

BÖLÜM 5 ALT PROGRAM

5.1. Duruma Bağlı Dallanma ve Alt Program

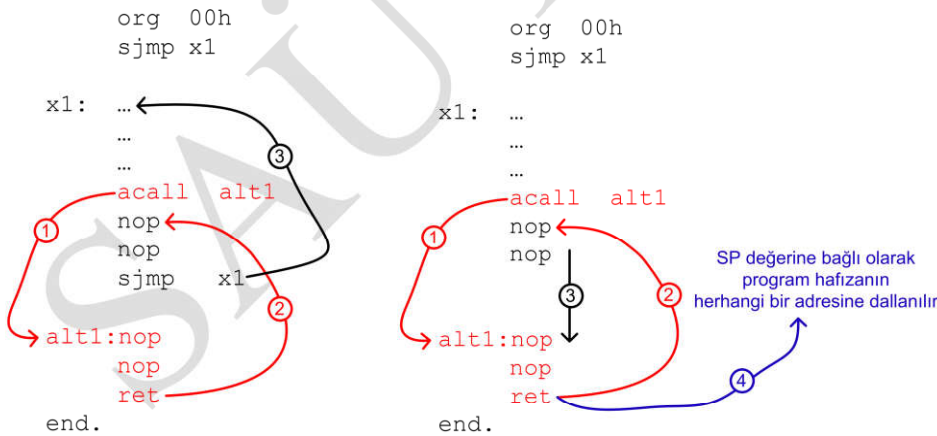
Bir programın yazımı esnasında, program içerisinde birden fazla koşturulacak olan kodlar olabilir. Bu kodların gerekli olduğu her yerde tekrar yazılması program hafızanın şişmesine ve programın uzayarak takip edilebilirliğinin azalmasına neden olur. Bu nedenle birden çok tekrar eden algoritma parçalarının alt programlar halinde yazılması uygundur. Benzer şekilde ana program içerisinde sadece 1 kere koşturulacak olan çalışma ayarları gibi kısımlarında alt programlar halinde yazılması ana programın daha sade ve takip edilebilir olmasını sağlar. Alt programlar ana program içerisinden gerekli hallerde çağrılarak koşturulur. Alt programdan çıktıktan sonra programın akışı alt programın çağrıldığı seviyeye geri döner. Alt program çağırma ve alt programdan dönüş komutları:

acall <alt program ismi> ; 2-kByte alan içerisinde
lcall <alt program ismi> ; 64-kByte alan içerisinde
ret ; alt programdan çık

Alt programlar ilk “ret” komutunu görene kadar koşturmaya devam eder. İlk “ret” komutu ile koşturulmakta olan alt programdan çıkılır. Programın akışı alt programın çağrıldığı komuttan sonraki komutun koşturulması ile devam eder. Aşağıda alt program içeren örnek bir program üzerinde komut satırlarının işletilme sırası gösterilmiştir.

SP Saklayıcısı

Programın icrası esnasında alt programlardan veya kesme hizmet alt programlarından çıkılıp ana programa geri dönülürken geri dönüş adresinin tutulduğu, PUSH ve POP komutları ile veri yazılıp okunan saklayıcıdır. Yığın işaretçisinin (Stack Pointer, SP) hatalı kullanımı programın çökmesine istenmeyen durumların gerçekleşmesine neden olur. İleriki kısımlarda ayrıntılı olarak incelenecektir.



Ana program akışının alt programa kontrolsüz bir şekilde (“acall” veya “lcall” komutları kullanılmadan) erişilmesine izin verilmemelidir. Aksi halde programın çökmesi söz konusudur. Yukarıdaki örnekte “sjmp x1” komutu ile ana programın sonsuz bir döngü içerisinde devam etmesi sağlanmıştır. Böyle bir döngü kurulmaması durumunda programın akışı kontrolsüz bir şekilde “alt1” alt programına erişecek ve “ret” komutunun koşturulması sonrasında programın kontrolü-akışı yığının o anki değerine bağlı olarak program hafıza içerisinde herhangi bir adrese dallanacaktır. Başka bir ifade ile yazılım çökecektir.

5.2. Alt Programdan Ana Programa Dönüş Adresine Donanım Tarafından Hesaplanması

ACALL <alt program ismi>

“ACALL” komutu program hafızada 2-Byte yer işgal eder. Koşulsuz olarak isim ile belirtilen altprogramı çağırır. PC, yığığa atılır. Bir sonraki komuta işaret eden adres, önce düşük byte olmak üzere yığığa atılır. Altprogram program hafızasının 2K’lık bloğu içinde olmalıdır. Bu komut yürütülmesi sırasında donanım tarafından otomatik olarak aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir.

(PC) $\leftarrow$ (PC)+2

(SP) $\leftarrow$ (SP)+1

((SP)) $\leftarrow$ (PC_{7..0})

(SP) $\leftarrow$ (SP)+1

((SP)) $\leftarrow$ (PC_{15..8})

(PC) $\leftarrow$ alt program adresi

Yukarıda belirtildiği gibi bu komutun icrasında öncelikle PC değeri 2-Byte (acall komutu 2-Byte uzunluğundadır) artırılarak alt programdan dönüldüğünde program akışının devam edeceği adres değeri (yani “acall” komutundan sonraki komutun adresi) PC’ye yüklenir. Daha sonra bu adres değerinin düşük (PC_{7..0}) ve yüksek (PC_{15..8}) Byte’ı RAM hafızada yığığa tahsis edilen alana aktarılır. Dönüş adresi saklandıktan sonra PC’ye dallanılacak olan adres değeri (alt programın başlangıç adresi) yüklenerek alt programa dallanma gerçekleştirilir.

LCALL <alt program ismi>

“LCALL” komutu program hafızada 3-Byte yer işgal eder. Alt program 64K’lık program belleğinin herhangi bir adresinden başlayabilir. Koşulsuz olarak isim ile belirtilen altprogramı çağırır. Komutun icrası “ACALL” komutu ile aynıdır. Sadece PC değeri 3-Byte artırılır.

(PC) $\leftarrow$ (PC)+3

(SP) $\leftarrow$ (SP)+1

((SP)) $\leftarrow$ (PC_{7..0})

(SP) $\leftarrow$ (SP)+1

((SP)) $\leftarrow$ (PC_{15..8})

(PC) $\leftarrow$ alt program adresi

RET

Komut satırlarının koşturulması esnasında “RET” komutu ile karşılaşınca program akışı içinde bulunduğu alt programdan çıkarak alt programın çağrıldığı komut satırının bir alt satırına döner. Dönüş adresinin PC’ye yüklenmesi donanım tarafından otomatik olarak aşağıda gösterildiği gibi gerçekleştirilir.

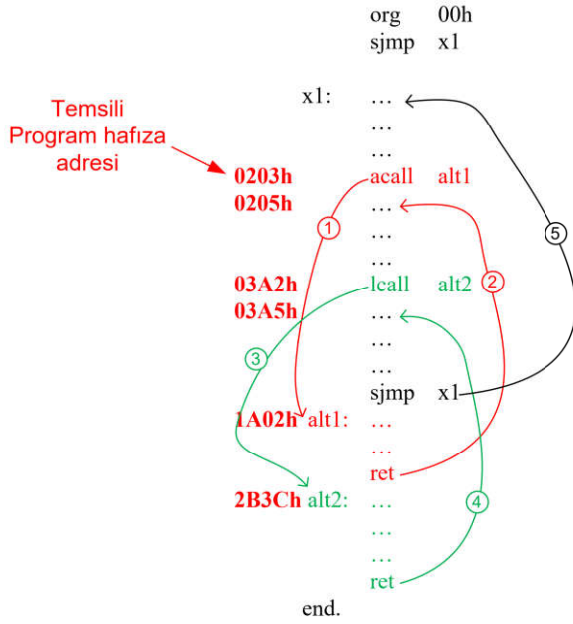
(PC_{15..8}) $\leftarrow$ ((SP))

