

Standalone FPGA Ambilight

Kai Lauterbach

Web: <http://klautesblog.blogspot.com>

eMail: klaute@web.de

Twitter: [@kailauterbach](https://twitter.com/kailauterbach)



Überblick

- Was ist ein Ambilight und was tut es
- Die Idee
- Erste Schritte
- Anforderungen
- Signale
- Die ersten Prototypen
- Die Lösung
- Stand der Dinge
- Aussicht
- Fragen



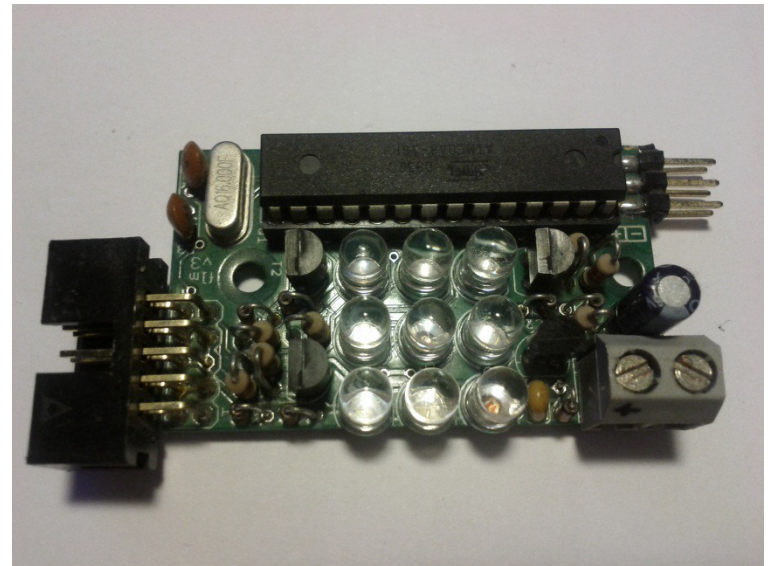
Was ist ein Ambilight und was tut es

- Beleuchtet den Hintergrund eines Bildschirms
- Hintergrundfarbe synchron mit Bild
- Meist nur an den Seiten und der oberen Kante
- Kann die Wahrnehmung eines abgespielten Mediums vertiefen und das Erlebnis verstärken
- Ausschließlich Geräte eines großen Elektronikkonzern verfügbar (Patent)
- Optischer Effekt oft sehr viel besser als das Original
- Über die Jahre viele Nachbauten
- Kein Hersteller liefert ein sinnvolles Set zum nachrüsten



Die Idee

- Sommer 2010 beim Chaostreff Heilbronn
- Fnordlicht Mini - lochraster.org
- Audio Spektrum-Analyzer
- Da gibt es so Fernseher die dahinter leuchten
- Vollkommen unklar wie man vorgehen kann



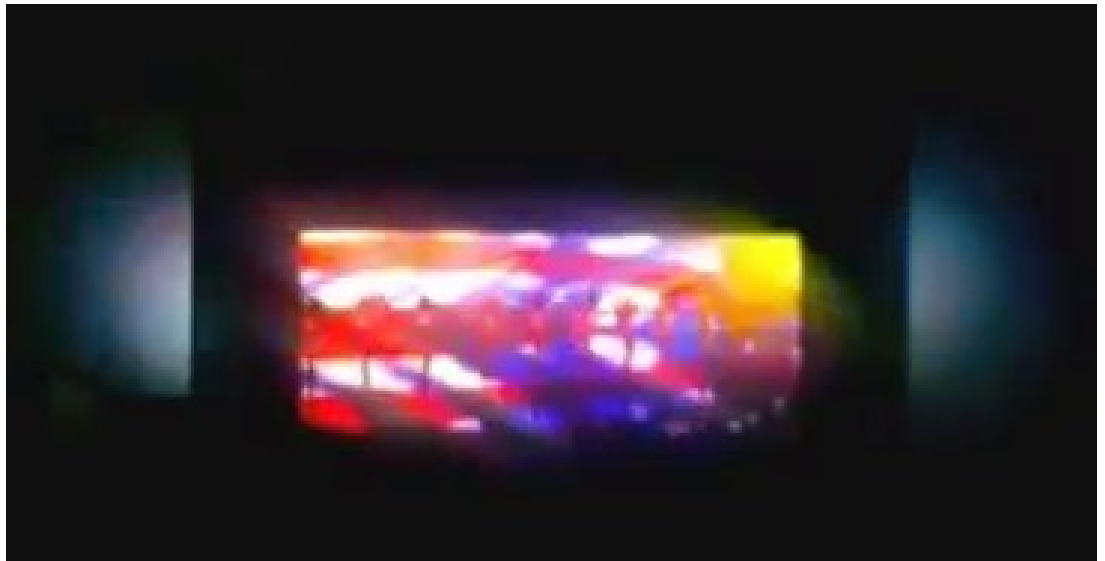
Erste Schritte (1)

- Fnordlichter an einen Bus
- Per USB-Adapter an den PC
- Plugin für VLC - <http://videolan.org> und AtmoLight
- 2 Abende Programmiert, 2 Wochen Review für VLC-Git



Erste Schritte (2)

- Unbefriedigendes Ergebnis
 - PC muss immer an sein
 - Alle Medien müssen über den PC und die Software laufen
 - Stromverbrauch
 - Umständliche Bedienung und
 - Umständlicher Aufbau
 - Hohe Kosten
 - Nicht hell genug
 - Ungenau



Anforderungen

- Es soll sehr hell leuchten
- Mehr Details bei der Farbausgabe gewünscht
- Es soll leicht anzuschließen/zu bedienen sein
- DVDs, Spielekonsole, PC und Receiver
- Standalone ist ein absolutes Muss
- Mehrere SCART- und Cinch-Anschlüsse
- Schnittstelle(n) für die Konfiguration / Steuerung
- Fernsehgeräte mit integrierten Tunern werde nicht unterstützt



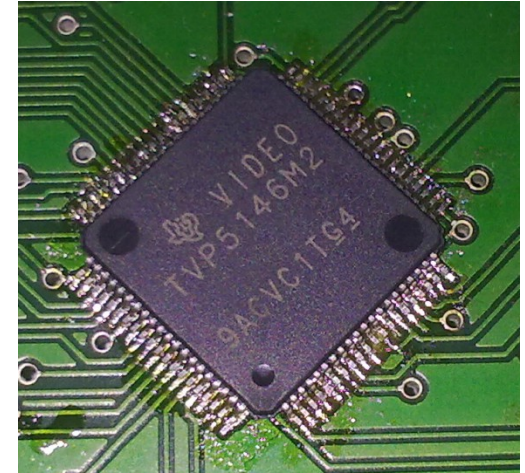
Signale

- Ausschließlich um analoge Videosignale
- Unterstützte Signalarten
 - FPAS/CVBS – Composite Video
 - YPbPr – Komponenten
 - RGB – Komponenten
 - Satelliten- oder Kabel-TV-Anschluss nicht unterstützt
- Ausschließlich PAL (SDTV - 576i)
 - Fernsehnorm für Deutschland
 - Auflösung 720x625
 - 50Hz / 25fps
 - 50 Halbbilder/s
 - Kein HDMI



