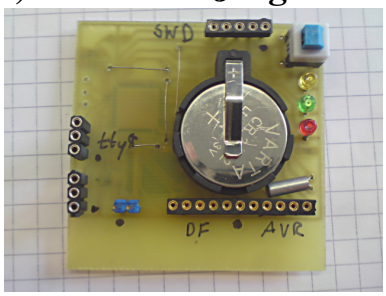
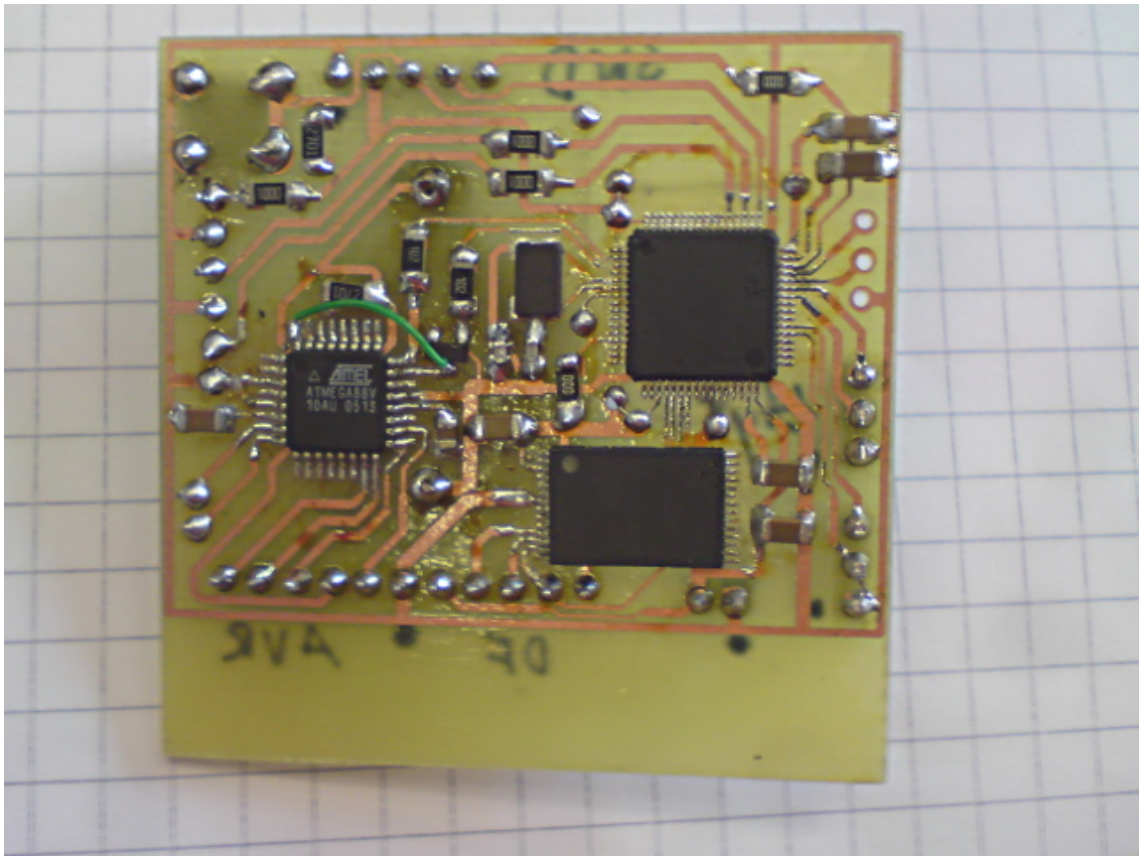
MXE11: Unix auf dem Mikrocontroller

V1.73 (c) 2017-2018 Jörg Wolfram

[0.5cm] 

1 Grundversion

Gleich vornweg: Eine 1:1 Nachbauanleitung für alle möglichen Varianten gibt es nicht, da ich meist die Bauteile nehme, die ich geade da habe oder von alten Projekten und Leiterplatten „recyclen" kann. Lediglich für die SPC56EL60- und die STM32F405-Variante gibt es ein relativ aktuelles Layout.
Als Erweiterung sind 4 analoge Inputs, 4 analoge Outputs (via PWM) und jeweils 4 digitale Inputs/Outputs vorgesehen. Für später ist eine Netztwerkfunktion via CAN geplant.



Das Layout ist einseitig (mit ein paar Drahtbrücken) und beinhaltet den STM32F405RG, einen AT45DB642 und einen ATMega88 als RTC. Es ist mit gEDA PCB erstellt und befindet sich im **doc** Archiv. Ich habe es zur Zeit nicht weiter dokumentiert, da meistens andere Layoutprogramme bevorzugt werden.

