणे आवश्यक आहे. यासाठी एका अष्टकातून मिळणाऱ्या ० ते २५५ संख्यांपैकी ३२ ते १२७ या संख्यांना विशेष अक्षरे व चिन्हांचे संकेत दिले आहेत. तसेच ०० ते ३१ या संख्यांना विषेश नियंत्रण संकेत दिले आहेत. हे संकेत प्रथम अमेरिकेत तयार केले व त्यानंतर जगभर ग्राह्य धरण्यात आले यामुळे याला अमेरिकेत अक्षर संकेत प्रमाण (**A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange - ASCII) म्हणतात.

संगणकातील कोणत्याही भौतिक घटकात अष्टक नोंदण्यासाठी आणि अष्टका ची देवाण घेवाण करण्यासाठी आठ विद्युत मंडलांचे आयोजन करावे लागते, कारण एका विद्युत मंडळातील प्रवाह नाही = ० आणि

प्रवाह आहे = १ या संस्थेतून एक विपक म्हणजे (Bit) मिळेल. यामुळे संगणकास जेव्हा बाहेरील आप्रदान घटकांशी संवाद करावयाचा असतो तेव्हा संगणक व आप्रदान घटक यांच्यामध्ये आठ विद्युत मंडलांची जोडणी करणे आवश्यक होते. याशिवाय काही नियंत्रण संकेत मंडलांची जोडणी देखील याबरोबर आवश्यक असते. संगणकांचा बाह्य यंत्रांशी होणारा संवाद "समन्वयित संवाद" व "अनुक्रमिक संवाद" या दोन पद्धतीने होतो हे आपण मागील पाठात वाचले आहे. विद्युत मंडलांतून संख्या निर्मिती अभ्यासल्या मुळे या पद्धती आता आपणास नीट समजू शकतील. संगणक संवाद जोडणीत अष्टकातील प्रत्येक विपकाच्या वहनासाठी वेगळे विद्युत मंडल वापरले जाते आणि आठही विपकांचे वहन आणि नोंदणी एकाच वेळी होते व त्यांच्या समन्वयातून एक अष्टक एकदम दिले-घेतले जाते. अशा प्रकारच्या जोडणी मार्फत होणारा संवाद म्हणजे "समन्वयित संवाद". या प्रकारात आठही विद्युत मंडले तसेच नियंत्रण संकटासाठी असलेली अधिक विद्युत मंडले ही सर्व मंडले विद्युत गुणांविषयी सूक्ष्मपणाने सणान असणारी असावी लागतात. त्यामुळे समन्वयित जोडणीने जोडलेला आप्रदान घटक संगणकापासून अधिक दूर ठेवता येत नाही. कारण अष्टका साठीची आठ व नियंत्रण संकेतासाठी योजलेली विद्युत मंडले यामधे सर्व विद्युत गुण-विशेषांचे सूक्ष्मतेने समान असणे कठीण असते, तर यापेक्षाही अधिक विद्युत मंडलांचे आयोजन अधिक अंतरापर्यंत वास्तविक होत नाही.

आप्रदान घटक जेव्हा संगणकापासून अधिक अंतरावर स्थित असतो तेंव्हा अष्टकातील प्रत्येक विपकासाठी वेगवेगळे विद्युत मंडळ न योजता एकाच विद्युत मंडळातून एकापाठोपाठ एकेका विपकाचे व नियंत्रण