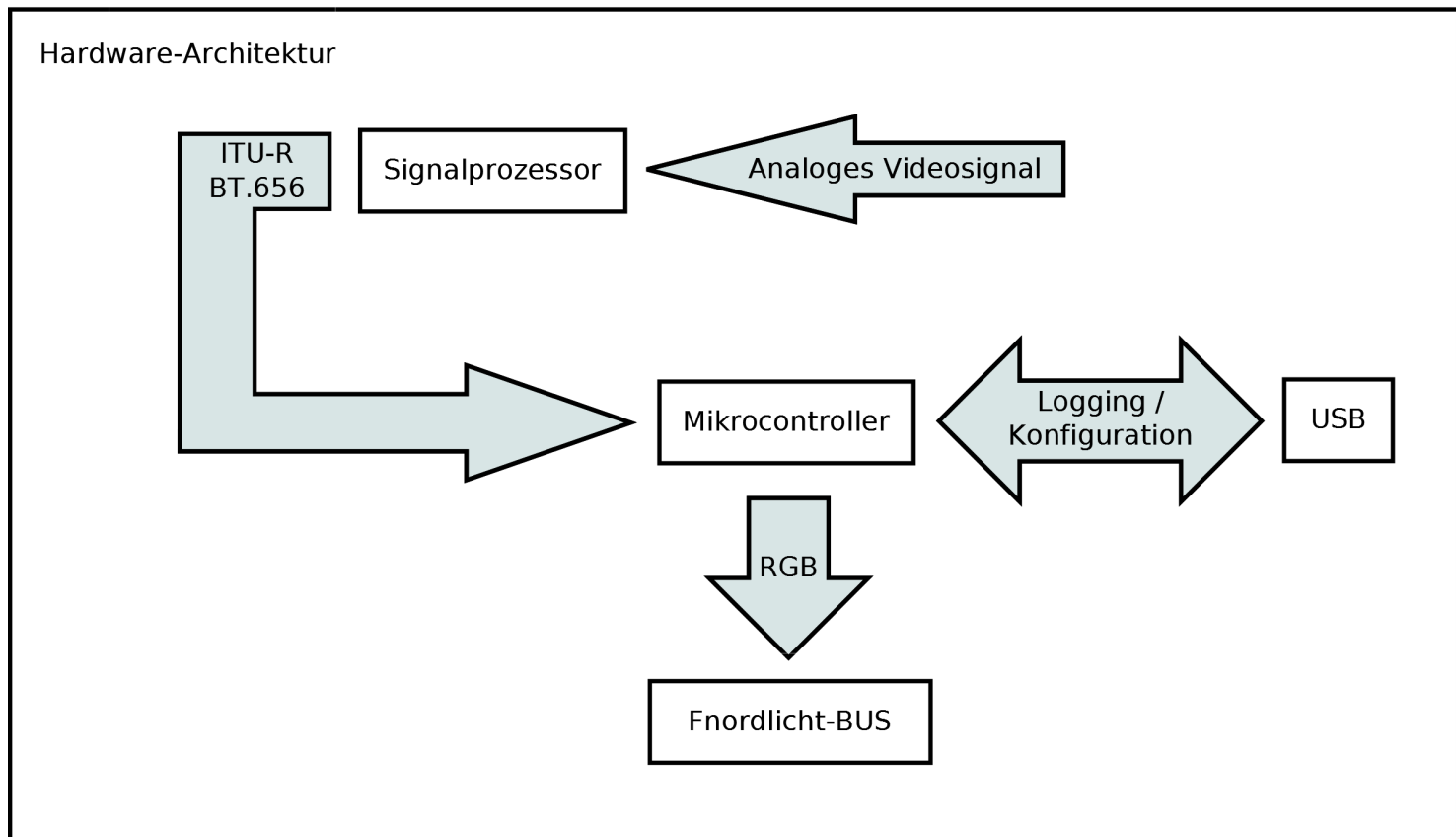
Die ersten Prototypen (1)

- Videoprozessor TVP5148
 - ITU-R BT.656 Standard
 - Multiple Eingänge
 - Zugriff per I²C-Bus
 - Bei Texas Instruments als Muster erhältlich
 - Durch Zufall darauf gestoßen
 - TQFP 64 Package (12x12mm, 80Pins)
- Mikrocontroller AVR Xmega-Baureihe
 - Mehr Flash
 - Mehr RAM
 - JTAG (Debugging)
 - Höhere Taktfrequenzen (32MHz)
 - ATXmega192A3 (16kB RAM, 192kB Flash)

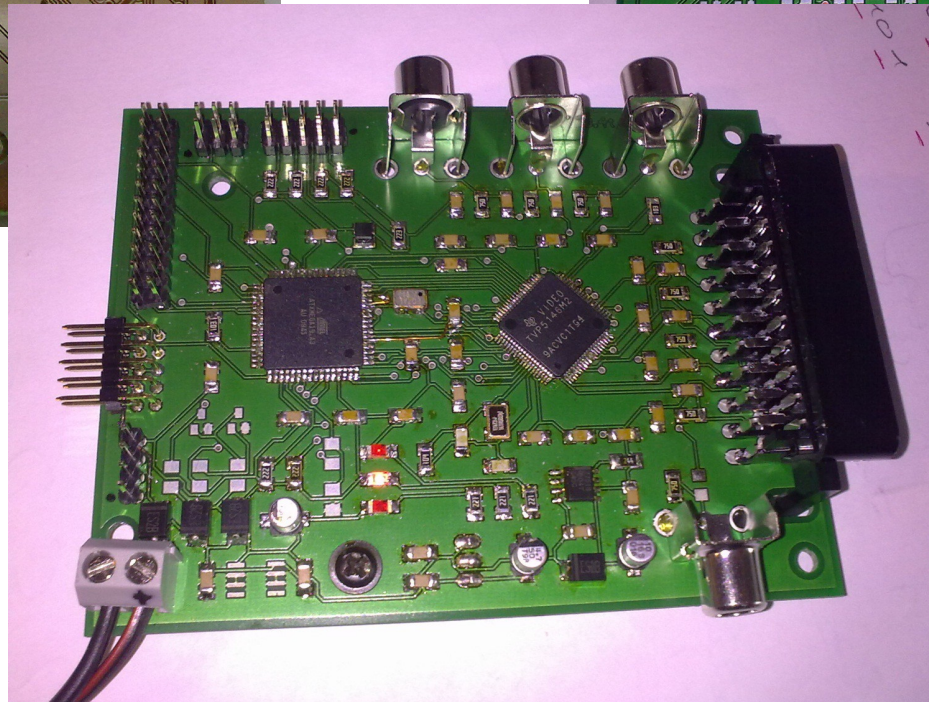
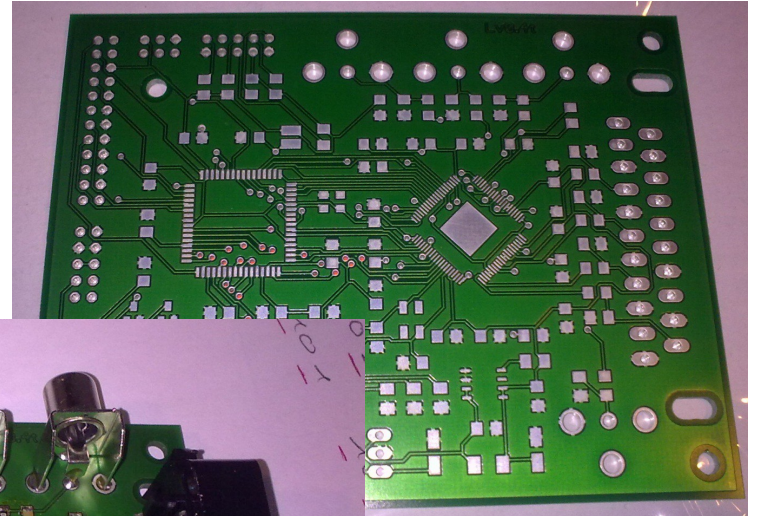
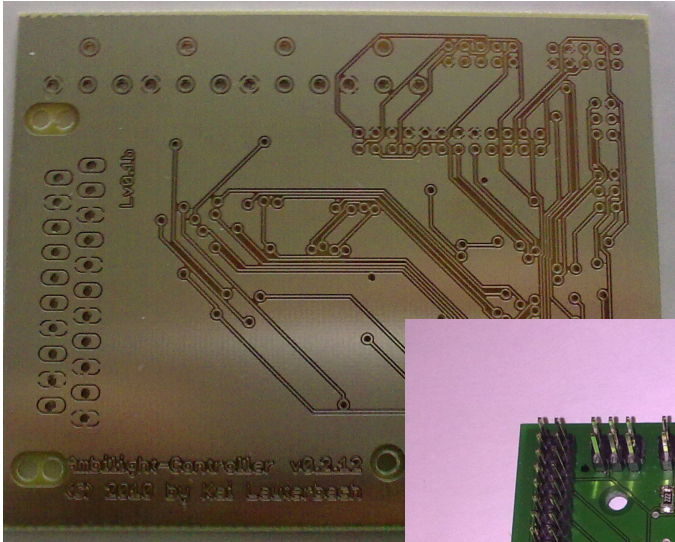