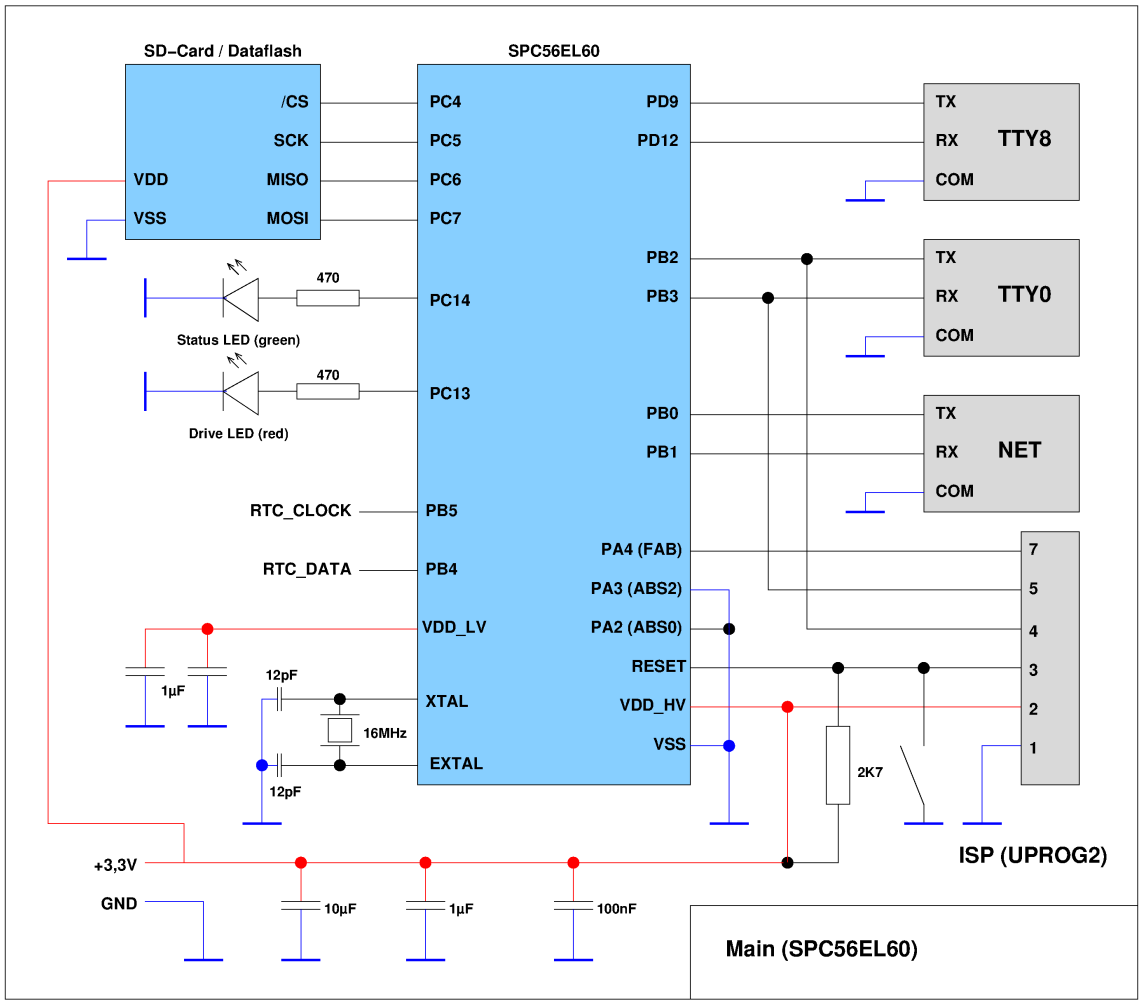
1.1 Allgemeines

Im Schaltplan sind meist nur die Signalbezeichnungen angegeben. Als externer Datenträger können entweder ein AT45DB642 Dataflash (Binary page mode) oder eine SD-Karte verwendet werden. Die Anschlussbelegung am Controller ist in beiden Fällen gleich. Als serielle Schnittstellen sind momentan TTY8 (/dev/tty8) und TTY0 (/dev/tty0) vorgesehen, wobei

TTY8 die primäre Konsole ist. Als ISP-Schnittstelle sind die Anschlüsse vom UPROG2 angegeben. Falls ein AT45DB642 eingesetzt werden soll, empfehle ich, anstatt eines Reset-Tasters einen Rastschalter aufzubauen. Damit lässt sich der Mikrocontroller währen der Programmierung des Flashes deaktivieren und stört nicht die Programmierung.
In der Tabelle steht **OK** für erfolgreich getestet (und gemessen), **NT** für nicht getestet (ich hatte auf dem Board keinen Zugriff auf die Signale) und **—** für nicht implementiert.

