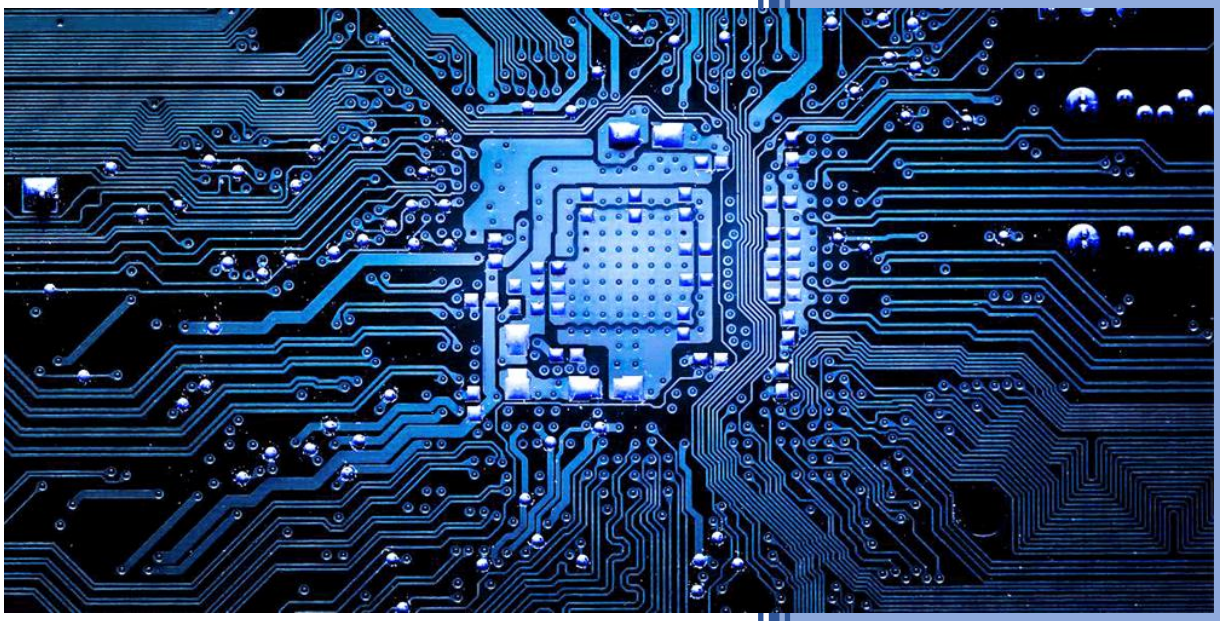
Funktionsweise eines Rechners

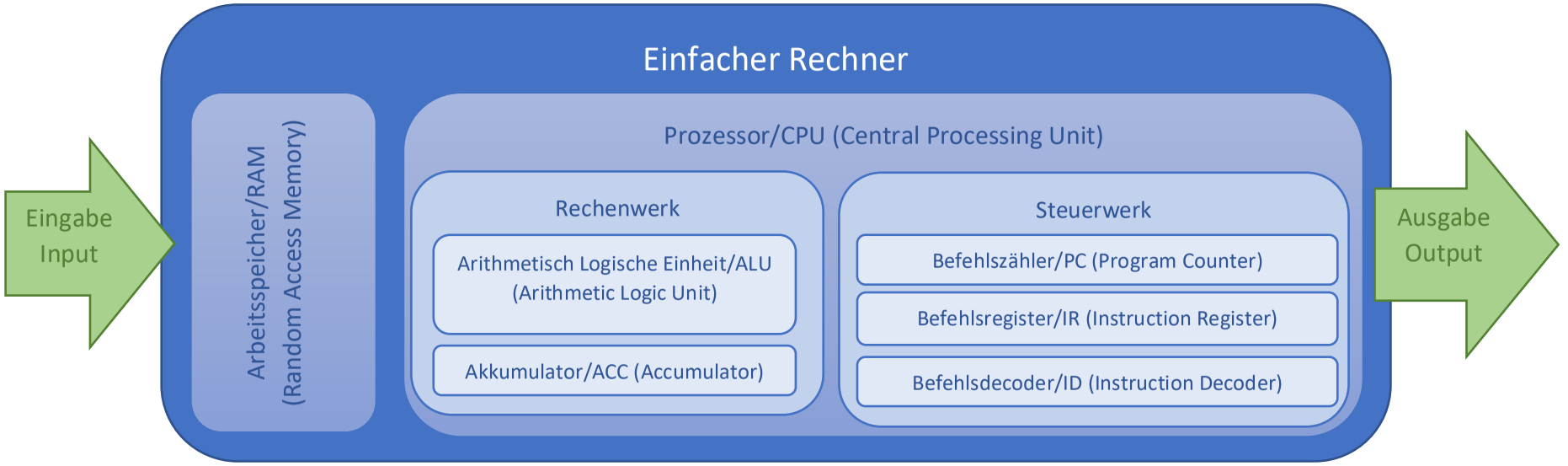


Carmen Christen

05.10.2020

Die Komponenten eines Rechners und deren Funktionen

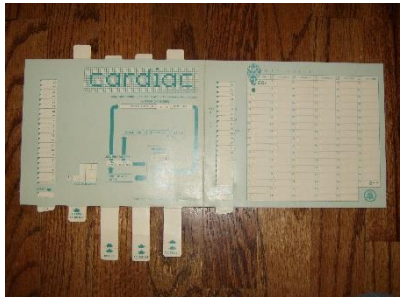
Verbinde in der unteren Tabelle jede Komponente mit ihrer Funktion.



Komponente
RAM
Rechenwerk
ALU
Akkumulator
Steuerwerk
PC
IR
ID

Funktion
… steuert den Ablauf der Befehlsverarbeitung. Dazu dekodiert es den im Befehlsregister stehenden Befehl und generiert daraus die erforderlichen Operationsanweisungen für das Rechenwerk.
… speichert die von der CPU gerade auszuführenden Programme oder Programmteile und die dabei benötigten Daten.
… ist meist direkt mit der ALU verbunden und speichert deren Ergebnisse.
… werden Daten entsprechend den Operationsanweisungen des Steuerwerks verknüpft oder bearbeitet.
… übersetzt die Maschinenbefehle und zerlegt diese, falls nötig, in einzelne Arbeitsschritte, welche dann an die zugehörigen Einheiten der CPU weitergeleitet werden. („Die Befehle werden in einer Tabelle nachgeschlagen.“)
… speichert die Adresse des als nächstes auszuführenden Befehls.
In … werden die Operationen ausgeführt. Sie bildet das Kernstück eines Rechenwerks. Nebst … enthält das Rechenwerk Hilfs- und Steuerregister, wie den Akkumulator.
… ist ein Zwischenspeicher für den aktuell auszuführenden Maschinenbefehl.