संकेताचे वहन विशिष्ट क्रमाने करणे अधिक सोयीचे ठरते. यामुळे एक विद्युत् मंडल प्रदान संकेतासाठी, एक विद्युत मंडल आदान संकेतासाठी व अन्य विद्युत मंडले नियंत्रण ठेवण्यासाठी अशा योजनेने एकूण विद्युत मंडलांची संख्या निम्म्याहून कमी केली जाते. या प्रकारच्या संवादात अष्टकातील विपकांचे वहन एकाच वेळी न होता अनुक्रमाने होत असल्याने या संवादाचा अनुक्रमिक संवाद म्हणतात. येथे संगणक व आप्रदान घटकांत विपकांचा व नियंत्रण संकेतांचा क्रम निश्चित असावा लागतो. तसेच या अनुक्रमाने एकापाठोपाठ येणाऱ्या प्रत्येक ० व १ या संकेतांचा कालावधी निश्चित असावा लागतो. म्हणजेच पर्यायाने विपक वाहनाचा वेग निश्चित असावा लागतो. हा वेळ एका संकटात अमुक-अमुक विपक, म्हणजेच विपक-प्रति-सेकंद अशा परिमाणात मोजला जातो. या प्रमाणाला अनुक्रमिक संवादाची संकल्पना शोधणाऱ्या एमिली बोडॉट या शास्त्रज्ञाच्या नावावरुन **बॉड** असे संबोधण्यात येते उदाहरणार्थ १२०० विपक प्रति सेकंद म्हणजे १२०० बॉड. अनुक्रमित संवादाच्या आयोजनामुळ संगणक दुरस्थ आप्रदान घटकाशी अथवा दुरस्थ संगणकाशी दूरध्वनी यंत्रणेद्वारे देखील सुसंवाद साधू शकतो.

आजचा संगणक पुर्वीच्या संगणकापेक्षा अतिशय वेगवान झाला असल्याने माहितीच्या वहनाचा वेग “बॉड” मधे मोजणे कालबाह्य झाले आहे. त्या ऐवजी हा वेग आता १०००,००० अष्टके प्रति सेकंद (MB) इतक्या प्रचंड मोठ्या प्रमाणात मोजला जातो.

संगणकाचे अभी भौतिक घटक

स्मृती पटलावरील सज्ञां मधे प्रथम आज्ञा आणि त्या आज्ञांच्या पाठोपाठ आवश्यक विज्ञा असा निश्चित क्रम असतो हे आपण पाहिलेच आहे. स्मृतीपटलावर स्थानांना स्थज्ञा मार्फत निर्देशित करून त्या स्थानावरील सज्ञा प्रक्रियकाला मिळते हेही आपण यापूर्वी पाहिले आहे. ही स्थाने ० स्थज्ञेने सुरुवात होतात आणि स्मृती पटलावरील अखेरच्या स्थानापर्यंत क्रमवार मोजसंख्यांच्या स्वरूपात स्थज्ञेने निर्देशीत केली जातात.

संगणकाला विद्युत पुरवठा सुरू करताना प्रक्रियकातील सर्व स्मरणिका रिक्त असतात म्हणजेच त्यांच्या ० ही संख्या असते. सज्ञावली गणक स्मरणिकेतही ० हीच संख्या असते. हीच ० स्थज्ञा स्मृतिपटलाकडे पाठवून प्रक्रियक पहिली आज्ञा स्वतःकडे घेतो व या आज्ञेची संकेत उकल करून त्या अनुसार कार्यान्वयन करतो. हे कार्य होत असताना प्रक्रियकातील सज्ञावली गणकात पुढील आज्ञेची स्थज्ञा तयार होते. पहिल्या आज्ञेचे कार्यान्वयन संपताच प्रक्रियक सज्ञावली गणकातील स्थज्ञेनुसार स्मृतीपटलावरील पुढील सज्ञा आज्ञा स्मरणिकेत घेतो. या कार्याची पुनरावृत्ती होत राहते व संगणक कार्यरत राहतो.

