મેમરી, સંગ્રહ કરવાના એકમો અને ડેટા-નિરૂપણ

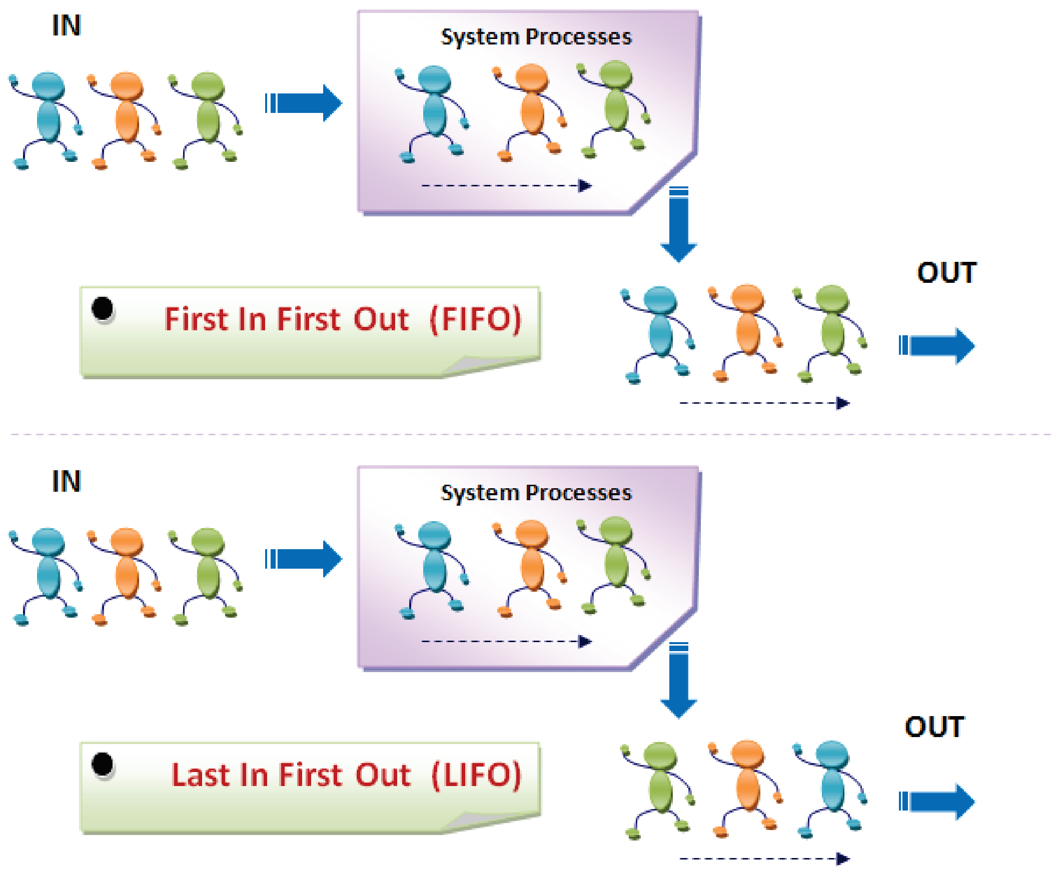
જેમ મનુષ્યો કોઈ ચીજ કે હકીકતને યાદ રાખે છે, (retained) મગજમાં સંગ્રહી રાખે છે અને જરૂર પડ્યે તે ફરી લાવે છે (recalled) તે જ રીતે કમ્પ્યૂટરને પણ ભાવિ વપરાશ માટે ડેટા અને સૂચનાઓનો સંગ્રહ કરવાની જરૂર પડે છે. મૅમરી કમ્પ્યૂટરનો એક ભાગ છે, જેમાં ડેટા અને સૂચનાઓનો સંગ્રહ થાય છે. કમ્પ્યૂટર વિવિધ પ્રકારની મૅમરી સાથે કાર્ય કરે છે. મૅમરીના મુખ્ય બે પ્રકાર છે : (1) પ્રાઈમરી મૅમરી (મુખ્ય મૅમરી / મેઈન મૅમરી) (2) સેકન્ડરી મૅમરી (ગૌણ મૅમરી / ઑક્ઝિલરી મૅમરી). ડિજિટલ કમ્પ્યૂટરની મૅમરીમાં માહિતી દ્વિઅંકી પદ્ધતિનાં અંક 0 અને 1ના સ્વરૂપમાં સંગ્રહવામાં આવે છે. આ બાયનરી ડિજિટ્સને ટૂંકમાં બિટ્સ (bits) કહેવામાં આવે છે. બિટ એ બાયનરી ડિજિટ (અંક) છે, જે 0 અથવા 1 હોય છે. 8 બિટના સમૂહને બાઈટ (byte) કહેવામાં આવે છે. કમ્પ્યૂટર મૅમરીની સંગ્રહ કરવાની ક્ષમતા કિલો બાઈટ (KB), મેગાબાઈટ (MB) અને ગીગાબાઈટ (GB)માં માપવામાં આવે છે. ટેબલ 4.1માં આ શબ્દો વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવેલ છે.

1 bit = a single digit, either 1 or 0
8 bits = 1 byte, combination of 1's and 0's
2^{10} Bytes = 1024 Bytes = 1 KB (kilobyte)
2^{20} Bytes = 1024 Kilobytes = 1 MB (megabyte)
2^{30} Bytes = 1024 Megabytes = 1 GB (gigabyte)
2^{40} Bytes = 1024 Gigabytes = 1 TB (terabyte)

કોષ્ટક 4.1 : કમ્પ્યૂટરની મૅમરી સંગ્રહક્ષમતાનાં માપ

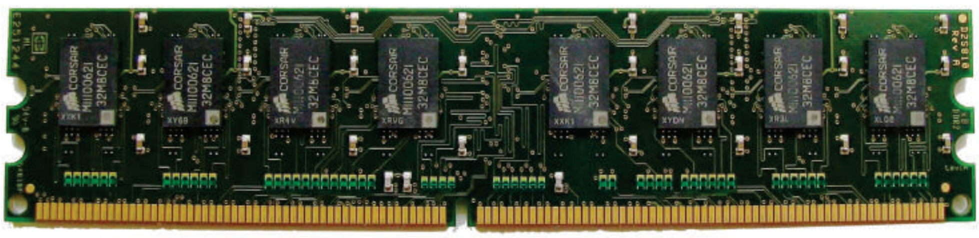
પ્રાઈમરી મૅમરી (Primary Memory) :

પ્રાઈમરી મૅમરી મેઈન મૅમરી તરીકે પણ ઓળખાય છે. તે કમ્પ્યૂટરનો એક ભાગ છે, જેમાં કમ્પ્યૂટરના પ્રોસેસર વડે ઝડપથી માહિતી મેળવવા માટે ડેટાનો સંગ્રહ થાય છે. પ્રાઈમરી મૅમરીમાં ઘણાં મોટા પ્રમાણમાં સેલ હોય છે. દરેક સેલ (cell) એક નંબર વડે ઓળખવામાં આવે છે, જેને સેલનું ઍડ્રેસ કહેવામાં આવે છે. દરેક સેલમાં ડેટાનો સંગ્રહ થાય છે. જ્યારે ડેટાની જરૂર પડે છે, ત્યારે તે ડેટા પાછો મેળવવા માટે સેલ-ઍડ્રેસનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. પ્રાઈમરી મૅમરી એવી વ્યવસ્થિત રીતે ગોઠવાયેલી હોય છે કે ડેટાનો સેલમાં સંગ્રહ કરવા અથવા તેની પુનઃપ્રાપ્તિ માટેના સમયને સેલના ઍડ્રેસ સાથે કોઈ સંબંધ નથી. એટલે કે, મૅમરીનું કોઈ પણ સ્થાન યાદચ્છિક રીતે (randomly) પસંદ કરી શકાય છે. આ મૅમરી રેન્ડમ ઍક્સેસ મૅમરી (Random Access Memory - RAM) કહેવાય છે. આ સિવાય યાદચ્છિક (random) ન હોય તેવી પણ ડેટા મેળવવાની અન્ય રીત હોય છે. દા.ત., ક્રમ અનુસાર મેળવવાની રીત, ફર્સ્ટ ઈન ફર્સ્ટ આઉટ (FIFO) રીત અને લાસ્ટ ઈન ફર્સ્ટ આઉટ (LIFO). ક્રમ અનુસાર મેળવવાની રીત (સિક્વન્શિયલ ઍક્સેસ મેથડ)માં એક લાંબી સ્ટ્રિંગ (string)માં ડેટા ક્રમશઃ અથવા અનુક્રમ મુજબ (serially or sequentially) સંગ્રહ કરવામાં આવે છે. જ્યારે તમે તે સ્ટ્રિંગનો અમુક ભાગ પુનઃપ્રાપ્ત કરવા ઈચ્છો ત્યારે તમારે તે સ્ટ્રિંગના આગળના ભાગમાંથી પસાર થવું પડે છે. જે રીતે ઑડિયો ટેપમાં જો તમે ત્રીજું ગીત સાંભળવા ઈચ્છતા હો તો તમારે પહેલાં બે ગીત આગળ જવા દેવાં પડે છે. FIFO એ એક હરોળની જેમ છે, જેમાં પહેલા દાખલ થયેલાનો વારો પહેલા આવે છે અને અંતિમનો નંબર પણ અંતિમ જ રહે છે. LIFOને કાગળની એક થપ્પી સાથે સરખાવી શકાય. જે કાગળને તમે તે થપ્પીમાં છેલ્લે મૂકો તે સૌપ્રથમ બહાર આવે છે. આકૃતિ 4.1 અનુક્રમનંબર પ્રમાણે FIFO અને LIFO રીતથી ડેટા મેળવવાની રચના સમજાવે છે



આકૃતિ 4.1 : LIFO અને FIFO પદ્ધતિથી ડેટા મેળવવાની કાર્યપદ્ધતિ

રૅન્ડમ ઍક્સેસ મૅમરી (RAM) એ અસ્થાયી પ્રકારની મૅમરી છે. RAMમાં લખેલી બાબત (માહિતી)ને તેની મૅમરીમાં સાચવી રાખવા માટે સતત પાવર ચાલુ રાખવાની જરૂર પડે છે. હાલનાં આધુનિક કમ્પ્યૂટરમાં પ્રાયમરી કે મેઇન મૅમરીને બદલે RAM અથવા ફક્ત મૅમરી શબ્દ વપરાય છે. હાર્ડડિસ્ક, ડિસ્કેટ, સીડી અને ડીવીડી સંયુક્તપણે સેકન્ડરી કે ઑક્ઝિલરી સ્ટોરેજ (ગૌણ મૅમરી) તરીકે ઓળખાય છે. આકૃતિ 4.2માં રૅમ ચીપ દર્શાવી છે.