(SP) $\leftarrow$ (SP)-1

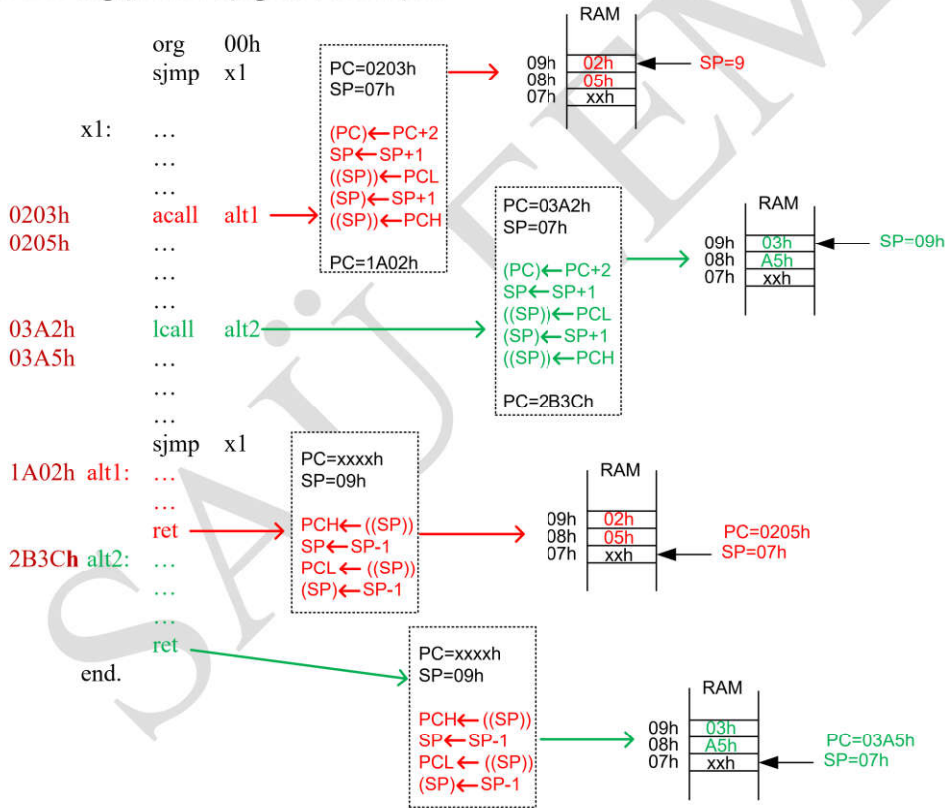
(PC_{7..0}) $\leftarrow$ ((SP))

(SP) $\leftarrow$ (SP)-1

Örnek:



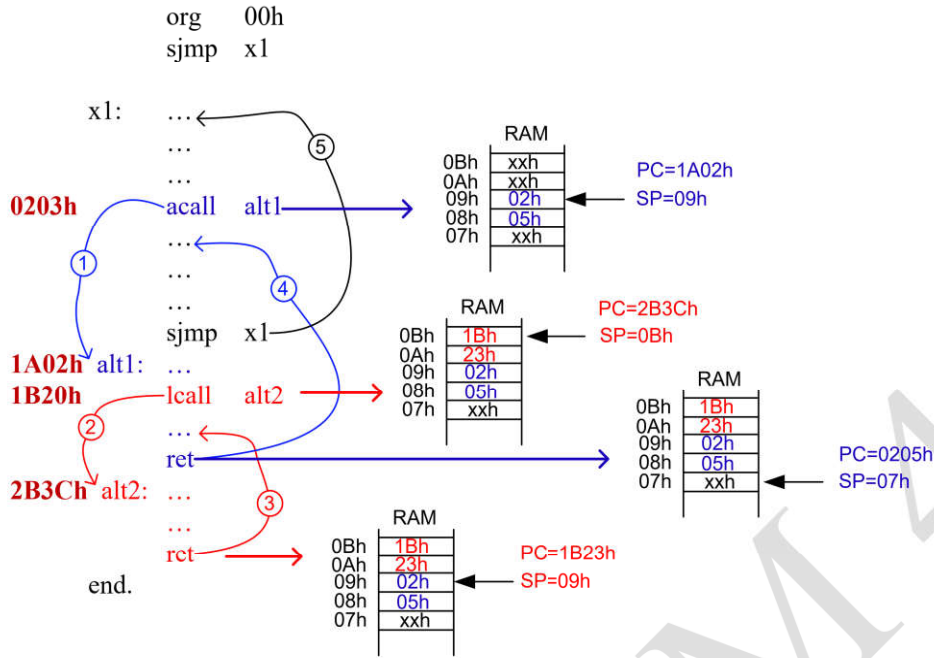
Yukarıda verilen program örneğinde “acall”, “lcall” ve “ret” komutlarının icraları sırasında SP, PC ve RAM değişimleri aşağıda verilmiştir.



5.3. İç-İçe Alt Program Yapısı

Aşağıda verilen program örneğinde gösterildiği gibi bazı durumlarda bir alt programın içerisinde bir başka alt programa, onun içerisinde de bir başka alt programa dallanmalar yapılabilir. Ancak bu şekilde

yapılan iç içe dallanmalar SP için gerekli olan hafıza alanının büyümesine neden olacağından gereksiz yere iç içe dallanmalardan kaçınılmalıdır.



PUSH ve POP komutları

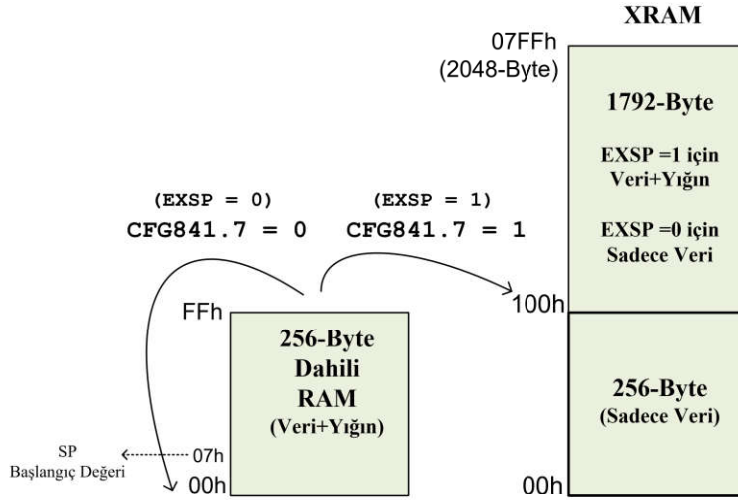
Bütün 8051 ürünlerinde yığın (stack) hafıza, tümdevre-üstü RAM'da yer alıp yukarıya doğru büyür. **PUSH** komutu, önce yığın işaretçisini (SP—Stack Pointer) bir artırır, sonra SP ile işaretli hücreye bir byte kopyalanır. **POP** komutu ile PUSH işleminin tersi gerçekleştirilir. SP ile işaretli hücreden bir byte okunur ve SP'nin değeri bir azaltılır.

PUSH ve POP komutları, saklanacak veya geri alınacak byte'ı belirlemek için, sadece doğrudan adresleme modunu kullanır. Fakat yığının kendisine, SP saklayıcısını kullanarak, dolaylı adresleme ile erişilir. Bu, yığının Yüksek 128'lik bölümde yer alabileceği, ancak SFR alanında olamayacağı anlamına gelir. Yüksek 128'i olmayan ürünlerde, eğer SP Yüksek 128'e işaret ederse, PUSH ile hafızaya yazılmak istenen byte'lar kaybolur ve POP'la okunmak istenen byte'lar ise belirsizdir. Çünkü bu bölgede fiziksel bir RAM hafıza yoktur.

