

10. Übung für die Vorlesung Technische Informatik

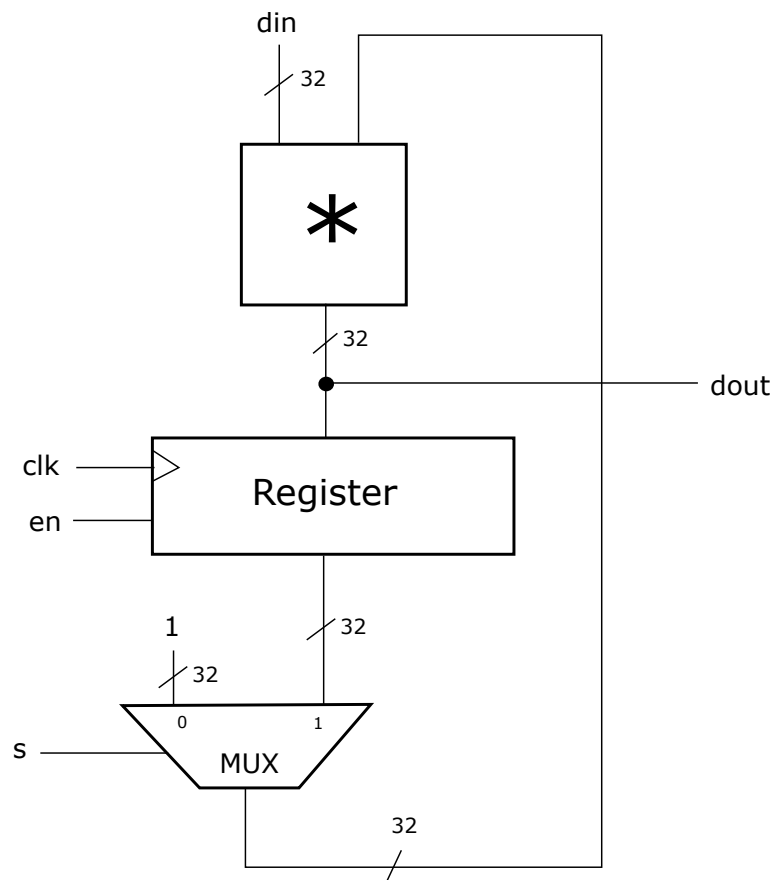
Wintersemester 2022/2023

Abgabe: spätestens Dienstag, 24.1.2023, 8:15 Uhr

Aufgabe 1. Automatenentwurf

8 P.

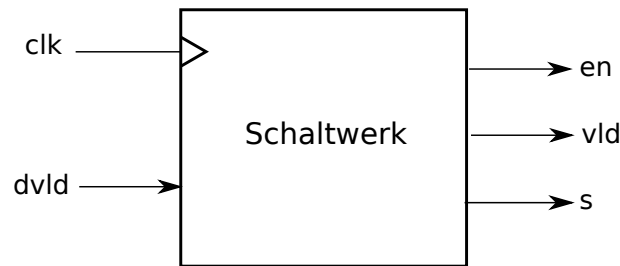
Gegeben ist folgender Datenpfad, der das Produkt von beliebig vielen 32-Bit-Zahlen berechnen kann:



Erläuterung:

- Der Datenpfad multipliziert den an *din* anliegenden Wert entweder mit dem momentanen Inhalt des Registers oder mit dem konstanten Wert 1. Mit welchem der beiden Faktoren gerechnet wird, bestimmt das Steuersignal *s*.
- Jedes aktuell berechnete Produkt (d.h. sowohl Zwischenergebnisse als auch Endergebnis) wird an *dout* ausgegeben.
- Immer wenn $en = 1$ ist, wird das Multiplikationsergebnis für eine eventuelle Wiederverwendung im Register abgespeichert.

Entwerfen Sie einen Automaten zur Steuerung des Datenpfades, der nach Außen die folgende Schnittstelle aufweist:



Die Funktionalität des Schaltwerks sei wie folgt spezifiziert:

- Die taktweise am Eingang din des Datenpfades präsentierten 32-Bit-Zahlen sollen vom Schaltwerk nach einem festgelegten Schema zu Produkten verrechnet werden. Es soll dabei wie folgt vorgehen:

Für einen unendlichen Datenstrom $din_0, din_1, din_2, din_3, din_4, \dots$ berechnet das Schaltwerk zuerst nacheinander die folgenden drei Produkte: $(din_0) = (1 * din_0)$, $(din_1 * din_2)$ und $(din_3 * din_4 * din_5)$. Danach soll es bei din_6 nach dem gleichen Schema wieder von vorne beginnen: (din_6) , $(din_7 * din_8)$ und $(din_9 * din_{10} * din_{11})$. Dann dasselbe bei din_{12} wiederholen, usw.

- Da die Berechnung längerer Produkte mehrere Takte benötigt, soll $vld = 1$ das Anliegen eines gültigen Produktergebnisses am Ausgang $dout$ kennzeichnen. Solange an $dout$ nur Zwischenergebnisse anliegen, soll $vld = 0$ sein.
- Nur wenn $dvld = 1$ ist, liegt ein gültiger Wert an din an, und das Schaltwerk soll in seiner Ausführung voranschreiten, bei $dvld = 0$ soll es pausieren.

Entwerfen Sie einen Mealy-Automaten, der die Steuerung implementiert. Begründen Sie, warum hier ein Mealy-Automat sinnvoll ist. Zeichnen Sie das Zustandsübergangsdiagramm und führen Sie alle Schritte bis zur fertigen Schaltung aus.

