

Die wesentlichen Komponenten einer **CENTRAL PROCESSING UNIT (CPU)** bestehen aus der **CONTROL UNIT (CU)** und der **ARITHMETIC LOGIC UNIT (ALU)**.

Die **ALU** berechnet arithmetische und logische Funktionen, die **CU** decodiert die im Arbeitsspeicher abgelegten Befehle und führt sie aus.

In der Minimalkonfiguration beherrscht die **ALU** die arithmetische Funktion „**Addition**“ sowie die logischen Operationen „**Negation**“ (NOT) und „**Konjunktion**“ (AND). Zu Lasten der Rechenzeit lassen sich die übrigen arithmetischen und logischen Funktionen auf die genannten, minimal verfügbaren Operationen zurückführen.

1. Subtraktion

Die duale Subtraktion

$$\begin{array}{r} & a_3 & a_2 & a_1 & a_0 \\ - & b_3 & b_2 & b_1 & b_0 \\ \hline & d_3 & d_2 & d_1 & d_0 \end{array}$$

lässt sich auf eine duale Addition nach folgendem Verfahren zurückführen:

- Bilde das Einerkomplement des Subtrahenden $b_3\ b_2\ b_1\ b_0$, indem man alle Ziffern negiert (invertiert; aus 0 wird 1 und aus 1 wird 0).
- Addiere das Einerkomplement und die Zahl 1 zum Minuenden.
- Das Ergebnis ist die gesuchte Differenz; dabei bleibt der Überlauf unberücksichtigt.

- a) Verdeutliche das genannte Verfahren anhand einiger selbst gewählter Beispiele (ein Beweis des Verfahrens ist nicht erforderlich.).
- b) Ergänze die Schaltung „4-bit-Paralleladdierer.dsim“ so, daß man nach entsprechender Umschaltung wahlweise eine duale Addition oder eine duale Subtraktion durchführen kann.
Hinweise:
 - Ersetze den HA für das least significant bit (LSB) durch einen VA, um erforderlichenfalls eine „1“ als Summand einspeisen zu können (wie?).
 - Die Invertierung der Ziffern des Subtrahenden gelingt z. B. durch den geeigneten Einsatz von XOR-Gattern.

2. Weitere Rechenoperationen

Gegeben sind die (im einfachsten Fall positiven ganzzahligen) Operanden a und b. Um zu verdeutlichen, wie man die „höheren“ Rechenoperationen mittels geeigneter Iteration auf die Grundoperationen „Addition“ und „Subtraktion“ zurückführen kann, schreibe und teste ein Python-Programm, welches die Operationen „Multiplikation“ ($a*b$), „Division“ (a/b , ganzzahlige Division) und „Potenzierung“ ($a^{**}b$) realisiert.

3. Logische Operationen

Zeige exemplarisch, daß sich die logischen Verknüpfungen

- a) $a + b$
- b) $a \oplus b$
- c) $a \cdot (b + \bar{c})$

auf die Operationen NOT und AND zurückführen lassen.