

Abbildung 34: Taster-Signal Abtastung

Ein Tastendruck ist sehr subjektiv, also vom Benutzer abhängig. Im Durchschnitt dauert ein normaler Tastendruck zwischen 100 ms und 300 ms, kann aber je nach Situation von diesem Durchschnitt abweichen. Das Modul muss sicherstellen, dass auch bei einer Prellzeit von mehreren Millisekunden ein Tastendruck registriert werden kann. Dies ist in diesem Fall bis zu einer Prellzeit ≤ 10 ms und einer Mindest-Druck-Dauer von 10 ms sichergestellt.

5.12.3 Modul Test

Das Modul Button kann folgendermaßen getestet werden:

- Die Taste wird gedrückt und es wird anhand der internen Modul-Variablen überprüft ob die Registrierung des Drucks stattgefunden hat.
- Die Taste wird über eine Dauer von 2 Sekunden gedrückt und es wird geprüft ob die automatische „Druck-Puls-Generierung“ im 500 ms Takt funktioniert. Es müssten innerhalb dieser Zeit also 3 bis 4 Druck-Impulse (2000 ms / 500 ms), je nach Position der Start-Flanke, erzeugt werden.

5.13 Modul Inkrementalgeber

5.13.1 Beschreibung

Das Modul Inkrementalgeber oder Encoder, ist für die Analyse und Auswertung der Signale, aus der Benutzerschnittstelle: Drehgeber, verantwortlich. Wie in Abbildung 35 dargestellt, erzeugt ein Drehgeber 2 Signalspuren (A und B), diese sind zueinander 90 Grad Phasen versetzt. Dies erzeugt bei einer Abtastung mit 4-facher Signal-Frequenz einen Gray-

Code¹⁷. Das ermöglicht die asynchrone Abtastung, ohne mehr als einen Schritt vom wahren Ergebnis entfernt zu sein, weil maximal ein Bit falsch erfasst wird (weitere Informationen zu diesem Thema unter: [Mik08]).

Das Signal wird mit einer Frequenz von 1 k Hz abgetastet. Angenommen der Inkrementalgeber besitzt 24 Rasterungen pro 360° (15° / Rasterung) so kann dieser nach folgender Formel mit X Grad pro Sekunde gedreht werden damit eine korrekte Abtastung noch gewährleistet wird:

$$X_{Grad/Sec} = 15Grad * 1000 \frac{1}{s} / 4 = 3750 \frac{Grad}{s}$$

Nach dieser Formel kann der Inkrementalgeber mit einer maximalen Geschwindigkeit von 3750 Grad/Sekunde gedreht werden. Dies entspricht mehr als 10 Umdrehungen pro Sekunde.

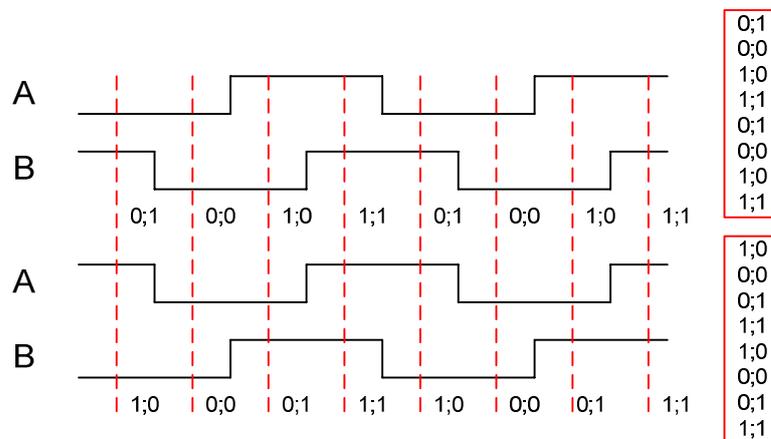


Abbildung 35: Signal-Spuren eines Drehgebers

Die Auswertung der Drehgeber Signalspuren erfolgt *nicht* über Flankenerkennung von A und Pegelauswertung von B, da dies einige Nachteile mit sich bringt:

- Die Auflösung wird auf ein Viertel reduziert, weil nur jede steigende Flanke von A ausgewertet wird.

