

Lasertreiber Magnesium

Motivations eines neuen der Stromtreibers

- KMK's Stromtreiber hat ein zu hohes Rausches
- KMK's kann ebenfalls Peltiers stabilisieren → soll unserer nicht, weil dieser Part Rauschen verursachen könnte. Außerdem benutzen wir den Meerstetter-Temperaturregler
- Low Drift Shunt: Stromtreiber_KMK hat 50 ppm/K, der von Libbrecht, Hall, et al. nur 5 ppm/K
- Mehr Filterung der Ref-Spannung
- Komponenten mit weniger Noise
 - Beispiel: OPs mit 1nV/sqrt(Hz) anstelle der 10nV/sqrt(Hz) des TLE2141



Wichtig zum Verstehen des Laserstromtreibers: Wenn eine Laserdiode ihre Frequenz mit 3 MHz/ μ A verändert und man möchte eine Linienbreite von kleiner gleich 1 MHz haben, dann muss das integrierte Stromrauschen weniger als 300nA sein. Möchte man nun zu einer Linienbreite von kleiner 1kHz kommen, muss das Stromrauschen kleiner als 1 nA sein, das komplett unrealistisch ist!

Gliederung

- [Funktionseinteilung des Lasertreibers + Wichtige Eigenschaften der Bauteile im Lasertreiber](#)
- [Vergleich verschiedene Lasertreiber](#)
- [Vergleich verschiedene Bauteile + mögliche Alternativen + Designentscheidungen](#)
- [Datenblätter der Komponenten alphabetisch sortiert](#)
- **Lasertreiber Versionen**
- Version 1.0:
 - lasertreiber_v1.sch.pdf
- Version 1.1:
 - lasertreiber_v1.1.sch.pdf
- Version 1.2:
 - lasertreiber_v1.2.sch.pdf
- Version 1.3:
 - lasertreiber_v1.3.sch.pdf
- Version 1.4:
 - lasertreiber_v1.4.sch.pdf
 - steckmodul_regelung_v1.0_a.sch.pdf
 - steckmodul_regelung_v1.0_b.sch.pdf
- [Layout](#)
- [Messaufbau](#)

To Do

- Schaltbild fertig machen
- Offen Fragen erledigen -> löschen
- Berechnete Sachen im Wiki dokumentieren
- Mini-Platine designen für TestDiode (nur wenn Steffen hier eine Skizze eingefügt hat. Sonst weglassen) :-)
- Footprints für wichtige Bauteile (ohne Potis)
- SMD Bauteile mit 0805-Footprint einbauen

Bauteilliste

- Vollständigkeit der Datenblätter
- Vervollständigen der Wiki-Seite
- Alle Versionen hochladen siehe vorherigen Abschnitt
- Sicherheits-Mechanism einbauen (wie Lasorb)

- ☒ [✓ rholst, 2020-03-09] ~~Entscheiden, welches Gehäuse wir nehmen~~
- ☒ [✓ rholst, 2020-04-09] ~~Entscheiden, welche Platinengröße wir nehmen~~
- ☒ [✓ rholst, 2020-03-09] ~~Widerstände durchgehen und Fragen notieren~~
- Kondensatoren durchgehen und Fragen notieren
- Transistoren durchgehen und Fragen notieren
- ICs durchgehen und Fragen/Probleme notieren
- Entscheiden, welche Widerstände, Potentiometer wir wo verwenden
- Entscheiden, welche Transistoren wo verwendet werden
- Stromversorgung überlegen
- Richtige ICs in Schaltplan einfügen
- ICs in Library einfügen
- richtigen Display-Stecker in Schaltplan und Library einfügen
- Bauformen der Bauteile auf ihre Sinnhaftigkeit hin überprüfen
- Footprints für fehlende Bauteile erstellen
- Klären, ob die Größe der Footprints angemessen ist
- Schaltplan nach merkwürdigen/falschen Bauteilen durchgehen
- Entscheiden, welche genaue Platinenart wir verwenden (z.B. wie viele Layer und was für Layer, wie sind diese miteinander verbunden etc. -> siehe Eagle-Hanbuch)
- Entscheiden, bei wem wir bestellen -> was für Leiterplatten können wir herstellen lassen?

