

Messungen an Ferritspulen

Spulen sind tückische Bauteile.

Wer sich mit Schaltnetzteilen beschäftigt, hat sie lieben oder hassen gelernt, oder beides. Im Gegensatz zu ihrem gespiegelten Bauteil, dem Kondensator, treten sie nie ohne nennenswerte Verluste auf. Bei Spulen mit Ferritkern ist es noch schlimmer: Wenn der Kern durch zu hohen Strom in die Sättigung geht, nimmt die Induktivität stark ab. Dies kann je nach Schaltung zu noch höheren Strömen führen, bis hin zur (Selbst-)Zerstörung der Schaltung.

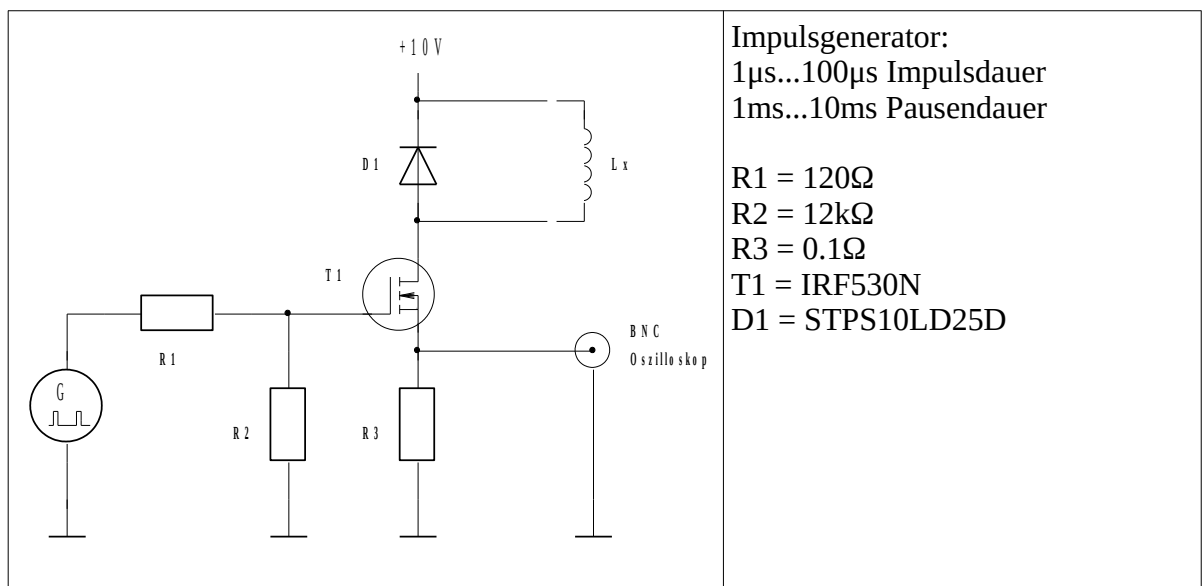
Es ist also sehr wichtig zu wissen bis zu welchem Strom eine Spule noch „mitmacht“.

Wer ein RLC-Meter hat, kann die Induktivität bei kleinen Strömen leicht messen.

Messung der Sättigungsstromstärke

Zur Bestimmung der Sättigungsstromstärke gibt es mehrere Möglichkeiten.

Eine einfache Möglichkeit benötigt einen Impulsgenerator, eine kleine Zusatzschaltung und ein Oszilloskop:



Der Transistor schaltet die Spule kurz ein, dabei fließt bis zur Sättigung ein linear ansteigender Strom. Bei Beginn der Sättigung steigt der Strom überproportional an.

Starke ohmsche Verluste äussern sich in einem exponentiellen Ansteigen der Kurve.

