Der Schwäbische Flash-Geiger

- Ein Geigerzähler mit einer Hochspannungserzeugung aus einer recycelten Einweg-Kamera -

Bernd Laquai, 14.5.13

Den Schwaben wird ja eine etwas übertriebene Sparsamkeit nachgesagt, was sich sogar bei immateriellen Dingen zeigt, z.B. an der typisch schwäbischen Einstellung zur fehlenden Wertschätzung des Ehegatten mit dem sich rechtfertigenden Ausspruch „net gschompfa isch globt gnug“.

Auch an einem Geigerzähler kann man sparen und zwar sowohl bei den Kosten wie beim Stromverbrauch. Das zeigt sich an der echt originellen Idee für eine kostengünstigen Geigerzähler meines Kollegen „Böhri“, der wie ich gebürtiger Schwabe ist. Was neben dem unvermeidlichen Zählrohr an einem klassischen Geigerzähler teuer und aufwändig ist, das ist die Hochspannungserzeugung. Sie ist auch der Haupt-Stromfresser im klassischen Geigerzähler mit Zählrohr. Hier hatte Boehri zwei Ideen. Die erste Idee besteht darin, dass man für die Hochspannungserzeugung die Elektronik einer ausgedienten Einweg-Kamera mit Blitzlicht recyceln kann. Dazu gibt es einige andere Beispiele auf einschlägigen Seiten im Internet. Die zweite Idee ist eine Spannungsstabilisierung der Hochspannung mit Zenerdioden, deren Strom man mit einer Rückkopplung gleichzeitig zum Stromsparen nutzen kann. Man bekommt also eine stabilisierte Hochspannung und hat gleichzeitig sowohl Strom wie Geld gespart. Das kann man schon mit gutem Recht als typisch schwäbisches Ansinnen bezeichnen.

Einweg-Kameras mit Blitzlicht gibt es derzeit von der Firma Kodak unter der Bezeichnung Funsaver für 27 Farbbilder und kostet ca. 8 Euro. Solche Kameras wurden früher auch schon unter dem Namen Kodak Fun Gold oder Kodak Max Flash verkauft. Die älteren Modelle eignen sich etwas besser um das Prinzip zu verstehen und um erste Experimente zu machen. Sie sind etwas einfacher aufgebaut als die neueren Modelle und nutzen nur einen Transistor als aktives Bauteil in der Elektronik. Das wichtigste auf der Elektronik-Platine ist aber ein kleiner Transformator mit zwei normalen Wicklungen zur Schwingungserzeugung und einer Hochspannungswicklung, die man selbst nur mit viel Aufwand herstellen könnte.

Um das Blitzlicht bei einer solchen Einweg-Kamera anzuwenden, hält man den Ladeknopf gedrückt und wartet bis die Bereitschaftsleuchte aufleuchtet. Drückt man danach den Auslöser, wird auch das Blitzlicht ausgelöst.

Im Innern befindet sich eine Platine auf welcher sich ein sehr einfacher Oszillator befindet, der gestartet wird sobald man die Ladetaste drückt. Über die Hochspannungswicklung des Trafos wird eine große Kapazität auf etwa 360V aufgeladen. Als Energiequelle dient eine 1.5V Mignon-Zelle (AA-Size). Wenn man den Auslöser drückt, so wird eine zweite kleinere geladene Kapazität und ein spezieller Zündtrafo benutzt um einen Zündimpuls für die Blitzröhre zu erzeugen. Der Hauptstrom für die Entladung in der Blitzröhre wird aus der großen Kapazität entnommen und entleert diese fast vollständig. Eine

Restspannung um 100V kann aber dennoch erhalten bleiben, deswegen sollte man vorsichtig sein, die „heißen“ Teile nicht unachtsam mit den Fingern zu berühren.

Der Anlaufstrom für den Oszillator kann je nach Batteriezustand durchaus über 1A betragen. Der Stromverbrauch bei geladener Kapazität bleibt meist in der Größenordnung von 200-300mA, was für einen portablen Geigerzähler unbrauchbar wäre. Abb. 2 zeigt die Schaltung der Elektronik-Platine eines älteren Kamera Models. Diese Schaltung kann etwas variieren von Modell zu Modell, sieht aber für die älteren Modelle vom Prinzip her immer gleich aus (zumindest bei der Firma Kodak). Abb. 3 a und b zeigt die Platine dazu.