सामान्यपणे सर्व प्रक्रियकांच्या बाबतीत आज्ञेच्या स्वरूपात ० ही संख्या आल्यास त्याचा अर्थ “काही न करता पुढे जा” असा होतो. या आज्ञापालनात फक्त सज्ञावली गणकात पुढील आज्ञेची स्थज्ञा तयार करण्याची क्रिया केली जाते. ० ही संख्या स्मृतीपटलावर असणे म्हणजे स्मृतीपटलावरील हे स्थान रिक्त असण्यासारखे आहे. यावरून एक गोष्ट सिद्ध होते ती ही की स्मृतीपटल पूर्णपणे रिक्त असेल तर संगणक

काहीही करू शकणार नाही. म्हणजेच संगणकातील प्रक्रिया घटकाला वीजपुरवठा सुरू करण्यापूर्वी स्मृतीपटलावर सज्ञा लिहिलेली असावयास हवी. असे करणे बरेच कठीण होईल, कारण त्यासाठी प्रक्रियकास वीज पुरवठा सुरू होण्याआधीच स्मृतीपटलावर लेखन करणारी वेगळी यंत्रणा तयार करावी लागेल. असे करण्याऐवजी वैयक्तिक संगणकात स्मृती पटलाचा पहिला थोडासा भाग विशेष प्रकारच्या स्मृतीचा बनविला जातो. या स्मृतीवर एकदा लिहिलेली माहिती विद्युत पुरवठा बंद केल्यावर सुद्धा पुसली जात नाही. या विशेष प्रकारच्या स्मृतीस **स्मृती लेख** (ROM) असे म्हणतात. या स्मृती लेखात संगणक सुरु करताच संगणकास द्यावयाच्या काही मूलभूत सज्ञा लिहिलेली सज्ञावली असते. हा स्मृती लेख आणि त्यातील सदैव उपलब्ध सज्ञावलीमुळे आता संगणकास वीजपुरवठा सुरू करतात संगणक व्यवस्थित सुरू होतो व या स्मृती लेखातील सज्ञावली अनुसार कार्यान्वयन सुरू होते. या मूलभूत सज्ञावली मार्फत खालील कार्य करून घेतली जातात.

१. स्थायी स्मृती कडून काही विशेष सज्ञावली घेऊन त्या स्मृतीपटलावर विशेष ठिकाणी लिहिणे व त्यांचे योग्य वेळी कार्यान्वयन करणे.

२. संगणकाच्या कळपटा कडून माहिती घेऊन ती स्मृतिपटलावर लिहिणे व त्यावरून पूर्वनियोजित संकेताप्रमाणे कार्य करणे ... इत्यादी.

या मूलभूत सज्ञावलीस तिच्या वरील कार्यामुळेच **आप्रदान प्रारंभ सज्ञावली (आप्रास**) (Basic Input Output Software – BIOS)

असे म्हणतात. आप्रदान प्रारंभ सज्ञावलीत सामान्यतः सर्वप्रथम संगणकातील प्रमुख भौतिक घटकांची तपासणी करून त्यासंबंधीचे निष्कर्ष दाखवणाऱ्या सज्ञावली देखील असतात. मात्र अशा तपासणीस सज्ञावली लहान किंवा घरगुती वैयक्तिक संगणकात असतातच असे नाही.