Offene Fragen

- Wie schalten wir die Laserdiode? Nur über Hauptschalter oder wie KMK zusätzlich über Schalter, der Anode auf GND zieht?
- Wie viel Zeit wird das Einpflegen aller Bauteile in die Eagle Library benötigen?
 - Wie viele Bauteile müssen noch in die Library eingepflegt werden?
 - Bei 11 Bauteilen ist es sicher, sieben vielleicht. Diese müssen noch dahingehend überprüft werden, ob der aktuelle Footprint passt, bzw. es ist unklar ob dafür ein neuer footprint entworfen werden muss, oder ob das Bauteil schon in einer der vorgefertigten Eagle-Libraries in passender Form vorliegt.
 - Wie lange dauert es, ein Bauteil einzupflegen?

Spannungsregler

- Welche Widerstände verwenden wir für die Spannungsteiler der Spannungsregler? Aufgeteilt in folgende Fragen:
 - Wie stabil muss die Spannung sein, die wir durch die Spannungsregler erzeugen möchten?
 - Sinn und Zweck der Spannungsregler ist, die Spannung möglichst rauscharm zu machen. Die Stabilität ist zweitrangig, da die Laserdiode ohnehin aktiv geregelt wird und damit die exakte Höhe der Versorgungsspannung keine zentrale Rolle spielt.
 - Wie stabil müssen die Widerstände sein, um diese Stabilität zu erzeugen?
 - Per se gibt es keine besonderen Anforderungen an die Stabilität
 - Wie verhält sich die Sache für den LT3045? (hier wird kein Spannungsteiler verwendet)
 - Die Ausgangsspannung ist proportional zu dem an den SET-Pin angeschlossenen Widerstand, und damit die Stabilität der Ausgangsspannung gleich der Stabilität des Widerstandes. Auch hier gibt es also keine besonderen Anforderungen an die Widerstände.
 - Wie wichtig ist es, dass die Werte der Widerstände exakt sind?
 - Durch die Spannungsregler soll eine rauscharme, halbwegs stabile Spannung erzeugt werden. Diese muss mit etwas Abstand über 10V liegen, damit für einen 50 Ohm Messwiderstand Stromstärken bis 200mA möglich sind. Der exakte Wert ist durch die aktive Stromregelung allerdings nicht von besonderer Relevanz. Dementsprechend können auch Widerstände mit normalen Toleranzen verwendet werden.
 - Welche Widerstände/Potentiometer erfüllen diese Anforderungen?
 - An die Widerstände gibt es keine besonderen Anforderungen, sowohl bezogen auf die Stabilität als auf die Leistung. Entsprechend können wir dort standardmäßige 0805 SMD-Widerstände verwenden.
 - Bezüglich der Potentiometer: Diese sollten eine relativ feine Einstellung zulassen, müssen darüber hinaus allerdings ebenfalls keine besonderen Eigenschaften aufweisen.
 - ? Bleibt die Frage: Exakt welche Potentiometer nehmen wir?
 - Bezieht sich auf: R1, R4; R10, R68; R20(Poti), R22; R39, R40(Poti).

Referenzen

- Welche Widerstände/Potentiometer verwenden wir für die Spannungsteiler der Referenzen? Aufgeteilt in folgende Fragen:
 - Wie stabil soll die Sollspannung sein?
 - Die Stabilität der Sollspannung bestimmt die Stabilität der Laserstromstärke maßgeblich. Die Stabilität des Laserstroms ist nicht oberste Priorität, eher die Rauscharmut, da die genaue Frequenz des Lasers ohnehin aktiv geregelt werden wird, die Linienbreite aber durch das höherfrequente Rauschen des Laserstroms bestimmt wird. (?) Dennoch sollte der Laserstrom eine gewisse Stabilität aufweisen, auch weil der Lasertreiber nicht nur explizit für diese eine Anwendung verwendbar sein soll. Als untere Grenze für die Stabilität würde ich vorschlagen die der Sollspannung des Lasertreibers aus der PTB zu nehmen. Diese wird maßgeblich

durch die des Spannungsteilers bestimmt und liegt bei ca. 5ppm/°C (siehe entsprechendes Jupyter Notebook zur Abschätzung der Stabilität, Stabilität Referenz PTB.ipynb)