Abb. 1: Ältere Kodak Einwegkamera

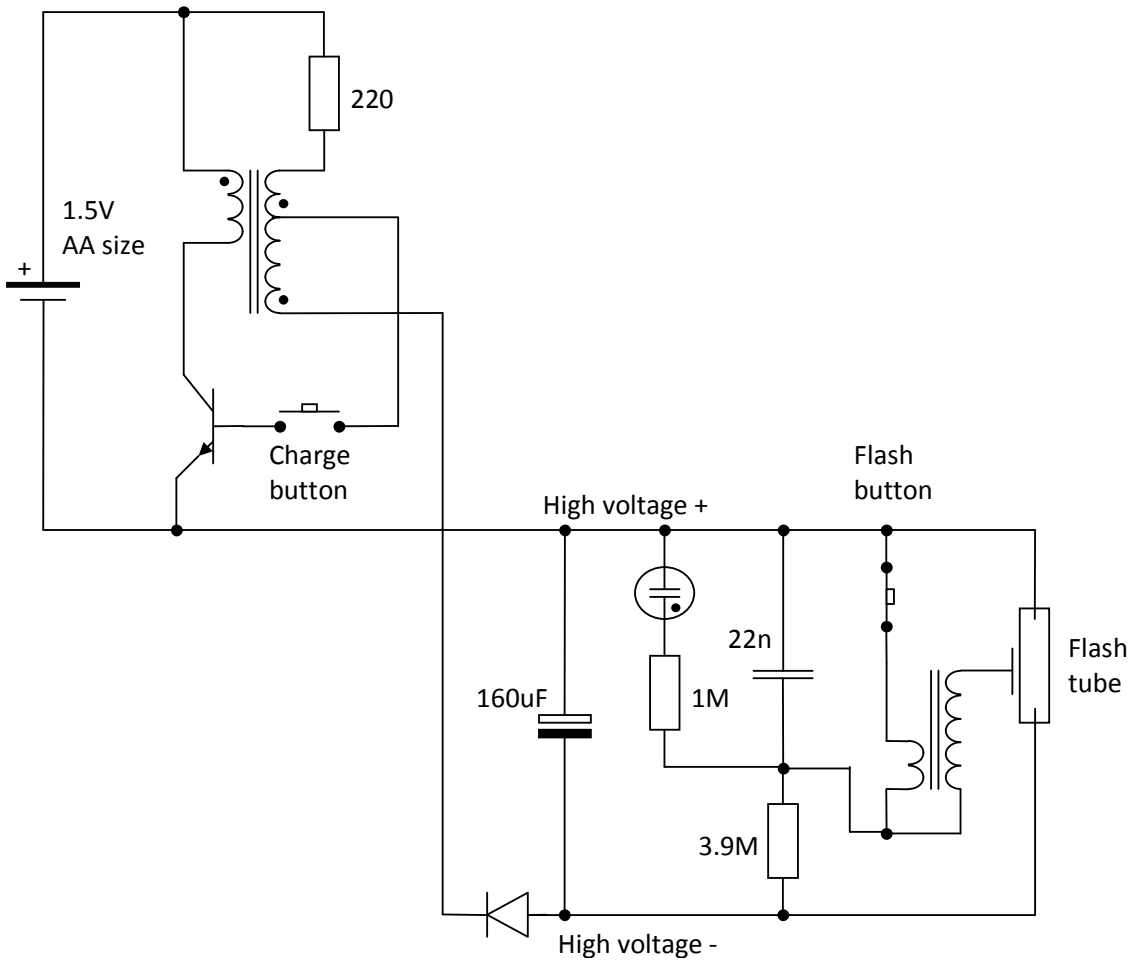


Abb. 2: Schaltung der Blitzlichtplatine einer älteren Kodak-Einwegkamera.