स्मृति लेखात आप्रदान प्रारंभ सज्ञावली असलेला संगणक सुरू करताच आप्रास चे कार्य सुरू होते. त्यामुळे संगणकाचे भौतिक घटक तपासले जातात व त्याची माहिती दृक-पटलावर दिली जाते. अर्थात त्यासाठी दृक-पटलाच्या चाचणीत दृक-पटलाचे घटक निर्दोष आढळलेले असावेत. त्यानंतर आपणास स्थायी-स्मृती वरील विशेष स्थानावरील एक विशेष सज्ञावली स्मृतीपटलावर विशिष्ट ठिकाणी लिहितो व तिचे कार्यान्वयन सुरू करतो. या विशेष सज्ञावलीचे कार्य असते संगणकातील आदान-प्रदान घटकांचे कार्य नियंत्रण करणे, तसेच स्थायी-स्मृती व वरील माहितीची योग्य प्रकारे देवाण-घेवाण करणे, स्थायी-स्मृती वरील माहितीचे व्यवस्थित नियोजन करणे इत्यादी. म्हणजेच संपूर्ण संगणकाच्या कार्याचे व भौतिक घटकांचे योग्य नियोजन करणे. या कार्याला दुसऱ्या शब्दात “कार्यकारी पर्यवेक्षण” म्हणता येईल म्हणूनच या विशेष सज्ञावलीस **कार्यकारी पर्यवेक्षिका** (Operating System) म्हणतात. या कार्यकारी पर्यवेक्षिके मुळे संगणकातील सर्व घटकांचा संवाद योग्य तऱ्हेने होतो. छोट्या किंवा घरगुती संगणकात अनेक वेळा घरगुती ध्वनी-लेखन-चुंबकीय फीत स्मृती म्हणून वापरण्यात येते, त्यामुळे या संगणकात कार्यकारी पर्यवेक्षिका अशा स्थायी समिती कडून घेणे व्यवहार्य नसते त्यामुळे कार्यकारी पर्यवेक्षिका आप्रास सज्ञावली प्रमाणेच

स्मृती लेखात लिहिलेली असते. अशावेळी आप्रास सज्ञावली कळपटा कडून माहिती घेण्यापुरती ती व तिचे स्मृतिपटलावर योग्य प्रकारे नियोजन तसेच स्मृती पटलावर योग्य प्रदान करण्याचे कार्यकर्ते व हे कार्य बरेचसे कार्यकारी पर्यवेक्षिका हे सारखेच असते त्यामुळे अशा संगणकात प्रधान प्रारंभ अज्ञावली नसल्यासारखीच असते ती कार्यकारी प्रणाली याचिकेच्या आरंभीच संलग्न असते

आपण हे पूर्वीच अनेक वेळा पाहिले आहे की संगणकाला म्हणजेच प्रक्रियकाला द्यावयाच्या सर्व संज्ञा केवळ ० ते २५५ यामधील संख्यांच्या स्वरूपात असतात. अक्षर संकेतही यातूनच तयार होतात व लहान-मोठ्या सर्व संख्यादेखील यातूनच मिळतात. संगणक संचालकाला जे काही कार्य संगणकाकडून करून घ्यावयाचे असते त्यासाठी लागणारी सर्व माहिती व सूचना या प्रक्रियकाला समजणाऱ्या आज्ञा व विज्ञा, ज्या विज्ञां मधे लहान मोठ्या संख्यांची अष्टके व अक्षर संकेत प्रमाणानुरुप अष्टके यांचा समावेश होतो. यांची प्रक्रियकाच्या तर्क-गणिती स्वरूपात मांडणी करून अज्ञावली लिहावी लागते. जेव्हा हीच अज्ञावली पूर्णतया प्रक्रियकाला समजणाऱ्या संख्यांच्या स्वरूपातच लिहिली जाते, तेव्हा तिला **यंत्र भाषा** (Machine Language) म्हणतात.

प्रक्रियकांच्या यंत्र भाषेत अज्ञावली लिहितांना मूळ कार्याची प्रक्रियकाच्या प्रक्रिया करण्याच्या स्वरूपाअंतर्गत पुनर्मांडणी करावी लागते. नंतर या मांडणीचे प्रक्रियाकाच्या आज्ञांच्या संख्या व त्यापाठोपाठ आवश्यक विज्ञा लिहून अज्ञावली पूर्ण करावी लागते. या विज्ञां मध्ये लहान-मोठ्या संख्यामध्ये मोडणारी अष्टके आणि अक्षर संकेत अष्टके योग्य ठिकाणी योग्य प्रक्रियांसाठी योजावी लागतात. या सर्व गोष्टींचे भान ठेवून यंत्र-

