

11. Unterprogrammtechnik

11.1 Sprung und Rücksprung

11.2 Retten der Register

11.3 Parameter-Übergabe

11.1 Sprung und Rücksprung

BSR

Verzweige in ein Unterprogramm (“branch to subroutine“)

Assembler-Syntax

BSR Marke

Operation:

<PC> -> Stack

<PC>+d -> <PC>

Welche Flags werden verändert? Keine

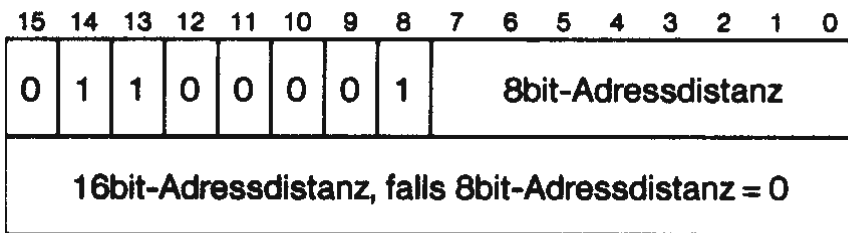
Operandengröße

Hierbei handelt es sich nicht um eine Operandengröße im herkömmlichen Sinn, sondern um die Angabe, wie groß die Adressdistanz d werden kann. Sie kann (wie üblich) 8 oder 16 Bit lang sein.

BSR

Befehlsbeschreibung

Der BSR-Befehl dient zum gezielten Springen in ein Unterprogramm mit Ablegen der Rücksprungadresse auf dem Stack. Führt der M 68000 einen BSR-Befehl aus, so wird als erstes die Adresse des auf den BSR-Befehl folgenden Befehls als Langwort auf dem Stack abgelegt. Damit ist die Adresse für die Rückkehr aus dem Unterprogramm fest gehalten. Danach springt der M 68000 zum Unterprogramm, d. h., er verzweigt zur Anfangsadresse des Unterprogramms. Die Adressdistanz d, die dabei auf den Programmzähler aufaddiert wird, ist eine Zweierkomplementzahl. Sie gibt (wie üblich) die Anzahl der Bytes an, die zwischen dem aktuellen Befehl und der Anfangsadresse des Unterprogramms liegen.



RTS / RTR (1)

Rückkehr aus dem Unterprogramm ("return from subroutine")

Assembler-Syntax

RTS

Operation

PC vom Stack laden: (A7)+ -> <PC>

Welche Flags werden verändert? Keine

Operandengröße

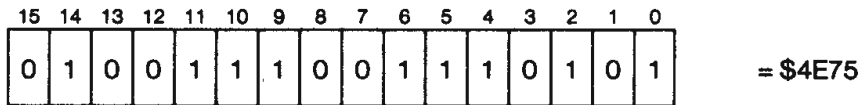
Keine, da der RTS-Befehl keinen Operanden hat.

Befehlsbeschreibung

Der RTS-Befehl dient zum gezielten Rücksprung aus einem Unterprogramm. Bei Anspringen des Unterprogramms mit einem BSR- oder JSR-Befehl wird die Rücksprungadresse automatisch auf dem Stack abgelegt. Der RTS-Befehl holt diese Adresse dann wieder vom Stack und lädt sie in den Befehlszähler (PC). Der alte PC-Inhalt wird dabei natürlich überschrieben. Die Programmausführung wird im rufenden Programm mit dem Befehl, der nach dem Sprungbefehl in das Unterprogramm steht, fortgesetzt.

RTS / RTR (2)

Befehlsformat



RTR

Wie RTS, aber mit Rückholen des CCR vom Stack.

Programmbeispiel zu BSR/RTS (1)

Dieses Programm dient zum Umwandeln von Werten in ASCII in die hexadezimale Darstellung per Programm. Das Programm erwartet bei Start die Anzahl der zu wandelnden ASCII-Werte (geradzahlig) im Datenregister D2 und die Anfangsadresse für die Ablage der gewandelten Hexwerte im Speicher im Adressregister A2. Das Programm liest die zu wandelnden ASCII-Werte von einer ACIA-Schnittstelle an Adresse \$3000 ein.



