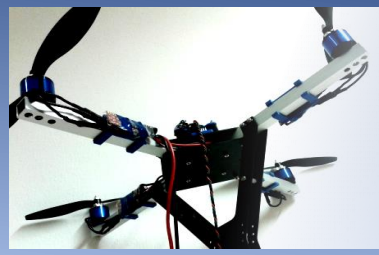
EMQ Framework

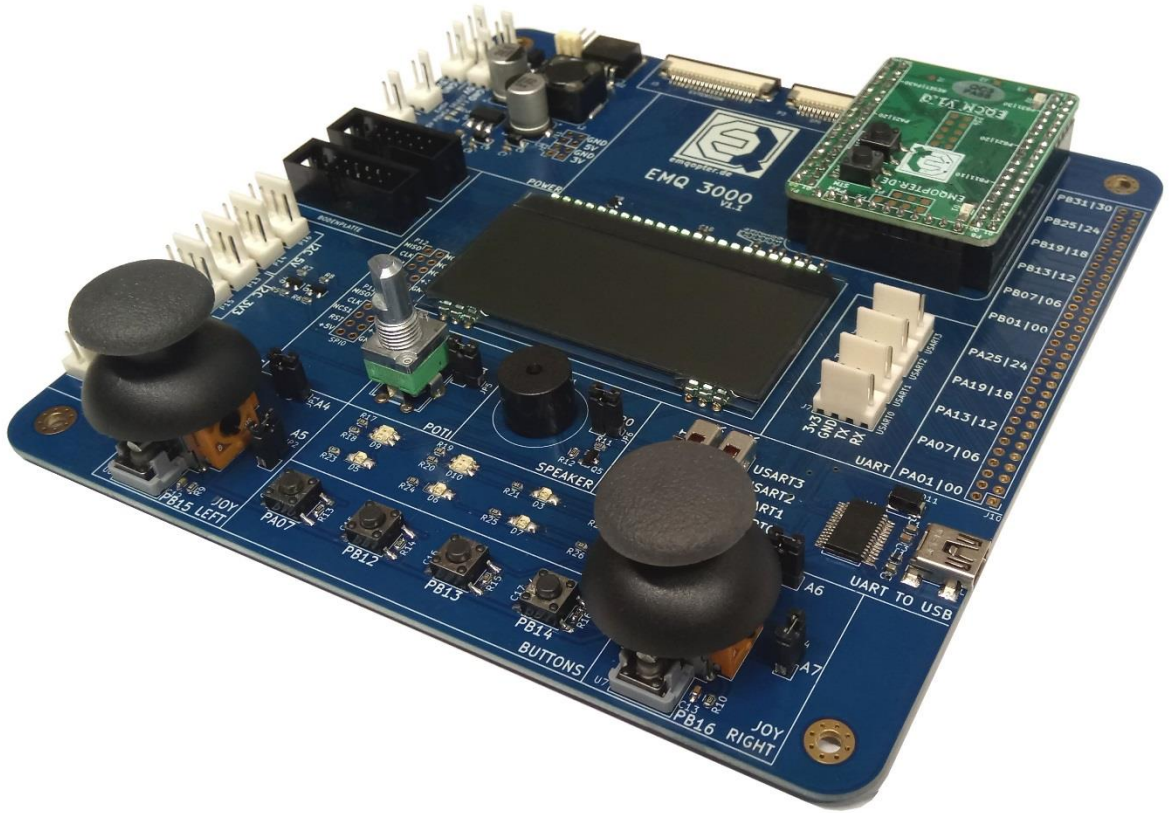
QCS-Einführungskurs

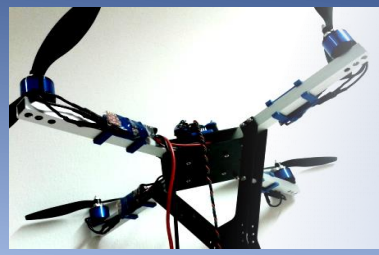


Inhalt

Umfang: ca. 2-3 Zeitstunden

- Was bedeutet Embedded?
- Das Entwicklungsboard EMQ3000
- Grundlagen Programmieren
- Die Software-Bibliothek
- Display DOGM204
- Aufgaben

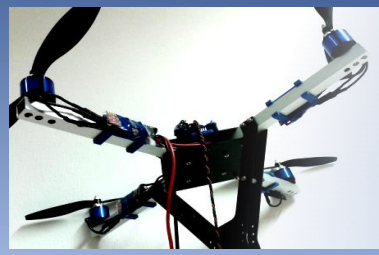




Embedded

Was bedeutet Embedded?

- Embedded = Eingebettet
- Ein Prozessor / Computer / Rechner wird in einem Prozess oder Ablauf eingebettet
- Beispiele:
  - Waschmaschine: Computer steuert Waschprogramm
  - Cola-Automat: Computer steuert Bestellung
  - Drucker: Computer steuert Druckvorgang
  - Smartphone: Computer steuert telefonieren (u.a.)
  - **Drohne**: Computer steuert Flug
- Embedded finden Sie heute überall

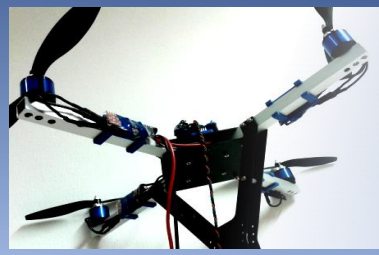


Embedded

Embedded – Besonderheiten am Beispiel Drohne:

- Echtzeit: Drohne muss Ihre Aufgaben (z.B. Lageregelung) **rechtzeitig** erledigen, sonst stürzt Sie ab
- Ressourcenknappheit: nur begrenzte Ressourcen wie Speicher, Rechenpower, weil Rechner muss mitfliegen
- Black-Box: Der Rechner macht etwas, man weiß aber nicht immer so schnell, was er macht, weil meist kein Monitor vorhanden ist, wie z.B. beim PC
- Hardwarenahe Programmierung: Man hat meist mehr Freiheiten, kann oft aber auch mehr falsch machen
- Typische Hardware: Micro Controller Unit == MCU Mikroprozessor: Kleiner Prozessor vs. z.B. Intel CPU oder NASA Supercomputer
- Typische Programmiersprache: **C**/C++

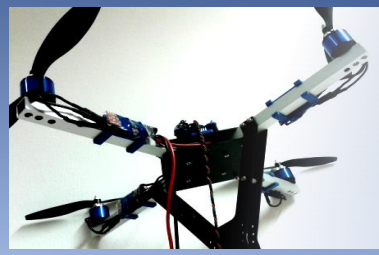
Supercomputer der NASA: Etwas groß, für Drohnen



Embedded

Embedded – Besonderheiten am Beispiel Drohne:

- Programm startet, sobald Strom eingeschaltet wird
- Netzteil / Akku anstecken-> Programm läuft sofort
  -> Motoren können jederzeit einschalten (theoretisch)
- Programm ist permanent auf der Drohne gespeichert
  -> im sogenannten Flash-Speicher
- Wenn Änderungen am Programm erfolgen (sollen),
  z.B. nach dem Programmieren = Erstellen neuen Codes,
  dann muss man erneut **kompilieren** & **flashen**



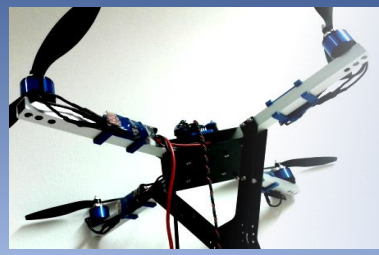
Embedded

Embedded – Besonderheiten am Beispiel Drohne:

- Vorgehen stets aus vier Schritten: Programmieren, Kompilieren, Flashen & Ausführen
- Kompilieren -> Übersetzen des Programmcodes in Maschinencode:
  Menschen verstehen Programmcode (z.B. C), -> Hochsprache
  Maschinen sprechen NUR Maschinencode (01010110) -> schlimmer als Assembler

  Hochsprache == Englisch -> Versteht jeder
  Maschinensprache == Mandschu -> Kompliziert und sehr selten (100 Sprecher)

- Flashen: Programmcode auf Rechner in Flash-Speicher kopieren
  Wir benutzen dazu einen USB-basierte Bootloader, der dies übernimmt,
  wobei der Prozessor per Knopfdruck gestoppt wird, sonst läuft er immer weiter:
  Somit wird ihm mitgeteilt, dass nun ein neues Programm kommt.



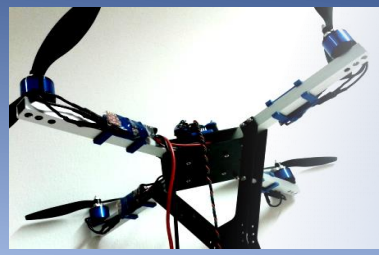
Embedded

Flash-Speicher:

- Digitaler Speicher (z.B. USB-Stick)
- Nichtflüchtig
- UC3A0512 (CPU des EVK) hat 512 Kilobyte Flashspeicher (Das ist viel für MCU)
- Flashen meint das Programmieren dieses Speichers zum Laden des Programmes auf MCU

Funktionsweise (vereinfacht):

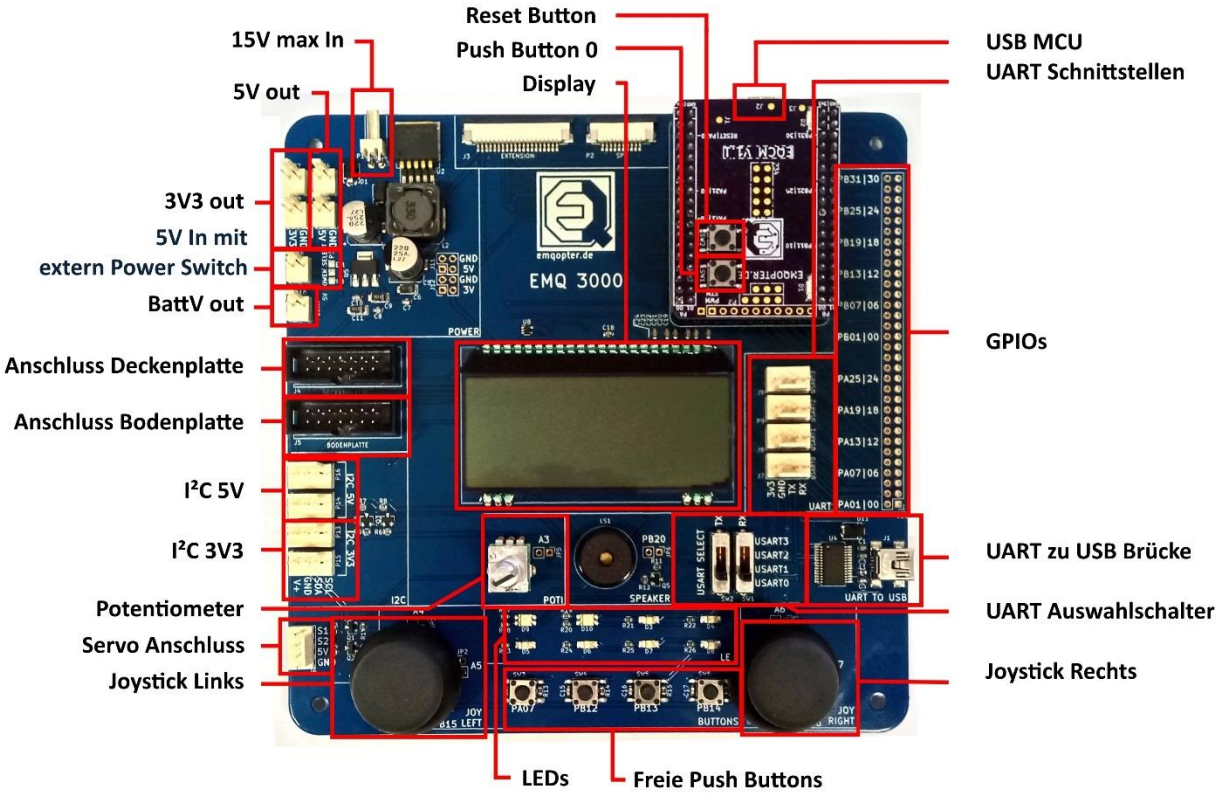
- Daten = Ladungen auf Floating-Gate eines MISFET:
  Metall-Isolator-Halbleiter-Feldeffektransistor
- Floating-Gate durch Dielektrikum isoliert -> kein Abfließen
  -> Vereinfacht ausgedrückt: Isolierter Transistor (Transistor = Schalter, hier wie Speicher)
- Heut zutage: Multi-Level-Cell-Speicherzellen

