Verbesserung der Hardware- und Software unseres Codeschlosses (Teil 4)

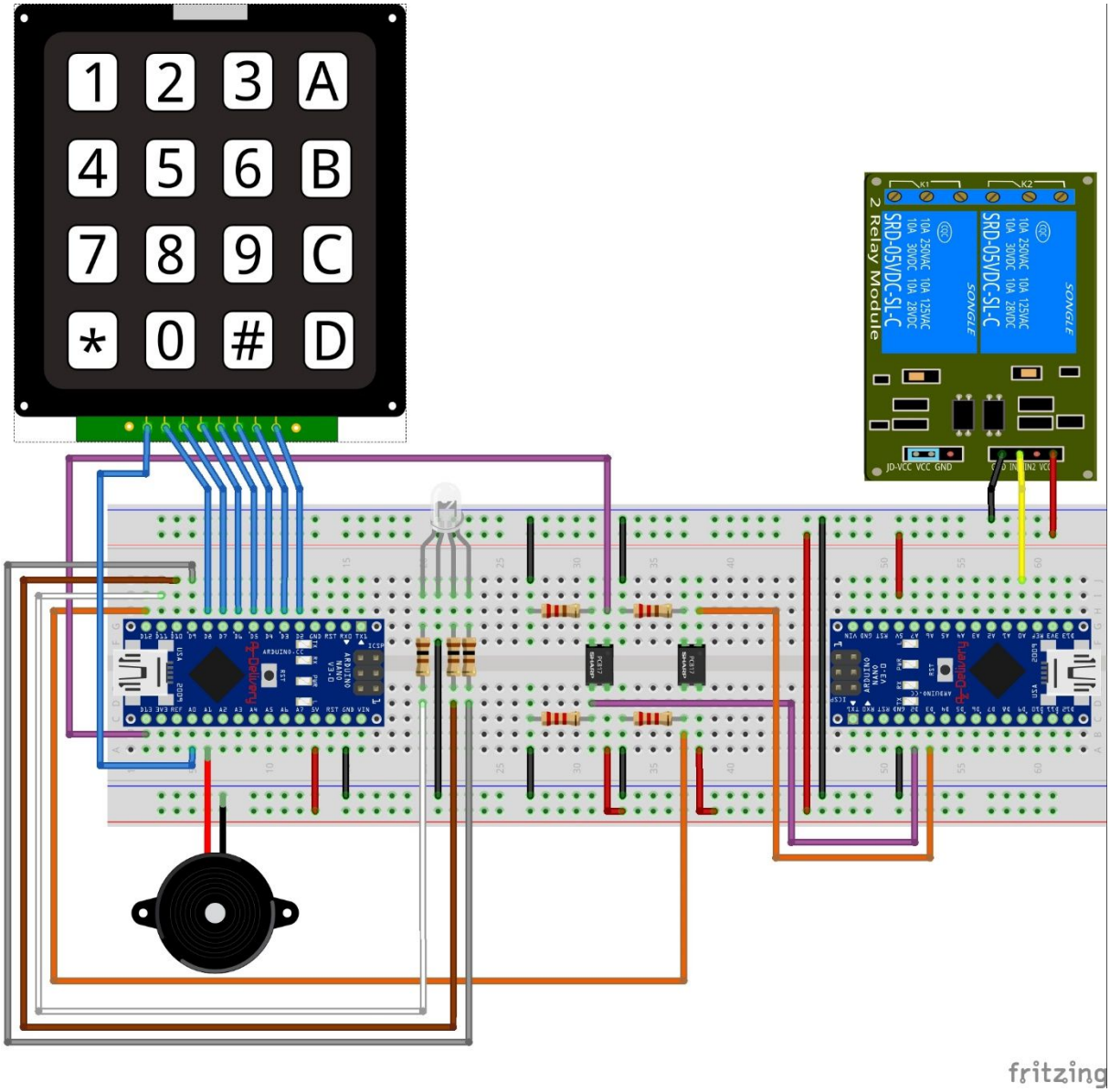
Willkommen zum vierten Teil der Codeschloss Reihe. Im heutigen teil verbessern wir die Sicherheit unseres Codeschlosses erneut und beseitigen u.a. die in dem letzten Teil der Reihe angesprochene Schwachstelle. Zunächst jedoch verbessern wir die Hardware um eine galvanische Trennung der seriellen Schnittstelle zwischen Eingabe und Auswerteteil auf bis zu 5KV unseres Codes Schlosses.