¹⁷ Der Gray-Code (nach dem Physiker Frank Gray) ist eine symmetrische Art einen Code zu generieren, bei dem sich benachbarte Zahlen nur in einer einzigen dualen Ziffer unterscheiden.

- Pendelt der Encoder zwischen zwei Codes, bei denen A seinen Pegel wechselt, kommt es zu (sehr) vielen Interrupts, die den Mikrocontroller vollkommen auslasten können.
- Andererseits kann es bei einem solchen Pendeln passieren, dass die Auswertung jede steigende Flanke als neuen Schritt interpretiert. Der Encoder scheint sich für die Auswertung immer weiter zu drehen, obwohl er nur pendelt.

5.13.2 Modul-Schnittstellen

Funktionsprototypen aus dem Modul Encoder.h:

```
extern void          ENCODER_Init          ();
extern void          ENCODER_Sample       ();
extern u8           ENCODER_GetDirection  ();
```

Die Sample-Funktion ist für die Abtastung und Analyse der Drehgeber-Spuren verantwortlich. Die Auswertung der Spuren erfolgt mittels einer 4x4 Byte großen Look-Up-Table¹⁸. Zunächst werden die eingelesenen Spuren in einen Wert codiert. Dieser neu codierte Wert und der zuletzt codierte Wert, dienen dazu aus der Look-Up-Table den aktuellen Dreh-Status zu erhalten.

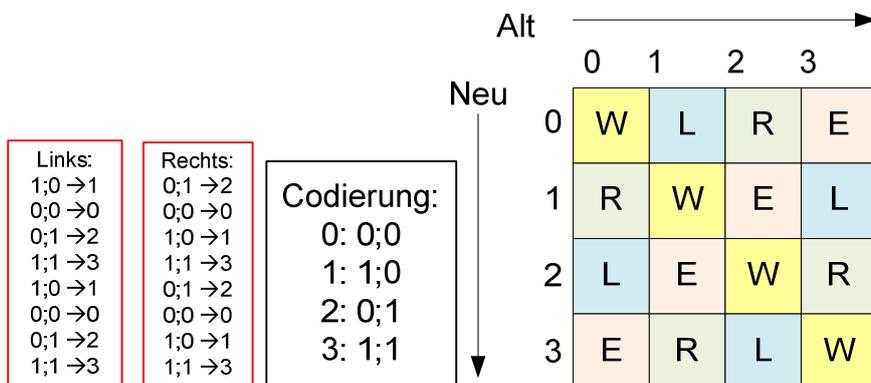


Abbildung 36: Drehgeber-Spuren Look-Up-Table

In Abbildung 36 ist die Look-Up-Table und die Umcodierung dargestellt. Das Analyse-Modul arbeitet nun so, dass z.B. vier „Links-Indikatoren“ (L) registriert werden müssen bis das Modul einen Links-Impuls erzeugt. Wird der Drehgeber nun langsam gedreht, werden

¹⁸ In der Informatik und in der Digitaltechnik ist eine Look-Up-Table (LUT) ein auf einer Tabelle beruhendes Berechnungsverfahren. Es wird meist als Alternative zu einem langsameren Verfahren benutzt.

die Drehgeber-Spuren (Pulse) dementsprechend verlängert. Damit werden oft nacheinander die gleichen Werte abgetastet. Dieser Fall ist in der Look-Up-Table auch berücksichtigt, dies ist der so genannte „Wiederholdungs-Indikator“ (W), dieser darf beliebig oft zwischen L oder R Indikatoren auftauchen ohne den Registrierung-Prozess zu stören

Wird nun während einer „L-Phase“ (Detektierung eines Links-Pulses) die Drehrichtung gewechselt, entsteht eine unzulässige Code-Folge. Dies ist als der Fehler-Fall (E – Error) in der Look-Up-Tabelle berücksichtigt. Tritt ein E-Indikator auf, werden die bisher gesammelten L oder R Indikatoren zurück gesetzt und einer neuer Zyklus wird begonnen.