Die ersten Prototypen (2)

- Architektur / Ablauf



Die ersten Prototypen (3)



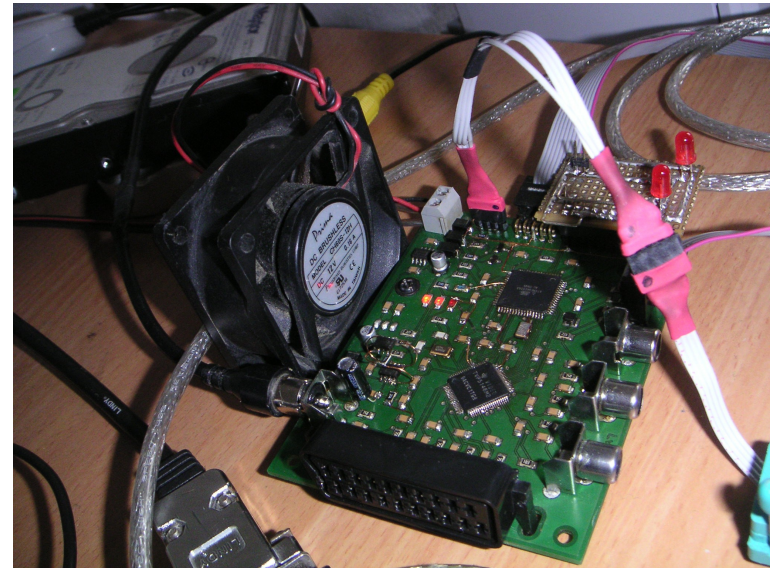
Die ersten Prototypen (4)

- Probleme
 - USART zu Fncordlicht-Bus defekt
 - Kurzschluss zwischen 5V und GND (Eagle-Bauteil fehlerhaft)
 - Takt des Signalprozessor: 27MHz => 27MBit/s
 - Alle 37ns liegen neue Daten an
 - Daten liegen 10-15ns am Bus an
 - XMega benötigt ca. 2 Takte/32MHz (62,5ns) zum auszulesen
 - Mikrocontroller ist Flaschenhals
 - PAL = 720 x 625 Pixel x 3 Farbkomponenten (RGB) = ~1,3 MB
 - AVR auf bis zu 54MHz zu instabil und weiterhin nicht ausreichend
 - Spannungsregler überhitzt (erzeugte ein 1Hz Blinken einer PowerLED)



Die ersten Prototypen (5)

- Ergebnis
 - Firmware enthält umfangreiche Möglichkeiten die Hardware zu debuggen (per TTY-Emulation)
 - Signalprozessor „TVP“ war weiterhin die richtige Wahl
 - Es wurde schnell klar wie es nicht geht
 - Fnordlich-Bus ansteuern funktioniert 1,5 Jahre Entwicklungs-/Debug-Zeit
 - ~500 € Elektronik-Schrott
 - Kann blinken
 - Muss gekühlt werden
 - Keine Lösung in Sicht!?



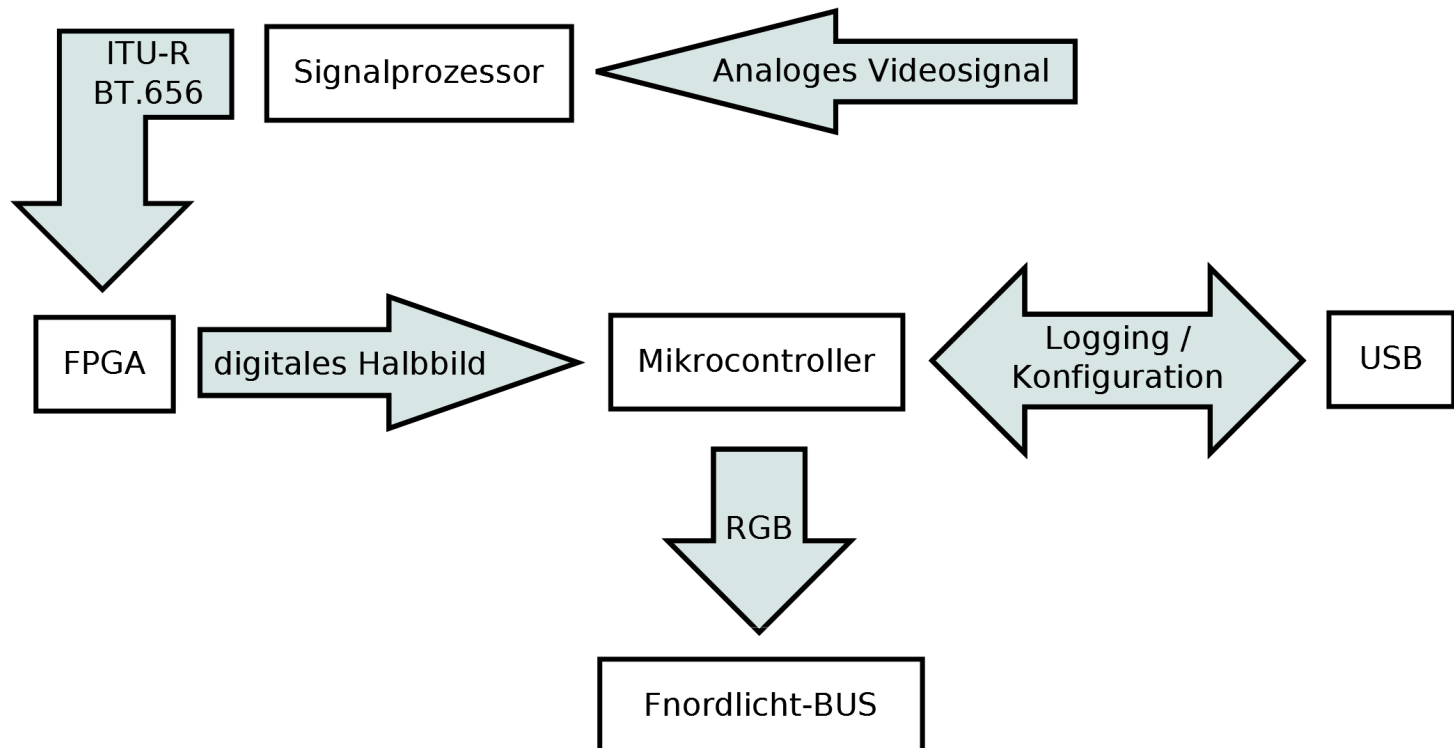
Die Lösung (1)

