

### APPLIKATIONSHINWEISE

#### Einstellung des Laserstroms

Sollen DC-Ströme bis 150 mA oder Pulsströme bis etwa 700 mA geschaltet werden, so reicht die Verwendung eines Kanals (Beispiel 1). Der Eingang ENx des nicht benötigten Kanals sollte auf GND gelegt und AGNDx offen gelassen werden. Höhere Ströme oder mehrere Stromstärken können durch Verwendung beider Kanäle erreicht werden (Beispiele 2 und 3).

#### Beispiel 1: Schalten eines Stromes von 100 mA

1.  $100 \text{ mA} < 150 \text{ mA} \Rightarrow$  ein Kanal genügt
2. nur „Ein- und Ausschalten“  $\Rightarrow$  auf RK kann verzichtet werden ( $RK = 0 \Omega$ )
3. aus Bild 1 (s. a. Datenblatt Bild 2 - 4) benötigte Spannung  $V(CI)$  für  $RK = 0 \Omega$  bei  $I(LDK) = 100 \text{ mA}$  ablesen: 1.75 V

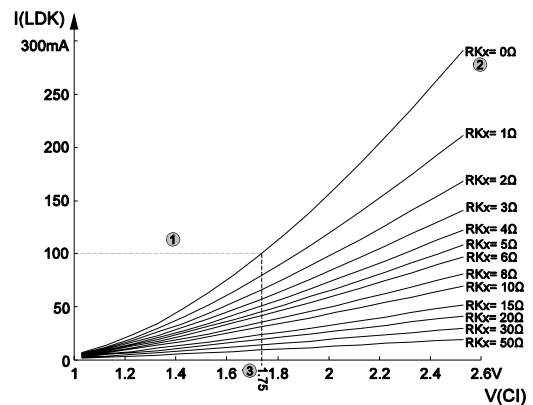


Bild 1: Bestimmung  $V(CI)$  für Beispiel 1 - Pulsstrom von 100 mA

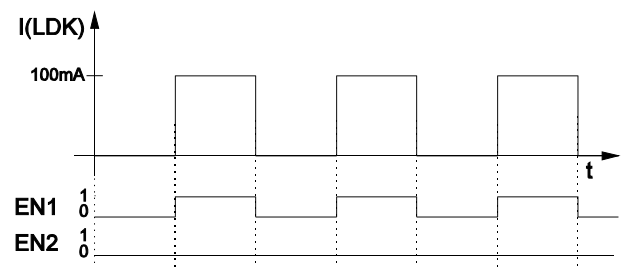


Bild 2: Signalverlauf zu Beispiel 1 - Pulsstrom von 100 mA

Wird die in Bild 3 gezeigte Schaltung verwendet und am Pin CI eine Spannung von 1.75 V angelegt, so kann durch eine vorgegebene Pulsfolge an einem der beiden ENx-Pins (der andere muß auf GND gelegt werden) der Laserdiodenstrom zwischen typisch 0 mA und 100 mA geschaltet werden.

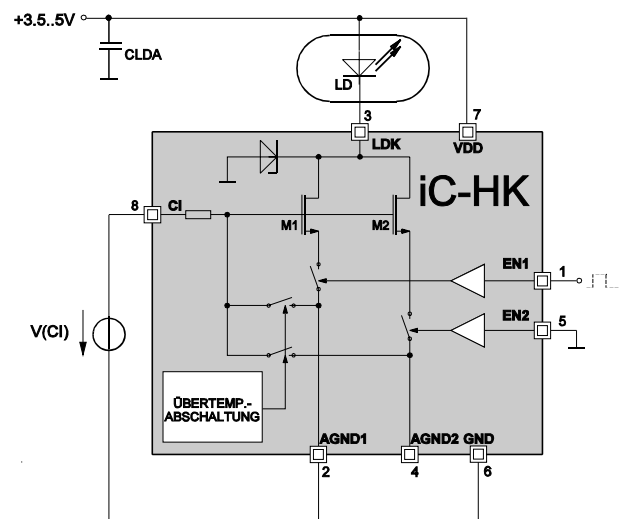


Bild 3: Beschaltung des iC-HK für Beispiel 1 - Pulsstrom von 100 mA

**Beispiel 2:** Umschalten zwischen zwei Strompegeln von 50 mA und 250 mA

1. mehr als zwei Strompegel  $\Rightarrow$  beide Kanäle werden benötigt
2. der niedrigere Strom von 50 mA wird durch den einen, die restlichen 200 mA Pulsstrom durch den anderen Kanal erzeugt
3. wie in Bild 4 gezeigt (s. a. Datenblatt Bild 3) zu  $I(\text{LDK}) = 200 \text{ mA}$  einen RK-Wert auswählen und das zugehörige  $V(\text{CI})$  bestimmen, z. B.  $RK = 2 \Omega$  und  $V(\text{CI}) = 2.75 \text{ V}$
4. wiederum wie in Bild 4 gezeigt zu  $I(\text{LDK}) = 50 \text{ mA}$  und  $V(\text{CI}) = 2.75 \text{ V}$  den zugehörigen Wert von RK bestimmen:  $20 \Omega$

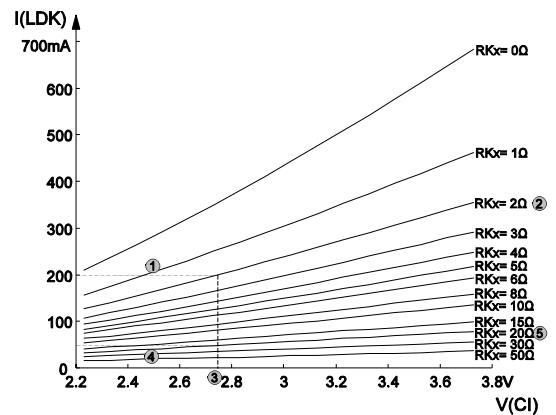


Bild 4: Bestimmung  $V(\text{CI})$  für Beispiel 2 und 3

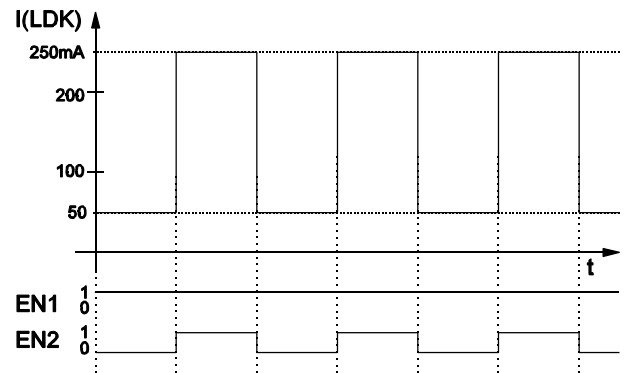


Bild 5: Signalverlauf zu Beispiel 2

Wird bei der in Bild 6 gezeigten Schaltung am Pin CI eine Spannung von 2.75 V angelegt, für RK1 ein  $20\Omega$ - und für RK2 ein  $2\Omega$ -Widerstand eingesetzt und EN1 auf VDD gelegt, so ergibt sich ein Laserdiodenstrom, der vom Signal an EN2 zwischen 50 mA und 250 mA umgeschaltet wird.