CARDIAC (CARDboard Illustrative Aid to Computation)



Als CARDIAC entwickelt wurde, war der Zugang zu Computern sehr beschränkt. Daher entwickelte David Hagelbarger CARCIAC als eine illustrative Hilfe aus Karton um die Funktionsweise eines Rechners zu unterrichten. Später wurde dann zusätzlich ein CARDIAC-Simulator entwickelt. Diesen werden wir im Folgenden verwenden, um so unsere Programme jeweils auch gleich testen zu können.

CARDIAC vs. Realer Rechner: In einem richtigen Rechner sind sowohl die Speicheradressen als auch deren Inhalte im Binärcode dargestellt. Da hohe Binärzahlen allerdings relativ viele Stellen benötigen, werden hier der Einfachheit halber die Speicheradressen und deren Inhalte als Dezimalzahlen dargestellt.

Memory

00: 001	10:	20:	30:	40:	50:	60:	70:	80:	90:
01:	11:	21:	31:	41:	51:	61:	71:	81:	91:
02:	12:	22:	32:	42:	52:	62:	72:	82:	92:
03:	13:	23:	33:	43:	53:	63:	73:	83:	93:
04:	14:	24:	34:	44:	54:	64:	74:	84:	94:
05:	15:	25:	35:	45:	55:	65:	75:	85:	95:
06:	16:	26:	36:	46:	56:	66:	76:	86:	96:
07:	17:	27:	37:	47:	57:	67:	77:	87:	97:
08:	18:	28:	38:	48:	58:	68:	78:	88:	98:
09:	19:	29:	39:	49:	59:	69:	79:	89:	99: 8--

Deck **Reader** **CPU** **Output**

PC: 00

Load

Instruction Decoder

Instruction Register:

Opcode: Operand:

Accumulator: 0000

Reset Clear Mem

Step Slow Run Halt

Befehle in CARDIAC

OC = Operationscode
ACC = Akkumulator
PC = Program Counter (Befehlszähler)