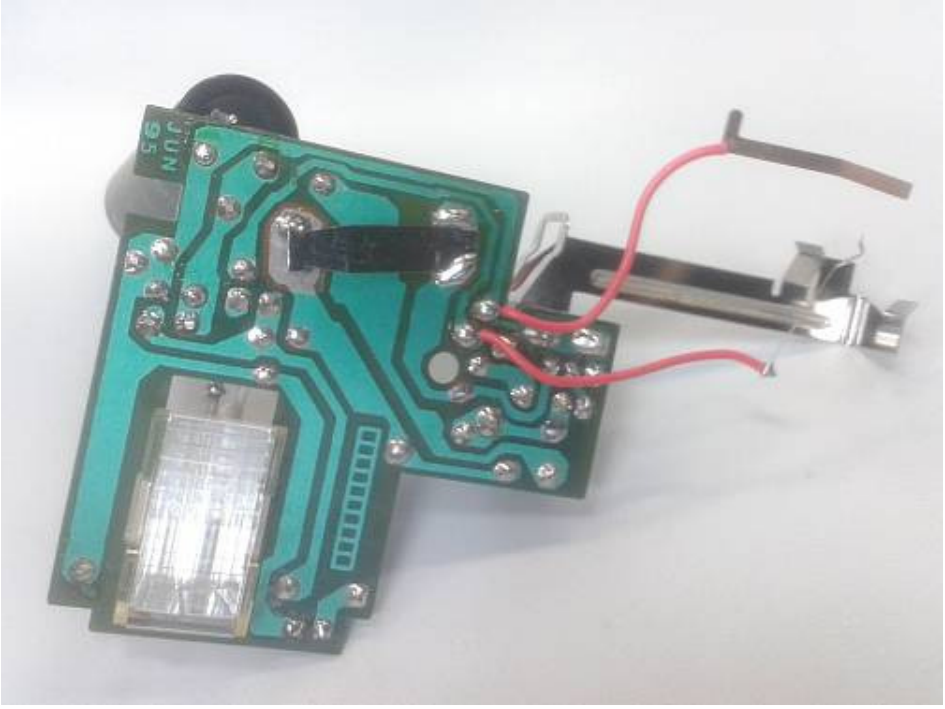


Abb. 3a: Elektronik Platine einer älteren Kodak Einweg-Kamera (Rückseite)

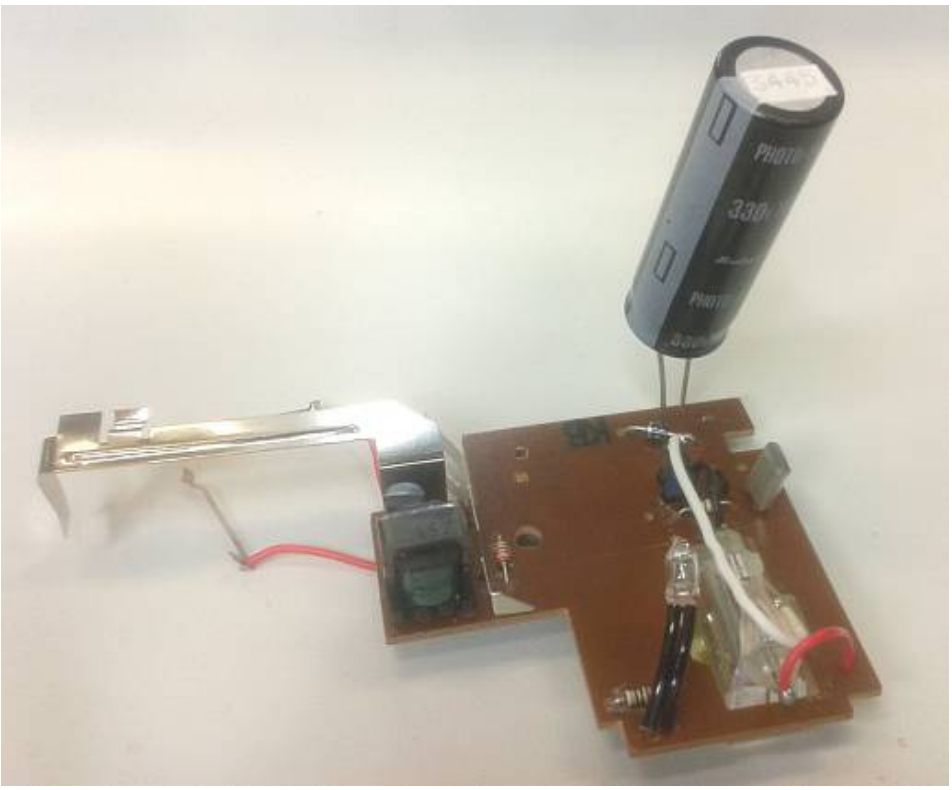


Abb. 3b: Vorderseite der Elektronik-Platine mit hochgeklappter Hochspannungskapazität

Der Oszillatorteil links oben nutzt einen Transistor zur Schwingungserzeugung. Da der Transistor das Signal an der Basis zum Ausgang (Kollektor) hin invertiert, muss die Signalinversion mit einem ebenfalls invertierenden Transformator wieder rückgängig gemacht werden um eine positive Mitkopplung zu erreichen. Sobald der Ladeknopf gedrückt wird, gelangt das Transformator Ausgangssignal auf die Basis des Transistors. Der 220Ω gegen Plus legt den Transistor in den richtigen Arbeitspunkt. Die beiden Wicklungen, mit denen die Signalinversion zur Schwingungserzeugung erreicht wird, ist um eine Wicklung mit deutlich höherer Induktivität (viel mehr Windungen) ergänzt, die sich einen Anschluss mit einer Oszillatorwicklung teilt. Der andere Anschluss dieser Hochspannungswicklung wird über eine spannungsfeste Diode zur Gleichrichtung auf eine Hochspannungs-Kapazität mit 160uF Kapazität geführt. Diese Kapazität speichert nun die Ladung, die für die Entladung in der Blitzröhre benötigt wird, wobei eine Gleichspannung von bis zu 360V entsteht. Lötet man die Kapazität ab, kann man an der Kathode der Diode mit dem Oszilloskop die hochtransformierte Schwingung des Oszillators sehen.