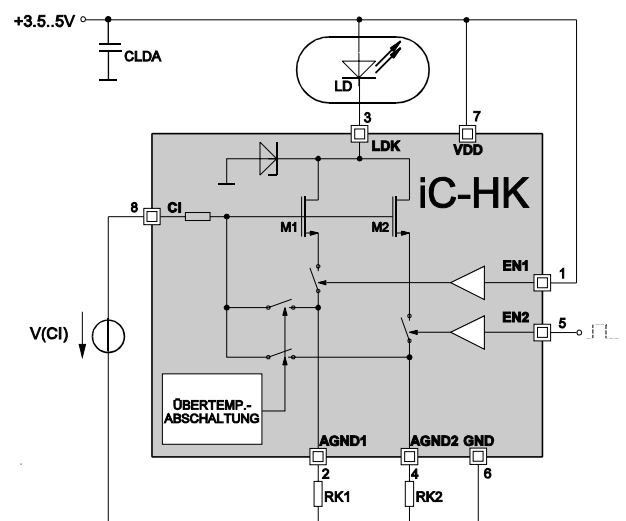


Bild 6: Beschaltung des iC-HK für Beispiel 2

**Beispiel 3:** Umschalten eines Stromes zwischen 0 mA, 100 mA, 200 mA und 300 mA

1. mehr als zwei Strompegel  $\Rightarrow$  beide Kanäle werden benötigt
2. 100 mA werden durch den einen, 200 mA durch den anderen Kanal und 300 mA durch beide Kanäle zusammen erzeugt
3. ähnlich wie in Beispiel 2 werden für  $I(\text{LDK}) = 200 \text{ mA}$   $RK1$  zu  $3 \Omega$  und  $V(\text{Cl})$  zu  $3 \text{ V}$  gewählt
4. aus Bild 3 des Datenblatts zu  $I(\text{LDK}) = 100 \text{ mA}$  und  $V(\text{Cl}) = 3 \text{ V}$  den zugehörigen Wert von  $RK2$  ablesen: ca.  $9 \Omega$

Wird bei der in Bild 8 gezeigten Schaltung am Pin CL eine Spannung von  $3 \text{ V}$  angelegt und für  $RK1$  ein Widerstand von  $3 \Omega$ , für  $RK2$  ein Widerstand von  $9 \Omega$  eingesetzt, so läßt sich u. a. der in Bild 7 gezeigte Stromverlauf erzielen.

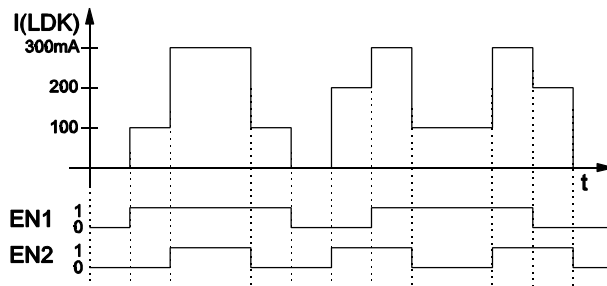


Bild 7: Signalverlauf zu Beispiel 3 - in vier Stufen überlagerte Pulsströme

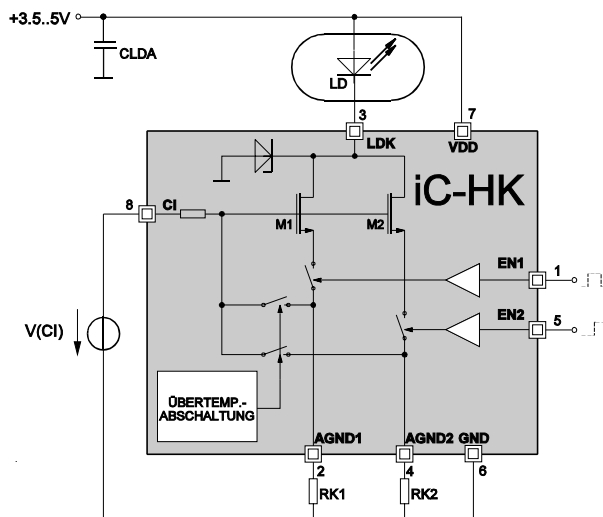


Bild 8: Beschaltung des iC-HK für Beispiel 3 - in vier Stufen überlagerte Pulsströme

### Regelung der Laserleistung in Verbindung mit dem iC-WK

Mit dem iC-HK läßt sich der Diodenstrom steuern, d. h. das IC arbeitet als spannungsgesteuerte Stromquelle. Einflüsse wie Erwärmung der Laserdiode, Alterung und Reflektion durch Aufsatzlinsen können aber das Verhältnis Laserleistung/Laserstrom verändern, so dass die abgegebene Laserleistung vom eingestellten Sollwert abweicht. Um dies zu verhindern, muß die Laserleistung überwacht und der Laserstrom entsprechend nachgeregelt werden. Dies kann durch den Einsatz des Lasertreibers iC-WK erfolgen, der zudem durch die integrierte Anlaufschaltung die Laserdiode beim Einschalten der Versorgungsspannung schützt.

Bei Verwendung von Laserdioden mit integrierten Monitordioden (alle Pin-Konfigurationen sind möglich) kann der iC-WK die abgegebene Laserleistung überwachen und die Spannung am Pin CI derart regeln, dass der Mittelwert des Monitorstromes  $I_{m_{av}}$  konstant bleibt und somit immer eine annähernd gleiche mittlere optische Laserleistung abgegeben wird. Die Frequenz der Pulsfolge muß dabei über etwa 100 kHz liegen, damit iC-WK eine korrekte Mittelwertregelung durchführen kann und nicht während eines Pulses nachregelt.

Es ist unbedingt dafür Sorge zu tragen, dass beim Einschalten der Versorgungsspannung bereits ein Pulssignal an ENx vorliegt! Ansonsten regelt iC-WK das Potenzial an CI aufgrund des fehlenden Monitorstromes bis an den Anschlag hoch, was zu einer Zerstörung der Laserdiode führen kann, wenn erst zu diesem Zeitpunkt das Pulsen einsetzt.