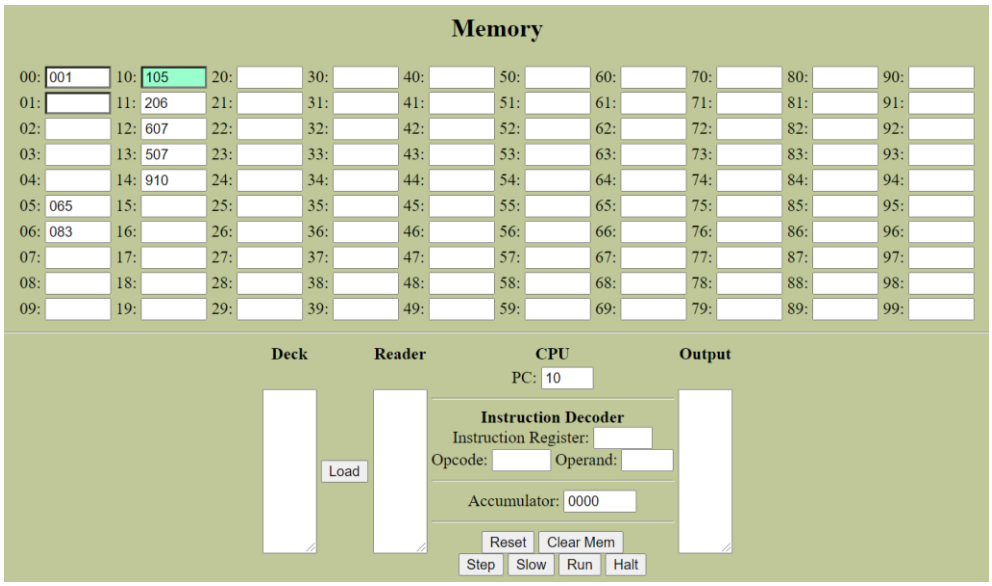
OC	*Abkürzung*	*Operation*
0	INP (Input)	Schreibe den nächsten Befehl vom Deck in die angegebene Speicheradresse.
1	CLA (Clear ACC)	Setze den ACC auf null und addiere die Zahl der angegebenen Speicheradresse.
2	ADD (Add to ACC)	Addiere die Zahl der angegebenen Speicheradresse zur Zahl im ACC.
3	TAC (Test ACC)	Teste, ob die Zahl im ACC negativ ist. Falls ja springe zur angegebenen Adresse.
4xy	SFT (Shift ACC)	Schiebe zuerst den Inhalt von ACC um x Stellen nach links (und fülle rechts mit Nullen auf) und danach um y Stellen nach rechts (und fülle links mit Nullen auf).
5	OUT (Output)	Gib den Inhalt der angegebenen Adresse aus.
6	STO (Store ACC)	Speichere die Zahl im ACC unter der angegebenen Adresse.
7	SUB (Subtract form ACC)	Subtrahiere die Zahl der angegebenen Adresse von der Zahl im ACC.
8	JMP (Jump)	Erhöhe den PC um eins und speichere 800 + PC unter der Adresse 99. Kopiere die angegebene Adresse in den PC. (Springe zur angegebenen Adresse.)
9	HRS (Halt and reset)	Stoppe das Programm und setzte den PC auf die angegebene Adresse.

Symbole in Flussdiagrammen

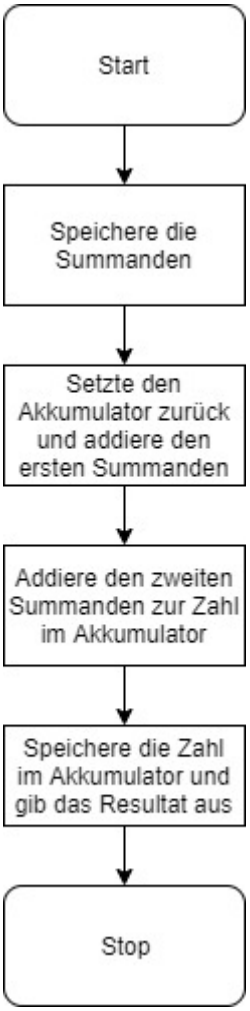
Die unterschiedlichen Symbole werden in der gewünschten Reihenfolge mit Pfeilen verbunden. Dabei zeigt der Pfeil jeweils auf das nächste auszuführende Symbol. Bei Entscheidungen können zwei unterschiedliche Pfeile, ein „Ja“ und ein „Nein“ Pfeil, die Raute verlassen. Pfeile können auch zu einem bereits ausgeführten Symbol zurückzeigen, um so eine Schleife zu erzeugen.