1.2 SPC56EL60

das ist die Ur-Version, die ich mit einem Testboard aufgebaut habe. Die Quarzfrequenz beträgt 16MHz, die CPU-Frequenz 120MHz. Zur Zeit wird nur 1 Core verwendet.



1.2.1 IO-Belegung

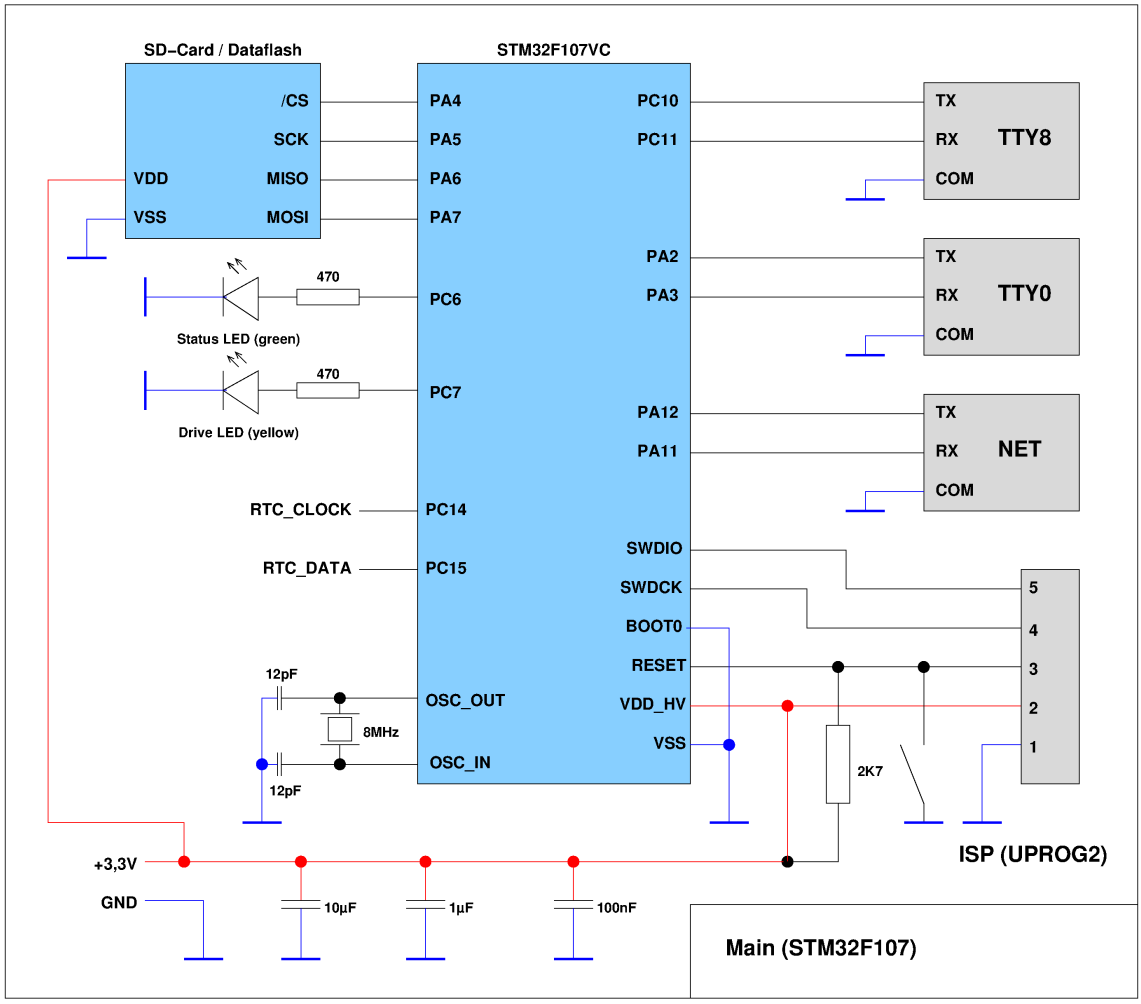
Signal	Pin	Status
CAN TX	PB0	—
RAN RX	PB1	—
AIN_0	PB7	OK
AIN_1	PB8	OK
AIN_2	PB9	OK
AIN_3	PB10	OK
AOUT_0	PA13	OK
AOUT_1	PA12	OK
AOUT_2	PA11	OK
AOUT_3	PA10	OK
DIN_0	PB11	OK
DIN_1	PP12	OK
DIN_2	PB13	OK
DIN_3	PB14	OK
DOUT_0	PA0	OK
DOUT_1	PA1	OK
DOUT_2	PD10	OK
DOUT_3	PD11	OK

1.3 STM32F103

Diese STM32-Version habe ich eingestellt, da mein Board nicht alle notwendigen Signale herausgeführt hatte.