આકૃતિ 4.2 : રૅમ ચીપ

મૂળભૂત રીતે RAM બે પ્રકારની હોય છે. એક સ્ટેટિક (static) અને બીજી ડાયનેમિક (dynamic). ડાયનેમિક રૅમ (DRAM)ને દર સેકન્ડે હજારો વખત ફરીથી તાજી કરવી પડે છે (refreshed). સ્ટેટિક રૅમ (SRAM)ને બીજી વખત તાજી કરવી પડતી નથી, જેના કારણે તે ઝડપી છે પણ ડાયનેમિક રૅમ કરતાં વધારે મોંઘી છે. આ બંને પ્રકારની RAM અસ્થાયી (volatile) પ્રકારની છે, એટલે કે જ્યારે વીજળી બંધ કરવામાં આવે, ત્યારે તેમાં રહેલી માહિતીનો નાશ થાય છે.

કમ્પ્યૂટરમાં ફક્ત વાંચી શકાય તે પ્રકારની મૅમરી રોમ (રીડ ઓન્લિ મૅમરી - ROM) પણ હોય છે, જે ડેટા અને સૂચનાઓને કાયમી રાખવા માટે વપરાય છે. ROMમાંથી ડેટા ફક્ત વાંચી શકાય છે. RAMથી અલગ ROMમાં રહેલી

માહિતી કમ્પ્યૂટર બંધ કરવામાં આવે તે પછી પણ જળવાઈ રહે છે, આ રીતે તે RAM કરતાં અલગ પડે છે. બૂટ પ્રોગ્રામ્સ (જે કમ્પ્યૂટર સિસ્ટમ ચાલુ કરે છે), પ્રિન્ટર ડ્રાઈવરની ફાઈલ્સ અને ફૉન્ટ્સ જેવી અગત્યની સૂચનાઓ (પ્રોગ્રામ્સ)ને કમ્પ્યૂટરમાં સંગ્રહ કરવા માટે ROM એ આદર્શ મૅમરી છે. ROMનો એક પ્રકાર એ પ્રોગ્રામેબલ રીડ ઓન્લિ મૅમરી (Programmable Read Only Memory - PROM) છે. પ્રોમની ખાલી ચીપ બનાવવામાં આવે છે જેના પર ડેટા/પ્રોગ્રામ એક વિશિષ્ટ એકમ વડે લખવામાં આવે છે, જેને પ્રોમરાઈટર કહેવામાં આવે છે. અન્ય એક ખાસ પ્રકારની પ્રોમ છે, જેને ઈરેઝેબલ પ્રોમ (Erasable PROM - EPROM) કહેવામાં આવે છે. આ EPROM ઉપર લખેલી વિગતને અલ્ટ્રાવાયોલેટ લાઈટમાં ખુલ્લી રાખવાથી તેને ભૂંસી શકાય છે. પ્રોમ ઉપરની વિગત ભૂંસવા માટે અલ્ટ્રાવાયોલેટ લાઈટને બદલે જ્યારે ઈલેક્ટ્રિક સિગ્નલનો ઉપયોગ થાય છે, ત્યારે આ પ્રકારની મૅમરી ઈલેક્ટ્રિકલી ઈરેઝેબલ પ્રોમ (Electrically Eresable PROM - EEPROM) કહેવામાં આવે છે. USB પેનડ્રાઇવ, સેલ્યુલર ફોન (મોબાઇલ ફોનમાં મૅમરીકાર્ડ), ડિજિટલ કૅમેરા, સુવાહ્ય MP3 પ્લેયર અને માઈક્રો SD કાર્ડ વગેરેના ઉત્પાદનમાં EEPROM ખૂબ ઉપયોગી છે. આકૃતિ 4.3 માં નમૂનારૂપ માઈક્રો SD કાર્ડ દર્શાવેલ છે. કાર્ડ ઉપરથી સીધું વાંચવા માટે ખાસ પ્રકારના રીડર ઉપલબ્ધ છે.

આકૃતિ 4.3 : માઈક્રો SD કાર્ડ અને કાર્ડરીડર

ફક્ત વાંચી જ શકાય તે પ્રકારની મૅમરી (ROM)નો ખ્યાલ ફર્મવેર (firmware) તૈયાર કરવા માટે ઉપયોગમાં લઈ શકાય છે. ફર્મવેર એ હાર્ડવેર ઉપર સૉફ્ટવેરની સૂચનાઓનું સંકલન કરેલી યૂટિલિટી (utility) છે. ફર્મવેરને એક સ્થાયી પ્રકારની મૅમરી જેમકે ROM, EPROM અથવા ફ્લેશ મૅમરી ઉપર સંગ્રહવામાં આવે છે. અગાઉના પ્રકરણમાં જણાવ્યા પ્રમાણે હાર્ડવેરનું ઉત્પાદન કરતી કંપની આ પ્રકારના ફર્મવેર બનાવે છે અને હાર્ડવેરની ખરીદી સાથે મફત આપવામાં આવે છે. અન્ય વિકલ્પમાં આવા ફર્મવેર કંપનીના ઑનલાઈન સ્ટોર અથવા વેબસાઈટ ઉપરથી ડાઉનલોડ કરવામાં આવે છે. જ્યારે-જ્યારે તમે હાર્ડવેરમાં કોઈ ફેરફાર કરો, ત્યારે ઘણી વખત ફર્મવેરને અપડેટ કરવું પડે છે (સુધારવું પડે છે). મોબાઈલ ફર્મવેર કે જે કેબલ, કમ્પ્યૂટર અને થર્ડપાર્ટી સૉફ્ટવેરથી કાર્યને મુક્ત (સ્વતંત્ર) બનાવે છે, તે ફર્મવેર અપડેટ કરવા અનેક મોબાઈલ ફોન ફર્મવેર ઓવર ધી ઍર (Firmware Over the Air - FOTA)નો ઉપયોગ કરે છે.

સામાન્ય રીતે ફર્મવેર હાર્ડવેરના નિયંત્રણ અને હાર્ડવેરનો ઉપયોગ કરવાની સગવડ આપવા જેવાં કાર્યો પૂરાં પાડે છે. આ કારણથી સામાન્યતઃ ઉપયોગકર્તાને ફર્મવેરમાં ફેરફાર કરવાની છૂટ આપવામાં આવતી નથી. સિસ્ટમને વધારે પારદર્શક બનાવવા માટે અને કામ કરવાની ગૂંચવણ કે જટિલતા ઓછી કરવા માટે મોટા ભાગની કંપનીઓ ફર્મવેરને ગુપ્ત રીતે સંગ્રહ કરવાનું પસંદ કરે છે. દા.ત., વૉશિંગ મશીન, ટ્રાફિક લાઈટ, ડિજિટલ કૅમેરા અને માઈક્રોવેવ ઓવનમાં કેટલીક સગવડતાઓ છે. જેમકે વૉશિંગ મશીનમાં ક્લિકવૉશ અને માઈક્રોવેવ ઓવનમાં ઍલાર્મ. આ મૂળભૂત સગવડતાઓમાં કોઈ ફેરફાર કરવાની જરૂર પડતી નથી. જોકે મોબાઈલ ફોનની મૅમરીમાં ઉપયોગકર્તા તેનાં સંપર્કની વિગત, સંદેશાઓ, વીડિયો અને ફોટોગ્રાફ્સને ઉમેરી શકે છે. બીજી બાજુ સુપર સ્ટોરનું બિલ બનાવવું, પગારપત્રક અને ગુણપત્રક પ્રિન્ટિંગ જેવા કોઈ વ્યક્તિએ લખેલાં સૉફ્ટવેર પ્રોગ્રામ્સમાં જો સૉર્સકોડ (source code) હોય તો તેમાં ફેરફાર કે સુધારા કરી શકાય છે.

સંગ્રહ કરવા માટેની એક ખાસ પ્રકારની અતિઝડપી રચના હોય છે, જેને કેશમૅમરી (cache-memory) કહેવામાં આવે છે. વારંવાર માહિતી મેળવવા માટે કમ્પ્યૂટરના સેન્ટ્રલ પ્રોસેસિંગ યુનિટની અંદર કેશમૅમરી હોય છે, જે કદમાં ખૂબ નાની અને અતિશય ઝડપી છે. આ મૅમરીનો ઉદ્દેશ કમ્પ્યૂટરના પ્રોસેસરની ઝડપ વધારવાનો છે. જ્યારે પ્રોસેસરને કોઈ વાંચવા કે લખવાની ક્રિયા કરવાની જરૂર પડે છે, ત્યારે તે પ્રથમ કેશમૅમરીમાં તપાસ કરે છે. કોષ્ટક 4.2માં RAM અને ROMનો તફાવત જણાવેલ છે.

