

Pinlock: Dokumentation

Mikrocontroller-Seminar

Leonard Kugis, Mattes Melius

21. März 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Idee	2
2	Hardware	2
2.1	Platinenaufbau	2
2.2	Mikrocontroller ATmega16A	3
2.3	Sonstige Komponenten	3
2.3.1	Zahleneingabe	3
2.3.2	Zahlenausgabe	4
2.3.3	Statusanzeige	5
3	Software	6
3.1	Grundprinzip	6
3.2	Routinen	8
3.2.1	wait	8
3.2.2	write_code	8
3.2.3	load_code	8
3.2.4	shift_out	8
3.2.5	shift_in	9
3.2.6	eeeprom_write	9
3.2.7	eeeprom_read	9
3.2.8	status	9
3.2.9	display	9
3.2.10	set_digit	9
3.2.11	get_digit	9
3.2.12	input	10
3.2.13	translate	10
3.2.14	handle	10
4	Bedienung	10

1 Idee

Für unser Mikrocontroller-Projekt haben wir uns für ein vierstelliges Zahlenschloss entschieden. Dieses soll nach Eingabe eines validen Codes in einen "GeöffnetZustand" wechseln und im "GeschlossenZustand" verweilen, wenn der Code inkorrekt war. Zudem soll dem Benutzer die Möglichkeit gegeben werden einen persönlich gewählten Code einzuspeichern und den alten zu Überschreiben.

2 Hardware

2.1 Platinaufbau

Unser Mikrocontroller liegt auf einer 100mmx80mm großen Platine welche über zwei Kupferlagen verfügt. Als Hauptbaustein wird der ATmega16A benutzt. Des weiteren befinden sich auf unserer Platine neben üblichen Grundbausteinen eine Ausgabe- sowie eine externeEingabe-Einheit, als auch Status-LEDs.