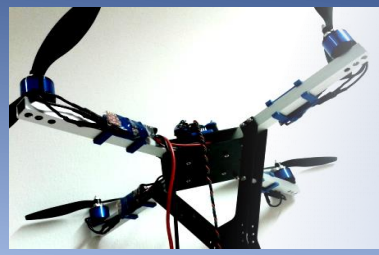


EMQ3000

Entwicklungsboard EMQ3000:

- Alles einfach programmierbar
- Umfangreiche Peripherie
- Peripherie = Alles, was nicht direkt CPU ist
- MCU / Mikroprozessor Name: 32UC3A0512-U



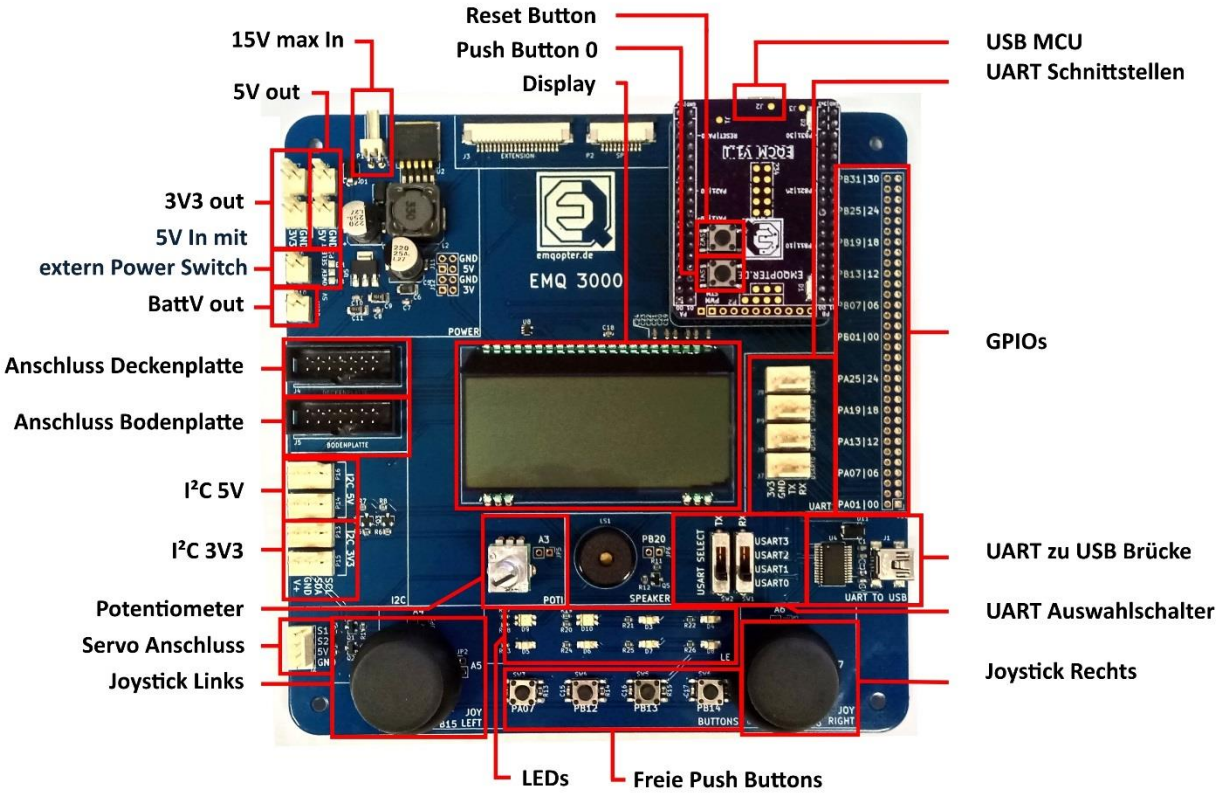


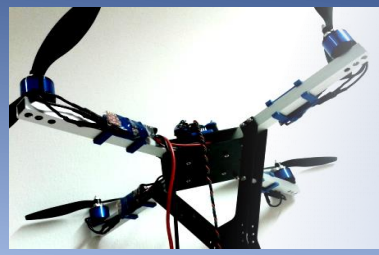
EMQ3000

Entwicklungsboard EMQ3000:

Peripherie:

- USART = Serielle Kommunikation RS232, Einfacher Vorgänger von USB
- PINs = Kontakte, für alles = GPIO
  General Purpose Input Output
  Allgemeines rein und raus
- Klassische Schnittstellen:
  - I²C bzw. TWI
  - SPI
- Knöpfe zum Steuern (Buttons)
- Display für Anzeigen (DIP abgekürzt)

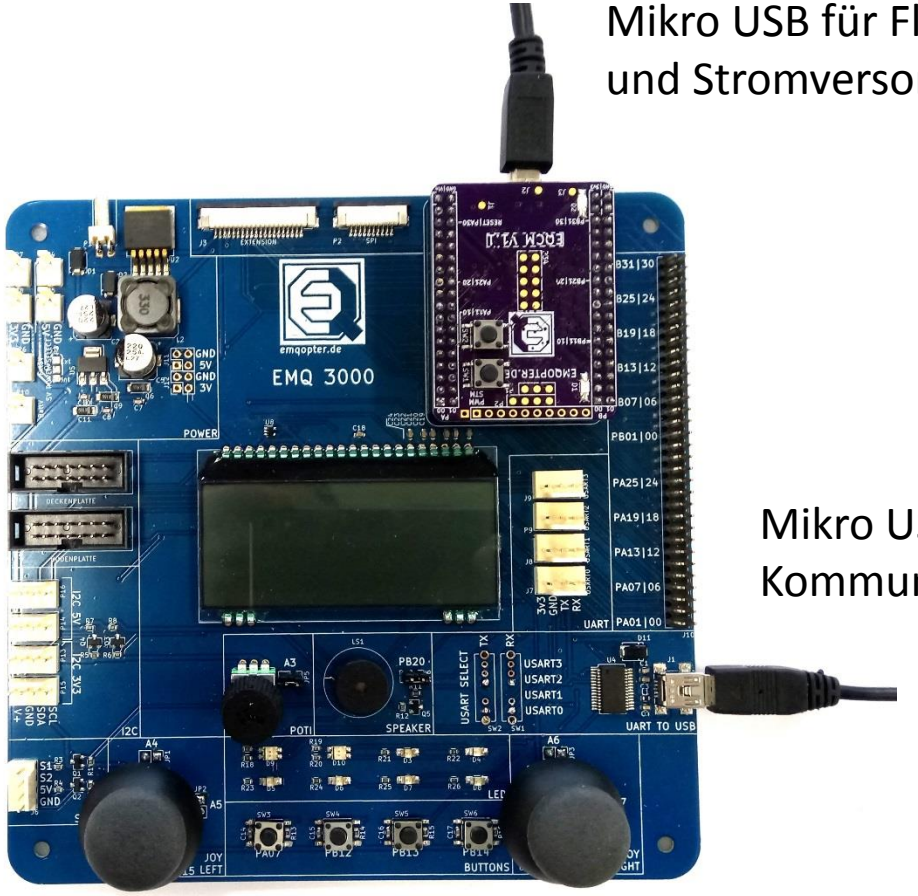




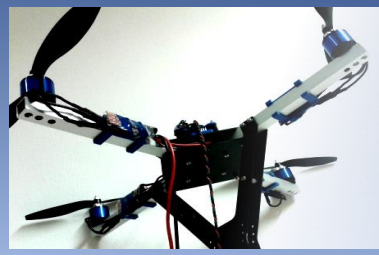
EMQ3000

Anschluss an PC:

Mikro USB für Flashen
und Stromversorgung



Mikro USB für USART
Kommunikation



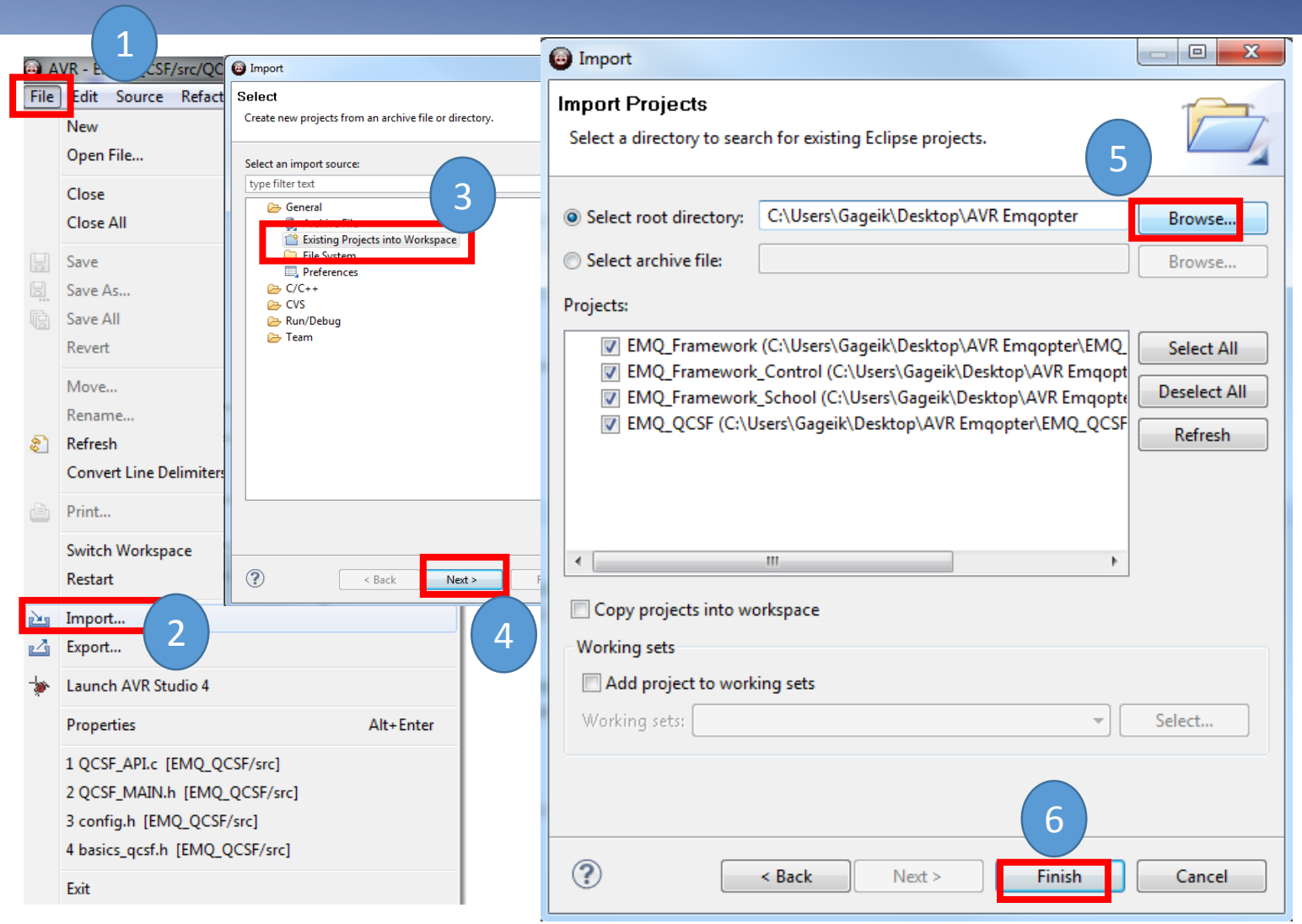
Grundlagen zum Programmieren

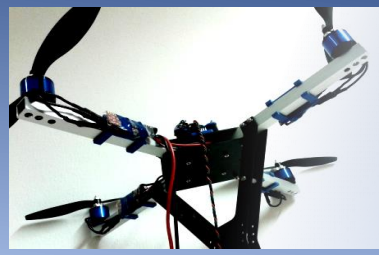
Mit der Vorlage arbeiten

Projekt importieren:

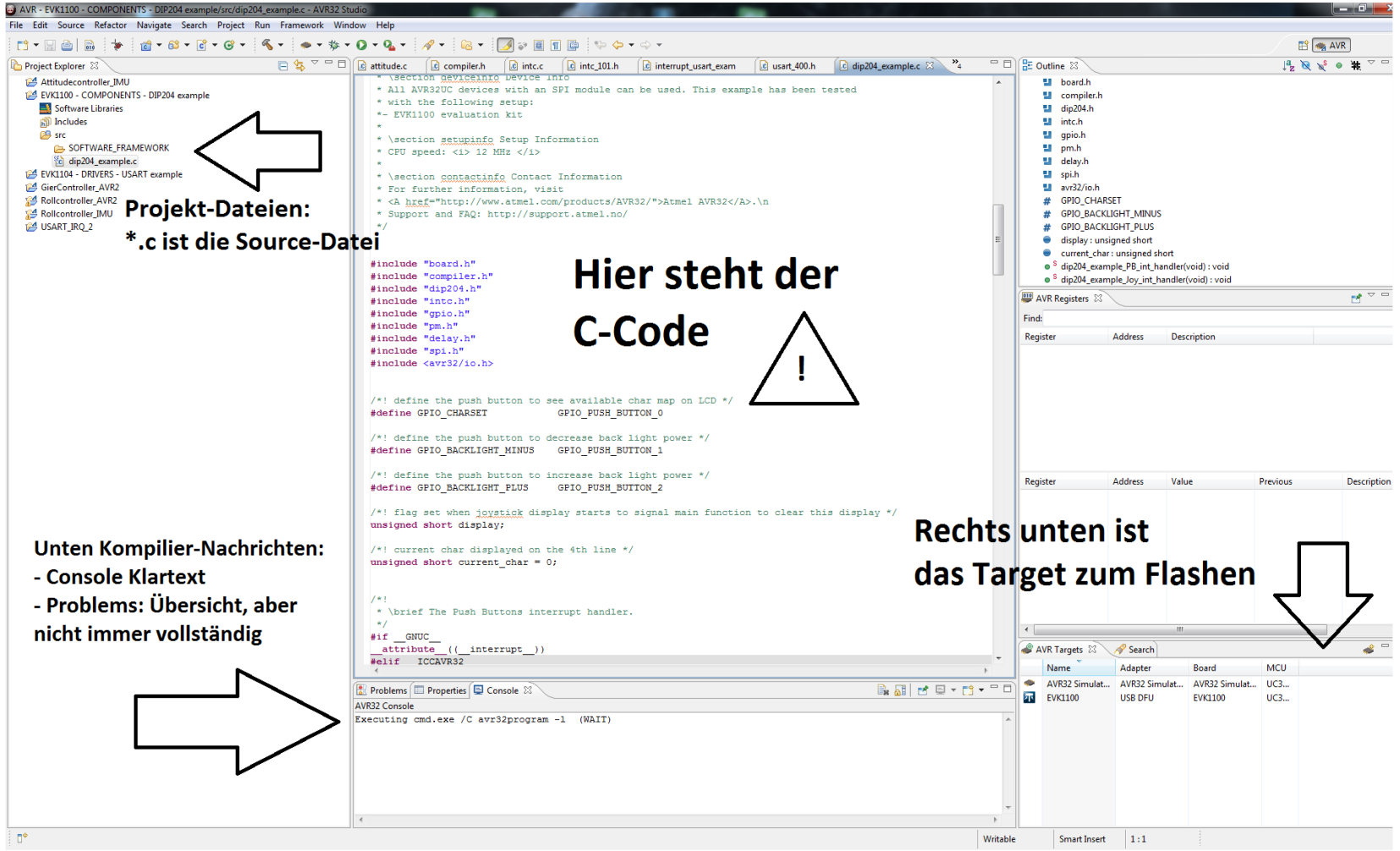
- Wähle im Menü: „File -> Import“
- Selektiere „Genereal -> Existing Projects into Workspace„
- Klicke auf Next>
- Klicke auf Browse (Neben Select root directory) und wähle folgenden Ordner vom Desktop: „AVR Emqopter“
- Klicke Finish
- Die Projekte sollten nun im Project Explorer zu sehen sein

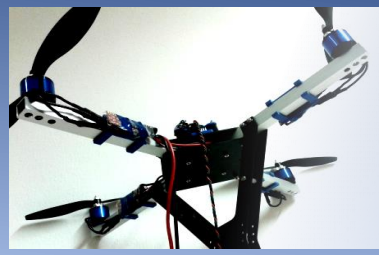
Hinweis: Es kann immer nur ein Projekt mit demselben Namen importiert werden.





Grundlagen zum Programmieren

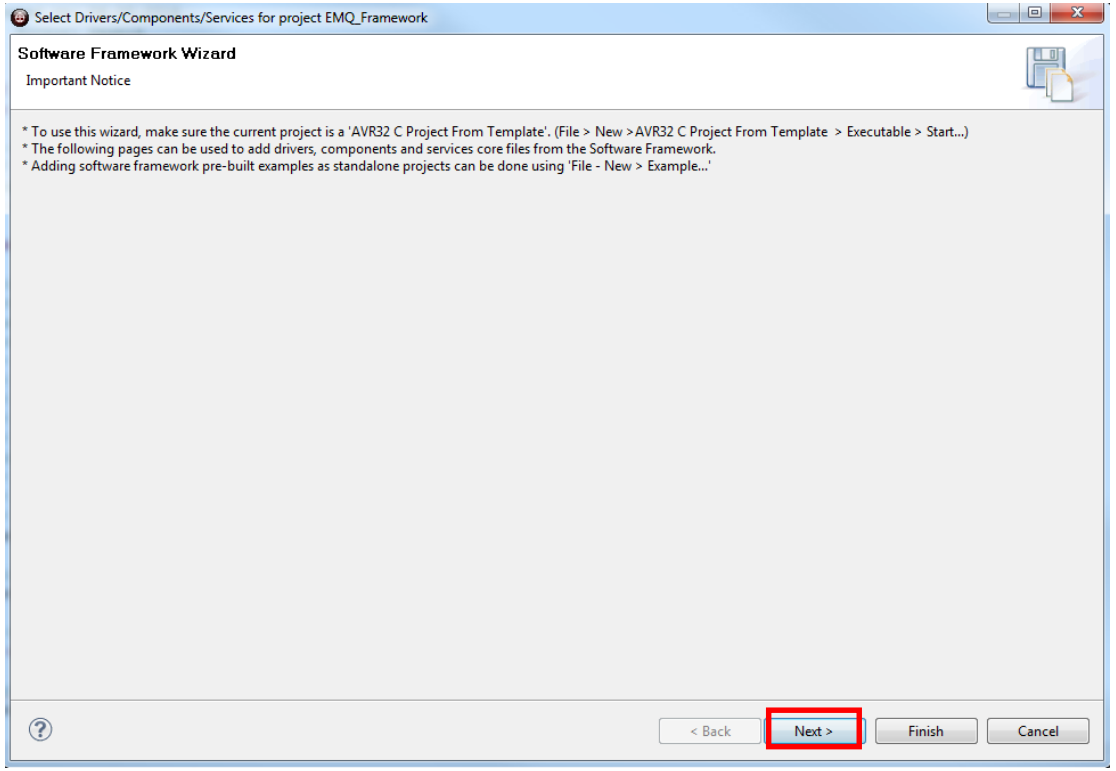




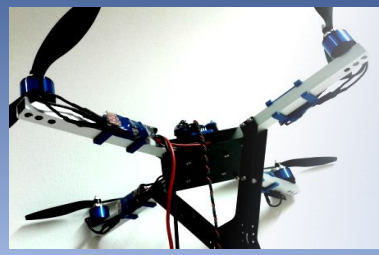
Grundlagen zum Programmieren

Treiber hinzufügen – Einmalig bei jedem Projekt (1/3):

- Wähle: Framework -> Select Drivers / Components
- Klicke 4x „**Next**“ (Es ist sonst **nichts** zu machen!)
- Klicke „**Finish**“



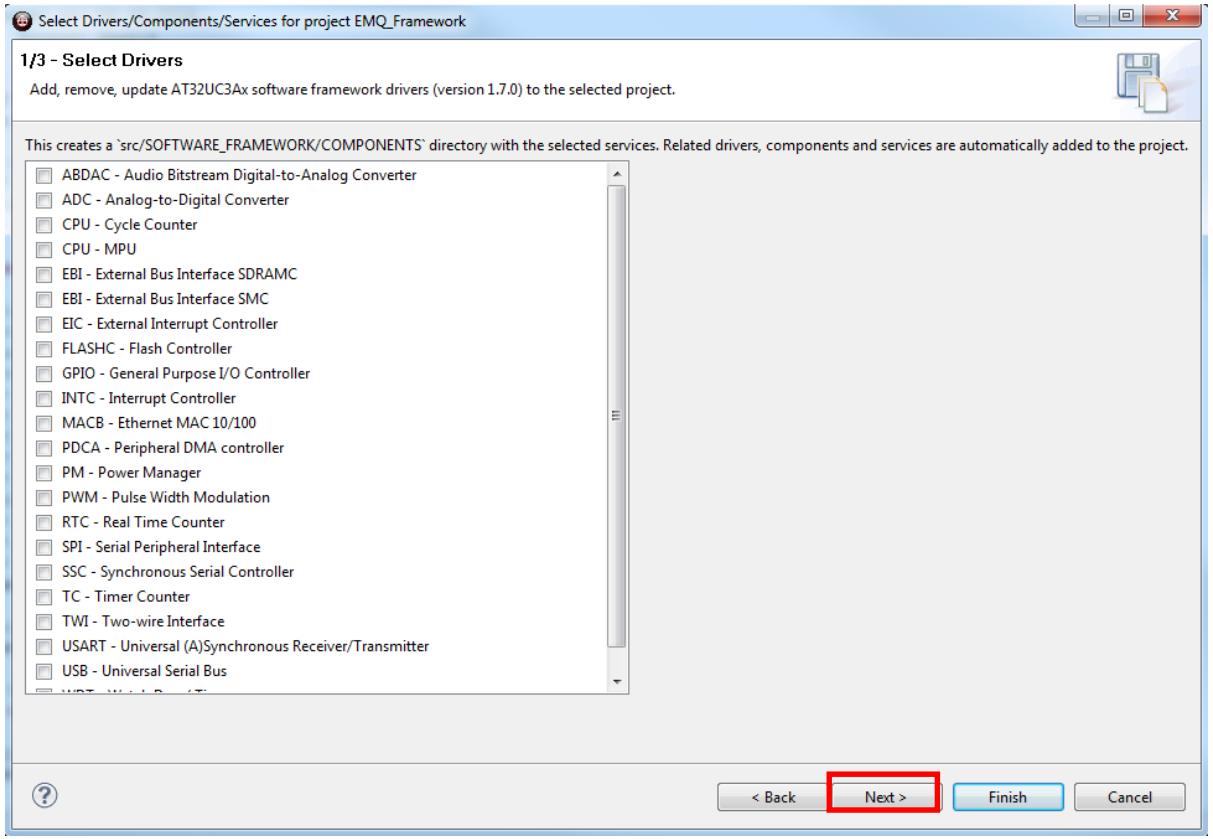
Hinweis:
Bei Kompiler-Fehlern in Zusammenhang mit *newlib* sollten die Treibereinstellungen überprüft werden.

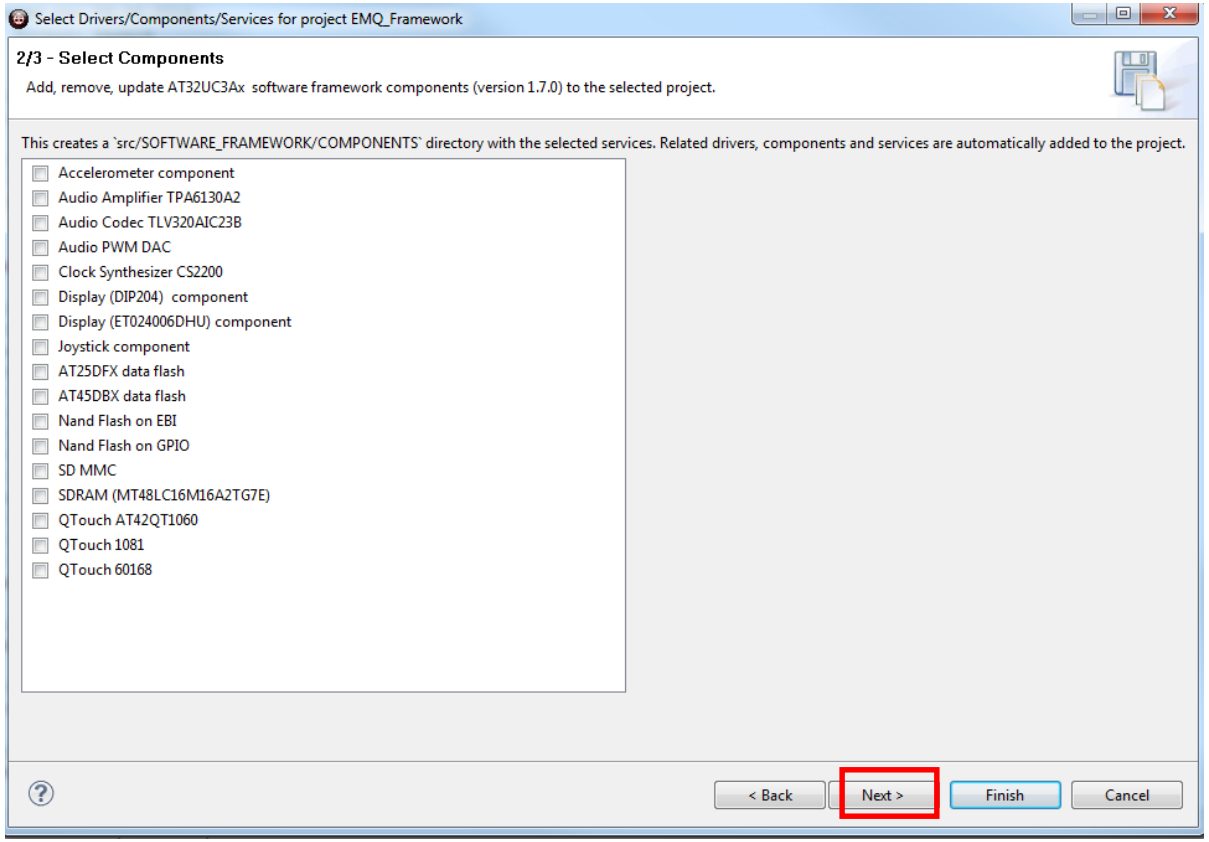


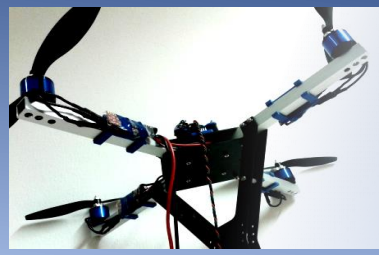
Grundlagen zum Programmieren

Treiber hinzufügen – Einmalig bei jedem Projekt (2/3):

Klicke „**Next**“ (Es ist sonst **nichts** zu machen!)