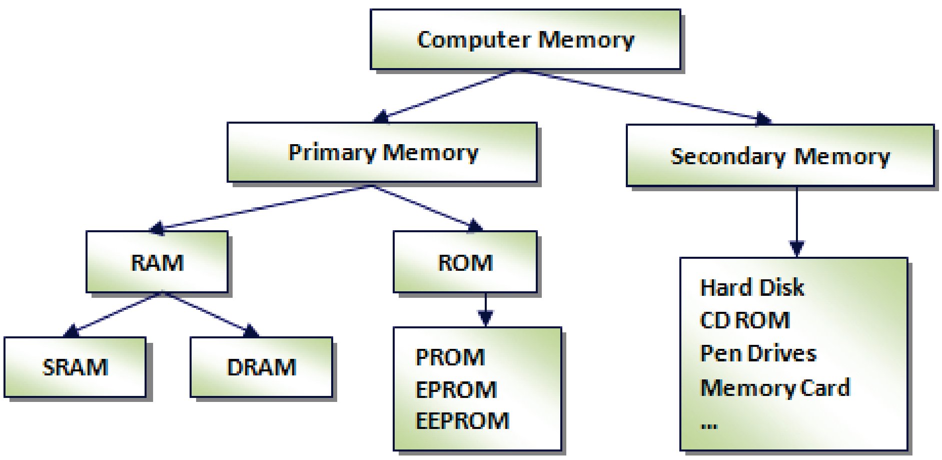
રૅમ (RAM)	રોમ (ROM)
RAM એટલે રેન્ડમ ઍક્સેસ મૅમરી	ROM એટલે રીડ ઓન્લિ મૅમરી
RAM કમ્પ્યૂટરમાંથી વાંચવાની અને તેમાં લખવાની સગવડતા આપે છે.	ROM ફક્ત વાંચવાનો જ વિકલ્પ આપે છે.
કમ્પ્યૂટર-પ્રક્રિયા દરમિયાન તેમાં ડેટા અને સૂચનાઓનો સંગ્રહ થાય છે.	ઉત્પાદન સમયે તેમાં સૂચનાઓનો સંગ્રહ કરવામાં આવે છે.
આ એક અસ્થાયી પ્રકારની મૅમરી છે.	આ એક સ્થાયી પ્રકારની મૅમરી છે.

કોષ્ટક 4.2 : RAM અને ROM વચ્ચેનો તફાવત

સેકન્ડરી મૅમરી (ગૌણ મૅમરી - Secondary Memory) :

સામાન્ય રીતે પ્રાઇમરી મૅમરી મોંઘી હોય છે અને તેની ક્ષમતા મર્યાદિત હોય છે. એ ઉપરાંત તે ડેટા વધારે લાંબા સમય સુધી જાળવી શકતી નથી. જોકે ડેટા અને સૂચનાઓને ભવિષ્યમાં વાપરી શકાય તે માટે આપણે તેનો વધારે સમય સુધી સંગ્રહ કરવાની જરૂર હોય છે. આ માટે સેકન્ડરી મૅમરી / સેકન્ડરી સ્ટોરેજ વાપરવામાં આવે છે. સેકન્ડરી મૅમરી વિપુલ પ્રમાણમાં ડેટા, સૂચનાઓ અને માહિતીનો કાયમી સંગ્રહ કરે છે. હાર્ડડિસ્ક, કૉમ્પેક્ટ ડિસ્ક (CD), ડિજિટલ વર્સેટાઇલ ડિસ્ક (DVD) અને પેનડ્રાઇવ એ પ્રચલિત સેકન્ડરી સ્ટોરેજ ડિવાઇસ છે.

કમ્પ્યૂટરના પ્રોસેસર સેકન્ડરી મૅમરીનો સીધો ઉપયોગ કરી શકતા નથી. તે માટે કમ્પ્યૂટરના ઇનપુટ / આઉટપુટ ચેનલ્સના ઉપયોગની જરૂર પડે છે. સામાન્ય રીતે આ પ્રકારની મૅમરી પ્રાયમરી મૅમરી કરતાં ધીમી હોય છે, પણ તેની સંગ્રહ કરવાની ક્ષમતા ઘણી વધારે હોય છે. આ ઉપરાંત સેકન્ડરી મૅમરી સ્થાયી પ્રકારની (non - volatile) મૅમરી છે. કમ્પ્યૂટર બંધ કર્યા પછી પણ ડેટા બદલાતો નથી. સેકન્ડરી મૅમરી / સ્ટોરેજ એ ઑક્ઝિલરી મૅમરી / સ્ટોરેજ (auxiliary Memory) તરીકે પણ ઓળખાય છે. આકૃતિ 4.4 માં મૅમરી પદાનુક્રમ દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 4.4 : મૅમરી પદાનુક્રમ (Memory hierarchy)

ચાલો, હવે આપણે કેટલાક સેકન્ડરી સ્ટોરેજની ચર્ચા કરીએ.

હાર્ડડિસ્ક (Hard Disk)

આકૃતિ 4.5 : હાર્ડડિસ્ક

હાર્ડડિસ્ક એ ધાતુ (અથવા કાચ)ની એક અથવા વધારે કઠણ તકતીઓ (platters)ની બનેલી હોય છે. આ તકતીઓ ઉપર મેટલ ઑક્સાઇડનાં પડનું આવરણ ચડાવેલું હોય છે. જેના કારણે તે તકતીઓની સપાટી ઉપર ચુંબકીય રીતે ડેટાનો સંગ્રહ કરવાની સગવડ પૂરી પાડે છે. આકૃતિ 4.5માં નમૂનાની હાર્ડડિસ્ક દર્શાવેલ છે. તકતીઓની ઑક્સાઇડ આવૃત્ત સપાટી ઉપરના નક્કી કરેલાં કણોને ચુંબકીય બનાવીને ડેટા અને સૂચનાઓને અભિલિખિત (રેકર્ડ - record) કરવામાં આવે છે. જ્યાં સુધી ચુંબકીય કણોનું અનુસ્થાન (ઓરિએન્ટેશન - orientation) બદલવામાં ન આવે ત્યાં સુધી તે તેનું ચુંબકીયપણું જાળવી રાખે છે. આથી એક વખત હાર્ડડિસ્ક ઉપર માહિતીનો સંગ્રહ કર્યા પછી તે બદલી શકાય છે. હાર્ડ-ડિસ્કની તકતીઓ અતિ ઝડપથી ગોળ-ગોળ ફરે છે. આ ઝડપ સામાન્ય રીતે એક મિનિટમાં 5400થી 7200 રોટેશન (Rotation Per Minute - RPM) હોય છે. હાર્ડડિસ્કની તકતીઓ ઉપર કેટલાંક રીડ-રાઇટ હેડ (વાંચવા - લખવા માટેના ભાગો) હોય છે, જેના દ્વારા ડિસ્કની તકતીઓ ઉપર ડેટા લખવા અને વાંચવાની ક્રિયા થાય છે.

અંગત કમ્પ્યૂટર (પર્સનલ કમ્પ્યૂટર)ની હાર્ડડિસ્કની ક્ષમતા 10GB થી 500GB સુધી હોય છે. ડિસ્કને કમ્પ્યૂટરની અંદર જ રાખવામાં આવે છે. હાર્ડડિસ્કને હાર્ડડ્રાઇવ પણ કહેવામાં આવે છે. મોટા ભાગની હાર્ડડિસ્ક કમ્પ્યૂટરનો જ ભાગ હોય છે. જોકે કમ્પ્યૂટરની બહાર રાખવામાં આવતી જુદા-જુદા કદની અને ક્ષમતાની (જેમકે 350GB, 500GB અને 1 TB) એક્સ્ટર્નલ હાર્ડડિસ્ક પણ ઉપલબ્ધ છે. આકૃતિ 4.6 માં આ પ્રકારની એક્સ્ટર્નલ ડ્રાઇવનાં નમૂના દર્શાવેલ છે.

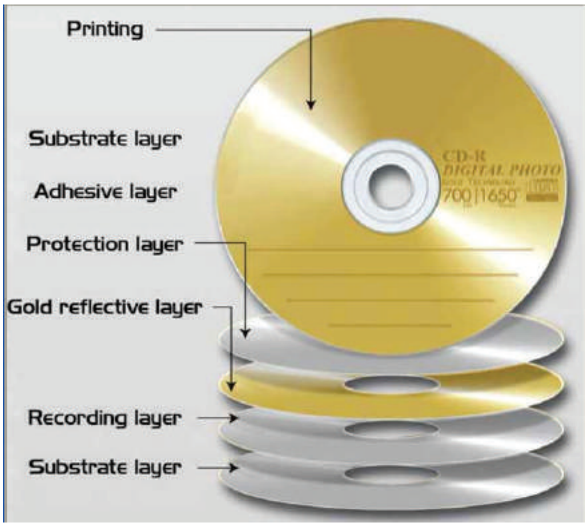
આકૃતિ 4.6 : એક્સ્ટર્નલ હાર્ડડિસ્ક

કૉમ્પેક્ટ ડિસ્ક (Compact Disk - CD)

કૉમ્પેક્ટ ડિસ્કને ઑપ્ટિકલ ડિસ્ક પણ કહેવામાં આવે છે. તે સામાન્ય રીતે 4.75 ઇંચ વ્યાસની સપાટ, ગોળ અને સરળતાથી એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ લઈ જઈ શકાય (સુવાહ્ય - પૉર્ટેબલ) તે પ્રકારનું સંગ્રહ કરવાનું માધ્યમ છે. તમે સંગીતની ઑડિયો સીડી જોઈ હશે. શાબ્દિક માહિતી, ગ્રાફિક્સ અને વીડિયો જેવા ડેટા CD ઉપર રાખી શકાય છે. સામાન્ય રીતે CD માં 650 MB ડેટા સંગ્રહ કરવાની ક્ષમતા હોય છે.

હાર્ડડિસ્ક કરતાં અલગ, CD એ ઑપ્ટિકલ સ્ટોરેજ માધ્યમ છે. અહીં, લેસર લાઇટના પ્રકાશ વડે સ્ટોરેજ મીડિયમ ઉપર ડેટા લખવામાં (બર્ન - burn) આવે છે. ડિસ્કની સપાટી ઉપર પિટ્સ ઍન્ડ લૅન્ડ્સ (pits and lands) ઢબથી ડેટા લખવામાં આવે છે. ઑપ્ટિકલ મીડિયમ (પ્રકાશીય માધ્યમ) ઉપરના પિટ્સ કાયમી હોય છે. આથી ડેટામાં ફેરફાર કરી શકાતો નથી. ઑપ્ટિકલ

મીડિયા ઘણું ટકાઉ હોય છે પણ તે ચુંબકીય માધ્યમની જેમ ડેટામાં ફેરફાર કરવાની સગવડતા આપતું નથી. આકૃતિ 4.7માં કૉમ્પેક્ટ ડિસ્કનો નમૂનો દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 4.7 : કૉમ્પેક્ટ ડિસ્ક

ત્રણ પ્રકારની ઑપ્ટિકલ ડિસ્ક (પ્રકાશીય તકતીઓ) પ્રચલિત છે : CD ROM, CD - R અને CD RW. આમાંથી CD ROM સૌથી વધુ પ્રચલિત છે. CD ROM એ Compact Disk Read Only Memoryનું ટૂંકું રૂપ છે. CD ROMમાં ડેટા પહેલેથી જ લખેલો હોય છે.