1.4 STM32F107

Als Board habe ich das Olimex STM32-H107 Board verwendet, Quarzfrequenz liegt bei 8MHz, 72MHz Taktfrequenz.

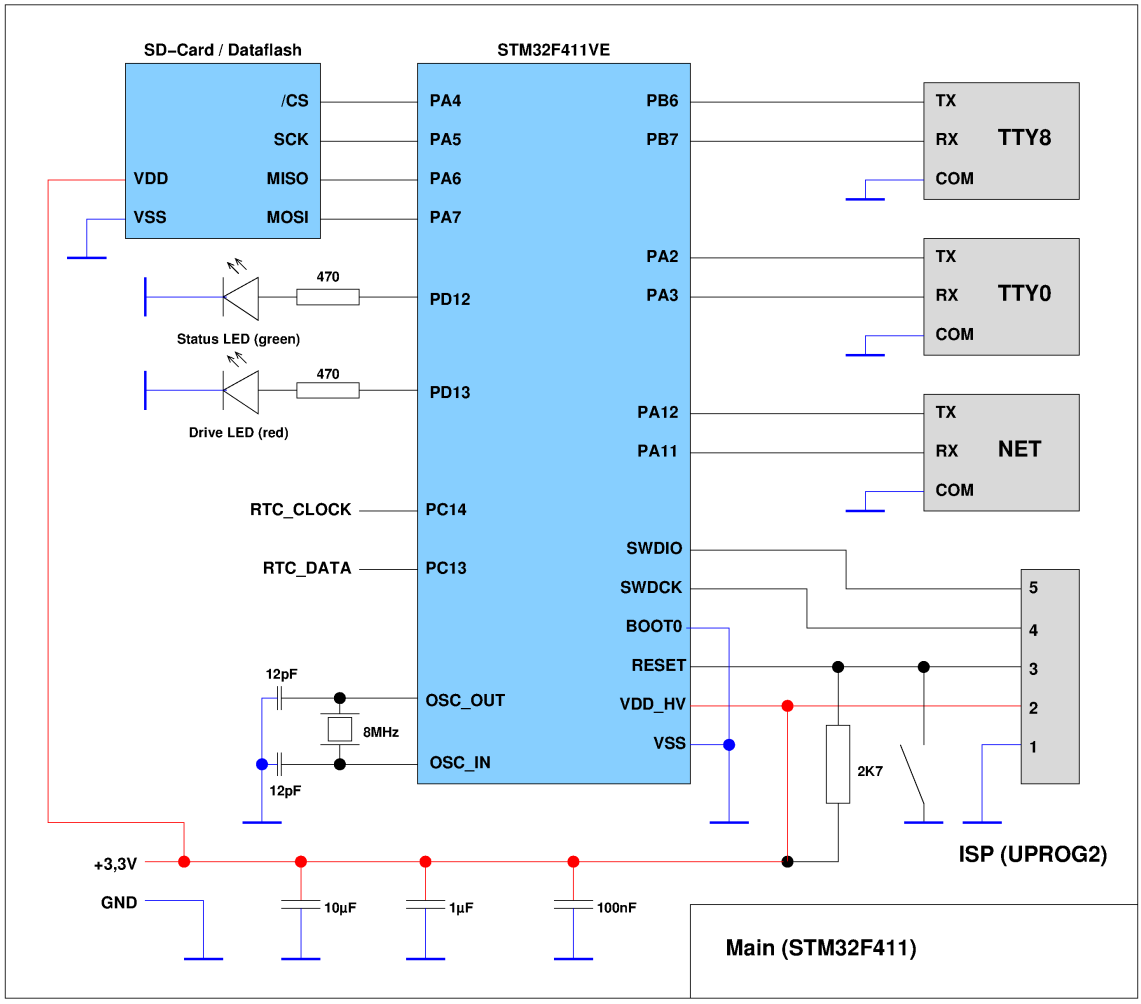


1.4.1 IO-Belegung

Signal	Pin	Status
CAN TX	PA12	—
RAN RX	PA11	—
AIN_0	PC0	OK
AIN_1	PC1	OK
AIN_2	PC2	OK
AIN_3	PC3	OK
AOUT_0	PA15	OK
AOUT_1	PB3	OK
AOUT_2	PC8	OK
AOUT_3	PC9	OK
DIN_0	PB8	OK
DIN_1	PB9	OK
DIN_2	PB10	OK
DIN_3	PB11	OK
DOUT_0	PB12	OK
DOUT_1	PB13	OK
DOUT_2	PB14	OK
DOUT_3	PB15	OK

1.5 STM32F411

Als Board habe ich das STM32F411E-Discovery Board verwendet, Quarzfrequenz liegt bei 8MHz.