- Wie stabil sind die Referenzen?
 - Die Temperaturabhängigkeit der Referenzen ist wie folgt. LM399: max. 0.5ppm/°C; LT1236: max. 5ppm/°C; LTC6655: max 2ppm/°C;
- Wie stabil ist der INA(auch in Abhängigkeit der Widerstände zur Einstellung der Verstärkung)?
 - Der INA(AD8429) hat für Verstärkungsfaktor $G=1$ eine Temperaturabhängigkeit von max. 5ppm/°C. Betrieb mit $G>1$ ist nicht sinnvoll für unsere Anwendung.
- ? Wie stabil müssen die Widerstände/Potentiometer sein?
- ? Welche Widerstände/Potentiometer erfüllen diese Eigenschaft?
- Bezieht sich auf: R6, R7, R15, R16, R17 bzw. R60, R61, R63, R64, R65
- Welche Widerstände verwenden wir für den LT1236? (R11, R32)
 - Wie stabil müssen die Widerstände sein?
 - Da der Trim-Pin um 70:1 abgeschwächt ist, manifestieren sich Schwankungen der Widerstände nur sehr geringfügig in der Ausgangsspannung. Ändert sich die Temperatur beider Widerstände, ändert sich dadurch nicht die am Trim-Pin anliegende Spannung, da sich beide Widerstände gleich ändern, also das Widerstandsverhältnis konstant bleibt. Erst Temperaturunterschiede zwischen den beiden Widerständen sorgen für eine Veränderung der anliegenden Spannung. Diese sollte allerdings so klein sein, dass sie vernachlässigbar ist
 - Grob überschlagen dürfte die Schwankung der Ausgangsspannung bei Widerständen mit einer Temperaturabhängigkeit von weniger als 100ppm/°C deutlich unterhalb von 0.5ppm liegen, also weniger als 5µV (Berechnung: Siehe handschriftliche Notizen 15.04.2020). Das ist eine Größenordnung unter der im [Datenblatt](#) auf Seite 1 angegebenen maximalen Drift von 5ppm/°C und sollte damit hinreichend stabil sein.
 - ! Das ist mehr eine erste Überlegung als eine abschließende Entscheidung. Hier muss ich noch einmal drüber nachdenken, wenn ich weiss, wie stark die anderen Bauteile schwanken.
 - Wie groß müssen die Widerstände sein?
 - Im [Datenblatt](#) auf S. 7 wird der Anschluss des Trim-Pins an ein 10kOhm Potentiometer empfohlen. Da uns die genaue Spannung der Referenz egal ist, ersetzen wir das Potentiometer durch zwei 4,7kOhm Widerstände.
 - Welche Widerstände erfüllen die Bedingungen?
 - Jeder normale 0805er, unter Umständen(?) muss noch nach stabileren geschaut werden.

Widerstandsdimensionierung

- Wie viel Leistung fällt an ... ab? Wie müssen diese Widerstände dimensioniert sein? Welche Widerstände verwenden wir?
 - R18, R19

- knapp 200mW (angenommen $I=200\text{mA}$)
- Es gibt 0805 Widerstände mit 250mW Rating, diese sind aber nicht der Standardfall und entsprechend etwas teurer (Beispielsweise: die Günstigsten kosten ca. 0,40€ [bei Mouser](#)). Müssen vermutlich extra bestellt werden.
- R14, R27
 - ca. 100mW
 - Es gibt 0805 Widerstände mit 125mW (1/8W) Rating. Preislich ebenfalls bei ca. 0,40€/Stück [bei Mouser](#). Müssen vermutlich ebenfalls bestellt werden(?)
- R2
 - ebenfalls knapp 200mW
 - siehe R18, R19(gleiches Szenario).

Kondensatoren

- C19 (Seite 3): Was für ein Kondensator soll hier eingebaut werden?
 - Stimmt die Größe?
 - Ja, siehe [Schaltplan Libbrecht Hall](#)
 - ? Welcher Footprint?
 - ? Ist der Footprint in der Lasertreiber-Library?
- C72 (Seite 3):
 - Was ist seine Funktion?
 - Um Spannungseinbrüche bei Lastschwankungen zu vermeiden. Siehe [Datenblatt](#), Seite 12, Abschnitt zu IN: The LT3045 requires a bypass capacitor at the IN pin. [...] While a 4.7µF input bypass capacitor generally suffices, applications with large load transients may require higher input capacitance to prevent input supply droop.“
 - Eine größere Kapazität sollte kein Problem sein
 - Es stellt sich die Frage nach seiner Notwendigkeit, da die Versorgungsspannung bereits durch (sehr viele) Kondensatoren geglättet wird
 - Warum ausgerechnet 10uF? Stimmt die Größe?
 - 4.7uF werden im [Datenblatt](#) in o.g. Abschnitt empfohlen. 10uF ist die nächste gängige Größe.
 - Ist es wichtig, dass es ausgerechnet 10uF sind, oder würde auch ein anderer Kondensator gehen?
 - Der Kondensator sollte die empfohlenen 4.7uF nicht unterschreiten. Abgesehen davon sehe ich keinen Grund, warum der Kondensator nicht auch deutlich größer gewählt werden könnte.
 - Eine mögliche Option wäre ein 100uF-Kondensator, mit dem Vorteil, dass dieser auch an vielen anderen Stellen verbaut wird und entsprechend kein extra Kondensator gewählt werden müsste für diesen einen Fall
 - Wie viele andere 10uF-Kondensatoren gibt es?
 - 2, an diese werden aber besondere Anforderungen gestellt → vermutlich anderer Footprint
 - Welche Größe wählen wir jetzt und warum?
 - 100uF. Wahrscheinlich ist das Einplanen unnötig, da wir bereits viele Kondensatoren

