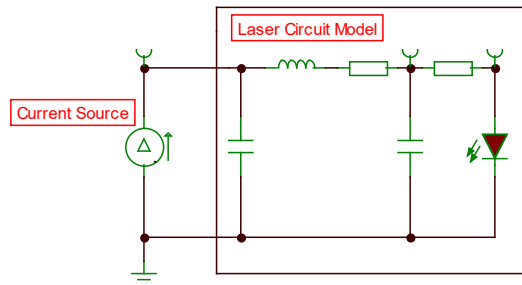


Applikationsbericht

Wahl der maximalen Ausgangsspannung von Stromquellen

In der Netzwerktheorie ist eine ideale Stromquelle ein Element, dessen Stromfluss unabhängig von der Spannung an den Anschlüssen ist. Dies ist ein mathematisches Modell, das reale Elemente nur in Annäherung widerspiegeln. Die Spannung über einer Stromquelle wird vollständig durch das mit ihr verbundene Netzwerk bestimmt. Beim Anschluss an eine Last stellt sich die Spannung über der Last so ein, dass der von der Quelle bestimmte Stromfluss erreicht wird. Keine reale Stromquelle ist ideal und alle haben einen finiten Innenwiderstand (keine Quelle kann eine unendlich große Spannung liefern). Diese limitierende Spannung nennt man maximale Ausgangsspannung.

Bei der Auslegung von schnellen Hochstromquellen für den gepulsten Betrieb von Diodenlasern ist es wichtig sich klar zu machen, dass es nicht ausreicht, die maximale Ausgangsspannung allein gemäß dem Spannungsabfall über der Laserdiode zu wählen. Betrachten wir das folgende Ersatzschaltbild einer typischen Laserdiode. In diesem Bild erscheinen nicht nur eine ideale Diode mit ihrem inhärenten Spannungsabfall, sondern weitere induktive, ohmsche und kapazitive Bauelemente. In der Praxis stellt sich die Induktivität der Verbindung zwischen der Stromquelle und der Laserdiode als wichtiger Faktor heraus.



Eine schnelle Stromquelle erzeugt transiente Änderungen des Stromes durch die Last. Führt man eine Serieninduktivität zur Last ein, ergibt sich der folgende Spannungsabfall über der Induktivität

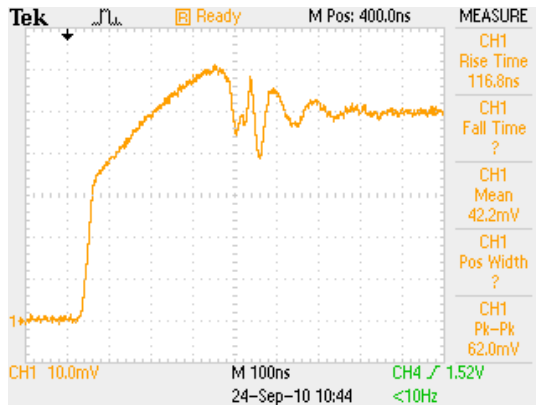
$$V_{Ind} = L \frac{dI}{dt}$$

Setzt man die schnelle Stromquelle LDD100-F120 von Artifex Engineering zur Erzeugung von 100A-Pulsen mit 50ns Anstiegszeit ein, erhält man als Spannung über einer Induktivität von 4nH

$$V_{Ind} = 4nH \frac{120A}{50ns} = 9.6V \approx 10V.$$

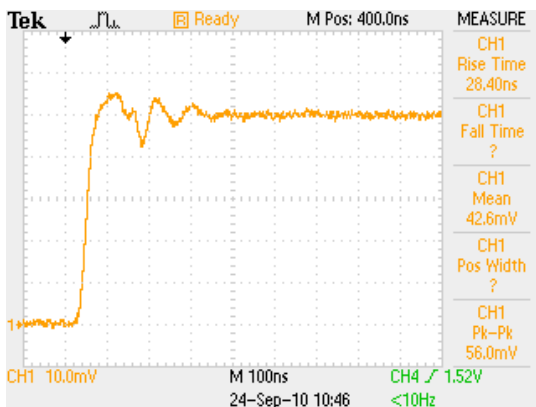
Dabei ist wichtig zu bedenken, dass diese Spannung nur während der Anstiegs- und Abfallzeiten des Strompulses auftritt. Wenn die Laserdiode selbst eine typische Spannung von 2V aufweist, muss die Stromquelle eine maximale Ausgangsspannung von $10V+2V=12V$ liefern können um einen saubere, rechteckigen Strompuls zu erhalten.

Wenn diese Ausgangsspannung nicht erhältlich ist, wird der Stromanstieg bis zum gewünschten Endwert verzögert sein. Die Induktivität wird wie oben beschrieben eine Gegenspannung aufbauen, bis die maximale Ausgangsspannung erreicht ist. Ab diesem Punkt sinkt die Steigung des Stromanstieges, was die Gegenspannung reduziert und einen weiteren Stromanstieg ermöglicht. Auf diese Weise erreicht der Strom schließlich den Endwert allerdings mit einer viel geringeren Steigung.



