



Ethernet controlled RGB LED-Cube

Julian Gog, Tobias Minn, Arne Salzwedel, Max Thonagel



Zielsetzung

- 6x6x6 RGB LED-Cube
- Ansteuerung per Ethernet
- Verwendung von Raw-Ethernet-Frames (kein IP TCP/UDP)

Systemaufbau

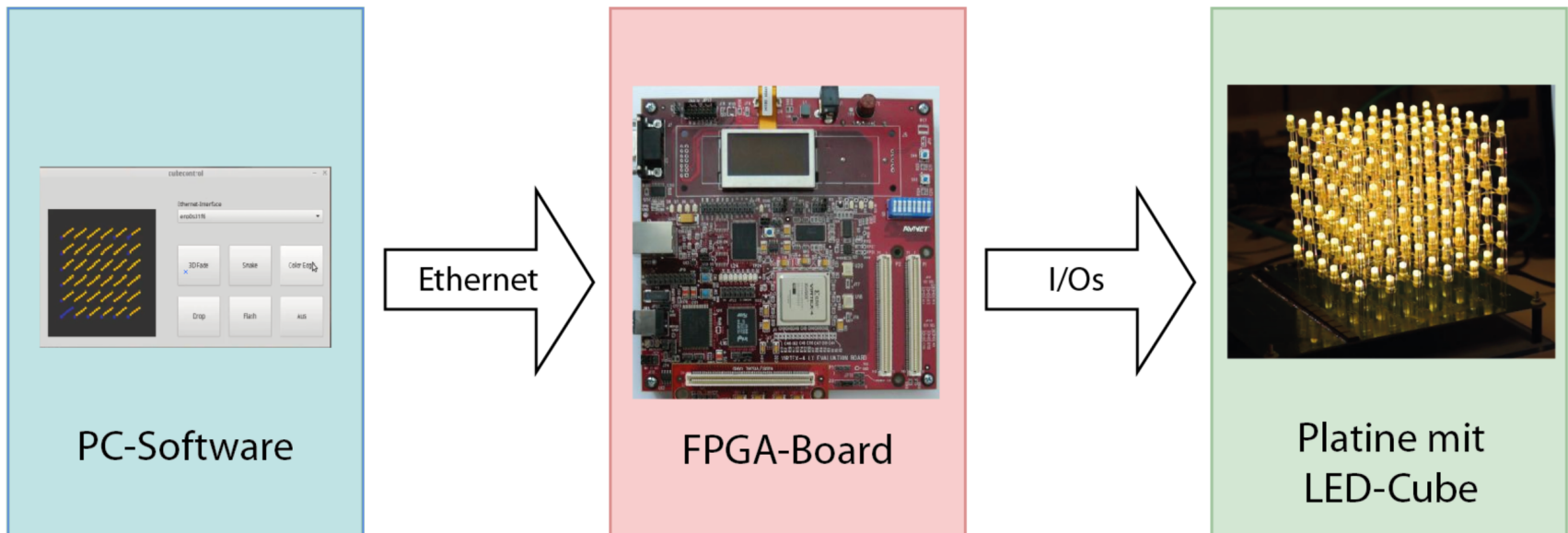
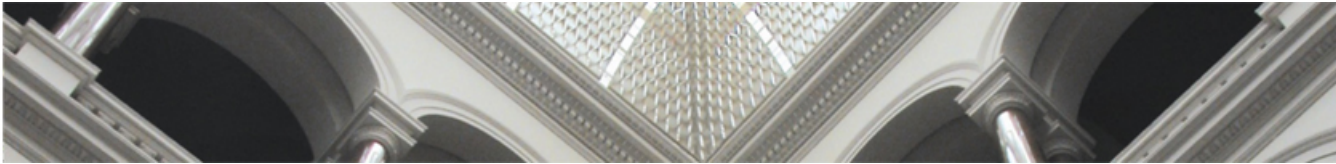
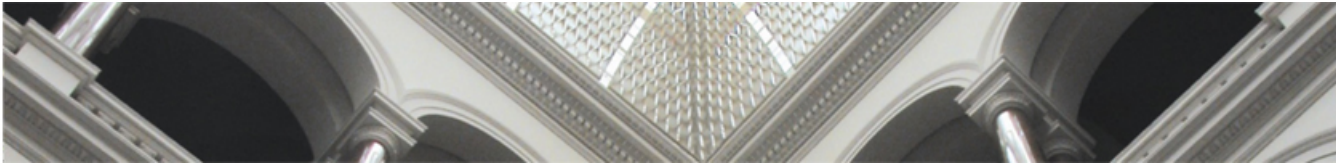


Bild-Quelle FPGA-Board: http://www.ue.eti.pg.gda.pl/fpgalab/spis_plytek/virtex4_av.jpg