### Beispiel 4: Schalten eines Stromes von 100 mA mit Mittelwertregelung durch iC-WK

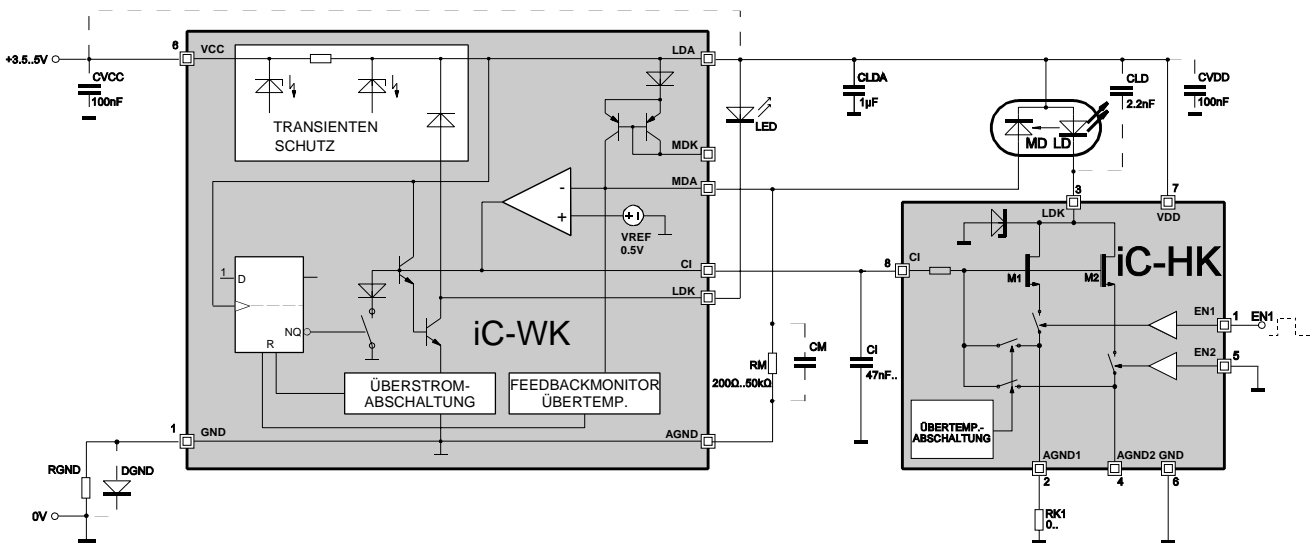


Bild 9: Geregelte Laserleistung durch Laserschalter iC-HK in Verbindung mit Lasertreiber iC-WK

Aus dem Datenblatt der verwendeten Laserdiode wird der typische Monitorstrom ( $I_{m_{hi}}$ ) bestimmt, der sich bei der gewünschten Laserleistung ergibt. Da der iC-WK den Mittelwert des Monitorstromes regelt, muss dieser aus dem Tastverhältnis ermittelt werden:

$$I_{m_{av}} = I_{m_{hi}} \times t_{hi} / T$$

Der Wert von  $R_M$  errechnet sich aus der internen Referenzspannung des iC-WK (Kenn-Nr. 101 der iC-WK-Spezifikation: typisch 500 mV) zu

$$R_M = 500 \text{ mV} / I_{m_{av}}$$

Der iC-WK verändert die Spannung  $V(CI)$  bis sich ein Monitorstrom entsprechend der Vorgabe von  $I_{m_{av}}$  einstellt.

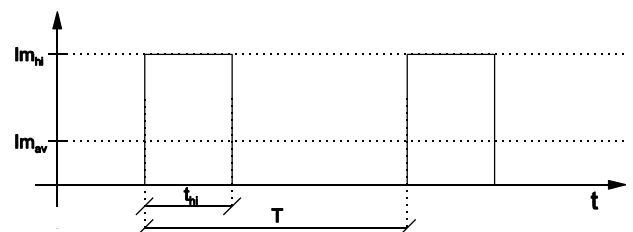


Bild 10: Pulsschema zu Beispiel 4 - geregelte Laserleistung durch iC-WK

Der iC-WK verfügt über den größten Aussteuerbereich wenn bei einem Strom  $I(\text{LDK})$  von etwa 45 mA die Spannung an Pin CI gegen Pin GND des iC-WK ungefähr 1.7 V beträgt (minimal 1.1 V, maximal 2.2 V - begrenzt durch Endstufensättigung bzw. Stromabschaltung). Die Spannung zwischen Pin VCC und Pin GND des iC-WK muss ausreichend hoch sein, so dass die 45 mA in LDK nicht zur Sättigung der Endstufe führen.

Die Spannung von 1.7 V an CI führt bei  $RKx = 0 \Omega$  zu einem Strom in den Pin LDK des iC-HK von ca. 150 mA pro Kanal. Für größere Laserströme kann die Spannung an CI erhöht werden, indem der Pin GND des iC-WK virtuell angehoben wird. Dies kann über eine Diode (DGND) oder einen Widerstand (RGND) zwischen GND des iC-WK und Systemmasse geschehen. Die Flußspannung der ausgewählten Diode  $V_{fw}(\text{DGND})$  sollte dabei möglichst gut folgender Bedingung genügen:

$$V_{fw}(\text{DGND}) \approx V(\text{CI}) - 1.7 \text{ V}$$

Der Widerstand  $R_{\text{GND}}$  muß so dimensioniert werden, dass gilt:

$$R_{\text{GND}} \approx (V(\text{CI}) - 1.7 \text{ V}) / 45 \text{ mA}$$

In der Regel werden die Widerstände  $RKx$  für diesen Fall nicht benötigt. Allerdings kann für Laserdioden, die mit sehr kleinen Strömen arbeiten, wegen der vom iC-WK gelieferten minimalen Spannung an CI die Verwendung von  $RKx$ -Widerständen notwendig sein. Für die Dimensionierung der Widerstände können analog zu Beispiel 1 die Bilder 2 bis 4 aus dem Datenblatt herangezogen werden. Desweiteren kann der Einsatz der Widerstände  $RKx$  sinnvoll sein, um einen Überstromschutz zu implementieren (siehe Seite 8 ff. 'Überstromabschaltung/Laserstrombegrenzung').

Die Wahl der Kapazität CI hängt in erster Linie von der Pulsfrequenz ab. Der iC-WK würde bei zu kleiner Kapazität CI innerhalb der Taktperiode nachregeln und es könnte keine Mittelwertregelung stattfinden. Da der iC-WK die Lichtstärke mittels Einstellung des Potentials am CI-Pin regelt, könnte dies beim iC-WK eine Überstrom-Abschaltung oder im schlimmsten Falle einen **Laserschaden** verursachen, weil die Spannung am Pin CI bei der Wiedereinschaltung sehr hoch sein könnte. Die Kapazität CI muß deshalb ausreichend groß sein, damit das Potenzial während der Pulspause annähernd stabil bleibt. Als Anhalt für die Dimensionierung von CI dient folgende Formel:

$$CI \geq (100 \mu\text{A} / f) / \Delta V(\text{CI})$$

Hierbei steht  $\Delta V(\text{CI})$  für die erlaubte Restwelligkeit an CI und  $f$  für die Pulsfrequenz. Die zulässige Restwelligkeit ist abhängig vom verwendeten Laserdiodentyp. Typischerweise beträgt diese 2 mV. Bei Dioden mit extrem steiler Kennlinie muß die zulässige Restwelligkeit verringert werden.