- Es dauerte länger
- Der Mikrocontroller bleibt
- Schnelle Einheit zwischen AVR und Signalprozessor
 - Schnell Daten abgreifen
 - Puffern
 - Verarbeiten
 - Ausgeben
- CPLD - Complex Programmable Logic Device
 - Zu wenig Logikzellen
 - Zu wenig RAM
- Wie viel ist zu wenig?



Die Lösung (2)

Hardware-Architektur



Die Lösung (3)

- Wichtigste Entscheidung: Speicherbedarf
 - PAL-Halbbild: $720 \times (625/2) \text{px} * 3 \text{ Farb.-Komp.} = 659 \text{kB}$
 - Vorher $720 \times 625 \text{px} * 3 \text{ Farb.-Komp.} = \sim 1,3 \text{MB}$
 - Volle Bildauflösung unnötig
 - Soll-Auflösung: $8 \times 8 \text{px} * 3 \text{ Farb.-Komp.} = 192 \text{Byte}$
 - CPLDs hatten zu wenig RAM
 - Anders bei FPGAs



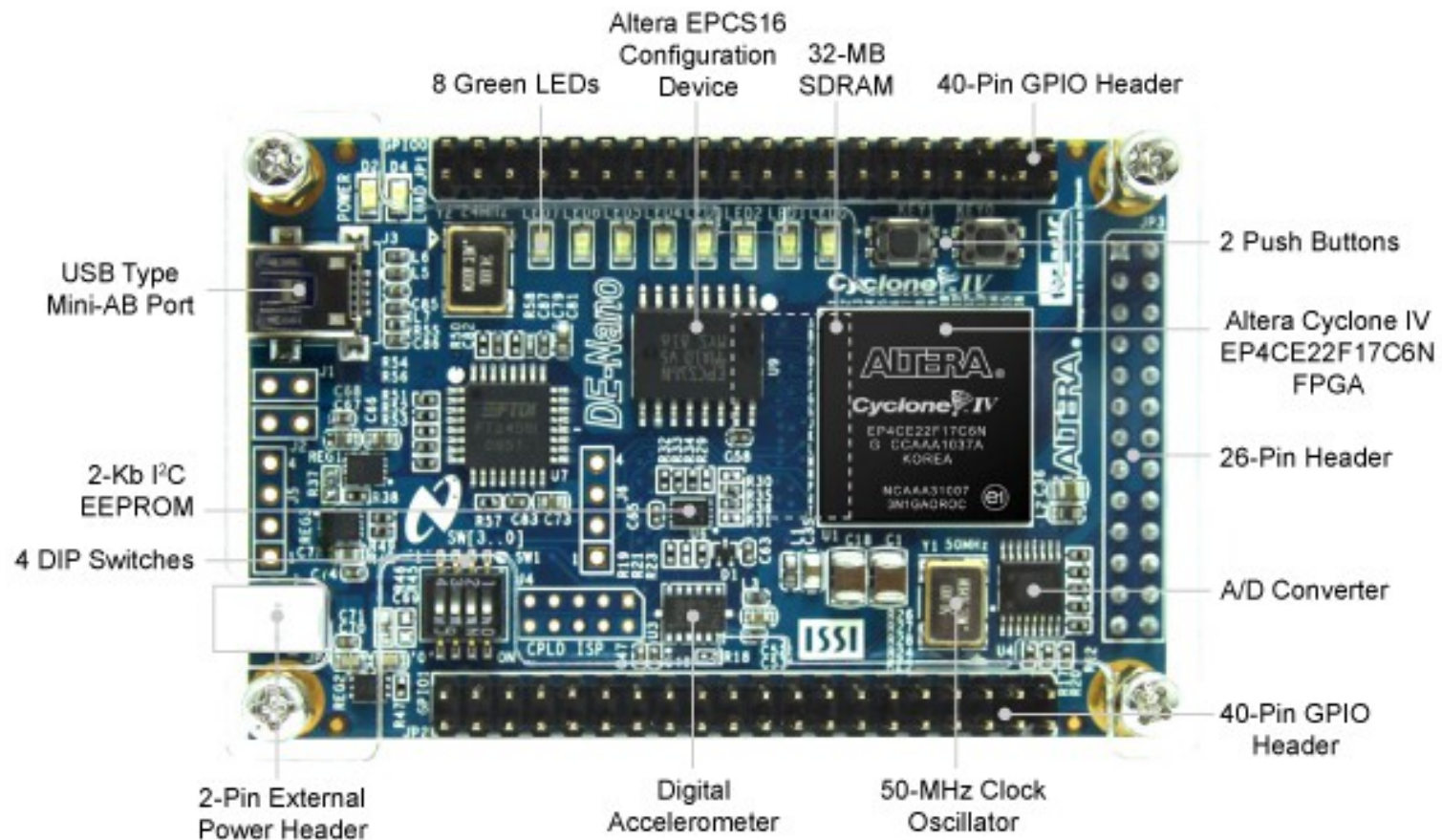
Die Lösung (4)

- FPGA – Field Programmable Gate Array
 - Logikzellen die zu einem komplexen System verknüpft werden können
 - Von der NAND-Schaltung bis hin zum CISC-Prozessor ist alles möglich
- ~5ns von Pin zu Pin (im Vergleich zu 62,5ns)
- Integrierte Hardware-Teiler und -Multiplikatoren
- Mehr schneller RAM enthalten
- Keine Software sondern Hardware-Synthese
- Verilog, VHDL, etc.
- Sehr komplex