Die Get-Funktion liefert, falls ein L oder R Impuls registriert wurde, eine Dreh-Richtung zurück. Nach dem Auslesen wird der Status wieder zurück gesetzt.

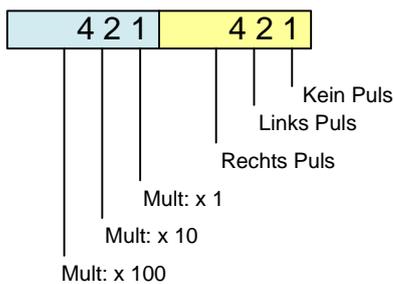


Abbildung 37: Rückgabewert des Encoder-Moduls

Wie in Abbildung 37 dargestellt ist, besteht der 8-Bit Rückgabewert zum einen aus dem Drehrichtungs-Teil und aus einem Multiplikator-Teil. Das Analyse-Modul zählt die vollständig erkannten Dreh-Pulse innerhalb einer Zeitspanne von 100 ms. Anhand der Anzahl der Pulse wird ein Multiplikator-Wert gesetzt. Dies hat den Sinn, dass bei einer schnellen Drehung der zu verändernde Wert um den Faktor 10 oder sogar 100 erhöht werden kann. Die Multiplikator-Schwellen wurden so gewählt, dass bei „normaler“ Drehgeschwindigkeit nur eine Veränderung um den Faktor 1 erfolgt. Nur bei erhöhter Geschwindigkeit, also bei einer gewollten Multiplizierung des aktuellen Wertes, wird der Multiplikationsfaktor ergänzt. Abgesehen davon ist es dem auswertenden Modul überlassen ob dieses den Multiplikationsfaktor auswertet oder nicht. So kann unter Umständen eine solche Angabe für das Modul gar nicht interessant sein, z.B. im Falle der Menü-Steuerung.

5.13.3 Modul Test

Das Modul Encoder kann folgendermaßen getestet werden:

- Der Drehgeber wird um einen Puls nach rechts gedreht und es wird anhand der Modul-Variablen verifiziert ob die Registrierung korrekt statt gefunden hat.
- Der Drehgeber wird sehr langsam gedreht um zu verifizieren ob das Analyse-Modul immer noch korrekt arbeitet.
- Der Drehgeber wird sehr schnell gedreht um zu verifizieren ob die Abtastung noch korrekt erfolgt und ob die Multiplikations-Faktoren richtig gesetzt werden.

5.14 Modul Display

5.14.1 Beschreibung

Das Modul Display ist für die Initialisierung und Steuerung des externen LCD-Display Moduls verantwortlich. Das Display kommuniziert über den SPI-Bus mit dem Mikrocontroller.

Das Display besitzt zwei Zeilen mit je 16 Zeichen. Ein solches Zeichen besteht aus 8x5 Pixeln. In Abbildung 38 ist die Display-Controller Anbindung an den Mikrocontroller dargestellt. Der Display-Controller wird über die Leitungen: RS (Register-Select) und die 3 SPI Leitungen (CS – Chip Select, SCLK – Serial Clock und MOSI –Master-Out-Slave-In) gesteuert.

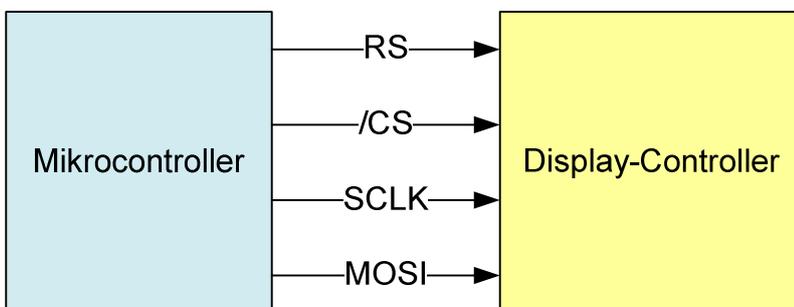


Abbildung 38: Display-Anbindung