Gösterim	İşlem	Adresleme modları			
		Dir	Ind	Reg	Imm
PUSH <kaynak>	INC SP : MOV @SP, <kaynak>	*			
POP <hedef>	MOV<hedef>, @SP : DEC SP	*			

5.4. Program Çökmelerinin Olası Nedenleri

Bir alt programdan çıkılıp alt programın çağrıldığı komut satırının bir alt satırına dönülürken gerekli olan dönüş adresi yukarıda gösterildiği gibi donanım tarafından SP içeriğinden okunarak PC'ye yüklenir. Dönüş adres değerinin hatalı hesaplanmasına neden olacak işlemlerin gerçekleşmesi durumunda programın akışı bozulur. Bu durum program çökmesi olarak adlandırılır. Aşağıda dönüş adres değerinin hatalı hesaplanmasına neden olabilecek durumlar belirtilmiş ve detaylı olarak incelenmiştir.



Şekil 20. Aduc841 SP yapısı

CFG841 Saklayıcısı

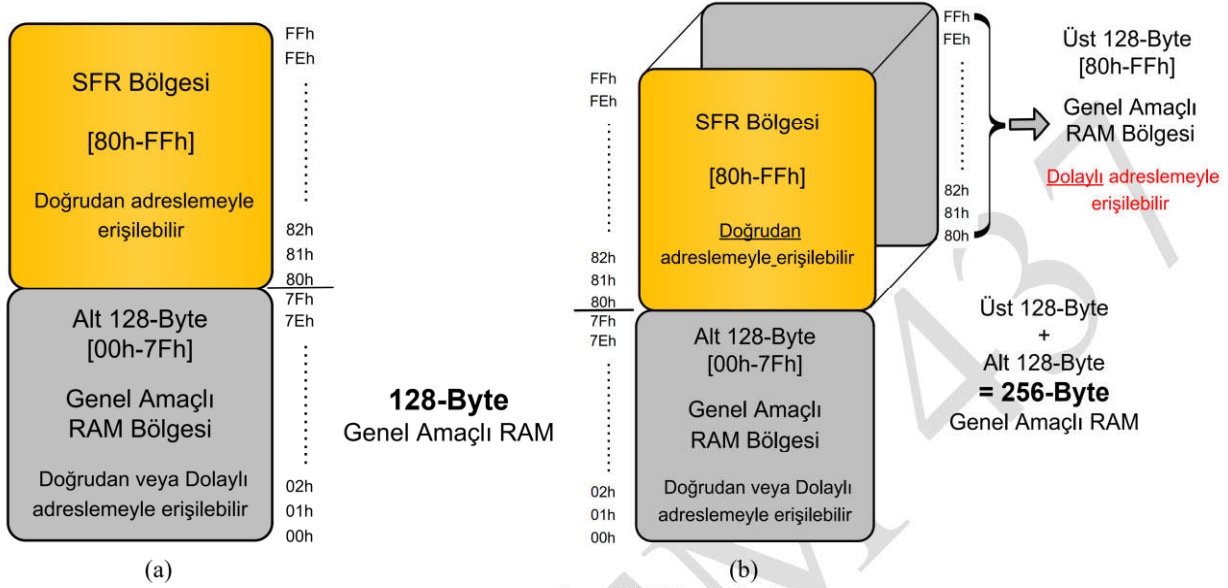
ADUC841 mimarisinde yer alan çeşitli çevre birimlerinin ayarının yapıldığı CFG841 SFR'si **bit adreslenemez**. Açık renkli işaretlenmiş yerler ileride detaylandırılacaktır.

CFG841:	EXSP	PWPO	DBUF	EPM2	EPM1	EPM0	MSPI	XRAMEN
---------	------	------	------	------	------	------	------	--------

Bit	İsim	Açıklama																												
7	EXSP	Setlendiğinde genişletilmiş SP yapısı (11-bit) aktif olur. Temizlendiğinde ise standart SP yapısı (8-bit) seçilmiş olur.																												
6	PWPO	Setlendiğinde P3.4 ve P3.3 pinleri PWM çıkışı olarak atanır. Temizlendiğinde ise P2.6 ve P2.7 PWM çıkışları olarak atanır.																												
5	DBUF	Setlendiğinde dahili DAC çıkış tamponları by-pass edilir. Temizlendiğinde ise DAC çıkış tamponları aktif olur.																												
4	EPM2	EPM2, EPM1 ve EPM0 bitleri aşağıdaki tabloya göre PWM saat frekansı için bölme faktörünü belirler.																												
3	EPM1																													
2	EPM0																													
			<table><tr><th>EPM2</th><th>EPM1</th><th>EPM0</th><th>Bölme Faktörü</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>32</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>64</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>128</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>256</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>512</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1024</td></tr></table>	EPM2	EPM1	EPM0	Bölme Faktörü	0	0	0	32	0	0	1	64	0	1	0	128	0	1	1	256	1	0	0	512	1	0	1
EPM2	EPM1	EPM0	Bölme Faktörü																											
0	0	0	32																											
0	0	1	64																											
0	1	0	128																											
0	1	1	256																											
1	0	0	512																											
1	0	1	1024																											
1	MSP	Setlendiğinde SPI haberleşme biriminin MISO, MOSI ve SCLOCK fonksiyonlarını sırasıyla P3.3, P3.4 ve P3.5 pinlerine atanır.																												
0	XRAMEN	Setlendiğinde dahili XRAM kullanıma açılır ve harici veri hafıza adres alanının alt 2-kByte 'lık kısmına yerleştirilir. Temizlendiğinde ise dahili XRAM kullanıma kapalıdır.																												

BÖLÜM 6 Hafıza Yapısı

6.1. Üst RAM Bölgesi



Şekil 21 8051(a) ve 8052(b) veri hafıza yapısı

8051 ailesinin her üyesinde bulunmayan üst RAM bölgesi genel amaçlı saklayıcı olarak kullanılır. Alt RAM bölgesi gibi fonksiyonlara (register bölgesi, bit adreslenebilir bölge) sahip değildir.

Üst 128-Byte RAM bölgesi Şekil 2.b’de gösterildiği gibi SFR’ler ile aynı hafıza adres alanını [80h – FFh] kullanır. Dolayısıyla bu iki bölgeden (SFR ve genel amaçlı üst 128-Byte) hangisine erişileceği tamamen kullanılan komutun yapısına bağlıdır. Genel amaçlı üst 128-Byte RAM bölgesine sadece **dolaylı adresleme** ile erişilirken SFR alanına ise sadece **doğrudan adresleme** ile erişilebilir.

SFR Bölgesi

Mikrodenetleyicilerin sahip oldukları her bir çevre birimi (I/O portları, kesme kaynakları, zamanlayıcı/sayıcı, vd.) için tanımlanmış çeşitli çalışma modları vardır. Örneğin 8051 ailesinde zamanlayıcı/sayıcılar 4 farklı çalışma modunda kullanılabilir. Benzer şekilde seri haberleşme birimi (UART) için birden fazla çalışma modu vardır. Dolayısı ile mikrodenetleyicinin sahip olduğu çevre birimlerinin amacına uygun şekilde kullanılabilmesi için çalışma ayarlarının önceden doğru bir şekilde yapılması gerekir.

Mikrodenetleyicilerde çevre birimlerinin çalışma ayarlarının yapıldığı ve/veya ilgili çevre birimine ait anlık çalışma değerlerinin saklandığı, her bir çevre birimine özel olarak atanmış bir veya daha fazla saklayıcı vardır. Kullanım amaçlarından dolayı “**Özel Fonksiyon Saklayıcısı, (Special Function Register, SFR)**” olarak adlandırılan bu saklayıcılar 8051-ailesinde dahili veri hafızanın [80h-FFh] adreslerinde yer alır. SFR’ler için tahsis edilen RAM’ın bu alanının genel amaçlı veri saklamak amacı ile kullanılması tavsiye edilmez.

Şekil 2(b)’de belirtilen 8052 dahili veri hafıza yapısı kullanımı aşağıdaki örnekte anlatılmıştır. Standart 8051 çekirdeğine ait SFR haritası aşağıda gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi SFR’lerin her birinin ilgili olduğu çevre birimine ve kullanım amacına uygun özel ismi vardır. Örneğin kesmelerin

yetkilendirme bitlerini içeren SFR IE: Interrupt Enable ismi ile, seri kanal kontrol ayarlarının yapıldığı SFR SCON:Serial Control ismi ile, vb. kullanılır. Aşağıda kısaca açıklanan SFR'lerin her biri ilerleyen kısımlarda detaylı olarak incelenecektir.