सज्ञावली लिहून ती संगणकास पुरवणे फारच जिकिरीचे काम आहे. या कार्यात फक्त अष्टके आणि अष्टकेच असतात, आणि तरीही प्रत्येक ठिकाणी त्या-त्या स्थानाला अनुरुप त्यांचे अर्थ वेगवेगळे असतात. त्यामुळेच ही क्लिष्टता वाढते. या कार्यात सुलभता आणण्यासाठी प्रक्रियांच्या आज्ञार्थ संख्यांना म्हणजेच अष्टकांना मानवी भाषेशी जुळणारी विधाने देऊन संगणक सज्ञावली या विधानांद्वारे लिहिली जाते. नंतर या सज्ञावलीतील विधानांसाठी प्रक्रियकाच्या आज्ञार्थ संख्या लिहिण्यासाठी एका विशेष सज्ञावलीचा उपयोग केला जातो. या संज्ञावलीस **विधान परिवर्तक** (Assembler) असे म्हणतात. आणि विधानांच्या उपयोगातून सज्ञा व लिहून संगणकाशी संवाद होतो, म्हणून या संवाद प्रकाराला **विधान भाषा** (Assembly Language) म्हणतात. येथे प्रथम विधान भाषेत संज्ञा व लिहून नंतर तिचे विधान परिवर्तकाकडून परिवर्तन करून घेऊन मिळणाऱ्या यंत्र सज्ञावलीचे कार्यान्वयन केले जाते. यामुळे सुरुवातीला सज्ञा व लिहिणे आणि तिचे परिवर्तन करणे यात वेळ जात असला तरी नंतरचे कार्यान्वयन अतिशय सुलभ आणि वेगवान असते. वारंवार उपयोगात येणाऱ्या आणि बदलाची आवश्यकता नसणाऱ्या संगणकीय कार्यासाठी अशाप्रकारे सज्ञावली लिहिणे फारच सोयीचे ठरते.

यंत्र भाषा आणि विधान भाषा संगणकाच्या निम्नस्तरीय भाषा म्हणून ओळखल्या जातात. कारण त्या विशिष्ट प्रक्रियकासाठीच लिहिलेल्या असतात. एका प्रक्रियासाठी लिहिलेली विधान सज्ञावली दुसऱ्या प्रक्रियका वर चालत नाही. शिवाय प्रक्रियक फक्त तर्क-गणित करीत असल्याने प्रत्यक्ष संगणकास सोपवण्याचा कार्याची निव्वळ तर्क-गणित

स्वरूपात मांडणी करून त्यानुसार यंत्र भाषेत अथवा विधान भाषेत सज्ञावली लिहिणे हे क्लिष्ट आणि कठीण तसेच वेळ दवडणारे काम ठरते.

संगणकास द्यावयाचे कार्य प्रथम इंग्लिश भाषेशी साधर्म्य असलेल्या मोजक्या आणि नेमक्या शब्दात क्रमवार लिहून मग या कार्य-क्रमाची तर्क-गणित स्वरूपातील मांडणी व त्या नुसार यंत्र भाषेत अज्ञावली लिहिण्याची क्रिया संगणकामार्फत करून घेता आली, तर मात्र संगणकाचे संचालन फारच सुलभ होईल. हीच कल्पना साकार होते संगणकाच्या उच्चस्तरीय भाषेत. या कल्पक संयोजनेप्रमाणे संगणकाच्या कार्याची क्रमवार सूची प्रथम तयार केली जाते. नंतर ही सूची विशिष्ट उच्चस्तरीय भाषेत वापरण्यात येणाऱ्या नेमक्या आणि मोजक्या इंग्लिश सदृश्य शब्दांनी बनलेल्या लहान-लहान वाक्यात लिहिली जाते. ही उच्चस्तरीय भाषेतील सज्ञावली नंतर संगणकाच्या दुसऱ्या विशिष्ट संज्ञावलीकडून तर्क-गणित स्वरूपात मांडली जाऊन तिचे यंत्र-भाषेत रूपांतर व कार्यान्वयन होते. ही विशिष्ट संज्ञावली उच्चस्तरीय भाषेतील सज्ञावली व प्रक्रियांची यंत्र-भाषा यामध्ये मध्यस्थाचे काम करते. या मध्यस्थाशिवाय अशा उच्चस्तरीय भाषेत संगणकाशी संवाद साधणे अशक्य असते. संगणकाच्या उच्चस्तरीय भाषेचे मध्यस्थ दोन प्रकारचे आहेत. एका प्रकारात मध्यस्थ आपण उच्चस्तरीय भाषेत दिलेल्या एकेका सूचनेची तर्क-गणित नोंदणी त्वरीत करतो व त्यानुसार यंत्र-सज्ञावली नियोजून तिचे कार्यान्वयनही करतो. यात एकेका सूचनेचे अनुक्रमाने कार्यान्वयन होत राहते. त्यामुळे उच्चस्तरीय भाषेतील सूचनेची तर्कनिष्ठ मांडणी व त्यावर तर्क-गणित प्रक्रियेचे संचालन या

