

Controller für digitale Teilstriche

R. Ganter 2021

Einführung

Um die exakte Position eines Teleskops am Himmel bestimmen zu können, sind verschiedene Techniken im Einsatz. Mechanische Teilstriche waren schon lange vor Elektronik und Computern das Mittel der Wahl. Deren moderne Ausführung, die digitalen Teilstriche (DSC, digital set circle) haben zeitweise dank GoTo Systemen, ein Nischendasein gefristet. Die Vorteile eines solchen Systems sollten jedoch nicht unterschätzt werden. Die Kalibrierung von Encodern mit 5000 oder 10000 Strichen ist bei weitem unkritischer als ein System mit einer Bogensekunde Auflösung. Die Versuchung ist gross, mit Blick auf die zahlreichen kommerziell erhältlichen Montierungen mit GoTo für den Selbstbau ebenfalls auf dieses Pferd zu setzen. Die Chance, damit zu scheitern, ist gross.

Zudem: der Aufwand ist gar nicht nötig. Eine absolute Genauigkeit von einer Bogenminute (das entspricht 5000 Teilstrichen mit Quadraturauslesung, mehr dazu weiter unten) reicht vollkommen aus. Ist wirklich eine grössere Genauigkeit gefordert, kann diese über ein Leitfernrohr mit Bildauswertung erreicht werden.

Da ich mich entschieden habe, mir eine AOK AYO II mit Encodern zuzulegen, stand die Frage im Raum, welchen Koordinatenrechner ich dafür verwenden soll. Für das zweifellos hochwertige Argo Navis System konnte ich mich nicht begeistern, für andere Systeme noch weniger. Also Selbstbau.

Nun ist es nicht mit ein paar Bauteilen getan, ein solcher Koordinatenrechner ist relativ komplex. Systeme wie Argo Navis enthalten alles, was für den Betrieb notwendig ist, ein zusätzlicher Rechner wird nicht benötigt. Da steckt einiges an Hard- und Software drin, die nicht an einem Wochenende entstanden sind. Andererseits sind die Schnittstellen fest und Erweiterungen nicht möglich.

Hier liegt klar ein Vorteil eines eigenen, offenen Systems.

In diesem Dokument soll ein Auswertesystem vorgestellt werden, das als Prototyp für eine solche Schnittstelle zwischen Teleskop, Montierung, Rechner und allenfalls Kamera dienen soll. Als Prototyp erleichtert das System Messungen und Anpassungen zum Experimentieren. Wetterfestigkeit und Serietauglichkeit wurden hingegen nur bedingt berücksichtigt.

Anforderungen

Es wurden folgende Anforderungen definiert:

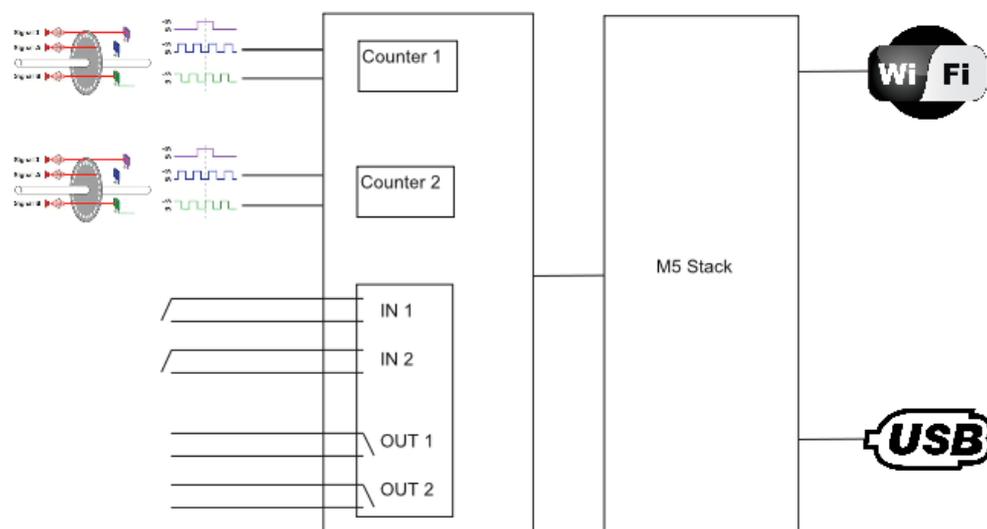
- Anschlussmöglichkeit von zwei optischen Encodern
- RJ45 Stecker mit Belegung wie Argo Navis
- Speisung der Encoder über 5VDC
- zwei galvanisch getrennte Eingänge für Taster oder Schaltausgänge
- zwei galvanisch getrennte Ausgänge zum Ansteuern externer Schaltungen
- RJ45 Stecker für Ein-/Ausgänge
- WiFi Schnittstelle für Kommunikation mit Rechner
- USB Schnittstelle für externe Speisung und/oder Kommunikation mit Rechner