SFR Byte Adresleri

F8h									FFh
F0h	B								F7h
E8h									EFh
E0h	ACC								E7h
D8h									DFh
D0h	PSW								D7h
C8h									CFh
C0h									C7h
B8h	IP								BFh
B0h	P3								B7h
A8h	IE								AFh
A0h	P2								A7h
98h	SCON	SBUF							9Fh
90h	P1								97h
88h	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1			8Fh
80h	P0	SP	DPL	DPH				PCON	87h

Bit adreslenebilir SFR'ler

Şekil 22. 8051 SFR haritası

A Saklayıcısı (Akümülatör, ACC)

A saklayıcısı (akümülatör) çok amaçlı önemli bir saklayıcıdır. ALU tarafından yürütülen aritmetik ve lojik işlemlerin sonuçları A saklayıcısında saklanır. Veri transferlerinde, harici RAM erişimlerinde vb. bir çok komutta kullanılan akümülatörün komutlardaki kullanımı ACC veya A şeklindedir. (MOV A, #53h, MOV ACC, #53h, CLR A.0) A saklayıcısı bit adreslenebilirdir.

B Saklayıcısı

Çarpma ve bölme işlemlerinde A saklayıcısı ile birlikte kullanılan bir kaydedicidir. B saklayıcısı işlem sonuçları vb. geçici verilerin saklanması için kullanılabilir.

Zamanlayıcı/Sayıcı Saklayıcıları

TCON, TMOD, TL0, TL1, TH0 ve TH1 8051 mimarisinde bulunan iki adet zamanlayıcı/sayıcının (zamanlayıcı/sayıcı 0, T/C 0 ve zamanlayıcı/sayıcı 1, T/C 1) çalışma ayarlarının yapıldığı ve sayma değerlerinin tutulduğu saklayıcılarıdır. Zamanlayıcı/sayıcılar ileriki kısımlarda ayrıntılı olarak incelenecektir.

SCON-SBUF Saklayıcıları

Mimaride bulunan asenkron seri haberleşme biriminin (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART) çalışma ayarlarının yapıldığı (SCON) ve alınan-iletelen verilerin okunup-yazıldığı (SBUF) saklayıcılarıdır. İleriki kısımlarda ayrıntılı olarak incelenecektir.

P0, P1, P2 ve P3 Saklayıcıları

8051 mimarisinde 4 adet 8-bitlik giriş-çıkış portu (Port0-P0, Port1-P1, Port2-P2, Port3-P3) bulunur. 32 adet (4x8=32) giriş-çıkış pininin her biri bağımsız bir şekilde çalışabilir. Bit tabanlı veya byte tabanlı giriş-çıkış yapılabilir. Portlar-pinler fiziksel dünya ile mikrodenetleyici arasında lojik veri transferinin (I/O,

On/Off) gerçekleşmesini mümkün kılar. P0, P1, P2 ve P3 saklayıcıları portlara aktarılacak istenen verilerin yazıldığı ve portlardan okunan verilerin tutulduğu saklayıcılarıdır. Reset sonrasında P0, P1, P2 ve P3 port saklayıcıları donanım tarafından 0FFh değeri ile yüklenir.

SP Saklayıcısı

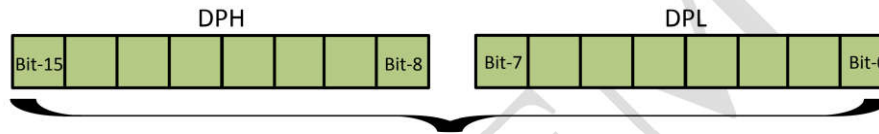
Programın icrası esnasında alt programlardan veya kesme hizmet alt programlarından çıkılıp ana programa geri dönülürken geri dönüş adresinin tutulduğu, PUSH ve POP komutları ile veri yazılıp okunan saklayıcıdır. Yığın işaretçisinin (Stack Pointer, SP) hatalı kullanımı programın çökmesine istenmeyen durumların gerçekleşmesine neden olur. İleriki kısımlarda ayrıntılı olarak incelenecektir.

IE – IP Saklayıcıları

Kesme kaynaklarının yetkilendirme (Interrupt Enable, IE) ve öncelik (Interrupt Priority, IP) ayarlarının yapıldığı saklayıcılarıdır. İleriki kısımlarda ayrıntılı olarak incelenecektir.

DPH-DPL Saklayıcıları

Veri işaretçisi (Data Pointer, DPTR) 16-bit'lik (2-Byte) bir saklayıcıdır. DPH (yüksek Byte) ve DPL (düşük Byte) saklayıcıları aşağıda gösterildiği gibi DPTR saklayıcısının sırasıyla yüksek ve düşük değerli 8-bitini oluşturmaktadır. DPH ve DPL saklayıcılarına ayrı ayrı erişilebildiği (okunup-yazılabilir) gibi bazı özel komutlarla ikisinde aynı anda erişilebilir. DPTR saklayıcısı harici hafıza birimlerine erişimlerde kullanılmaktadır.



DPTR (16-bit) = DPH (yüksek anlamlı 8-bit) + DPL (düşük anlamlı 8-bit)

ÇİFT DPTR- DUAL DPTR (DATAPOINTER)

ADUC841 mimarisi **ana (main)** ve **gölge (shadow)** olarak adlandırılan çift DPTR (datapointer) desteklemektedir. İkinci data pointer **gölge** DPTR'dir ve DPTR ayar SFR'si **DPCON** üzerinden konfigüre edilir. MOVC/MOVX komutlarının kullanımından sonra;

- DPTR değerinin donanımsal olarak otomatik artırılması, azaltılması
- Ayrıca ana ve gölge DPTR'ler arasında donanımsal olarak otomatik toggle (mandallama) gibi kullanışlı özellikler aşağıdaki tabloda anlatılmıştır.

Resetten sonra ana DPTR etkindir.

NOT: Ana ve gölge DPTR'ler arasındaki seçim için elektronik olarak anahtarlanmasına kısaca **mandallama** denmektedir.

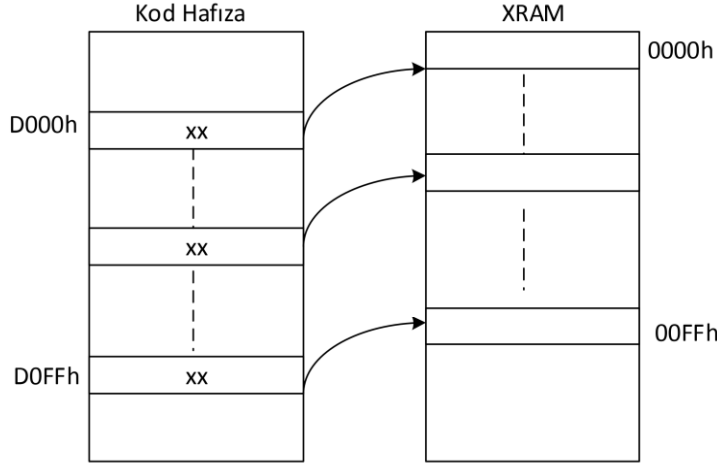
DPCON: Byte adreslenebilir. Resetten sonraki değeri 00h'tir.