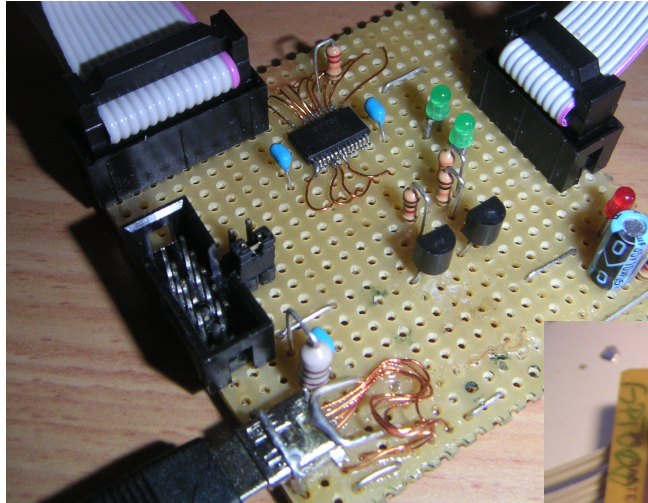


Die Lösung (5)

- DE0-Nano Evaluation Board (Terasic) ~90€



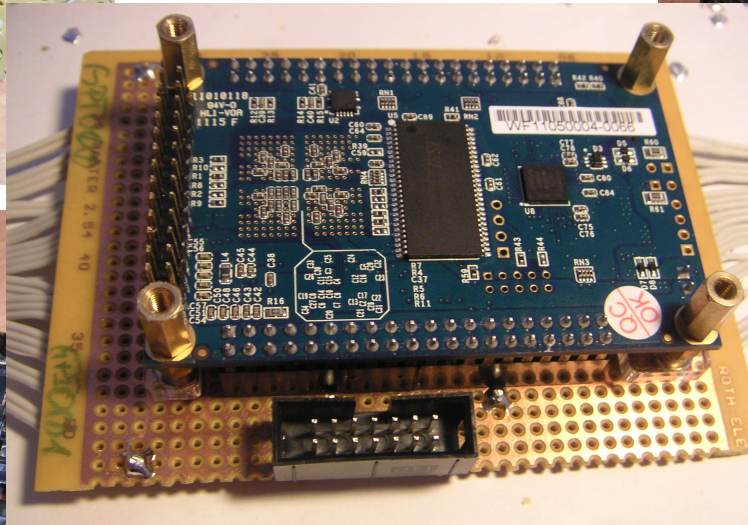
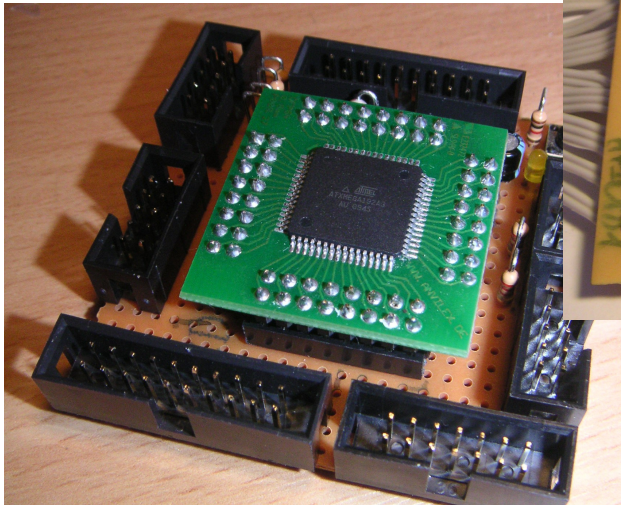
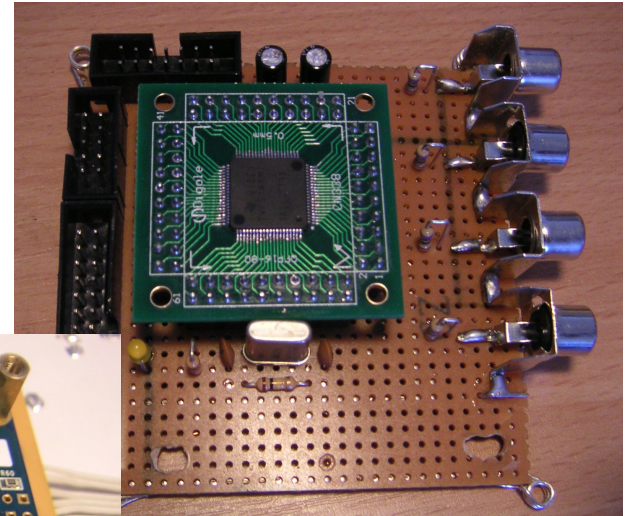
Die Lösung (6)