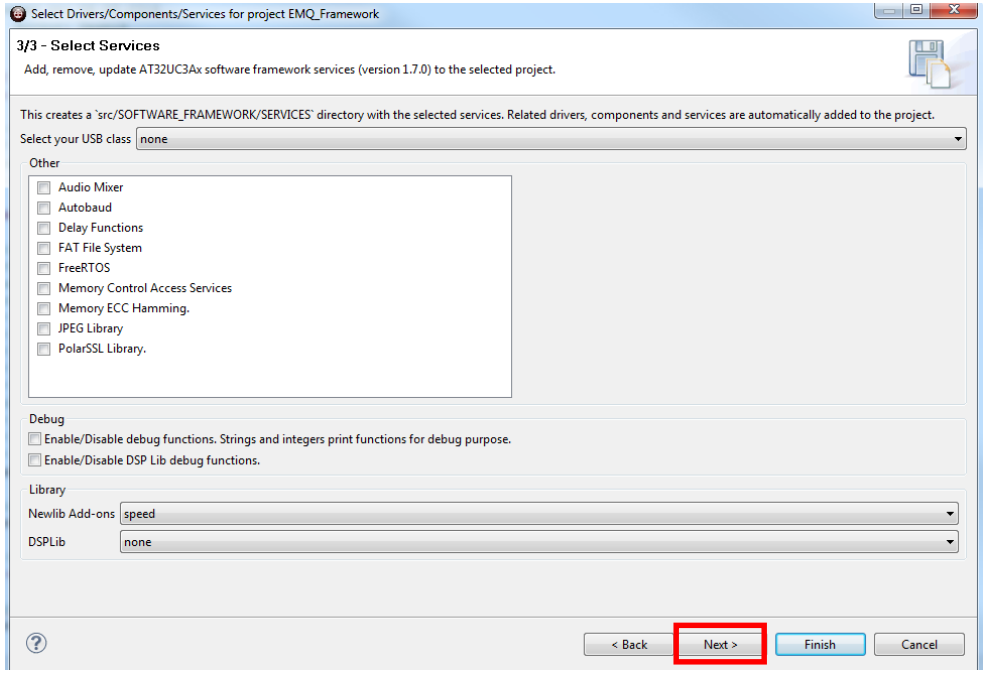


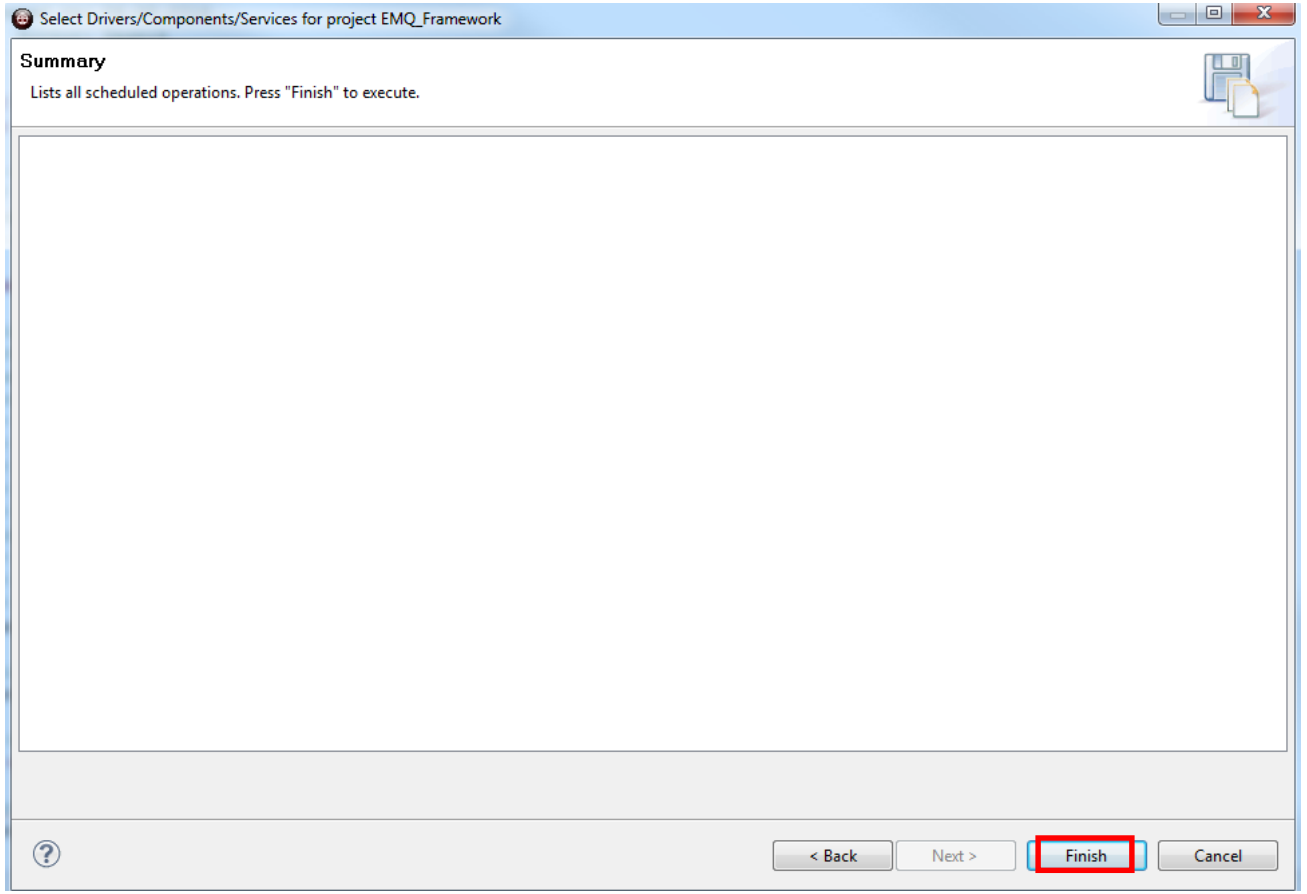


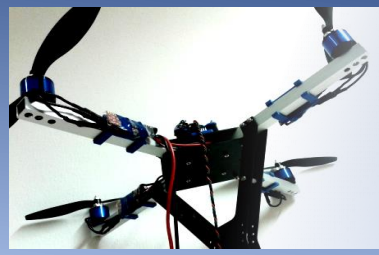
Grundlagen zum Programmieren

Treiber hinzufügen – Einmalig bei jedem Projekt (3/3):

- Klicke „**Next**“
- Am Ende „**Finish**“ (Es ist sonst **nichts** zu machen!)



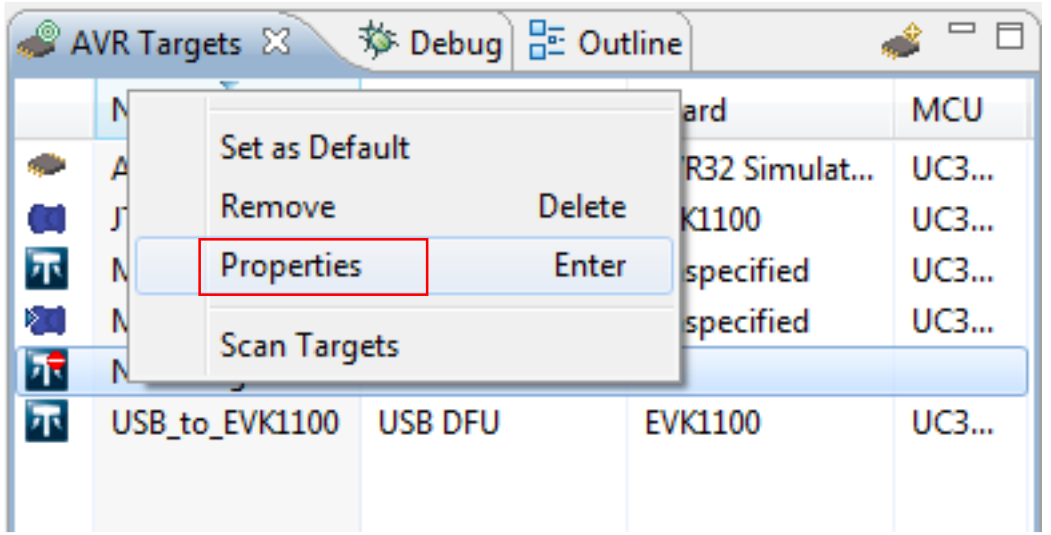


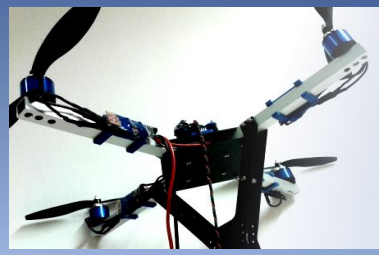


Grundlagen zum Programmieren

Target hinzufügen

- Target bedeutet Ziel
- Mit einer IDE können verschiedene MCUs programmiert werden
- Wir müssen nun einstellen, was für eine MCU,
  d.h. welchen Mikrocontroller / Rechner wir haben
- Unserer heißt: *AT32UC3A0512*
  - *AT32 wegen Atmel 32bit (Unternehmen + Architektur)*
  - *UC3A ist seine Familie*
  - *0 ist der Typ*
  - *512 ist der Flashspeicher (Größe in kB)*
- Wieso? Z.B. der Maschinencode ist bei jedem Target ein ganz anderer
- D.h. z.B. die Sprache muss stimmen
- Beispiel: Deutsche Bewerbungsunterlagen für Stelle in China
  -> Das kann nix werden.