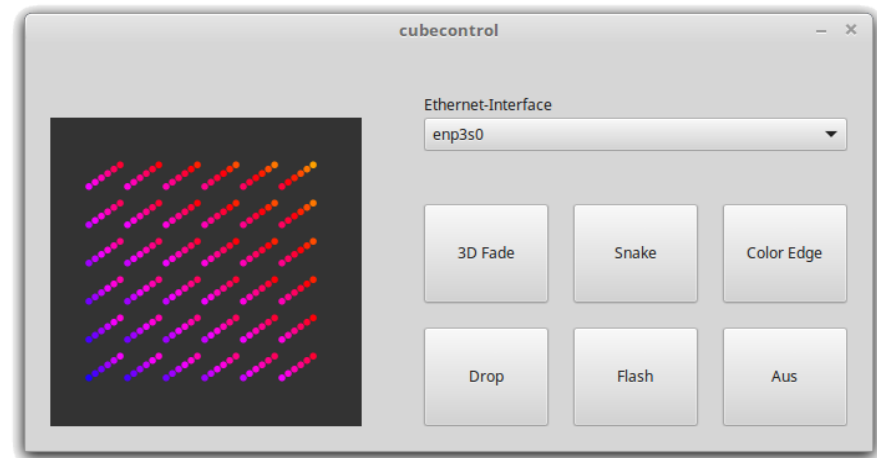


PC Software



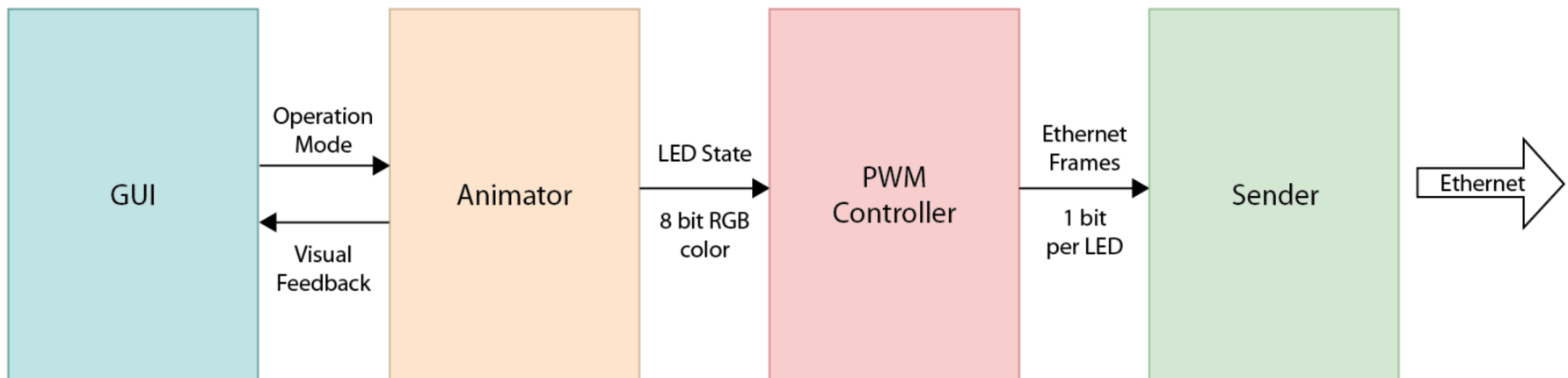
PC-Software - Aufgaben

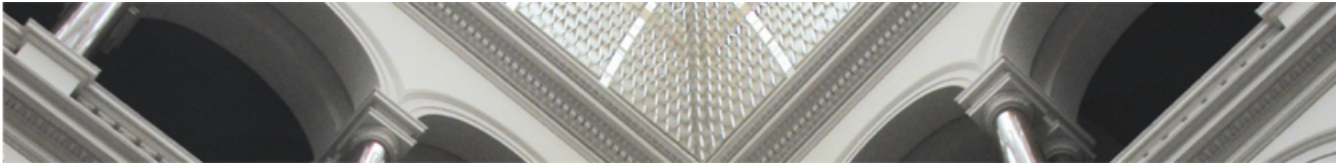
- Animation des Cubes mit verschiedenen Effekten/Mustern
- GUI zur Interaktion mit Nutzer (Inbetriebnahme und Effekt-Auswahl)
- Farbmischung und Dimmen
durch Software-PWM
- Codieren der Ethernet-Frames
- Senden von Frames mit
möglichst hoher Rate



PC-Software - Funktionsweise

- Bearbeitung in mehreren Threads:



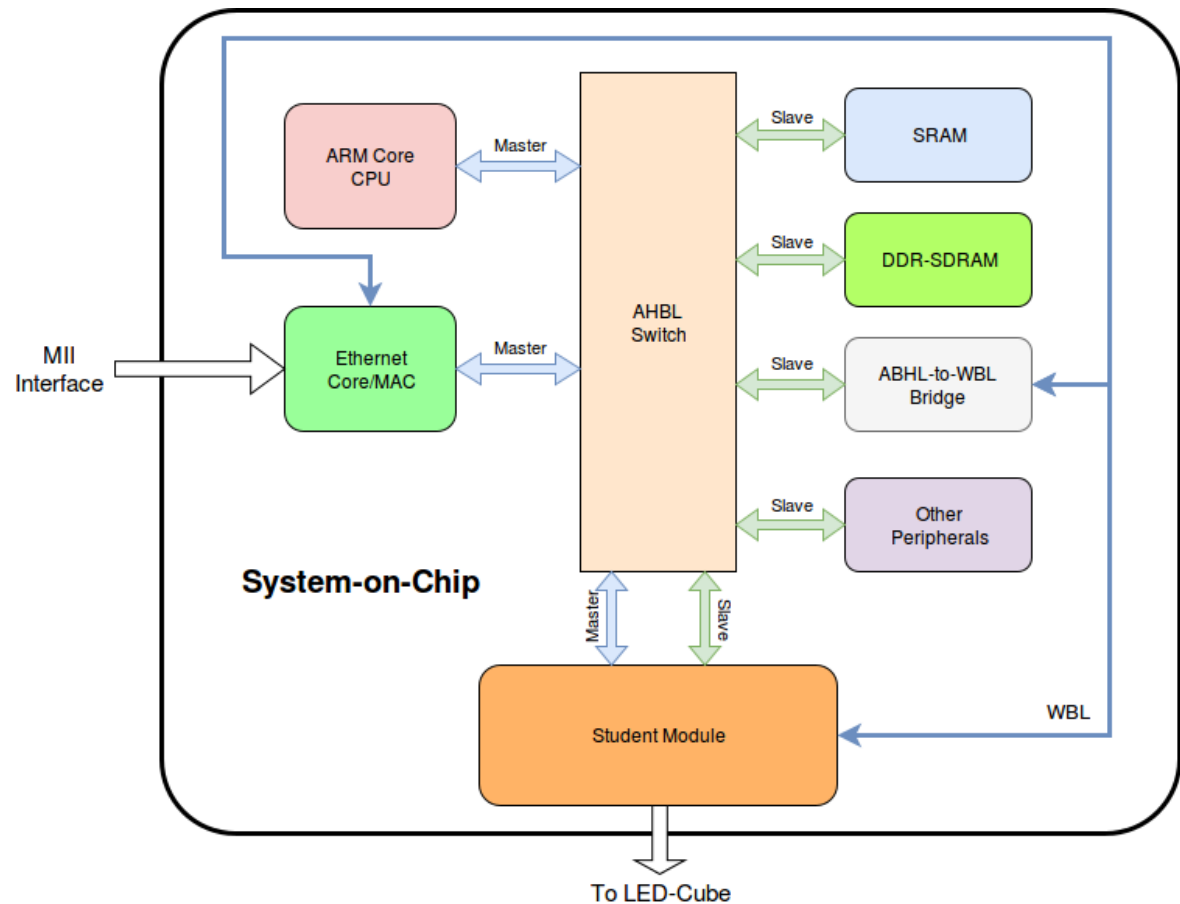


System-on-Chip

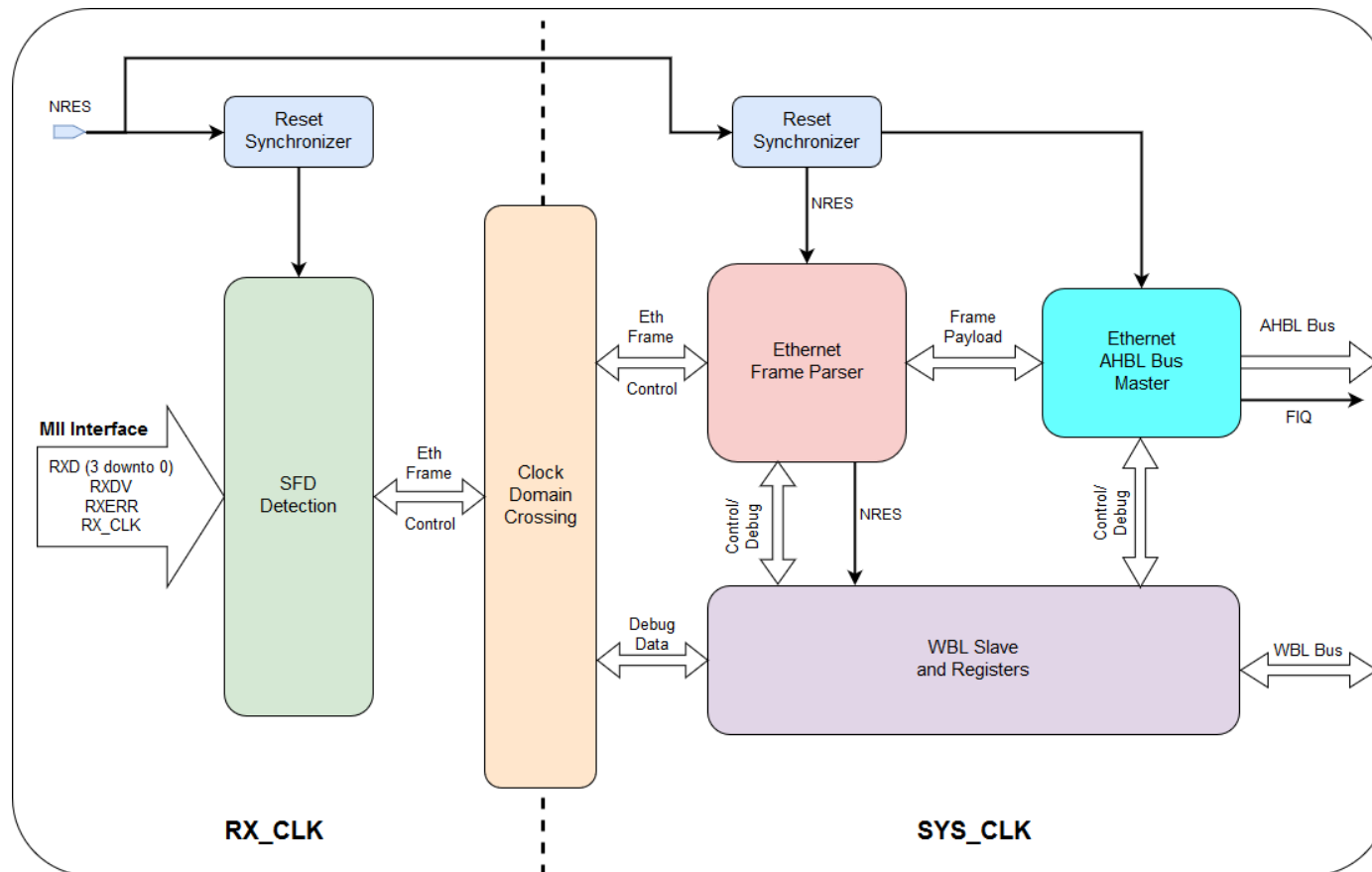


Überblick

- Standard Konfiguration des System-on-Chips des Armlabs
- Ethernet Core/MAC wurde implementiert
 - Übernimmt Dekodierung des Ethernet Frames
 - Schreiben des Payloads in Speicher
- Studentenmodul wurde implementiert
 - Enthält Ansteuerung der LED-Cube Hardware