Programmbeispiel zu BSR/RTS (2)

```

13
14          00001000          ORG      $1000
15 00001000 48E7C000          MOVEM.L D0/D1, -(A7)  Verwendete Register
                                   retten
16 00001004 4280             CLR.L   D0
17 00001006 04420001          SUBI.W  #1, D2
18 0000100A 103900003000  LOOP  MOVE.B  ACIA, D0  1. ASCII Wert laden
19 00001010 6100001E          BSR     WANDEL        Wandeln unteres
                                   Halbbyte
20 00001014 1200             MOVE.B  D0,D1          Unteres Halbbyte
                                   retten
21 00001016 103900003000          MOVE.B  ACIA, D0  2. ASCII Wert laden
22 0000101C 61000012          BSR     WANDEL        Wandeln oberes
                                   Halbbyte
23 00001020 E909             LSL.B   #4,D1          Oberes Halbbyte an
                                   richtige
                                   Stelle verschieben
24          *
25 00001022 D200             ADD.B   D0, D1          Oberes und unters
                                   Halbbyte
                                   zusammenfassen
26          *
27 00001024 14C1             MOVE.B  D1, (A2)+      Gewandeltes Byte
                                   ablegen
28 00001026 51CAFFE2          DBRA    D2, LOOP
29 0000102A 4CDF0003          MOVEM.L (A7)+,D0/D1  Register zurückholen
30 0000102E 4E75             RTS
31

```

Zeilen 18, 21: Jeder MOVE.B-Befehl liest ein neues ASCII-Zeichen von der ACIA-Schnittstelle ein.

Programmbeispiel zu BSR/RTS (3)

```

32 00001030 0C000039          WANDEL  CMPI.B  #$39, D0  Unterprogramm
                                   Wandeln, Abfrage,
33 00001034 6E00000A          BGT     TR           ob größer 9.
                                   Falls nein,
34 00001038 04000030          SUBI.B  #$30, D0     $30 von ASCII Wert
                                   subtrahieren
35 0000103C 60000006          BRA     ENDE
36 00001040 04000037          TR      SUBI.B  #$37, D0  falls ja $37 von ASCII
                                   Wert subtrahieren
38 00001044 4E75             ENDE   RTS
39          00003000          ACIA   EQU     $3000
40          END

```

**** Total Errors 0--
**** Total Warnings 0--

Zeile 36: Man bedenke: Der Eingabedatenstrom enthält nur die ASCII-Zeichen '0' - '9' und 'A' - 'F'.



11.2 Retten der Register

LINK

rette den Stackpointer und lege einen neuen Stackbereich an

Assembler-Syntax

LINK An, #Adressdistanz

Operation

<An> -> -(A7)


<A7> -> <An>

<A7>+ #Adressdistanz -> <A7>

Welche Flags werden verändert? Keine

Operandenlänge

Beim LINK-Befehl wird der 32-Bit-Inhalt des spezifizierten Adressregisters benötigt, und die Adressdistanz (sie muss negativ sein) ist eine 16-Bit-Zahl im Zweierkomplement. Die 16-Bit-Adressdistanz wird vor ihrer Verarbeitung vorzeichenrichtig auf 32 Bits erweitert.

	Praktische Informatik II © Prof. Dr. W. Effelsberg	11. Unterprogrammtechnik	11 - 9
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	--------------------------	--------

LINK (1)

Befehlsbeschreibung

Der LINK-Befehl dient zum Anlegen eines eigenen Stackbereichs für ein Unterprogramm.

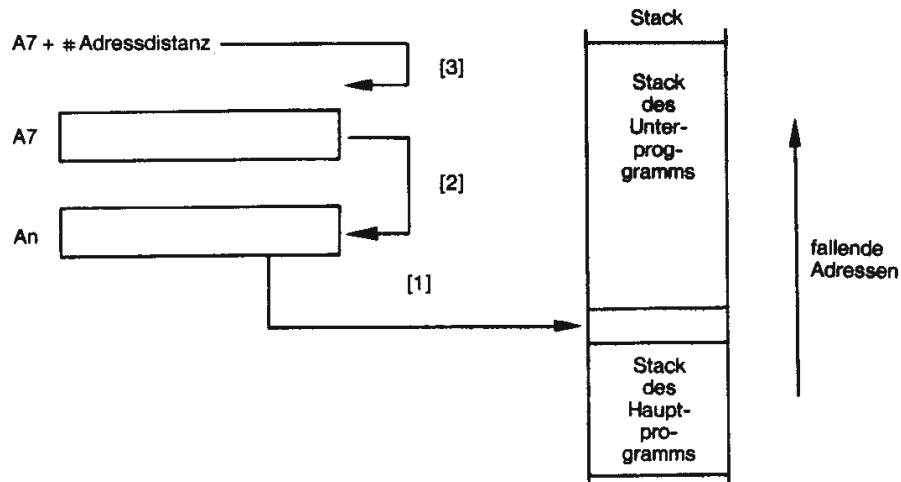
Bei Ausführung des LINK-Befehls wird zunächst der Inhalt des im Befehl spezifizierten Adressregisters auf dem Stack abgelegt. Danach wird der Stackpointer selbst in das eben gerettete Adressregister geladen. Zum Schluss wird auf den Stackpointer die Adressdistanz aufaddiert. Damit hat man einen eigenen Stackbereich erzeugt und kann diesen z. B. für ein Unterprogramm nutzen.

Mit dem LINK-Befehl kann man sich also insbesondere für ein Unterprogramm einen eigenen Stackbereich schaffen. Im Normalfall steht der LINK-Befehl als erster Befehl des Unterprogramms, gleich anschließend folgt ein MOVEM-Befehl.

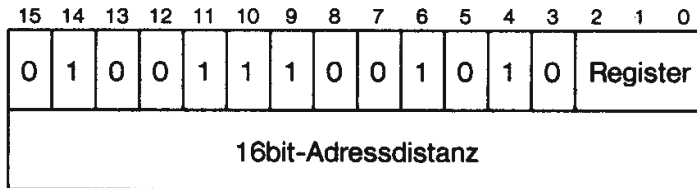
Da der Stackpointer des Hauptprogramms in einem der Adressregister steht, kann man, falls die Daten des Hauptprogramms auf dem Stack abgelegt sind, auch vom Unterprogramm aus auf diese zugreifen.

	Praktische Informatik II © Prof. Dr. W. Effelsberg	11. Unterprogrammtechnik	11 - 10
---------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	--------------------------	---------

LINK (2)



Opcode



UNLK (1)

Gegenstück zum LINK-Befehl. Holt den Stackpointer zurück.

Assembler-Syntax

UNLK An

Operation

Inhalt von An -> <A7>

(A7)+ -> <An>

Welche Flags werden verändert? Keine

Operandengröße

Da beim UNLK-Befehl Adressen in Adressregister geladen werden, arbeitet der Befehl nur mit 32-Bit-Operandengröße.

UNLK (2)

Befehlsbeschreibung

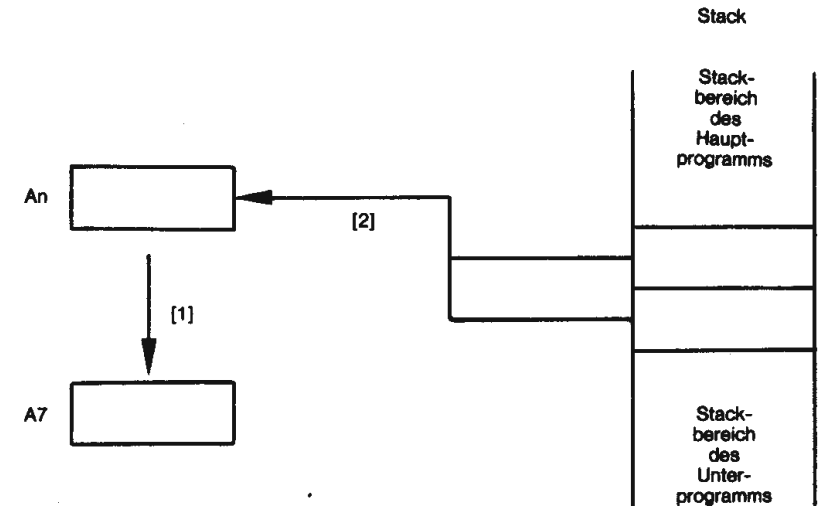
(siehe auch LINK-Befehl)

Der UNLK-Befehl dient zum Abbauen des eigenen Stackbereichs eines Unterprogramms bei Rücksprung in das Hauptprogramm. Der UNLK-Befehl ist das Gegenstück zum LINK-Befehl. Bei Ausführung des UNLK-Befehls wird zunächst der Stackpointer des Hauptprogramms, den der LINK-Befehl in ein Adressregister An abgelegt hatte, in den Stackpointer A7 zurückgeholt. Anschließend wird der vorherige Inhalt des dazu benötigten Adressregisters An vom Stack des Hauptprogramms in das Adressregister An zurückgespeichert. Damit ist der Stackbereich und der alte Registerinhalt von An für das Hauptprogramm wieder vorhanden.

Anwendung

In Verbindung mit dem LINK-Befehl dient der UNLK-Befehl zum Aufbauen bzw. Abbauen eigener Stackbereiche für Unterprogramme. Der UNLK-Befehl wird vor allem eingesetzt in Compilern für höhere Programmiersprachen. Wie man sieht, ist der M 68000 sehr gut für höhere Programmiersprachen geeignet.