parallel zur Versorgung haben. Für den Fall, dass es einen Unterschied macht, ist es aber gut einen zu haben. 100uF, damit wir keinen neuen Footprint verwenden müssen und weniger Bauteile haben müssen.

- Welche Bauform? Welcher Footprint?
 - Wie bei allen 100uF: der aus der Lasertreiber Library
- Ist der Footprint in der Lasertreiber-Library?
 - Ja
- C70 (Seite 3):
 - Was ist seine Funktion?
 - Datenblatt des LT3045, S. 12: "Adding a capacitor from SET to GND improves noise, PSRR and transient response at the expense of increased start-up time." Hier also einerseits zum langsamen rampen der Spannung beim Einschalten und zum Verringern des Rauschens.
 - Stimmt die Größe? Warum ausgerechnet 1uF?
 - Nach Datenblatt des Lt3045, S. 19 ist die Zeit nach Einschalten der Versorgungsspannung, die benötigt wird, damit die Ausgangsspannung 90% des Sollwertes erreicht, $t_{SS} \approx 2.3 \cdot R_{set} \cdot C_{set}$, wobei R_{set} bzw. C_{set} der von SET zu GND geschaltete Widerstand bzw. Kondensator ist.
 - für $R_{set} = 120k\Omega$ und $C_{set} = 1uF$ ergibt sich $t_{SS} \approx 0,28s$
 - Für $C_{set} = 10uF$ ist also $t_{SS} \approx 2,8s$
 - ? Wie lang soll die Soft-Start-Zeit sein? Daraus ergibt sich die Größe
 - 0,28s sind meines Erachtens etwas wenig. 28s sind andererseits wieder ziemlich viel. Ich denke 2,8s sind ein guter Mittelweg
 - Es gibt die Möglichkeit, über fest eingebaute Widerstände eine konstante Sollspannung vorzugeben. Da in diesem Fall die Stromstärke nicht per Hand langsam hochgeregelt werden kann, würde ich für diesen Fall eine Möglichkeit vorsehen, einen größeren Kondensator (100uF, also $t_{SS} \approx 28s$) einzubauen.
 - Also: 10uF (und 100uF optional)
 - Gibt es besondere Anforderungen an die Kondensatoren?
 - Nein, nicht wirklich
 - Welche Kondensatoren erfüllen diese Eigenschaften?
 - 10uF Folienkondensatoren aus der Elektronikwerkstatt
 - 100uF Elektrolytkondensatoren aus der Elektronikwerkstatt
 - Welche Bauform? Welcher Footprint?
 - ? für 10uF unbekannt
 - für 100uF: [siehe Tabelle](#)
 - Ist der Footprint in der Lasertreiber-Library?
 - ! 10uF: NEIN
 - 100uF: Ja
- C69 (Seite 3):

- Was ist seine Funktion?
 - Datenblatt zum LT3045, S. 13: "For stability, use a minimum 10 μ F output capacitor with an ESR below 20m Ω and an ESL below 2nH"
- Stimmt die Größe? Warum ausgerechnet 10uF?
 - Die Größe stimmt, 10uF werden empfohlen
- Welche besonderen Eigenschaften muss er erfüllen?
 - ESR < 20mOhm, ESL < 2nH
- Welche Kondensatoren erfüllen diese Eigenschaften?
 - Datenblatt zum Lt3045, S. 17: "Due to its good voltage coefficient in small case sizes, LTC recommends using Murata's GJ8 series ceramic capacitors"
 - Suche auf Murata-Webseite liefert, dass die GJ8-Reihe als "Not Recommended for new Designs" markiert ist
 - Aus den Datenblättern wird nicht ersichtlich, welchen ESR die Kondensatoren haben
 - Also: suche andere Kondensatoren
 - Datenblatt zum LT3045, S. 17: "X5R and X7R dielectrics" werden empfohlen
 - Suche [bei Mouser](#) nach den genannten Anforderungen
 - Bei vielen Kondensatoren im Datenblatt keine Informationen zu ESR
 - Bisher noch keine geeigneten Kondensatoren gefunden
 - ? Wie weiter verfahren?
- ? Welchen Kondensator wählen wir hier genau?
- ? Welche Bauform? Welcher Footprint?
- ? Ist der Footprint in der Lasertreiber-Library?
- C10 (Seite 4):
 - Was für ein Kondensator ist da verwendet?
 - 1uF Folienkondensator wie im Elektroniklabor, [siehe Tabelle](#)
 - ist in Lasertreiber-Library
 - Ließe sich dieser auch an den anderen Stellen, wo ein 1uF Kondensator benötigt wird, verwenden?
 - 1uF wird auch bei C11 (Seite 6) und C19 (Seite 3) benötigt
 - Lässt sich bei beiden Stellen verwenden (wird er jetzt)
- C65 (Seite 5):
 - Was ist seine Funktion?
 - Stimmt die Größe? Warum ausgerechnet 10uF?
 - Welche besonderen Eigenschaften muss er erfüllen?
 - Welche Kondensatoren erfüllen diese Eigenschaften?
 - Welchen Kondensator wählen wir hier genau?
 - Welche Bauform? Welcher Footprint?
 - Ist der Footprint in der Lasertreiber-Library?
- C66 (Seite 5):
 - Was ist seine Funktion?
 - Stimmt die Größe? Warum ausgerechnet 100uF?

- Welche besonderen Eigenschaften muss er erfüllen?
- Welche Kondensatoren erfüllen diese Eigenschaften?
- Welchen Kondensator wählen wir hier genau?
- Welche Bauform? Welcher Footprint?
- Ist der Footprint in der Lasertreiber-Library?

Beantwortete Fragen

Allgemein

- Q: Welches Gehäuse verwenden wir? Unbedingt klären, bevor wir mit dem Layout anfangen, da das komplette Design maßgeblich davon abhängt
 - A: 19 Zoll Rackeinschub, 1 HE. Maße: 25cm tief, ca. 4,1cm hoch, ca. 40cm breit

Referenzen

- Q: LTZ1000 trotz großen Aufwand einarbeiten? A: Nein, zu viel Aufwand → Evtl. next Generation
- Q: Welchen Widerstand verwenden wir für R5?
 - Q: Welche Leistung fällt daran ab?
 - Bei Verwendung von GND als niedriges Potential: knapp 5mW
 - Bei Verwendung von -15V als niedriges Potential: gut 50mW
 - Kleinstmögliches Leistungsrating: 1/16W (63mW)
 - Q: Wie beeinflusst die Stabilität von R5 die Stabilität der Referenzspannung(Sollspannung)?
 - Über Veränderung im Leistungsabfall: Über die Diode fallen ohnehin nur ca. 5mW (GND als niedriges Potential) bzw. 20mW (-15V als niedriges Potential) ab. Schwankungen in der Größe des Widerstands liegen in einem so kleinen Bereich, dass der Stromfluss sich nicht merklich ändert, also Temperaturänderung der Diode und damit einhergehende Spannungsänderung keine Folge davon sein wird.
 - Über Veränderung im Stromfluss
 - Je nach Stromstärke ändert sich die Spannung, die an der Zenerdiode abfällt (meine Interpretation von dem ersten Graphen im [Datenblatt](#) Seite 3)
 - bei -15V als niedriges Potential: Stromstärke (ca. 2,67mA) ist hoch genug, dass der Spannungsabfall an der Diode sich auch bei leichten Schwankungen nicht ändert.
 - bei GND als niedriges Potential: Stromstärke (ca. 0,67mA) ist womöglich niedrig genug, als dass eine kleine Änderung der Stromstärke auch eine Änderung der an der Diode abfallenden Spannung verursachen könnte. → mögliches Problem, aber was sind die tatsächlichen Auswirkungen? Wäre es sinnvoll, für diesen Fall einen kleineren Widerstand auszuprobieren? Vielleicht auf die Liste von Dingen setzen, die man ausprobieren könnte.
 - Q: Welcher Widerstand ist demnach der beste?