Bei niedriger Pulsfrequenz (unter ca. 100 kHz), bei hohen Laserströmen oder bei sehr hochohmigem Widerstand RM kann es passieren, dass die Spannung an MDA während eines Lichtpulses über etwa 0.7 V ansteigt, wodurch der Überstromschutz des iC-WK anspricht und dieser permanent abschaltet. In diesen Fällen ist eine zu RM parallele Kapazität CM zu empfehlen. Um beim Anschalten des Systems Oberschwingungen am Pin CI zu vermeiden, die gefährliche Überströme am Laser verursachen könnten, muß CM so dimensioniert werden, dass die Zeitkonstante des MDA-Knotens etwa 1/10 der Zeitkonstante der CI-Regelung beträgt:

$$CM \approx 1 / (10 \times f \times RM)$$

Sollte der Einsatz von CM notwendig sein, muß die Kapazität CI ebenfalls größer dimensioniert werden,

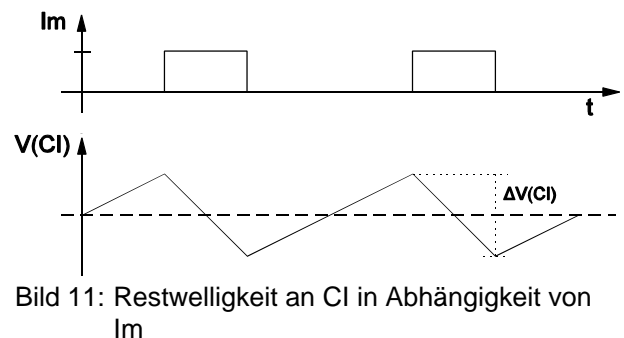


Bild 11: Restwelligkeit an CI in Abhängigkeit von  $I_m$

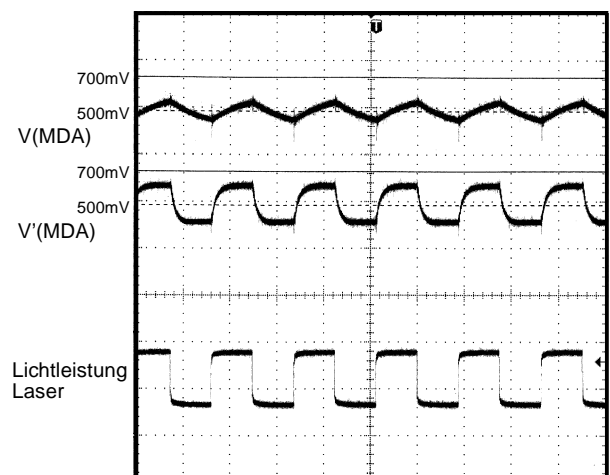


Bild 12: Spannungsverlauf an MDA mit ( $V(\text{MDA})$ ) und ohne ( $V'(\text{MDA})$ ) Kondensator CM

um einer Schwingneigung des Systems entgegen zu wirken.

Bei einer mit dem Tastverhältnis  $t_{hi}/T$  von 1:10 mit  $f = 100$  kHz zu schaltenden 5mW-Laserleistung ergibt sich für einen bestimmten Diodentyp ein  $I_{m_{hi}}$  von 0.1 mA, d. h. der mittlere Diodenstrom wird zu  $I_{m_{av}} = 10 \mu A$ . Also muß  $R_M$  zu etwa 50 k $\Omega$  gewählt werden,  $C_I$  zu 50 nF. Bei 100 kHz ist die Verwendung von  $CM$  sinnvoll. Der Wert ergibt sich zu 20 pF.

Das nebenstehende Oszillogramm zeigt einen möglichen Verlauf der optischen Laserleistung in Abhängigkeit der Versorgungsspannung und der Eingänge  $EN1$  und  $EN2$ .

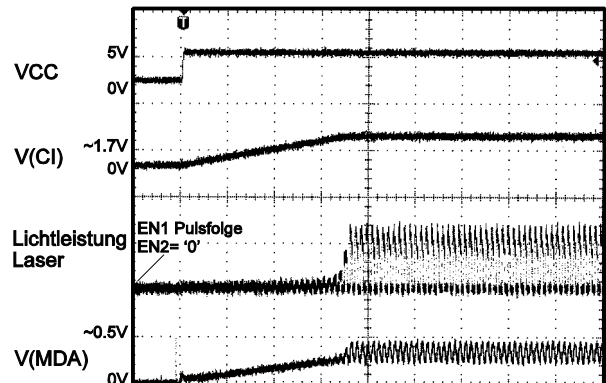


Bild 13: Optische Laserleistung bei Beispiel 4

### Beispiel 5: Umschalten zwischen zwei Lichtpegeln (50 mA und 250 mA) mit Mittelwertregelung durch iC-WK

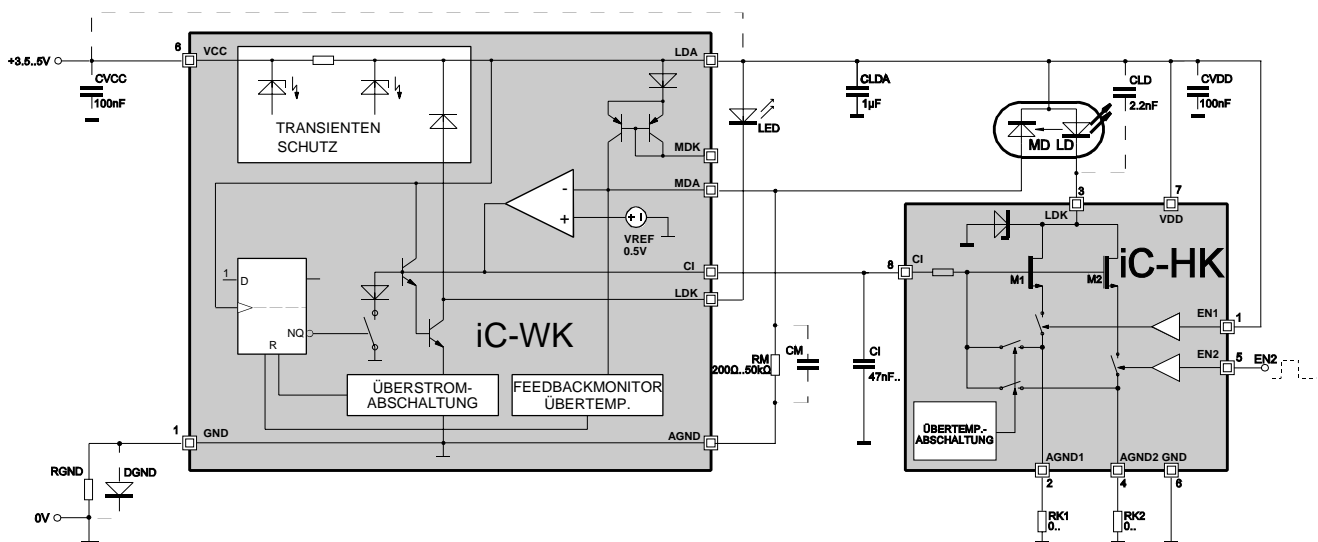


Bild 14: Umschalten zwischen zwei Lichtpegeln mit Mittelwertregelung durch iC-WK

Wird einer der beiden  $ENx$ -Eingänge (hier  $EN1$ ) auf VDD gelegt, so ist der entsprechende Kanal dauerhaft eingeschaltet und liefert somit einen DC- bzw. Biasstrom. Über den zweiten  $ENx$ -Eingang (hier  $EN2$ ) wird der andere Kanal gepulst. An LDK addieren sich der Bias- und der Pulsstrom. Im Bild 15 ist ein Oszillogramm mit einem möglichen Verlauf der optischen Laserleistung sowie der Spannungen an  $CI$  und  $MDA$  in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung sowie den Eingangssignalen an  $EN1$  und  $EN2$  dargestellt.