DPCON:	--	DPT	DP1m1	DP1m0	DP0m1	DP0m0	--	DPSEL
--------	----	-----	-------	-------	-------	-------	----	-------

Bit	İsim	Açıklama															
7	--	Rezerve															
6	DPT	“1” ise otomatik mandallama yetkilendirilir. “0” ise yetkisizdir.															
5	DP1m1	Gölge DPTR modları aşağıdadır.															
		<table> <tr> <th>DP1m1</th><th>DP1m0</th><th>Gölge DPTR Çalışma Modları</th></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>Standart 8052 gibi davranır</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR donanımsal olarak otomatik bir artırılır (inc kullanmadan)</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra sonra DPTR donanımsal olarak bir azaltılır (dec kullanmadan)</td></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR’nin en anlamsız (LSB) 8 byte’ı mandallanır.</td></tr> </table>	DP1m1	DP1m0	Gölge DPTR Çalışma Modları	0	0	Standart 8052 gibi davranır	0	1	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR donanımsal olarak otomatik bir artırılır (inc kullanmadan)	1	0	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra sonra DPTR donanımsal olarak bir azaltılır (dec kullanmadan)	1	1	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR’nin en anlamsız (LSB) 8 byte’ı mandallanır.
DP1m1	DP1m0	Gölge DPTR Çalışma Modları															
0	0	Standart 8052 gibi davranır															
0	1	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR donanımsal olarak otomatik bir artırılır (inc kullanmadan)															
1	0	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra sonra DPTR donanımsal olarak bir azaltılır (dec kullanmadan)															
1	1	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR’nin en anlamsız (LSB) 8 byte’ı mandallanır.															
4	DP1m0																
3	DP0m1	Ana DPTR modları aşağıdadır.															
		<table> <tr> <th>DP0m1</th><th>DP0m0</th><th>Ana DPTR Çalışma Modları</th></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>Standart 8052 gibi davranır</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR donanımsal olarak otomatik bir artırılır (inc kullanmadan)</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra sonra DPTR donanımsal olarak bir azaltılır (dec kullanmadan)</td></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR’nin en anlamsız (LSB) 8 byte’ı mandallanır.</td></tr> </table>	DP0m1	DP0m0	Ana DPTR Çalışma Modları	0	0	Standart 8052 gibi davranır	0	1	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR donanımsal olarak otomatik bir artırılır (inc kullanmadan)	1	0	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra sonra DPTR donanımsal olarak bir azaltılır (dec kullanmadan)	1	1	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR’nin en anlamsız (LSB) 8 byte’ı mandallanır.
DP0m1	DP0m0	Ana DPTR Çalışma Modları															
0	0	Standart 8052 gibi davranır															
0	1	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR donanımsal olarak otomatik bir artırılır (inc kullanmadan)															
1	0	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra sonra DPTR donanımsal olarak bir azaltılır (dec kullanmadan)															
1	1	Her MOVX ve MOVC komutlarının kullanımından sonra DPTR’nin en anlamsız (LSB) 8 byte’ı mandallanır.															
2	DP0m0																
1	--	Rezerve															
0	DPSEL	“0” Ana (main) DPTR seçilir. “1” Gölge (Shadow) DPTR seçilir.															

ÖRNEK:

Kod hafıza D000h ile D0FFh arasındaki verileri XRAM’in 0000h ile 00FFh adresleri arasına taşınacaktır. Dual DPTR yapısını kullanarak ilgili programı yazınız.



Aşağıda çift DPTR kullanıldığında ve kullanılmadığındaki kodlar gösterilmiştir.

ÇİFT DPTR KULLANMADAN	ÇİFT DPTR KULLANDIĞIMIZDA
<pre> ORG 00H SJMP START START: MOV 20H,#0D0H MOV 21H,#00H ; kod hafıza ; adresleri MOV 22H,#00H MOV 23H,#00H ; XRAM adresleri MOV DPH, 20H MOV DPL,21H XX: CLR A MOVC A,@A+DPTR INC DPTR MOV 20H,DPH MOV 21H, DPL MOV DPH, 22H MOV DPL,23H MOVX @DPTR, A INC DPTR MOV 22H,DPH MOV 23H,DPL JNZ XX END </pre>	<pre> MOV DPTR,#0 ; Ana DPTR = 0 MOV DPCON,#55H ;Gölge DPTR seçildi, DPTR1 otomatik artırma ;modunda,; DPTR0 otomatik artırma modunda; ;DPTR otomatik değiştirme (toggling) ON MOV DPTR,#0D000H ; Gölge DPTR = D000H MOVELOOP: CLR A MOVC A,@A+DPTR ;Adresin gösterdiği Veriyi al ACC'ye yaz, DPTR'yi ;bir artır, Ana DPTR'ye geç (toggle) MOVX @DPTR, A ; ACC'deki değeri DPTR'nin gösterdiği adresin ;içeriğine yaz, DPTR'yi bir ;artır ; Gölge DPTR'ye geç (toggle) MOV A, DPL JNZ MOVELOOP END </pre>

PSW Saklayıcısı (Program Status Word, Program Durum Saklayıcısı)

PSW, komutların yürütülmesi esnasında bazı özel durumların oluşup-oluşmadığını gösteren bayrakların yer aldığı, saklayıcı banklarının (Bank 0, Bank 1, Bank 2 ve Bank 3) seçimin yapıldığı önemli bir SFR'dir. PSW saklayıcısı **bit adreslenebilir**.

PSW:	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P
------	----	----	----	-----	-----	----	----	---

Bit	İsim	Açıklama																								
7	CY	CY (veya C) biti aritmetik işlemlerde elde fonksiyonunu gerçekleştirir. Çeşitli komutlar yürütülürken elde bayrağının değeri değişebilir. Elde bayrağı komutlarda çoğunlukla “C” olarak kullanılır.																								
6	AC	Yardımcı elde bayrağı (auxiliary carry, AC) herhangi bir Byte’ın düşük 4-bitinden yüksek 4-bitine elde olma durumunda setlenir. BCD (Binary Coded Decimal) sayılar ile işlem yaparken kullanılabılır.																								
5	F0	Genel amaçlı kullanıma açık 1-bit’lik alan																								
4	RS1	RS1 ve RS0 bitleri aşağıdaki tabloya göre aktif olan saklayıcı deposunu belirler.																								
3	RS0	<table><tr><th>RS</th><th>RS</th><th>Aktif</th><th>Saklayıcı</th></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>Deposu</td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>Depo 0</td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>Depo 1</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>Depo 2</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>Depo 3</td><td></td></tr></table>	RS	RS	Aktif	Saklayıcı	1	0	Deposu		0	0	Depo 0		0	1	Depo 1		1	0	Depo 2		1	1	Depo 3	
RS	RS	Aktif	Saklayıcı																							
1	0	Deposu																								
0	0	Depo 0																								
0	1	Depo 1																								
1	0	Depo 2																								
1	1	Depo 3																								
2	OV	Aritmetik işlemlerde taşma (işlem sonucunun 255’i aşması) durumunda donanım tarafından setlenir.																								
1	F1	Genel amaçlı kullanıma açık 1-bit’lik alan																								
0	P	Eşlenik (parity) biti; ACC’deki “1”lerin sayısı tek ise P=1, çift ise P=0 olur.																								

PCON Saklayıcısı

İçerdiği bitlerin açıklaması aşağıda verilmiştir. PCON SFR'si **bit adreslenemez**.

PCON:	SMOD	SERIPD	INT0PD	ALEOFF	GF1	GF0	PD	IDL
-------	------	--------	--------	--------	-----	-----	----	-----

Bit	İsim	Açıklama
7	SMOD	Seri haberleşme veri iletişim hızının belirlenmesinde kullanılır. Detaylı bilgi için seri haberleşme kısmına bakınız.
6	SERIPD	Setlendiğinde düşük güç modunda I ² C/SPI kesmesi aktif olur
5	INT0PD	Setlendiğinde düşük güç modunda harici kesme0 aktif olur
4	ALEOFF	Setlendiğinde ALE çıkışı kapatılır
3	GF1	Genel amaçlı kullanıma açık 1-bit'lik alan
2	GF0	Genel amaçlı kullanıma açık 1-bit'lik alan
1	PD	Setlendiğinde mikrodenetleyici düşük güç (Power-Down) moduna geçer, donanımsal reset, TIC kesmesi eğer ve yetkilendirilmiş ise I ² C/SPI ve harici kesme0 kesmeleri ile normal çalışmaya geçer
0	IDL	Setlendiğinde mikrodenetleyici boşa çalışma (Idle) moduna geçer, donanımsal reset veya yetkilendirilmiş herhangi bir kesme ile normal çalışmaya geçer

***: Bu bitler Aduc841 için verilmiştir. Standart 8051'de ise rezerve olarak bırakılmıştır.**

8051 ailesinin bir üyesi olan 8052 çekirdeğine ait SFR haritası aşağıda gösterilmiştir. 8052'ye ait SFR haritasında üstte verilen 8051 SFR haritasından farklı olarak sadece 8052 mimarisinde bulunan 3. Zamanlayıcı/Sayıcuya ait SFR'ler (T2CON, RCAP2L, RCAP2H, TL2 ve TH2) bulunmaktadır. Diğer tüm SFR'lerin ve bulundukları adreslerin aynı olduğuna dikkat ediniz.

