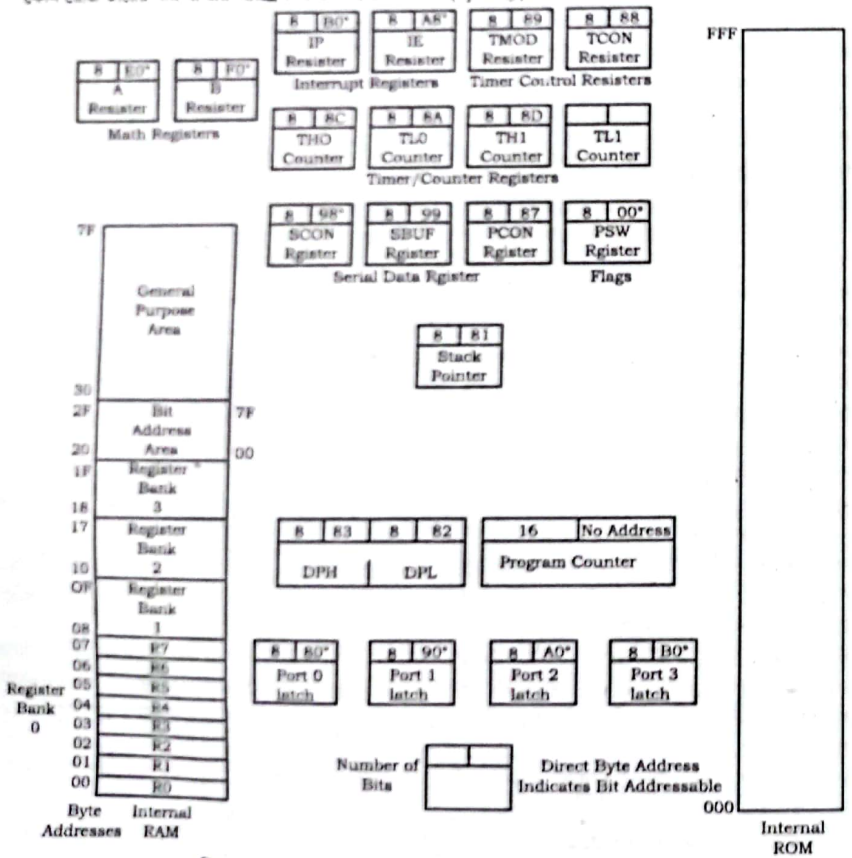
২.৫ 8051 মাইক্রোকন্ট্রোলারের প্রোগ্রামিং মডেল
(Explain the Programming Model of the 8051 Microcontroller)

8051 মাইক্রোকন্ট্রোলারের প্রোগ্রামিং মডেল নিচের চিত্রে দেখান হলো। এটা 8 বিট ও 16 বিটের রেজিস্টার এবং 8 বিট মেমোরি লোকেশনের একটি পুঞ্জী (collection)। এই রেজিস্টার ও মেমোরি লোকেশনসমূহ সফটওয়্যার নির্দেশনা দ্বারা পরিচালিত যা ডিজাইনের অংশ হিসেবে একত্রীভূত। প্রোগ্রামের নির্দেশনাসমূহকে 8051 এর অভ্যন্তরীণ রেজিস্টার, ডিজিটাল ডাটা পথ এবং বাইরের মেমোরি লোকেশনকে নিয়ন্ত্রণ করতে হয়।