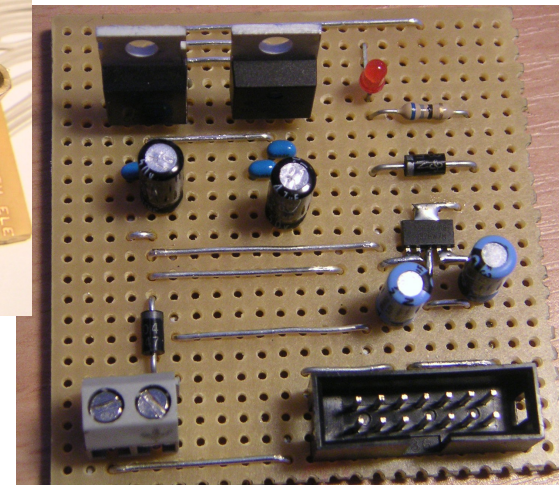
USB

Fnordlicht-Bus

TVP5146



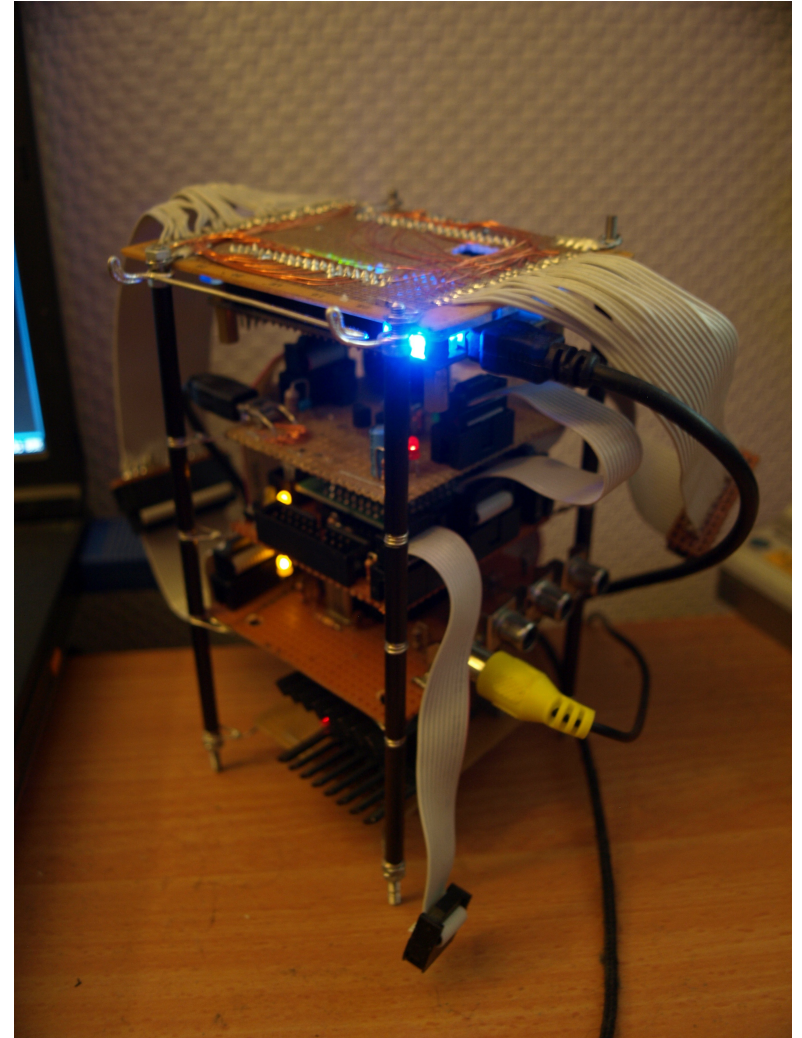
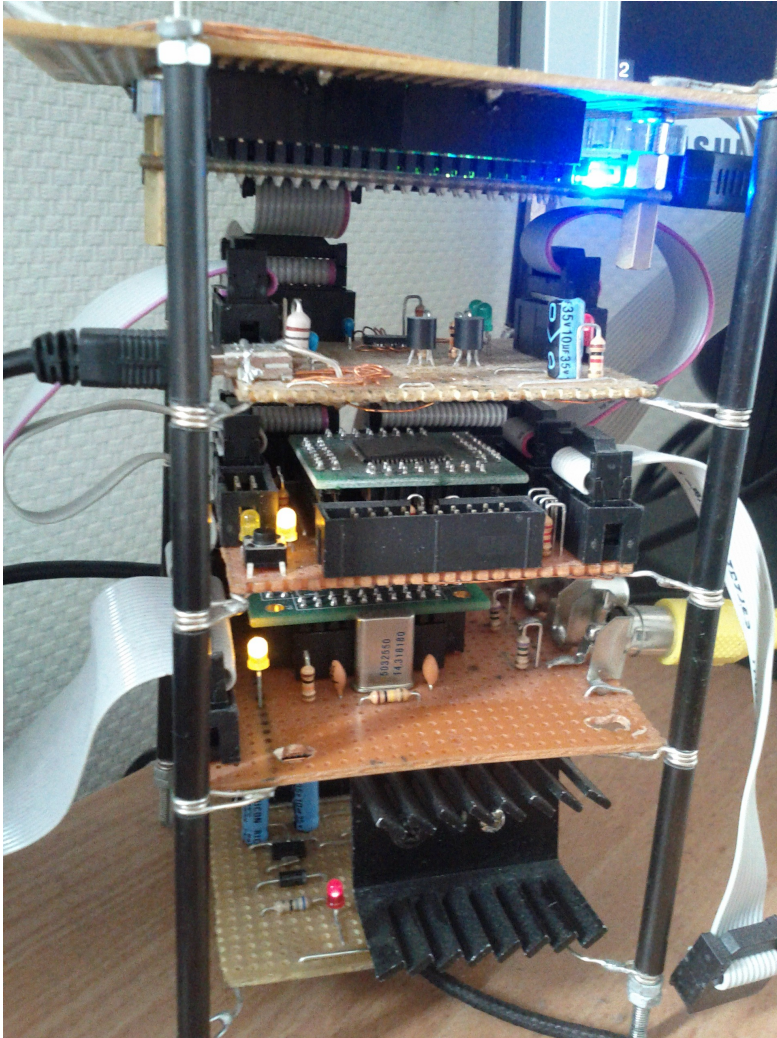
FPGA-Board



AVR Spannungsversorgung



Die Lösung (7)



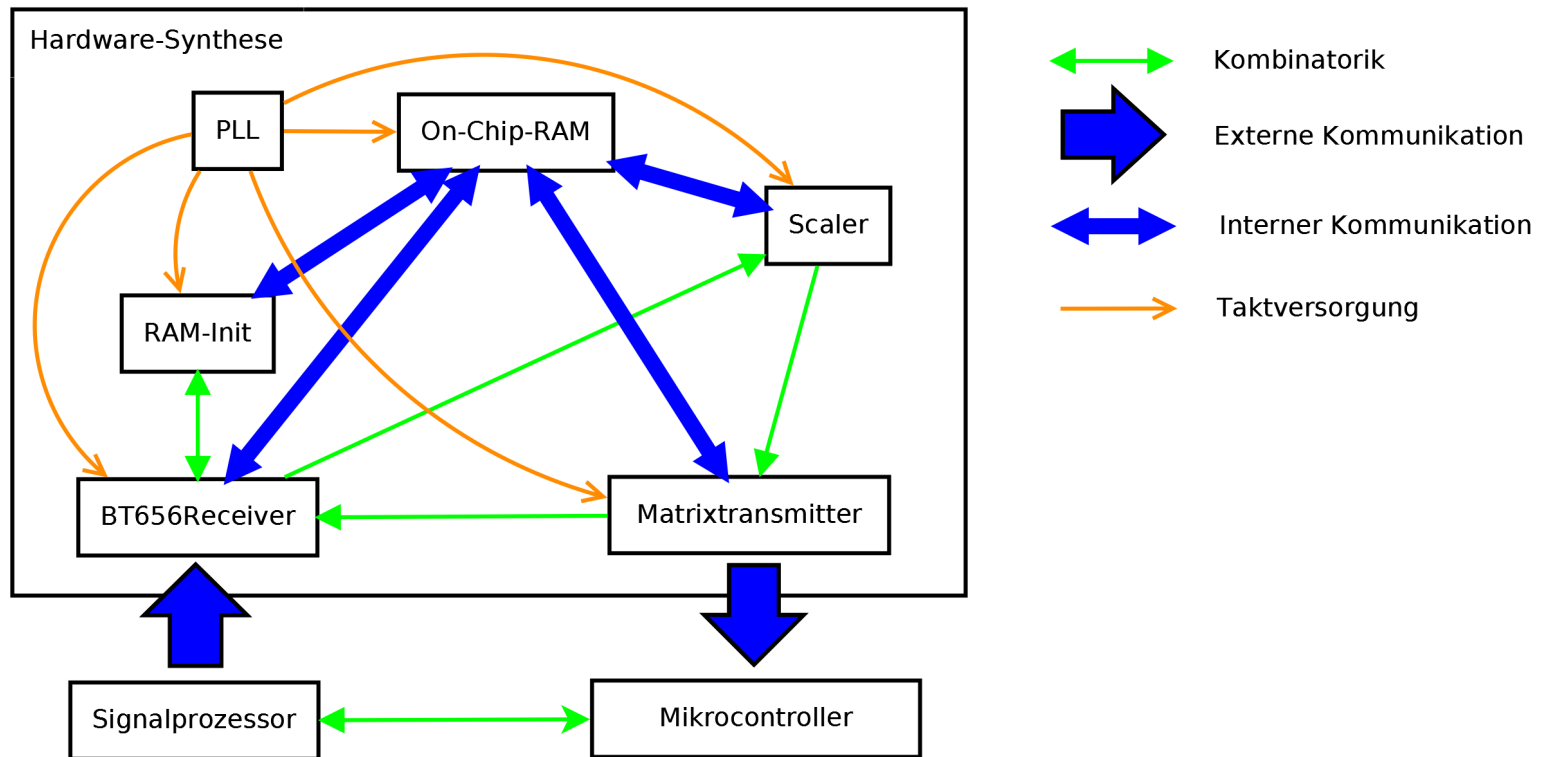
Die Lösung (8)