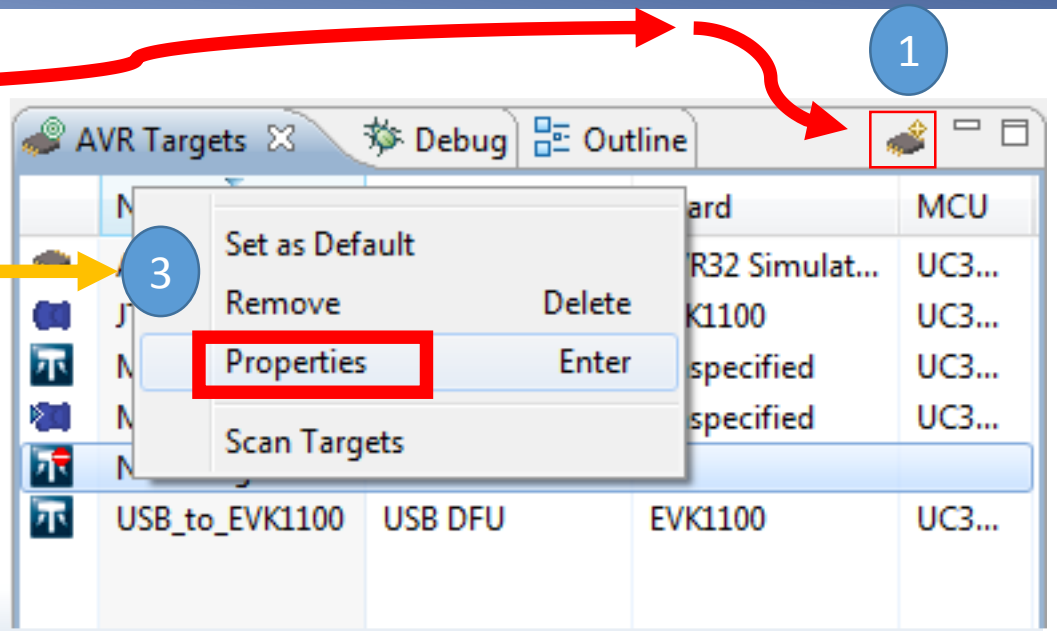


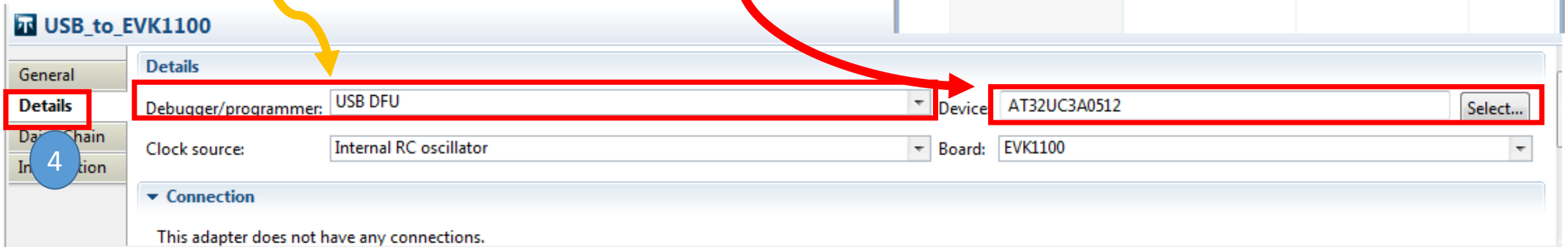


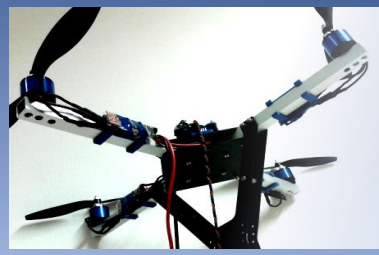
Grundlagen zum Programmieren

Target hinzufügen

1. Auf „Create a new target“ links-klicken
   Ein „New Target“ erscheint in der Liste
2. Auf „New Target“ rechts-klicken
3. Properties links-klicken
4. Folgendes in Details einstellen
   Device: ***AT32UC3A0512***
   Debugger/ programmer: ***USB DFU***





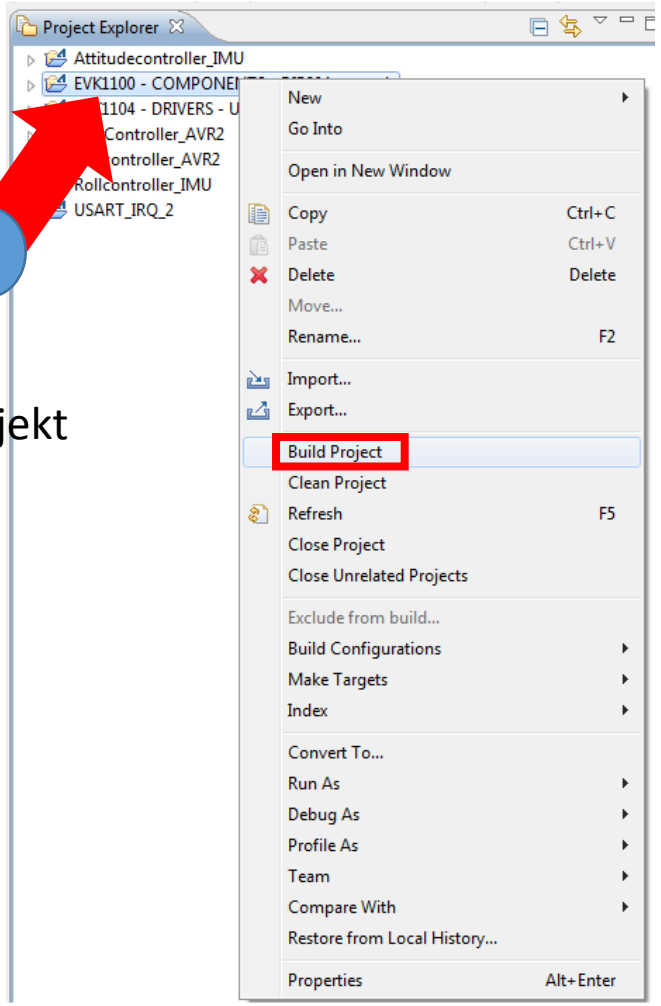


Grundlagen zum Programmieren

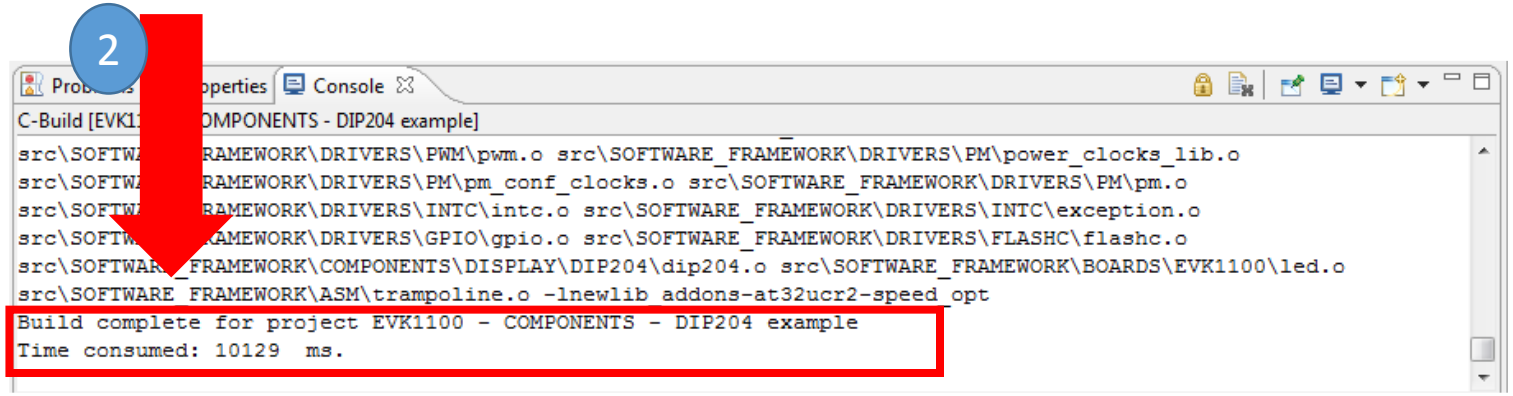
Es folgt das Flashen / Programmieren in 4 Schritten

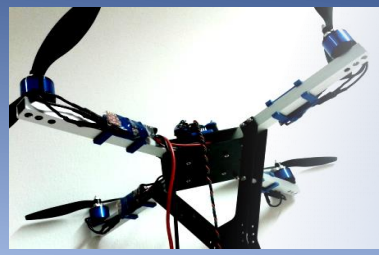
- Schritt 1: Power einschalten:
  Board muss Strom haben: Via USB an PC anschließen
  und Switch in USB-Stellung (grüne LED an) schalten
- Schritt 2: Code muss korrekt kompiliert werden, wie folgt:
  Projekt-Code kompilieren mittels „Build Project“ oder „Strg + B“
  Nach dem Kompilieren stets auf Erfolg überprüfen!

Rechte-Maustaste auf Projekt



Erfolgreiches Kompilieren überprüfen



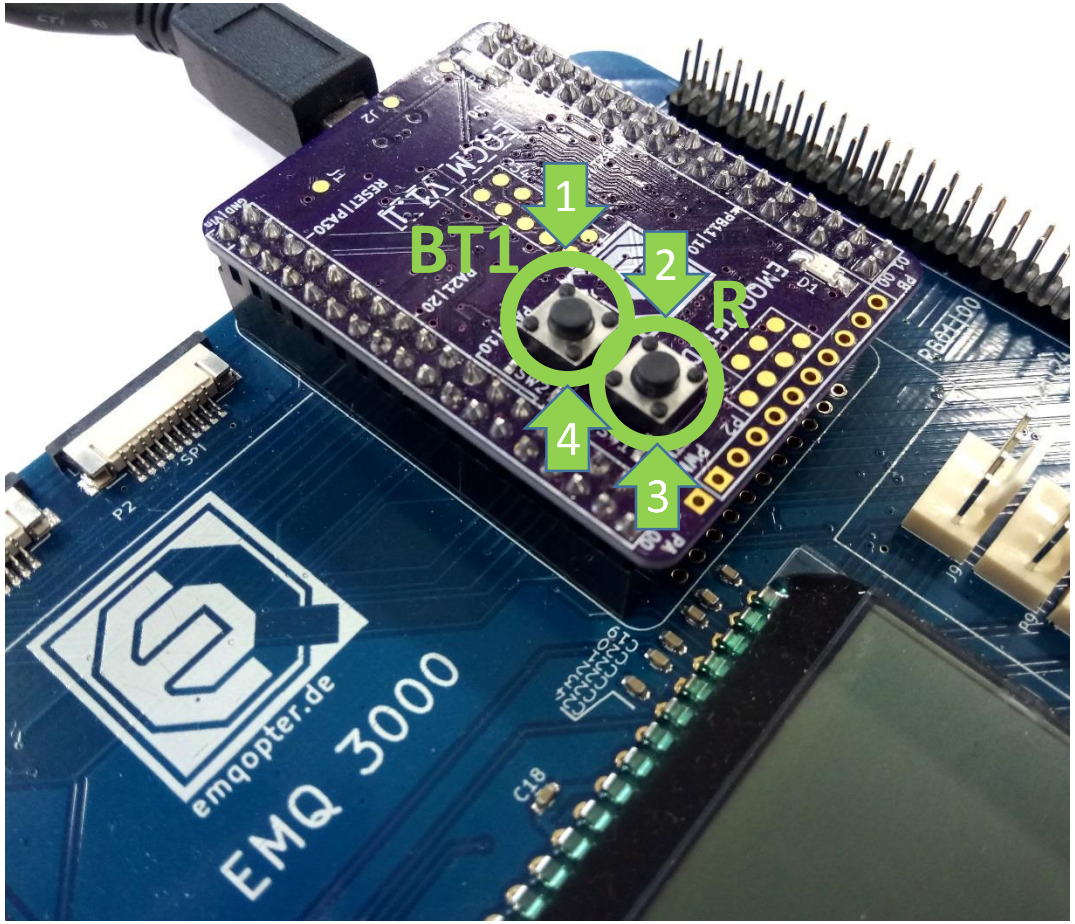


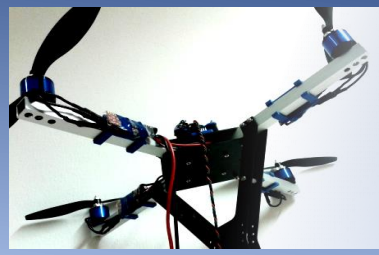
Grundlagen zum Programmieren

Flashen / Programmieren (4 Schritte: 3.)