Abb. 4 zeigt die mit einem 9:1 Teiler (10MΩ/1MΩ) gemessene Hochspannung. Sie beträgt ungefähr 600V peak-peak und hat eine Frequenz von etwa 18kHz, ist also kaum hörbar. Die erzeugte Hochspannung und Frequenz variiert jedoch mit der Batteriespannung. Wenn die Batteriespannung zu Beginn des Ladevorgangs zusammenbricht, hört man den Oszillator deutlich mit einem tieferen Ton, der dann bis zur Unhörbarkeit ansteigt.

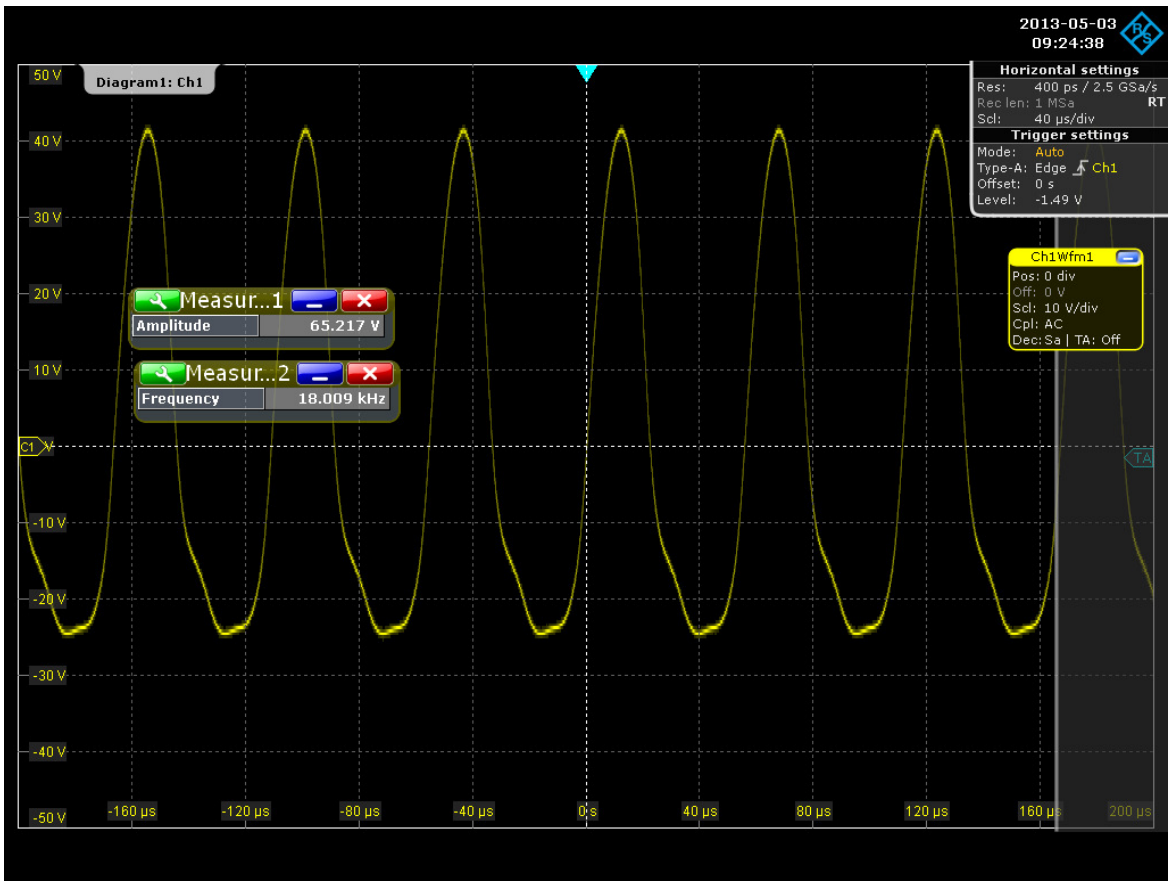


Abb. 4: Hochspannung an der Hochspannungswicklung des Transformators (9:1 geteilt)