ઉપયોગકર્તા ઑપ્ટિકલ ડિસ્ક ઉપર ડેટા લખી શકે છે. ખાસ યુટિલિટી મારફત CD ઉપર એક વખત ડેટા લખ્યા પછી તે અનેક વખત વાંચી શકાય છે. આથી આવી CD રાઇટ વન્સ રીડ મેની ટાઇમ્સ (WORM) તરીકે પણ ઓળખાય છે. આ પ્રકારની CD એ CD રી-રેકોર્ડેબલ (CD - R) તરીકે ઓળખાય છે.

ત્રીજા પ્રકારની ઑપ્ટિકલ ડિસ્કમાં ડેટાને ભૂંસી શકાય છે અને તેના ઉપર નવી માહિતી લખી શકાય છે. આ પ્રકારની CDને કેટલીક વખત EO (ઇરેઝેબલ ઑપ્ટિકલ) ડિસ્ક અથવા CD RW (CD writable) પણ કહેવામાં આવે છે.

ડિજિટલ વર્સેટાઇલ ડિસ્ક (Digital Versatile Disks) :

ડિજિટલ વર્સેટાઇલ ડિસ્ક DVD નામથી પ્રચલિત છે. તે ડેટાના સંગ્રહ માટેનું ઑપ્ટિકલ સ્ટોરેજ માધ્યમ છે, તેમાં ઉચ્ચ ગુણવત્તાવાળા વીડિયો અને ઑડિયોવાળી ફિલ્મનો ડેટા પણ રાખી શકાય છે. DVD અને કૉમ્પેક્ટ ડિસ્કનાં એક સમાન ભૌતિક માપ જોતાં સરખી લાગે છે, પરંતુ તેના ઉપર ડેટાનું સાંકેતીકરણ (encoding) ઉચ્ચ ઘનતા સાથે અલગ રીતે કરવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે DVD ની સંગ્રહશક્તિ (4 GB) CD કરતાં વધારે હોય છે.

USB પેનડ્રાઇવ (USB Pen Drive) :

USB ફ્લેશ ડ્રાઇવ એ પેનડ્રાઇવ અથવા થમ્બડ્રાઇવથી પણ ઓળખાય છે. તે કદમાં નાની, સરળતાથી એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ લઈ જઈ શકાય તેવી (પૉર્ટેબલ) અને તેના ઉપર અનેક વાર લખી શકાય તેવી હોય છે. ફ્લેશ ડ્રાઇવ ડેટાસ્ટોરેજનું યુનિવર્સલ સિરિયલ બસ (Universal Serial Bus - USB)ના સેતુથી સંકલન કરવામાં આવ્યું હોય છે. આકૃતિ 4.8માં USBનો નમૂનો દર્શાવેલ છે. તે 2 GB, 4 GB, 8 GB, 16 GB, 32 GB અને 64 GB જેવી વિવિધ ક્ષમતાઓમાં ઉપલબ્ધ છે.

આકૃતિ 4.8 : USB પેનડ્રાઇવ

પેનડ્રાઈવ પૉર્ટેબલ, વિવિધ કદ અને ક્ષમતા ધરાવતી તેમજ અગત્યના ડેટાનો અતિ કાર્યક્ષમતાથી સંગ્રહ કરતી હોવાથી ખૂબ પ્રચલિત છે. ટી.વી. અને MP3 પ્લેયર જેવાં ઉપકરણમાં પેનડ્રાઈવનો સીધો ઉપયોગ થઈ શકે તે માટે USB પૉર્ટ (port) હોય છે. જો તમારી પાસે પેનડ્રાઈવમાં કોઈ મુવી ક્લિપ અથવા ફોટોગ્રાફ્સ હોય, તો તેને ટીવી સાથે જોડીને તમે તે મૂવી કે ફોટોગ્રાફ્સને સીધા જ જોઈ શકો છો.

કમ્પ્યૂટર મૅમરીમાં ડેટાનું નિરૂપણ :

આપણાં રોજિંદાં ધંધાકીય કાર્યોમાં દશાંશપદ્ધતિના ઉપયોગથી આપણે સુપરિચિત છીએ. દશાંશપદ્ધતિ એ અંકના સ્થાન સંબંધિત પદ્ધતિ છે. દા.ત., સંખ્યા 916ને વૈકલ્પિક રીતે 900 + 10 + 6 તરીકે દર્શાવી શકાય. આપણે દશાંશપદ્ધતિમાં અંક તરીકે ઓળખાતી દશ સંખ્યાનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. આ અંક 0, 1, 2, ...,9 છે. આ ઉપરાંત આપણે ભાષામાં A, B, ..., Z જેવા મૂળાક્ષરો વાપરીએ છીએ. અંક, મૂળાક્ષરો અને આ બંનેનું મિશ્રણ (જેને આલ્ફા ન્યૂમેરિક - alpha numeric કહેવામાં આવે છે). આ સિવાય વિરામચિહ્નો, પ્રક્રિયક (<, >, +, -, વગેરે ઑપરેટર - operator) તેમજ ચલણ સંજ્ઞા ($, £ ₹ની સંજ્ઞા વગેરે) જેવાં વિશિષ્ટ ચિહ્નો પણ વપરાય છે. આ બધા અંક, અક્ષરો અને અન્ય ચિહ્નોની વ્યાકરણના નિયમો પ્રમાણે કોઈ અર્થપૂર્ણ રીતે ગોઠવણી કરવી જોઈએ. ભાષાનો ઉપયોગ કરીને કમ્પ્યૂટર સાથે પ્રત્યાયન કરવાની આ મુખ્ય રીત છે. અપંગ માણસો માટે આ ઉપરાંત સાંકેતિક ભાષા, બ્રેઈલ ભાષા અને શારીરિક હાવભાવ કે ચહેરાના હાવભાવથી પણ અભિવ્યક્તિ કરાય છે.

કમ્પ્યૂટર એક ઈલેક્ટ્રૉનિક સાધન હોવાથી આવી સંજ્ઞાઓ તેને અનુકૂળ નથી. ઈલેક્ટ્રૉનિક ઉપકરણ હોવાથી તે વિદ્યુત પર કામ કરે છે, જેથી તેની 'ચાલુ' અને 'બંધ' એમ ફક્ત બે અવસ્થા હોય છે. આ કારણે ફક્ત બે જ ચિહ્ન હોય તેવી વિશિષ્ટ પ્રકારની દ્વિ-અવસ્થાવાળી ભાષાની જરૂર પડે છે. જેમાં એક સ્થિતિ 'બંધ' (off) અને બીજી સ્થિતિ 'ચાલુ' (on) હોય. દ્વિઅંકી પદ્ધતિ (બાયનરી નંબર સિસ્ટમ) આ પ્રકારની બે અવસ્થાની અંક પદ્ધતિ છે, જેમાં ફક્ત બે સ્થિતિ 'ચાલુ' અને 'બંધ' હોય છે, અને તે કાર્યક્ષમતા સાથે કામ કરે છે. દ્વિઅંકી પદ્ધતિની સામાન્ય સમજૂતી નીચેના વિભાગમાં આપેલી છે.

દ્વિઅંકી પદ્ધતિ (બાયનરી નંબર સિસ્ટમ - Binary Number System) :

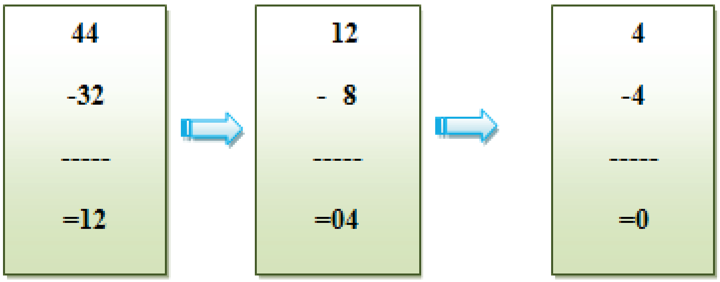
દ્વિઅંકી પદ્ધતિમાં બે સંજ્ઞાઓ 0 અને 1 હોય છે. એક દ્વિઅંકને બિટ (bit) કહેવામાં આવે છે. 101 એ માન્ય (valid) દ્વિઅંકી સંખ્યા છે. દ્વિઅંકી પદ્ધતિમાં ફક્ત બે જ અંક 0 અને 1 વપરાતા હોવાથી 102 એ અમાન્ય દ્વિઅંકી સંખ્યા છે. જોકે 102 એ માન્ય (સાચી) દશાંશ સંખ્યા છે. દ્વિઅંકી સંખ્યાને ઝડપથી ઓળખવા માટે આપણે સંખ્યાને છેડે B અથવા b પ્રત્યય (સફિક્સ - suffix) લગાવીએ છીએ. કેટલીક રજૂઆતમાં સંખ્યાને છેડે પ્રત્યય 2 વાપરવામાં આવેલો હોય છે. આથી દ્વિઅંકી સંખ્યા 101 ને રજૂ કરવા માટે 101_B અથવા 101_b લખી શકાય, આના સિવાય તે સંખ્યા 101_2 પણ લખી શકાય.

દશાંશપદ્ધતિમાં સંખ્યા 101 ને 101_D, 101_d અથવા 101_{10} પણ લખી શકાય. આ સંખ્યાની કિંમત 100 + 00 + 1 છે. દ્વિઅંકી પદ્ધતિ પણ દશાંશપદ્ધતિની જેમ જ સ્થાન સંબંધિત સંકેતલિપિનો ઉપયોગ કરે છે એટલે કે, સંખ્યામાં બિટના સ્થાન પ્રમાણે તેની કિંમત હોય છે. દ્વિઅંકી સંખ્યા 101_2 ની દશાંશ પદ્ધતિમાં કિંમત $1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 4 + 0 + 1 = 5$ થાય. આ રીતથી કોઈ પણ દ્વિઅંકી સંખ્યાને દશાંશમાં ફેરવી શકાય.