- modulares Rechnersystem, das eigenständigen Betrieb ohne Rechner erlaubt
- Display für Standalone Betrieb

Als Rechnersystem wurde das M5stack System gewählt, da es die meisten der o.g. Anforderungen erfüllt. Module dieses Systems sind extrem günstig und da die Schnittstellen offen und gut dokumentiert sind, sind eigene Erweiterungen mit geringem Aufwand möglich.

Architektur

Das folgende Blockschaltbild zeigt das Encodermodul:



Links oben sind die zwei Encoder dargestellt. Da eine Argo Navis kompatible Schnittstelle gewählt wurde, sind allfällige Indexsignale nicht angeschlossen. Die zwei um 90 Grad versetzten Signale werden durch spezielle Decoder-ICs ausgewertet. Die Auswertung über Software ist zu träge, so dass die Gefahr bestehen würde, Schritte zu verlieren. Die ICs sind vergleichsweise stromsparend und entlasten den verwendeten Microcontroller von dieser zeitkritischen Aufgabe.

Links unten sind die zwei Ein- resp. Ausgänge. Sie werden über die Software frei programmierbar sein, deren Funktion ist also nicht festgelegt. Eine Möglichkeit wäre z.B. einen externen Taster neben dem Okular zu platzieren und damit bestimmte Funktionen auf dem Rechner auszulösen.

Dasselbe gilt für die Ausgänge. Denkbar wäre hier z.B. Kameraaufnahmen (Video) nur dann zuzulassen, wenn das Teleskop nicht bewegt wird.

Rechts oben ist die WiFi Schnittstelle zu sehen. Das M5stack System verwendet einen ESP32 Microcontroller, der eine solche Schnittstelle schon enthält. Kommunikation mit einem Rechner ist mit wenig Aufwand programmierbar.

Die USB Schnittstelle dient in erster Linie als externe Stromversorgung. Auch wenn das M5stack System ein Batteriemodul verwendet, ist zu befürchten, dass dieses bei tiefen Temperaturen zu wenig leistungsfähig ist. USB Powerbanks sind dafür gut geeignet.

Implementation

Das komplette System besteht aus drei Modulen:

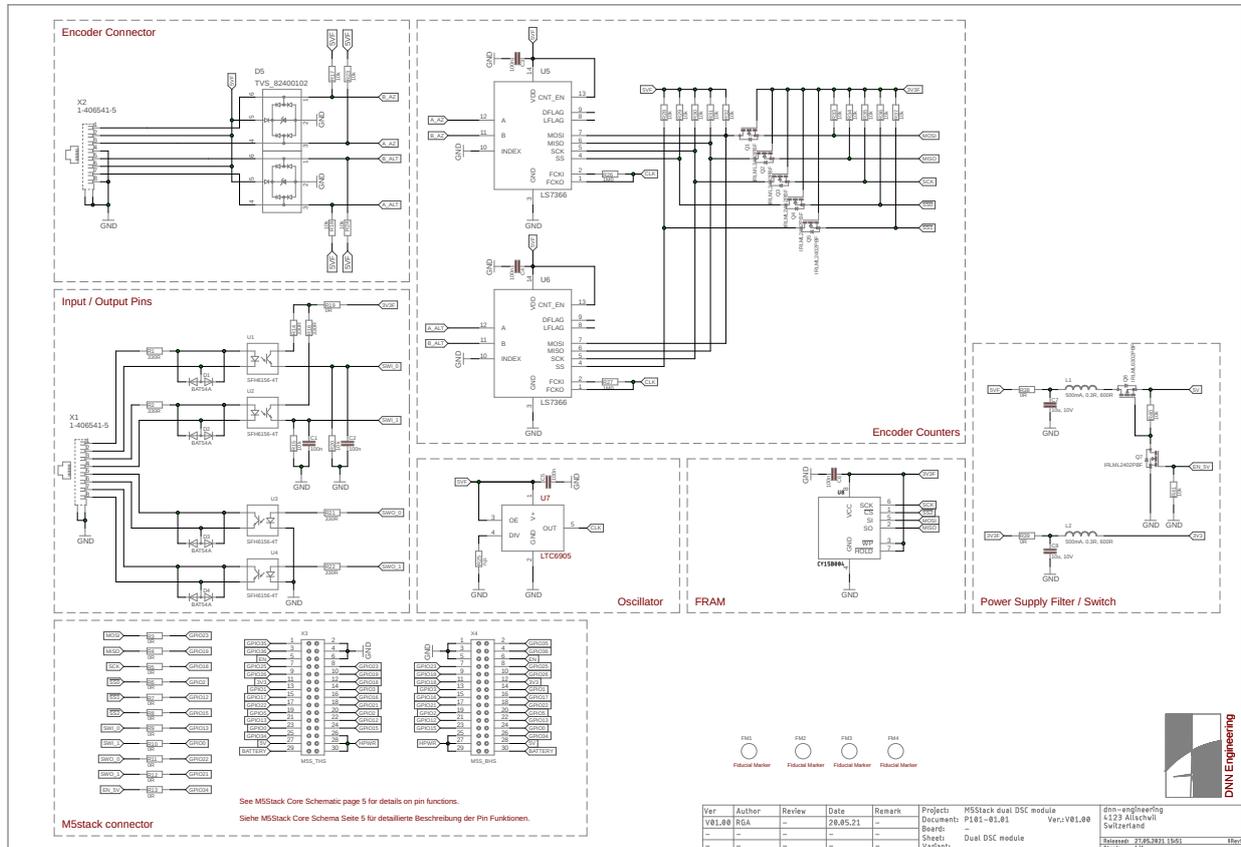
- [ESP32 Basic Core IoT](#)
- [Battery Module for ESP32 Core Development Kit](#)
- DSC Modul. Eigenentwicklung

Das endgültige M5stack kompatible Modul wurde mit EAGLE erstellt und ist als zweilagige Leiterplatte implementiert. Da die zwei RJ45 Stecker relativ viel Platz benötigen (auch in vertikaler Richtung) wurde auf 100% Kompatibilität mit M5stack verzichtet und die Leiterplatte auf einer Seite so verlängert, dass die Stecker ausserhalb des Montagerahmens platziert werden können. Die Leiterplatte kann kostengünstig hergestellt und, trotz ausschliesslicher Verwendung von SMD Bauteilen, mit vertretbarem Aufwand von Hand bestückt werden.

Der Rahmen basiert auf einem generischen CAD Modell, das für diese Zwecke angepasst worden ist. Er kann mit einem 3D Drucker hergestellt werden.

Schema

Die folgende Abbildung zeigt das Schema:



Das Schema ist in funktionale Blöcke aufgeteilt, die durch gestrichelte Linien abgetrennt sind.

