# NeoPixel (UART + DMA)

Donnerstag, 27. November 2025 14:31

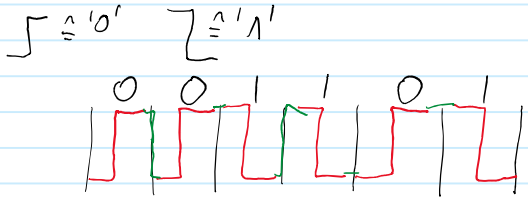
## Serielle Bussysteme

### Allgemeine Fakten

Die Kommunikation zwischen zwei Systemen bedingt, dass diese ein identisches Verständnis von der Zeit haben, so dass der Sender mit einem vorgegebenen Intervall Daten ausgeben/senden und der Empfänger dieses mit dem identischen Intervall abtasten/empfangen kann.
Zur Darstellung gibt es zwei möglich Verfahren:

### Synchrone Datenübertragung:

Parallel zum Datensignal gibt es ein Taktsignal, welches dem Sender und Empfänger mitteilt, wann Daten auf den Datenbus zu schreiben/zu lesen sind. Dieses Taktsignal kann gleichermaßen als eigenständige Leitung aber auch im Datensignal kodiert sein (Leitungscodes).
Beispiel Manchesterkodierung (Ethernet 100MBit)
Bei der Manchesterkodierung entspricht eine Null-Eins Folge einer logisch 0 und eine Eins-Null Folge einer logischen 1




Asynchrone Datenübertragung:

Hier gibt es kein separates Taktsignal, stattdessen senden/empfangen die Teilnehmer mit ihrer eigenen 'Uhr' und nutzen den Fakt aus, dass für kleine Zeitabschnitte der Gangunterschied tolerierbar ist.
Zur Synchronisation der Uhren wird ein Startsignal ausgesendet (bei UART die fallende Flanke des Startbits), zu welchen beide Teilnehmer ihre Uhr auf 0 setzen. Die max. Paketlänge ergibt sich aus der tolerierbaren Taktabweichung.
Sender und Empfängen müssen 'händisch' auf die identische Taktrate eingestellt werden. Da die Prozessorfrequenz und die Baudrate nicht ganzzahlige Vielfache sind, sind allein deswegen Taktabweichungen vorhanden, so dass die Datenlänge zumeist sehr kurz ist.

### UART Universal Asynchron Receiver/Transmitter

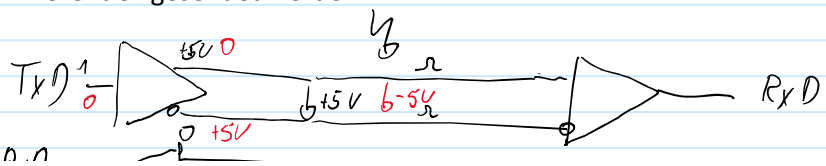
In Verbindung mit UART sind div. weitere Begriffe verbunden

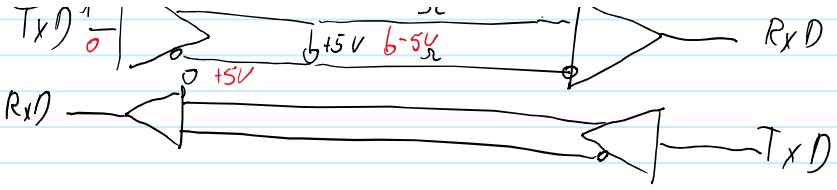
RS232

Chip für USB zu UART Konvertierung --> Das wäre der FT232 Baustein von FTDI, der hierzu gerne genutzt wird und im Namen den Begriff 232 trägt. Dieser beinhaltet einen USB nach UART Konverter, der Ausgabepegel ist jedoch TTL
RS Recommend Standard 232
Definiert Stecker DB9/DB25
Basiert auf UART Datenübertragung
Definiert die Datenübertragung über Spannungen
'0' -> +3V...+15V
'1' -> -3V...-15V