- Hardware-Synthese Mitte 2012 begonnen
- ITU-R BT.656 -Modul
- Schnittstelle zwischen AVR und FPGA
- RAM (SDRAM und On-Chip-RAM)
- Hardware-Synthese 2012 begonnen
- Abschlussarbeit über Hardware-Synthese WS12/13
- Erstmals funktionstüchtig Januar 2013



Die Lösung (9)

- Architektur Hardware-Synthese



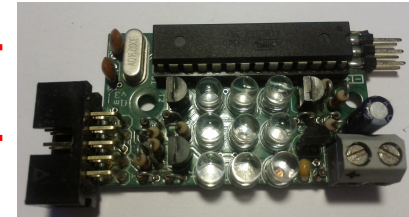
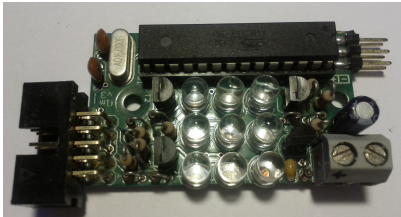
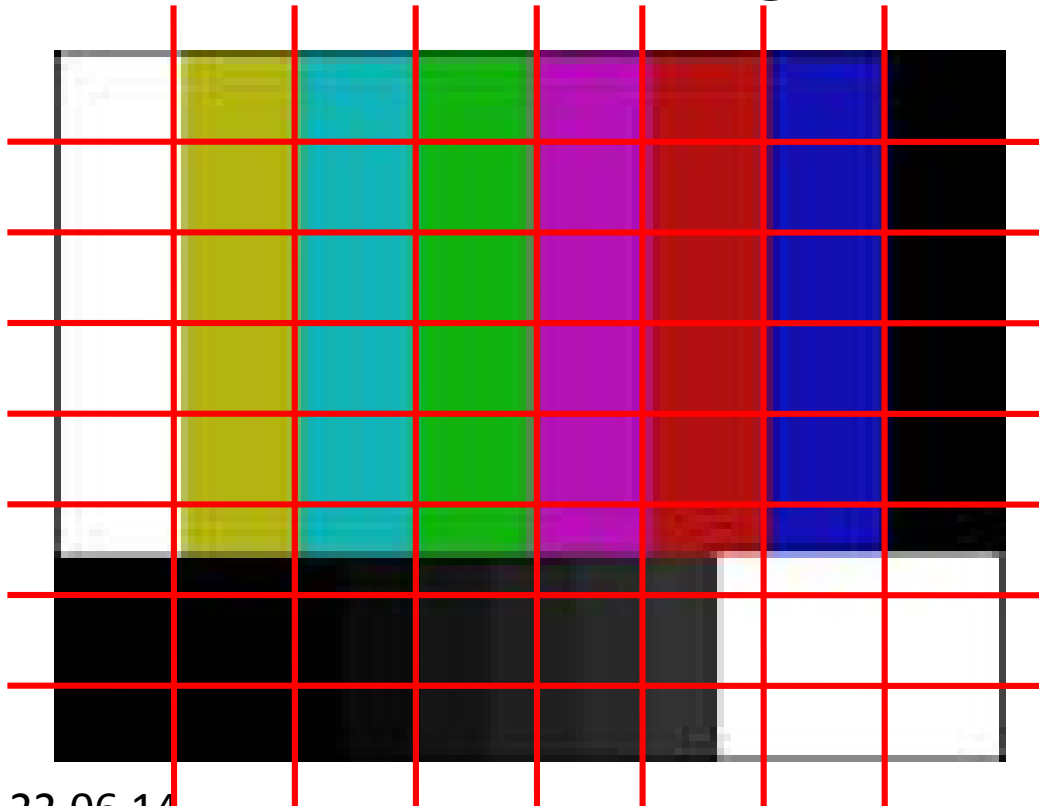
Die Lösung (10)

- Erstmals funktionstüchtig Januar 2013
- ca. 3 Jahre später
- FPGA kann theoretisch $\sim 1666,6$ fps
- System verlangsamt zur Synchronisierung mit Video



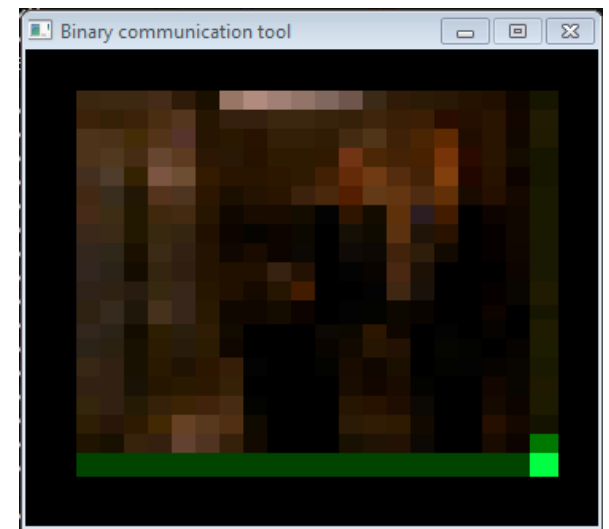
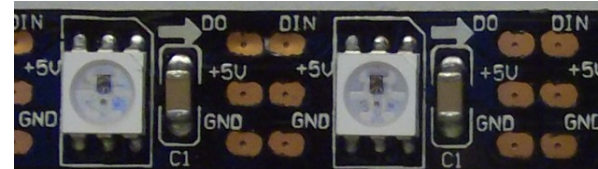
Die Lösung (11)