মাইক্রোকম্পিউটারকে মাইক্রোকন্ট্রোলারে রূপান্তরের জন্য আবশ্যিকভাবে প্রয়োজন কিছু বিশেষ রেজিস্টার (SFRs)। 8051 মাইক্রোকন্ট্রোলারের প্রোগ্রামিং মডেলকে জটিল করে। অধিকাংশ রেজিস্টারই একটি বিশেষ কাজ করে। তাই এরা একটি সাংকেতিক নাম নিয়ে একটি স্বতন্ত্র ব্লক ধারণ করে। যেমন- A, THO ইত্যাদি। আবার কিছু কিছু রেজিস্টারকে কার্যকারিতায় সাধারণত পারস্পরিক পৃথিবীকরণ করা যায় না, তাদেরকে একটি গ্রুপে নামাংকিত করা হয়, যেমন- RAM, ROM ইত্যাদি। প্রত্যেক রেজিস্টার (PC ছাড়া) এর একটি 1 বাইটের অভ্যন্তরীণ অ্যাড্রেস থাকে যা এটাকে ধার্য (assign) করে। আবার কিছু কিছু রেজিস্টার (* চিহ্নিত) বিট ও বাইট উভয়ই দ্বারা অ্যাড্রেস করা যায়। অর্থাৎ এ ধরনের রেজিস্টার অ্যাড্রেসের ডাটার সম্পূর্ণ বাইট গঠন বা পরিবর্তন করা যায় অথবা স্বতন্ত্র বিটিগুলো গঠন বা পরিবর্তন করা যায়। সফটওয়্যার নির্দেশনা দ্বারা কোন রেজিস্টারের নাম বা এর অ্যাড্রেস বা উভয়ই দ্বারা নির্দিষ্ট (specify) করা যায়।



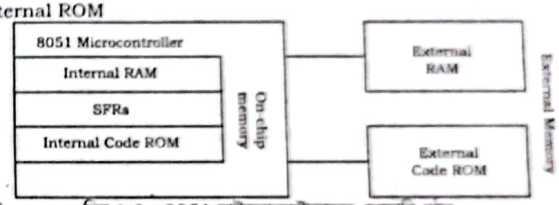
চিত্র-২.৩ : 8051 মাইক্রোকন্ট্রোলারের প্রোগ্রামিং মডেল

২.৬ 8051 মাইক্রোকন্ট্রোলারের মেমোরির গঠন
(Describe the Memory Organization of the 8051 Microcontroller Mentioning the Function of SFR, Register Bank, Bit Addressable & General Purpose RAM)

8051 মাইক্রোকন্ট্রোলার হার্ভার্ড আর্কিটেকচার ভিত্তি করে তৈরি, তাই এর প্রোগ্রাম মেমোরি ও ডাটা মেমোরি পৃথক। প্রোগ্রাম অনুযায়ী মেমোরি গণ- ROM এ এবং ডাটা উপাত্তী মেমোরি গণ- RAM এ সংরক্ষণ করা হয়। 8051 এ এরা অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক উভয়ই হতে পারে।

নিচের 8051 এর মেমোরির গঠন দেখান হলো :

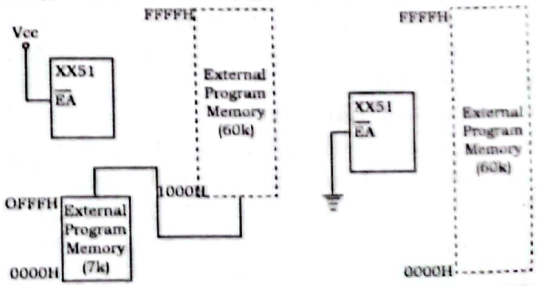
1. Internal (On-chip) Memory
2. External Memory
3. Internal or On-chip Memory
   (a) Internal RAM
      (i) Register Bank
      (ii) Bit addressable
      (iii) General User RAM/Stack
   (b) Special Function Registers (SFRs)
   (c) Internal Code or Program Memory (ROM)
4. External Memory
   (a) External RAM
   (b) External ROM



চিত্র-২.৪ : 8051 মাইক্রোকন্ট্রোলারের মেমোরি গঠন

২.৬.১ প্রোগ্রাম মেমোরি গঠন (অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক)
(Program Memory Organization (External and Internal)

