

## **Der Avalanche-Generator**

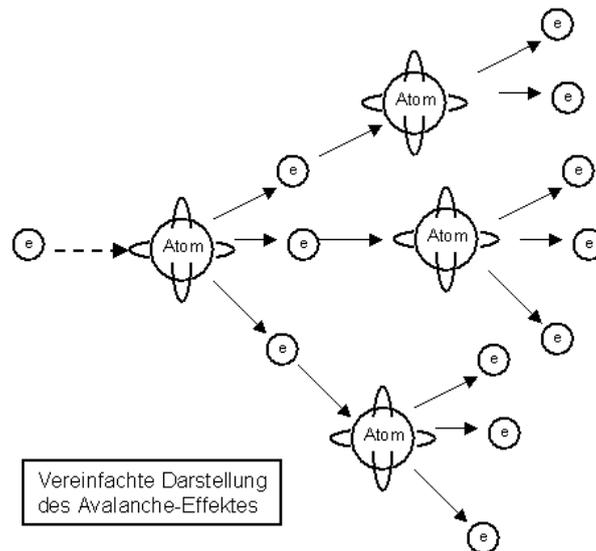
### **Funktionsprinzip und Versuche**

*ACHTUNG:*

*In der hier beschriebenen Schaltung treten Spannungen über 50V auf !!!*

## Das Avalanche-Prinzip

Der Avalanche-Effekt ( avalanche = Lawine ) tritt in Halbleitern bei sehr hohen Feldstärken auf (Bild 1).



**Bild 1** Darstellung des Avalanche-Effektes

Infolge einer sehr hohen (von Außen anliegenden) Feldstärke wird ein freies Elektron beschleunigt und trifft auf ein Atom, wobei weitere Elektronen freigesetzt werden usw. Dieser reversible Effekt tritt ab einer bestimmten Feldstärke abrupt auf und verläuft im Subnanosekundenbereich; er wird u.a. für Spannungsbegrenzerdioden (Avalanchedioden) genutzt.

## Der Avalanche-generator im Versuch

Bei Verwendung eines normalen bipolaren Transistors kann der Vorgang auch durch einen Impuls auf die Basis ausgelöst werden.

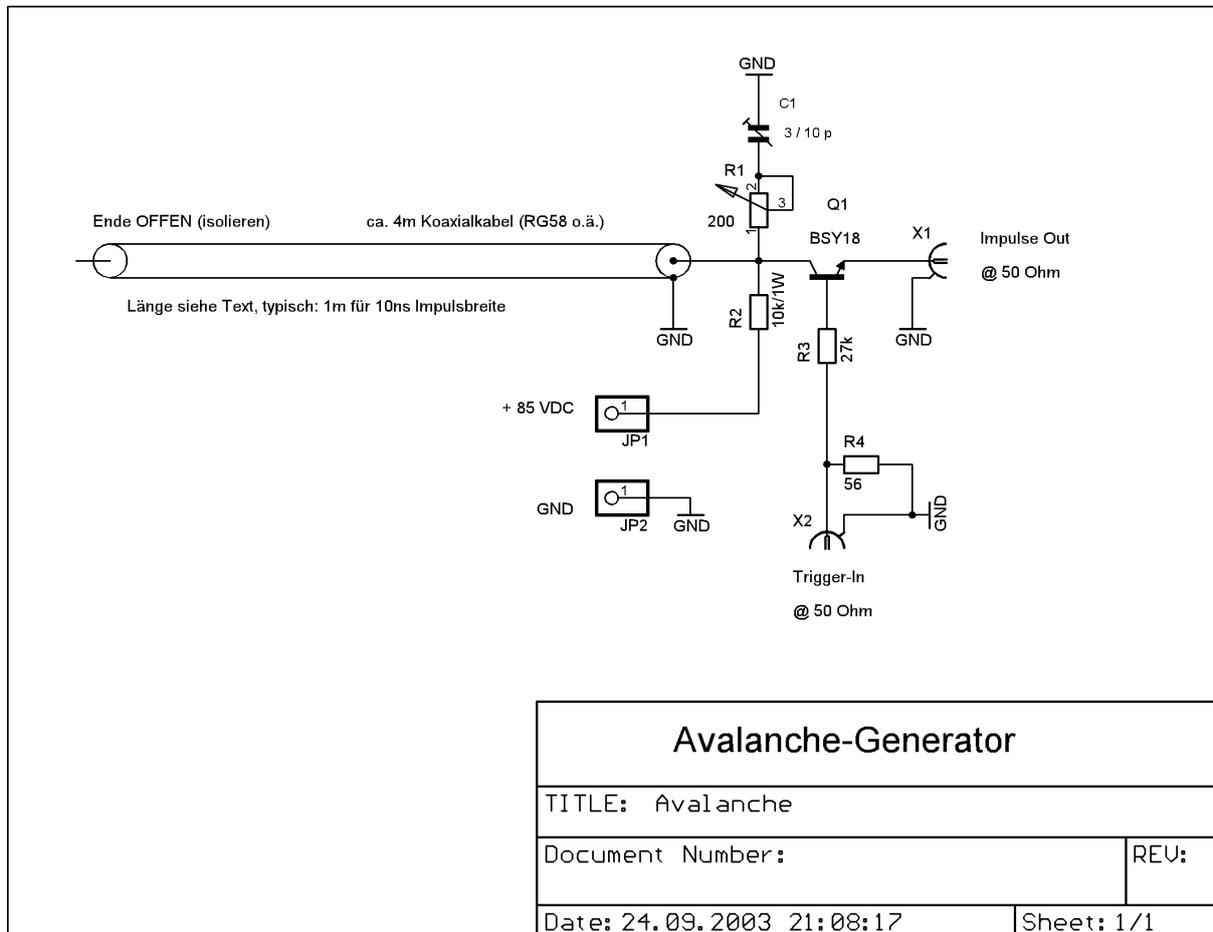
Wegen der sehr hohen notwendigen Feldstärke ergeben sich auch hohe Betriebs- und Ausgangsspannungen des Avalanche-Generators – typischerweise 30 bis 100V Spitze!