Die Dimensionierung der Widerstände  $RK1$  und  $RK2$  sowie des Sollwertes von  $V(CI)$  erfolgt auf dem gleichen Wege wie in Beispiel 2 gezeigt.

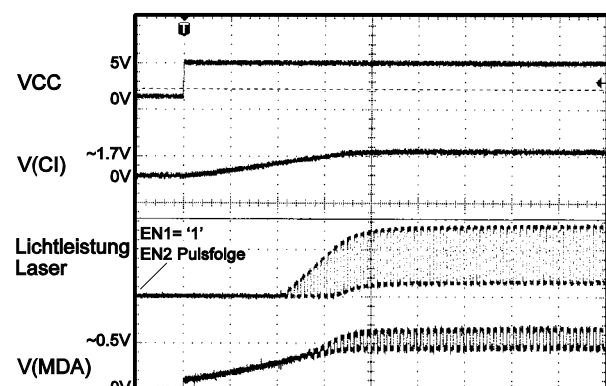


Bild 15: Optische Laserleistung bei Beispiel 5

Der iC-WK regelt den Mittelwert des Monitorstromes. Deshalb muß dieser aus dem hohen und dem niedrigen Monitorstrom sowie dem Tastverhältnis ermittelt werden:

$$I_{m_{av}} = I_{m_{hi}} \times t_{hi} / T + I_{m_{lo}} \times t_{lo} / T$$

Für ein Stromverhältnis  $k = I_{m_{hi}} / I_{m_{lo}}$  ergibt dies

$$I_{m_{av}} = I_{m_{lo}} \times (t_{lo} + k t_{hi}) / T$$

bzw.

$$I_{m_{av}} = I_{m_{hi}} / k \times (t_{lo} + k t_{hi}) / T$$

Der Widerstand  $R_M$  errechnet sich wiederum aus

$$R_M = 500 \text{ mV} / I_{m_{av}}$$

Da der iC-WK sich in einem optimalen Arbeitspunkt befindet, wenn die Spannung zwischen seinen Pins CI und GND bei etwa 1.7 V liegt, muß mit Hilfe des Widerstandes  $R_{GND}$  oder einer Diode  $D_{GND}$  das Massepotenzial des iC-WK gegenüber der Systemmasse angehoben werden. Für die Dimensionierung von  $R_{GND}$  gilt typisch

$$R_{GND} = (V(CI) - 1.7 \text{ V}) / 45 \text{ mA}$$

Bei Einsatz einer Diode  $D_{GND}$  sollte diese so gewählt werden, dass für ihre Flußspannung  $V_{fw}(D_{GND})$  gilt:

$$V_{fw}(D_{GND}) = V(CI) - 1.7 \text{ V}$$

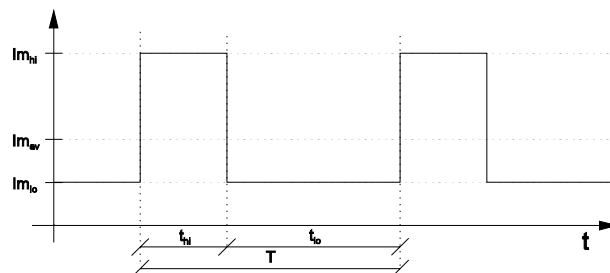


Bild 16: Pulsschema für Beispiel 5 - Leistungsregelung für Puls- und Biasstrom

### Überstromabschaltung durch permanente Abschaltung des iC-WK

Um die Laserdiode vor Überströmen zu schützen, kann zusätzlich die in Bild 17 aufgezeigte Beschaltung vorgenommen werden. Hierbei wird der iC-WK permanent abgeschaltet und ein Überstrom dauerhaft verhindert.

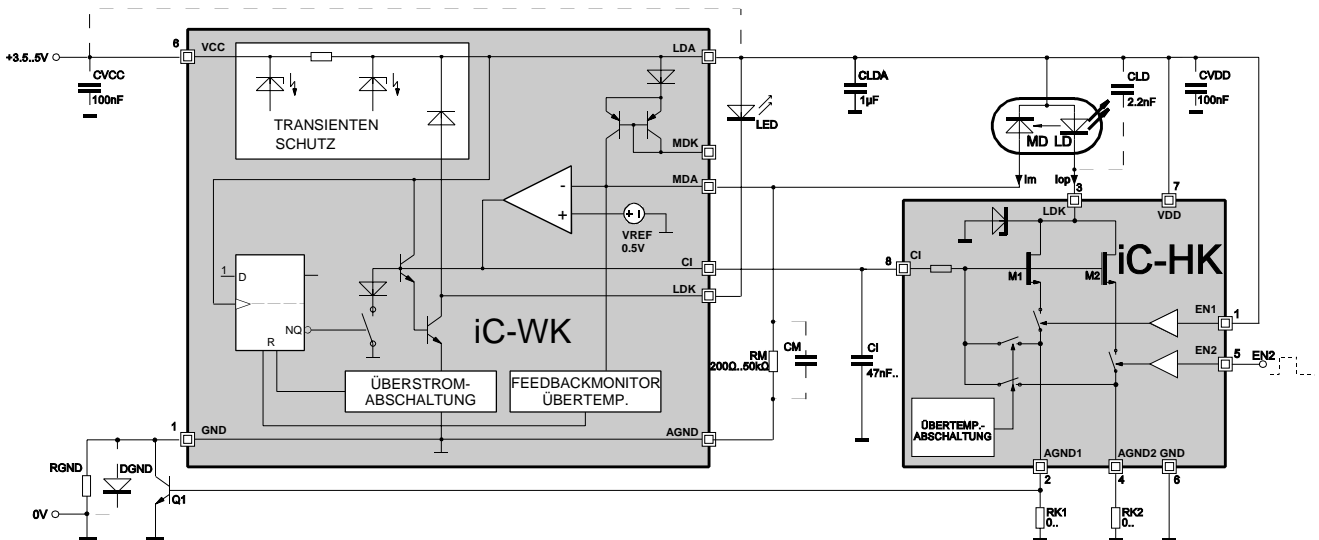


Bild 17: Überstromschutz durch permanente Abschaltung des iC-WK

Liegt beim Laserstrom  $I_{op}$  die Überstromschwelle  $I_{op_{max}}$  um einen gewissen Prozentsatz über dem gewollten hi-Pegel  $I_{op_{hi}}$ , so gilt dies auch für jeden der Teilströme aus den beiden Kanälen. Zur Überwachung des gesamten Laserstromes reicht also die Überwachung eines einzelnen Kanals aus. Aufgrund der geringen Anforderungen an den Schalttransistor Q1 empfiehlt sich die Überwachung des Kanals mit der geringeren Pulsfrequenz. Die Schwelle, an der die Abschaltung bzw. Begrenzung aktiv werden soll, liegt bei