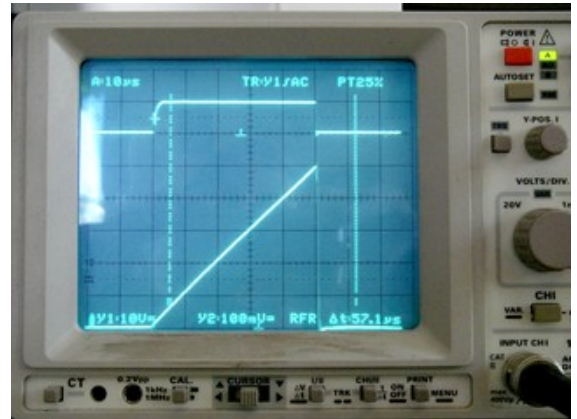
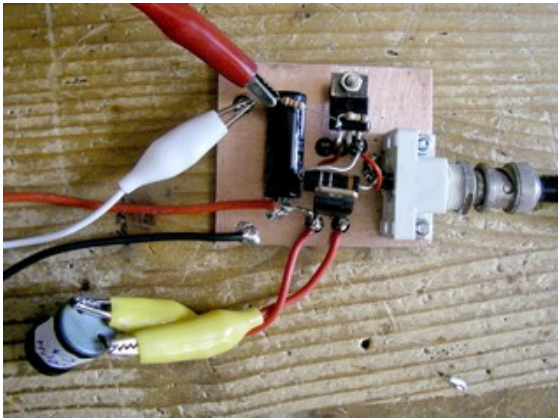
Zu den Bauteilen:

T1 und D1, die Freilaufdiode müssen den maximal möglichen Spitzenstrom aushalten können (hier etwa 40A während 1ms für T1 und 190A für D1). D1 soll eine schnelle Diode sein.

R1 muss ein Kohleschichtwiderstand sein. Drahtwiderstände haben eine induktive Komponente, die die Messung verfälscht.

Die Betriebsspannung muss mit einem hier nicht gezeichneten Elko z.B. $2200\mu\text{F}$ mit geringem Innenwiderstand abgeblockt werden. Dieser liefert dann auch bei schwachem Netzteil die benötigten Spitzenströme.

Die Schaltung muss mit guten Masseflächen und kurzen Verbindungen aufgebaut werden, z.B. in „Ugly construction“-Technik:



Im obigen Bild wurde auf dem ersten Kanal der Steuerimpuls (ca. 10Vss) und auf dem zweiten Kanal der Strom dargestellt (1DIV = 100mV, entsprechend 1A).

Man erkennt, dass die Spule sich noch im nichtgesättigten Zustand befindet, bis ca. 5A.

Anwendung

Man beginnt mit kurzen Impulsen im µs-Bereich und erhöht die Impulsdauer dann langsam, bis die Sättigung zu beobachten ist.

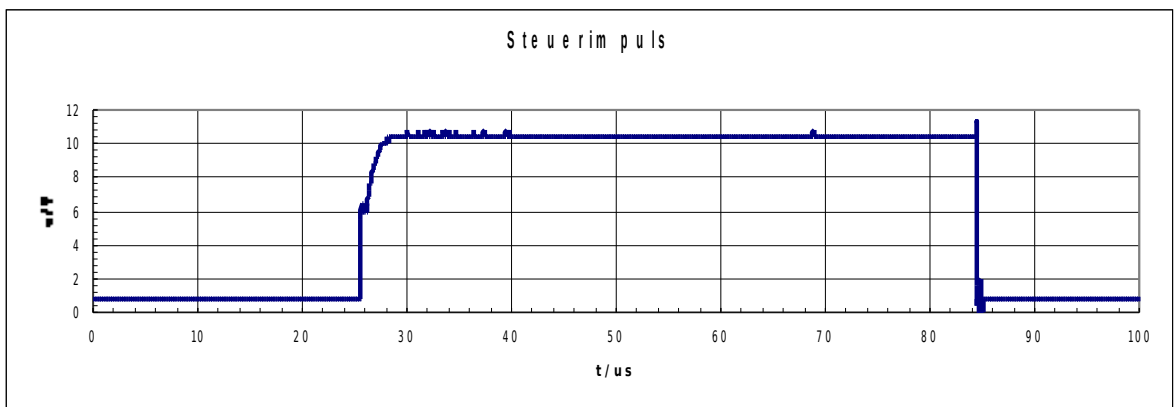
Ganz wichtig ist eine relativ lange Impulspause im ms-Bereich. Ist diese zu kurz, so schaukelt sich der Strom hoch, bis zu für die Bauteile gefährlichen Werten!

