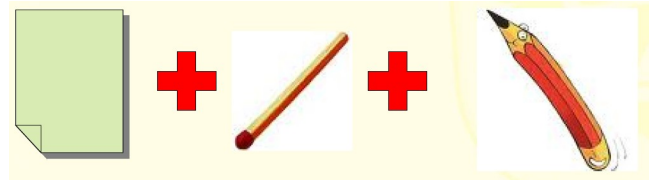




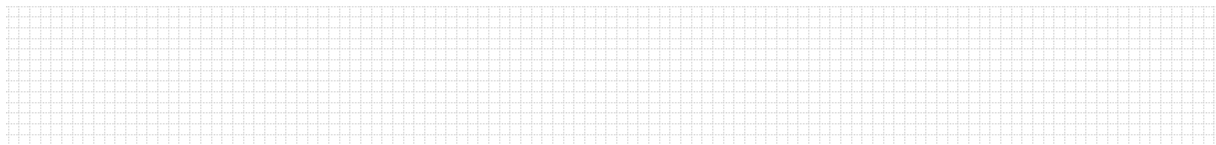
Der Papiercomputer

- Dieser Einfachst-Computer soll die Arbeitsweise eines Normal-Computers veranschaulichen; dargestellt an einzelnen Befehlsvorgängen.
- Er arbeitet aber nicht mit Strom und auf Siliziumbasis, sondern er besteht aus einem Blatt Papier, Streichhölzern und einem Stift.



Aufgabe 1: Programmanalyse

Legen Sie eine beliebige Anzahl von Streichhölzern in die Datenregister R0 und R1 und führen Sie das Programm im Programmspeicher aus. Finden Sie heraus, wozu das Programm dient.

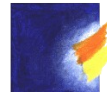


Der Papiercomputer

Programmspeicher		
Adresse		Befehl
0	0x00	JMP 0x3
1	0x01	INC R0
2	0x02	DEC R1
3	0x03	CMPZ R1
4	0x04	JMP 0x1
5	0x05	STOP
6	0x06	
7	0x07	
8	0x08	
9	0x09	
10	0x0A	
11	0x0B	
12	0x0C	
13	0x0D	
14	0x0E	
15	0x0F	
16	0x10	
17	0x11	
18	0x12	
19	0x13	
20	0x14	
21	0x15	
22	0x16	
23	0x17	

Befehlsübersicht	
INC Rx	Addiere 1 zum Inhalt des <u>Datenregisters</u> Nr. x. Danach gehe in die <u>nächste</u> Programmzeile. (INC steht für engl. <i>increment</i>)
DEC Rx	Subtrahiere 1 zum Inhalt des <u>Datenregisters</u> Nr. x. Danach gehe in die <u>nächste</u> Programmzeile. (INC steht für engl. <i>decrement</i>)
JMP y	Springe zur Programmzeile Nr. y (JMP steht für engl. <i>jump</i>)
CMPZ Rx	Prüfe den Inhalt des <u>Datenregisters</u> Nr. x auf Null: Wenn Rx == 0 springe <u>zwei</u> Programmzeilen weiter. Wenn Rx != 0 gehe in die nächste Programmzeile. (CMPZ steht für "compare with zero")
STOP	Ende des Programms
Die Zahl für das x bei den Befehlen INC, DEC und CMPZ bezieht sich auf das <u>Datenregister</u> . Nur der Befehl JMP wird auf den <u>Programmspeicher</u> angewandt.	

Datenregister	
R0	
R1	
R2	
R3	
R4	
R5	
R6	
R7	



Aufgabe 2: Papiercomputer - Subtraktion

Subtrahieren Sie den Inhalt R1 von R0. Bedingung: Inhalt von R0 > R1.