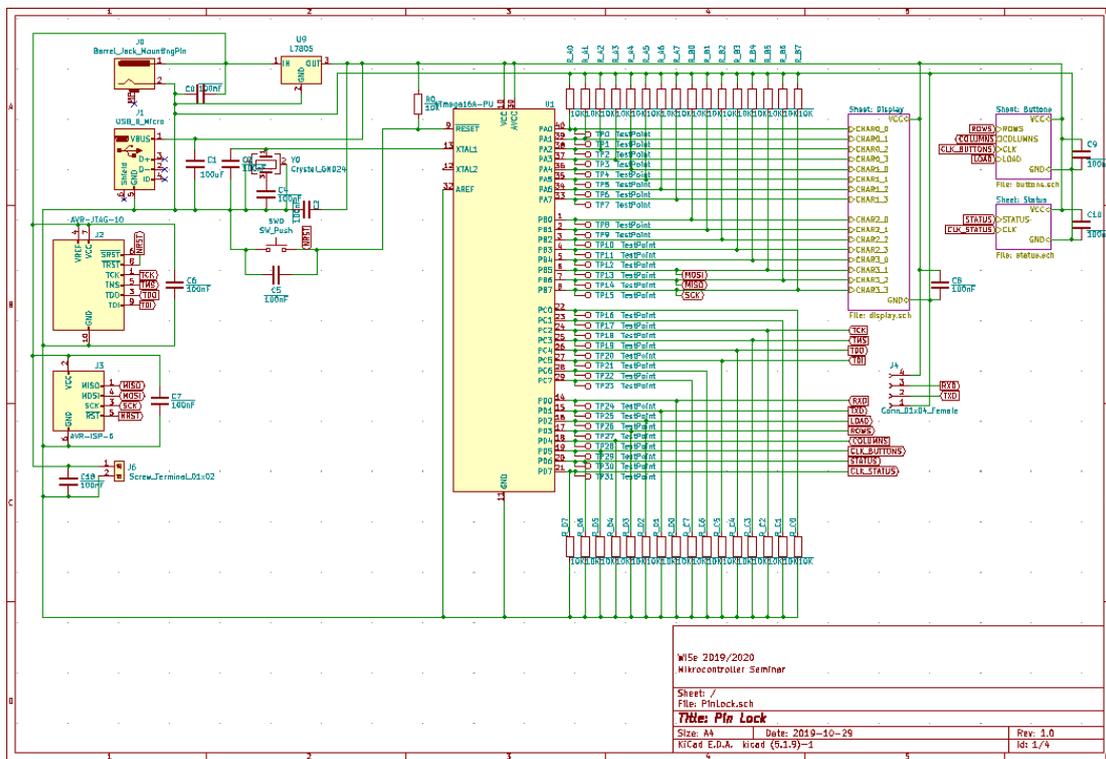


Abbildung 1: Schaltbild Hauptschaltung

2.2 Mikrocontroller ATmega16A

Der ATmega16A ist ein 8-Bit CMOS Controller, welcher bei einer Spannung von 2,7- 5V arbeitet. In unserem Projekt nutzen wir nicht alle Features des Bausteins. Um unsere Schaltung zu realisieren, brauchen wir die GPIO, die eingebaute AVR-CPU und das EEPROM.

Mit der GPIO und der AVR-CPU ist es uns möglich die Inputs aus der Eingabematrix in Sinnvolle werte umzurechnen und in den Registern der CPU einzuspeichern. Diese werden nun auch an die Display-Units weitergegeben, welche diese anzeigen können um dem Benutzer visuell darzustellen, welche Zahlen eingegeben wurden, ob richtige Eingabe erfolgt ist oder ob ein Code invalide war. Auch der Zustand (geöffnet/geschlossen) wird in den Registern des ATmega's gespeichert und auch an die Status-LEDs gesendet.

Im EEPROM wird der valide Code abgespeichert, sodass dieser auch nach einen Neustart zur Verfügung steht und nicht gelöscht wird. So ist es dem Nutzer möglich den Code bis zu 100,000 zu ändern.

2.3 Sonstige Komponenten

2.3.1 Zahleneingabe

Für die Eingabe des Codes benutzen wir eine reguläre Eingabematrix, welche an einem 8-Bit serial-in, parallel-out Schieberegister, dem "74HC164", und einem einfachen Schieberegister, "74LS166". Durch die beiden Bauteile können wir eindeutig die Eingabe auslesen und wird als 8-Bit Zahl an den ATmega16A gesendet.

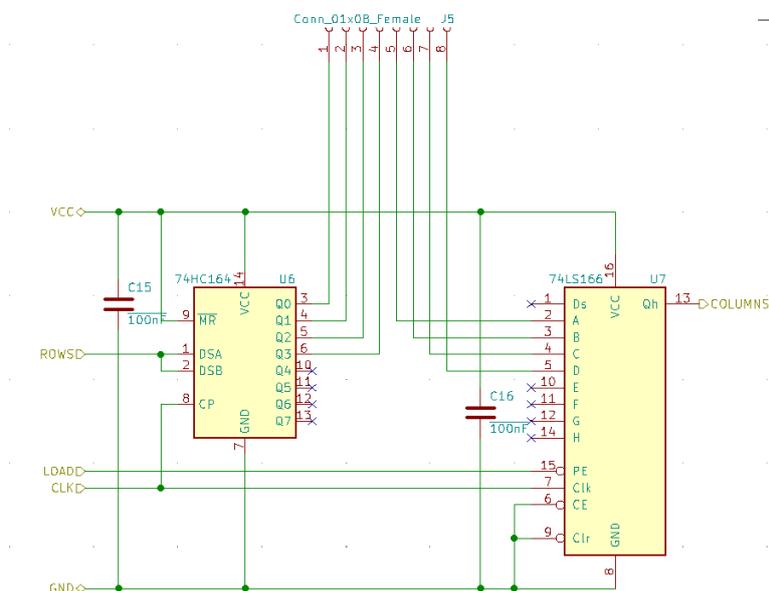


Abbildung 2: Schaltbild Eingabecontroller

2.3.2 Zahlenausgabe

Die Display-Unit besteht bei unserem Projekt aus einer 7-Segment-Display und einen eigenen Displaytreiber-Baustein, welcher vom Controller eine 8-Bit Zahl bekommt und diese direkt als korrekte Zahl im Display anzeigt. Um unseren vierstelligen Code dazu stellen haben wir auch vier dieser Units.