RS422

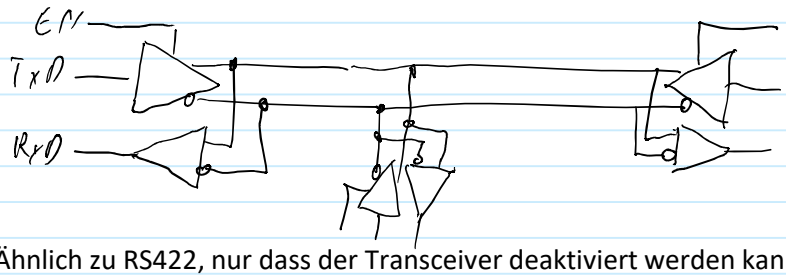
Basiert auf UART Datenübertragung
Die Sende und Empfangsleitung ist eine zweiadrige Datenleitung, auf welcher die Daten Differentiell gesendet werden






Ähnlich zu RS232, nur dass anstatt der unipolaren Spannung nun eine Differentielle Spannung übertragen wird.
Identisch zu RS232 ist eine Adressierung der Teilnehmer nicht notwendig (Punkt zu Punkt Übertragung)

RS485

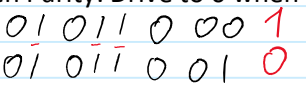



Ähnlich zu RS422, nur dass der Transceiver deaktiviert werden kann
und somit mehrere Teilnehmer angeschlossen werden können.
HalbDuplex Übertragung!
--> Im NXT Baustein vorhanden an SensorPort 4 , bei welcher der Treiber mit PA7 aktiviert/deaktiviert wird

UART

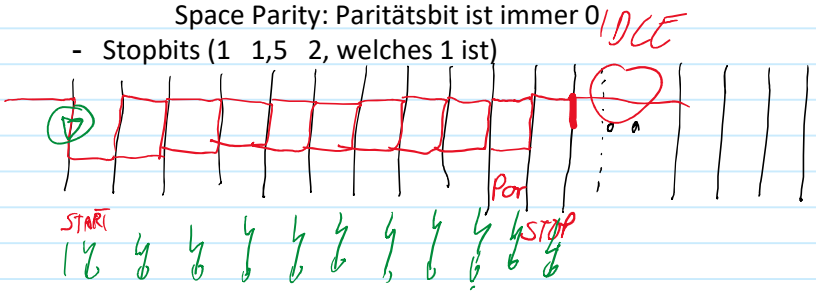
gemeinsame Baudrate (Taktrate)
1200, 2400, 4800, 9600 Baud, 115200Baud
Rahmenformat

- Startbit (fest 1 Bit, welches 0 ist)
- Datenbits (5,6,7,8,9) Datenbits
- Parity (Optional, Prüfsumme, so dass der Empfänge prüfen könnte, ob die Datenbits korrekt übertragen wurden)
  - □ Not Parity
  - □ Even Parity: Drive to 0 when the number of 1 in data ist even



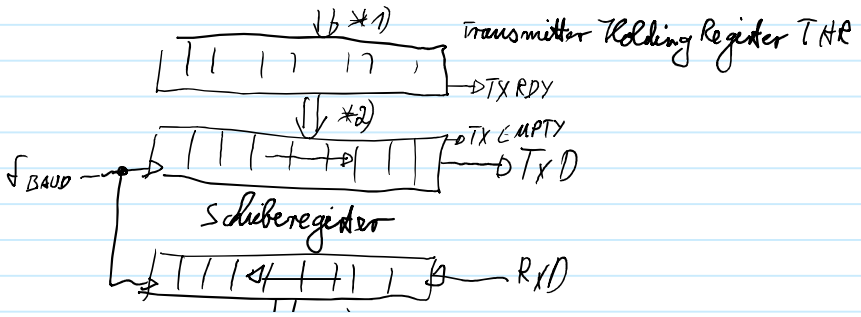

Odd Parity: Gegenteil zu Even
Mark Parity: Paritätsbit ist immer 1
Space Parity: Paritätsbit ist immer 0

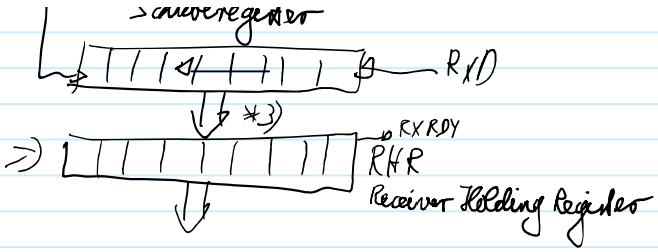
- Stopbits (1 1,5 2, welches 1 ist)




UART gibt nur dieses Rahmenformat vor. Welche Bedeutung die übertragenen Bytes hat, hängt vom nächst höheren Protokoll ab.