Beispiel 1: Addition von zwei Zahlen (65+83)

Vor dem Ausführen deines Programmes sollte der Simulator ungefähr folgendes anzeigen.

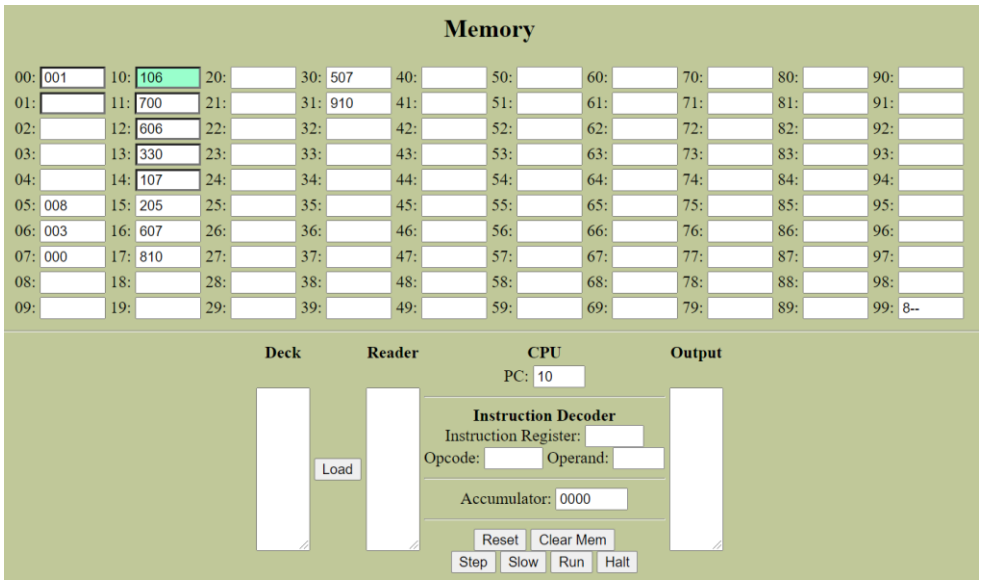


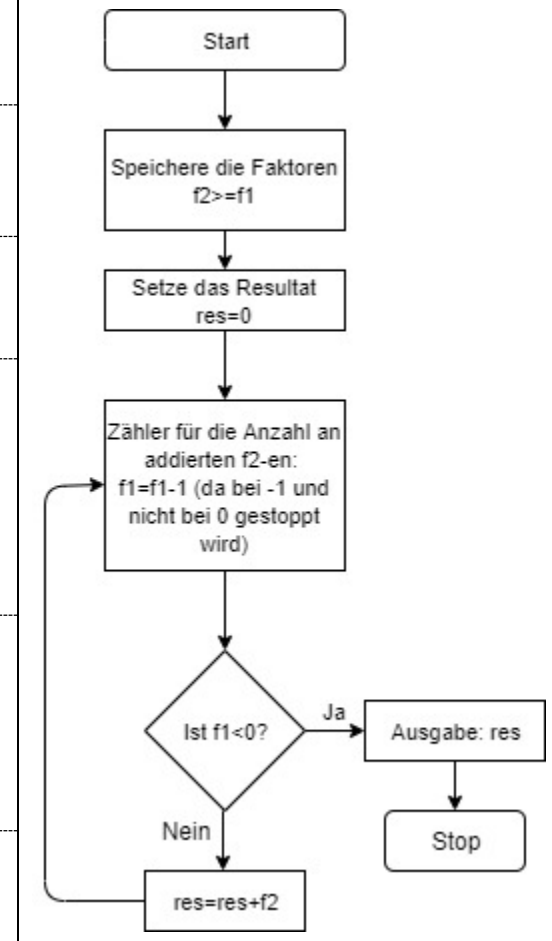
Adresse	*Inhalt*	*Kommentare*	*Flussdiagramm*
		Setzte den PC auf 10.	
05 06	065 083	Der erste Summand (65) wird unter der Adresse 05 gespeichert und der zweite Summand (83) wird unter der Adresse 06 gespeichert.	
10	105	Die Programmanweisungen beginnen bei der Adresse 10. Die erste Anweisung setzt den ACC auf null und addiert den Inhalt von Adresse 05.	
11	206	Der Inhalt von Adresse 06 wird zur Zahl im ACC dazu addiert.	
12 13	607 507	Speichere die Zahl im ACC unter der Adresse 07. Gib den Inhalt von Adresse 07 aus.	
14	910	Das Programm wird beendet und der PC wird wieder auf 10 zurückgesetzt.	