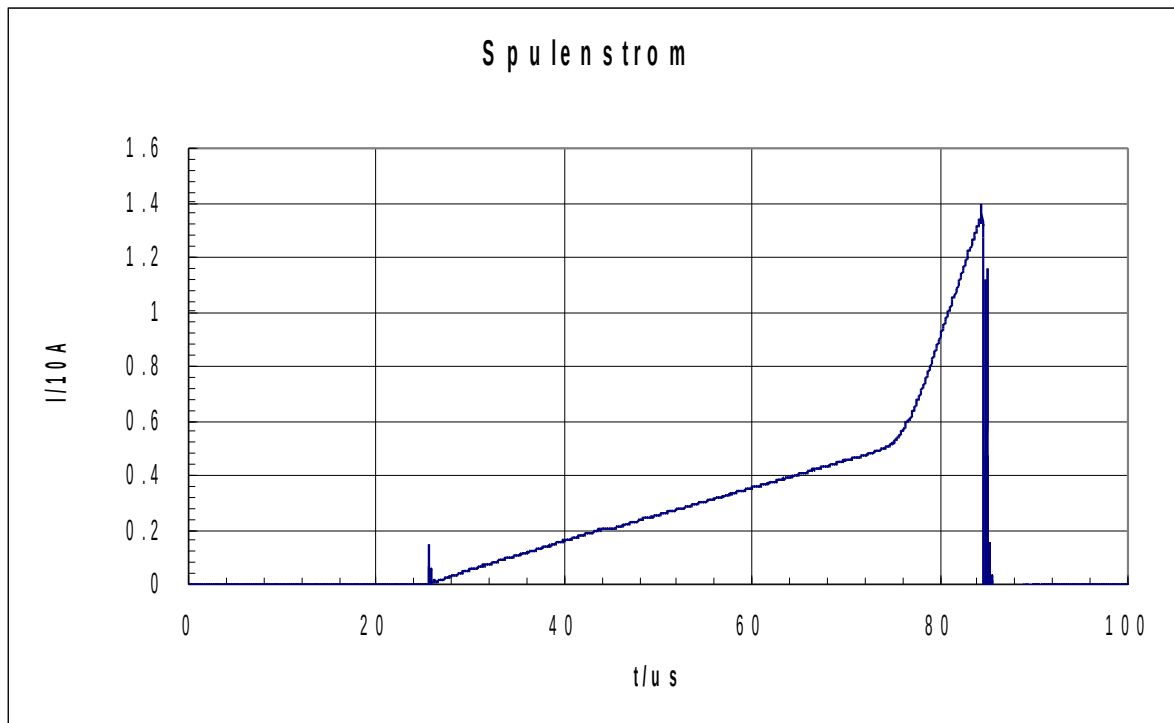
Dies erklärt sich daraus, dass der Strom nach dem Abschalten durch T1 noch über die Freilaufdiode D1 weiterfließt. Da diese sehr niederohmig ist, ergibt sich eine hohe

Zeitkonstante $\tau = \frac{L}{R}$ und der Strom braucht lange bis er abgebaut ist.

Wenn nun der Transistor schon vorher wieder einschaltet, steigt der Strom nicht von null, sondern vom letzten Wert aus immer weiter an. Nach mehreren Perioden können sich so sehr hohe Werte ergeben.