Der prinzipielle Aufbau einer seriellen Schnittstelle sieht wie folgt aus






*1) In das TransmitterHoldingRegister THR darf nur geschrieben werden, wenn dieses Leer ist (erkennbar an TXRDY), andernfalls würde der alte Wert überschrieben und nicht gesendet werden. Wenn beim Schreiben in das THR Register das Schieberegister ebenfalls leer ist, wird der Inhalt sofort in das Schieberegister übertragen und das THR Register könnte den nachfolgend zu sendenden Wert aufnehmen.
*2) Nach senden des Stopbits prüft das Schieberegister, ob ein neuer Wert im THR steht. Wenn ja, wird dessen Inhalt in das Schieberegister zum Senden übertragen. Wenn nein, wird der Sendeprozess beendet und ein Idle Signal (Pegel = 1) gesendet.
*3) Wenn das Stopbit empfangen wurde und die Prüfsumme (sofern vorhanden) korrekt ist, wird der Inhalt aus dem Schieberegister in das ReceiverHoldingRegister RHR übertragen. Wenn das RHR nicht rechtzeitig gelesen wird, würde mit diesem Schreiben der zuvor empfangene Wert überschrieben/verloren gehen.

**Figure 31-9.** Transmitter Status

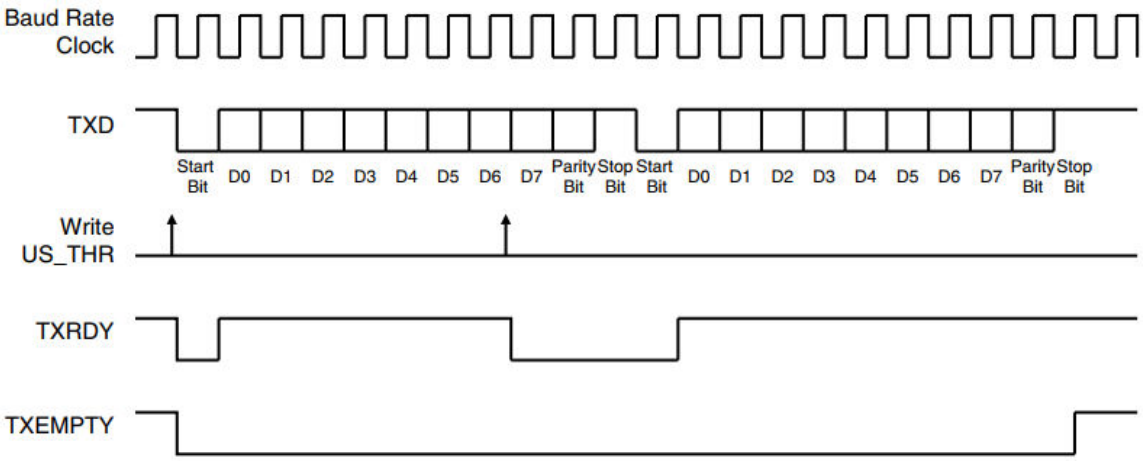
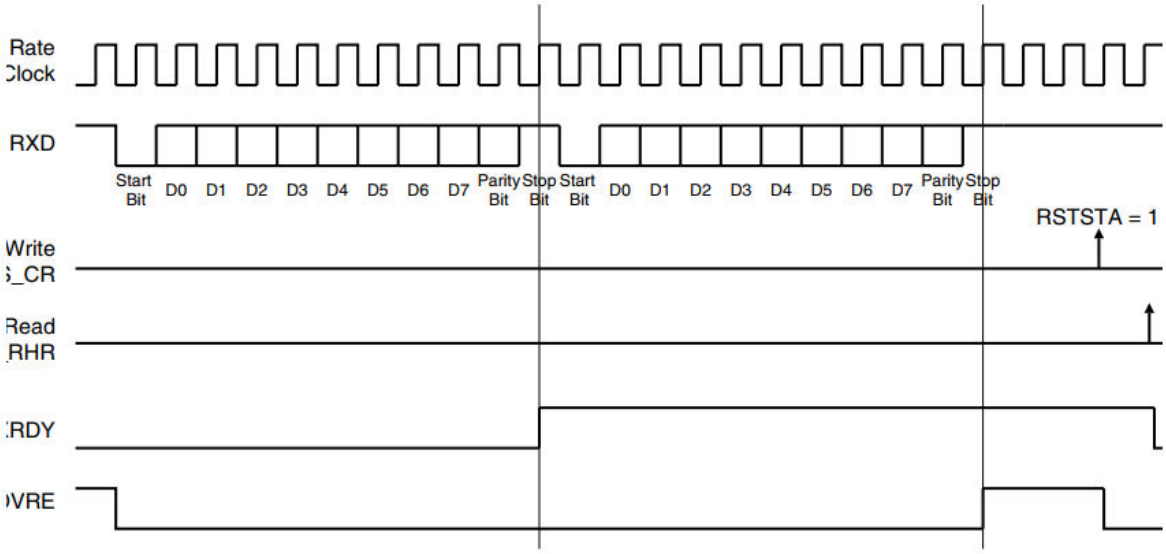
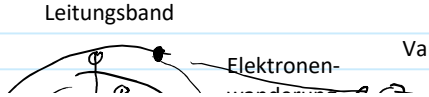