Die Zündung der Blitzröhre wird aus einer weiteren kleinen Kapazität (hier 22nF) bewerkstelligt, die aus der Hochspannung über einen hochohmigen Widerstand (hier 3.9MΩ) geladen wird. Die Spannung an der kleinen Kapazität dient auch der Bereitschaftsanzeige in dem eine kleine Glimmlampe gezündet wird, sobald diese Kapazität geladen ist. Wird der Auslöseknopf der Kamera betätigt wird ein weiterer kleiner Trafo mit dieser kleinen Kapazität verbunden und der Entladestrom auf ein paar tausend Volt sekundärseitig hochtransformiert, was die Entladung in Blitzröhre zündet. Dieser Schaltungsteil, die große Hochspannungskapazität und die Blitzröhre können entfernt werden, sie werden für die Hochspannungserzeugung bei einem Geigerzähler nicht benötigt. Bei einigen Platinenversionen kann dieser Platinenteil einfach abgesägt werden, ohne dass der Oszillator beschädigt wird.

Eine Hochspannungserzeugung für einen Geigerzähler braucht aber eine etwas höhere Spannung als 360V, besonders wenn eine Spannungs-Stabilisierung vorgesehen werden soll um eine Zählratenvariation durch instabile Betriebsspannung am Zählrohr zu vermeiden. Es kann aber relativ leicht eine Verdopplung der Spannung erreicht werden, da die Hochspannung am Transformator aus einer positiven und eine negativen Halbwelle besteht, die mit zwei Dioden und zwei Kapazitäten addiert werden können. Auf eine entsprechende Spannungsfestigkeit der Dioden und Kapazitäten sollte dabei geachtet werden.

Zur Spannungsstabilisierung können vier 100V Zenerdioden in Serie geschaltet und die Serienschaltung parallel zur letzten Kapazität (100nF) gelegt werden. Sobald die Kapazität auf 400V geladen ist, beginnen die Zenerdioden zu leiten und verhindern ein weiteres Aufladen der Kapazität. Nachteil dieser Stabilisierung ist aber, dass auf Hochspannungsseite laufend ein Strom fließt (ca. 400uA), der natürlich entsprechend dem Übersetzungsverhältnis auf der Niederspannungsseite erscheint.

Nun kann man aber Böhri's Trick anwenden und in die Serienschaltung der Zenerdioden zusätzlich noch eine Basis-Emitter-Strecke eines NPN-Bipolartransistors oder besser zwei Basis-Emitter-Strecken eines zu einem Darlington verschalteten Transistor-Paars schalten. Sobald die Zielspannung von 400V erreicht wird, beginnen die Zenerdioden schwach zu leiten und der Basis-Emitterstrom schaltet die Darlingtonstufe durch. Die durchgeschaltete Darlingtonstufe kann man wiederum dazu benutzen, den Basis-Emitterstrom, der normalerweise durch den Transistor im Oszillator fließt auf die Kollektor-Emitterstrecke der Darlingtonstufe umzulenken. Die Regelung sollte noch etwas stabilisiert werden, idem man eine kleine Kapazität von 1nF als zusätzlichen Tiefpass an der Basis des Darlington-Eingangs gegen Masse schaltet, was die Geschwindigkeit des Regelvorgangs dämpft. Die Transistoren in der Darlingtonstufe sollten eine hohe Stromverstärkung haben um einen harten Durchgriff zu erzeugen, so dass ein echter binärer Burst-Betrieb entsteht, bei dem der Oszillator für eine kurze Zeit angeschaltet wird und danach eine lange Zeit ganz ausgeschaltet bleiben kann, bis die Spannung wieder unter ein gewisses Niveau gesunken ist.

