

## Versuch 3 – Bipolar- und Feldeffekttransistoren

### 1. NAND und NOR mit Transistoren

Bauen Sie die beiden Gatterschaltungen von Abbildung 1 nacheinander auf. Betriebsspannung: + 15 V vom Festspannungsnetzgerät 08. Die Eingänge sind an die Kippschalterplatine 09a anzuschließen (Masse und Betriebsspannung mit Festspannungsnetzgerät verbinden). Messung der Signalpegel mit Digitalmultimeter Escort.

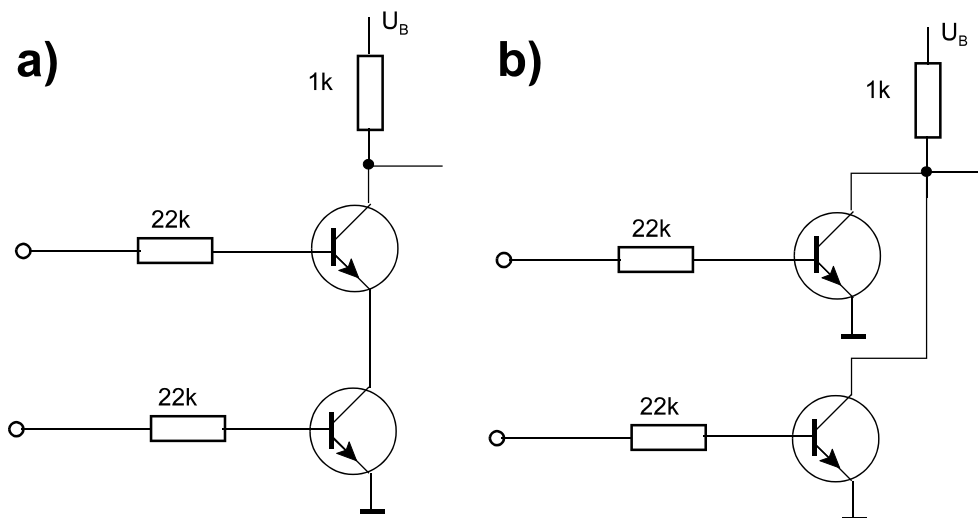


Abb. 1 Gatter mit Transistoren a) NAND; b) NOR.

Zu untersuchen:

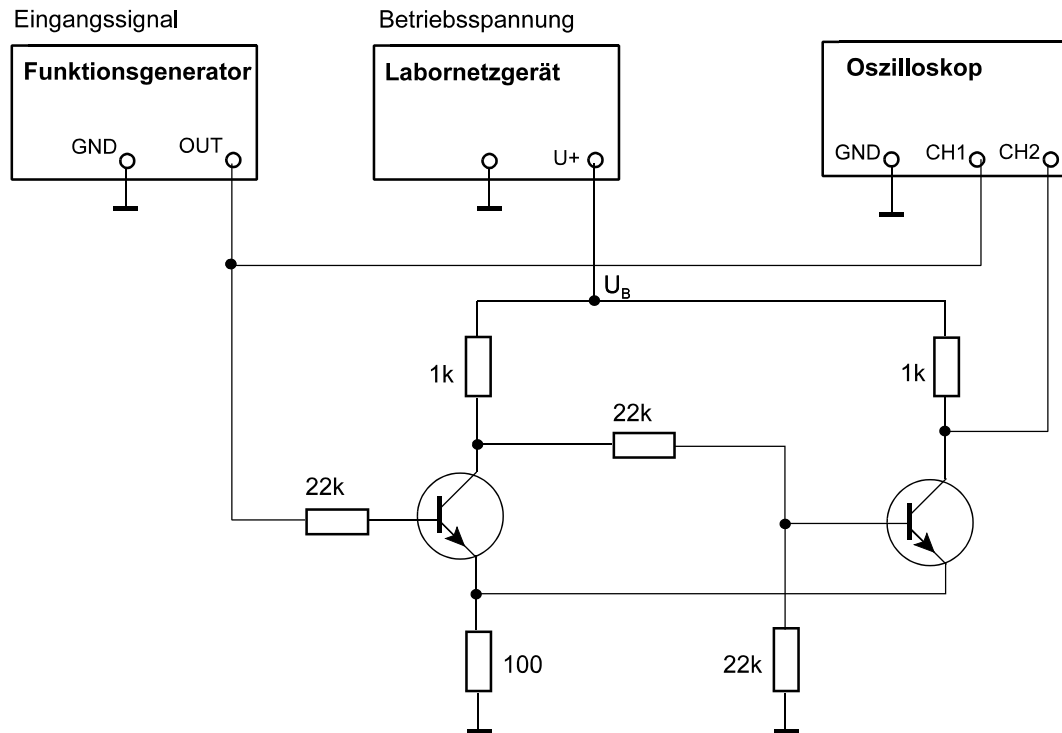
- Grundsätzliche Funktionsfähigkeit.
- Welche Ausgangspegel ergeben sich bei den vier möglichen Eingangsbelegungen (genau messen)?
- Sind die Transistoren extrem oder mäßig oder gar nicht übersteuert? (Kurz begründen.)
- Den Arbeitswiderstand (1k) durch einen Widerstand 330R ersetzen. Welcher Low-Ausgangspegel ergibt sich nun? Woran liegt das?
- Welche der beiden Schaltungen eignet sich für eine unbegrenzte Erweiterung auf mehrere Eingänge, welche nicht? (Weshalb?)

### 2. Schmitt-Trigger mit Transistoren

Der Schmitt-Trigger (Abb. 2 und 3) ist eine Schwellwertschaltung. Sie wird zunächst dynamisch und dann statisch erprobt.

*Versuchsdurchführung (dynamische Erprobung):*

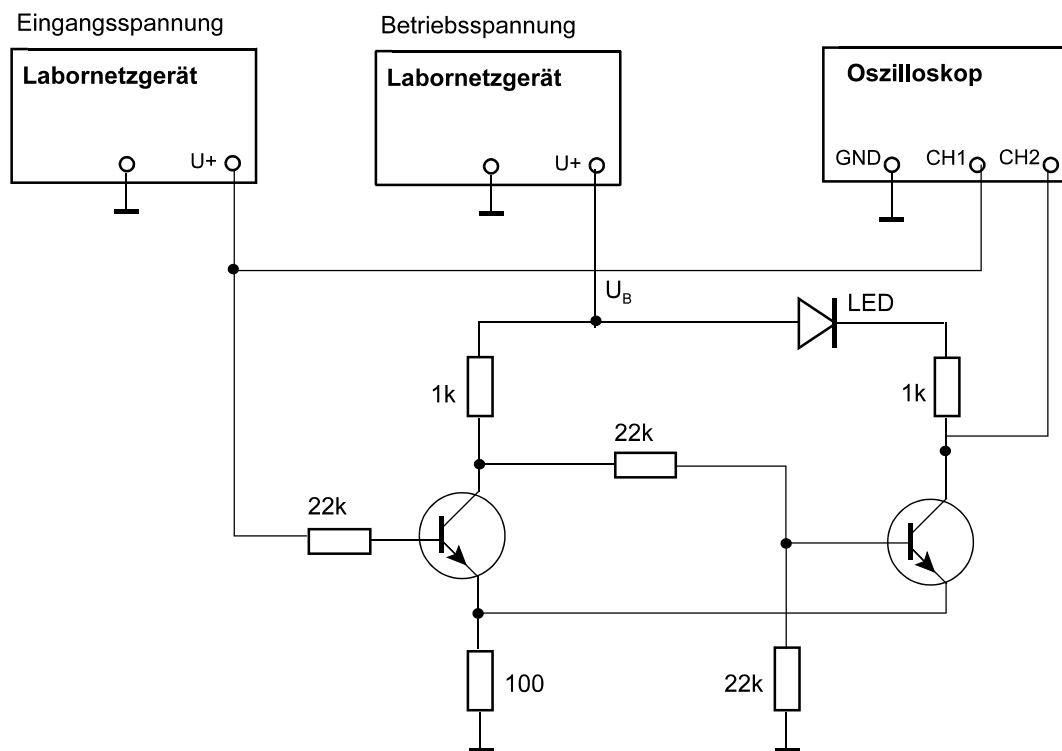
1. Betriebsspannung  $U_B$  auf 10 V.
2. Funktionsgenerator und Oszilloskop über Meßadapter 09b anschließen. Nur positive Halbwelle. Signalamplitude zunächst auf Null (linker Anschlag). Kein Offset. Frequenz um 5 kHz.