- Firmware empfängt 8x8 Pixeldaten
- Errechnet daraus die anzuzeigenden Farben

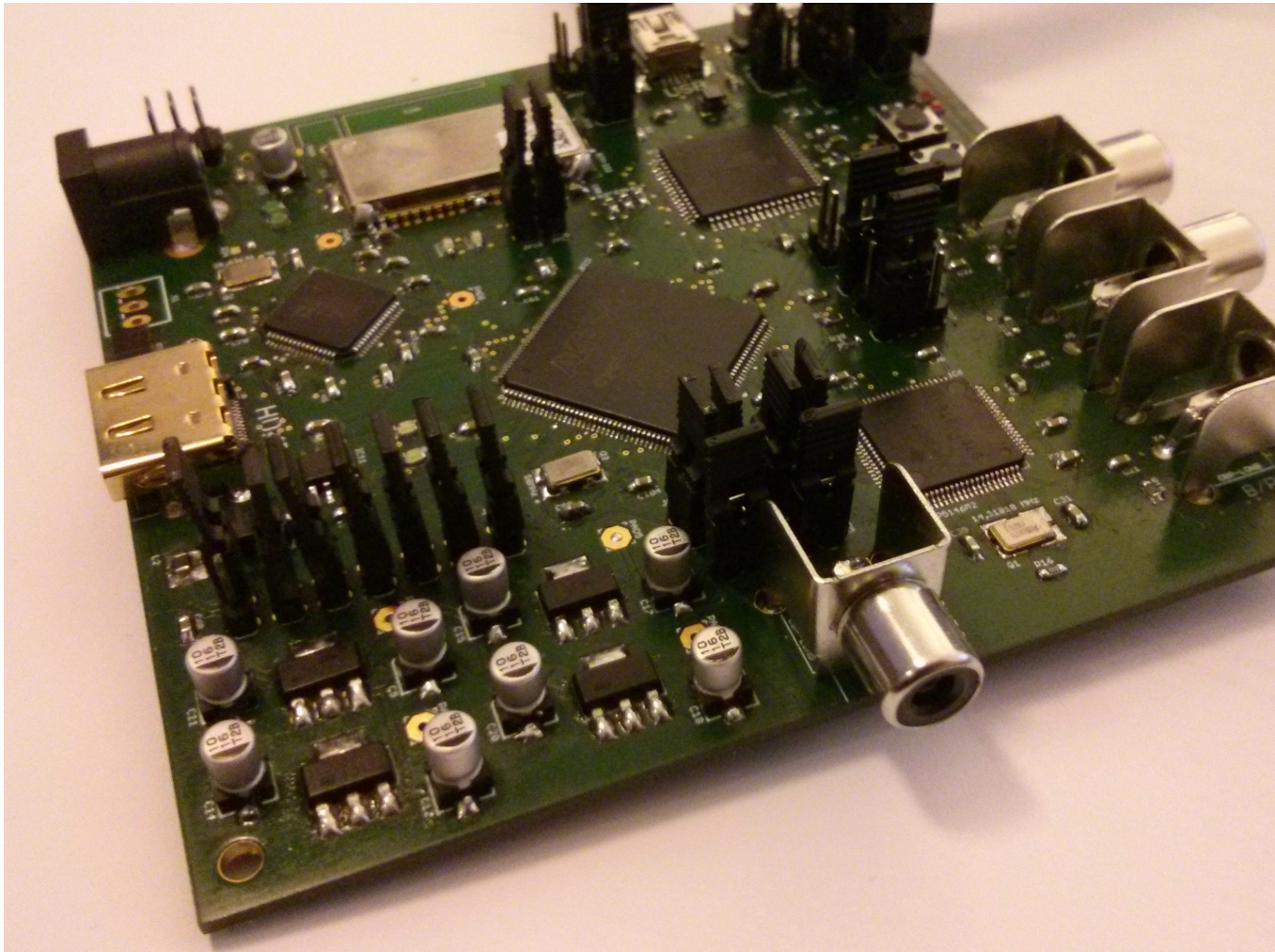


Stand der Dinge (1)

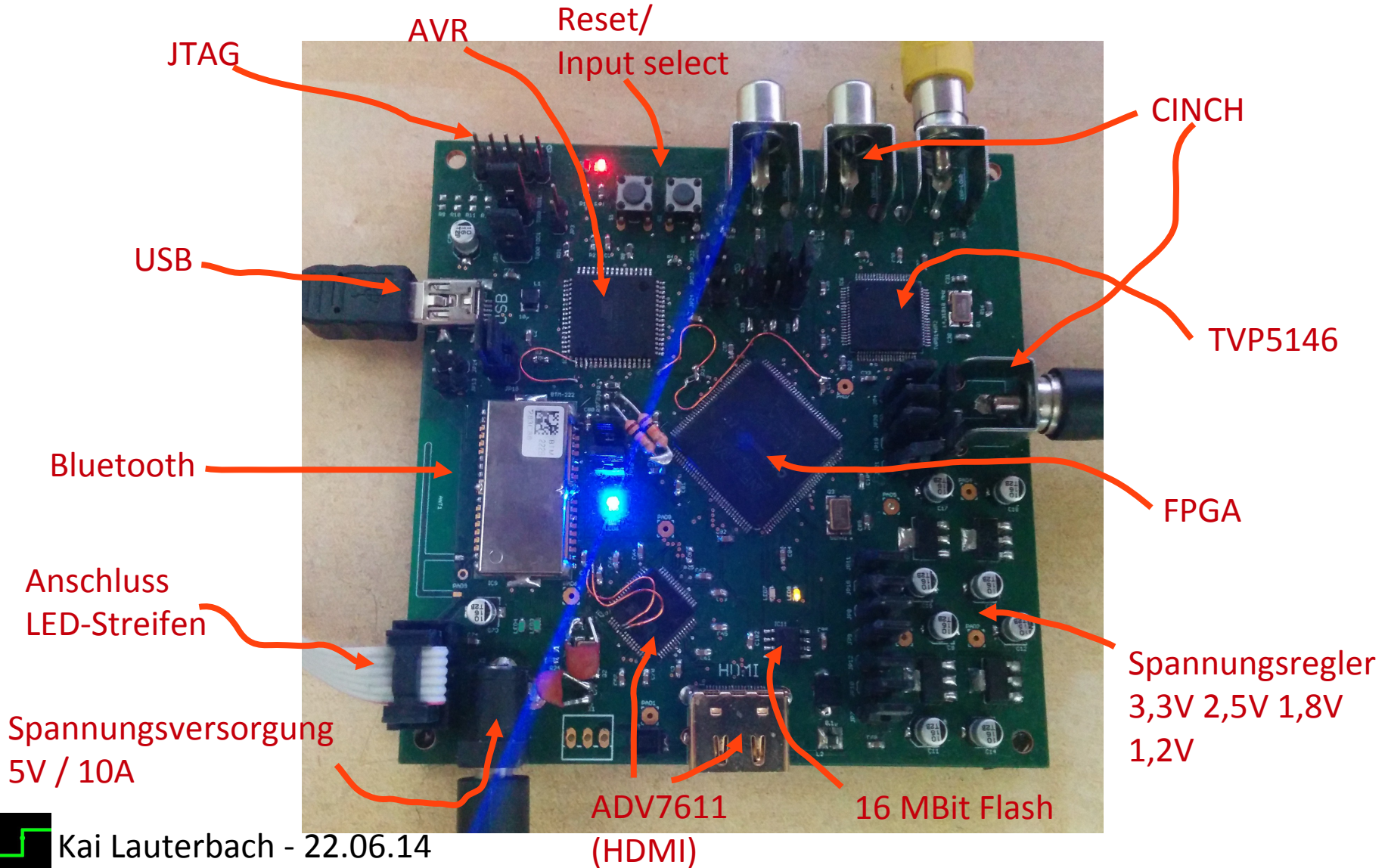
- Fnordlichter durch LED-Streifen (120x WS2811) ersetzt
- Auflösung: 20x20 px statt 8x8 px
- 2700 statt 192 Byte RAM
- Eine einzelne Platine
- Bluetooth 2.0
- App (Android)
- Firmware-Update per USB
- HDMI (FullHD, HDCP) funktioniert nicht



Stand der Dinge (2)



Stand der Dinge (3)



Stand der Dinge (4)

- Aufbau:
 - LED-Streifen an Bildschirm-Rückseite kleben
 - LED-Streifen mit „AmbiController“ verbinden
 - Signalquelle verbinden
 - Stromquelle anschließen
 - Fertig



Aussicht

- HDMI-Support (ohne HDCP)
- Neue Hardware-Revision
- Mehr Benutzerfreundlichkeit bei der Konfiguration der LED-Streifen-Größe



Fragen

Youtube – Playlist: <http://goo.gl/6AdklL>

Blog: <http://klautesblog.blogspot.com>

Twitter: @KaiLauterbach

eMail: klaute@web.de