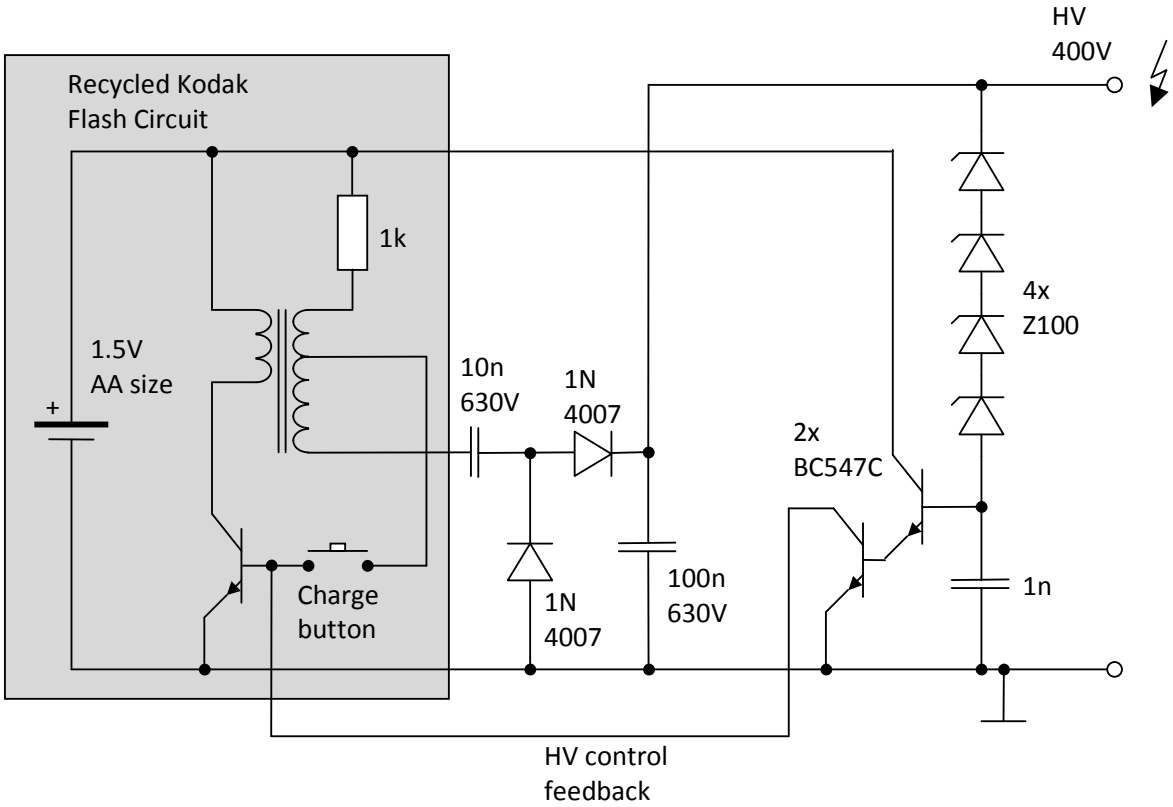


Abb. 5: Hochspannungserzeugung für einen Geigerzähler mit stromsparender Spannungsstabilisierung

Die Taktrate des Burstbetrieb hängt von der primärseitigen Leistung ab, von der Größe der gewählten Hochspannungskapazität und vom Laststroms. Gegenüber dem Blitzlichtbetrieb ist der Laststrom eines Geiger-Müller Zählrohrs selbst bei hoher Zählrate sehr gering. Daher kann man den Strom durch die Hochspannungswicklung etwas dadurch bremsen, dass man den ursprünglichen 220Ω Widerstand auf der Blitzlichtplatine durch einen 1kΩ ersetzt. Als Hochspannungs-Kapazität reichen 100nF, was auch die Gefahr von unangenehmen bzw. sogar gefährlichen Stromschlägen bei versehentlichem Berühren reduziert. Wenn man unter diesen Bedingungen mit einem 10MΩ Tastkopf und einem weiteren 10MΩ Widerstand als Last misst, so ergibt sich eine Burstperiode im Millisekundenbereich. Hat man nur das Zählrohr als Last an der Kapazität liegt die Periode der Ladebursts des Oszillators dagegen bei mehreren 10 Sekunden.

Abb. 6 zeigt die Bursts und den zeitlichen Verlauf der stabilisierten Hochspannung. Man kann erkennen, dass die Hochspannung von etwa 435V um ca. 15V absinkt, bis der Oszillator wieder anspringt. Dies passiert dann, wenn der Strom durch die Zenerdioden so nachlässt, dass die Darlingtonstufe den Oszillator wieder freigibt. Allerdings dauert es dann auch eine gewisse Zeit, bis der Hochspannungskondensator wieder so weit geladen ist, dass die Zenerdioden wieder leitend werden und die Darlingtonstufe wieder aktiviert wird. Während der ca. 5ms langen Bursts beträgt die

Stromaufnahme wie im kontinuierlichen Betrieb etwa 200mA, in den Pausen dazwischen sinkt sie jedoch auf Werte von etwa 1mA. Hat man nur ein Zählrohr als Last, sind die Pausen zwischen den Bursts so lange, dass die mittlere Stromaufnahme kaum über 1mA liegt.