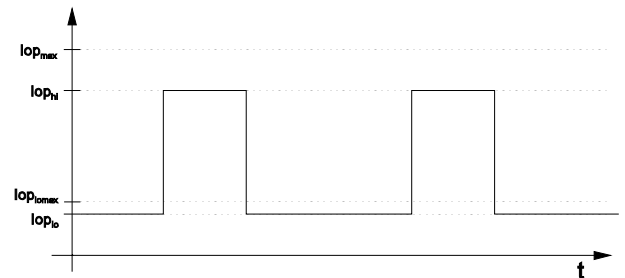


Bild 18: Pulsschema für Überstromabschaltung

$$I_{op_{lo+max}} = I_{op_{lo}} \times I_{op_{max}} / I_{op_{hi}}$$

Hieraus lässt sich der notwendige  $RK_x$  des Biaskanales bestimmen zu

$$RK_x = U_{BE} / I_{op_{max}}$$

Mit Hilfe der Bilder 2 bis 4 aus dem Datenblatt können dann auch die Werte für den anderen  $RK_x$  und die Spannung  $V(CI)$  bestimmt werden.

Übersteigt bei zu hohem Laserstrom der Spannungsabfall an  $RK_x$  den Wert von  $U_{BE}(Q1)$ , wird der Transistor Q1 durchgeschaltet und senkt dadurch das Potenzial am Pin GND des iC-WK und somit auch die Spannung an CI. Dies versucht der iC-WK auszugleichen, was zu einer erhöhten Stromaufnahme in den Pin LDK und der Aktivierung der Überstromabschaltung führt, die den iC-WK permanent abschaltet.

### Laserstrombegrenzung ohne Abschaltung des iC-WK

Eine andere Möglichkeit, einen Überstromschutz zu realisieren, zeigt Bild 19. Bei steigendem Strom durch RK1 steuert die an diesem Widerstand abfallende Spannung den Transistor Q1 auf, was die Spannung an CI verringert und somit den Laserstrom reduziert. iC-WK wird dabei nicht abgeschaltet.

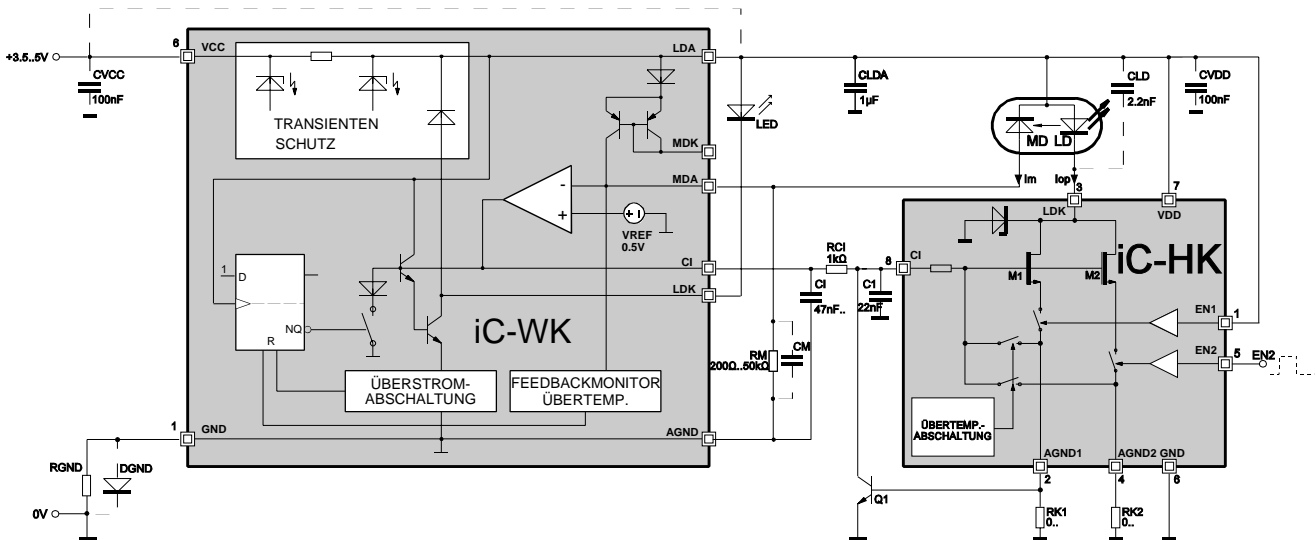


Bild 19: Laserstrombegrenzung ohne Abschaltung des iC-WK

**Achtung:** Durch die direkte Rückkopplung des gesteuerten Stroms durch RKx auf die Steuerspannung an CI besteht eine hohe Schwingungsneigung, der durch experimentelle Einstellung der beteiligten Bauelemente entgegen gewirkt werden muß.

**Hinweis:** Zu beachten ist die starke Abhängigkeit der Laserkennlinie von der Temperatur bei den meisten Laserdioden. Dies gilt insbesondere für den Threshold-Strom ( $I_{th}$ ) und den Wirkungsgrad. Um Beschädigungen der Laserdioden zu vermeiden ist für eine geeignete Kühlung der Diode zu sorgen und/oder eine Überstromschutzschaltung wie oben dargestellt einzusetzen.

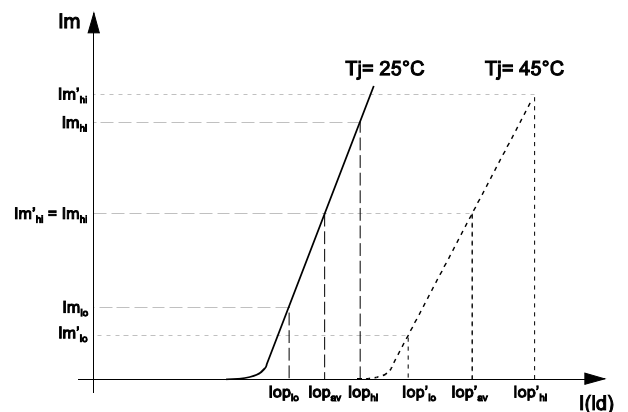


Bild 20: Zusammenhang Laserarbeitspunkt und Temperatur

**Layout-Hinweise**

iC-HK kann in einem sehr breiten Bereich von CW-Anwendungen bis hin zu Anwendungen mit mehr als 150 MHz eingesetzt werden. Hierfür wurden sehr schnelle Schalter integriert, die passend abgeblockt werden müssen, um Schwingungen zu vermeiden. Aus diesem Grunde ist eine kleine Abblockkapazität am iC-WK zwischen Pin 2 (CI) und 3 (AGND) erforderlich sowie am Pin 4 (CI) des iC-HK (s. Bild 19). Eventuell hilft auch eine Vergrößerung der Kapazität CLDA, um einer Schwingungsneigung entgegen zu wirken.

Sollte die Verbindung zwischen Laserdiode und iC-HK (LDK Pin 7) induktiv belastet sein, so ist eine kleine Kapazität CLD parallel zur Laserdiode zu empfehlen, um Stromspikes zu vermeiden.