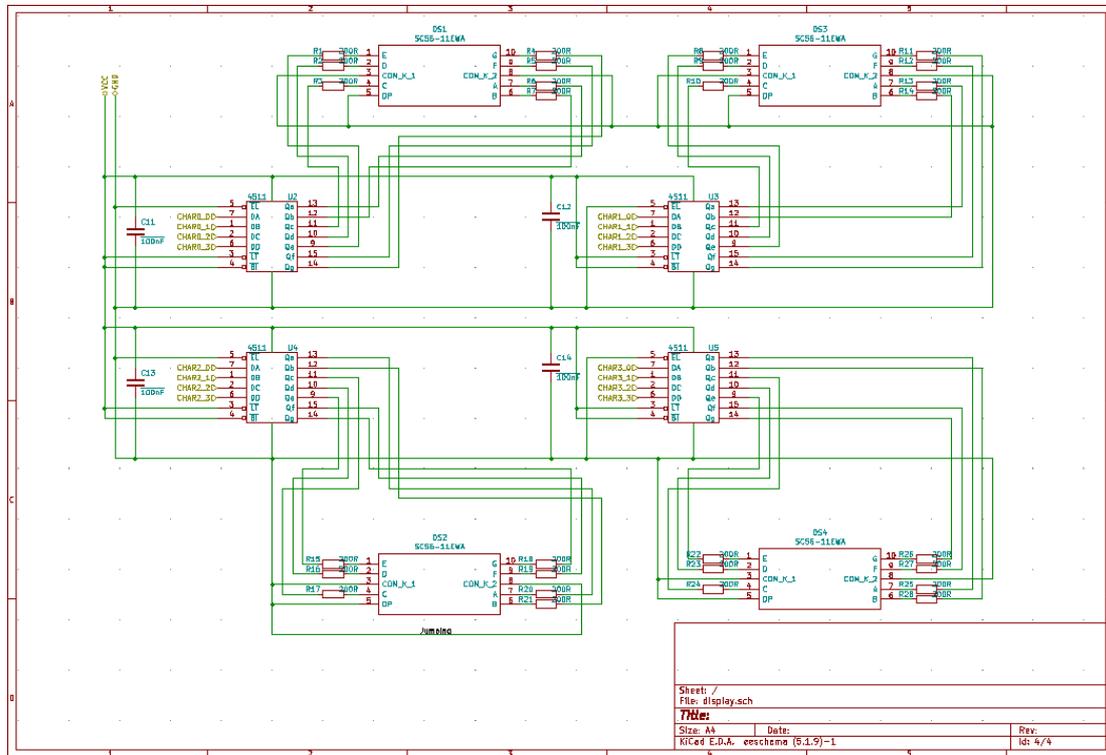


Abbildung 3: Schaltbild Display-Units

2.3.3 Statusanzeige

Um den momentanen Zustand anzuzeigen ist neben den Anzeigevariationen im Display acht LEDs auf der Platine verbaut, vor welchen ein Schieberegister geschaltet ist welches Statusinformationen als eine 8-Bit-Sequenz vom ATmega bekommt. Durch diese Sequenz Leuten in bestimmten Zuständen die zugehörigen LEDs.