In Bild 2 ist die Versuchsschaltung dargestellt. Zur Impulsformung wird ein Laufzeitkabel verwendet, das über R2 auf eine hohe Spannung (hier 85VDC) aufgeladen wird. Durch einen TTL-Impuls auf die Basis von Q1 wird der Ausgangsimpuls getriggert, die Wiederholfrequenz kann über 100kHz betragen!

Wegen der Reflexion am offenen Kabelende wirkt das Kabel scheinbar mit seiner doppelten Länge. Bei einem Verkürzungsfaktor von 0,66 ergibt sich eine einfache Laufzeit von 20cm pro Nanosekunde; ein vier Meter langes Kabel ergibt also einen Impuls von 40ns Breite (doppelte Laufzeit)

R1 und C1 dienen zur Kompensation und verbessern die Anstiegszeit des Impulses: C1 wird wie das Kabel in der Impulspause auf 85V aufgeladen und entlädt sich dann während des Anstieges über R1, Q1 und die 50-Ohm-Last.

Es wurden verschiedene Transistoren untersucht (Tabelle 1). Weil der Betrieb als Avalanche-generator außerhalb der üblichen Transistorspezifikationen liegt, kann kein bestimmter Typ vorgeschlagen werden. Interessanterweise waren NF-Typen nicht schlechter als HF-Typen – hier hilft nur ausmessen und versuchen.