8051 মাইক্রোকন্ট্রোলারের অভ্যন্তরীণ প্রোগ্রাম মেমোরি 4 কিলোবাইট এবং প্রয়োজনে একে 64 কিলোবাইট পর্যন্ত বাহ্যিকভাবে (Externally) বৃদ্ধি করা যায়। তবে এটা 4 কিলোবাইট, 8 কিলোবাইট বা 16 কিলোবাইটের হয় এবং তা নির্ভর করে বিভিন্ন ভার্সনের উপর। On-chip code মেমোরি ROM, EPROM বা Flash বিভিন্ন ধরনের হতে পারে। প্রাথমিকভাবে অভ্যন্তরীণ মেমোরি হতে নির্দেশনা আনয়নের জন্য মাইক্রোকন্ট্রোলারের EA পিনকে V_{cc} এর সাথে সংযোগ করতে হয় (চিত্র ৩.৪) এবং অভ্যন্তরীণ মেমোরির সীমা অতিক্রান্ত হলে পরবর্তী নির্দেশনা আনয়নের জন্য মাইক্রোকন্ট্রোলারের নিয়ন্ত্রণ স্বয়ংক্রিয়ভাবে বাহ্যিক মেমোরিতে (External Memory) প্রতিষ্ঠা হয়। অভ্যন্তরীণ মেমোরিকে এড়িয়ে (bi-pass) সরাসরি বাহ্যিক মেমোরি হতে নির্দেশনা আনয়নের জন্য EA পিনকে গ্রাউন্ড করতে হয়।



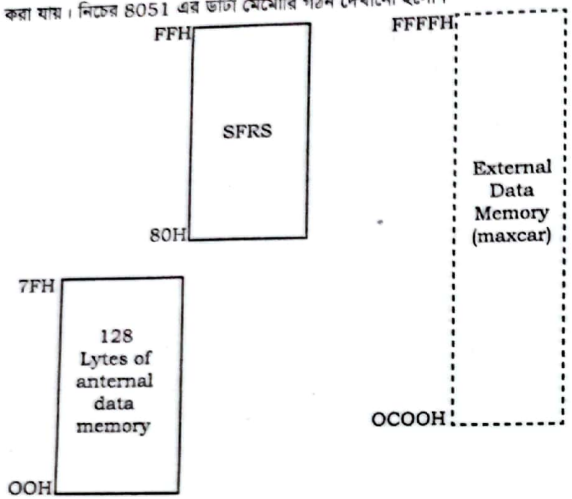
চিত্র-২.৫ : অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক প্রোগ্রাম মেমোরি গঠন (Internal and External Memory Organization)

৬৬৬-মাইক্রোকন্ট্রো. অ্যা. পিএলসি-২(খ)

২.৬.২ ডাটা মেমোরির গঠন (অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক)

(Data Memory Organization (Internal)

8051 এর অভ্যন্তরীণ ডাটা মেমোরি (RAM) আকার 128 বাইট এবং এর সাথে সর্বোচ্চ 64 কিলোবাইট পর্যন্ত বাহ্যিক মেমোরি সংযুক্ত করা যায়। নিচের 8051 এর ডাটা মেমোরি গঠন দেখানো হলো।



চিত্র-২.৬ : 8051 মাইক্রোকন্ট্রোলারের ডাটা মেমোরি (অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক) গঠন (Data memory organization)

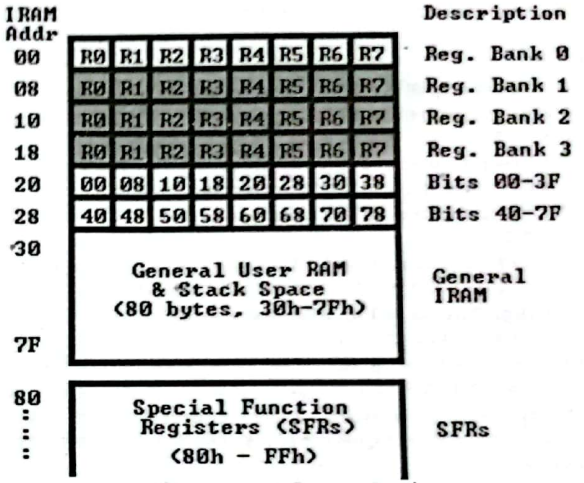
২.৬.৩ অভ্যন্তরীণ ডাটা মেমোরি

(Internal Data Memory or RAM)