Beispiel für eine Messung:





Die Sättigung tritt bei ca. 5A auf.

Wenn man kein RLC-Meter zur Induktivitätsmessung hat, kann man aus dem Oszillogramm auch die Induktivität ermitteln.

Während der „Ladung“ der Spule liegt an ihr eine Spannung $U=10V$ an.

Diese bewirkt nach der Induktionsgleichung ein lineares Ansteigen des Stromes:

$$U = L \cdot \frac{di}{dt} \rightarrow L = \frac{U \cdot dt}{di}$$

In unserem Beispiel also:

$$L = \frac{10V \cdot 50 \mu s}{5A} = 100 \mu H$$

was mit der Anzeige des RLC-Messgerätes übereinstimmt.

Fröhliches Recyclen

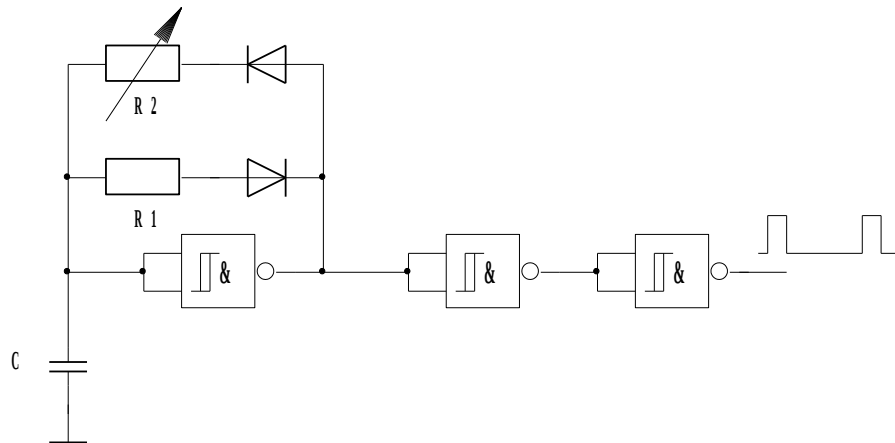
Ausgerüstet mit der Mess-Schaltung kann man die aus alten PC-Netzteilen und ähnlichem ausgebauten Spulen endlich schön säuberlich sortieren.

Dabei fällt auf, dass es unterschiedliche Kategorien gibt:

- Spulen mit Induktivitäten von 50...500μH und hohem Sättigungsstrom. Diese sind sehr gut für Schaltnetzteile zu verwenden.
- Spulen mit recht hoher Induktivität im mH-Bereich, aber miserabel kleinem Sättigungsstrom. Diese sind Filterdrosseln, oft mit zwei Wicklungen für hin- und zurückfließenden Strom. Diese beiden gleichen Anteile heben sich in ihrer Wirkung gegenseitig auf, so dass die Spule auch bei hohem Strom praktisch ungesättigt funktionieren und HF durch ihren hohen Blindwiderstand zurückhalten kann. Diese Spulen sind für Schaltnetzteile überhaupt nicht geeignet.

Impulsgenerator

Hat man keinen fertigen Impulsgenerator zur Hand, kann er mit wenigen Bauteilen schnell aufgebaut werden:

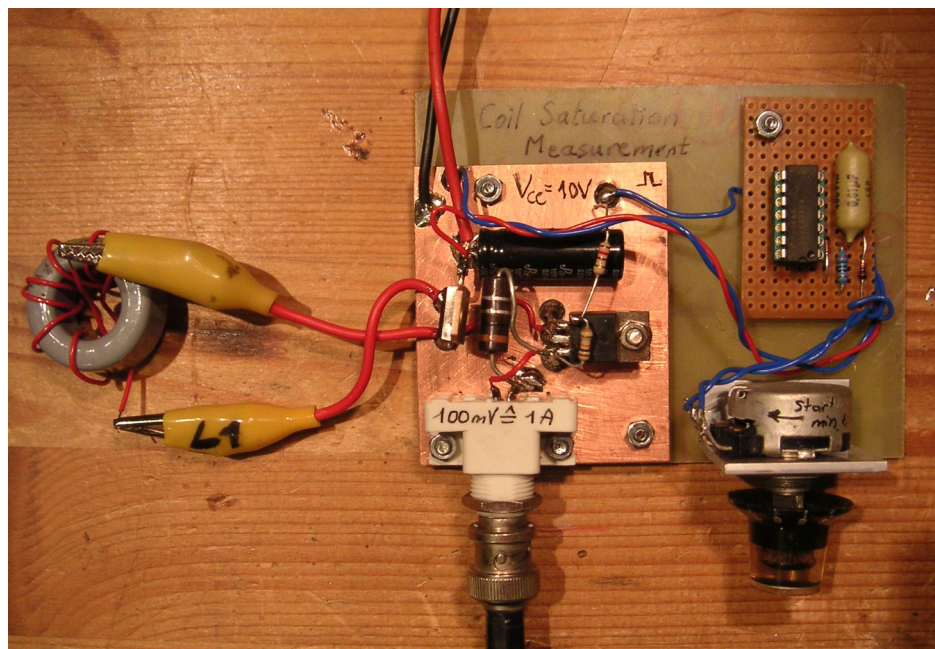


$R1 = 10\text{M}\Omega$, $P1 = 250\text{k}\Omega$ $C = 10\text{nF}$
 Dioden 1N4148
 NAND-Schmitt-Trigger 4093 o.ä.

Mit dieser Schaltung lässt sich die Impulsdauer von etwa $2\mu\text{s}$ bis 1.4ms einstellen, die Pausendauer ist konstant ca. 30ms .

Es besteht also wegen der langen Pause keine Gefahr der Überhitzung von MOSFET und Freilaufdiode.

Das Ganze zusammen kann dann so aussehen:

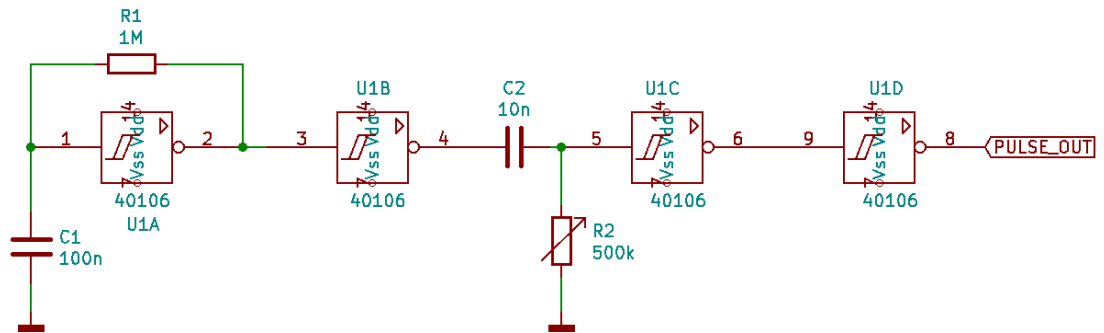


Nachtrag 2023

Bei Spulen mit Induktivitäten im mH-Bereich ist die Impulsdauer eventuell zu kurz.

Der naheliegende Versuch, einfach die Kapazität zu vergrößern, brachte (erstaunlicherweise) keinen wirklichen Erfolg. Es scheint als ob die Schaltung mit der Kombination aus hochohmigem Widerstand und relativ grosser Kapazität von 100nF nicht gut zurecht kommen würde.

Deswegen habe ich eine andere, flexiblere Schaltung benutzt:



Diese besteht aus Rechteckgenerator, einstellbarem Differenzierglied und Schmitttrigger als Impulsformer. Frequenz und Impulsdauer lassen sich in weiten Grenzen variieren.