- Flash-Modus: Board zum Flashen vorbereiten, d.h. drücke BT1 Button + (R)esetbutton wie folgt:
  BT1 gedrückt halten, dann R drücken, R loslassen, dann BT1 loslassen

  Wenn MCU anhält, d.h. Display geht aus und LED1 bis LED6 aus, dann war es erfolgreich



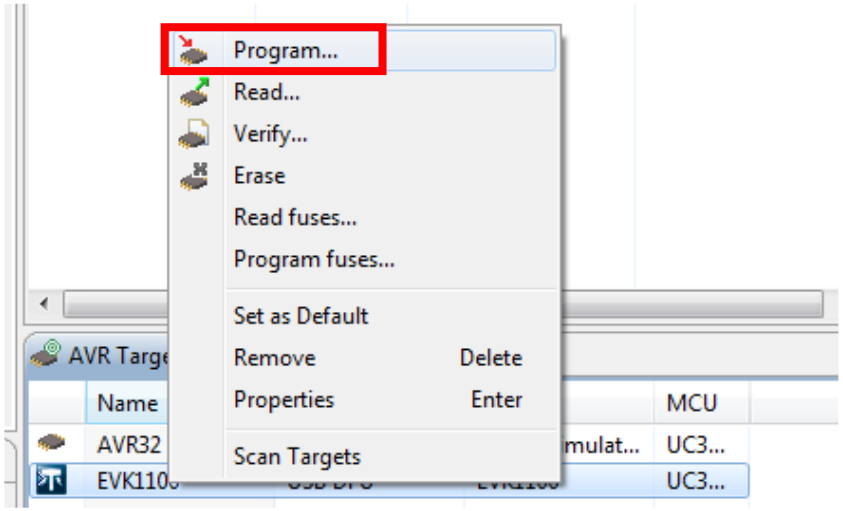


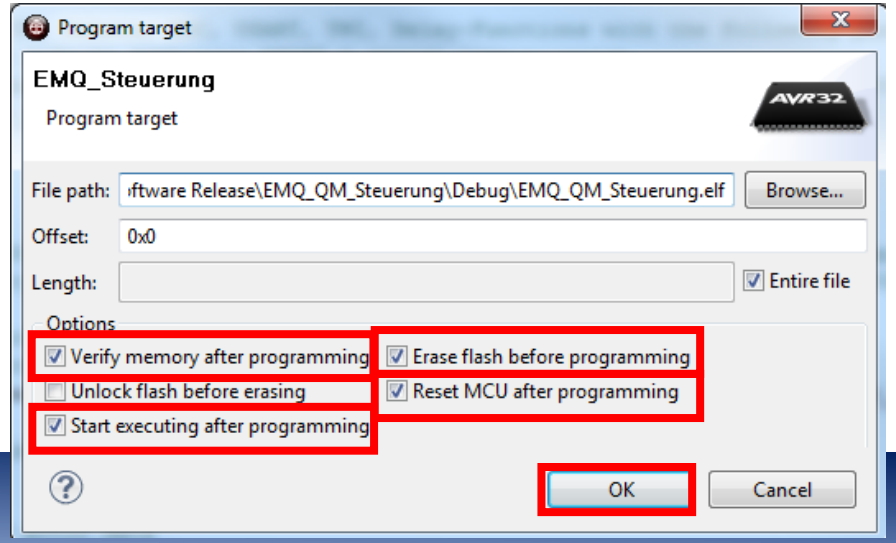
Grundlagen zum Programmieren

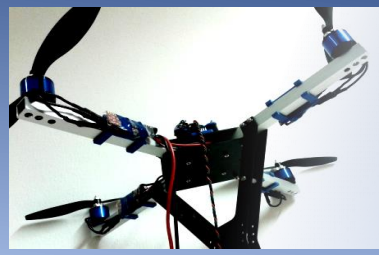
Flashen / Programmieren:

Schritt 4: Das eigentliche Flashen

- Nun wollen wir das Programm in den Flashspeicher schreiben, damit es ausgeführt werden kann
- Rechtsklick aufs Target -> Wähle „Program“
- Binary (*.elf Datei) aus folgendem Ordner auswählen: AVR_Workspace / “Projektname“ / Debug
- Haken wie folgt setzen:
  - Verify memory -> Check beim Kopieren
  - Start executing -> Starte anschließend
  - Erase flash -> Lösche altes Programm
  - Reset MCU -> Starte Programm von vorne
- OK drücken







Grundlagen zum Programmieren

Batchip Error:

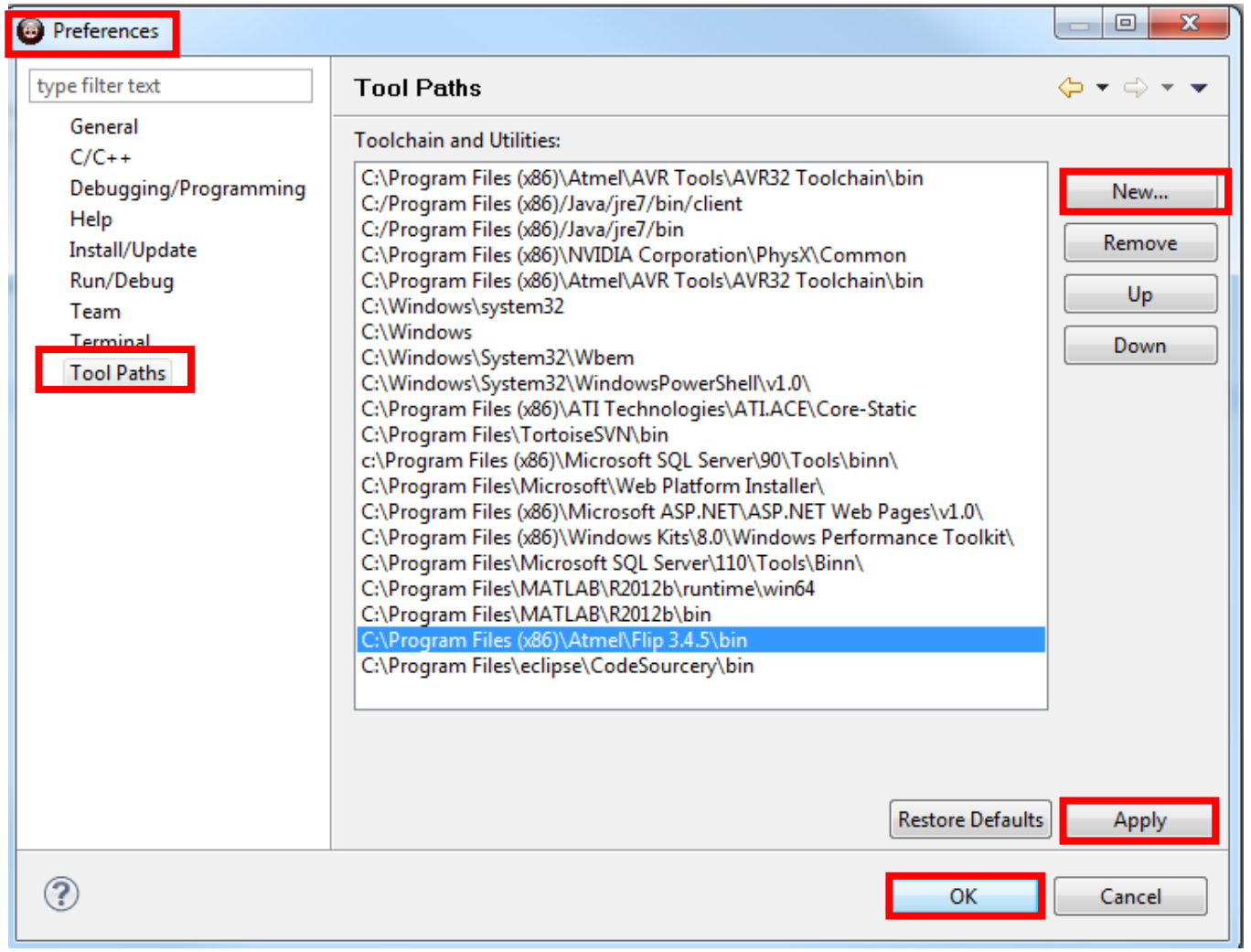
- Der Batchip-Error ist ein USB-Treiber-Fehler bzw. ein Bug von Windows
- Er kommt einmalig pro Account vor
- Wenn er auftritt und das Flashen fehlschlägt, kann er wie folgt gelöst werden

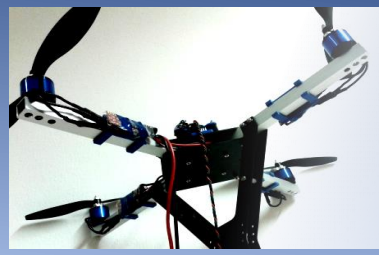
Batchip Error Lösung:

- Wähle „*Preferences*“ und dort „*Tool Paths*“
- Füge über „*New*“ folgenden Ordner hinzu:
  C:\Program Files (x86)\Atmel\Flip 3.4.5\bin

  bzw. (je nach Windows Betriebssystem)

  C:\Program Files\Atmel\Flip 3.4.5\bin



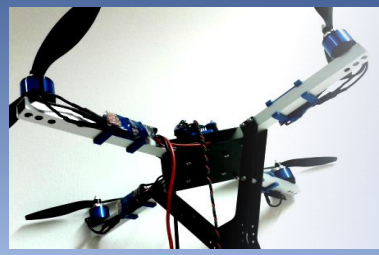


Grundlagen zum Programmieren

Nun zum Hello World – Füge den Text ein:
Ändere die Anzeige im Display zu „Hello Qopter“

- Öffne im Projekt Framework_Basic im Ordner Display die Datei my_display.c
- Rechts-Klick auf linken Fensterrand -> „*Show-Line Number*“ auswählen
- Gehe zu Zeile 19
- Füge die folgenden beiden Zeilen ein:
  snprintf(line_d,20,"Hello Qopter");
  write_to_display(1,line_d);
- Kompiliere und Flashe:
  Wiederhole Schritt 1 bis 4
- Guck dir auf dem Display an, was passiert ist.

```
 9 #include "..\QCSF_MAIN.h"
10
11 unsigned int last_DP_time;                    // Timer for Display
12 short dip_index = 0;                          // Index for row to write
13 char line_d[150] = "                    ";   // String to write to display
14
15 // Exercise Solution Function
16 // Function to write to display according to exercises, executed once
17 void my_write_to_display(){
18     /*          ----        Add your code here      ----            */
19     snprintf(line_d,20,"Hello Qopter");
20     write_to_display(1,line_d);
21 }
22
23 // Exercise Solution Function
24 // Function to write to display according to exercise, executed in a loop
25 void my_renew_display(){
26     /*          ----        Add your code here      ----            */
27 }
```



Grundlagen zum Programmieren

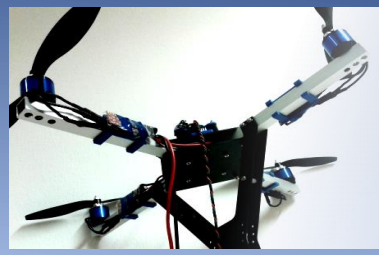
Überblick Projekte

Es werden 5 Projekte mitgeliefert, die sich nur im Ausmaß der enthaltenen Lösungen unterscheiden. D.h. bei den Frameworks fehlen Module, d.h. dort sind dann zu füllende Lückentexte. Auf dieser Grundlage kann die Lehrkraft nach Belieben Lösungen hinzufügen, um den Aufwand zu reduzieren, oder auch Teile streichen:

- Das Projekt **EMQ_QCSF** enthält die vollständigen Lösungen und ist zunächst NUR für die Lehrkraft gedacht. Hier können die Lösungen nachgeschlagen werden. Damit kann auch geflogen werden.
- Das Projekt **Framework** enthält Lückentexte, d.h. hier müssen die Lösungen (siehe EMQ_QCSF) von den Unterrichteten eingetragen / erarbeitet werden. Das ist gleichzeitig die von uns bereitgestellte Minimal-Fassung.
- Beim Projekt **Framework_Control** fehlt lediglich das Modul Control, das zu leisten wäre. Die übrigen Lösungen sind bereits enthalten.
- Beim Projekt **Framework_Basic** entspricht Framework mit ein paar (wenigen) Hilfen und Vereinfachungen.
- Das Projekt EMQ_QM_Steuerung beinhaltet zzgl. der EMQ_QCSF-Software die SBUS-basierte Kommandierung, z.B. einer Pixhawk

Projekt \ Modul	COM	Automation	Control	Display	IMU	Quaternion	AutoPilot
EMQ_QCSF	+	+	+	+	+	+	0
Framework	-	0	-	-	-	0	0
Framework_Control	+	0	-	+	+	+	0
Framework_Basic	-	0	-	-	-	0	0
EMQ_QM_Steuerung	+	+	+	+	+	+	+

Zeichenerklärung: + Modul mit Beispiel-Lösung, - Modul mit Lückentext, 0 Modul nicht enthalten



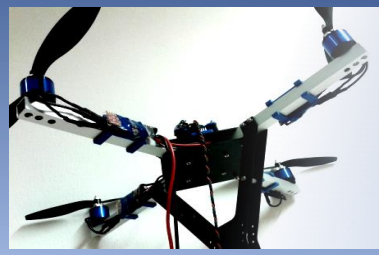
Grundlagen zum Programmieren

Überblick - Framework

EMQ Framework Basic - Code erklärt_

Files / Module:

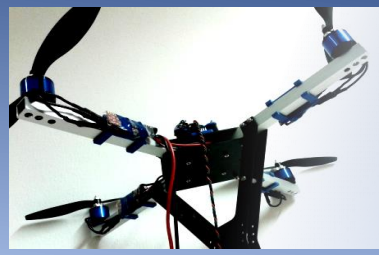
• COM	->	Kommunikation	Aufgabenteil / Modul
• Control	->	Regelung	Aufgabenteil / Modul
• Display	->	Display (Anzeige)	Aufgabenteil / Modul
• IMU	->	Sensorik / IMU	Aufgabenteil / Modul
• Libs	->	Library / Interfaces	
• Quaternion	->	Quaternionen	Aufgabenteil / Modul
• basics_qcs.h	->	Grundeinstellungen	
• QCSF_API	->	Anwendungsverbindungsebene, verbindet Hauptfunktionen mit Treibern	
• QCSF_MAIN	->	Hauptprogramm, oberste Ebene	



Grundlagen zum Programmieren

Libs / Library / Bibliotheksfunktionen:

- Befinden sich im Libs Ordner
- Fertige Funktionen und Vorlagen
- Datentypen (EMQ_Interface_Data):
  Beinhaltet die Datentypen der Lösung bzw. unsere Empfehlung.
  Wenn die Datentypen in Zusammenhang mit Funktionen der Library eingesetzt werden,
  dürfen die Datentypen nicht geändert werden.
- Funktionen (EMQ_Interface.h):
  In Library fest implementierte Funktionen, die direkt wie gegeben genutzt werden können.
- libemq.a ist die von uns mitgelieferte, bereits kompilierte Library, wo diese Funktionen implementiert sind.