অভ্যন্তরীণ মেমোরি অনেক গতিশীল এবং লিখন/পঠন (Read/Write)-ও পরিবর্তনে অনেক নমনীয়। এটা উদ্বায়ী মেমোরি। 8051 এর অভ্যন্তরীণ মেমোরির ম্যাপিং নিচের চিত্রে দেখান হলো। অভ্যন্তরীণ মেমোরিকে তিনটি ক্ষেত্রে বিভক্ত করা হয় :

1. **রেজিস্টার ব্যাংক (Register Bank) :**
   অভ্যন্তরীণ মেমোরির নিচের 32 বাইট (00h–1Fh) এর ক্ষেত্রটি চারটি রেজিস্টার ব্যাংক (Register Bank # 0, Register Bank # 1, Resister Bank # 2, Resister Bank # 3) নিয়ে গঠিত। প্রত্যেক ব্যাংক আটটি করে আট বিটের (বাইট) রেজিস্টার (R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7) নিয়ে গঠিত। প্রথম আট বাইট (R0–R7) এর সমন্বয়ে Register Bank # 0 (00h–07h) গঠিত। কাজের জন্য একবারে শুধুমাত্র একটি রেজিস্টার ব্যাংক নির্বাচিত হয় এবং নির্বাচিত ব্যাংকের রেজিস্টারগুলোকে R0, R1 .... ইত্যাদি নেমোনিক ব্যবহার করে অ্যাক্সেস করা হয়। ডাইরেক্ট অ্যাড্রেসিং এর মাধ্যমে অন্যান্য রেজিস্টারগুলোকে যুগপৎ (Simultaneously) অ্যাক্সেস করা যায়। প্রোগ্রাম সম্পাদনের সময় রেজিস্টারগুলো ডাটা বা অপারেন্ড সংরক্ষণ করে। সিস্টেম রিসেটে Default register bank হলো Bank # 0। একটি বিশেষ রেজিস্টার PSW এর দ্বারা Resister Bank নির্বাচন করা হয়।
2. **বিট অ্যাড্রেসেবল র‍্যাম (Bit Addressable RAM) :**
   সাধারণত bit variable জমা রাখার জন্য Bit addressable register ব্যবহৃত হয়। রেজিস্টার ব্যাংকের পরের 16 বাইট (128 বিট) হলো bit addressable area। বিট অ্যাড্রেস 00H (20H এর প্রথম বাইটের LSB) হতে 7FH (2FH এর শেষ বাইটের MSB) পর্যন্ত চিহ্নিত। Bit addressable area প্রধানত ব্যবহারিক প্রোগ্রামের bit variable (কোন আউটপুট ডিভাইসের অবস্থা যেমন– LED, MOTOR ইত্যাদির ON/OFF) জমা রাখার জন্য ব্যবহৃত হয়। এই মেমোরির ক্ষেত্রে শুধুমাত্র বিট জমা রাখা ভাল কিন্তু একটি সম্পূর্ণ বাইট জমা রাখা উচিত নয়, কেননা এতে মেমোরি অপচয় হয়।