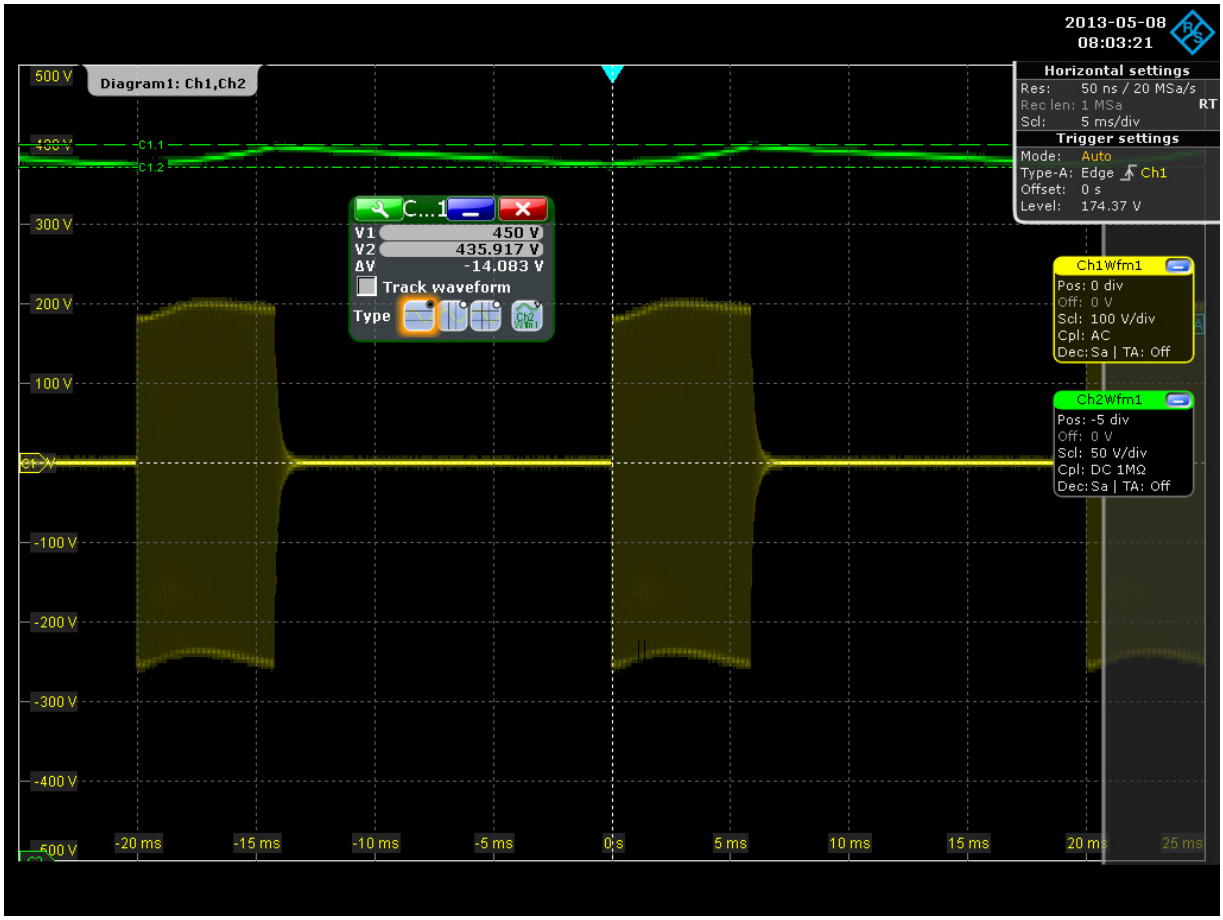


Abb. 6: Oszillator-Bursts, welche die Kapazität nachladen, wenn die Spannung zu sehr sinkt und dadurch der Strom durch die Zenerdioden abnimmt (grün die Spannung an der Kapazität, gelb am Trafoausgang)

Zur Auswertung der Zählpulse kann ebenfalls eine einfache Darlingtonstufe benutzt werden, in dessen Emitterstrecke ein 8Ω Kleinlautsprecher (oder ein Ohrhörer) geschaltet wird. Wenn das Zählrohr über ein Kabel von der Hochspannungsquelle abgesetzt werden soll, ist es wichtig, dass unmittelbar am Zählrohr nochmal ein Vorwiderstand eingesetzt wird, da das Kabel als Kapazität wirkt, so dass zu starke Stromimpulse auftreten, wenn das Zählrohr ohne Vorwiderstand die Kapazität des Kabels entlädt, was die Lebensdauer des Zählrohrs reduziert.

Abb. 8 und 9 zeigen einen Prototypenaufbau der Hochspannungsversorgung und des Zählsignalverstärkers auf Lochrasterplatinen. Abb. 10 zeigt die Gesamtschaltung auf einer Lochrasterplatine mit einem an einem Kabel abgesetzten ZP1400 Zählrohr von Mullard.