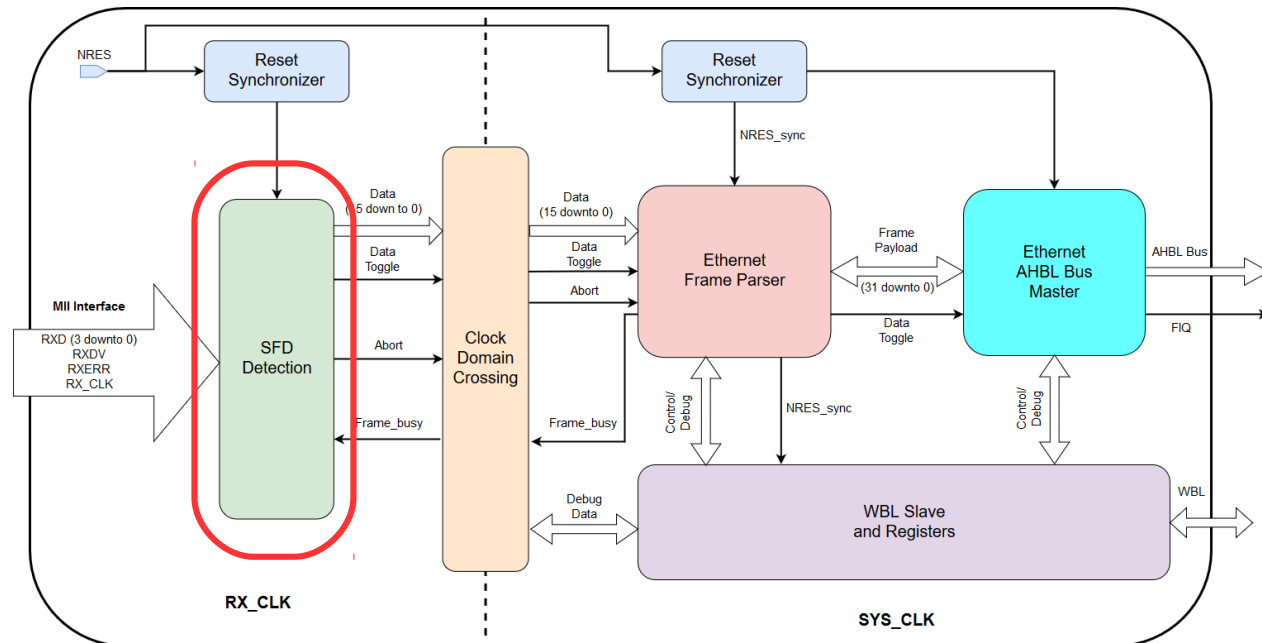


Ethernet Core/MAC



SFD Erkennung

- SFD Erkennung verwirft die Preamble des Ethernet Frames bis SFD erkannt wird
- Alle nachfolgenden Nibble werden in 16 Bit Blöcken zusammengefügt und an Parser weitergegeben

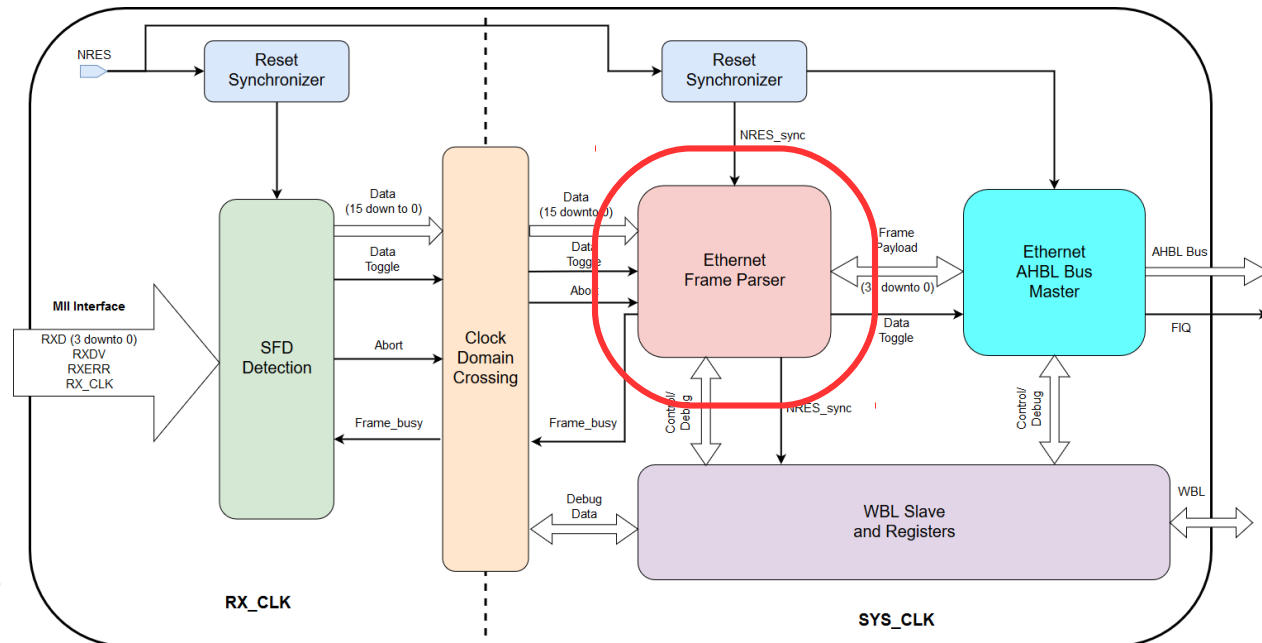


Ethernet Frame

Preamble	Start of frame delimiter	MAC destination	MAC source	Ethertype or length	Payload	CRC
7 Bytes	1 Byte	6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	46 – 1500 Bytes	4 Bytes

Frame Parser

- Parser dekodiert einzelne Felder des Ethernet Frames
- Prüft ob Ziel MAC Adresse stimmt
- Gibt Payload und Länge an AHBL Bus Master weiter