SFR Byte Adresleri

F8h									FFh
F0h	B								F7h
E8h									EFh
E0h	ACC								E7h
D8h									DFh
D0h	PSW								D7h
C8h	T2CON		RCAP2L	RCAP2H	TL2	TH2			CFh
C0h									C7h
B8h	IP								BFh
B0h	P3								B7h
A8h	IE								AFh
A0h	P2								A7h
98h	SCON	SBUF							9Fh
90h	P1								97h
88h	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1			8Fh
80h	P0	SP	DPL	DPH				PCON	87h

Bit adreslenebilir SFR'ler

Şekil 23. 8052 SFR haritası

F8h	SPICON	DAC0L	DAC0H	DAC1L	DAC1H	DACCON			FFh
F0h	B	ADCCOPSL	ADCCOPSH	ADCGAINL	ADCGAINH	ADCCON3		SPIDAT	F7h
E8h	I2CCON							ADCCON1	EFh
E0h	ACC								E7h
D8h	ADCCON2	ADCDATAL	ADCDATAH					PSMCON	DFh
D0h	PSW		DMAL	DMAH	DMAH			PLLCON	D7h
C8h	T2CON		RCAP2L	RCAP2H	TL2	TH2			CFh
C0h			CHIPID				EDARL	EDARH	C7h
B8h	IP	ECON			EDATA1	EDATA2	EDATA3	EDATA4	BFh
B0h	P3	PWM0L	PWM0H	PWM1L	PWM1H			SPH	B7h
A8h	IE	IEIP2					PWMCON	CFG841/ CFG842	AFh
A0h	P2	TIMECON	HTHSEC	SEC	MIN	HOUR	INTVAL	DPCON	A7h
98h	SCON	SBUF	I2CDAT	I2CADD		T3FD	T3CON		9Fh
90h	P1	I2CADD1	I2CADD2	I2CADD3					97h
88h	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1			8Fh
80h	P0	SP	DPL	DPH	DPP			PCON	87h

Bit adreslenebilir SFR'ler

Şekil 24Aduc841 SFR haritası

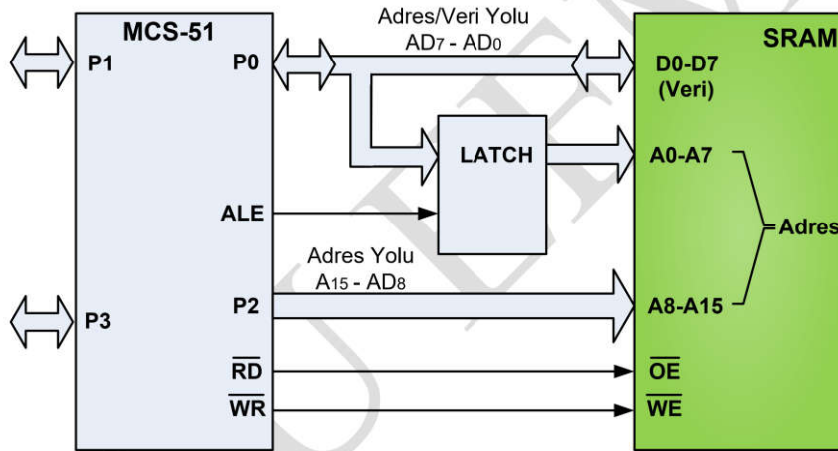
Bu durum 8051 (veya 8052) tabanlı tüm mikrodnetleyiciler için geçerlidir. Standart 8051 mimarisinde 21 adet 8052’de ise 26 adet SFR bulunmaktadır. Mikrodnetleyicilerin sahip oldukları çevre birimleri endüstriyel ihtiyaçlara ve teknolojidaki gelişmelere paralel olarak sürekli olarak artmaktadır. Dolayısı ile ilave edilen her yeni çevre birimine (Analog Giriş/Çıkış birimleri, haberleşme birimleri, darbe genişlik modülasyon birimi, vb.) ait SFR’lerde SFR haritasının boş olan adreslerinde yerini almaktadır. Aşağıda Aduc-841 mikrodnetleyicisi için SFR haritası verilmiştir.

Aduc-841 SFR haritası incelendiğinde 8051’e ait tüm SFR’lerin mevcut adreslerde bulundukları görülmektedir. İlave çevre birimlerine ait SFR’ler ise üretici firmanın tasarımına bağlı olarak boş olan SFR adreslerine yerleştirilmiştir.

Harici Veri Hafıza

Mikrodnetleyici tabanlı uygulamalarda dahili veri hafızanın yetersiz kaldığı, ilave veri hafızaya ihtiyaç duyulduğu durumlar olabilir. Bu gibi durumlarda harici veri hafıza (External RAM = XRAM) kullanılabilir. 8051 ailesinin adresleyebileceği harici veri hafıza alanı 64 KByte ile sınırlıdır. Aşağıda harici veri hafıza kullanılan 8051 tabanlı bir sisteme ait blok diyagram verilmiştir.

8051 tabanlı mikrodnetleyicilerde dahili ve harici veri hafızaya erişim komutları farklıdır. (Dahili hafızaya “MOV” harici hafızaya ise “MOVX” komutu ile erişilir.) Şekil 6’da gösterildiği gibi gerekli donanım ve devre bağlantıları yapılması durumunda “MOVX” komutu ile CPU harici veri hafızaya erişmek (yazma/okuma) için gerekli tüm işlemleri otomatik olarak gerçekleştirir.



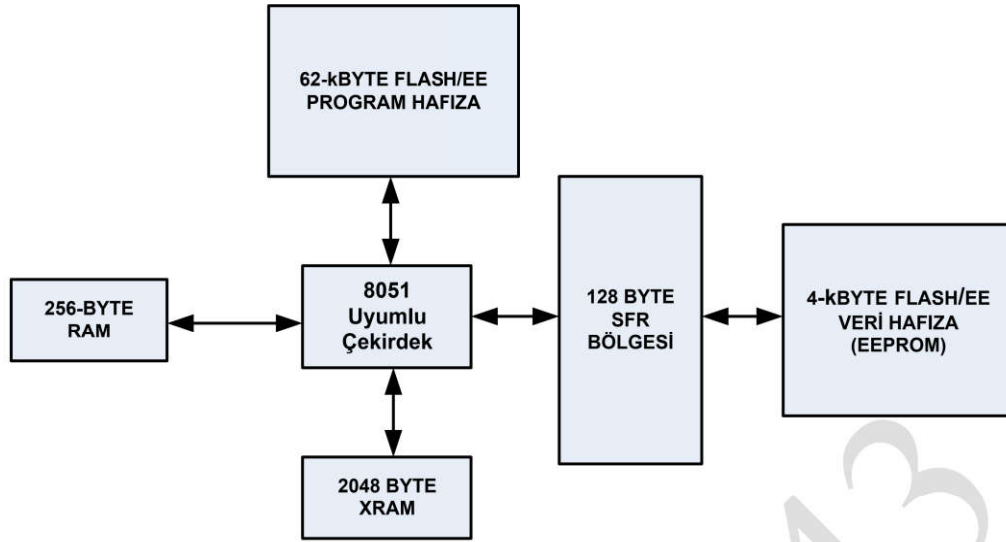
Şekil 25. Harici Veri hafızaya (64-kByte) erişim için gerekli arayüz

Harici Hafıza Erişim Pinleri:

ALE/PROG (Address Latch Enable), PSEN (Program Store Enable) ve $\overline{EA}$ /VPP (External Access) pinleri harici hafıza erişim sürecinde kullanılan pinlerdir. ALE/PROG pini harici hafızaya (program/veri) erişimlerde adresin düşük değeri (A7-A0) Byte’ını, adres tutucusuna tutturmak amacı ile kullanılır. PSEN pini harici program hafızaya erişimlerde kullanılır. $\overline{EA}$ /VPP pini program hafızanın seçiminde, harici ($\overline{EA}$ /VPP=0) veya dahili ($\overline{EA}$ /VPP=1), kullanılır. Bu pin mutlaka GND veya Vcc’inine bağlanmalıdır, boşta bırakılmamalıdır.