3. **জেনারেল পারপাস র‍্যাম/স্ট্যাক (General Purpore RAM/Stack) :**
   অভ্যন্তরীণ মেমোরির বাকি 80 বাইট যার অ্যাড্রেস 30H থেকে 7FH ব্যবহারকারী কর্তৃক ঘন ঘন ব্যবহৃত বা উচ্চ গতির variable এর জন্য একটি সাধারণ storage হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এ ক্ষেত্রটি operating stack এর একটি storage area হিসেবেও মাইক্রোকন্ট্রোলার কর্তৃক ব্যবহৃত হয়। যেহেতু 8051 এর অভ্যন্তরীণ RAM এর আকার 128 বাইটে সীমাবদ্ধ তাই কোন কোন প্রয়োগে RAM এর আকার বাড়ানোর প্রয়োজন। 8051 সর্বোচ্চ 64 কিলোবাইট বাহ্যিক RAM সমর্থন করে। বাহ্যিক RAM নমনীয় নয় এবং এর গতি ধীর হয়।



চিত্র-২.৭ : অভ্যন্তরীণ মেমোরির গঠন

২.৬.৪ স্পেশাল ফাংশন রেজিস্টারস (এসএফআর)

(Special Function Registers (SFRs)

SFRs হলো On-chip RAM মেমোরির উপরের 80h হতে FFh পর্যন্ত মেমোরি অ্যাড্রেসে 128 বাইটের একটা ক্ষেত্র। এরা 8051 মাইক্রোকন্ট্রোলার কর্তৃক সম্পাদিত কোন বিশেষ কাজের নিয়ন্ত্রণ ও অবস্থা (Status) প্রকাশ করে। এদের উদ্দেশ্য নির্মাতা কর্তৃক পূর্বনির্ধারিত এবং ফলে অপরিবর্তনীয়। যেহেতু তাদের বিটগুলো মাইক্রোকন্ট্রোলারের অভ্যন্তরে কোন বিশেষ সার্কিটের সাথে সংযুক্ত তাই বিটগুলোর যে-কোন পরিবর্তন মাইক্রোকন্ট্রোলার বা ঐ সার্কিটসমূহের কার্যক্রমে প্রভাব ফেলে। নিচের চিত্রে SFRs map দেখানো হলো :

80	PS	SP	DPL	DPH				PCON	87
88	ICON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1			8F
90	P1								97
98	SCON	SBUF							9F
A0	P2								A7
A8	IE								AF
B0	P3								B7
B8	IP								B9
C0									C7
C8									CF
D0	PSW								D7
D8									DF
E0	ACC								E7
E8									EF
F0	B								F7
F8									FF

চিত্র-২.৮ : SFRs map

CamScanner

বিভিন্ন প্রকার SFRs ও তাদের কাজ :

(ক) আই/ও পোর্ট এসএফআর (I/O Port SFRs) :

(১) P0- (Port0, Address 80h, 8 bit, Bit-Addressable)
(২) P1- (Port1, Address 90h, 8 bit, Bit-Addressable)
(৩) P2- (Port2, Address A0h, 8 bit, Bit-Addressable)
(৪) P3- (Port3, Address B0h, 8 bit, Bit-Addressable)

এরা প্রত্যেকে 8 বিটের ইনপুট/আউটপুট পোর্ট। এই বিশেষ রেজিস্টারগুলোর প্রত্যেক বিট মাইক্রোকন্ট্রোলারের পিনের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ, যেমন- P0 পোর্টের bit 0 হলো মাইক্রোকন্ট্রোলারের P0.0 পিন। এই রেজিস্টারের কোন বিটে 1 লিখলে মাইক্রোকন্ট্রোলারের ঐ পিন High হয় এবং অনুরূপভাবে কোন পিনকে Low করার জন্য রেজিস্টারের ঐ বিটে 0 লিখতে হয়।

(খ) কন্ট্রোল এসএফআর (Control SFRs) :

(১) **PCON (Power Control, 8 bit, Addresses 87h) :** এই রেজিস্টার 8051 এর পাওয়ার কন্ট্রোল মুডগুলোকে নিয়ন্ত্রণের জন্য ব্যবহৃত হয়।