**Abb. 2** Schmitt-Trigger (1). Dynamische Erprobung.*Zu untersuchen:*

- a) Kontrolle der Funktionsweise (1). Dreieckssignale. Signalamplitude langsam erhöhen (bis auf maximal 10 V). Von welchem Betrag an erscheinen Impulse am Ausgang?
- b) Kontrolle der Funktionsweise (2). Signalamplitude zunächst auf Null. Sinussignale. Signalamplitude langsam erhöhen (bis auf maximal 10 V). Von welchem Betrag an erscheinen Impulse am Ausgang?
- c) Bis zu welcher Signalfrequenz ist die Schaltung betriebsfähig?

*Versuchsdurchführung (statische Erprobung):*

1. Betriebsspannung  $U_B$  auf 10 V.
2. Eingangsspannung zunächst auf Null. Ggf. Eingangsspannung zusätzlich mit Digitalmultimeter (Escort) genauer messen. Die LED muß anfänglich leuchten.



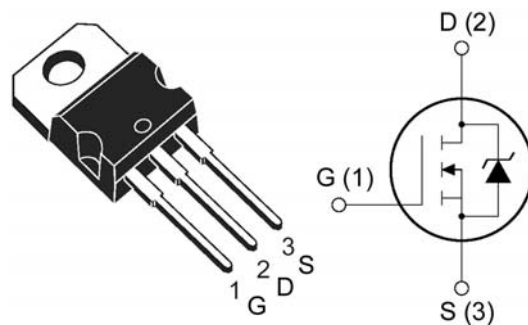
**Abb. 3** Schmitt-Trigger (2). Statische Erprobung.

Zu untersuchen:

- a) Einschalten. Eingangsspannung langsam erhöhen. Bei welchem Spannungswert geht die LED aus?
- b) Ausschalten. Eingangsspannung langsam verringern. Bei welchem Spannungswert schaltet die LED wieder ein?
- c) Wie groß ist die Hysterese?

### 3. Das statische Verhalten des Feldeffekttransistors

Wir untersuchen den FET (Abb. 4) als Leistungsschalter in Source- und Drainschaltung (Abb. 5 und 6). Hierzu verwenden wir den P-Kanal-Typ IRF9Z14.