Eine galvanische Trennung zwischen zwei Stromkreisen, oder auch zwischen zwei Microcontrollern erreicht man typischerweise mithilfe von Optokopplern. Im heutigen Projekt nutzen wir den in weiten Teilen der Microelektronik verbreiteten Sharp Optokoppler PC817. Ein Datenblatt des Bauteiles finden Sie auf der Seite: https://www.farnell.com/datasheets/73758.pdf.

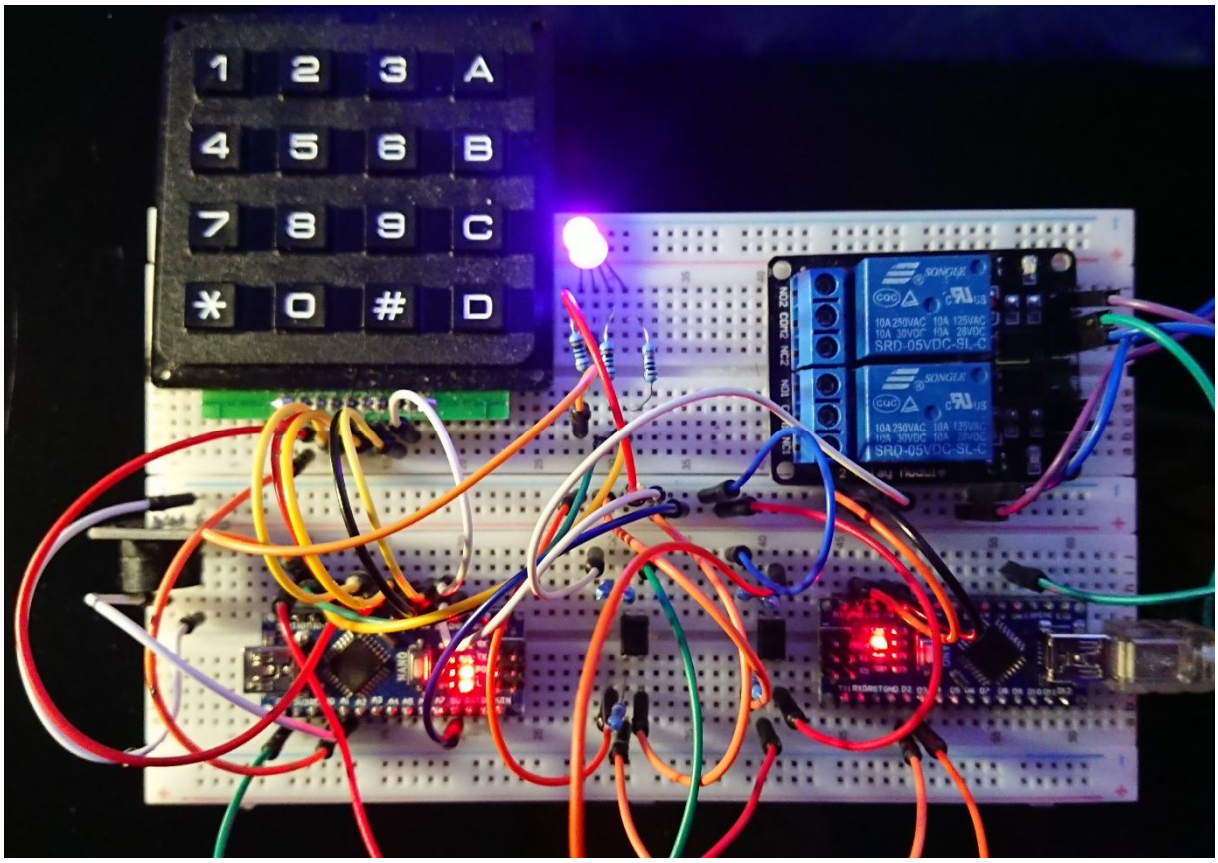
Als Applikation wird auch in diesem Datenblatt die I/O Isolation von Mikrocontrollern angegeben. Jeweils 1 Optokoppler wird mit Wiederständen in den TX und RX Kanal ein geschleift. Softwareseitig lösen wir heute ein weiteres Sicherheitsproblem, nämlich das Auslesen des Seeds per Codedump aus dem Eingabeteil. Wir erinnern uns aus dem letzten Teil: Wir generieren mithilfe des deterministischen Zufallsgenerators und gleichem Seed auf beiden Arduinos die gleiche Reihe an „Zufallszahlen“, die wir zur XOR-Verschlüsselung der Eingabedaten nutzen. Dieser Seed steht aktuell fest im Programmspeicher (ROM) und kann so einfach über In System Programming (ISP) Schnittstelle zusammen mit dem restlichen Code extrahiert werden. Ein Lösungsansatz dabei ist, den Seed weg vom Programmspeicher, hin in den flüchtigen RAM Speicher zu verlagern. Dieser wird gelöscht, sobald die Stromversorgung kurzzeitig gekappt wird oder kann Eventbasiert von unserem Code bei Bedarf gelöscht werden. Ein Angreifer, der also das Eingabeteil ausbaut hat im Moment, indem er die Stromversorgung kappt, keine Möglichkeit mehr den Seed herauszubekommen. Doch wie bekommen wir den Seed beim Starten des Systems in den Speicher des Eingabeteils? Unsere Lösung hierfür ist, dass das Auswerteteil beim gemeinsamen! Start des ganzen Systems den Seed einmalig über die serielle Schnittstelle zum Eingabeteil überträgt und dieser gespeichert wird. Dazu geht das Eingabeteil beim Start in den Initialisierungsmodus (sichtbar am weißen leuchten der LED) und wartet auf die Übertragung des Seeds. Nach gültigem Empfang des vollständigen Seeds geht das System in den Normalmodus (blaues pulsierendes Leuchten der LED). Kommen wir nun aber zum Aufbau der Hardware. Wir brauchen für unser heutiges Projekt folgende Bauteile:

Anzahl	Bezeichnung	Anmerkung
1	Relais Modul	
2	Arduino Nano	
1	4x4 Keypad	
3	Widerstände 120 Ohm	
1	RGB Led	
2	Optokoppler Sharp PC817	
2	Widerstände 220 Ohm	Strombeg. Eing. Optokoppler
2	Widerstände 2,2 KOhm	Strombeg. Ausg. Optokoppler

Wir bauen die Schaltung, ergänzt um die neu hinzugekommenen Optokoppler, wie auf folgender gezeigter Fritzing Zeichnung gezeigt, auf:



Aufgebaut auf meinem Breadboard und in Betrieb sieht die Schaltung dann wie folgt aus:



(Zu sehen: Betrieb mit neuer Firmware dieser Folge nach Falscheingabe eines Codes)

Nachdem wir alles verkabelt haben können wir nun folgenden Code auf Controller A (Eingabeteil) hochladen:

```
// Codeschloss Tobias Kuch 2020 GPL 3.0
#include <Keypad.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#define RGBLED_R 11
#define RGBLED_G 10
#define RGBLED_B 9
#define RGBFadeInterval1  10      // in ms
#define KeybModeTimeInterval1 5000 // in ms
#define PIEZOSUMMER A1
#define CyclesInBlackMax 20

#define RGBOFF 0
#define RGBSHORTBLACK 8
#define RGBRED 1
#define RGBGREEN 2
#define RGBBLUE 3
#define RGBWHITE 4
#define RGBYELLOW 5
#define RGBCYAN 6
#define RGBMAGENTA 7
```

```
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 4;
const byte MaxPinCodeLength = 20;

SoftwareSerial mySerial(12, 13); // RX, TX

char keys[ROWS][COLS] = {
                    {1,2,3,13},
                    {4,5,6,14},
                    {7,8,9,15},
                    {10,11,12,16},
                   };
byte colPins[COLS] = {A0,8,7,6}; //A0,8,7,6;
byte rowPins[ROWS]= {5,4,3,2}; // 5,4,3,2}

byte RGBValue_R = 0;
byte RGBValue_G = 0;
byte RGBValue_B = 0;
byte RGBFadeValue_R = 0;
byte RGBFadeValue_G = 0;
byte RGBFadeValue_B = 0;
bool RGBFadeDir_R = true;
bool RGBFadeDir_G = true;
bool RGBFadeDir_B = true;


byte key = 0;
bool InSync = true;
bool CodeEnterSeqence = false;
bool CodeEnterSeqenceOLD = false;
bool InputBlocked = false;
bool PinEnteredFalseBefore  = false;
bool RGBFadeEnabled = true;

long previousMillis = 0;
long previousMillisKeyBoard = 0;
byte EnCodedKeyStroke = 0;
byte inByte = 0;
int CyclesInBlack = 0;
byte RecInititalKeyLength = 0;
unsigned long InititalKey = 0;


Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);

union foo {
  byte as_array[4];
  long as_long;
} d;


void setup()
```

```
{
 mySerial.begin(9600);
 Serial.begin(9600);
 pinMode(RGBLED_G,OUTPUT); // Ausgang RGB LED Grün
 pinMode(RGBLED_R,OUTPUT); // Ausgang RGB LED Rot
 pinMode(RGBLED_B,OUTPUT); // Ausgang RGB LED Blau
 pinMode(PIEZOSUMMER,OUTPUT); // Ausgang RGB LED Blau
 digitalWrite(PIEZOSUMMER,LOW); // Ausgang RGB LED Blau
 RGBControl(RGBWHITE,false); // NORMAL MODE
 RecInititalKeyLength = 0;
 do
  {
  if (mySerial.available())
    {
    inByte = mySerial.read();
    d.as_array[RecInititalKeyLength]=inByte;   //little Endian
    RecInititalKeyLength++;
    }
  } while (RecInititalKeyLength < 4);
 InititalKey = d.as_long;
 randomSeed(InititalKey);
 RGBControl(RGBBLUE,true); // NORMAL MODE
}

void RGBControl(byte function, bool fadeit)
{