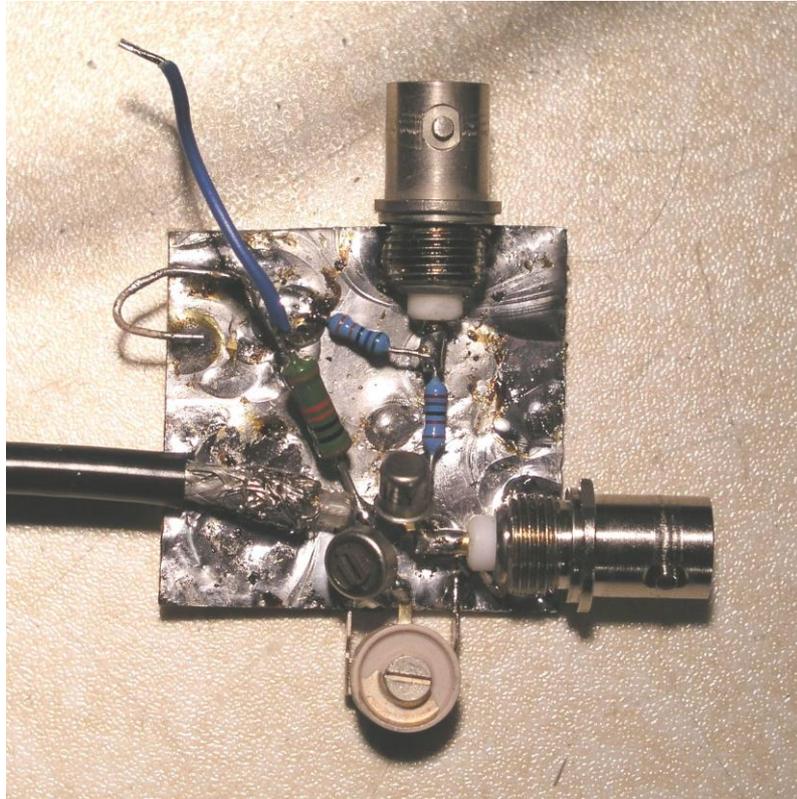
**Bild 2 Schaltung des Versuchsaufbaus**

Typ	Betriebsspannung UB	Ausgangsimpuls Peak	Anstiegszeit (ns)
BC 107	170VDC	69V	1,0 ns
2N2219A	190VDC	55V	0,95
BC237	165VDC	68V	1,3ns
BC237	190VDC	79V	1,0ns
BSX54B	220VDC	40V	1,5ns
BSY18	58VDC	20V	0,75ns
BSY18	100VDC	27V	0,58ns <<<<<< !!
2N918	55VDC	13V	1,5ns

**Tabelle 1 Versuchsergebnisse verschiedener Transistoren**

### Das Mustergerät

Die Schaltung nach Bild 2 wurde aufgebaut (Bilder 3 und 4). Dabei ist auf KÜRZESTE Verbindungen im Impulszweig zu achten: Kabel – Q1 – X1; R1 und C1.