**Abb. 4** Leistungs-FET in Gehäuse TO-220. Anschlußbild.

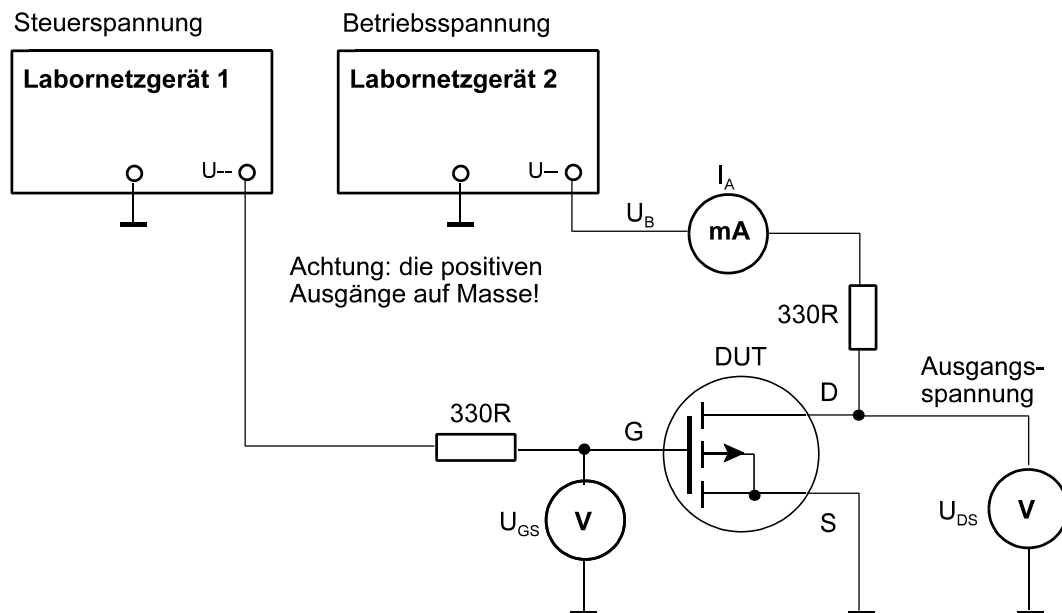
*Versuchsdurchführung (für beide Schaltungen):*

1. Alle Spannungsregler der Labornetzgeräte auf Null (linker Anschlag). Stets vorsichtig betätigen!
2. Betriebsspannung  $U_B$  auf  $-10\text{ V}$ .
3. Steuerspannung langsam (!) hochdrehen. Instrumente beobachten!

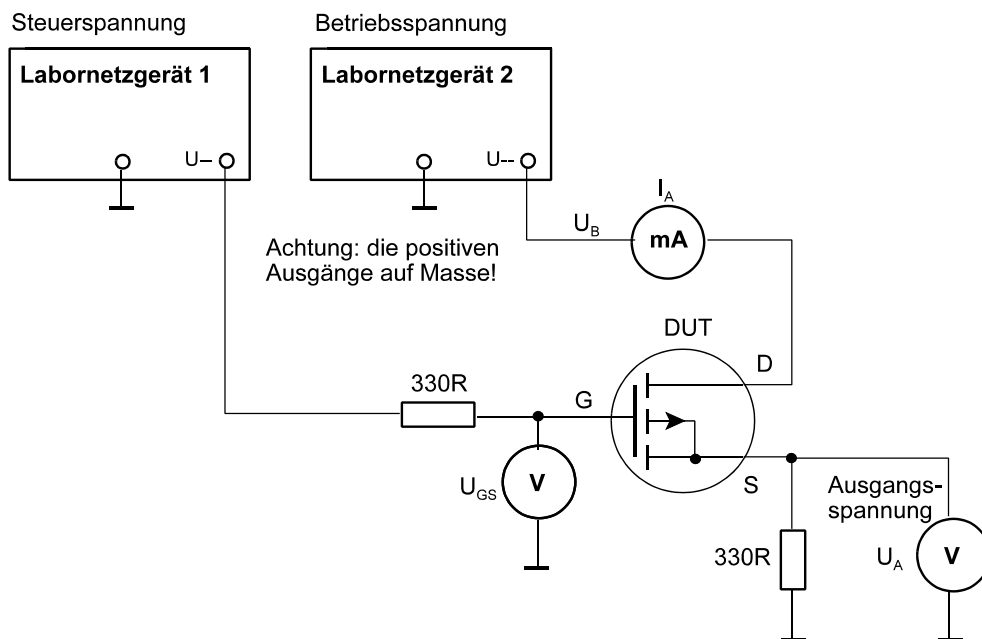
*Zu untersuchen:*

- a) Von welcher Gatespannung  $U_{GS}$  an bewegt sich die Ausgangsspannung  $U_{DS}$ ?
- b) Wie hängt der Durchlaßwiderstand  $R_{DSon}$  von der Gatespannung  $U_{GS}$  ab?
- c) Wie groß ist  $R_{DSon}$  bei Vollaussteuerung?