 if (function == RGBOFF)
  {
  RGBValue_R = 0;
  RGBValue_G = 0;
  RGBValue_B = 0;
  RGBFadeValue_R = 0;
  RGBFadeValue_G = 0;
  RGBFadeValue_B = 0;
  RGBFadeDir_R = true;
  RGBFadeDir_G = true;
  RGBFadeDir_B = true;
  }
 if (function == RGBRED)
  {
  RGBValue_R = 255;
  RGBValue_G = 0;
  RGBValue_B = 0;
  RGBFadeValue_R = 255;
  RGBFadeValue_G = 0;
  RGBFadeValue_B = 0;
  RGBFadeDir_R = false;
  RGBFadeDir_G = true;
  RGBFadeDir_B = true;
  }
 if (function == RGBGREEN)
  {
  RGBValue_R = 0;
```

```
 RGBValue_G = 255;
 RGBValue_B = 0;
 RGBFadeValue_R = 0;
 RGBFadeValue_G = 255;
 RGBFadeValue_B = 0;
 RGBFadeDir_R = true;
 RGBFadeDir_G = false;
 RGBFadeDir_B = true;
 }
if (function ==  RGBBLUE)
 {
 RGBValue_R = 0;
 RGBValue_G = 0;
 RGBValue_B = 255;
 RGBFadeValue_R = 0;
 RGBFadeValue_G = 0;
 RGBFadeValue_B = 255;
 RGBFadeDir_R = true;
 RGBFadeDir_G = true;
 RGBFadeDir_B = false;
 }
if (function == RGBWHITE)
 {
 RGBValue_R = 255;
 RGBValue_G = 255;
 RGBValue_B = 255;
 RGBFadeValue_R = 255;
 RGBFadeValue_G = 255;
 RGBFadeValue_B = 255;
 RGBFadeDir_R = false;
 RGBFadeDir_G = false;
 RGBFadeDir_B = false;
 }
if (function == RGBCYAN)
 {
 RGBValue_R = 0;
 RGBValue_G = 255;
 RGBValue_B = 255;
 RGBFadeValue_R = 0;
 RGBFadeValue_G = 255;
 RGBFadeValue_B = 255;
 RGBFadeDir_R = true;
 RGBFadeDir_G = false;
 RGBFadeDir_B = false;
 }
if (function == RGBYELLOW)
 {
 RGBValue_R = 255;
 RGBValue_G = 255;
 RGBValue_B = 0;
 RGBFadeValue_R = 0;
 RGBFadeValue_G = 0;
 RGBFadeValue_B = 0;
```

```
  RGBFadeDir_R = true;
  RGBFadeDir_G = true;
  RGBFadeDir_B = true;
  }
  if (function == RGBMAGENTA)
  {
  RGBValue_R = 255;
  RGBValue_G = 0;
  RGBValue_B = 255;
  RGBFadeValue_R = 255;
  RGBFadeValue_G = 0;
  RGBFadeValue_B = 255;
  RGBFadeDir_R = false;
  RGBFadeDir_G = true;
  RGBFadeDir_B = false;
  }
 if (function == RGBSHORTBLACK)
  {
  analogWrite(RGBLED_R, 0);
  analogWrite(RGBLED_G, 0);
  analogWrite(RGBLED_B, 0);
  }
RGBFadeEnabled = fadeit;
if (!(RGBFadeEnabled))
  {
  analogWrite(RGBLED_R, RGBValue_R);
  analogWrite(RGBLED_G, RGBValue_G);
  analogWrite(RGBLED_B, RGBValue_B);
  }
}


void SerialHandler ()
{

if (mySerial.available())
  {
  inByte = mySerial.read();
  if (inByte == 30) // Eingabe gesperrt Zeitschloss aktiv
    {
    InputBlocked = true;
    RGBControl(RGBRED,true);
    }
  if (inByte == 40) // Eingabe entsperrt Zeitschloss deaktiviert
    {
    RGBControl(RGBMAGENTA,true);
    InputBlocked = false;
    tone(PIEZOSUMMER, 880, 100);
    delay(120);
    }
  if (inByte == 20) // Code Correct
    {
    RGBControl(RGBGREEN,false);
```

```
   tone(PIEZOSUMMER, 1200, 200);