- Vorschlag: einen 1/16W oder 1/10W 0805 Widerstand verwenden. Die Stabilität dessen nimmt keine herausragende Rolle ein.

Verwenden des INA mit den Referenzen

- Q: Welchen Instrumentenverstärker sollen wir nehmen? A: AD8429, weil der rauschärmste. Auch bei TI keine besseren
- Q: Wie wünschenswert wäre es, die 5V Referenz mit dem INA dahinter auf 10V zu verstärken? A: Sehr, da dadurch auch beim Verwenden der 5V-Referenz Ströme von 200mA bei einem Messwiderstand von 50 Ohm erzielt werden können
 - Q: Rauschen? A: Sollte keinen Unterschied machen, da der INA sowieso dazwischen hängt
 - Q: Abhängigkeit von dem Widerstand, der den Verstärkungsfaktor festlegt? A: Führt zu Drift, abhängig von der Drift des Widerstands, beeinflusst das Gesamtsystem aber in vergleichbarem Maße wie das Driften der Spannungsteiler(?). Sobald sich das System thermisch stabilisiert hat, sollte der Effekt verschwinden.
- Q: Lässt sich die Verstärkung des INA(AD8429) dazu nutzen, um niedrigere Referenzspannungen zu verstärken und somit auch höhere Laserstromstärken bei höheren Messwiderständen zu ermöglichen?
 - A: Nein. Nach dem [Datenblatt](#) Seite 15 ist $V_{out} = G \cdot (V_{in+} - V_{in-}) - V_{ref}$, wobei G der Verstärkungsfaktor ist mit $1 \leq G \leq 10000$. In unserem Fall ist V_{in+} die Spannung von hinter den Spannungsreglern, V_{in-} die Spannung der Referenzen hinter dem Spannungsteiler und V_{out} die Sollspannung, die hinter dem Messwiderstand anliegen soll. V_{ref} ist 0V. Die Spannung, die an dem Messwiderstand abfallen soll, ist dann $V_{in+} - V_{out} = V_{in+} - G \cdot (V_{in+} - V_{in-}) = (1 - G) \cdot V_{in+} + V_{in-} \leq V_{in-}$, da $G > 1$. Das heißt, die über dem Messwiderstand abfallen sollende Spannung ist immer kleiner als die Spannung der Referenz nach dem Spannungsteiler und damit als die Spannung der Referenz an sich. Damit ist $G=1$ die einzig sinnvolle Einstellung für den INA.
- Q: Welche Widerstände verwenden wir, um die Verstärkung beim INA einzustellen? Aufgeteilt in folgende Fragen: Wie groß soll die Verstärkung sein? Wie groß muss der Widerstand sein, um diese Verstärkung einzustellen? Wie müssen Widerstände verschaltet werden, um diese Verstärkung einzustellen? Wie stabil ist die Ausgangsspannung abh. von der Stabilität der Widerstände? Wie genau muss die Verstärkung eingestellt sein? Gibt es eine andere Verschaltung von Widerständen, die näherungsweise die richtige Verstärkung einstellt, aber stabiler ist? Wie wichtig ist die Stabilität der Sollspannung? Was für eine Rolle spielt das Rauschen hier? Wie hängt das Rauschen von der Wahl der Widerstände ab? Welche Widerstände sind die nach obigen Kriterien am besten geeigneten?
 - A: Diese Frage erübrigt sich, da $G=1$ die einzig sinnvolle Einstellung für den INA ist und dementsprechend keine Widerstände zur Einstellung der Verstärkung benötigt werden.
- Wie wählen wir den Widerstand R33 für die Verstärkung der Referenz für 5V? 6kOhm für Verstärkung $G=2$, aber nicht in E-Serie
 - ALTE ANTWORT: $U_{Ref} = R_{mess} \cdot I_{LD}$ [$U_{Ref}=5V, 10V, 6,95V$]
 - Diese Frage erübrigt sich, da $G=1$ hier die einzig sinnvolle Einstellung für den INA ist

Last update: 2020/05/04 13:19 groups:mg:private:steffensauer:laserdriver_mg https://iqwiki.iqo.uni-hannover.de/doku.php?id=groups:mg:private:steffensauer:laserdriver_mg&rev=1588598399

From: <https://iqwiki.iqo.uni-hannover.de/> - IQwiki

Permanent link: https://iqwiki.iqo.uni-hannover.de/doku.php?id=groups:mg:private:steffensauer:laserdriver_mg&rev=1588598399

Last update: **2020/05/04 13:19**