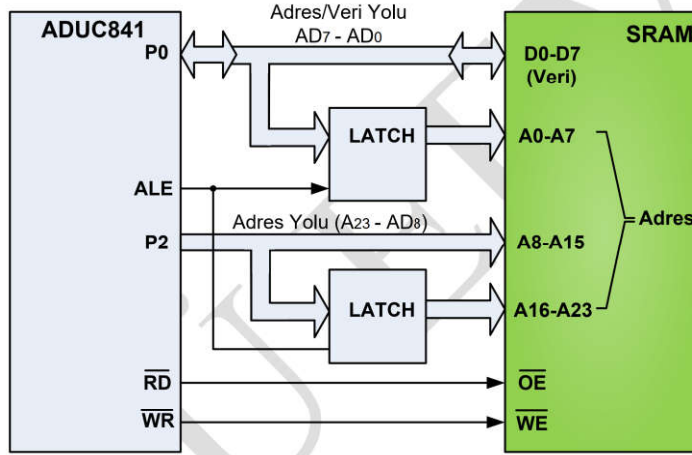
ADUC841 Mikrodnetleyicisi Hafıza Yapısı

ADUC841 mikrodnetleyicisi aşağıda gösterildiği gibi 62-kByte program hafızaya, 256-Byte veri hafızaya, 2-kByte dahili XRAM hafızaya ve 4-kbyte EEPROM veri hafızaya sahiptir.



Şekil 26. Aduc841 Hafıza birimleri

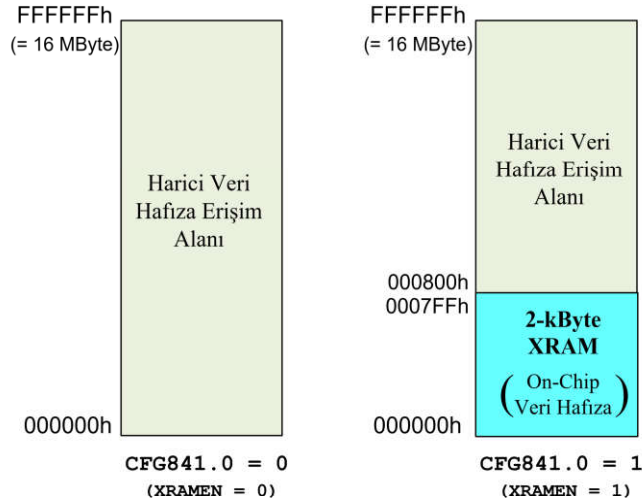
Dahili program (62-kByte) ve veri hafızanın (256 Byte) kullanımı standart 8051 ile aynıdır. Ancak Aduc841'in "MOVX" komutu ile adresleyebileceği harici veri hafıza alanı 16-MByte gibi oldukça yüksek bir değere sahiptir.



Şekil 27. Aduc841 Harici Veri hafızaya (16-MByte) erişim için gerekli arayüz

XRAM Hafıza: Aduc841 mikrodeneleyicisi 256-Byte genel amaçlı RAM birimine ilave olarak tümdevre üzerinde (on-chip) 2-KByte (2048-Byte) büyüklüğünde veri hafızaya sahiptir. Tümdevre üzerinde olmasına rağmen bu ilave veri hafızaya erişim sadece "MOVX" komutları ile gerçekleşir. Hafıza tümdevre üzerinde olduğundan dahili "MOVX" komutları ile erişilebildiğinden XRAM hafıza olarak adlandırılır. Dahili XRAM kullanılabilmesi için CFG841 SFR'sinde bulunan XRAM yetkilendirme biti "**xramen**" setlenmelidir (CFG841.0 = 1). Bu durumda şekilde gösterildiği gibi dahili XRAM harici veri hafıza adres alanının alt 2-KByte'lık kısmını kullanır. Dahili XRAM'e erişilirken P0 ve P2 portları kullanılmadığından bu portlar genel amaçlı kullanım için serbesttirler.

2-kByte'lık dahili XRAM hafızanın yetersiz olması durumunda harici RAM hafıza entegreleri ilave edilerek veri hafıza alanı artırılabilir.



Şekil 28. Harici ve dahili XRAM kullanımı

Dahili XRAM'in üst 1792-Byte'lık kısmı gerekli ayarlamalar yapıldığı durumda SP alanı olarak kullanılabilir.

Flash EEPROM Veri Hafıza:

Aduc841 mimarisinde 4-kByte kapasiteye sahip Flash/EE veri hafızası (EEPROM) bulunur. Flash/EE veri hafıza her biri 4-Byte'lık alana sahip 1024 sayfadan oluşur ($4 \times 1024 = 4096$ Byte). Flash/EE veri hafızanın 4096-Byte'nın her birine tek tek Byte düzeyinde erişilebileceği gibi 4-Byte'lık sayfalar halinde de erişilebilir.

SAYFA ADRESİ (EADDRH/L)	3FFH	BYTE 1 (0FFCH)	BYTE 2 (0FFDH)	BYTE 3 (0FFEh)	BYTE 4 (0FFFh)
	3FEH	BYTE 1 (0FF8H)	BYTE 2 (0FF9H)	BYTE 3 (0FFAH)	BYTE 4 (0FFBH)
	03H	BYTE 1 (000CH)	BYTE 2 (000DH)	BYTE 3 (000EH)	BYTE 4 (000FH)
	02H	BYTE 1 (0008H)	BYTE 2 (0009H)	BYTE 3 (000AH)	BYTE 4 (000BH)
	01H	BYTE 1 (0004H)	BYTE 2 (0005H)	BYTE 3 (0006H)	BYTE 4 (0007H)
	00H	BYTE 1 (0000H)	BYTE 2 (0001H)	BYTE 3 (0002H)	BYTE 4 (0003H)
		EDATA1 SFR	EDATA2 SFR	EDATA3 SFR	EDATA4 SFR

Byte adresleri parantez içerisinde verilmiştir.

