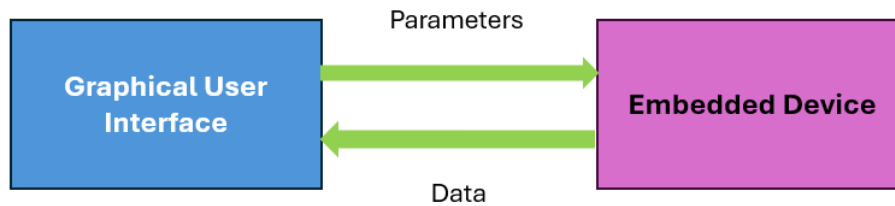


## Embedded Software Dokumentation

Die Embedded Software auf dem ESP32 hat die Aufgabe sich Daten von verschiedenen Sensoren zu holen und diese dann an das GUI weiterzugeben.



Um das Hauptprogramm so unkompliziert wie möglich zu halten, wurden alle unter Programme, die mit der eigentlichen Messlogik nichts zu tun haben, modularisiert und zur Abstraktion in Klassen ausgelagert.


### Externe Module

- ExtruderStepper.h
- GUICommunication.h
- HotEnd.h
- LoadCell.h
- Rotary\_Encoder.h

### Hauptprogramm

Das Hauptprogramm startet in der void setup() Funktion mit erstellen der verschiedenen Tasks und Queues (First in First out Datenstruktur) begonnen. Die Queues sind zur internen Task-Kommunikation da. In void setup() werden alle Task angehalten außer der serial Task.

Der Programm Ablauf wird eingeteilt in:

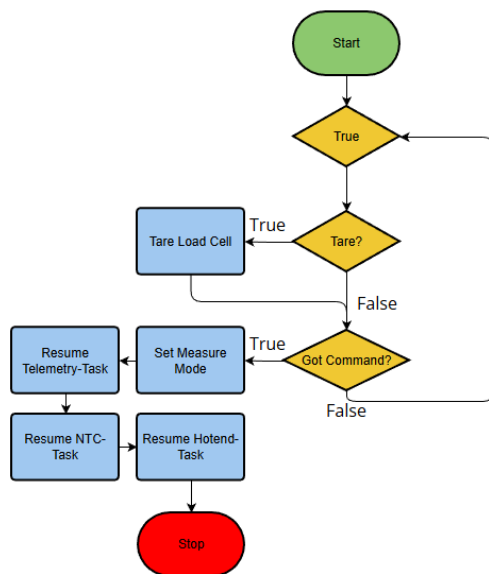
- 
1. Messbefehl abwarten
  2. Hot End auf Soll-Temperatur bringen
  3. Messung durchführen

Es gibt die Modi:

- Time → die Messzeit wird aus übergebener Geschwindigkeit und Filament Länge berechnet. Die Messung wird bei Erreichen der Messzeit beendet.
- Max Force → nach Erreichen der Soll-Temperatur wird das Hot-End abgeschaltet. Die Messung wird bei Erreichen von 5% Schlupf beendet.

## Tasks:

- Der Load Cell Task liest die Kraftwerte aus dem HX711 aus und sendet sie bei laufender Messung die entsprechende Queue.
- Der NTC-Task liest Temperaturwerte von dem NTC-Thermistor aus und sendet sie in die entsprechenden Queues.
- Der Stepper Task gibt den Stepp Befehl in der definierten Geschwindigkeit (wird aus GUI-Parameter berechnet). Der Stepper Task wird auf den zweiten Kern des MCU gelegt. Damit wird eine sehr saubere Laufruhe des Extruders erreicht. Der Stepper Motortreiber wird dafür auch in Microstepping Mode 8 betrieben. Das heißt er macht pro Full-Step 8 Microsteps.
- Der Rotary Encoder Task liest die extrudierte Filament Länge aus und berechnet aus dem Verhältnis mit dem Soll-Wert den Schlupf in Prozent. Der Wert wird anschließend in die entsprechenden Queues gesendet.
- Der Serial Task prüft, ob ein Messbefehl vom GUI kommt, welcher Messmodus verwendet werden soll und ob ein Nullen (Tare) der Wägezelle durchgeführt werden soll. Wird ein Messkommando gesendet startet der Serial Tasks den Hotend Task zum Aufheizen, den NTC-Task zum Messen der Temperatur und den Telemetry Task zum Senden der Temperaturwerte ans GUI. Danach beendet sich der Serial Task selbst.

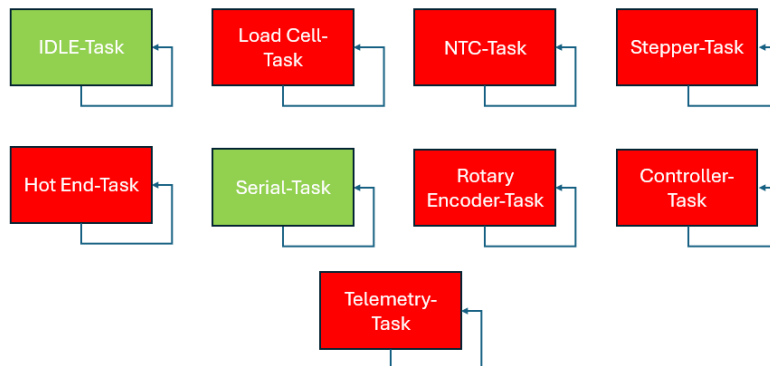


- Der Hotend Task nimmt Messwerte aus der entsprechenden Queue und steuert mit diesen das Heizelement mit einer 2 Punkt Regelung, er steuert auch den Lüfter an. Wird die maximale Temperatur im Max-Force Mode erreicht, werden das Hotend abgeschaltet Stepper und Encoder zurückgesetzt und der Stepper-Task, Rotary Encoder Task, Load Cell Task und der Controller Task gestartet. Im Time Modus werden bei Erreichen der Solltemperatur Stepper und Encoder zurückgesetzt und der Stepper-Task, Rotary Encoder Task, Load Cell Task und der Controller Task gestartet.
- Der Controller Task regelt den Ablauf einer Messung ab Erreichen der Solltemperatur. Im Time Modus wird eine Flag gesetzt, sobald die berechnete Messzeit erreicht ist. Durch Setzen der Flag werden alle Aktoren gestoppt und alle Task gestoppt, nur der Serial Task wird wieder aktiviert und wartet auf ein neues Messkommando des GUI. Im Max Force Modus (abschalten des Hotend nach Tsoll) erhöht sich die Extrusionskraft mit sinkender Temperatur, bis die Kraft so groß wird das der Extruder überspringt. Die Kraft bei Überspringen des Extruder (bei ca. 5% Schlupf) ist die maximale Kraft. Wird nun ein Schlupf > 5% erreicht wird die gleiche Flag wie im Time Modus gesetzt und die Messung auf gleiche Art beendet.

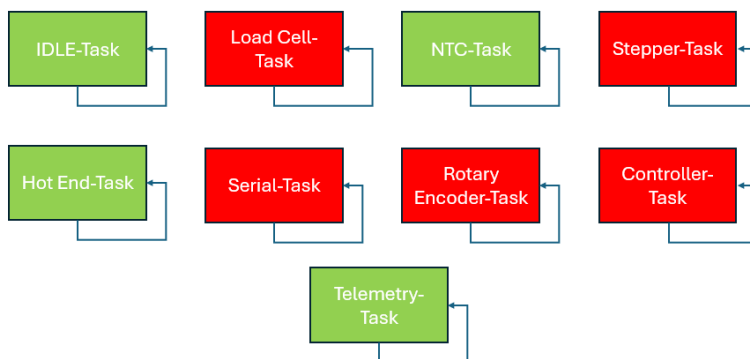
- Der Telemetry Task empfängt Temperatur, Kraft und Schlupf Werte auf den entsprechenden Queues und sendet die Wert im passenden Format an das GUI.

### Programmablauf Übersicht

1. Der erste Schritt des Programms ist immer ein aktiver Serial Task, der auf den Messbefehl wartet. Der IDLE-Task ist ein Leerlauf task mit niedriger Priorität.

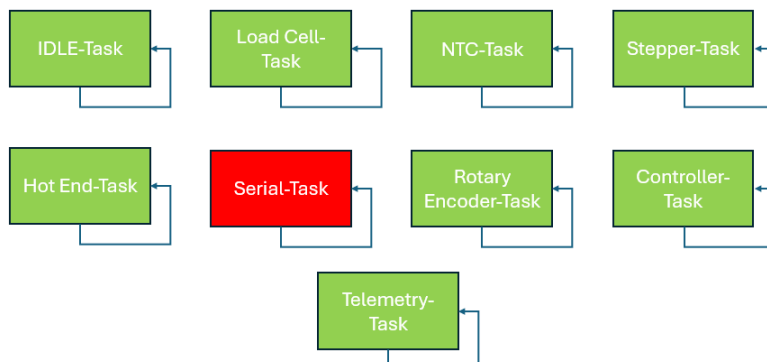


2. Wird der Messbefehl erteilt wird mit der Temperaturmessung angefangen und das Hotend auf Soll Temperatur erhitzt. NTC, Hotend und Telemetry Task sind nun aktiv. Der Serial Task beendet sich selbst.



Im Time Modus wird nun eine Messung durchgeführt, bis die Messzeit abgelaufen ist. Alle Tasks bis auf den Serial Task sind aktiv. Im Max Force Modus wird das Hotend nach Erreichen von Tsoll abgeschaltet, der Hotend Task bleibt aber aktiv

- 3.



4. Wird die Messung beendet, entweder durch hohen Schlupf bei Bestimmen der maximal Kraft oder nach Ablauf der Zeit, werden alle Task beendet. Nur der Serial Task wird wieder aktiviert und wartet auf den Messbefehl. Wir sind wieder bei der Anfang Situation 1.