Beispiel 2: Multiplikation von zwei Zahlen (8 · 3)

Vor dem Ausführen deines Programmes sollte der Simulator ungefähr folgendes anzeigen.



Adresse	*Inhalt*	*Kommentare*	*Flussdiagramm*
00	001	Speichert die 001 in Zelle 00. Setze den PC auf 10.	
05 06	008 003	Speichert den grösseren Faktor (8) unter der Adresse 05 und den kleineren Faktor (3) unter der Adresse 06.	
07	000	Das Resultat wird unter der Adresse 07 gespeichert und zu Beginn auf null gesetzt.	
10 11 12	106 700 606	Die Programmanweisungen beginnen bei Adresse 10. Setzt den ACC auf null, addiert den Inhalt von Adresse 06 (kleinerer Faktor), subtrahiert den Inhalt der Adresse 00, also eins und speichert das Resultat wieder unter der Adresse 06.	
13 30 31	330 507 910	Testet, ob die Zahl im ACC negativ ist. Falls ja wird der PC auf 30 gesetzt, das Resultat ausgegeben, das Programm beendet und der PC wieder auf 10 zurückgesetzt. Falls nicht, wird der PC um eins erhöht.	
14 15 16 17	107 205 607 810	Lädt den Inhalt von Adresse 07 in den ACC, addiert den Inhalt von Adresse 05 und speichert das Resultat wieder unter der Adresse 07. Anschliessend wird der PC auf 10 gesetzt.[1]	

[1] Für einen allfälligen Rücksprung (wird hier nicht benötigt) auf die folgende Zelle 18 wird ein entsprechender JMP-Befehl unter der Adresse 99 gespeichert.

Aufgabe 1: Subtraktion

Erstelle ein Programm, welches die Zahl in Zelle 04 von der Zahl in Zelle 03 subtrahiert.

Adresse	*Inhalt*	*Kommentare*

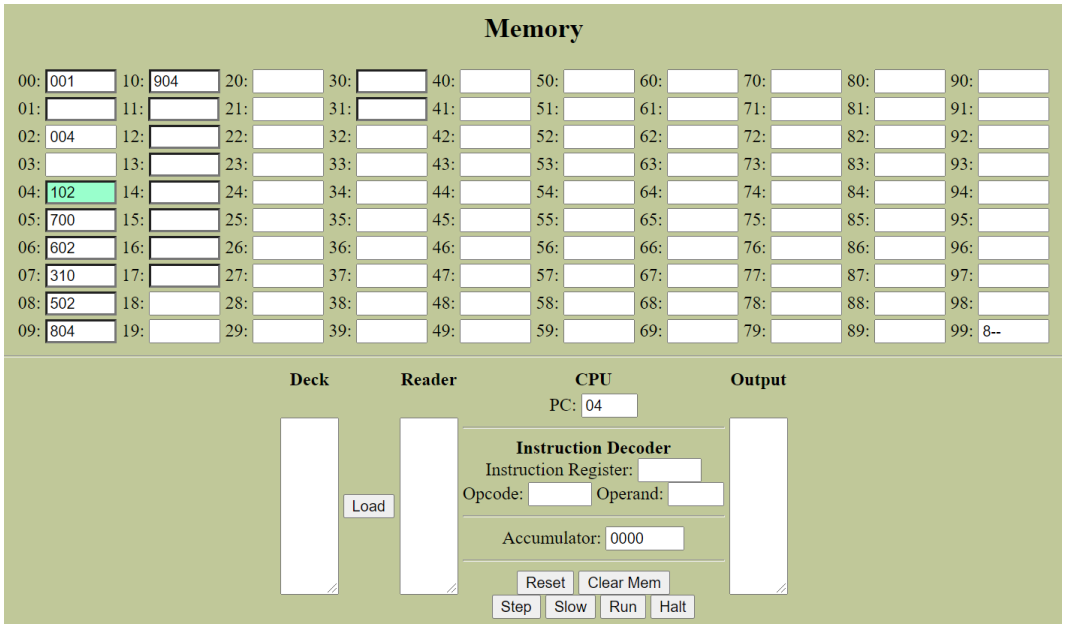
Aufgabe 2: Bedingung

Erstelle ein Programm, welches 1 ausgibt, falls die Zahl a in Zelle 03 grösser ist als die Zahl b in Zelle 04, und sonst 0. Erstelle dazu zuerst ein Flussdiagramm.

