Friedrich-Ebert-Schule Esslingen	**MIKROCONTROLLER**	Name:
2.4.9.1	**Subtraktion von Dualzahlen**	Datum:

Bei der Subtraktion von Dualzahlen wird mit der niederwertigsten Stelle (LSB=least significant bit) begonnen. Ist die entsprechende Stelle des Minuenden kleiner als die des Subtrahend, (also bei **0 - 1**) muss von der nächst höheren Stelle eine **1** "geborgt" werden. Der Borger wird bei der nächsten Stelle dann zum Subtrahenden addiert.

```
   110010100          404
 -    101001        -  41
 B   11 1 11           1
   101101011bin       363dez
```

Ist der Subtrahend insgesamt größer als der Minuend, gelangt man zur **Zweierkomplement**-darstellung. Dies bedeutet, dass die Subtraktion unendlich fortgesetzt werden kann, da am Ende jede neue Stelle wieder mit einem Borger subtrahiert werden muss. Im Beispiel sind ab der 10.ten Stelle (dual) alle Bits auf **1** zu setzen. Im Dezimalsystem bedeutet dies, dass ab der 4.ten Stelle nur noch **9**en stehen.

```
        101001             41
 -   110010100         -  404
 B 111    101           111 1
   11010010101bin       99637dez
```

Um die Zahl wie gewohnt lesen zu können, gibt es zwei Möglichkeiten zur Rückgewinnung des Zahlenwertes aus dem Zweierkomplement.

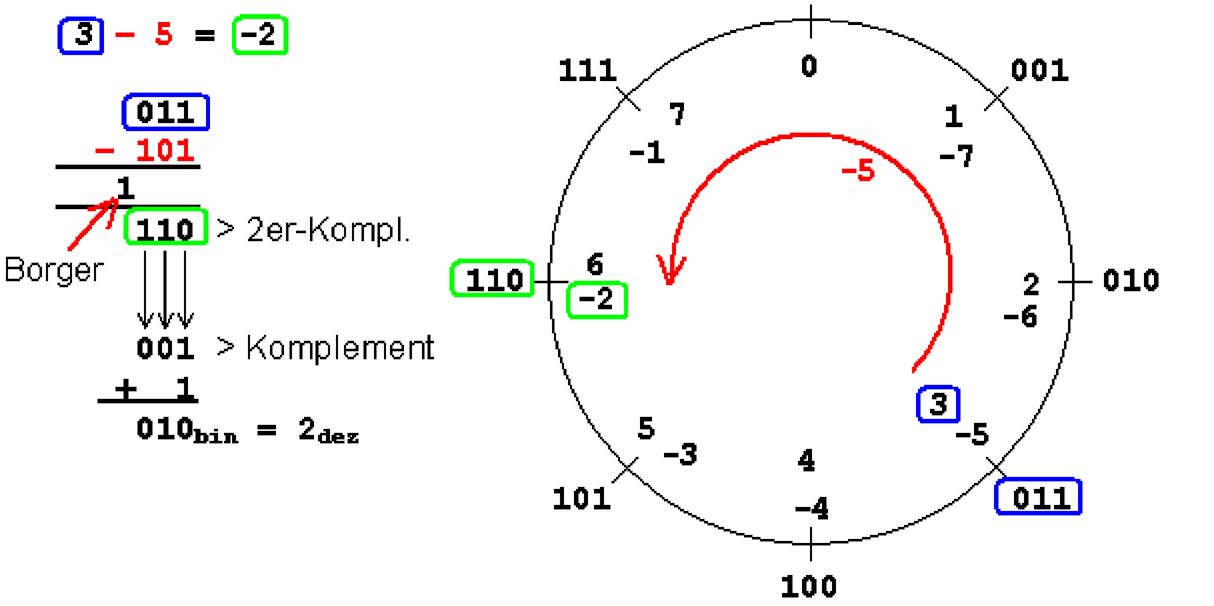
1. Bei 2^{n-1} Stellen wird das Zweierkomplement vom Wert 2^n abgezogen.
   Diese Lösung ist meist jedoch unpraktikabel, da etwa in einem 8 Bit-System kein 9-Bit Zahlenwert dargestellt werden kann.

```
   100000000000          100000
 -  11010010101bin     -  99637dez
 B 11111111111           11111
   000101101011          000363
      -101101011           -363
```