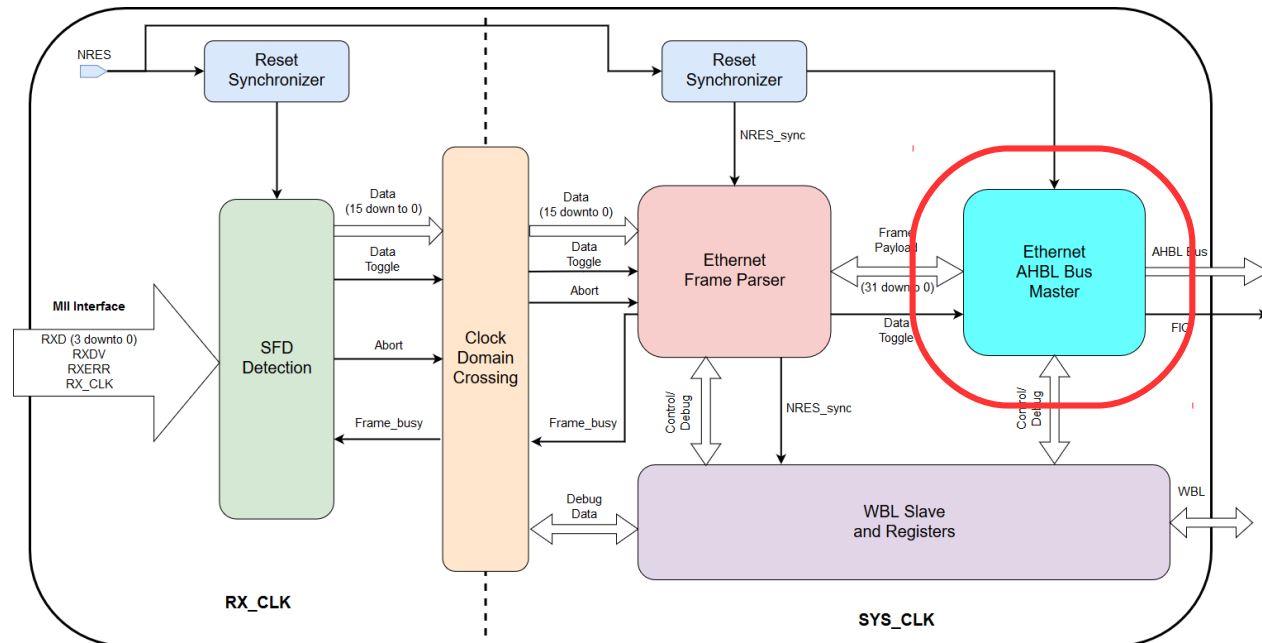


Ethernet Frame

Preamble	Start of frame delimiter	MAC destination	MAC source	Ethertype or length	Payload	CRC
7 Bytes	1 Byte	6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	46 – 1500 Bytes	4 Bytes

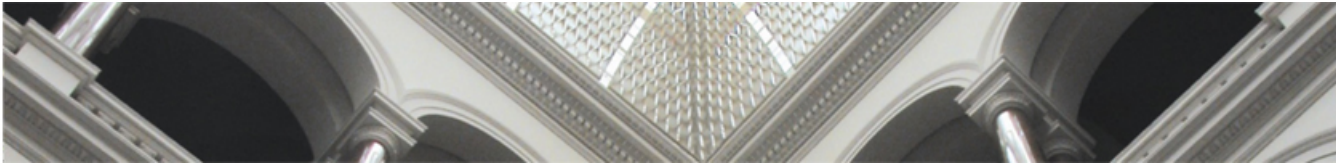
AHBL Bus Master

- Nimmt Daten in 32 Bit Blöcken vom Parser entgegen
- Schreibt die ankommenden Daten an eine konfigurierbare Speicheradresse