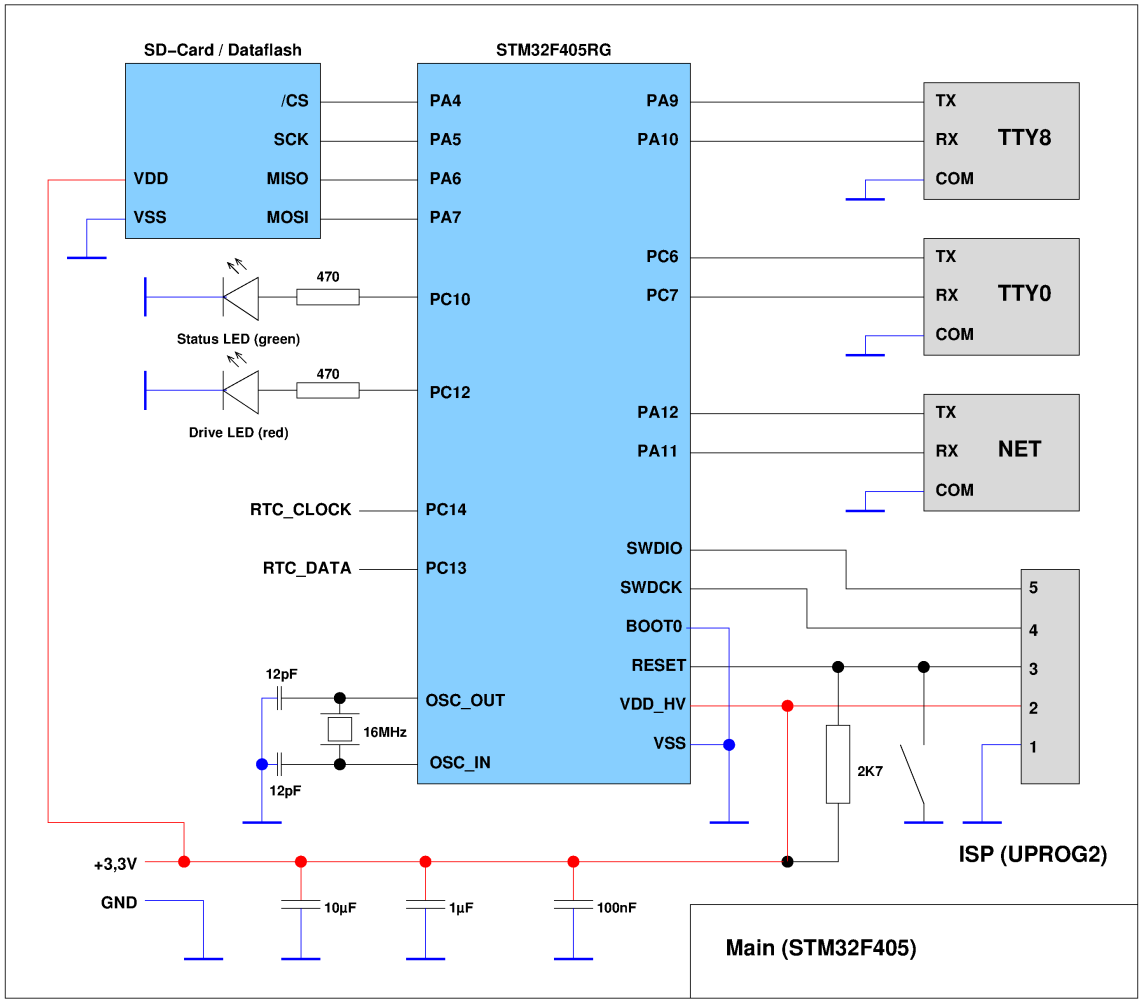


1.5.1 IO-Belegung

Signal	Pin	Status
CAN TX	PA12	—
RAN RX	PA11	—
AIN_0	PC4	OK
AIN_1	PC5	OK
AIN_2	PB0	OK
AIN_3	PB1	OK
AOUT_0	PC6	OK
AOUT_1	PC7	OK
AOUT_2	PC8	OK
AOUT_3	PC9	OK
DIN_0	PD0	—
DIN_1	PD1	—
DIN_2	PD2	—
DIN_3	PD3	—
DOUT_0	PD4	—
DOUT_1	PD5	—
DOUT_2	PD6	—
DOUT_3	PD7	—

1.6 STM32F405