Programmspeicher		Befehlsübersicht		Datenregister	
Adresse	Befehl				
0	0x00	INC Rx	Addiere 1 zum Inhalt des Datenregisters Nr. x. Danach gehe in die <u>nächste</u> Programmzeile. (INC steht für engl. <i>increment</i>)	R0	
1	0x01			R1	
2	0x02			R2	
3	0x03			R3	
4	0x04	DEC Rx	Subtrahiere 1 zum Inhalt des Datenregisters Nr. x. Danach gehe in die <u>nächste</u> Programmzeile. (INC steht für engl. <i>decrement</i>)	R4	
5	0x05			R5	
6	0x06			R6	
7	0x07			R7	
8	0x08	JMP y	Springe zur Programmzeile Nr. y (JMP steht für engl. <i>jump</i>)		
9	0x09				
10	0x0A				
11	0x0B				
12	0x0C	CMPZ Rx	Prüfe den Inhalt des Datenregisters Nr. x auf Null: Wenn Rx == 0 springe <u>zwei</u> Programmzeilen weiter. Wenn Rx != 0 gehe in die nächste Programmzeile. (CMPZ steht für "compare with zero")		
13	0x0D				
14	0x0E				
15	0x0F				
16	0x10	STOP	Ende des Programms Die Zahl für das x bei den Befehlen INC, DEC und CMPZ bezieht sich auf das <u>Datenregister</u> . Nur der Befehl JMP wird auf den <u>Programmspeicher</u> angewandt.		
17	0x11				
18	0x12				
19	0x13				
20	0x14				
21	0x15				
22	0x16				
23	0x17				

Aufgabe 3: Papiercomputer - Verschieben

Verschieben Sie den Inhalt von R0 nach R1, d.h. der Inhalt von R0 wird hierbei gelöscht.

Hinweis: Beachten Sie, dass in R1 bereits ein Wert ungleich von null sein kann.

Programmspeicher		Befehlsübersicht		Datenregister	
Adresse	Befehl				
0	0x00	INC Rx	Addiere 1 zum Inhalt des Datenregisters Nr. x. Danach gehe in die <u>nächste</u> Programmzeile. (INC steht für engl. <i>increment</i>)	R0	
1	0x01			R1	
2	0x02			R2	
3	0x03			R3	
4	0x04	DEC Rx	Subtrahiere 1 zum Inhalt des Datenregisters Nr. x. Danach gehe in die <u>nächste</u> Programmzeile. (INC steht für engl. <i>decrement</i>)	R4	
5	0x05			R5	
6	0x06			R6	
7	0x07			R7	
8	0x08	JMP y	Springe zur Programmzeile Nr. y (JMP steht für engl. <i>jump</i>)		
9	0x09				
10	0x0A				
11	0x0B				
12	0x0C	CMPZ Rx	Prüfe den Inhalt des Datenregisters Nr. x auf Null: Wenn Rx == 0 springe <u>zwei</u> Programmzeilen weiter. Wenn Rx != 0 gehe in die nächste Programmzeile. (CMPZ steht für "compare with zero")		
13	0x0D				
14	0x0E				
15	0x0F				
16	0x10	STOP	Ende des Programms Die Zahl für das x bei den Befehlen INC, DEC und CMPZ bezieht sich auf das <u>Datenregister</u> . Nur der Befehl JMP wird auf den <u>Programmspeicher</u> angewandt.		
17	0x11				
18	0x12				
19	0x13				
20	0x14				
21	0x15				
22	0x16				
23	0x17				



Aufgabe 4: Papiercomputer - Kopieren

Verschieben Sie den Inhalt von R0 nach R1 ohne dabei den Inhalt von R0 zu löschen (=Kopieren).

Programmspeicher		Datenregister	
Adresse	Befehl		
0	0x00	R0	
1	0x01	R1	
2	0x02	R2	
3	0x03	R3	
4	0x04	R4	
5	0x05	R5	
6	0x06	R6	
7	0x07	R7	
8	0x08		
9	0x09		
10	0x0A		
11	0x0B		
12	0x0C		
13	0x0D		
14	0x0E		
15	0x0F		
16	0x10		
17	0x11		
18	0x12		
19	0x13		
20	0x14		
21	0x15		
22	0x16		
23	0x17		

Befehlsübersicht	
INC Rx	Addiere 1 zum Inhalt des <u>Datenregisters</u> Nr. x . Danach gehe in die <u>nächste</u> Programmzeile. (INC steht für engl. <i>increment</i>)
DEC Rx	Subtrahiere 1 zum Inhalt des <u>Datenregisters</u> Nr. x . Danach gehe in die <u>nächste</u> Programmzeile. (INC steht für engl. <i>decrement</i>)
JMP y	Springe zur Programmzeile Nr. y (JMP steht für engl. <i>jump</i>)
CMPZ Rx	Prüfe den Inhalt des <u>Datenregisters</u> Nr. x auf Null: Wenn <u>Rx == 0</u> springe <u>zwei</u> Programmzeilen weiter. Wenn <u>Rx != 0</u> gehe in die nächste Programmzeile. (CMPZ steht für "compare with zero")
STOP	Ende des Programms
Die Zahl für das x bei den Befehlen INC, DEC und CMPZ bezieht sich auf das <u>Datenregister</u> . Nur der Befehl JMP wird auf den <u>Programmspeicher</u> angewandt.	