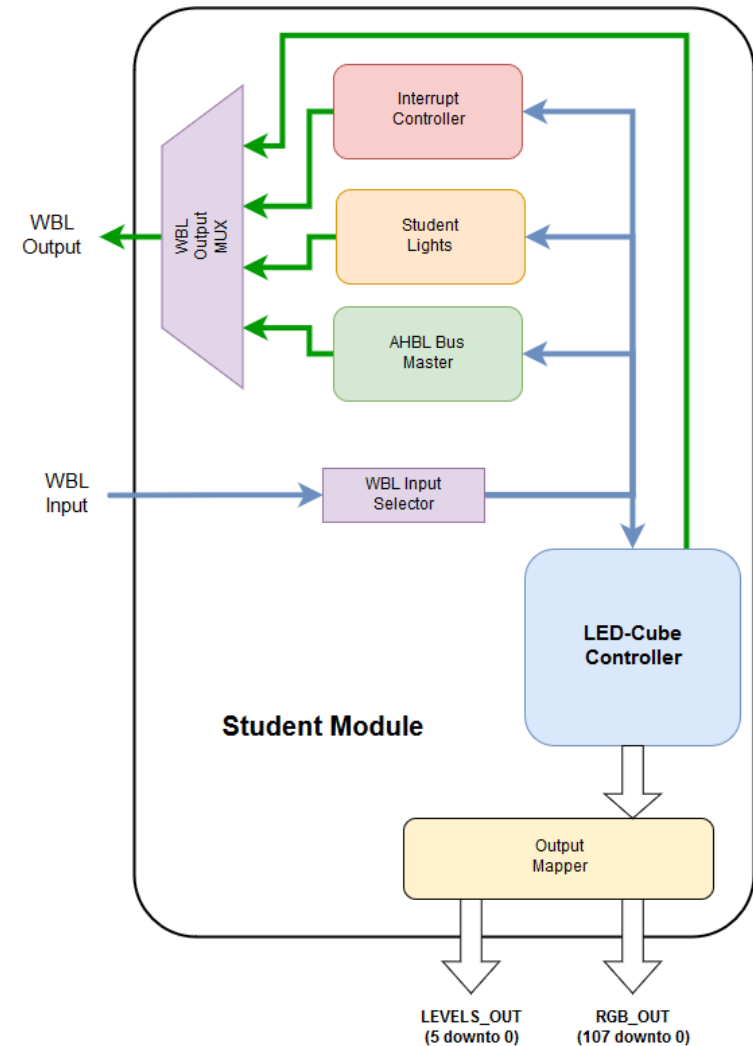
Ethernet Frame

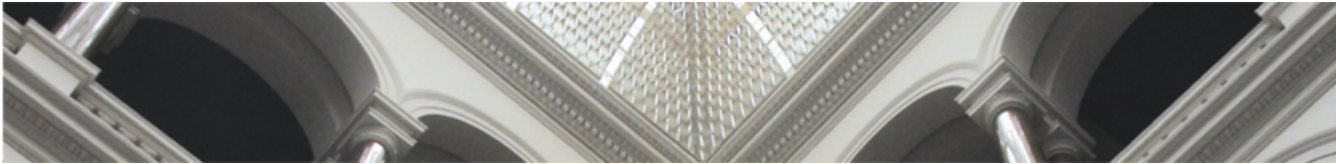
Preamble	Start of frame delimiter	MAC destination	MAC source	Ethertype or length	Payload	CRC
7 Bytes	1 Byte	6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	46 – 1500 Bytes	4 Bytes



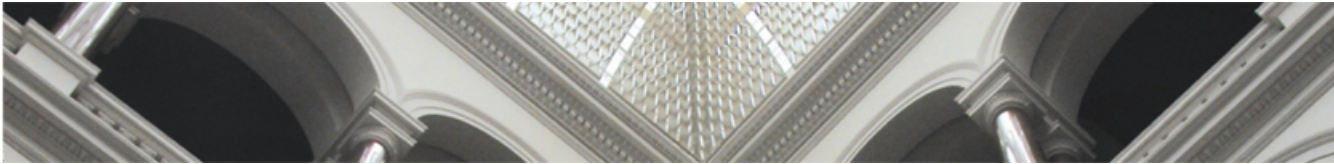
LED Cube Controller

- LED-Cube Controller übernimmt Ansteuerung des LED-Cubes
 - Multiplexing der LED-Ebenen
 - Ansteuerung der einzelnen LED Pins
- Controller hat Register für jede LED des Cubes
- Daten werden über WBL Interface in Register geschrieben
- Umschalten der Ebenen auf Ausgabe Port erfolgt über MUX





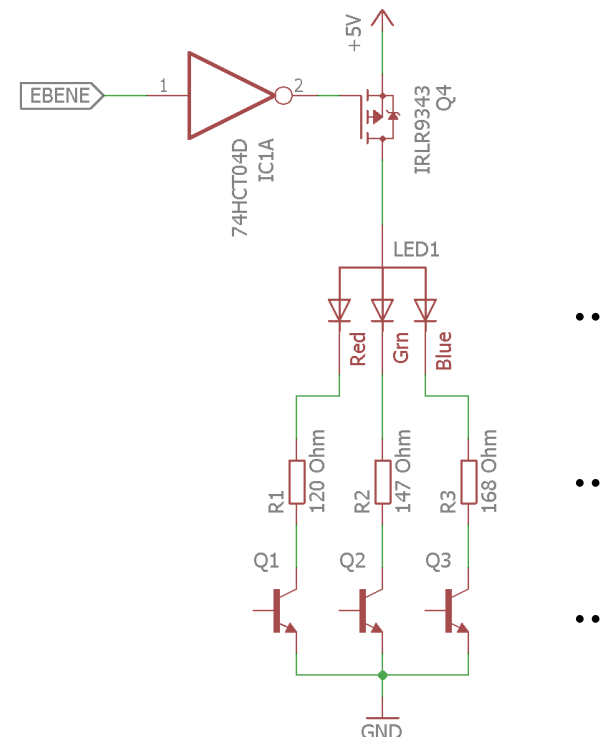
Hardware

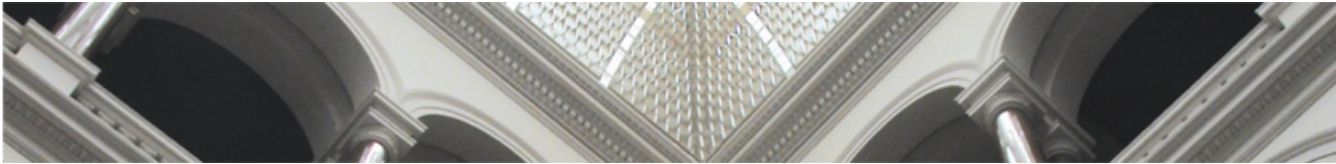


Hardware Features

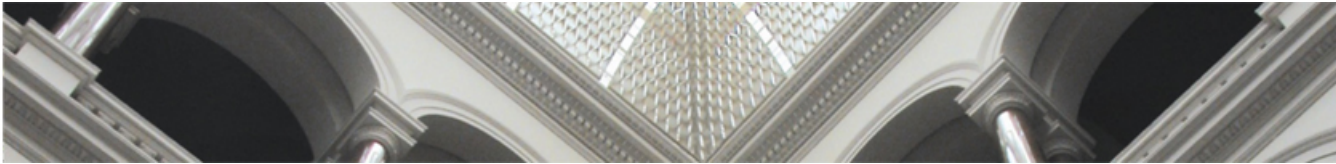
- 6x6x6 = 216 RGB LEDs
- Common anode LEDs
- Nacheinander angesteuerte Ebenen
- LEDs sind nie gleichzeitig an
- Menschliches Auge ist zu träge
- Steuerung der LEDs via Darlington Arrays (ULN2803)

- Aufbau:



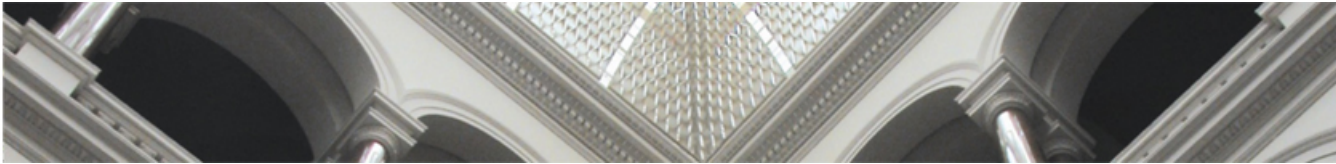


Demo



Demo Video

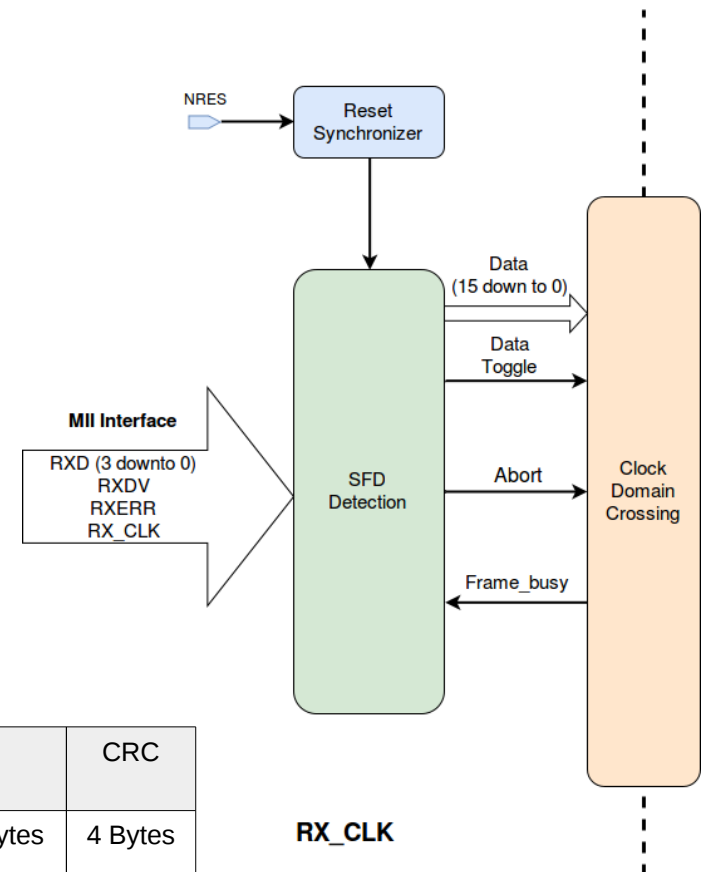
<https://www.youtube.com/watch?v=e2JtOskrisI>



Backup Slides

SFD Erkennung

- Start of frame delimiter Erkennung nimmt Daten vom Ethernet PHY entgegen
- Verwirft die Preamble des Ethernet Frames bis SFD erkannt wird
- Alle nachfolgenden Nibble werden in 16 Bit Blöcken zusammengefügt
- CDC von 16 Bit Blöcken in die System Clock Domain
- Zusätzliche Steuersignale werden synchronisiert (Data Toggle, Abort, Frame)

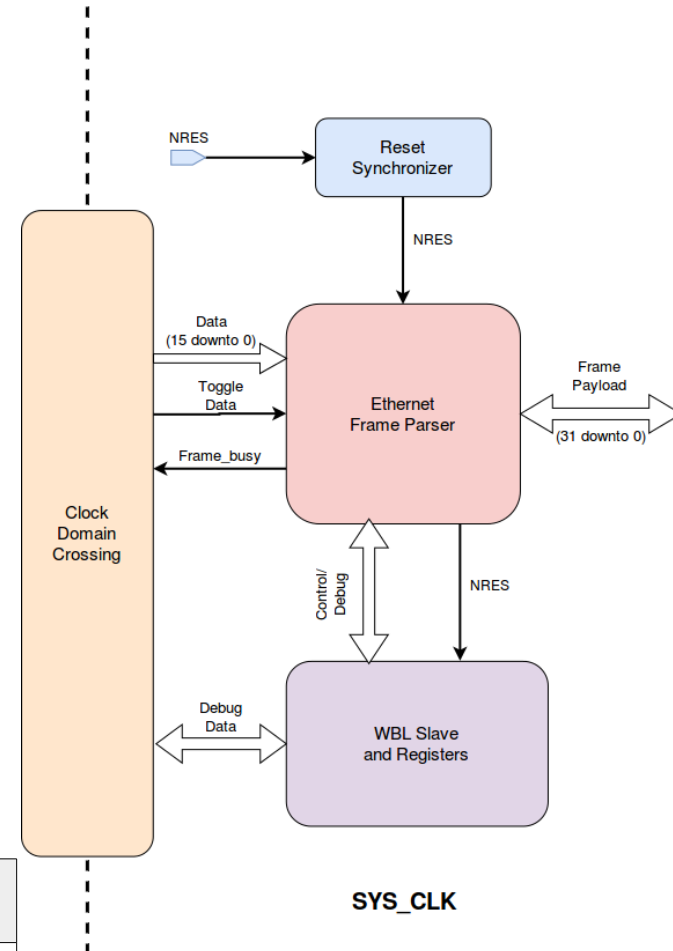


Preamble	Start of frame delimiter	MAC destination	MAC source	Ethertype or length	Payload	CRC
7 Bytes	1 Byte	6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	46 – 1500 Bytes	4 Bytes