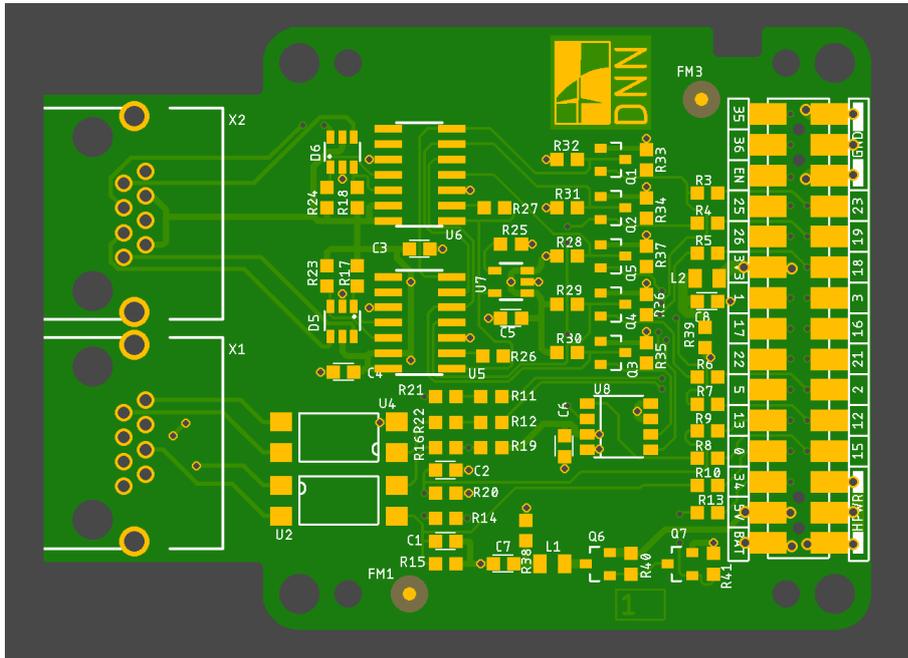
- Der Block «Encoder Connector» enthält den Stecker für die Encoder und ESD-Schutzelemente. Hochohmige Pullup Widerstände stellen sicher, dass die Eingangssignale auch bei nicht angeschlossenen Encodern oder im Fehlerfall auf definiertem Pegel liegen. Die Encoder werden mit 5V versorgt.
- Der Block «Input / Output Pins» enthält die galvanisch getrennten Ein- und Ausgänge. Optokoppler sorgen für die galvanische Trennung. Die Dioden an Ein- und Ausgängen dienen als Verpolschutz. Das Ausgangsnetzwerk an den Eingangs-Optokopplern bildet einen Tiefpass, der hochfrequente Störungen und Tastenprellen unterdrückt.
- Der Block «Encoder Counters» enthält die Decoder für die optischen Encoder. Diese Bausteine werden über eine SPI Schnittstelle angesteuert und sind sehr vielseitig parametrierbar. Details sind im Datenblatt zu finden. Da die Decoder-ICs mit 5V betrieben werden müssen (die Encoder liefern 5V Signale), muss über Pegelwandler die SPI Schnittstelle auf die 3.3V des M5Stack Systems angepasst werden. Dies wird mit MOSFETs und Widerständen umgesetzt.
- Der Block «Oscillator» enthält einen Halbleiterszillator. In der hier gezeigten Beschaltung generiert dieser 40MHz, die die zwei Decoder-ICs takten. Bei Bedarf kann diese Frequenz auf 20MHz halbiert werden. Dazu muss der Widerstand am DIV Pin bestückt werden.
- Der Block «FRAM» enthält einen nichtflüchtigen Speicher mit 4kbit Kapazität. Er basiert auf dem ferrielektrischen Effekt, der eine nahezu unbegrenzte Schreibkapazität von 10^{13} Lese-/

Schreibzyklen und eine Speicherzeit von mehr als 120 Jahren erlaubt. Dieser Speicher kann für die Parametrierung des Systems verwendet werden (Encodertyp, Tickanzahl, etc.).

- Der Block «Power Supply Filter / Switch» enthält Filternetzwerke für die Speisungen vom M5Stack System. Ausserdem ist die 5V Versorgung schaltbar. Damit kann der Strombedarf bei Nichtgebrauch der Encoder erheblich gesenkt werden.
- Der Block «M5stack connector» enthält die Stecker zum M5Stack System. 0-Ohm Widerstände helfen bei der Inbetriebnahme. Damit können gezielt Signale getrennt werden.
- Vier Passermarken und zwei Logos vervollständigen das Schema.

Die Leiterplatte ist in den folgenden zwei Bildern dargestellt.

Oberseite:



Unterseite:

