

UNTERPROGRAMM

- Aufruf und Rückkehr im Code



Ich bin Mik, Dein
Mikrocontroller

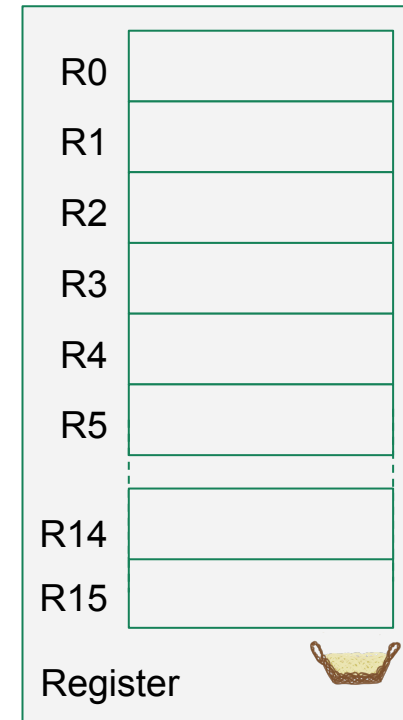
```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255 ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>
```

UNTERPROGRAMM

- Aufruf und Rückkehr



Ich bin Mik, Dein
Mikrocontroller



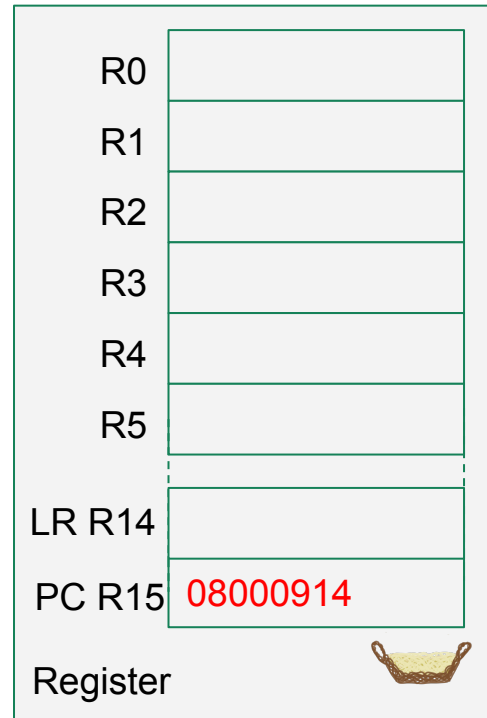


R0	
R1	
R2	
R3	
R4	
R5	
LR R14	
PC R15	08000914
Register	

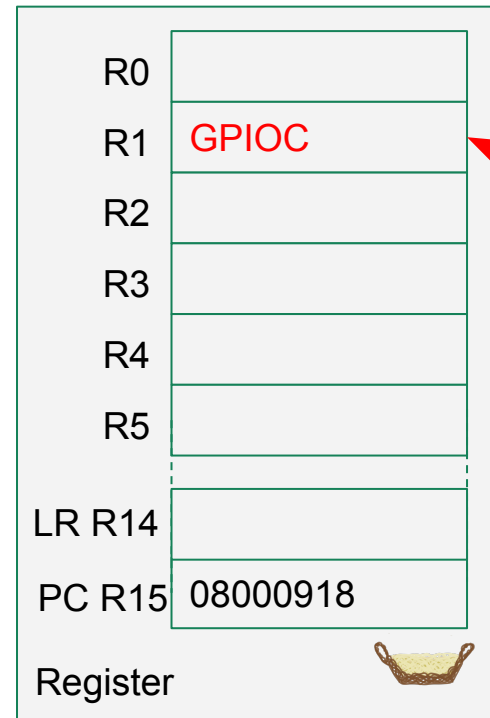
Die aktuelle Adresse des
Programms im
Codespeicher steht im
Programmcouter PC
R15

```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000922: mov    r0, #255 ; 0xff
08000924: strb   r0, [r1, ODR]
08000926: bl     0x8000908 <warte1s>
08000928: b.n    0x800091a <schleife>
```

Das Programm
startet mit main:
und führt als
erstes das
Unterprogramm
startup durch



```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>
```