UNLK (3)



Opcode

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	Register		

Beispiel für LINK und UNLK

Unterprogramm mit eigenem Stackbereich

Befehlsadr.	Befehl	
\$1000	MOVE.L	D2,DS
\$1002	JSR	\$2000
\$1006	MOVE.W	D4,\$2560
.	.	.
.	.	.
\$2000	LINK	A2,-\$30 Aufbauen des eigenen Stackbereichs
\$2004	MOVEM.L	D0-D7/A0/A1/A3-A6, -(A7)
.	.	.
.	.	.
\$2100	MOVEM.L	(A7)+, D0-D7/A0/A1/A3-A6
\$2104	UNLK A2	Abbauen des eigenen Stackbereichs
\$2106	RTS	

11.3 Parameter-Übergabe

Drei Methoden

1. Übergabe in Registern
2. Übergabe der Adresse eines Versorgungsblocks
3. Wert- und Ergebnisübergabe über den Laufzeitkeller (Stack)



Erste Methode: Übergabe in Registern

Für jedes Unterprogramm wird verabredet, dass bestimmte Daten- oder Adressregister beim Aufruf die Werte der Eingabeparameter und transienten Parameter enthalten und dass bei Rückkehr aus dem Unterprogramm dieselben oder andere Register die dann gültigen Werte der transienten Parameter und der Ergebnisparameter enthalten.

Dieses Verfahren eignet sich offensichtlich nur für Parameter, deren Umfang ein Register nicht übersteigt (zum Beispiel nicht für Felder (arrays)). Es kann außerdem zu einem erheblichen Verbrauch von Registern führen, die dann bei der Ausführung des Unterprogramms fehlen. Andererseits ist dies das Verfahren mit dem geringsten organisatorischen Aufwand. Die Methode wird daher insbesondere für häufig aufgerufene (kleine) Standard-Unterprogramme benutzt.

Zweite Methode: Adressübergabe (Versorgungsblock-Technik)

Hier wird in einem Adressregister die Anfangsadresse eines zusammen hängenden Speicherbereichs übergeben, der die Parameter enthält. Das Unterprogramm greift auf die im Versorgungsblock vorhandenen Eingabewerte zu und legt dort auch seine Ergebnisse ab.

Das Verfahren ist offensichtlich nur geeignet, wenn man wenige Parameter hat, die zudem zusammenhängende Speicherbereiche belegen. Dies ist üblicherweise bei Systemaufrufen der Fall, so dass dies die bevorzugte Übergabetechnik für Aufrufe an das Betriebssystem ist.

Übrigens lässt sich das Verfahren auch auf Parameter in nicht zusammenhängenden Speicherbereichen anwenden, indem man in den Versorgungsblock nicht die Werte, sondern die Adressen der Parameter aufnimmt und dann doppelt indirekt adressiert.

Dritte Methode: Wert- und Ergebnisübergabe über den Stack

Die Werte der Eingabe- und transienten Parameter werden vor dem Unterprogrammaufruf auf dem Stack abgelegt; für Ergebnisparameter wird entsprechender Platz reserviert. Nach der Rückkehr aus dem Unterprogramm entnimmt man dem Stack die Werte der transienten und der Ergebnisparameter.

Bei Parametern, die sehr umfangreich sind und daher nicht kopiert werden sollten (wie z. B. Felder), kann man statt des Wertes des Parameters auch seine Adresse auf dem Stack ablegen.

Diese Technik ist bei der Implementierung höherer Programmiersprachen weit verbreitet. Die Assembler-Anweisungen für die Parameterübergabe werden vom Compiler generiert.

Beispiel zur dritten Methode

```
00002000 =00007FFF MAXINT EQU $7FFF
00002000 =00000008 PAR EQU 8
00002000 =0000000A ERG EQU 10
00002000
00002000 4E56 0000 FAC LINK A6,#0
00002004 302E 0008 MOVE.W PAR(A6),D0
00002008 0C40 0001 CMPI.W #1,D0
0000200C 6700 001C BEQ ENDE
00002010
00002010 5340 SUBQ.W #1,D0
00002012 554F SUBQ #2,SP reserviere Platz
00002014 * für Ergebnis
00002014 3F00 MOVE.W D0,-(SP)
00002016
00002016 61E8 BSR FAC
00002018 544F ADDQ #2,SP
0000201A
0000201A 302E 0008 MOVE.W PAR(A6),D0
0000201E C1DF MULS (SP)+,D0
00002020 0C80 00007FFF CMPI.L #MAXINT,D0
00002026 6E00 000A BGT UEBERL
0000202A 3D40 000A ENDE MOVE.W D0,ERG(A6)
0000202E 4E5E UNLK A6
00002030 4E75 RTS
00002032 UEBERL ...
```