Ethernet Parser

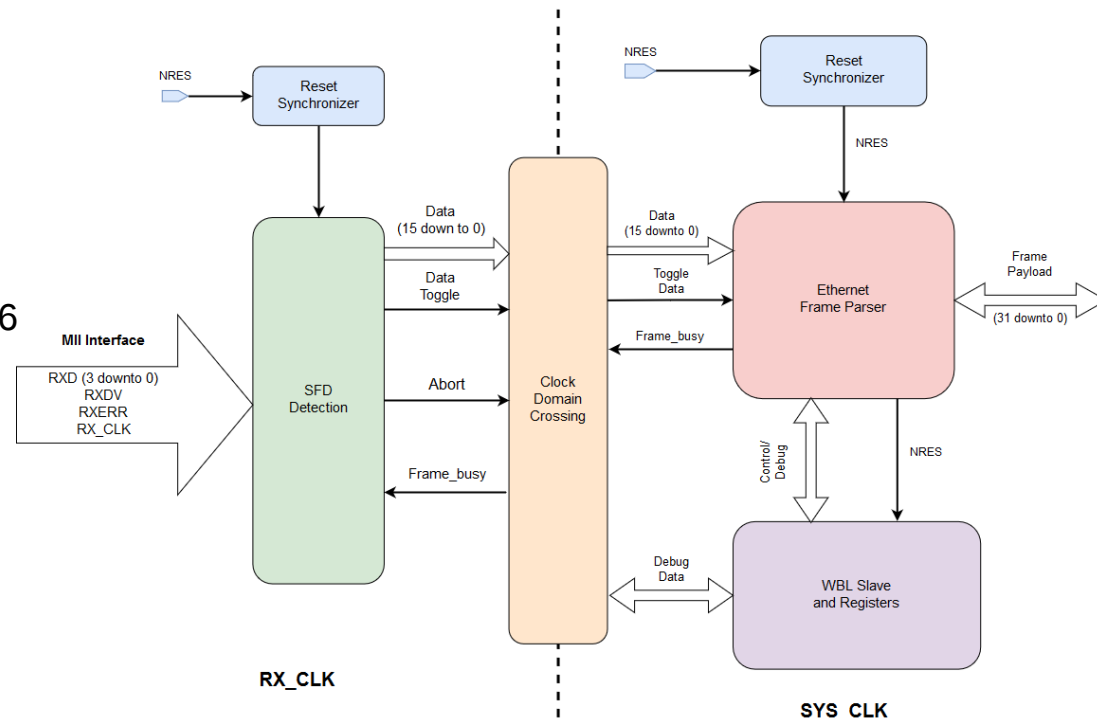
- Dekodiert die ankommenden 16 Bit Blöcke
- Prüft ob ankommende Pakete für FPGA bestimmt sind, anhand der Ziel MAC-Adresse (konfigurierbar)
- Analysiert Länge des Pakets und bereitet Datentransfer in den Speicher vor
- Gibt die ankommenden Daten an AHBL Bus Master weiter
- CRC wird entgegen genommen, aber momentan noch nicht geprüft

Preamble	Start of frame delimiter	MAC destination	MAC source	Ethertype or length	Payload	CRC
7 Bytes	1 Byte	6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	46 – 1500 Bytes	4 Bytes



Ethernet Frame Decode

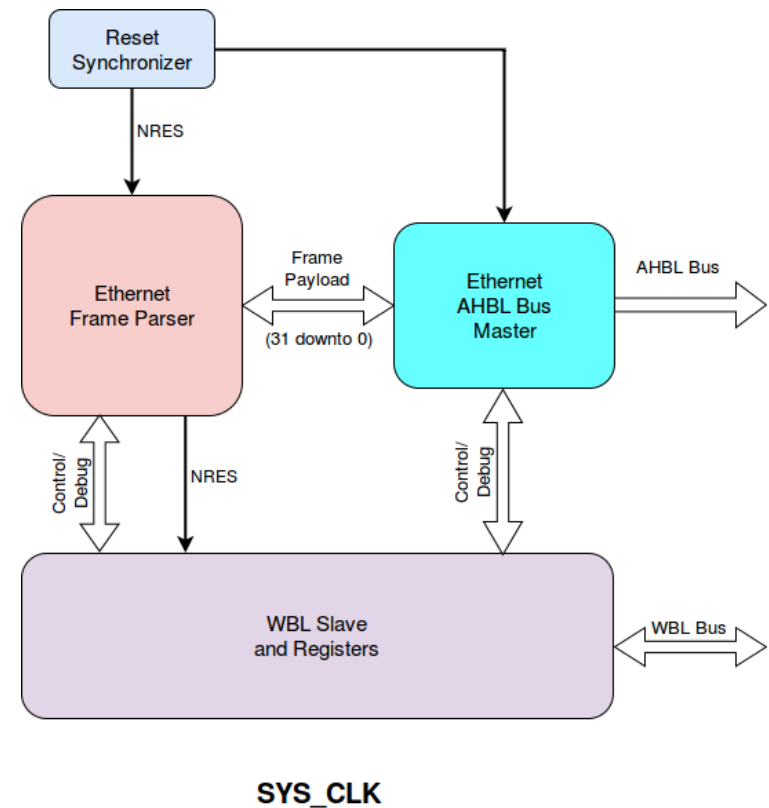
- SFD Erkennung verwirft die Preamble des Ethernet Frames bis SFD erkannt wird
- Alle nachfolgenden Nibble werden in 16 Bit Blöcken zusammengefügt
- Parser dekodiert einzelne Felder des Ethernet Frames
- AHBL Master schreibt Payload in den Speicher



Preamble	Start of frame delimiter	MAC destination	MAC source	Ethertype or length	Payload	CRC
7 Bytes	1 Byte	6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	46 – 1500 Bytes	4 Bytes

Ethernet AHBL Bus Master

- Nimmt Daten in 32 Bit Blöcken vom Parser entgegen
- Schreibt die ankommenden Daten an eine konfigurierbare Speicheradresse (über WBL Slave)
- Daten werden über AHBL Interface geschrieben





MII Übertragung