Aufgabe 5: Papiercomputer – Multiplizieren

Multiplizieren Sie den Wert aus R0 mit dem Wert aus R1. Das Produkt wird in R2 gespeichert.

Programmspeicher		Datenregister	
Adresse	Befehl		
0	0x00	R0	
1	0x01	R1	
2	0x02	R2	
3	0x03	R3	
4	0x04	R4	
5	0x05	R5	
6	0x06	R6	
7	0x07	R7	
8	0x08		
9	0x09		
10	0x0A		
11	0x0B		
12	0x0C		
13	0x0D		
14	0x0E		
15	0x0F		
16	0x10		
17	0x11		
18	0x12		
19	0x13		
20	0x14		
21	0x15		
22	0x16		
23	0x17		

Befehlsübersicht	
INC Rx	Addiere 1 zum Inhalt des <u>Datenregisters</u> Nr. x . Danach gehe in die <u>nächste</u> Programmzeile. (INC steht für engl. <i>increment</i>)
DEC Rx	Subtrahiere 1 zum Inhalt des <u>Datenregisters</u> Nr. x . Danach gehe in die <u>nächste</u> Programmzeile. (INC steht für engl. <i>decrement</i>)
JMP y	Springe zur Programmzeile Nr. y (JMP steht für engl. <i>jump</i>)
CMPZ Rx	Prüfe den Inhalt des <u>Datenregisters</u> Nr. x auf Null: Wenn <u>Rx == 0</u> springe <u>zwei</u> Programmzeilen weiter. Wenn <u>Rx != 0</u> gehe in die nächste Programmzeile. (CMPZ steht für "compare with zero")
STOP	Ende des Programms
Die Zahl für das x bei den Befehlen INC, DEC und CMPZ bezieht sich auf das <u>Datenregister</u> . Nur der Befehl JMP wird auf den <u>Programmspeicher</u> angewandt.	



Aufgabe 6: Instruktionssatz (Instruction Set) des Papiercomputers

Die Befehle des Einfachst-Computers müssen in Form von binären Daten kodiert werden, damit der Computer sie ausführen kann.

5.1. Entwerfen Sie eine Befehlskodierung (= „Operation Codes“ = „Opcoodes“):

Befehl	Opcode								Beschreibung
	I ₇	I ₆	I ₅	I ₄	I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	
INC Rx									addiere 1 zum Inhalt von Rx
DEC Rx									subtrahiere 1 zum Inhalt von Rx
JMP y									springe zur Programmspeicheradresse y
CMPZ Rx									wenn Rx null ist, überspringe die nächste Instruktion
STOP									beende das Programm

5.2. Erweitern Sie den Einfachst-Computer um weitere sinnvolle Befehle; beispielsweise um Daten aus einem Datenspeicher zu laden bzw. in einen Datenspeicher zu speichern.

Befehl	Opcode								Beschreibung
	I ₇	I ₆	I ₅	I ₄	I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	
INC Rx									addiere 1 zum Inhalt von Rx
DEC Rx									subtrahiere 1 zum Inhalt von Rx
JMP y									springe zur Programmspeicheradresse y
CMPZ Rx									wenn Rx null ist, überspringe die nächste Instruktion
STOP									beende das Programm
MOV Rx,@Rm									lade den Inhalt der Speicherzelle, deren Adresse die in Rm steht, nach Rx
MOV @Rm,Rx									speichere den Inhalt von Rx in die Speicherzelle, deren Adresse in Rm steht.

Aufgabe 6: Architektur

Vervollständigen Sie das Blockdiagramm des Einfachst-Computers, indem sie die Blöcke mit Bussen / Datenverbindungen verbinden. Gehen Sie von einem 8-bit Mikroprozessor aus, d.h. die Register können Zahlen mit 8-bit aufnehmen und abgeben. Geben Sie bei den Verbindungen mögliche Bitbreiten an und beschreiben sie, wozu die Leitung dient.