Board ist hier ein eigenes Board für den MXE11, Quarzfrequenz liegt bei 16MHz.



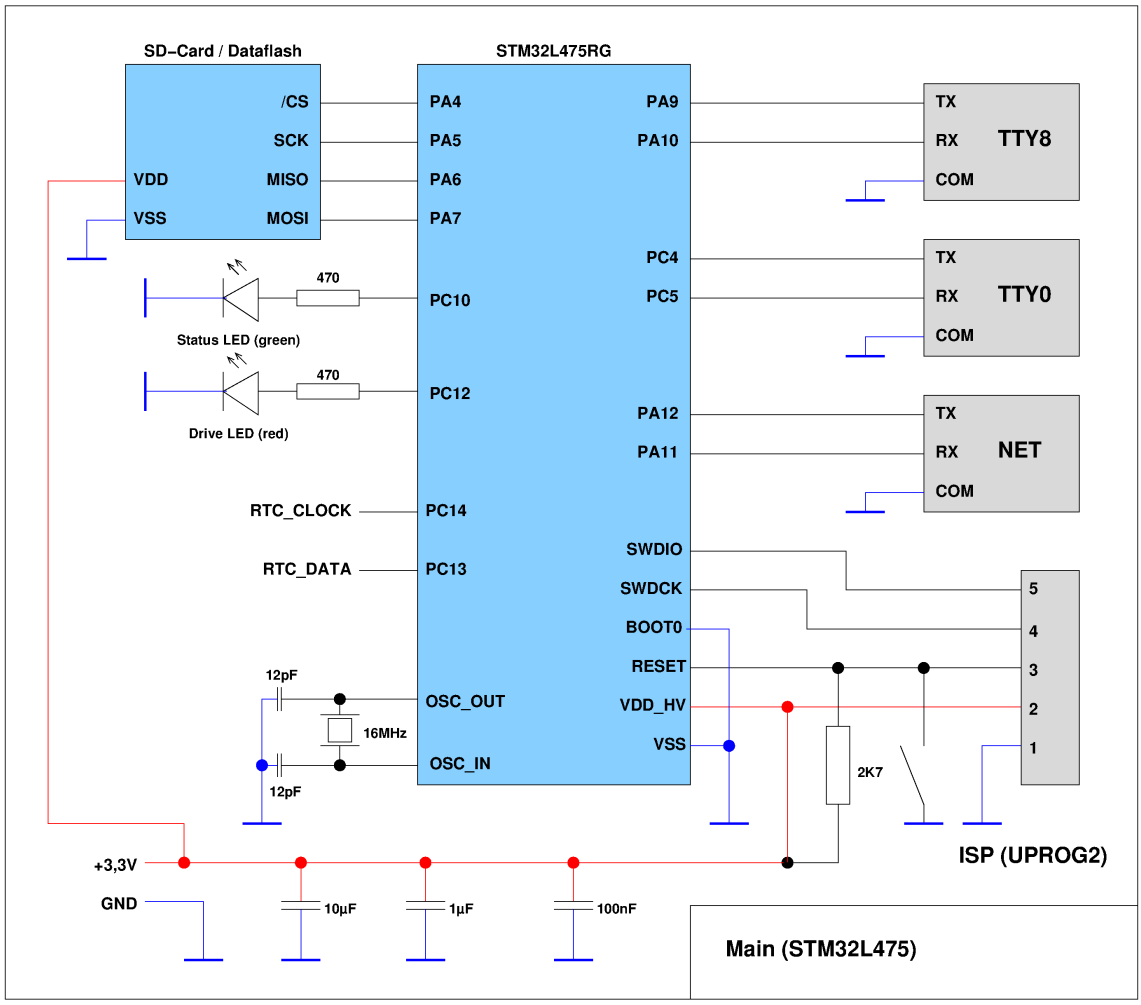
1.6.1 IO-Belegung

Signal	Pin	Status
CAN TX	PA12	—
RAN RX	PA11	—
AIN_0	PC0	OK
AIN_1	PC1	OK
AIN_2	PC2	OK
AIN_3	PC3	OK
AOUT_0	PA15	OK
AOUT_1	PB3	OK
AOUT_2	PB10	OK
AOUT_3	PB11	OK
DIN_0	PB4	OK
DIN_1	PB5	OK
DIN_2	PB6	OK
DIN_3	PB7	OK
DOUT_0	PB12	OK
DOUT_1	PB13	OK
DOUT_2	PB14	OK
DOUT_3	PB15	OK