દશાંશસંખ્યાને તેના સમાનાર્થ દ્વિઅંક સંખ્યામાં ફેરવવા માટે દશાંશસંખ્યાને બેઈઝ 2 (આધાર 2) વડે ક્રમાનુસાર વારંવાર (successively) ભાગવામાં આવે છે. આ સિવાય અન્ય રીતમાં સંખ્યામાંથી 2ની શક્ય મોટી ઘાતવાળી કિંમત સૌપ્રથમ બાદ કરવામાં આવે છે, જે શેષ ભાગ રહે તેમાંથી ફરી 2ની શક્ય મોટી ઘાતવાળી કિંમત બાદ કરો અને આ ક્રિયા ચાલુ રાખો. આ સાથે જ્યાં તે શક્ય હોય ત્યાં તે કૉલમમાં 1 લખો અને નહીંતર 0 લખો. આ રીત આપણે એક ઉદાહરણથી સમજીએ.

ઉદાહરણ : દશાંશસંખ્યા 44ને દ્વિઅંકીમાં ફેરવો.

અહીં 44 માંથી બાદ કરવા માટે બેઈઝ 2નો સૌથી મોટો શક્ય ઘાતાંક 5 છે, અને 2^5 બરાબર 32 થાય. આપેલી સંખ્યા 44 માંથી 32 બાદ કરતાં શેષ 12 રહે. ઘાતાંક 5માંથી 1 બાદ કરતાં 4 રહે અને 2^4 = 16. શેષ 12 એ 16 કરતાં નાની સંખ્યા હોવાથી બાદબાકી કરતાં +ve સંખ્યા અથવા 0 ન મળે. આ ક્રિયા ચાલુ રાખતાં ઘાતાંક 4 માંથી 1 બાદ કરો, આથી જવાબ 3 મળે અને 2^3 = 8. આથી છેલ્લે મળેલ શેષ 12 માંથી 8 બાદ કરતાં ઋણ ન હોય (non-negative) તેવી સંખ્યા મળે. આકૃતિ 4.9માં આ ગણતરી દર્શાવેલ છે.



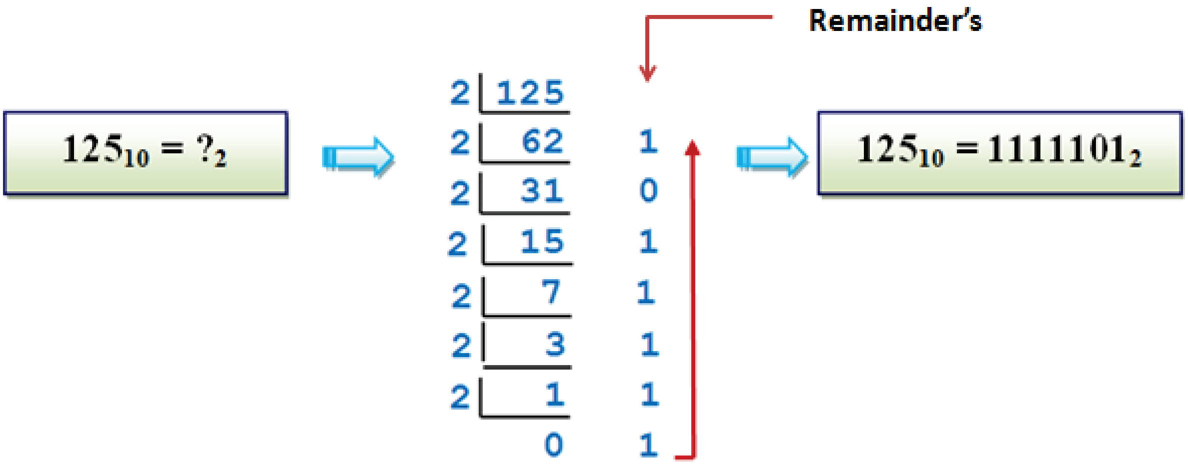
Power of the base 2	2^5=32	2^4=16	2^3=8	2^2=4	2^1=2	2^0=1
Remainder	12	---	4	0	---	---
Subtraction Possible or not	Yes	No	Yes	Yes	No	No
Binary digits	1	0	1	1	0	0

આકૃતિ 4.9 : દશાંશસંખ્યામાંથી દ્વિઅંકીમાં રૂપાંતર કરવાની રીત

આથી, દશાંશ સંખ્યા 44 નું રૂપાંતર કરતાં દ્વિઅંકી સંખ્યા $(101100)_2$ મળે.

દશાંશસંખ્યાનું દ્વિઅંકી સંખ્યામાં રૂપાંતર કરવા માટેની બીજી રીત :

ચાલો, હવે આપણે બીજી રીતથી દશાંશસંખ્યાને દ્વિઅંકીમાં ફેરવીએ. આ વખતે આપણે દશાંશસંખ્યા 125નું દ્વિઅંકી સંખ્યામાં રૂપાંતર કરીએ. આ માટે આકૃતિ 4.10 નો અભ્યાસ કરો.

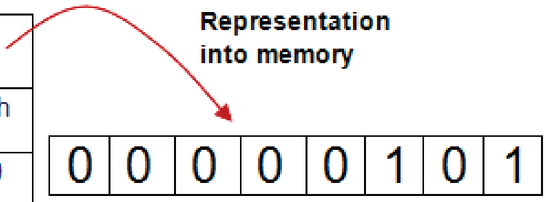


આકૃતિ 4.10 : રૂપાંતરનું ઉદાહરણ

ઋણ ન હોય તેવી પૂર્ણાંક સંખ્યાનું નિરૂપણ (Unsigned Integer Number Representertation) :

જ્યારે ઋણ સંખ્યા ન હોય (0 અથવા ધનપૂર્ણાંક સંખ્યા) તેવી પૂર્ણાંક સંખ્યાનો કમ્પ્યૂટરમાં સંગ્રહ કરવાનો હોય ત્યારે તે દશાંશસંખ્યાનો દ્વિઅંકી સંખ્યામાં રૂપાંતરિત કરીને સંગ્રહ કરવામાં આવે છે. આકૃતિ 4.11માં ઋણ ન હોય તેવી સંખ્યા 5_{10}ને તેના સમકક્ષ દ્વિઅંકી સંખ્યા 101_2 દ્વારા રજૂ કરી છે. આ નિરૂપણમાં 8 બિટ્સનો ઉપયોગ કર્યો છે.

Number	1	0	1
Position	2^{nd}	1^{st}	0^{th}
Place value	2^2	2^1	2^0
Decimal value	4	0	1



આકૃતિ 4.11 : ઋણ ન હોય તેવી પૂર્ણાંક સંખ્યાનું નિરૂપણ

આકૃતિ 4.12માં થોડાં વધારે ઉદાહરણ આપ્યાં છે.

Number in Binary (to be represented into memory)	Sum of Digit $*2^{\text{Place Value}}$	Decimal value
$(0)_2$	$0*2^0$	$=(0)_{10}$
$(1)_2$	$1*2^0$	$=(1)_{10}$
$(11)_2$	$1*2^1 + 1*2^0$	$= 2 + 1$ $=(3)_{10}$
$(110)_2$	$1*2^2 + 1*2^1 + 0*2^0$	$= 4 + 2 + 0$ $=(6)_{10}$
$(10110)_2$	$1*2^4 + 0*2^3 + 1*2^2 + 1*2^1 + 0*2^0$	$= 16 + 0 + 4 + 2 + 0$ $=(22)_{10}$
$(11011)_2$	$1*2^4 + 1*2^3 + 0*2^2 + 1*2^1 + 1*2^0$	$=16 + 8 + 0 + 2 + 1$ $=(27)_{10}$

આકૃતિ 4.12 : ઋણ ન હોય તેવી પૂર્ણાંક સંખ્યાનું નિરૂપણ

દ્વિઅંકી સંખ્યા ઉપર અંકગણિતનાં સરવાળા, બાદબાકી વગેરે જેવી ક્રિયાઓ કરી શકાય છે. અહીં ઉપર જણાવેલી સાદી રીતમાં ઋણ સંખ્યાનો સંગ્રહ થઈ શકતો નથી. કમ્પ્યૂટરની મૅમરીમાં ધન કે ઋણ સંખ્યાનો સંગ્રહ કરવા માટે 2ની પૂરક રીત (2's complement method) વાપરવામાં આવે છે.

ચિહ્ન સાથેની પૂર્ણાંક સંખ્યાનું નિરૂપણ (Signed Integer Representation)

શૂન્ય, ધન અને ઋણપૂર્ણાંક સંખ્યાને ત્રણ જુદી-જુદી રીતે રજૂ કરી શકાય છે. આ રીત નીચે પ્રમાણે છે :

(1) ચિહ્ન સાથેની સંખ્યાની પદ્ધતિ (Sign magnitude method)

(2) 1ની પૂરક પદ્ધતિ (1's complement method)

(3) 2ની પૂરક પદ્ધતિ (2's complement method)

ચિહ્ન સાથેની રીતમાં ડાબી બાજુના સૌપ્રથમ બિટનો ઉપયોગ (પ્રિફિક્સ - prefix) ચિહ્ન તરીકે કરવામાં આવે છે, એટલે કે ધન સંખ્યા માટે સંખ્યાની શરૂઆતમાં પ્રિફિક્સ તરીકે 0 અને ઋણ સંખ્યા માટે પ્રિફિક્સ 1 નો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આથી જો સંખ્યા(-5_{10}) નો મૅમરીમાં સંગ્રહ કરીએ તો પહેલાં તેને દ્વિઅંકી સંખ્યામાં ફેરવવામાં આવે છે જે 101_2 છે અને સંખ્યા ઋણ હોવાથી પ્રથમ બિટ 1 રાખવામાં આવે છે અને બાકી રહેલાં બિટમાં સંખ્યાને દ્વિઅંકી પદ્ધતિમાં રાખવામાં આવે છે. જો કે આ પદ્ધતિની કેટલીક મર્યાદા છે. દા.ત., આ રીત પ્રમાણે સંખ્યા 0 ને બે રીતે રજૂ કરી શકાય, ધન 0 અને ઋણ 0 !