Adresse	*Inhalt*	*Kommentare*	*Flussdiagramm*

Aufgabe 3: Was macht das folgende Programm?

Ergänze die Kommentare und zeichne anschliessend das passende Flussdiagramm. Was wird ausgegeben?



Adresse	*Inhalt*	*Kommentare*	*Flussdiagramm*
00	001		
02	004		
04	102		
05	700		
06	602		
07	310		
08	502		
09	804		
10	904		

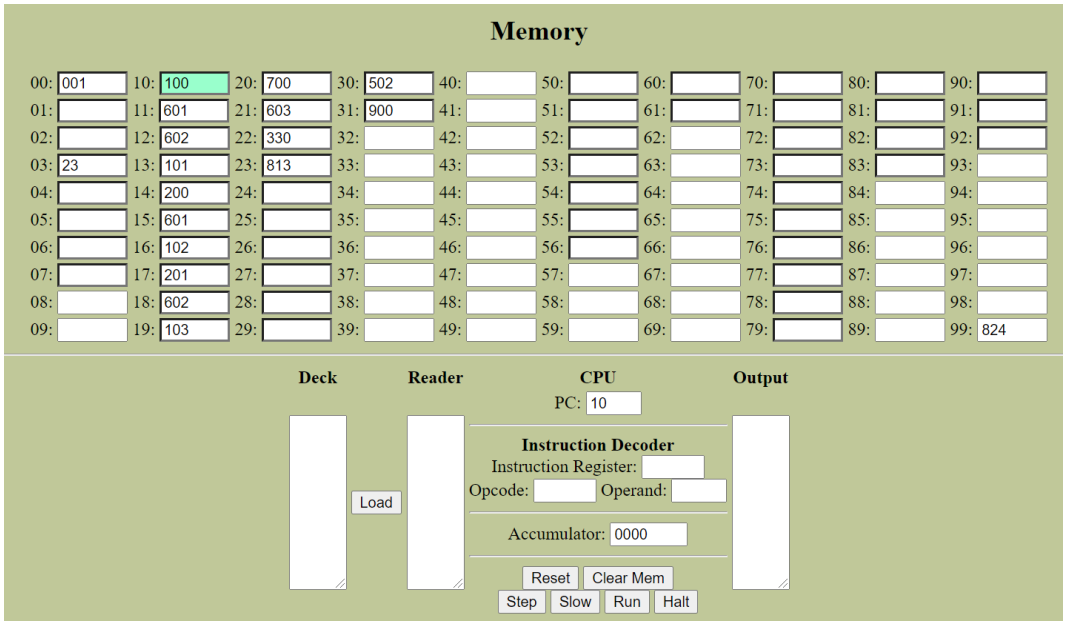
Aufgabe 4: 1-10

Erstelle ein Programm, welches die Zahlen von 1 bis 10 ausgibt. Erstelle dazu zuerst ein Flussdiagramm.

Adresse	*Inhalt*	*Kommentare*	*Flussdiagramm*

Aufgabe 5: Was macht das folgende Programm?

Ergänze die Kommentare und zeichne anschliessend das passende Flussdiagramm. Was wird ausgegeben?



Adresse	*Inhalt*	*Kommentare*	*Flussdiagramm*
00	001		
03	023		
10 11 12	100 601 602		
13 14 15	101 200 601		
16 17 18	102 201 602		
19 20 21	103 700 603		
22 30 31 23	330 502 900 813		

Fazit

Aufgabe: Ergänze den nachfolgenden Lückentext.

Wieso haben wir uns mit der Binärdarstellung von Zahlen und den arithmetischen Grundoperationen auf Binärzahlen auseinandergesetzt? Was hat das mit Informatik zu tun?