**Figure 31-13.** Receiver Status

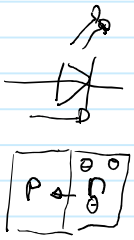


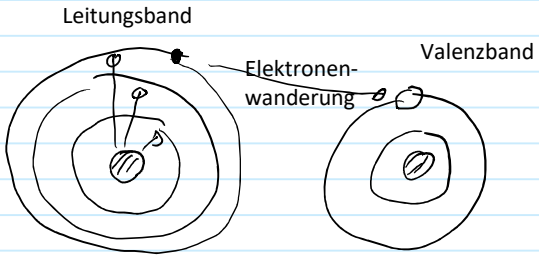

LED



## LED

Light Emitting **Diode**





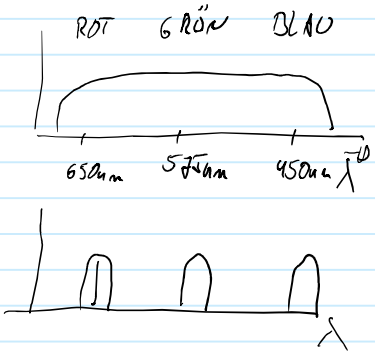

Verunreinigt mit einem Material mit 3 Elektronen in der Außenschale

Verunreinigt mit einem Material mit 5 Elektronen in der Außenschale

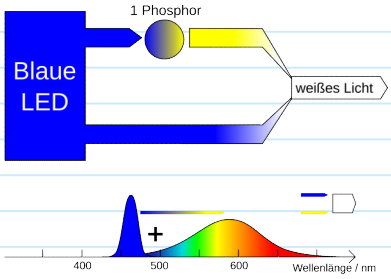
Bei der 'Elektronenwanderung' eines Elektrons von dem weiter entfernten Leitungsband in das näher zum Antomkern gelegene Valenzband wird Energie freigesetzt, welche sich in Form von Licht (einer Wellenlänge) und Wärme äußert!