1 ની પૂરક પદ્ધતિમાં દ્વિઅંકી સંખ્યામાં રહેલ 1 ને 0 અને 0 ને 1માં ફેરવવામાં આવે છે. આ રીતમાં પણ સંખ્યા 0 ને બે રીતે રજૂ કરી શકાય છે જેમ કે 00000000 (+ 0) અને 1111 1111 (- 0). કમ્પ્યૂટર મૅમરીમાં સંખ્યાને રજૂ કરવાની વિવિધ પદ્ધતિઓમાં 2 ની પૂરક પદ્ધતિ સૌથી વધારે પ્રચલિત છે. આ રીતમાં સંખ્યાના ડાબી બાજુના સૌ પ્રથમ બિટ (મોસ્ટ સિગ્નિફિકન્ટ બિટ)ને બાદ કરતાં ઉપર જણાવેલ પ્રાકૃતિક (ચિહ્ન વગરની પૂર્ણ) સંખ્યાની રીતે જ રજૂ કરવામાં આવે છે. સંખ્યાની ડાબી બાજુના સૌપ્રથમ બિટની સ્થાન કિંમત ઋણ હોય છે. આકૃતિ 4.13માં 2ની પૂરક રીતથી નિરૂપણ કરેલાં કેટલાંક ઉદાહરણો રજૂ કર્યાં છે.

2's complement number	Conversion	Decimal number
$(01000)_2$	$0*2^4 + 1*2^3 + 0*2^2 + 0*2^1 + 0*2^0$ $= 0+8 +0+0+0$	$(8)_{10}$
$(11000)_2$	$-1*2^4 + 1*2^3 + 0*2^2 + 0*2^1 + 0*2^0$ $= -16+8 +0+0+0$	$(-8)_{10}$
$(10000)_2$	$-1*2^4 + 0*2^3 + 0*2^2 + 0*2^1 + 0*2^0$ $= -16+0 +0+0+0$	$(-16)_{10}$
$(10111)_2$	$-1*2^4 + 0*2^3 + 1*2^2 + 1*2^1 + 1*2^0$ $= -16+0 +4+2+1$	$(-9)_{10}$

આકૃતિ 4.13 : 2ની પૂરક રીતની સંખ્યાનું દશાંશમાં રૂપાંતર

ઉપરના ટેબલમાં 2 ની પૂરક રીતની સંખ્યાનું દશાંશમાં રૂપાંતર દર્શાવ્યું છે. આપેલી દશાંશ સંખ્યાને 2ની પૂરક પદ્ધતિથી રજૂ કરવા માટે નીચે જણાવ્યા પ્રમાણે કાર્ય કરો :

(1) આપેલી દશાંશ સંખ્યાને દ્વિઅંકી પદ્ધતિમાં ફેરવો.

(2) દ્વિઅંકી સંખ્યાના અંકને ઊલટા કરો. (0 ને 1 બનાવો અને 1 ને 0 બનાવો). આ નવી દ્વિઅંકી સંખ્યાને 1 ની પૂરક સંખ્યા પણ કહેવામાં આવે છે.

(3) તે સંખ્યામાં 1 ઉમેરો. એટલે કે 1 ની પૂરક સંખ્યામાં 1 ઉમેરો.

દશાંશસંખ્યા 9 કે જે 9_D વડે દર્શાવાય છે. આ દશાંશસંખ્યાને દ્વિઅંકી પદ્ધતિમાં 01001_B લખી શકાય. હવે દ્વિઅંકી સંખ્યાના દરેક બિટ 0ને 1માં અને 1ને 0માં ફેરવો, આથી 10110_B સંખ્યા મળશે. તેમાં 1 ઉમેરવાથી જવાબ 10111_B મળશે જે -9 છે.

અહીં યાદ રાખો કે 2ની પૂરક પદ્ધતિથી n bit વાપરીને $-2^{(n-1)}$ થી $+2^{(n-1)} - 1$ સુધીની પૂર્ણાંક સંખ્યાઓનું નિરૂપણ થઈ શકે છે. આકૃતિ 4.14નો અભ્યાસ કરો.

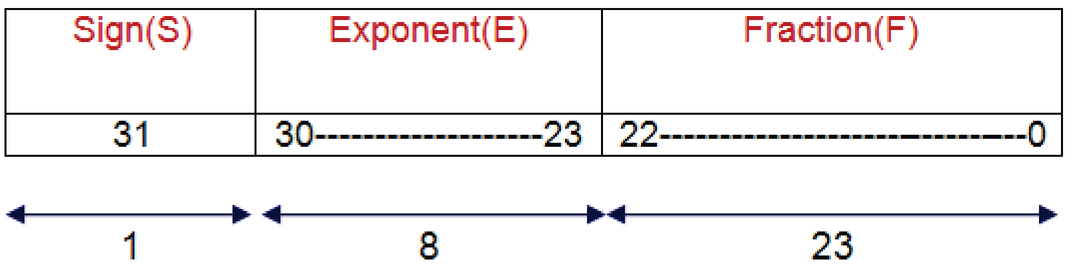
No of binary digits (bits)	Minimum number	Maximum number
8	$= -(2^7)$ $=-128$	$= +(2^7)-1$ $= +127$
16	$= -(2^{15})$ $= -32,768$	$= +(2^{15})-1$ $=+32,767$
32	$= -(2^{31})$ $= -2,147,483,648$	$= +(2^{31})-1$ $=+2,147,483,647$

આકૃતિ 4.14 : સંખ્યાનો વિસ્તાર (રેન્જ)

અપૂર્ણાંક સંખ્યાઓનું નિરૂપણ (Floting point number representation) :

અપૂર્ણાંક સંખ્યાઓનો સંગ્રહ કરવાની રીતને કમ્પ્યૂટર જગતમાં ફ્લોટિંગ પૉઇન્ટ નંબર રિપ્રેઝન્ટેશન (Floting point number representation) કહેવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે વાસ્તવિક સંખ્યા (real numbers)ના નિરૂપણ માટે IEEE 32 બિટ સિંગલ પ્રિસીસન (IEEE 32 bit single precision)ની પદ્ધતિ વપરાય છે. ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ ઇલેક્ટ્રિકલ ઍન્ડ ઇલેક્ટ્રૉનિક્સ એન્જિનિયર્સ (IEEE) એ વિશ્વનું સૌથી મોટું પ્રોફેશનલ એસોસિએશન છે. તે માનવજાતના વિકાસ માટે એડવાન્સ (અગ્રિમ) ટેક્નોલૉજીના નવોત્થાન (innovation) અને શ્રેષ્ઠતા (excellence) માટે સમર્પિત છે. ઇન્ટરનેટ પર તેની સાઇટનું ઍડ્રેસ www.ieee.org છે.

IEEE 32 પદ્ધતિ મુજબ જ્યારે આપેલી સંખ્યાને દર્શાવવામાં આવે છે, ત્યારે તેને આકૃતિ 4.15માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ત્રણ ભાગમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે.



આકૃતિ 4.15 : IEEE 32 બિટ સિંગલ પ્રિસીસનની પદ્ધતિથી અપૂર્ણાંક સંખ્યાનું સ્વરૂપ

ઉપરની આકૃતિમાં દર્શાવેલ ત્રણ ભાગની સમજ નીચે પ્રમાણે છે :

(a) સંખ્યાની ડાબી બાજુથી સૌથી પહેલો બિટ (મોસ્ટ સિગ્નિફિકન્ટ બિટ) એ ચિહ્ન બિટ (સાઇન બિટ) (આકૃતિમાં S) છે, જે ધન સંખ્યા માટે 0 અને ઋણ સંખ્યા માટે 1 હોય છે.

(b) ચિહ્ન બિટ પછીનાં 8 બિટ એ ઘાતાંક સંખ્યા (આકૃતિમાં E) છે.

(c) બાકીના 23 બિટ એ અપૂર્ણાંક ભાગ (fraction) (આકૃતિમાં F) છે.

આકૃતિ 4.16માં આપેલી સંખ્યા જુઓ, જેમાં ચિહ્ન બિટ એ સંખ્યા ધન છે કે ઋણ તે દર્શાવે છે. જો S = 0 હોય, તો સંખ્યા ધન છે અને જો S = 1 હોય, તો ઋણ સંખ્યા છે. આપણા ઉદાહરણમાં સાઇન બિટ 1 છે. માટે આ સંખ્યા ઋણ છે.

1 1000 0001 011 0000 0000 0000 0000 0000.

Here

S = 1 → single bit for sign

E = 1000 0001 → **8 bits exponent**

F = 011 0000 0000 0000 0000 0000 → **fraction in 23 bits**

આકૃતિ 4.16 : સંખ્યાના ભાગની સમજ

તેમાં ઘાતાંક $1000\ 0001_B$ છે. તેની દશાંશમાં કિંમત 129 અથવા 129_D થાય. નૉર્મલાઈઝ્ડ ફૉર્મ (normalized form) માં ઘાતાંકની ખરી કિંમત E - 127 થાય, જ્યાં E એ ઘાતાંક સૂચવે છે, આથી તેને ઍક્સેસ 127 (excess 127) ની રીત (નોટેશન - notation) પણ કહેવાય છે. અહીં ધન અને ઋણ સંખ્યાને ઘાતાંકના સ્વરૂપમાં રજૂ કરવાની જરૂર પડે છે એટલે કે, અહીં ખરેખર ઘાતાંક $129 - 127 = 2_D$ છે.

એ જ રીતે, અપૂર્ણાંક ભાગ પણ સંખ્યા નૉર્મલાઈઝ્ડ ફૉર્મમાં ગુપ્ત 1.F ફૉર્મમાં રજૂ કરવામાં આવે છે. અહીં ઉદાહરણમાં અપૂર્ણાંક ભાગ $011\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000_B$ છે. આથી ખરેખર અપૂર્ણાંક $1.\ 011\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000_B$ છે. આની દશાંશકિંમત 1.375 અથવા 1.375_D થાય.

ઉપર જણાવ્યા પ્રમાણે સંખ્યાના ત્રણ વિવિધ ભાગને જોડતા, સંખ્યા $-1.375 \times 2^2 = -5.5_D$ થાય.