*Hinweis:*  $R_{DSon} = \frac{U_{DS}}{I_A}$



**Abb. 5** Der Leistungs-FET in Sourceschaltung (High Side Drive). Da es sich um einen P-Kanal-Typ handelt, sind die Spannungen negativ gegen Masse.



**Abb. 6** Der P-Kanal-FET in Drainschaltung (Low Side Drive).

#### 4. High Side Drive

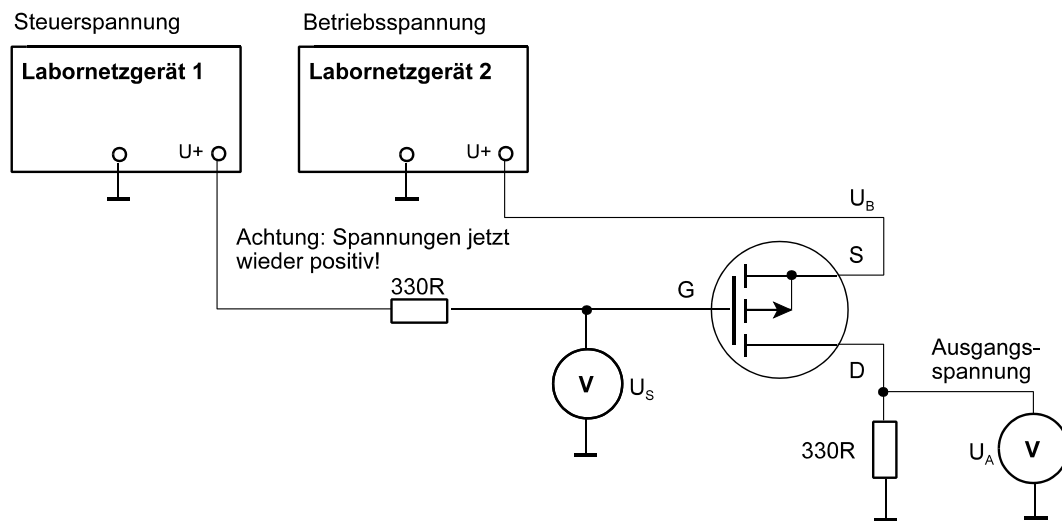
Die Schaltung von Abb. 6 wird auf positive Betriebsspannung umgebaut (Abb. 7). Der FET wird also gleichsam verkehrt herum angeschlossen (Source an Betriebsspannung).

*Versuchsdurchführung:*

1. Alle Spannungsregler der Labornetzgeräte auf Null (linker Anschlag). Stets vorsichtig betätigen!
2. Betriebsspannung  $U_B$  auf 10 V.
3. Steuerspannung langsam (!) hochdrehen. Instrumente beobachten!

*Zu untersuchen:*

- a) Welche Ausgangsspannung  $U_A$  ergibt sich bei Steuerspannung  $U_S = 0$  V?
- b) Steuerspannung  $U_S$  erhöhen. Wann beginnt sich am Ausgang etwas zu tun (nennenswerte Änderung der Ausgangsspannung  $U_A$ )?
- c) Steuerspannung  $U_S$  weiter erhöhen. Wann hat die Ausgangsspannung den anderen Endwert erreicht?



**Abb. 7** Low Side Drive mit P-Kanal-FET. Achtung: Source ist oben!

#### 4. Die induktive Last

Mit dem P-Kanal-FET ist ein Relais anzusteuern (Abb. 7).