(২) **TCON (Timer Control, 8 bit, Addresses 88h, Bit-Addressable) :** এই রেজিস্টার 8051 এর টাইমারদ্বয়ের অপারেশন সাজানো ও পরিবর্তনের জন্য ব্যবহৃত হয়।

(৩) **TMOD (Timer Control, 8 bit, Addresses 89h) :** এই রেজিস্টার টাইমারদ্বয়ের অপারেশনের মুড নির্ধারণ করে।

(৪) **SCON (Serial Control, 8 bit, Addresses 98h, Bit-Addressable) :** এই রেজিস্টার 8051 এর on-board সিরিয়াল পোর্টকে সাজানোর জন্য ব্যবহৃত হয়। এটি baud rate কেও নিয়ন্ত্রণ করে।

(৫) **IE (Interrupt Enable, 8 bit, Addresses A8h) :** এই রেজিস্টার নির্দিষ্ট ইন্টারাপ্টকে কার্যকর বা অকার্যকর করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(৬) **IP (Interrupt Priority 8 bit, Addresses B8h, Bit-Addressable) :** এই রেজিস্টার প্রত্যেক ইন্টারাপ্টের আপেক্ষিক অগ্রাধিকার (priority) নির্দিষ্টকরণের জন্য ব্যবহৃত হয়।

(৭) **PSW (Program Status Word, 8 bit, Addresses D0h, Bit-Addressable) :** এই রেজিস্টার গাণিতিক হিসাবনিকাশের ফলাফলের অবস্থা নির্ণয় করে এবং রেজিস্টার ব্যাংক নির্ধারণ করে।

(গ) অন্যান্য SFRs :

(১) **SP : SP (Stack Pointer, 8 bit, Address 81h) :** এই রেজিস্টার স্ট্যাক হতে নেওয়া কোন মানকে অভ্যন্তরীণ মেমোরির কোথায় পঠিত (Read) হবে তা নির্দেশ করে।

(২) **DPL/DPH (Data Pointer Low/High, Adresses 82h/83h) :** এটি DPL ও DPH রেজিস্টার একত্রে 16 বিটের একটি Data Pointer. এই ডাটা পয়েন্টার প্রাথমিকভাবে বাহ্যিক মেমোরিকে অ্যাড্রেস করার জন্য ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া এটি সচরাচর ডাটা সংরক্ষণ ও মধ্যবর্তী ফলাফল সংরক্ষণের জন্যও ব্যবহৃত হয়।

(৩) **TL0/TH0 (Timer 0 Low/High Addresses 8Ah/8Ch) :** TL0 ও TH0 রেজিস্টারদ্বয় একত্রে 16 বিটের টাইমার রেজিস্টার timer0. তাদের যথার্থ আচরণ নির্ভর করে Timer0 কে TMOD রেজিস্টারে কীভাবে সাজানো হয়।

(৪) **TL1/TH1 (Timer 1 Low/High, Addresses 8Bh/8Dh) :** TL1 ও TH1 রেজিস্টারদ্বয় একত্রে 16 বিটের টাইমার রেজিস্টার timer1. তাদের যথার্থ আচরণ নির্ভর করে Timer1 কে TMOD রেজিস্টারে কীভাবে সাজানো হয়।

(৫) **TL1/TH1 (Timer 1 Low/High, Addresses 8Bh/8Dh) :** TL1 ও TH1 রেজিস্টারদ্বয় একত্রে 16 বিটের টাইমার রেজিস্টার timer 1. তাদের যথার্থ আচরণ নির্ভর করে Timer1 কে TMOD রেজিস্টারে কীভাবে সাজানো হয়।

(৬) **SBUF (Serial Control, Addresses 99h) :** এই রেজিস্টার 8051 এর on-board সিরিয়াল পোর্টের মাধ্যমে ডাটা প্রেরণ ও গ্রহণের জন্য ব্যবহৃত হয়।