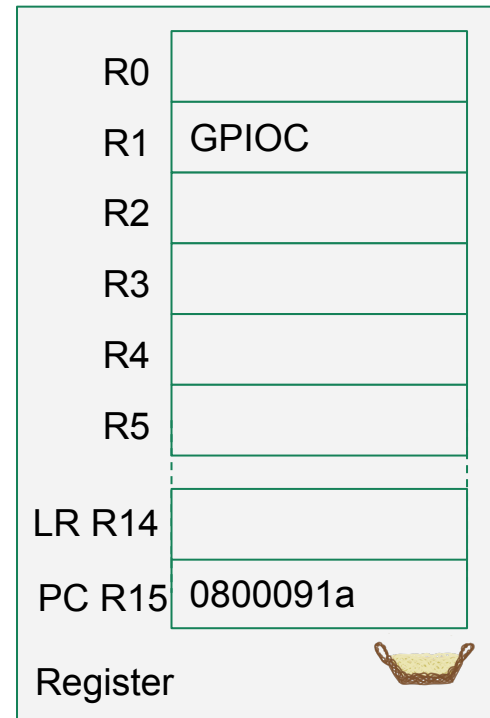
```

warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>

```

Die Adresse von
GPIOC wird in R1
geladen





Die Endlosschleife
beginnt

```

warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>

```

R0	0
R1	GPIOC
R2	
R3	
R4	
R5	
LR R14	
PC R15	0800091a
Register	

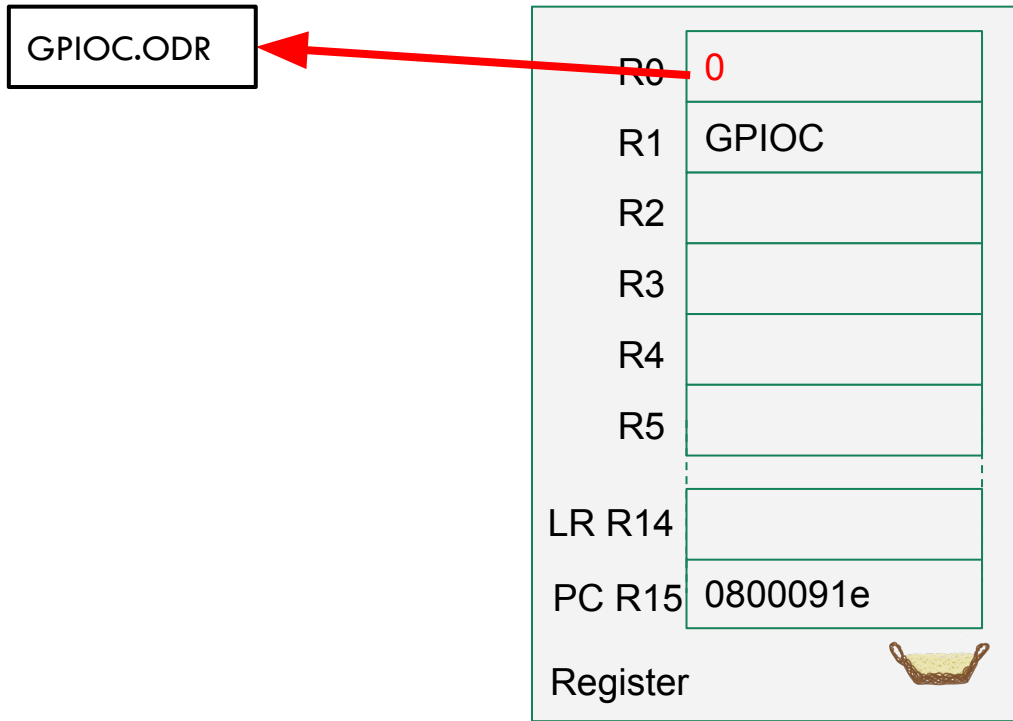
```

warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>

```

R0 bekommt den
Zahlenwert 0






```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>
```

Die 0 wird auf
GPIOC.ODR
ausgegeben



R0	0
R1	GPIOC
R2	
R3	
R4	
R5	
LR R14	
PC R15	08000920
Register	



Unterprogramm-
aufruf **bl**
Branch Linked

```

warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>

```

R0	0
R1	GPIOC
R2	
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
R15	08000920
Register	

```

warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>

```

Adresse der
Folgeinstruktion +1
wird im Linkregister
LR (R14)
eingetragen



R0	0
R1	GPIOC
R2	
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	08000920
Register	

```

warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>

```

So merke ich mir,
wo ich nach dem
Unterprogramm
weitermachen muss




Die Verzweigung
ins Unterprogramm
erfolgt in dem die
Adresse des
Unterprogramms in
den
Programcounter
geladen wird

R0	0
R1	GPIOC
R2	
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	08000908
Register	



```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>
```


Es wird immer die
Instruktion
ausgeführt, auf die
der
Programmcouter
“zeigt”

R0	0
R1	GPIOC
R2	
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	08000908
Register	



```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>
```




R0	6400000
R1	GPIOC
R2	
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	08000908
Register	