Aufgabe 2. RTL-Entwurf

8 P.

Entwickeln Sie einen Datenpfad auf Register-Transfer-Ebene mit zwei 8-Bit Registern R0 und R1, einem 8-Bit Eingang I sowie einem 8-Bit Ausgang O, der den Inhalt von Register R0 ausgibt. Zusätzlich hat der Datenpfad einen Subtrahierer mit zwei zusätzlichen Ausgängen, Z (Ergebnis der Subtraktion ist null) und N (Ergebnis der Subtraktion ist negativ). Der Datenpfad soll die folgenden Register-Transfer-Instruktionen (Mikro-Instruktionen) realisieren:

$R0 \leftarrow I$ (Die Zahl am Eingang I wird in R0 gespeichert)

$R1 \leftarrow I$ (Die Zahl am Eingang I wird in R1 gespeichert)

$R0 \leftarrow R0 - R1$ (Das Ergebnis der Subtraktion wird in R0 gespeichert)

$\text{swap}(R0, R1)$ (Die Inhalte der Register werden vertauscht)

Entwickeln Sie nun einen Mealy-Automaten, der den Datenpfad steuert, um den ggT (größten gemeinsamen Teiler) zweier positiver 8-Bit-Zahlen x und y zu berechnen. Neben den Steuersignalen für den Datenpfad soll der Automat einen Ausgang ready besitzen, der '1' für einen Takt ausgibt sobald das Ergebnis am Ausgang O anliegt.

Der Algorithmus lautet wie folgt:

```

while (x - y  $\neq$  0) {
    if(x - y > 0) x = x - y;
    else swap(x, y);
}
return x;

```

Aufgabe 3. RTL-Entwurf mit mikroprogrammiertem Steuerwerk

8 P.

Entwickeln Sie einen Datenpfad auf Register-Transfer-Ebene mit zwei 4-bit Registern R0 und R1, der die folgenden Mikroinstruktionen realisiert:

$R \leftarrow A + B$ (vorzeichenlose Addition, Carry-Bit wird ignoriert: ADD)

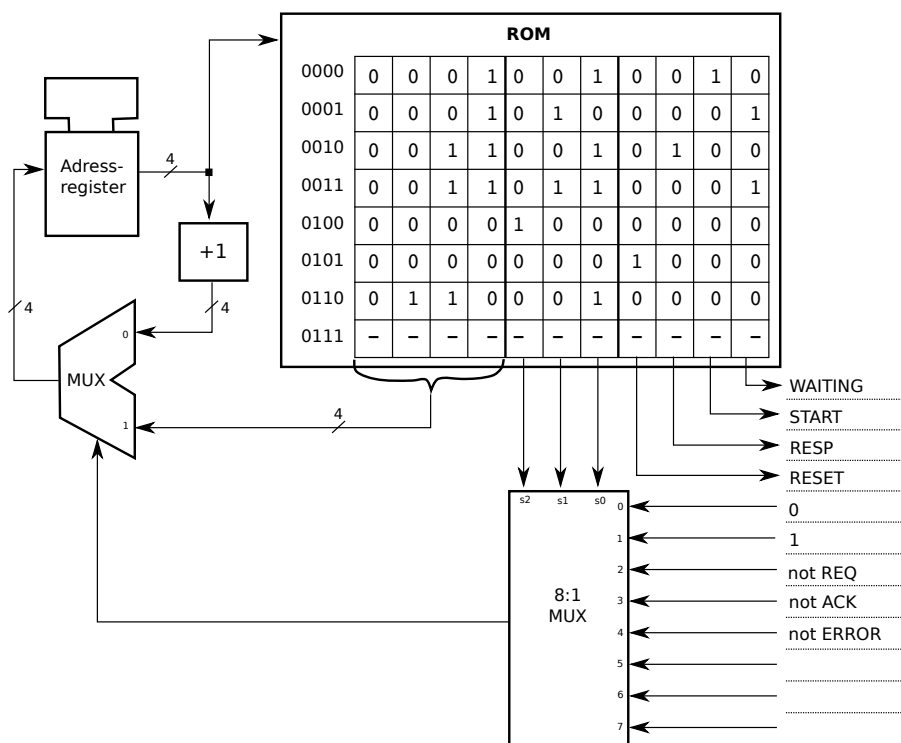
Dabei ist R irgendeins der beiden Register R0 oder R1 und A und B jeweils eins der beiden Register R0 oder R1 oder die Zahlen 0 oder 1. Ferner soll der Datenpfad das Signal N zurückliefern, wobei N=1 bedeutet, dass das höchstwertige Bit des 4-bit ADD-Ergebnisses gesetzt ist.

1. Wie sieht der Datenpfad auf Register-Transfer-Ebene aus? (Tipp: die Details der Implementierung der ALU werden hier nicht benötigt, es genügt das Blockschaltbild, denn wir sind ja auf Register-Transfer-Ebene.) Welche Steuersignale sind vorhanden? (Tipp: es sollten 6 sein)
2. Kann man mit dem Datenpfad die Anzahl der gesetzten Bits in Register R0 zählen und das Ergebnis in Register R1 ablegen? (Der Inhalt von R0 darf dabei zerstört werden.) Wie geht das? Schreiben Sie das Mikroprogramm in Pseudocode.
3. Entwickeln Sie ein vollständiges, adressmodifizierendes, mikroprogrammiertes Steuerwerk und übersetzen Sie den Pseudocode in die Binärdarstellung des Mikroprogramms.

Aufgabe 4. Adressmodifizierendes Mikrosteuerwerk

4 P.

Die folgende Implementierung eines adressmodifizierenden Mikrosteuerwerks ist gegeben:



Gehen Sie davon aus, dass die Ausführung des Mikroprogramms an Adresse 0 beginnt. Dekodieren Sie die Mikroinstruktionen aus obiger ROM-Tabelle und geben Sie das im Steuerwerk realisierte Mikroprogramm in Pseudocode an!