Grundlagen zum Programmieren

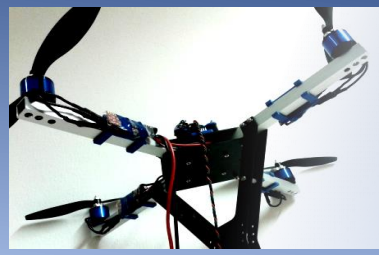
basics_qcs.h / Grundeinstellungen:

- Die Motoren lassen sich mit ENGINE_ACTRL_ON aktivieren
  -> Standardmäßig deaktiv aus Sicherheitsgründen

Ausprobieren:

1.) Einkommentieren
2.) Clean + Build
3.) Flashen
4.) PB0 drücken
5.) Auskommentieren
6.) Clean + Build
7.) Flashen
8.) PB0 drücken

- Weitere Einstellungen
  - Hier stehen Modell und die SW-Version
  - Das LED-PIN-Out hängt vom Board ab:
    - Kein FLUG = EVK
    - FLUG = MCU onBoard
    - Für uns hier: Irrelevant

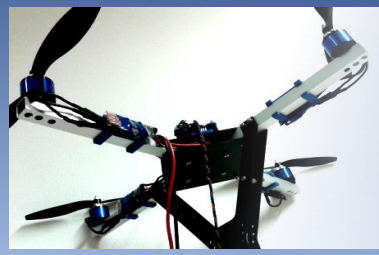


Grundlagen zum Programmieren

Exkurs – Präprozessor Anweisungen:

- Kompiler-Anweisungen, die vor dem Kompilieren ausgeführt werden
- Diese werden verwendet, um Konfigurationen / Parameter einzustellen (Programmeinstellungen, s.o.)
- #define KENNUNG Definiert eine Kennung, die z.B. wie folgt abgefragt werden kann:
  #ifdef KENNUNG
  ….
  #endif
  Dann wird der Code (…) nur ausgeführt, wenn die Kennung definiert ist.

- #define BEZEICHNER ERSATZ Ersetzt den BEZEICHNER überall durch ERSATZ
  #define PI 3.14159
  double radius = 1;
  double umfang = 2 * PI * radius;
  double flaeche = PI * radius * radius;



Die Software Bibliothek

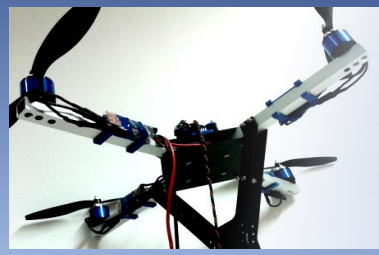
EMQ_Interface_Data

Enthält Datentypen in EMQ_Interface_Data, für:

- PID-Parameter: P, I, D
- Vektoren : X, Y, Z
- IMU-Daten: RPY, RPY_RATE, Quaternion
- IMU-Rohdaten: Vektoren für Gyrometer und Accelerometer
- Motorstellwerte: 4 Bytes für die 4 Motoren
- steerData Datentyp (Steuerdaten) für die Steuerung:

engine_on:	Aktiviert die Motoren
calibrate_on:	Gibt an, dass erfolgreich kalibriert wurde
flying	Gibt an, dass der Qopter fliegt
blctrl_init	Initialisiert die Brushless Controller, nachdem die Motoren aus waren

```
14// PID Parameter
15typedef struct {
16    double p;
17    double i;
18    double d;
19} pid_parameter;
20
21// 3D Vector
22typedef struct{
23    double x;
24    double y;
25    double z;
26} vector;
27
28// IMU Data: RPY Angle, RPY Angular Rate, Qu
29typedef struct {
30    vector rpy;
31    vector rpy_angular_rate;
32
33    double q0;
34    double q1;
35    double q2;
36    double q3;
37} imu_data;
38
39// IMU Raw Data
40typedef struct {
41    vector gyro;
42    vector acc;
43} imu_data_raw;
44
45// Motor Values
46typedef struct {
47    unsigned char M1;
48    unsigned char M2;
49    unsigned char M3;
50    unsigned char M4;
51} motor_data;
```



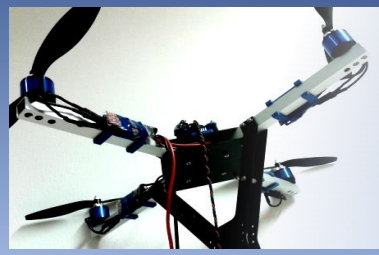
Die Software Bibliothek

EMQ_Interface_Data

- Fernsteuerung (RC, remote control), 6 Kanäle, 7 Werte

Dx6E

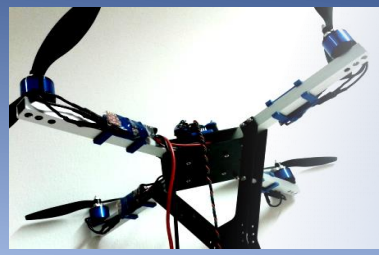
Remote Data	Remote Data Raw (Rohwert)	Erklärung
gas	throttle	Gas-Stick (linker Stick in Richtung oben + unten)
soll_angle_roll	roll	Roll-Stick (rechter Stick in Richtung links + rechts)
soll_angle_pitch	pitch	Pitch-Stick (rechter Stick in Richtung oben + unten)
soll_angle_yaw	yaw	Yaw-Stick (integrativ) (linker Stick in Richtung links + rechts)
angle_yaw	yaw	Yaw-Stick (linker Stick in Richtung links + rechts)
active	-	0, wenn keine aktive Verbindung (z.B. kein Timeout), sonst 1
calibrated	-	1, wenn RC erfolgreich kalibriert, sonst 0
power_sw	gear_switch	Power Switch / Power Schalter -> Startet Motoren (A Switch)
height_sw	gear_switch	Höhen Switch für Höhenregelung, wenn vorhanden (H Switch)
automation_state	flightmode_switch	Zusatzfunktion (B Switch)
automation_state2	flightmode_switch	Zusatzfunktion (G Switch)



Die Software Bibliothek

EMQ_Interface_Data

- Regelungsdaten (Control Data):
  Sollwerte für Roll, Pitch und Yaw sowie Motorgaswert
- TWI Packetframe für die Kommunikation mittels TWI / I^2C
  Der Standard sieht vor, zunächst die TWI Adresse, dann das Kommando und dann die Daten auf den Bus zu legen.
  Der Framework erwartet die 7bit TWI Adresse und ergänzt selbst das Lese- bzw. Schreibbit.
  chip: TWI Slave Adresse (7bit)
  addr: Kommando (meist Registeradresse)
  addr_length: Länge des Kommandos in Bytes (meist 1)
  buffer: Pointer auf die Daten: Lesen / Schreiben
  lenght: Datenlänge: Anzahl an Bytes, die gelesen oder geschrieben werden
- Datenstrom dataStream
  data: Pointer auf die Daten
  size: Anzahl an Daten in Bytes
- ggaData Daten vom GPS-Receiver (Addon): Zeit, Position (3D), Qualität, Anzahl Satelliten

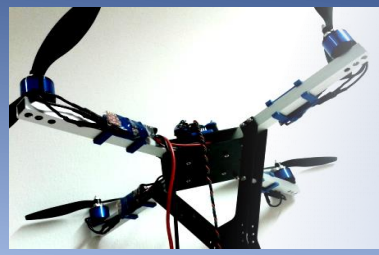


Die Software Bibliothek

EMQ_Interface

Enthält fertige Funktionen, die das Leben einfacher machen!

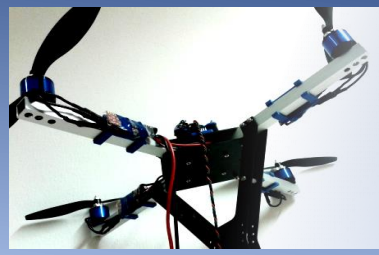
- **Hardware_Init()**
  Initialisiert die Hardware (CPU, IRQ, TC, RC, ADC, USART, TWI, Delay) nach Standardeinstellungen
- **Motors_Init()**
  Initialisiert die Motoren-Kommunikation
- **Motors_run(motor_data *m)**
  Steuert die Motoren an (4 Stellwerte als Parameter)
- **Motors_Start()**
  Startet die Motoren, d.h. gibt Sie frei -> Setzt Freigabeflag (Sicherheit)
- **Motors_Stop()**
  Stoppt die Motoren, d.h. entfernt Freigabe -> Löscht Freigabeflag, setzt Initialisierungsflag (ESCs)
- **Wait(int miliseconds)**
  Warte eine Anzahl an Millisekunden, wirkt blockierend!, auf keinen Fall im Flug verwenden -> sonst Absturz
- **USART_write(char* line)**
  Verschickt einen String via serieller USART-Schnittstelle. Mit Sorgfalt und Bedacht verwenden!



Die Software Bibliothek

EMQ_Interface

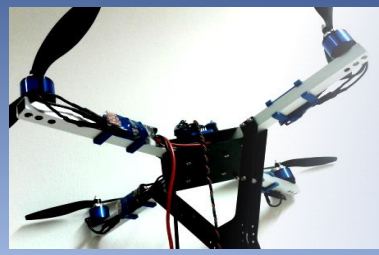
- Remote_calibrate()
  Kalibriert die RC Fernsteuerung
- Remote_run(remoteData *remote_data)
  Liest neue Fernsteuerungsdaten aus dem RC DMA aus und schreibt diese in remote_data.
- Remote_get_raw_data(remoteData_raw *remote_raw);
  Als Nebenprodukt generiert Remote_run() auch neue Rodaten der Fernsteuerungsbefehle. Diese können, wenn gewünscht, mit dieser Funktion abgerufen werden.
- ADC_run()
  Führt die Analog-Digital-Convertierung durch. Dies ist erforderlich, um neue Daten für solche Module zu generieren, die über ADC angeschlossen sind. Das sind aktuell die Addons: IR Sensoren, Spannungsmessung
- Jitter_Check()
  Überprüft das Timing der Hauptschleife und gibt (einmalig) eine Fehlermeldung aus.
- Filtering_Init()
  Initialisiert die Filter: Mittelwert + Ausreißerfilter
- Steer_Init(steerData s)
  Initialisiert die Steuerdaten (steerData), erforderlich vor dem Fliegen (vgl. Code)



Die Software Bibliothek

EMQ_Interface

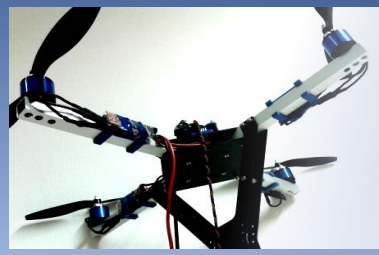
- LED_Control(char led, char command)
  Steuert die LEDs: Der erste Parameter *led* gibt die Kennung an,
  der zweite Parameter *command* gibt den Befehl an.
- Push_Button_1_Pressed()
  Gibt den Wert „1“ zurück, wenn seit dem letzten Funktions-Aufruf auf den Push Button 1 gedrückt wurde,
  sonst den Wert „0“.
- Push_Button_2_Pressed()
  Analoge Funktion wie Push_Button_1_Pressed() zu Button 2.
- set_pin(unsigned int pin)
  Setzt einen GPIO PIN auf High (1). Mit Bedacht verwenden!
- clr_pin(unsigned int pin)
  Setzt einen GPIO PIN auf Low (0). Mit Bedacht verwenden!