ચાલો, હવે આપણે એક બીજું ઉદાહરણ લઈએ, જેમાં સંખ્યા નીચે પ્રમાણે છે :

<u>1</u> <u>011 11 110</u> <u>100 0000 0000 0000 0000 0000</u>

આ દ્વિઅંકી સંખ્યાની દશાંશપદ્ધતિમાં કિંમતની ગણતરી નીચે મુજબ છે :

ચિહ્ન બિટ S = 1 => સંખ્યા ઋણ

$E = 0111\ 1110_B = 126_D$ (નૉર્મલાઈઝ્ડ ફૉર્મમાં)

અપૂર્ણાંક 1.1_B છે (ગર્ભિત રીતે આગળ 1 સાથે) $= 1 + 2^{-1} = 1.5_D$

સંખ્યા $-1.5 \times 2^{(126 - 127)} = -0.75_D$

અક્ષરનું નિરૂપણ (Character Representation) :

કમ્પ્યૂટરની મેમરીમાં અક્ષરોને બિટ પ્રતિરૂપે (પૅટર્ન - pattern) રજૂ કરવામાં આવે છે. દરેક અક્ષરને 7, 8, 16 અથવા 32 બિટના સમૂહથી રજૂ કરી શકાય છે. જે નિયમો આવા બિટ પ્રતિરૂપની કોઈ ચોક્કસ લંબાઈ નક્કી કરે છે તેને કોડિંગ સ્કીમ (coding scheme) કહેવામાં આવે છે. કમ્પ્યૂટરમાં ઐતિહાસિક રીતે 7 બિટ અમેરિકન સ્ટાન્ડર્ડ કોડ ફોર ઈન્ફોર્મેશન ઈન્ટરચેઈન્જ (ASCII), 8 બિટ અમેરિકન નેશનલ સ્ટાન્ડર્ડ ઈન્સ્ટિટ્યૂટ (ANSI) અને એક્સ્ટેન્ડેડ બાયનરી કોડેડ ડેસિમલ ઈન્ટરચેઈન્જ કોડ (EBCDIC)નો ઉપયોગ થતો હતો. આ કોડિંગ સ્કીમમાં અક્ષરની રજૂઆત 7 અથવા 8 બિટ દ્વિઅંકી કોડમાં થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે અમૂક અક્ષરોની ASCII માં રજૂઆત ટેબલ 4.3માં દર્શાવી છે.

Symbol	Decimal	Binary
7	55	00110111
8	56	00111000
9	57	00111001
:	58	00111010
;	59	00111011
<	60	00111100
=	61	00111101
>	62	00111110
?	63	00111111
@	64	01000000
A	65	01000001
B	66	01000010
C	67	01000011

કોષ્ટક 4.3 : ASCII માં અક્ષરોની રજૂઆત

આપણે 8 બિટના સમૂહથી જુદી-જુદી મહત્તમ 256 પૅટર્ન દર્શાવી શકીએ છીએ. દરેક અલગ પૅટર્ન એ કોઈ ચોક્કસ અક્ષરને સૂચવે છે. આ રીતે આપણે મર્યાદિત સંખ્યામાં અક્ષરોની રજૂઆત કરી શકીએ. આ ઉપરાંત આ અક્ષરની સ્કીમ બધી જ ભાષાઓનાં દરેક અક્ષરને એકસરખા સ્વરૂપે રજૂ કરી શકતી નથી. કમ્પ્યૂટર-મૅમરીમાં અક્ષરોની રજૂઆત માટે હાલમાં યુનિકોડ (unicode)ની સ્કીમ વપરાય છે. યુનિકોડ આપણને વૈશ્વિક સ્તરે એક કાર્યક્ષમ અક્ષર રજૂ કરવાની સ્કીમ પૂરી પાડે છે. આથી તે એક અદ્યતન અક્ષર રજૂઆત સ્કીમ તરીકે ઉભરી આવી છે. યુનિકોડ સ્કીમ એક 'નહીં નફો'ના સિદ્ધાંત ઉપર કામ કરતી યુનિકોડ કોન્સોર્ટિયમ નામની સંસ્થા (www.unicode.org) એ બનાવી છે અને તેની જાળવણી કરે છે. યુનિકોડ સ્કીમ અન્ય કોડિંગ સ્કીમ જેમકે ASCII સાથે સુસંગત (compatible) છે. એક અક્ષર માટે યુનિકોડ 16 અથવા 32 બિટ વાપરે છે. યુનિકોડ વિશ્વની બધી મુખ્ય ભાષાઓના અક્ષરોને રજૂ કરવાનું સામર્થ્ય ધરાવે છે. 16 બિટની યુનિકોડ સ્કીમ 65536 (64k) અલગ અલગ પેટર્ન આપી શકે છે, એટલે કે તે વિવિધ અક્ષરો અજોડ રીતે રજૂ કરી શકે છે. આ સિવાય મે 2001માં 44949 વધારે અક્ષરોનો આ સ્કીમમાં ઉમેરો થયો. આ વધારાના અક્ષરો ચીન, જાપાન અને કોરિયાની ભાષા અને સંસ્કૃતિમાંથી હતા. હાલના છેલ્લા યુનિકોડ સ્ટાન્ડર્ડ (32)માં 1 લાખ જુદા-જુદા અક્ષરોનું અજોડ રીતે નિરૂપણ કરી શકાય છે. ટેબલ 4.4માં કેટલાક અક્ષરોની યુનિકોડ રચના દર્શાવેલ છે.

Unicode	Character	Description
U+0030	0	Digit Zero
U+0031	1	Digit One
U+0032	2	Digit Two
U+003A	:	Colon
U+003B	;	Semicolon
U+003C	<	Less-than sign
U+003D	=	Equal sign
U+003E	>	Greater-than sign
U+003F	?	Question mark
U+0040	@	At sign
U+0041	A	Latin Capital letter A
U+0042	B	Latin Capital letter B

કોષ્ટક 4.4 : યુનિકોડ અક્ષરની રચના

ઈમેજ (ચિત્ર - Image)નું કમ્પ્યૂટર-મેમરીમાં નિરૂપણ (Image representation into Computer memory) :

કમ્પ્યૂટરમાં સંગ્રહ કરેલ ઈમેજ (ચિત્ર / તસવીર / પ્રતિચ્છાયા)ને ડિજિટલ ઈમેજ કહેવામાં આવે છે. આનું કારણ એ છે કે કમ્પ્યૂટરની મેમરીમાં તે ઈમેજનો સંગ્રહ 0's અને 1's ની શ્રેણીમાં પરિવર્તિત થયા પછી થાય છે.

ઈમેજને દર્શાવવા માટેની એક રીત મુજબ ઈમેજમાં રહેલાં રેખા, વક્રરેખા, લંબચોરસ, વર્તુળ જેવા વિવિધ ભૌમિતિક આકારોનાં સ્થાન અને કદનો ઉપયોગ કરીને તે માહિતીને સંખ્યા વડે દર્શાવાય છે. આ રીતની રજૂઆતને વેક્ટર ઈમેજ રિપ્રેઝન્ટેશન (Vector Image Representation) કહેવામાં આવે છે. ઈમેજની ગુણવત્તાને અસર કર્યા વિના વેક્ટર ઈમેજને ઘણી સરળતાથી નાની અથવા મોટી કરી શકાય છે. ફૉન્ટ, લૉગો અને ચિત્રો વગેરેનું નિરૂપણ કરવા માટે વેક્ટર ઈમેજ એક ઉત્તમ રીત છે.

કમ્પ્યૂટર-મેમરીમાં ઈમેજનો સંગ્રહ કરવા માટે અન્ય એક રીતમાં ઈમેજને ચોક્કસ સંખ્યામાં રો અને કૉલમમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે. આ રો અને કૉલમનાં છેદનબિંદુથી બનતા દરેક સેલ (cell) ને પિક્સલ (pixel - picture element) કહેવામાં આવે છે. દરેક પિક્સલની એક કિંમત હોય છે જે એક ચોક્કસ બિંદુના રંગની તેજસ્વિતા (brightness) દર્શાવે છે. જો તમે ઈમેજને વધારે રો અને કૉલમમાં વિભાજિત કરો તો ઈમેજની ઝીણવટભરી માહિતીનો સંગ્રહ થઈ શકે અને તેથી ઈમેજની ગુણવત્તા વધારે સારી બને. સામાન્ય રીતે પિક્સલના સમૂહને કમ્પ્યૂટર મેમરીમાં ટુ ડાઈમેશનલ ઍરે (Two dimensional array) વાપરીને રાસ્ટર ઈમેજ (raster image) અથવા રાસ્ટર મૅપ (raster map) તરીકે સંગ્રહવામાં આવે છે. ઈમેજની ગુણવત્તા વધારવા માટે આપણને ખરેખર કમ્પ્યૂટર મેમરીમાં વિપુલ ડેટાનો સંગ્રહ કરવાની જરૂર પડે છે.

જો કોઈ ઇમેજની પહોળાઈ 2048 પિક્સલ અને ઊંચાઈ 1536 પિક્સલ હોય, તો તે ઇમેજમાં કુલ $2048 \times 1536 = 3,145,728$ પિક્સલ અથવા 3.1 મેગા પિક્સલ હોય છે. કોઈ મોબાઇલ ફોન અથવા ડિજિટલ કૅમેરામાં વિગતવાર વર્ણનમાં 3.1 મેગા પિક્સલની વિગત કદાચ તમારા ધ્યાનમાં આવી હશે. આનો અર્થ એ થાય કે તે કૅમેરા વડે લીધેલ કોઈ ફોટોગ્રાફ કે ઇમેજનું રિઝોલ્યુશન 2048×1536 (resolution - વિયોજન) છે. મોટા ભાગે રિઝોલ્યુશન શબ્દ ડિજિટલ ઇમેજમાં પિક્સલની સંખ્યા બતાવવા માટે વપરાય છે.

ઘણી વખત પુષ્કળ ડેટાને સંભાળવાનું કાર્ય ખૂબ મુશ્કેલ હોય છે. કોઈ ઇમેજના બધા પિક્સલનો સંગ્રહ કરવા માટે ખૂબ મૅમરીની જરૂર પડે છે. આપણે અહીં એ યાદ રાખવું જરૂરી છે કે કમ્પ્યૂટરની મૅમરીમાં એક સાથે અનેક ઇમેજનો સંગ્રહ કરવાની જરૂર પડે. આ સમસ્યાનો હલ વધારે કઠિન એ સમયે બને છે જ્યારે આપણે કમ્પ્યૂટર નેટવર્ક મારફતે ઢગલાબંધ ઇમેજ મોકલવાનો પ્રયત્ન કરીએ. મૅમરીનાં સંચાલન અને ઇમેજને મોકલવાની સમસ્યાઓનું નિરાકરણ લાવવા માટે ઇમેજને કૉમ્પ્રેસ (ઓછી જગ્યામાં વધારે ડેટાનો સંગ્રહ) કરીને સંગ્રહવામાં અને બીજી જગ્યાએ મોકલવામાં આવે છે.

રાસ્ટર ઇમેજ (raster image)નાં નીચેનાં સ્વરૂપ (ફૉર્મેટ) પ્રચલિત છે :

- .bmp (બિટ મૅપ ઇમેજ - bit map image)
- .jpg (જૉઇન્ટ ફોટોગ્રાફિક એક્સપર્ટ્સ ગ્રુપ - Joint Photographic Experts group)
- .png (પૉર્ટેબલ નેટવર્ક ગ્રુપ - Portable Network Group)
- .gif (ગ્રાફિક્સ ઇન્ટરચેન્જ ફૉર્મેટ - Graphics Interchange Format)
- .tiff (ટૅગ્ડ્ ઇમેજ ફાઇલ ફૉર્મેટ - Tagged image File Format)

ઇમેજની જેમ ઑડિયો અને વીડિયોની માહિતી પણ કમ્પ્યૂટરની મૅમરીમાં ડિજિટલ સ્વરૂપે સંગ્રહવામાં આવે છે. કમ્પ્યૂટરમાં ધ્વનિ (સાઉન્ડ)નો સંગ્રહ પણ દ્વિઅંકી સંખ્યામાં થાય છે. આ માટે ધ્વનિના પ્રાચલ (પેરામીટર- parameters) જેવાં કે આવૃત્તિ (frequency) અને વિયોજન (resolution)નો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. સાઉન્ડ / ઓડિયો ફાઇલ્સનાં ફૉર્મેટ .wav (વેવફૉર્મ ઑડિયો ફાઇલ ફૉર્મેટ), .mp3 (મૂવિંગ પિક્ચર એક્સપર્ટ્સ ગ્રુપ) અને .WMA (વિન્ડોઝ મીડિયા ઑડિયો) હોય છે. ડિજિટલ વીડિયો એ એક પ્રકારની ડિજિટલ રેકોર્ડિંગ પદ્ધતિ છે જે એનાલોગ વીડિયો સિગ્નલને બદલે ડિજિટલ સિગ્નલ વાપરે છે. ડિજિટલ વીડિયો એકધારી ઝડપથી પ્રદર્શિત થતી ડિજિટલ ઇમેજીસની શ્રેણી છે. દરેક ઇમેજને ફ્રેમ કહેવામાં આવે છે. પ્રસંગની સળંગ અસર ઉત્પન્ન કરવા માટે સામાન્ય રીતે એક સેકન્ડમાં 45 થી વધુ ફ્રેમ પસાર કરવી પડે છે. જોકે અગાઉની મૂંગી ફિલ્મમાં એક સેકન્ડમાં 25 - 30 ફ્રેમ દર્શાવાતી હતી. વીડિયો માટેના પ્રચલિત ફાઇલ ફૉર્મેટમાં .flv (flash video format), .avi (audio video interface), .wmv (Windows media video) અને .mp4 (moving picture expert group)નો સમાવેશ થાય છે.

સારાંશ (Summary)

આ પ્રકરણમાં આપણે કમ્પ્યૂટરમાં ડેટા અને સૂચનાઓનો સંગ્રહ કઈ રીતે થાય છે તે શીખ્યા. અહીં બિટ અને બાઇટ જેવા કમ્પ્યૂટર-મૅમરીના મૂળભૂત એકમો, પ્રાઇમરી અને સેકન્ડરી મૅમરી જેવા મૅમરીના પ્રકાર, હાર્ડડિસ્ક, CD, DVD વગેરે વિશે પણ સમજ મેળવી. આપણે કમ્પ્યૂટરની મૅમરીમાં પૂર્ણાંક સંખ્યા, વાસ્તવિક સંખ્યા, અક્ષરો અને બીજી મલ્ટિમીડિયા માહિતીનું નિરૂપણ કઈ રીતે થાય છે તે પણ શીખ્યા.

સ્વાધ્યાય

1. કમ્પ્યૂટર-મૅમરી શું છે ?

2. પ્રાઈમરી (પ્રાથમિક) મૅમરી શું છે ?

3. સેકન્ડરી (ગૌણ) મૅમરી શું છે ?

4. બિટની વ્યાખ્યા કરો. બિટમાં કયાં-કયાં ચિહ્ન (સંખ્યા)નો સંગ્રહ થાય છે ?

5. કમ્પ્યૂટર-મૅમરી માપવાના એકમ કયા-કયા છે ? આ એકમો વચ્ચેનો સંબંધ શું છે ?

6. નીચેના શબ્દો એક કે બે વાક્યમાં સમજાવો :

(a) RAM (b) ROM (c) PROM

(d) EPROM (e) EEPROM (f) FIFO

(g) LIFO

7. ક્રમિક રીતે મેળવવું (સિક્વન્શિયલ ઍક્સેસ) એટલે શું ?

8. RAM એટલે શું ? રૅમ (RAM)ના પ્રકાર જણાવો અને દરેક વિશે ટૂંકમાં સમજાવો.

9. ROM (રોમ) એટલે શું ? રોમ ક્યાં વધારે ઉપયોગી છે ?

10. RAM અને ROMનો તફાવત સમજાવો.

11. કેશ (cache) એટલે શું ? તે કયા કાર્યમાં ઉપયોગી છે ?

12. કોઈ પણ ત્રણ સેકન્ડરી સ્ટોરેજ ડિવાઈસનાં નામ જણાવો. તેમાંથી કોઈ પણ એક વિશે ટૂંકમાં સમજાવો.

13. કમ્પ્યૂટર-મૅમરીમાં સંખ્યાનું નિરૂપણ કઈ રીતે કરવામાં આવે છે તે સમજાવો.

14. અપૂર્ણાંક સંખ્યાનું IEEEની રીતે નિરૂપણ વિશે ટૂંક નોંધ લખો.

15. કમ્પ્યૂટર-મૅમરીમાં ઇમેજનું નિરૂપણ કઈ રીતે થાય છે તે સમજાવો.

16. **આપેલ વિકલ્પોમાંથી યોગ્ય વિકલ્પ પસંદ કરો :**

(1) પ્રાઈમરી મૅમરીનું વૈકલ્પિક નામ શું છે ?

(a) અસ્થાયી (b) કાયમી

(c) ગૌણ (d) કોઈ પણ વિકલ્પ નહિ.

(2) સેકન્ડરી મૅમરીમાં માહિતીનો સંગ્રહ કેટલા સમય માટે થાય છે ?

(a) ટૂંકા સમય (b) લાંબા સમય

(c) થઈ શકતો નથી (d) કોઈ પણ વિકલ્પ નહિ.

(3) નીચેનામાંથી કમ્પ્યૂટર-મૅમરીનો એકમ કયો છે ?

(a) બિટ (b) પીટ

(c) ચીટ (d) કીટ

(4) કેટલી બિટનો એક બાઇટ બને ?

(a) 4 (b) 8

(c) 16 (d) 32

(5) નીચેનાંમાંથી કયું LIFOનું ઉદાહરણ છે ?

(a) માણસોની એક લાઇન
(b) સર્વિસ માટે રાહ જોતી કારની લાઈન
(c) પેપરની થપ્પી
(d) સર્વિસ માટે રાહ જોતાં કાર્યો

(6) EPROM ઉપરની માહિતી ભૂંસવા માટે નીચેનામાંથી શું વપરાય છે ?

(a) અલ્ટ્રાવાયોલેટ લાઇટ
(b) ઈલેક્ટ્રિક સિગ્નલ
(c) લેસર ટેક્નોલૉજી
(d) મૅગ્નેટિક ફિલ્ડ

(7) પેનડ્રાઈવમાં કયા પ્રકારની મૅમરીનો ઉપયોગ થાય છે ?

(a) RAM
(b) PROM
(c) EEPROM
(d) એક પણ વિકલ્પ નહિ.

(8) કમ્પ્યૂટરનાં સેન્ટ્રલ પ્રોસેસિંગ યુનિટ (CPU)માં કયા પ્રકારની મૅમરી ઓછી અને અતિશય ઝડપી હોય છે?

(a) સેકન્ડરી
(b) ઑક્ઝિલિયરી
(c) કેશ
(d) રોમ

(9) નીચેનામાં કયું સેકન્ડરી સ્ટોરેજ ડિવાઇસ નથી ?

(a) કેશ મૅમરી
(b) કૉમ્પેક્ટ ડિસ્ક
(c) DVD
(d) પેનડ્રાઈવ

(10) નીચેનામાંથી કઈ સંખ્યાપદ્ધતિ કમ્પ્યૂટર ડેટાને યંત્ર વાંચી શકે તે સ્વરૂપમાં (મશીન રીડેબલ ફૉર્મ) વધારે અનુકૂળ છે ?

(a) બાયનરી
(b) ઑક્ટલ
(c) ટરનરી
(d) હેક્ઝા ડેસિમલ

(11) કઈ પદ્ધતિમાં બે અંક 0 અને 1 હોય છે ?

(a) ડેસિમલ
(b) બાયનરી
(c) હેક્ઝા ડેસિમલ
(d) ઑક્ટલ

(12) પૂર્ણાંક સંખ્યાનો કમ્પ્યૂટર-મૅમરીમાં સંગ્રહ કરવા માટે કઈ રીત વપરાય છે ?

(a) ચિહ્ન સાથેની સંખ્યાપદ્ધતિ
(b) 1ની પૂરક પદ્ધતિ
(c) 2ની પૂરક પદ્ધતિ
(d) આપેલ તમામ વિકલ્પ

(13) કમ્પ્યૂટર-મૅમરીમાં અક્ષરનો સંગ્રહ કરવા માટે નીચેનામાંથી કઈ રીત વપરાય છે ?

(a) ASCII
(b) યુનિકોડ
(c) EBCDIC
(d) આપેલ તમામ વિકલ્પ

◆