Weißes Licht

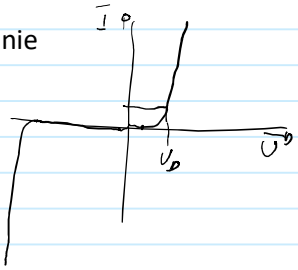
- Mischung aus allen Grundfarben




- Mischung aus Blau und einer durch die Phosphorschicht erzeugten Farbbereich



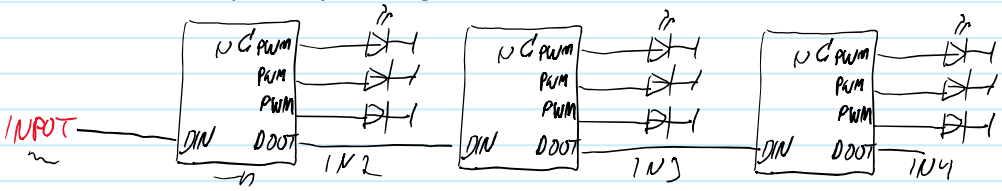

Strom-/Spannungskennlinie



Die Durchlassspannung $U_D$, ab welcher Strom die LED fließt ist vom Halbleitermaterial und von der Farbe abhängig
Rote-LED: 1,6..2,2V
Gelb/Grüne-LED: 1,9..2,5V
Blaue-LED: 2,7..3,5V

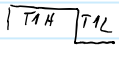
## NeoPixel

besteht aus einem µC und je einer grünen/roten/blaue LED

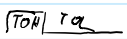



je LED 256-Helligkeitsstufen möglich, LED's werden über PWM angesteuert!
Konfiguriert wird das NeoPixel über eine serielle Schnittstelle

Darstellung einer '1'



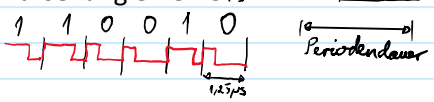

Darsellung einer '0'




| Bit | Impulsdauer | Pausendauer |
|---|---|---|
| '1' | T1H=0,8µs | T1L=0,45µs |
| '0' | T0H=0,4µs | T0L=0,85µs |

Darstellung einer '1'

Darsellung einer '0'




| | | |
|---|---|---|
| '1' | T1H=0,8µs | T1L=0,45µs |
| '0' | T0H=0,4µs | T0L=0,85µs |

Alle Zeiten +- 0,15µs

.

Die Daten zur Farbdarstellung werden im Rohformat übertragen:

G7 G6 G5 G4 G3 G2 G1 G0 R7 R6 R5 R4 R3 R2 R1 R0 B7 B6 B5 B4 B3 B2 B1 B0

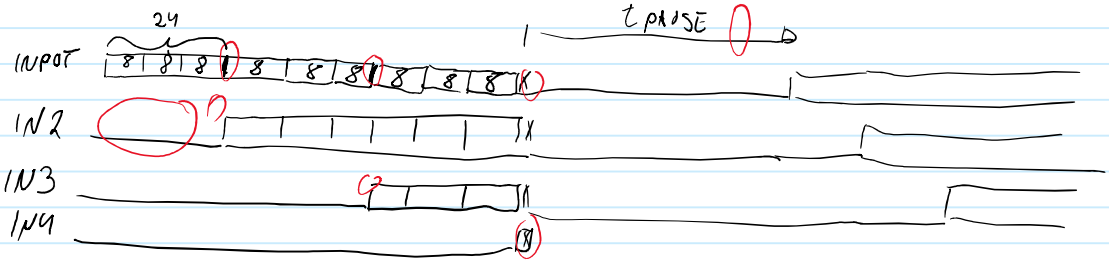
---

erste zu übertragendes Bit

---

letztes zu übertragendes Bit

Im 'zurückgesetzten' Zustand konsumiert die erste LED die ersten 24-Bit, d.h. die empfangen Daten werden nicht an den Ausgang weitergereicht. Mit dem Empfang des 25.Bit reicht das NeoPixel diese und die folgenden Bits an den Datenausgang weiter.




Das Rücksetzen in den zurückgesetzten Zustand erfolgt durch Einhaltung eines RET Codes (Pausenzeit) >50µs. Mit Ablauf der Pausenzeit aktualisieren alle NeoPixel erst ihre LED's

Darstellung des seriellen Signals

Variante 1) PWM

Nach jeden Zählerdurchlauf muss das UpdateRegister mit dem passenden Tastverhältnis für das als übernächstes zu sendendes Bit geladen.