*Versuchsdurchführung:*

1. Betriebsspannung  $U_B$  auf 15 V.
2. Zunächst keine Freilaufdiode.
3. Funktionsgenerator über Meßadapter 09b anschließen, Nur positive Halbwelle. Rechtecksignale mit 15 V Amplitude (Regler am Funktionsgenerator an den rechten Anschlag). Frequenz zunächst 50...1000 Hz.

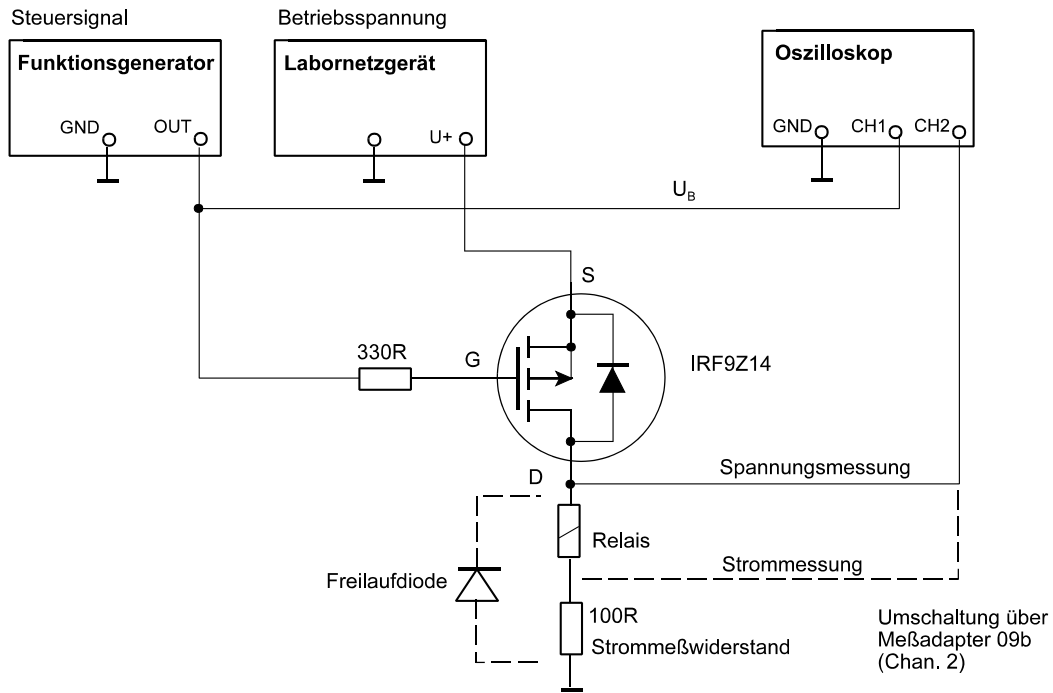
*Zu untersuchen:*

- a) Verlauf der Ausgangsspannung.
- b) Verlauf des Ausgangsstroms.
- c) Verlauf der Gatespannung.
- d) Freilaufdiode einsetzen. Wie sehen jetzt Ausgangsspannung und Gatespannung aus?
- e) Frequenz soweit herunterdrehen, bis Relais hörbar schaltet. Wie sieht der Ausgangsstrom aus?

*Vor allem zu untersuchen:*

Der Verlauf des Ausgangsstroms mit und ohne Freilaufdiode.