   delay(2000);
   PinEnteredFalseBefore  = false;
   RGBControl(RGBBLUE,true); // NORMAL MODE
   } else
   if (inByte == 21) // Code falsch
     {
     analogWrite(RGBLED_R, 255);
     analogWrite(RGBLED_G, 0);
     analogWrite(RGBLED_B, 0);
     tone(PIEZOSUMMER, 400, 300);
     delay(500);
     RGBControl(RGBRED,true);
     InputBlocked = true;
     PinEnteredFalseBefore  = true;
     }
  if (inByte == 25) // Out of Sync
    {
    RGBControl(RGBYELLOW,true);
    InSync = false;
    InititalKey = 0; // Delete Encryption Key
    }
  if (inByte == 23) //Clear ausgeführt
    {
    inByte = 0;
    }
  if (inByte == 22) // EIngabe azeptiert
    {
    inByte = 0;
    }
  }
}


void TimeMgmnt ()
{
if ((millis() - previousMillisKeyBoard > KeybModeTimeInterval1) & CodeEnterSeqence & InSync) //
Auto Reset KEyboard Input
  {
  previousMillisKeyBoard = millis();
  tone(PIEZOSUMMER, 988, 100);
  delay(110);
  if (PinEnteredFalseBefore)
    {
    RGBControl(RGBMAGENTA,true); // NORMAL MODE - Pin entered false before
    } else
    {
    RGBControl(RGBBLUE,true); // NORMAL MODE
    }
  CodeEnterSeqence = false;
  previousMillisKeyBoard = millis();
  byte randNumber = random(0, 254);
  EnCodedKeyStroke = 10 ^ randNumber;
```

```
  mySerial.write(EnCodedKeyStroke);
  }
if (millis() - previousMillis >  RGBFadeInterval1) //Fadint LEd's
  {
  if (RGBFadeEnabled)
    {
    previousMillis = millis();   // aktuelle Zeit abspeichern
    if (RGBValue_B > 0)
      {
      if (RGBFadeDir_B)
        {
        RGBFadeValue_B++;
        if ( RGBFadeValue_B >=  RGBValue_B) {RGBFadeDir_B = false; }
        } else
        {
        RGBFadeValue_B--;
        if ( RGBFadeValue_B < 1) {RGBFadeDir_B = true; }
        }
      } else { RGBFadeValue_B = 0; }
    if (RGBValue_R > 0)
      {
        if (RGBFadeDir_R)
        {
        RGBFadeValue_R++;
        if ( RGBFadeValue_R >=  RGBValue_R) {RGBFadeDir_R = false; }
        } else
        {
        RGBFadeValue_R--;
        if ( RGBFadeValue_R < 1) {RGBFadeDir_R = true; }
        }
      } else { RGBFadeValue_R = 0; }
    if (RGBValue_G > 0)
      {
      if (RGBFadeDir_G)
      {
      RGBFadeValue_G++;
      if ( RGBFadeValue_G >=  RGBValue_G) {RGBFadeDir_G = false; }
      } else
      {
      RGBFadeValue_G--;
      if ( RGBFadeValue_G < 1) {RGBFadeDir_G = true; }
      }
      } else { RGBFadeValue_G = 0; }
    analogWrite(RGBLED_R, RGBFadeValue_R);
    analogWrite(RGBLED_G, RGBFadeValue_G);
    analogWrite(RGBLED_B, RGBFadeValue_B);
    }
  }
}

void KeyboardHandler(bool NotEnabled)
{
key = keypad.getKey();
```

```
if((key)) // Key Entered