Bei höheren Pulsfrequenzen ist es sinnvoll, getrennte Massen einzuführen, wobei die eine Masse für den GND-Anschluss des iC-WK zu verwenden ist, eine für den GND-Anschluss des iC-HK und eine für den Kondensator C1 und die Kanalwiderstände RKx.

Bauteil	typischer Wert	Bemerkung
CVCC	100nF	Abblockkondensator Versorgungsspannung iC-WK
CVDD	100nF	Abblockkondensator Versorgungsspannung iC-HK
CLDA	1 $\mu$ F	Siebkondensator für die Laserdiodenversorgung
CLD	2.2nF	ESD-Schutz Laserdiode, Siebung bei induktivem Lastkreis
CI	47nF..	Mittelwertbildung für V(CI)-Regelung durch iC-WK
CM		Glättungskapazität für Potenzial an MDA, muß berechnet werden
C1	22pF	Glättungskapazität für Potenzial an CI
LED	$V_{fw} < V(VCC_{WK}) - V(GND_{WK}) - 1V$	Last und Potenzialeinstellung für Ausgangsstufe des iC-WK
DGND	$V_{fw} \approx V(CI) - 1.7V$	Anhebung der Masse des iC-WK zur Erhöhung der Steuerspannung V(CI)
RGND	0 $\Omega$ .. 100 $\Omega$	Anhebung der Masse des iC-WK zur Erhöhung der Steuerspannung V(CI)
RM	200 $\Omega$ .. 50k $\Omega$	Vorgabe Monitorstrom (Mittelwert)
RK1	0 $\Omega$ ..	Vorgabe Kanalstrom 1
RK2	0 $\Omega$ ..	Vorgabe Kanalstrom 2
RCI	1k $\Omega$	Entkoppelung Pin CI am iC-WK und Pin CI am iC-HK bei Laserstrombegrenzung bzw. Überstromabschaltung

### SCHALTUNGSBEISPIELE

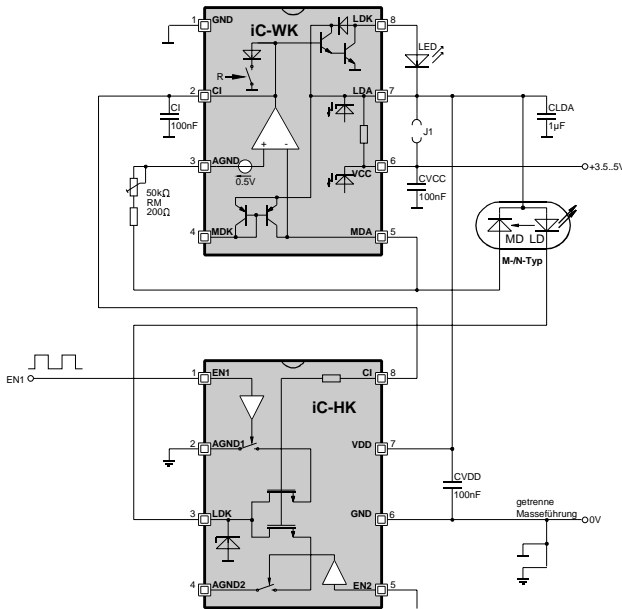


Bild 21: Minimalschaltung für M- oder N-Typ-Laserdiode;  
Brücke J1 notwendig bei  $I(\text{LDK}) > 70 \text{ mA}$

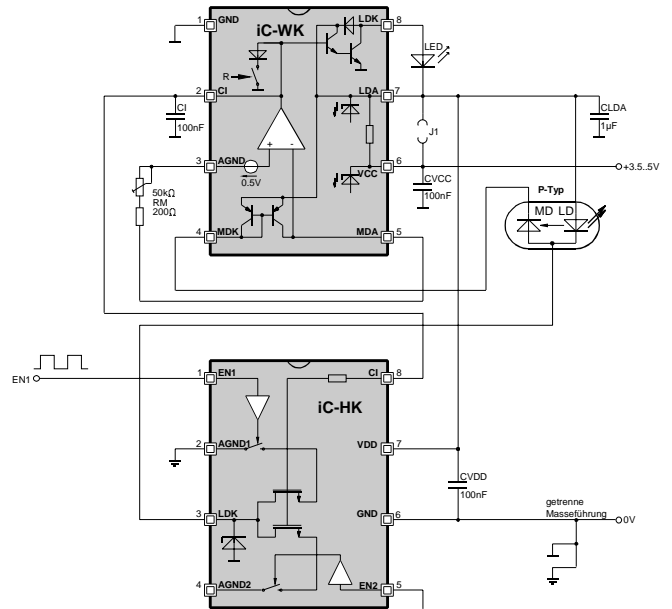


Bild 22: Minimalschaltung für P-Typ-Laserdiode;  
Brücke J1 notwendig bei  $I(\text{LDK}) > 70 \text{ mA}$

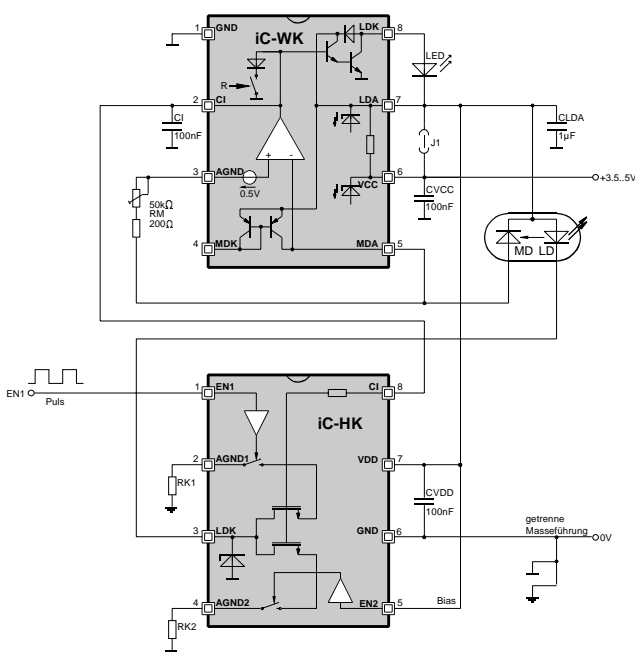


Bild 23: Schaltung zum Umschalten des Laserstroms zwischen zwei Stromstärken (z. B. 50 mA und 220 mA)