32000000/5
=6400000
wird in R0
eingetragen

warte1s:	
08000908:	ldr r0, =32000000/5
0800090a:	mov r2, #1
w1:	
0800090e:	subs r0, r0, r2
08000910:	bne 0x800090e <w1>
08000912:	bx lr
main:	
08000914:	bl 0x8001058 <startup>
08000918:	ldr r1, =GPIOC
schleife:	
0800091a:	mov r0, #0
0800091e:	strb r0, [r1, ODR]
08000920:	bl 0x8000908 <warte1s>
08000924:	mov r0, #255 ; 0xff
08000928:	strb r0, [r1, ODR]
0800092a:	bl 0x8000908 <warte1s>
0800092e:	b.n 0x800091a <schleife>




R0	6400000
R1	GPIOC
R2	1
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	0800090A
Register	

1 wird in R2
eingetragen

```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
                               w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>
```




R0 wird auf 0
heruntergezählt

R0	6399999
R1	GPIOC
R2	1
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	0800090E
Register	

```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
    w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>
```




Branch
extended Link
Register

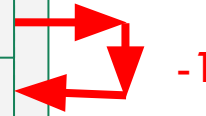
R0	0
R1	GPIOC
R2	1
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	08000912
Register	

```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr     r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov     r0, #0
0800091e: strb    r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov     r0, #255      ; 0xff
08000928: strb    r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n     0x800091a <schleife>
```



Branch
extended Link
Register heißt:
Verzeige zum
Linkregister

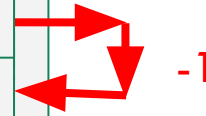
R0	0
R1	GPIOC
R2	1
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	08000912
Register	



warte1s:	
08000908:	ldr r0, =32000000/5
0800090a:	mov r2, #1
w1:	
0800090e:	subs r0, r0, r2
08000910:	bne 0x800090e <w1>
08000912:	bx lr
main:	
08000914:	bl 0x8001058 <startup>
08000918:	ldr r1, =GPIOC
schleife:	
0800091a:	mov r0, #0
0800091e:	strb r0, [r1, ODR]
08000920:	bl 0x8000908 <warte1s>
08000924:	mov r0, #255 ; 0xff
08000928:	strb r0, [r1, ODR]
0800092a:	bl 0x8000908 <warte1s>
0800092e:	b.n 0x800091a <schleife>



R0	0
R1	GPIOC
R2	1
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	08000912
Register	



Im Linkregister
LR (R14) habe
ich mir gemerkt
wo ich
weitermachen
muss.

```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255      ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>
```

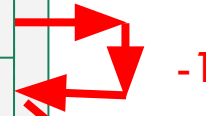
Die Verzweigung erfolgt so, dass einfach das Linkregister LR -1 in den Programcounter PC (R15) übertragen wird.

R0	0
R1	GPIOC
R2	1
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	08000924
Register	



```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255    ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>
```

R0	0
R1	GPIOC
R2	1
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	08000924
Register	



```


warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255    ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>

```

Weiter gehts im
Programm an der
Adresse
08000924
mit
mov R0,#255



Weiter gehts im
Programm an der
Adresse
08000924
mit
mov R0,#255

R0	255
R1	GPIOC
R2	1
R3	
R4	
R5	
LR R14	08000925
PC R15	08000924
Register	



```
warte1s:
08000908: ldr    r0, =32000000/5
0800090a: mov    r2, #1
        w1:
0800090e: subs   r0, r0, r2
08000910: bne    0x800090e <w1>
08000912: bx     lr
main:
08000914: bl     0x8001058 <startup>
08000918: ldr    r1, =GPIOC
schleife:
0800091a: mov    r0, #0
0800091e: strb   r0, [r1, ODR]
08000920: bl     0x8000908 <warte1s>
08000924: mov    r0, #255    ; 0xff
08000928: strb   r0, [r1, ODR]
0800092a: bl     0x8000908 <warte1s>
0800092e: b.n    0x800091a <schleife>
```



R0	255
R1	G
R2	
R3	
R4	
R5	
LR R14	(
PC R15	(
Register	

warte1s:

Zusammenfassung:

1. Ein Unterprogramm beginnt mit einer Sprungmarke und endet mit der Instruktion **bx lr**
2. Das Unterprogramm wird mit der Instruktion **bl Sprungmarke** aufgerufen
3. Das Unterprogramm kann beliebig oft aufgerufen werden
4. Das Register R14, das Linkregister wird "Merker" dafür verwendet, wo es nach dem Unterprogramm weitergeht

00/5

>

rtup>

rtel1s>

xff

rtel1s>

hleife>