2. Die negative *Dualzahl* im Zweierkomplement wird stellenweise invertiert und anschließend um 1 erhöht.

```
 z  = 1010010101
 z̄  = 0101101010
 +1   0000000001
      0101101011bin
```

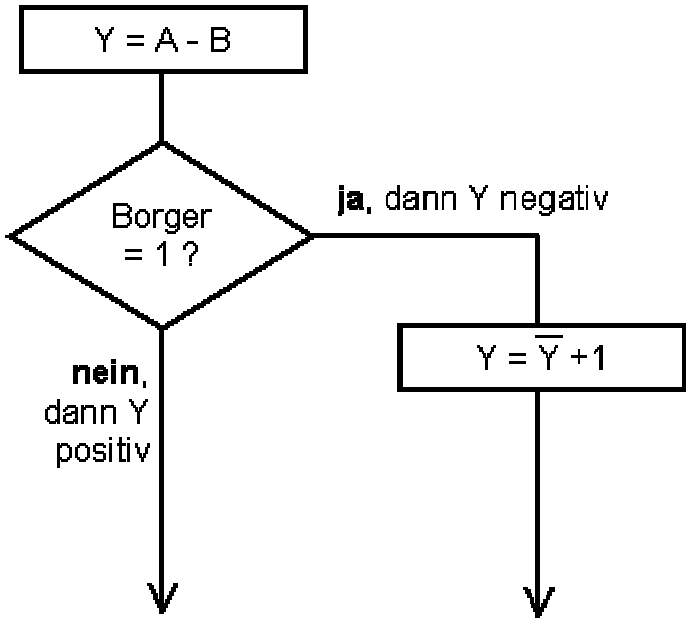
Dieser Vorgang wird besonders in der Darstellung der Dualzahlen in einem Zahlenkreis deutlich. Eine 3 stellige Dualzahl kann die Werte 000 - 111 annehmen. Die Addition 111 + 1 ergbäbe 1000. Diese Zahl ist aber mit 3 Bit nicht mehr darstellbar und wir erhalten daher als Ergebnis 000. Man spricht hier von einem **Überlauf**. Dies ist der größte Albtraum eines jeden Programmierers und sollte dringlichst vermieden werden (die Assemblerprogrammierung kennt allerdings auch sinnvolle Anwendungen für den Überlauf!!). Die Subtraktion mit Zweierkomplementen kann am Zahlenkreis jetzt sehr anschaulich gezeigt werden.



Friedrich-Ebert-Schule Esslingen	MIKROCONTROLLER	Name:
2.4.9.2	Subtraktion von Dualzahlen	Datum:

Am Borger (=1) lässt sich nach der Subtraktion erkennen ob eine Zahl **negativ** ist. Die unten abgebildete Rechenvorschrift (PAP) läßt sich in einem Mikrocomputersystem sehr einfach realisieren, wie das Assemblerlisting zeigt.

PAP

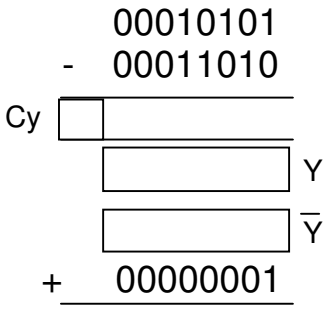


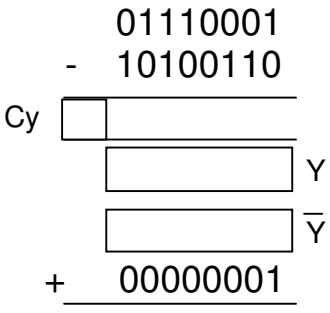
Assemblerlisting

```
            clr   c     ;Borger = 0
            subb  a,b
            jc    negativ
positiv:    .
            .
            .
negativ:    cpl   a
            inc   a
            .
            .
```

Übungsaufgaben:

In einem 8 Bit Mikrocontroller-System sollen folgende Subtraktionen durchgeführt werden. Ermittle zunächst das Zweierkomplement und anschließend den negativen Zahlenwert:





Weitere Übungsaufgaben:

111 – 10010 =

110110 – 111111 =

111101 – 11010 =

1111 – 10111 =