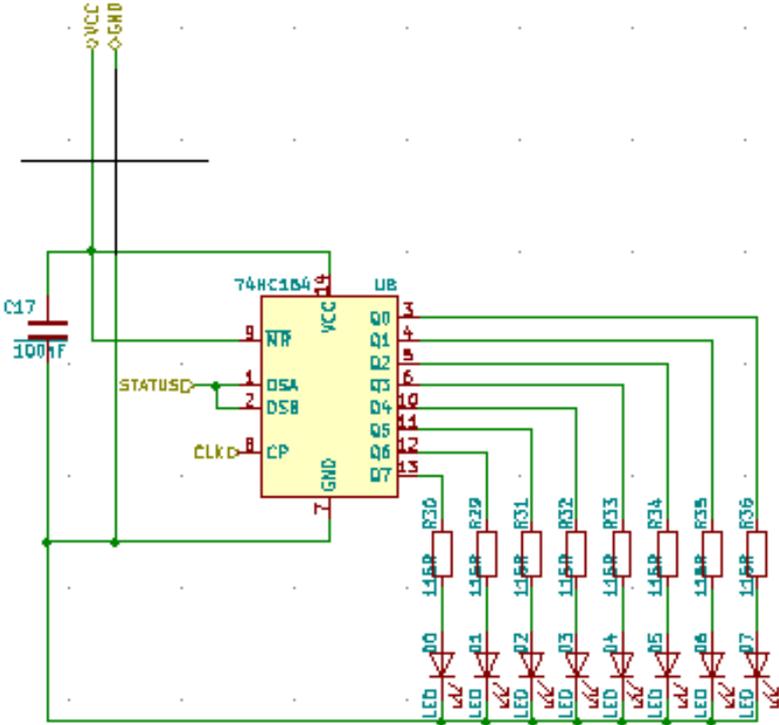


Abbildung 4: Schaltbild Status-LEDs

3 Software

Das Programm wurde in AVR-Assembler geschrieben, mit Assemblerdirektiven für den *Avra*-Assembler. Grundsätzlich wurden für dieses Programm die in Tabelle 1 Register-Neudefinitionen vorgenommen, um den Code lesbarer zu gestalten.

ATmega16A Register	Neu definierte Registerbezeichnung	Funktion
r16	tmp0	Temporäres Pufferregister 0
r17	par0	Parameterregister 0
r18	par1	Parameterregister 1
r19	tmp1	Temporäres Pufferregister 1
r20	tmp2	Temporäres Pufferregister 2
r21	ret0	Rückgaberegister 0
r22	ret1	Rückgaberegister 1
r23	par2	Parameterregister 2
r24	par3	Parameterregister 3
r25	par4	Parameterregister 4
r26	ret2	Rückgaberegister 2
r27	heart	Debug
r28	dig0	Pufferregister für Ziffern 0 und 1
r29	dig1	Pufferregister für Ziffern 2 und 3

Tabelle 1: Neu definierte Registerbezeichnungen für Register des ATmega16A

3.1 Grundprinzip

Nach Zurücksetzen des Mikrocontrollers durchläuft das Programm eine Initialisierungsroutine. Diese beinhaltet im Wesentlichen folgende Schritte:

1. Initialisierung des Stackpointers mit den Grenzen des verfügbaren RAMs
2. Konfiguration der GPIO-Ports
3. Initialisierung der Displays
4. Lesen des Zugangscodes aus dem EEPROM

Anschließend wird eine endlose Hauptschleife durchlaufen, die folgende Aktionen periodisch ausführt:

1. Warte 12240 Zyklen.
2. Lese alle Tasten der Eingabematrix aus.

3. Ermittle Änderungen des neuen Tastenstatus zu dem alten Tastenstatus.
4. Bei positiver Flanke (Taste war vorher nicht gedrückt und ist jetzt gedrückt):
Behandle den Tastendruck bezüglich des aktuellen Zustands (s.u.).
5. Puffere den neuen Tastenstatus.

Die einzelnen Routinen, die dabei aufgerufen werden, werden genauer in Sektion 3.2 erläutert.

Die Behandlung der (neu) gedrückten Taste bezüglich des aktuellen Zustandes erfolgt nach der in Abbildung 5 dargestellten *Finite-State-Machine* (FSM). Die Zustände sind dabei nach folgendem Schema benannt:

A: *Authenticating*, Authentifizierung findet gerade durch Codeeingabe statt

AS: *Authentication Submitted*, Code wurde bestätigt und wird überprüft

AD: *Authenticated*, Benutzer ist authentifiziert und hat Zugriff

C: *Change*, Benutzer ändert den Zugriffscode

Dabei folgt die Notation der Transitionsbedingungen dem Schema

<Taste> / <Wesentliche Aktionen>. Die Tastendarstellungen innerhalb des Programmes unterliegen dabei der Zuordnung in Tabelle 2.