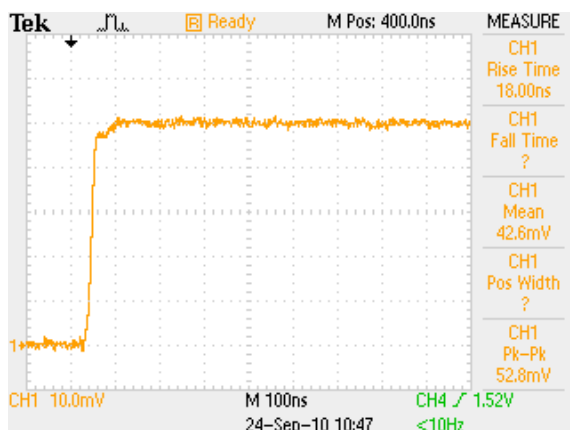
100A Puls mit 3.8V max. Ausgangsspannung

Erhöht man die maximale Ausgangsspannung erhält man eine viele kürzere Anstiegszeit ohne Knick. Allerdings treten weiterhin Schwingungen auf solange nicht genügend Ausgangsspannung zur Verfügung steht.



100A Puls mit 5V max. Ausgangsspannung

Mit genügend Ausgangsspannung schließlich wird ein sauberer Puls ohne Überschwinger und ohne Oszillationen erzeugt. Man beachte, dass jeder der gezeigten Strompulse einen 100A-Pulse darstellt.

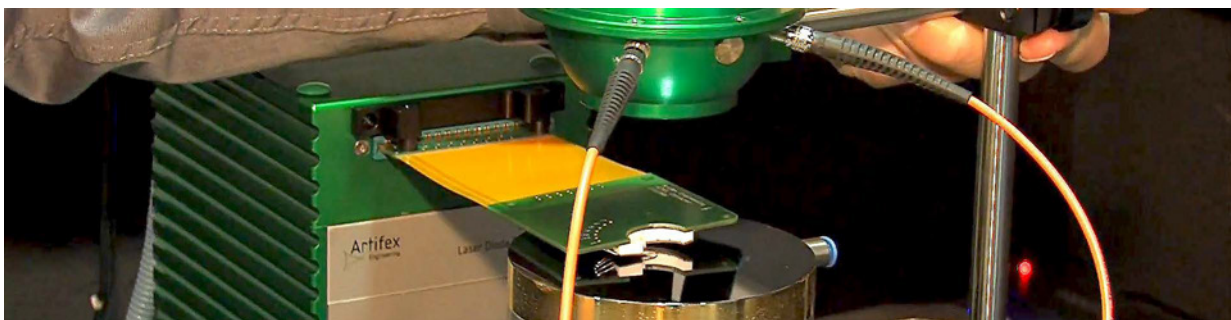


100A Puls mit 12V max. Ausgangsspannung

Daraus folgt, dass es unabdingbar ist, dass die Verbindung zwischen Stromquelle und Laserdiode eine geringe Induktivität haben muss. Als Beispiel betrachten wir die Induktivität eines geraden runden Leiters:

$$L_{wire} = 2l \left[\ln(4l/d) - l + \frac{\mu}{4} + \frac{d}{2l} \right] \quad \text{mit Länge, } d \text{ Durchmesser und } \mu \text{ Permeabilität des Drahtes.}$$

Damit hat ein 1mm dicker, 100mm langer Draht eine Induktivität von 100nH. Es ist klar, dass dies kein geeignetes Transportmittel zur Übertragung schneller Hochstimpulse ist. Ein geeignetes Medium stellt eine breite Flachleitung dar, deren beide Leiter eng aufeinander laminiert sind. Dies lässt sich so realisieren:



Man beachte, dass im Prinzip die Kapazität der Leitung einen Kurzschluss während der transienten Stromänderungen darstellt. In der Praxis ist dieser Effekt aber vernachlässigbar, was die folgende Rechnung zeigt. Wir beschreiben den Transienten als linear ansteigender Spannungsverlauf mit 2V Spannungsabfall über der Laserdiode. Die Kapazität der Flachleitung wird wie folgt abgeschätzt:

$$C = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{(8.8 \times 10^{-12} \text{ F/m}) \times (40 \text{ cm}^2)}{1.6 \text{ mm}} = 22 \text{ pF}$$

woraus ein Kurzschlussstrom folgt:

$$I_{shunt} = C \frac{dU}{dt} = 22 \text{ pF} \frac{2 \text{ V}}{50 \text{ ns}} = 0.9 \text{ mA}$$

welcher wie oben angenommen vernachlässigbar gegenüber dem Diodenstrom von 100A ist.

Zusammenfassend können wir festhalten, dass die Versorgung von Hochstromlasten mit sehr schnellen Transienten die Benutzung einer induktionsarmen Zuleitung erfordert. Typische Realisierung ist eine Flachleitung mit Induktivität von ca. 1-5nH. Auch mit dieser niedrigen Induktivität muss die Stromquelle ausreichend maximale Ausgangsspannung liefern können, um die in den Induktivitäten induzierte Spannung zu kompensieren. Nur dann lassen sich saubere, schnelle transiente Pulse ohne Überschwinger und Oszillationen erzeugen.

Gerne beraten wir Sie zur Lösung Ihrer speziellen Applikationen.

¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Current_source

² Handbook of Chemistry and Physics, 44th Ed., Chemical Rubber Publishing Co., Cleveland, OH, 1962.