1.7 STM32L475

Board ist hier das MXE11-Board wie beim STM32F405, lediglich die Signale für TTY0 wurden parallelverdrahtet, da sie auf PC4/PC5 anstelle PC6/PC7 liegen. Die Quarzfrequenz liegt ebenfalls bei 16MHz. ADC und PWM funktionieren

momentan noch nicht.



1.7.1 IO-Belegung

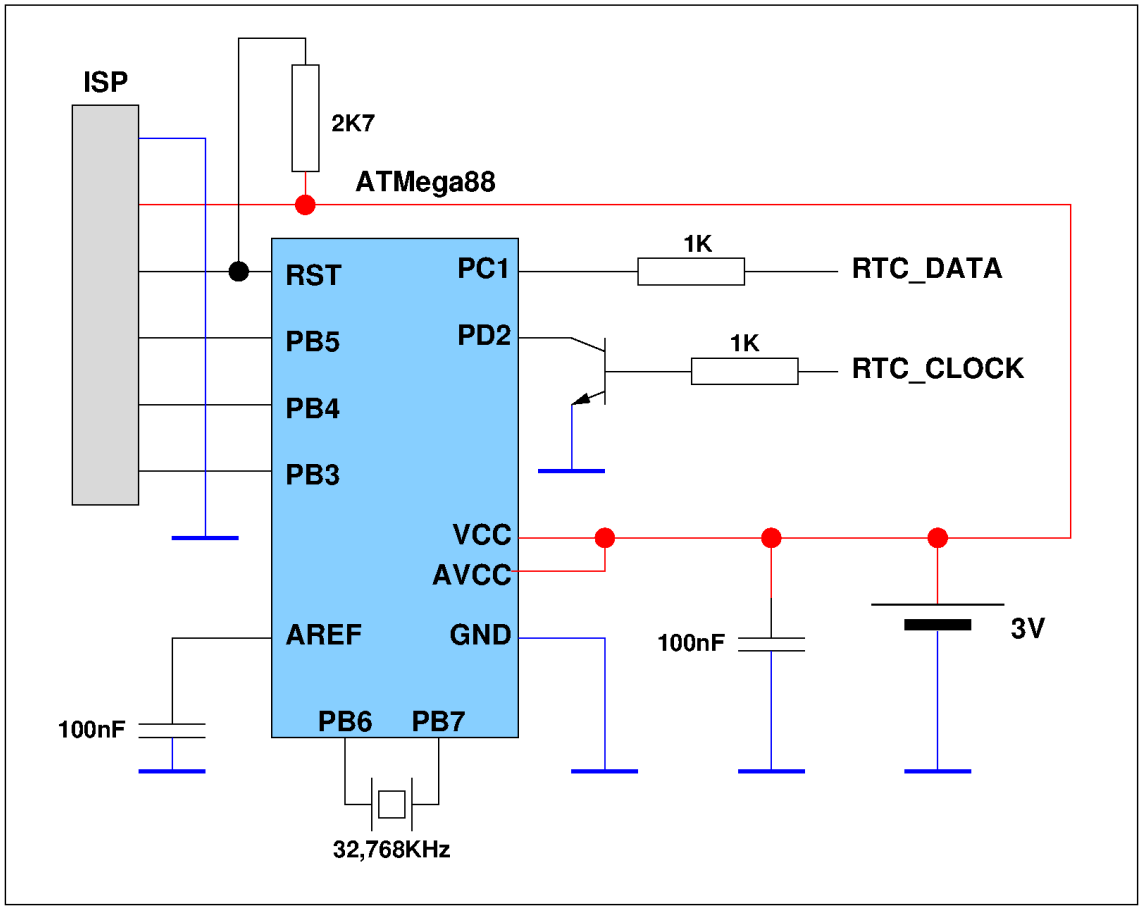
Signal	Pin	Status
CAN TX	PA12	—
RAN RX	PA11	—
AIN_0	PC0	—
AIN_1	PC1	—
AIN_2	PC2	—
AIN_3	PC3	—
AOUT_0	PA15	—
AOUT_1	PB3	—
AOUT_2	PB10	—
AOUT_3	PB11	—
DIN_0	PB4	OK
DIN_1	PB5	OK
DIN_2	PB6	OK
DIN_3	PB7	OK
DOUT_0	PB12	OK
DOUT_1	PB13	OK
DOUT_2	PB14	OK
DOUT_3	PB15	OK