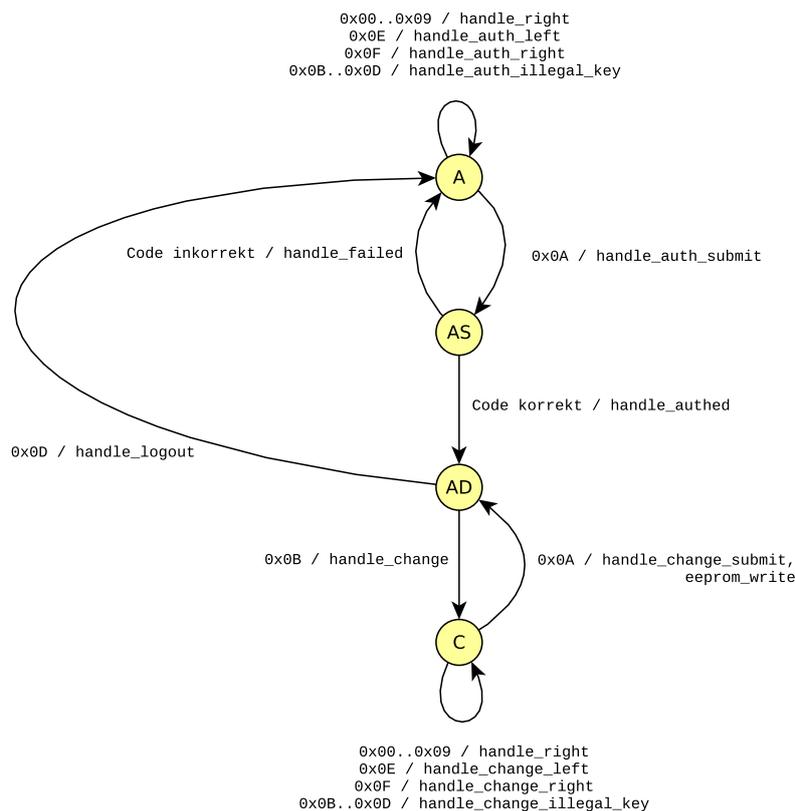


Abbildung 5: FSM der Behandlung von Tastendrücken (schematisch)

Taste extern	Taste intern
0..9	0x00..0x09
A..D	0x0A..0x0D
*	0x0E
#	0x0F

Tabelle 2: Zuordnung von externen zu internen Tastendarstellungen

3.2 Routinen

3.2.1 wait

par0: Wartezyklen Stufe 1,
Parameter: par1: Wartezyklen Stufe 2,
par2: Wartezyklen Stufe 3

Rückgabe: -

Warte über drei verschachtelte Schleifen mit verschiedenen Durchlaufzahlen. Die gesamte, zu wartende Zyklendauer beträgt somit $\Delta t_{\text{ges}} = \text{par0} \cdot \text{par1} \cdot \text{par2}$.

3.2.2 write_code

Parameter: -

Rückgabe: -

Schreibe statisch die Werte 0x01 und 0x23 (entspricht der Zahlenkombination 0123) in das EEPROM an die Adressen 0x00 und 0x01.

3.2.3 load_code

Parameter: -

Rückgabe: ret0: Ziffern 0 und 1,
ret1: Ziffern 2 und 3

Lese die gespeicherte Zahlenkombination aus dem EEPROM (Adressen 0x00 und 0x01) aus.

3.2.4 shift_out

par0: Zu schreibendes Byte,
Parameter: par1..par2: Adresse zur Funktion, um 0 zu schreiben,
par3..par4: Adresse zur Funktion, um 1 zu schreiben

Rückgabe: -

Schreibe ein Byte Bit für Bit durch Funktionsaufrufe, welche das Schreiben des 0- und 1-Bits implementieren. Das können beispielsweise Funktionen sein, die 0 bzw. 1 an ein Schieberegister anlegen.

3.2.5 shift_in

Parameter: par0..par1: Adresse zur Funktion, um einen Clockzyklus zu durchlaufen,
par2..par3: Adresse zur Funktion, das zugehörige Bit zu lesen

Rückgabe: ret0: Gelesenes Byte

Lese ein Byte Bit für Bit aus einem Schieberegister. Das Durchlaufen eines Clockzyklus und Lesen des Bits ist in übergebenen Funktionen implementiert.

3.2.6 eeprom_write

Parameter: par0..par1: Zieladresse,
par2: Zu schreibender Wert

Rückgabe: -

Schreibt ein Byte an die gegebene Adresse in das interne EEPROM.