दोन्ही क्रिया आलटून-पालटून होत राहतात. या प्रकारात मध्यस्थ सज्ञावली संगणकाच्या स्मृतीत कायम स्वरुपी असणे आवश्यक असते. या प्रकारच्या मध्यस्थाला **भाषा अनुवर्तक** (Language Interpreater) असे म्हणतात. दुसऱ्या प्रकारचा मध्यस्थ उच्चस्तरीय भाषेतील सर्वच्या सर्व सूचना एकत्रितपणे तर्क-गणित स्वरूपात मांडतो व या मांडणीतून संपुर्ण यंत्र-सज्ञावली लिहून काढतो. या यंत्र-सज्ञावली चे कार्यान्वयन होत असताना मूळ उच्चस्तरीय भाषेची सज्ञावली किंवा मध्यस्थ सज्ञावली संगणकाच्या स्मृतीत असणे आवश्यक नसते. कारण उच्चस्तरीय भाषेत लिहिलेली सज्ञावली एकदा यंत्र-सज्ञावली मध्ये परिवर्तित करून घेतली की या परिवर्तनातून मिळणारी यंत्र-सज्ञावली स्वतंत्र पुढे पण पुढे केव्हाही कार्यान्वयित होऊ शकते. या प्रकारच्या मध्यस्थ सज्ञावलीस **भाषा परिवर्तक** (Language Compiler) असे म्हणतात.

उच्चस्तरीय भाषेत बेसिक, कोबॉल, पास्कल इत्यादी भाषा मोडतात.

याच लेखमालेच्या पुढील भागात आपण बेसिक या उच्चस्तरीय भाषेचा देखील अभ्यास करणार आहोत.

BASIC = **B**eginners **A**ll purpose **S**ymbolic **I**nstruction **C**ode.

COBOL = **C**ommon **B**usiness **O**riented **L**anguage.

FORTRAN = **For**mula **Tran**slation.

PASCAL = The name of one of the Pioneers of Computer Research.

याव जीवम्पि चे बालो पण्डितं पायिरुपासति ।
न सो धम्मं विजानाति दब्बी सुपरसं यथा ॥५॥

अज्ञानी (मानव) जीवनभर बुद्धिमंताच्या सोबत राहिला तरी ....
त्याला सुसिद्धांत (धम्म) समजत नाही, जसे पळीला आमटीचा स्वाद. (५)

मुहूत्तमपि चे विञ्ञू पण्डितं पायिरुपासति ।
खिप्पं धम्मं विजानाति जिव्हा सुपरसं यथा ॥६॥

सुजाण माणूस क्षणभरही बुद्धिमंताच्या सोबत राहिला तरी ....
त्याला सुसिद्धांत समजतो, जसे जिभेला आमटीचा स्वाद. (६)

- तथागत गौतम बुद्ध
धंमपद, बालवग्ग