2 Die RTC

Auch wenn einige der verwendeten Mikrocontroller eine integrierte RTC besitzen (STM32), habe ich eine eigene (externe) Lösung entwickkelt, die mit allen eingesetzten Controllern funtioniert. Über eine 2-Draht Schnittstelle sind neben dem Sekundenregister (32 Bit) noch 15 weitere batteriegestützte 32-Bit Register zur universellen Verwendung verfügbar.

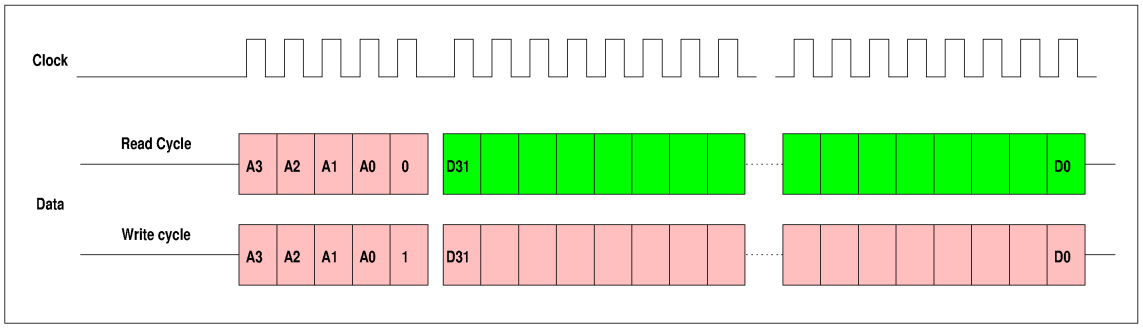
2.1 Schaltung

Kernstück der Schaltung ist im konkreten Fall ein ATMega48/88/168/328, der genaue Typ ist zweitrangig. Der Controller läuft mit internem RC-Oszillator, zusätzlich ist ein 32758 Hz Uhrenquarz notwendig. Die Kommunikation mit dem Host-Controller erfolgt über zwei Leitungen (Clock und Data), wobei die Clock-Leitung über einen NPN-Transistor invertiert wird. Die Datenleitung erhält einen Entkopplungswiderstand von 1KOhm, um Signalkonflikte während der Richtungsumschaltung zu vermeiden. Versorgt wird der ATMega über eine 3V Lithium-Knopfzelle.



2.2 Protokoll

Die Kommunikation seitens des Host-Controllers erfolgt über 2 frei wählbare I/O Pins und softwareseitig über meine **Unilib**. Der RTC-Controller befindet sich die meiste Zeit im Sleep und wird in regelmäßigen Abständen über den Timer 2 aufgeweckt. Als weitere Interrupt-Quelle dient INT0, der über den externen Transistor mit der Clock-Leitung verbunden ist. Die maximale Taktfrequenz für die Übertragung beträgt ca. 16KHz. Da das Auslesen der RTC nur beim Start des Emulators erfolgt, spielt die für die Kommunikation erforderliche Zeit nur eine untergeordnete Rolle.
Danach werden clocksynchron 4 Adressbits und ein R/W Bit zur RTC gesendet. Abhängig von R/W Bit folgen dann 32 Bits Daten entweder von der RTC zum Host oder vom Host zur RTC. Danach ist die Kommunikation abgschlosssen und die RTC geht wieder in den Sleep-Mode.



Bei einer unvollständigen Kommunikation bricht die RTC nach ca. 0,5 Sekunden mit einem Timeout ab und geht wieder in den Sleep-Mode. Auf diese Weise werden kurze Störimpulse ausgefiltert.

2.3 Software

Die Software auf dem ATMega ist in Assembler geschrieben und nutzt sowohl Timer 2 als auch Int0 als Wake-Up und Interrupt-Quellen.
Die Fuse-Einstellungen für einen ATMega88 lauten:

```
LOW-FUSE      0xD2
HIGH-FUSE     0xDF
EXT-FUSE      0xFF
```