3.2.7 eeprom_read

Parameter: par0..par1: Adresse

Rückgabe: ret0: Gelesener Wert

Liest ein Byte von der gegebenen Adresse im internen EEPROM.

3.2.8 status

Parameter: par0: Statusbits

Rückgabe: -

Gibt die gegebenen Statusbits über die LEDs aus. Dabei wird das Schieberegister dafür benutzt.

3.2.9 display

Parameter: par0: Displaynummer,
par1: Darzustellende Ziffer

Rückgabe: -

Zeige die gegebene Ziffer auf dem gegebenen Display.

3.2.10 set_digit

Parameter: par0: Ziffernstelle,
par1: Ziffer

Rückgabe: -

Schreibt die Ziffer an die Ziffernstelle des internen Puffers.

3.2.11 get_digit

Parameter: par0: Ziffernstelle

Rückgabe: ret0: Ziffer an der Stelle

Liest die Ziffer der gegebenen Stelle von dem internen Puffer.

3.2.12 input

Parameter: -

Rückgabe: **ret0**: Tastenstatus mit Belegung: 0852*741,
ret1: Tastenstatus mit Belegung: DCBA#963

Liest den Tastenstatus aller Tasten aus. Ein 1-Bit entspricht einer gedrückten, ein 0-Bit einer nicht gedrückten Taste. Das Auslesen der Tasten der Eingabematrix erfolgt über die Schieberegister: eines (Serial-In-Parallel-Out) zur Selektion der auszulesenden Zeile und eines (Parallel-In-Serial-Out) zum eigentlichen Auslesen selbiger. Dies wird innerhalb der Ausleseroutine mit jeder Zeile gemacht, um gedrückte Tasten zu identifizieren.

3.2.13 translate

Parameter: **par0**: Tastenstatus Bits 7..0,
par1: Tastenstatus Bits 15..8

Rückgabe: **ret0**: Übersetzter Tastencode

Übersetzt den Tastenstatus in die entsprechende, interne Tastendarstellung. Dabei wird nach der Zuordnung aus Tabelle 2 vorgegangen.

3.2.14 handle

Parameter: **par0**: Aktueller Zustand,
par1: Tastencode

Rückgabe: **ret0**: Neuer Zustand

Behandle den Tastencode unter dem aktuellen Zustand. Das Zustandsfeld hat folgende Belegung (ein Zeichen entspricht einem Bit):

CSSSSDD

0: Reserviert

C: Pufferbit für Blinken der ausgewählten Stelle

S: Zustandsinformationen

D: Aktuell ausgewähltes Display

Die Behandlung erfolgt nach dem in Abbildung 5 dargestellten Schema.

4 Bedienung

Nach Zurücksetzen des Systems ist man in der Authentifizierungsphase. In dieser ist die richtige Ziffernkombination einzugeben, welcher vorher gespeichert wurde. Der Standardcode ist 0123. Es stehen dabei folgende Optionen zur Auswahl:

0..9: Ziffer eingeben

A: Eingabe bestätigen

*: Zeigerposition nach links schieben

#: Zeigerposition nach rechts schieben

Wurde die falsche Ziffernkombination eingegeben und bestätigt, erlöschen alle Displays für wenige Sekunden und es ist eine erneute Eingabe möglich.

Wurde die richtige Ziffernkombination eingegeben und bestätigt, wird dies mit setzen aller Displays auf 0 und erlischen des Zeigers angezeigt. Man ist nun authentifiziert, was einem Zugriff auf das System darstellt. In diesem Zustand stehen folgende Funktionen zur Auswahl:

B: Ändern des Zugangscodes

D: Ausloggen

Der Zugangscode lässt sich nach Drücken von B mit der selben Steuerung wie bei der Zifferneingabe in der Authentifizierungsphase ändern, wobei A dem Bestätigen der Änderung entspricht. Dabei wird der Zugangscode in den persistenten Speicher geschrieben und in zukünftigen Authentifizierungsphasen abgefragt.

Durch Ausloggen wird der authentifizierte Zustand verlassen und man ist wieder in der Authentifizierungsphase.