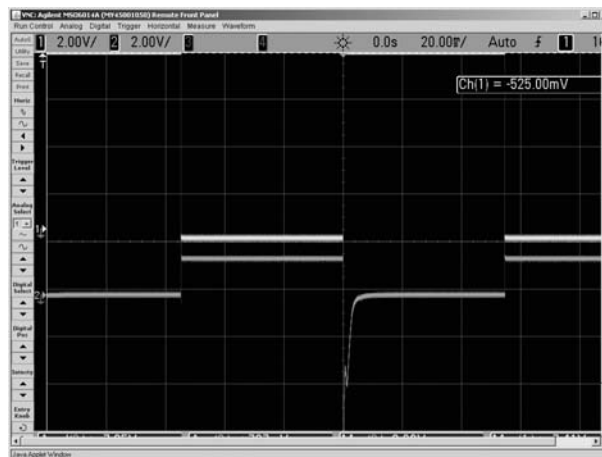
*Abschließender Demonstrationsversuch:* Das Relais wird durch die Sekundärwicklung eines Netztransformators ersetzt. Welche Spannung ergibt sich an der Primärwicklung? Bis zu welcher Frequenz funktioniert das? – VORSICHT, HOCHSPANNUNG!



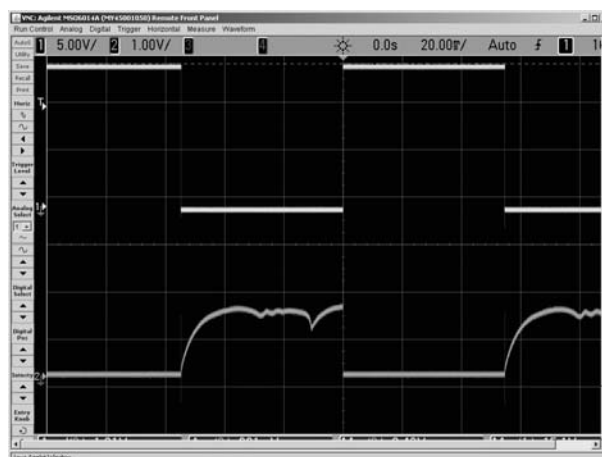
**Abb. 8** Ansteuerung eines Relais mittels P-Kanal-FET (Low Side Drive)

**Ohne Freilaufdiode**

a) Spannung

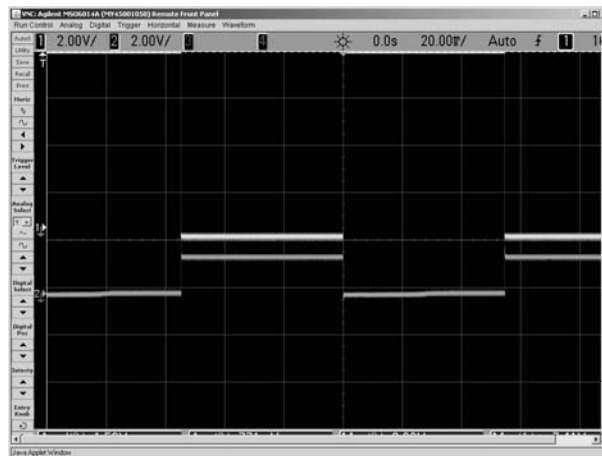


b) Strom

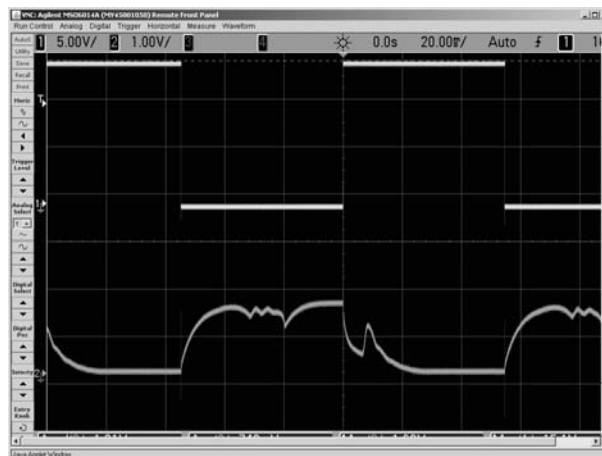


**Mit Freilaufdiode**

a) Spannung



b) Strom



Woher kommt der zweite Zacken?