 {
 if (!NotEnabled)
  {
  byte randNumber = random(0, 254);
  EnCodedKeyStroke = key ^ randNumber;
  mySerial.write(EnCodedKeyStroke);
  if((key == 10) | (key == 12))
   {
    RGBControl(RGBSHORTBLACK,true);
    tone(PIEZOSUMMER, 988, 100);
    delay(120);
    CodeEnterSeqence = false;
    if(key == 10)
     {
     if (PinEnteredFalseBefore)
      {
      RGBControl(RGBMAGENTA,true); // NORMAL MODE - Pin entered false before
      } else
      {
      RGBControl(RGBBLUE,true); // NORMAL MODE
      }
     }
   } else
   {
    RGBControl(RGBSHORTBLACK,true);
    tone(PIEZOSUMMER, 880, 100);
    delay(120);
    CodeEnterSeqence = true;
    RGBControl(RGBCYAN,true);
    previousMillisKeyBoard = millis();
   }
  }
 }
}


void loop()
{
if (InSync)
 {
 KeyboardHandler(InputBlocked);
 }
TimeMgmnt ();
SerialHandler ();
}
```

Nun kann der nun folgenden Code auf Controller B (Auswerteeinheit) hochladen werden:

```
#include <SoftwareSerial.h>

#define RELAIS_A A0
#define RELAIS_B A1
```

```
#define Interval1 1000
#define MAXDelayStages 7

const byte MaxPinCodeLength = 20;
const byte DelayInterationsInSec[MAXDelayStages] = {1,5,10,20,30,45,60};

//const byte DelayInterationsInSec[MAXDelayStages] = {1,1,1,1,1,1,1};

SoftwareSerial mySerial(2, 3); // RX, TX


byte KeyPadBuffer[MaxPinCodeLength];
byte PinCode[MaxPinCodeLength] = {1,2,3,13}; // Standard Pincode: 123A  - Bitte Ändern gemäß
Beschreibung -
byte BufferCount = 0;
byte a;
bool InSync = true;
bool AcceptCode =false;
byte ErrorCounter = 0;
long previousMillis = 0;
byte InputDelay = 0;
byte RecInititalKeyLength = 0;

unsigned long CommuncationKey = 902841;

union foo {
  byte as_array[4];
  long as_long;
} convert;

void setup()
{
 Serial.begin(9600);
 mySerial.begin(9600);
 pinMode(RELAIS_A,OUTPUT); //Relais Output
 digitalWrite(RELAIS_A,HIGH); //LOW Aktiv
 BufferCount = 0;
 for (a = 0; a <= MaxPinCodeLength -1 ; a++)
  {
  KeyPadBuffer[a] = 0;
  }
 convert.as_long = CommuncationKey;
 RecInititalKeyLength = 0;
 delay(5000);
 do
  {
  mySerial.write(convert.as_array[RecInititalKeyLength]);   //little Endian
  RecInititalKeyLength++;
  } while (RecInititalKeyLength < 4);
 randomSeed(CommuncationKey);
}
```

```
void loop()
{
if (mySerial.available())
 {
  byte randNumber = random(0, 254);
  byte key = mySerial.read();
  byte DeCodedKeyStroke = key ^ randNumber;
  if ((DeCodedKeyStroke < 18) & InSync)
   {
    if(DeCodedKeyStroke == 10)   // Clear Keypad Buffer  Key: *
     {
      for (a = 0; a <= MaxPinCodeLength -1; a++)
       {
       KeyPadBuffer[a] = 0;
       }
      Serial.print("Clear ");