**Bild 3 Detailansicht (1)**

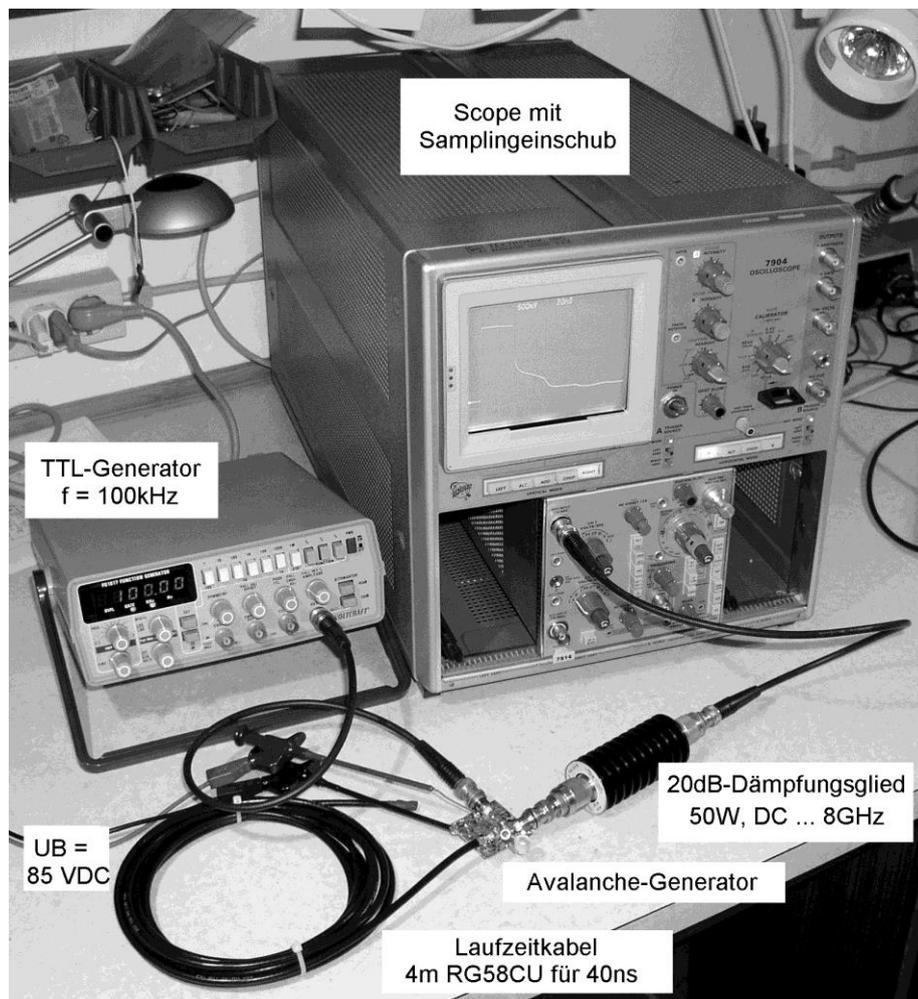


**Bild 4 Detailansicht (2)**

### Die Inbetriebnahme des Generators

Zur Messung des Ausgangssignales muß natürlich ein möglichst „schnelles“ Oszilloskop verwendet werden; anzustreben sind 500MHz (!!!). Der Verfasser verwendete einen Sampling-Einschub, der bis 1GHz spezifiziert ist (Eigenanstiegszeit 350ps!).

Wegen der hohen Ausgangsspannung ist ein Dämpfungsglied erforderlich, das natürlich auch entsprechend spannungsfest und breitbandig sein muss!



**Bild 5 Versuchs- und Meßaufbau**

Schritt 1:

Versuch nach Bild 5 aufbauen

Schritt 2:

Funktionsgenerator auf TTL-Signal mit 100kHz einstellen

Schritt 3:

Betriebsspannung UB anlegen und langsam erhöhen, bis die Impulse sichtbar werden.

Schritt 4:

Optimale Betriebsspannung UB für beste Anstiegs-Steilheit suchen

Hinweis: Wird UB zu hoch gewählt, entstehen Impulse, die unabhängig von der externen Triggerung durch das TTL-Signal sind. Das ist am scheinbar verwaschenen Scopebild erkennbar und auch daran, dass bei Abschalten des Funktionsgenerators weiterhin Ausgangsimpulse erscheinen.

UB also so niedrig einstellen, das nur bei externer Triggerung Impulse entstehen.

Schritt 5: R1/C1 auf optimale Steilheit der Anstiegsflanke und minimale Überschwinger einstellen.

Die abfallende Flanke und das Impulsende sind wegen der einfachen Schaltung nicht optimierbar.

ACHTUNG: Der Ladewiderstand R2 wird heiss !!

ACHTUNG: Es treten Spannungen über 50V auf !!

### Die Meßergebnisse

In Bild 6 ist die Anstiegsflanke vergrößert dargestellt. Das Meßergebnis (10% auf 90%) ergibt 500ps! Weil der verwendete Sampling-Einschub aber selbst schon 350ps lt. Datenblatt hat, kann der Impuls mit  $\sqrt{500^2 - 350^2} = 357\text{ps}$  angenommen werden, die Amplitude beträgt  $25V_{\text{peak}}$ .