In den letzten Wochen haben wir uns mit der _____ von Zahlen beschäftig. Dies liegt daran, dass ein Computer nur zwischen zwei Zuständen unterscheiden kann. Um das möglichst einfach darzustellen, repräsentieren wir den einen Zustand mit _____ und den anderen Zustand mit _____. Damit ein Computer Informationen (nicht nur Zahlen) oder Programme „verstehen“ kann, müssen diese also zuerst in Binärcode übersetzt werden. Dies wird von einem sogenannten Compiler oder Interpreter gemacht. Um Informationen zu verarbeiten, stehen einem Rechner nur wenige Operationen zur Verfügung, beispielsweise _____ Operationen, wie die Addition und Subtraktion von Binärzahlen oder _____ Operationen, wie die Negation. Im Grunde kann also die Funktionsweise eines Rechners auf einige wenige _____ und _____ Operationen mit Binärzahlen zurückgeführt werden. Welche Operationen einem Rechner konkret zur Verfügung stehen, hängt von der Hardware des Rechners ab.

Wie funktioniert ein Prozessor?

Wird ein Programm ausgeführt, wird es als erstes von einem Compiler oder einem Interpreter in Binärcode, oder besser gesagt in eine Reihe von Maschinenbefehlen, übersetzt und anschliessend in den Arbeitsspeicher geladen. Das _____ steuert nun den Ablauf der Befehlsverarbeitung. Der _____ zeigt auf die Adresse der als nächstes auszuführenden Operation, welche nach dem Übersetzen nun als Maschinenbefehl, also in der Maschinensprache, vorliegt. Der als nächstes auszuführende Maschinenbefehl wird ins _____ geladen und muss anschliessend vom _____ in die entsprechende Operation und den entsprechenden Operanden übersetzt werden. Anschliessend werden die Arbeitsschritte zum Ausführen der Operation vom Steuerwerk an die entsprechenden Einheiten weitergeleitet.

Das Verarbeiten oder Verknüpfen von Daten gemäss den Operationsanweisungen des Steuerwerks findet im _____ statt. Die Resultate werden jeweils im _____ gespeichert.

Maschinensprache-Assemblersprache-Programmiersprache

_____ wird meistens als Binärcode, mit Nullen und Einsen oder vereinfacht mithilfe von Hexadezimalzahlen dargestellt. Um das Programmieren einfacher zu machen, können Programme in einer _____ geschrieben werden. In _____ muss man die Befehle nicht mehr im Binärcode angeben, sondern man kann einfache Befehle wie ADD oder SUB verwenden. Die Operanden können je nach _____ als Text, Dezimalzahl, Hexadezimalzahl oder Binärzahl angegeben werden. Um zu unterscheiden, ob es sich bei einem Operanden um eine Adresse oder eine Zahl handelt wird ein # vor Zahlen gesetzt. Damit ein _____ ausgeführt werden kann, muss es zuvor von einem _____ in Maschinensprache übersetzt werden. Auch in _____ ist das Programmieren

Befehl	Num	Operand	Assembler	Bedeutung
001	1	000010	LOAD #2	Lade den Wert 2 in ACC.
010	0	001101	STORE 13	Speichere ACC in Speicherzelle 13.
001	1	000101	LOAD #5	Lade den Wert 5 in ACC.
010	0	001110	STORE 14	Speichere ACC in Speicherzelle 14.
001	0	001101	LOAD 13	Lade Speicherzelle 13 in ACC.
011	0	001110	ADD 14	Addiere Speicherzelle 14 zu ACC hinzu.
010	0	001111	STORE 15	Speichere ACC in Speicherzelle 15.
111	0	000000	HALT	Programm beenden.

von komplexeren Programmen immer noch sehr aufwendig. Programme werden oft sehr gross, was einen Überblick erschwert. Um das Implementieren solcher Programme zu erleichtern, gibt es höhere _____ wie Python oder Java. Diese müssen vor dem Ausführen, wie bereits erwähnt, von einem Compiler oder einem Interpreter in Maschinensprache übersetzt werden.

```
void main(void) {
    int x = 2;
    int y = 5;
    int z = x + y;
}
```

Zusatzaufgabe: Potenzieren

Erstelle ein Programm, welches eine Potenz b^n berechnet. Das Flussdiagramm ist bereits gegeben. Ergänze die fehlenden Einträge in der Tabelle.

Adresse	*Inhalt*	*Kommentare*	*Flussdiagramm*