      Serial.println(BufferCount);
      mySerial.write(23);
      BufferCount = 0;
     } else
    if(DeCodedKeyStroke ==12)   // Enter Keypad Buffer  Key: #
     {
     if (InputDelay == 0)
      {
      Serial.println("Auswertung gestertet");
      Serial.println(BufferCount);
      AcceptCode = true;
      for (a = 0; a <= MaxPinCodeLength -1 ; a++)
        {
        if (!(PinCode[a] == KeyPadBuffer[a])) {AcceptCode = false; }
        Serial.print(PinCode[a]);
        Serial.print(";");
        Serial.print(KeyPadBuffer[a]);
        Serial.println(" ");
        }
      Serial.println("END");
      if (AcceptCode)
        {
        mySerial.write(20);
        digitalWrite(RELAIS_A,(!digitalRead(RELAIS_A)));
        ErrorCounter = 0;
        InputDelay = 0;
        AcceptCode = false;
        } else
        {
        mySerial.write(21);
        if ( ErrorCounter < MAXDelayStages - 1) { ErrorCounter++; }
        InputDelay = DelayInterationsInSec [ErrorCounter];
        }
      for (a = 0; a <= MaxPinCodeLength -1; a++) { KeyPadBuffer[a] = 0; }
      Serial.println("Clear all Memory");
      BufferCount = 0;
      } else
```

```
      {
       Serial.println("Delay Mode Active");
       mySerial.write(30);  // Delay Mode
       for (a = 0; a <= MaxPinCodeLength -1 ; a++) { KeyPadBuffer[a] = 0; }
       BufferCount = 0;
      }

     } else
     {
      KeyPadBuffer[BufferCount] = DeCodedKeyStroke;
      if (BufferCount < MaxPinCodeLength ) { BufferCount++; }
      if (InputDelay == 0) { mySerial.write(22); } else  { mySerial.write(30); }
     }
     } else
     {
       //Out of Sync
       Serial.print("Out of sync Data: ");
       Serial.println(DeCodedKeyStroke);
       mySerial.write(25);
       if ( ErrorCounter < MAXDelayStages - 1) { ErrorCounter++; }
       InSync = false;
     }
  }

if (millis() - previousMillis > Interval1)
{
  // Auto Reset KEyboard Input
 ;
   previousMillis = millis();
   if (InputDelay > 0)
    {
      if (InputDelay == 1)
      {
      Serial.println ("release");
      mySerial.write(40);  // Delay Mode End
      }
     InputDelay = InputDelay - 1;
    }
  }
}
```

Nun können wir durch die Eingabe des Codes 123A das Relais ein und ausschalten. Der Pincode zum schalten des Relais kann, wie auch in den vorherigen Teilen in der Zeile:

```
byte PinCode[MaxPinCodeLength] = {1,2,3,13}; // Standard Pincode: 123A
```

Im Code von Controller 2 (Logik- und Steuerungsteil) geändert werden. Im nächsten Teil werden wir eine komfortable Konfigurationsmöglichkeit für unsere Codeschloss hinzufügen.

Bis dahin wünsche ich viel Spaß beim Nachbauen!