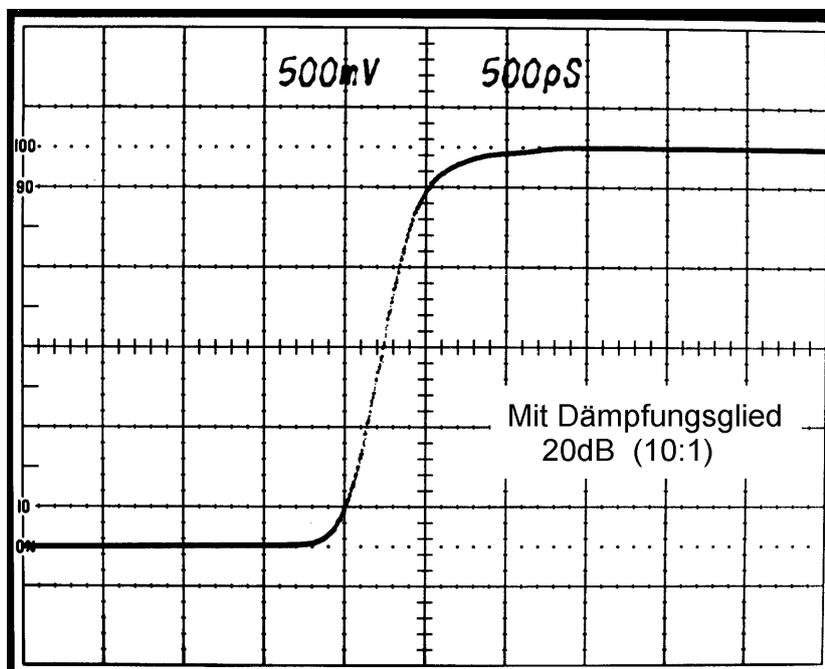
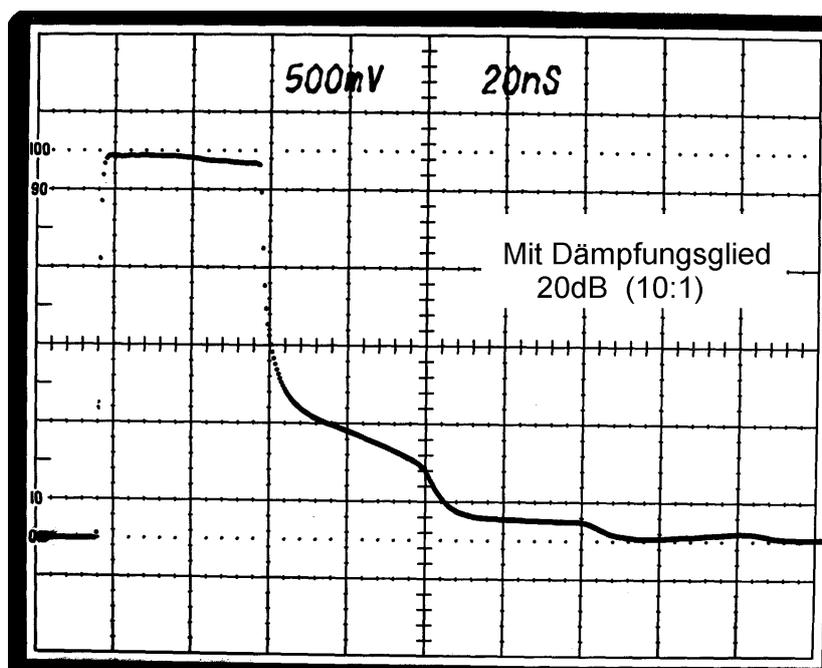


Bild 6 Anstiegsflanke

Der komplette Ausgangsimpuls ist in Bild 7 dargestellt. Leider ist wegen der relativ einfachen Schaltung das Impulsende nicht optimal.

Das liegt am Transistor, der nicht ideal schaltet sondern eine Restspannung (Widerstand) braucht; damit wird das Kabel nicht mit 50 Ohm belastet und das Signal ist treppenförmig. Auch nimmt vermutlich mit abnehmender Spannung am Transistor dessen Leitfähigkeit ab, so dass das Signal abgerundet wird.



**Bild 7 Das Ausgangssignal**

### Zusammenfassung der Daten des Mustergerätes

Wiederholfrequenz	0 bis über 100kHz
Amplitude an 50 Ohm	25V-Peak, geringfügig einstellbar über UB
Anstiegszeit an 50 Ohm	< 0,4 ns

Stefan Steger, DL7MAJ, Gulbranssonstr. 20, D-81477 München Tel.: 089/7900920

e-Mail: [stefan.steger@t-online.de](mailto:stefan.steger@t-online.de)

Homepage: [www.dl7maj.de](http://www.dl7maj.de)

Eine persönliche Anmerkung:

*Dieses Projekt ist in meiner Freizeit entstanden und wird auch in meiner Freizeit weiter entwickelt. Aus diesem Grund kann ich Interessenten nur eine eingeschränkte Unterstützung anbieten.*