Bedeutet hier, spätestens nach 1,25µs muss das Register neu geladen werden

48MHz Taktfrequenz 1/48MHz 1,25µs/(1/48MHz)= 60 Maschinensprachebefehle Zeit für Update

Variante 2) BitBang

Jedes Bit wird per Software erzeugt

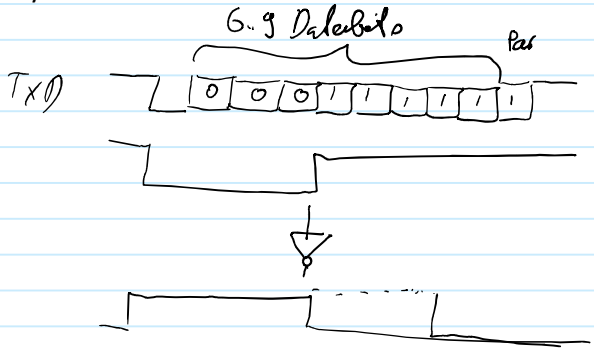
SODR=PA2;

for(); ~40 Taktzyklen

CODR=PA2;

for(); ~20 Taktzyklen

Variante 3) UART




Frage: Baudrate, Anzahl Datenbits, ggf. Parität, Länge Stopbits zur Darstellung einer '0' oder '1'

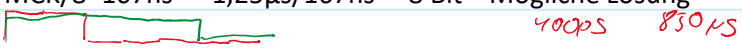
MCK=47923200 -> 48000000

Vorteiler = 1

TBIT=1/MCK/2=41,6ns 1,25µs/41,6ns= 30 Bit KO, Anzahl der Bits zu groß!

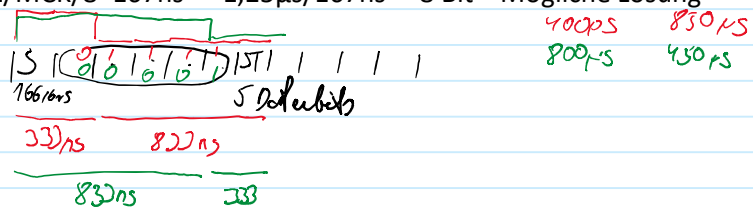
Vorteiler = 8

TBIT=1/MCK/8=167ns 1,25µs/167ns= 8 Bit Mögliche Lösung



Vorteiler = 8

TBIT=1/MCK/8=167ns  1,25µs/167ns=  8 Bit  Mögliche Lösung



Vorteiler 8

5 Datenbits  '0'->0b01111  '1'->0b00001

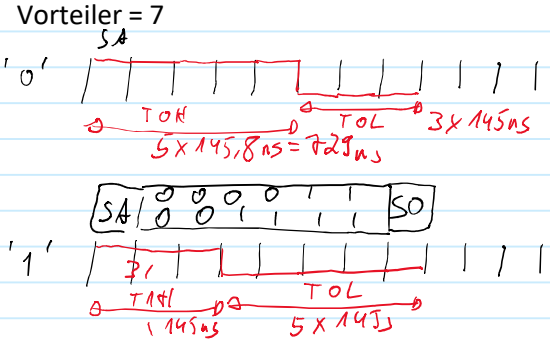
Keine Parität

1 Stoppbit

Besser

TBIT=7/MCK=145,8ns  1,25µs/145,8ns=8..9 Bit  Mögliche Lösung

Vorteiler = 7



```
for(int led=0;led<8;led++)
  for(int lauf=0;lauf<24;lauf++)
    while(TXRDY==0);
    THR=  0b001111   / 0b000011
```

Datenstruktur zur Darstellung der Farbe

```
typedef union {
          struct {uint8_t dummy; //Bits  00..07 in rgb
                  uint8_t blue;  //Bits  08..15 in rgb
                  uint8_t red;   //Bits  16..23 in rgb
                  uint8_t green; //Bits  24..31 in rgb
                 };
             uint32_t rgb;
          } ws2812_composition_t;

ws2812_composition_t  led;
led.blue=50;
led.red=20;
led.green=30;
for(int lauf=0; lauf<24; lauf++)
       while(TXRDY==0);
       //Hier hatte ich einen Fehler eingebaut
      //THR = led.rgb & 0x00800000 ? 0b001111     : 0b000011
       //Korrekt
       THR = led.rgb & 0x80000000 ? 0b001111     : 0b000011
       led.rgb<<=1;

#define ROT   (ws2812_composition_t){.red=255,.blue=0,.green=0}
led=ROT;
```