Die Software Bibliothek

EMQ_Interface

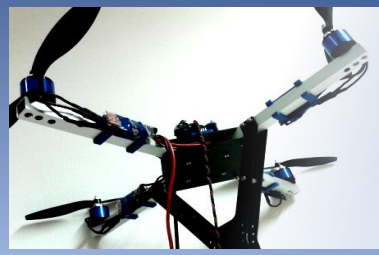
- sign(double a)
  Gibt das Vorzeichen zurück: 1 oder -1
- minimum(double a, double b)
  Gibt das Minimum zweier Zahlen zurück
- saturate(double x, double grenze);
  Saturiert (limitiert betraglich) eine Zahl x, so dass |x| < grenze
- read_from_twi(const twi_package_t *twi, int error_id)
  Liest Daten via TWI-Interface. Error_ID ist ein frei wählbarer Parameter, um Fehler zu erkennen.
- write_to_twi(const twi_package_t *twi)
  Schreibt Daten via TWI-Interface.
- write_to_display(char dip_index, char* line)
  Schreibt eine Zeile aufs Display in die Spalte dip_index. Maximal 20 Zeichen (pro Zeile) sind erlaubt.
- Display_Init()
  Initialisiert das Display: Vor der Verwendung des Displays muss diese Funktion ausgeführt werden.
- Start_Button_Init()
  Initialisiert die Push Button Interrupts (PB0, PB1, PB2)



Die Software Bibliothek

EMQ_Interface

- USART0_schreiben_double_6(double value1, double value2, double value3, double value4, double value5, double value6) Sendet 6 Fließkommazahlen an die serielle Schnittstelle (USART 0). Dient dem Debugging. Mit Sorgfalt verwenden!
- USART0_schreiben_double_6_hs(…)
  Analoge Funktion wie sendDebugValues(). Die Ausgabe erfolgt jedoch in hoher Auflösung, d.h. mehr mit mehr Nachkommastellen.
- usart_read()
  Ließt einen Datenstrom von der seriellen Schnittstelle (USART 0) aus. Die Daten liegen dabei im Puffer des DMA und können von da direkt verarbeitet werden. Nachdem die Daten verarbeitet wurden, **müssen** diese mit der Funktion usart_release() freigegeben werden, damit der Speicherbereich vom DMA für neue Daten genutzt werden kann. Andernfalls kommt es zu Problemen! Dieses Verfahren ist effizienter, als ein vorheriges Kopieren.
- usart_release()
  Gibt den zuvor gelesenen Speicherbereich des DMAs wieder frei. Zunächst ist mit usart_read() ein Datenstrom zu lesen und nach Wunsch zu verarbeiten, anschließend muss der Speicherbereich mit usart_release() freigegeben werden. Wird der Speicher nicht freigegeben, läuft der Puffer des DMAs voll und es kommt zu Problemen, die es zu vermeiden gilt.



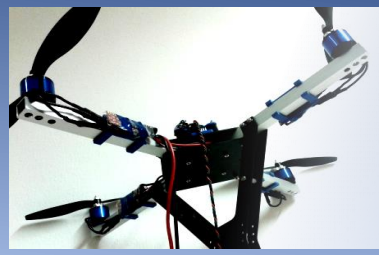
Die Software Bibliothek

EMQ_Interface

Benötigt neue Library

Weitere USART-Funktionen (Analog mit USART 3):

• USART1_init(unsigned int usart_baudrate);	Initialisiere USART mit Baudrate
• USART1_schreiben(char* line);	Versende String
• USART1_schreiben_binary(char* data,int len);	Versende String fixer Länge
• USART1_schreiben_char(char x);	Sende ein Byte / Charachter
• usart1_read();	Datenstrom empfangen
• usart1_release();	Leert Empfangspuffer, nach usart1_read() notwendig



Display und Buttons (DIP)

Display:

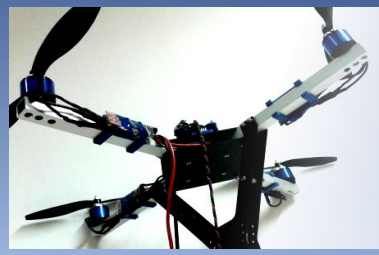
- Dogm204
- Wird via SPI angesteuert
- 20 Spalten x 4 Zeilen (80 Zeichen)
- Anzeige von Informationen und Werten (Variablen)
- Beispiel-Code:

```
char line[20];
int wert = 3;
sprintf(line, „Wert ist :%i ", wert);
write_to_display(1,line);
```

- Sprintf Parameter wie beim printf: Siehe Tabelle

%	Bedeutung	Beispiel
d or i	Signed decimal integer	392
u	Unsigned decimal integer	7235
o	Unsigned octal	610
x	Unsigned hexadecimal integer	7fa
X	Unsigned hexadecimal integer (uppercase)	7FA
f	Decimal floating point, lowercase	392.65
F	Decimal floating point, uppercase	392.65
e	Scientific notation (mantissa/exponent), lowercase	3.9265e+2
E	Scientific notation (mantissa/exponent), uppercase	3.9265E+2
g	Use the shortest representation: %e or %f	392.65
G	Use the shortest representation: %E or %F	392.65

Gute (sichere) Alternative:
snprintf(line, 20, „Wert ist :%i ", wert);
Maximal 20 Zeichen lang.

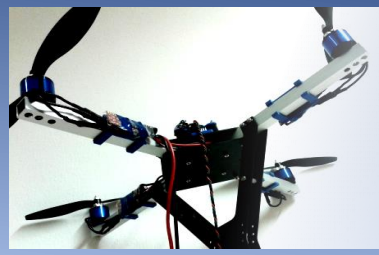


Display und Buttons (DIP)

Buttons

- Das EMQ3000 hat 4 Push-Buttons und
  2 Joystickbuttons
- Buttons generieren Interrupts
- Treiber für die Push-Buttons befinden sich in der Library:
  Push-Button PA07 ist zum Ein-/Ausschalten reserviert.
  Für die Buttons PB15 und PB16 gibt es Funktionen
- Alternativ kann der Beispiel-Code des AVR Frameworks
  betrachtet werden, z.B. auch zur Ansteuerung des Joysticks
  (bisher nicht unterstützt von unserer Library):
  DIP 204 wählen: -> AT32UC3A0512 -> EVK 1100 COMPONENTS
  DIP204 example
  ISR für Joystick lautet: dip204_example_Joy_int_handler()

```
/*!
 * \brief The joystick interrupt handler.
 */
#if __GNUC__
__attribute__((__interrupt__))
#elif __ICCAVR32__
__interrupt
#endif
static void dip204_example_Joy_int_handler(void)
{
  if (gpio_get_pin_interrupt_flag(GPIO_JOYSTICK_UP))
  {
    dip204_set_cursor_position(19,1);
    dip204_write_data(0xDE);
    display = 1;
    /* allow new interrupt : clear the IFR flag */
    gpio_clear_pin_interrupt_flag(GPIO_JOYSTICK_UP);
  }
  if (gpio_get_pin_interrupt_flag(GPIO_JOYSTICK_DOWN))
  {
    dip204_set_cursor_position(19,3);
    dip204_write_data(0xE0);
    display = 1;
    /* allow new interrupt : clear the IFR flag */
    gpio_clear_pin_interrupt_flag(GPIO_JOYSTICK_DOWN);
  }
  if (gpio_get_pin_interrupt_flag(GPIO_JOYSTICK_LEFT))
  {
    dip204_set_cursor_position(18,2);
    dip204_write_data(0xE1);
    display = 1;
    /* allow new interrupt : clear the IFR flag */
    gpio_clear_pin_interrupt_flag(GPIO_JOYSTICK_LEFT);
  }
  if (gpio_get_pin_interrupt_flag(GPIO_JOYSTICK_RIGHT))
  {
    dip204_set_cursor_position(20,2);
    dip204_write_data(0xDF);
    display = 1;
    /* allow new interrupt : clear the IFR flag */
    gpio_clear_pin_interrupt_flag(GPIO_JOYSTICK_RIGHT);
  }
  if (gpio_get_pin_interrupt_flag(GPIO_JOYSTICK_PUSH))
```



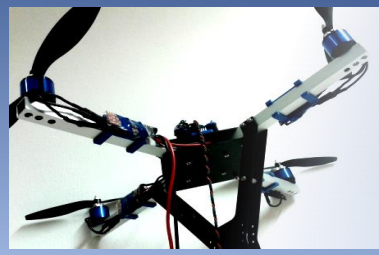
Aufgaben

Notwendige Hardware:

- EMQ3000
- QCS / QCSF
- Mikro USB Kabel für Strom und zum Flashen

Notwendige Software:

- AVR Studio 32 installiert (mit Tool Chain und FLIP Treiber)
- Projekt-Code (Framework + Lösung) und Library: EMQ_Framework_Basic

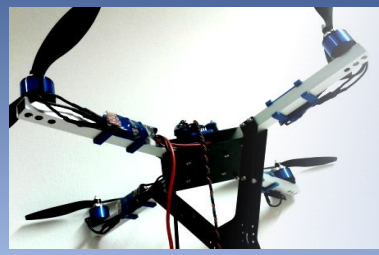


Aufgaben

Hilfe und Hintergrund:
Die Aufgaben sind mit Hilfe des Projekts Framework_Basic zu lösen. Fügen Sie Ihre Lösungen im **Ordner Display** in der **Datei my_display.c** hinzu. Dazu dienen die folgenden zwei Funktionen: Die Funktion my_write_to_display() wird einmalig aufgerufen, die Funktion my_renew_display() wird wiederkehrend (alle 10ms) aufgerufen.

Aufgabe 1:
Als erstes schreiben wir den Text „Hallo Welt“ auf das Display in Zeile 1. Verwenden Sie dazu die Funktionen write_to_display(char dip_index, char* line) und sprintf(…) oder snprintf(…). Als Hilfe dient Ihnen dazu Folie 39. Fügen Sie den Code in die Funktion my_write_to_display() ein.

Aufgabe 2:
Legen Sie eine Variable an und weisen Sie Ihr z.B. den Wert 3 zu. Schreiben Sie nun den Wert dieser Variablen auf das Display. Vergleichen Sie dazu Folie 39.



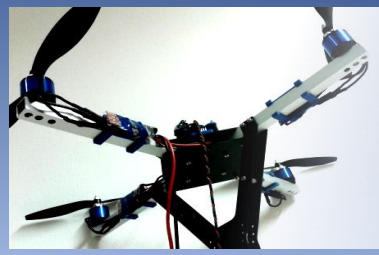
Aufgaben

Aufgabe 3:
Schalten Sie LED_1 und LED_2 auf dem EMQ3000 Board an. Verwenden Sie dazu die Funktion LED_Control(char led, char command). Als Hilfe dient Ihnen Folie 35.

Aufgabe 4a:
Standardmäßig blinkt LED_4 (LED6 auf dem EMQ3000). Schalten Sie diese aus.

Aufgabe 4b:
Schalten Sie LED_3 (LED5 auf dem EMQ3000) und LED_4 (LED6 auf dem EMQ3000) blinkend. LED_3 soll schnell blinken und LED_4 soll langsam blinken. Verwenden Sie dazu die Funktion LED_Control(char led, char command) und die Hilfe aus Folie 35. Denken Sie daran, dass “blinken” ein wiederkehrender Vorgang ist: an-aus-an-aus oder toggle-toggle-toggle.

Aufgabe 4c:
Was passiert nun, wenn Sie die Lösung aus Aufgabe 4a nun rückgängig machen? Können Sie das Verhalten erklären?



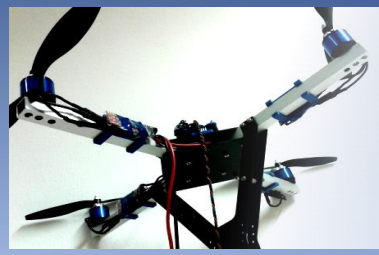
Aufgaben

Aufgabe 5:

Programmieren Sie ein dreiseitiges Display. Auf jeder Seite soll ein anderer Wert angezeigt werden. Mit dem Knopf PB15 soll sich die Seitenzahl ändern lassen. Auf Seite 3 soll Seite 1 folgen. Mit dem Knopf PB16 soll der Wert der aktuellen Seite inkrementiert werden.

Hilfe und Hintergrund:

Mit der Funktion Push_Button_1_Pressed() lässt sich abfragen, ob der Knopf PB15 gedrückt wurde. Sie liefert „1“ zurück, wenn der Knopf PB16 seit dem letzten Funktionsaufruf gedrückt wurde. Die Funktion Push_Button_2_Pressed() arbeitet analog für Knopf PB16.



FAQ

Typische Fehlermeldungen:

- cannot find –lemq
  Die Library libemq.a fehlt und muss in den Ordner src/Libs kopiert werden.
- cannot find -lnewlib_addons-at32ucr2-speed_opt
  Die Konfigurationsdaten fehlen oder sind nicht korrekt. Bitte die Lösung auf Folie 21 durchführen.
- Batchip Error
  Ein Fehler mit dem Flip Treiber und Windows User Rights. Bitte die Lösung aus Folie 17 ausführen.