Şekil 29. Dahili Flash veri hafıza

Program Hafıza

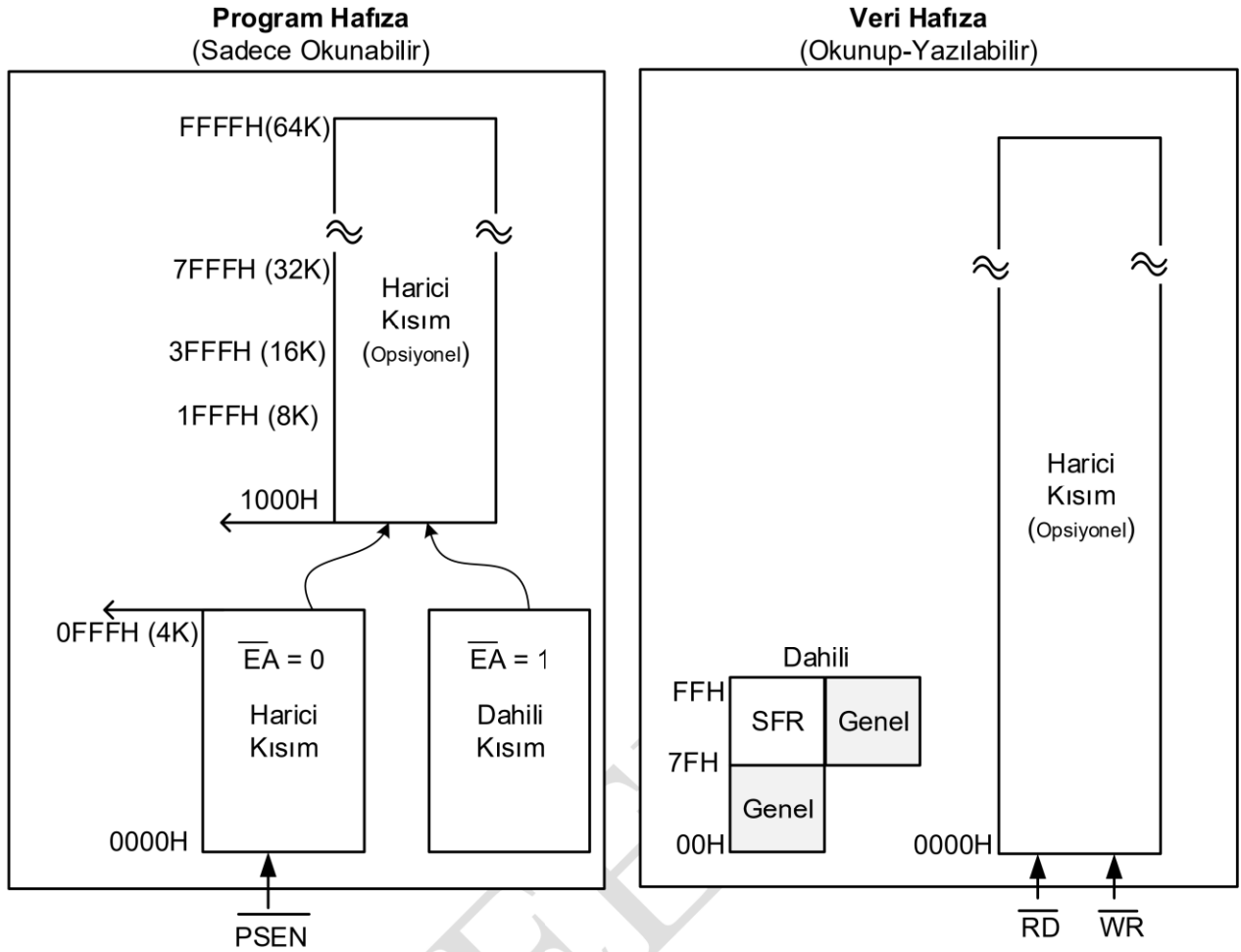
Bir mikrodnetleyicinin gerçekleştirmesi istenen işlevler uygun bir programlama dilinde (Assembly, C, vb.) yazılıp derlenerek “makine kodu” olarak adlandırılan kodlar elde edilir. Program (kod) hafıza mikrodnetleyicinin koşturacağı makine kodlarının tutulduğu kalıcı (non-volatile) hafıza birimidir. Sadece okunabilir olan (ROM-Read Only Memory) program hafıza mikrodnetleyici mimarisinde (dahili, internal) bulunabileceği gibi harici (external) olarakda mikrodnetleyiciye eklenebilir.

8051 ailesinin bazı üyeleri tümdevre üzerinde ROM Program Hafızaya sahiptir. 8051 ve 8052, 4K ve 8K fabrika-maskeli (factory-masked) ROM hafızalara sahiptir. 80C515A-5 ve 80C517A-5 ürünlerinin her biri 32K tümdevre üzeri ROM'a sahiptir. 8751 ve 8752, 8051 ve 8052'in EPROM'lu sürümleridir. 8031, 8032, 80C535A ve 80C537A, sırasıyla 8051, 8052, 80C515 ve 80C517A'nın ROM'suz sürümleridir. Standart 8051 mikrodnetleyicisinde 4-KByte (0000h – 0FFFh) olan dahili program hafızanın büyüklüğu günümüzde üretilen 8051 tabanlı mikrodnetleyicilerde çok daha yüksek değerlere (ADUC-841 için 62-KByte) ulaşmıştır.

Dahili program hafızanın bulunmadığı veya yetersiz olduğu durumlarda makine kodları harici program hafızada saklanıp buradan okunabilir. 8051 mikrodnetleyici ailesinde program hafızanın seğimi (dahili/harici) $\overline{EA}$ (External Access) pininin lojik değerine bağlı olarak aşağıdaki gibi yapılır.

$\overline{EA} = 1$ olması durumunda mikrodnetleyici dahili program hafızayı kullanır. Dahili program hafızanın değerini aşıldığında (standart 8051'de 0FFFh=4-KByte) ise makine kodları otomatik olarak harici program hafızadan okunur.

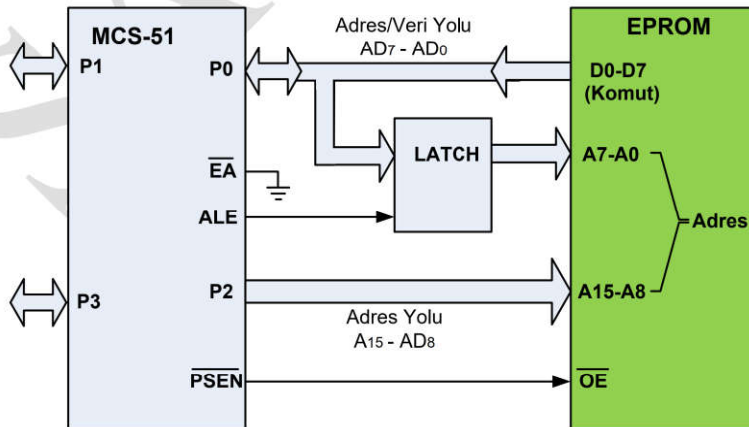
$\overline{EA} = 0$ olması durumunda ise mikrodnetleyici dahili program hafızaya sahip olsa bile harici program hafıza kullanılır. Makine kodları harici program hafızadan okunur.



Şekil 30. AduC841'e ait Program (Dahili/Harici) ve Veri (Dahili/Harici) Hafıza yapıları

Aşağıda komutların harici program hafızadan çalıştırılabilmesi için gerekli donanım yapısını gösteren blok diyagram verilmiştir.

Harici ROM okuma sinyali PSEN, bütün harici program erişimlerinde kullanılır. Buna karşın, dahili program erişimlerinde aktif değildir.



Şekil 31. Harici Program hafıza kullanımı için gerekli bağlantı yapısı

Harici Program Hafıza için tipik bir donanım yapısı örneği Şekil 12’de görülmektedir. Port 0 ve Port 2’nin toplam 16-bit giriş/çıkış hattı, Program Hafıza erişimleri için, yol (bus) işlemlerine atanır. Harici program hafızaya erişimde P0 ve P2 (8-bit + 8-bit = 16-bit) portları harici program hafızadan koşturulacak komutu adreslemek için kullanılır. Adresin P0 adresin düşük byte ($PCL=A_7-A_0$) değeri ALE (Address Latch Enable) komutu ile tutucuya (latch) tutturulur. P2 ise yüksek byte’nı ($PCH=A_{15}-A_8$) oluşturur ve adres yoluna çıkarır. Daha sonra PSEN sinyali aktif edilerek EPROM’dan komut byte’ı mikrodenetleyiciye okunur.

8051 ailesi 16-bit uzunluğunda adres yoluna sahiptir. Dolayısıyla adresleyebileceği (kullanılabilecek) program hafıza (dahili veya harici) değeride 64KByte (0000h – 0FFFFh) ile sınırlıdır. Standart 8051 4-KByte büyüklüğünde dahili program hafıza sahip iken ailenin gelişmiş üyelerinde 62-KByte büyüklüğünde flash program hafıza bulunmaktadır.