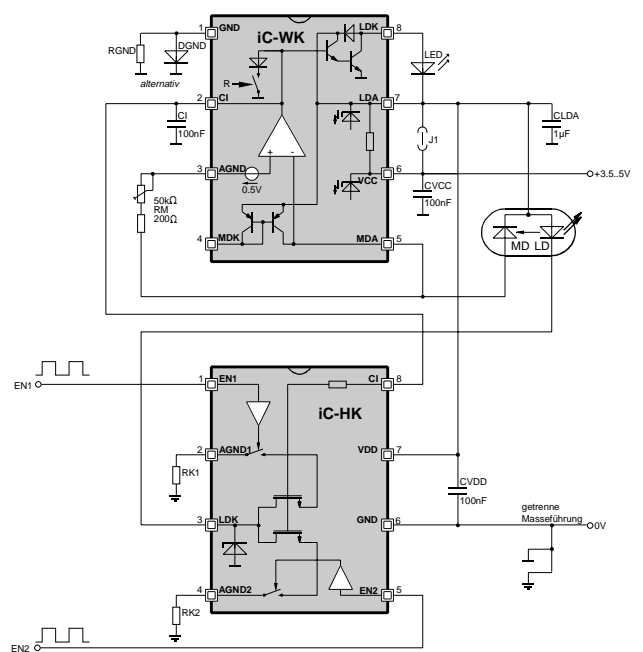


Bild 24: Schaltung zum Umschalten des Laserstroms zwischen verschiedenen Stromstärken, virtuelle GND-Anhebung für iC-WK über RGND oder DGND

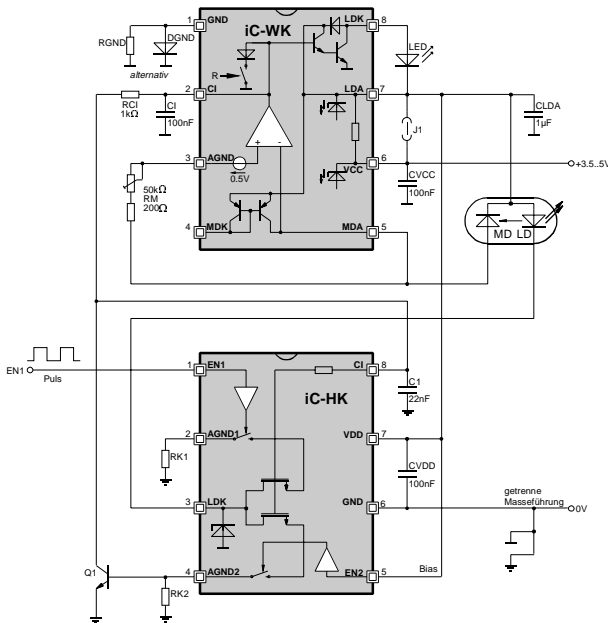


Bild 25: wie Bild 24; Laserstrombegrenzung durch Überwachung im Biasstrompfad und Eingriff in V(CI)

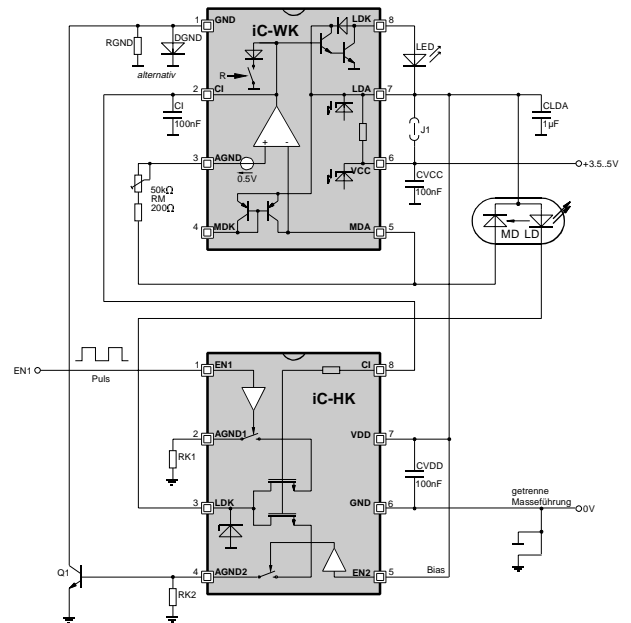


Bild 26: wie Bild 24; Überstromabschaltung durch Überwachung im Biasstrompfad und permanente Abschaltung des iC-WK

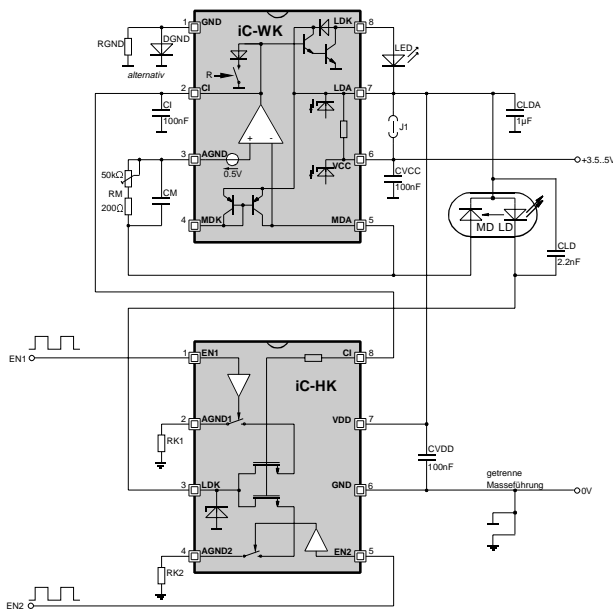


Bild 27: wie Bild 24; Beschaltungsmöglichkeiten als Gegenmaßnahmen bei Schwingungen im System (experimentell auf den einzelnen Aufbau abzustimmen)

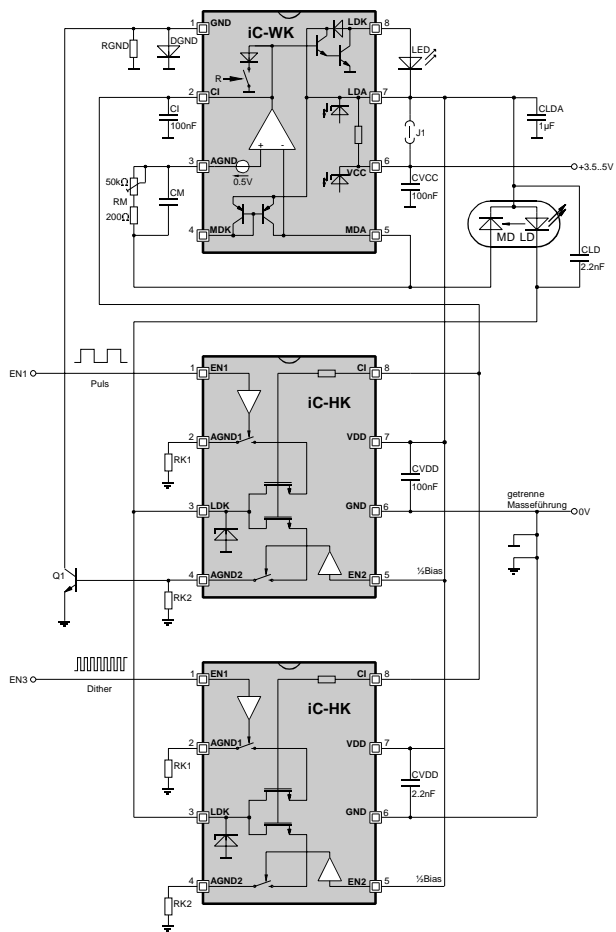


Bild 28: Verwendung von zwei iC-HK zur Erhöhung des Biasstroms und zum Dithering