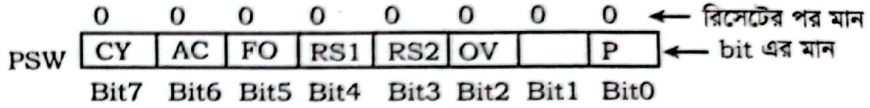
(৭) **ACC (Accumulator, Addresses E0h, Bit-Addressable) :** এটি বহুল ব্যবহৃত রেজিস্টার যা গাণিতিক হিসাবনিকাশের সমস্ত ফলাফল জমা রাখে, নির্দেশনা সম্পাদনের পূর্বে যে-কোন সংখ্যা বা অপারেন্ডও জমা রাখে। এটি A register নামে অধিক পরিচিত। অ্যাকুমুলেটর ছাড়া কোন মাইক্রোকন্ট্রোলার কল্পনাই করা যায় না।

(৮) **B (B Register, Addresses F0h, Bit-Addressable) :** এটিকে সাময়িক তথ্য জমা রাখার জন্য সহায়ক মেমোরি হিসাবে প্রোগ্রামারগণ ব্যবহার করে। তবে এটি প্রধানত গুণন ও ভাগের কাজের নির্দেশনায় ব্যবহৃত হয়।

২.৭ প্রোগ্রাম স্ট্যাটাস ওয়ার্ড (পিএসডব্লিউ) রেজিস্টার বর্ণনা

(State the Function of Each Flag of the PSW Register)

Program Status Word (PSW) : এটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ একটি 8 বিটের বিশেষ রেজিস্টার যা ALU এর গাণিতিক ও যৌক্তিক হিসাবনিকাশের ফলাফলের অবস্থা (Status) প্রকাশ করে এবং রেজিস্টার ব্যাংক নির্বাচন করে। এটি একটি বিট অ্যাড্রেসেবল রেজিস্টার নিচে এর বিটগুলোর বর্ণনা দেয়া হলো :



চিত্র-২.৯ :

Bit 0 : PSW.1 (Parity Flag)- এটি সাধারণত সিরিয়াল কমিউনিকেশনে ডাটা সম্প্রচার বা গ্রহণে ব্যবহৃত হয়।

1 = অ্যাকুমুলেটর ফলাফল odd parity

0 = অ্যাকুমুলেটর ফলাফল even parity

Bit 1 : এই বিট সংরক্ষিত।

Bit 2 : PSW.2 : OV (Over flow flag)

1 = যদি signed number operation এর ফলাফল খুব বড় হয় তবে sign bit এর high order bit overflow হয়।

0 = Overflow না হলে।

Bit 3 & Bit 4 : PSW.4 – PSW.3 : রেজিস্টার ব্যাংক নির্বাচন বিট। রেজিস্টার ব্যাংক নির্বাচনের বিট মিশ্রণ (Bit combination) নিচে দেখানো হলো :

RSI	RS0	RB
0	0	BANK 0
0	1	BANK 1
1	0	BANK 2
1	1	BANK 3

Bit 5 : SW.5 : FO (User flag) : এটি সাধারণ ব্যবহারের একটি flag; ব্যবহারকারী কর্তৃক প্রয়োজনে এটি Set/Reset হয়।

Bit 6 : PSW.6 : AC (Auxiliary Carry)

1 = BCD অপারেশনে যদি যোগ ও বিয়োগের ফলে ডাটার ৪র্থ বিট (D3) থেকে ৫ম বিটে (D4) carry বের হয়। 0 = carry না থাকলে।

Bit 7 : PSW.7 : CY (Carry Flag)

1 = যদি সকল গাণিতিক ও যৌক্তিক কাজের ফলে অথবা শিফট নির্দেশনার ফলে ডাটার ৮ম বিট (D7) থেকে carry বের হয়।

0 = carry না থাকলে।

CamScanner