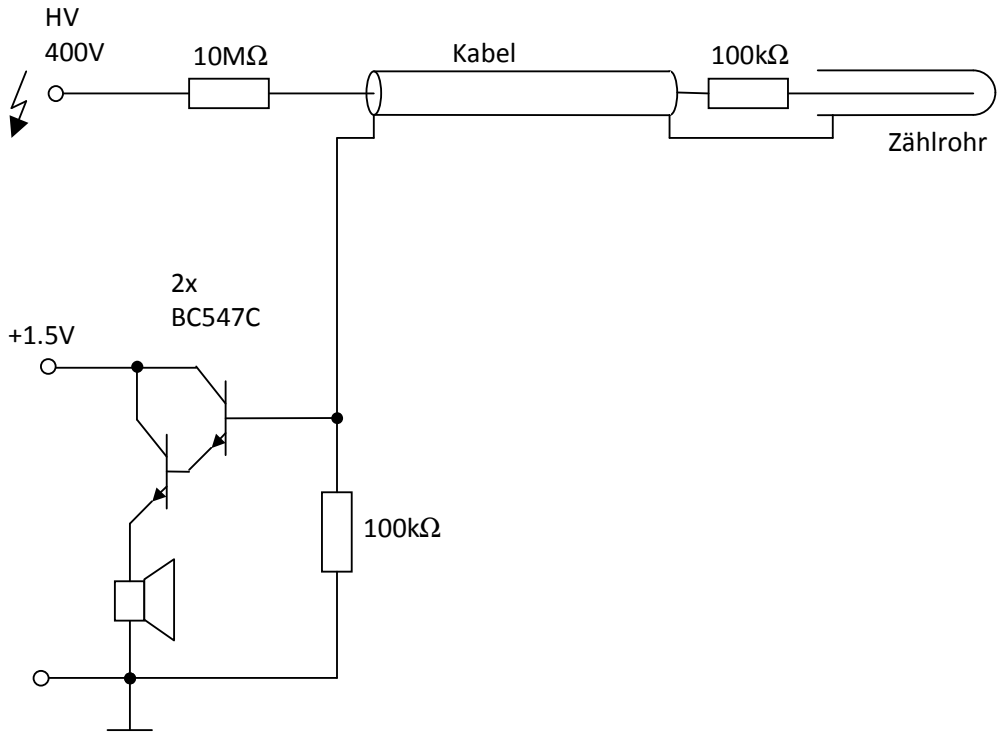


Abb. 7: Einfacher Zählsignalverstärker mit Klein-Lautsprecher

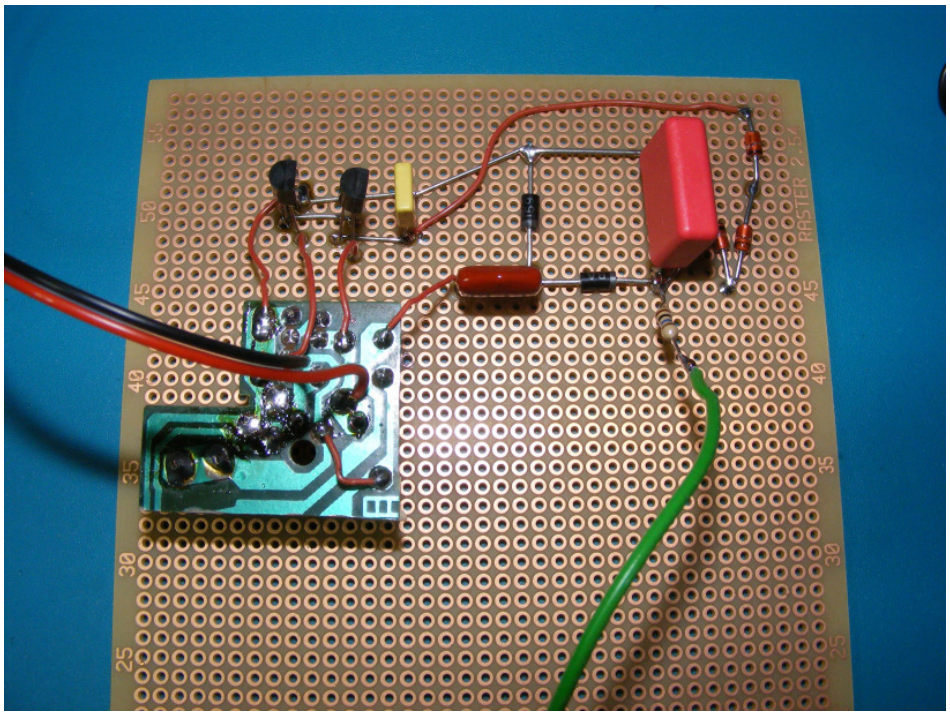


Abb. 8: Aufbau der Hochspannungserzeugung auf einer Lochrasterplatine

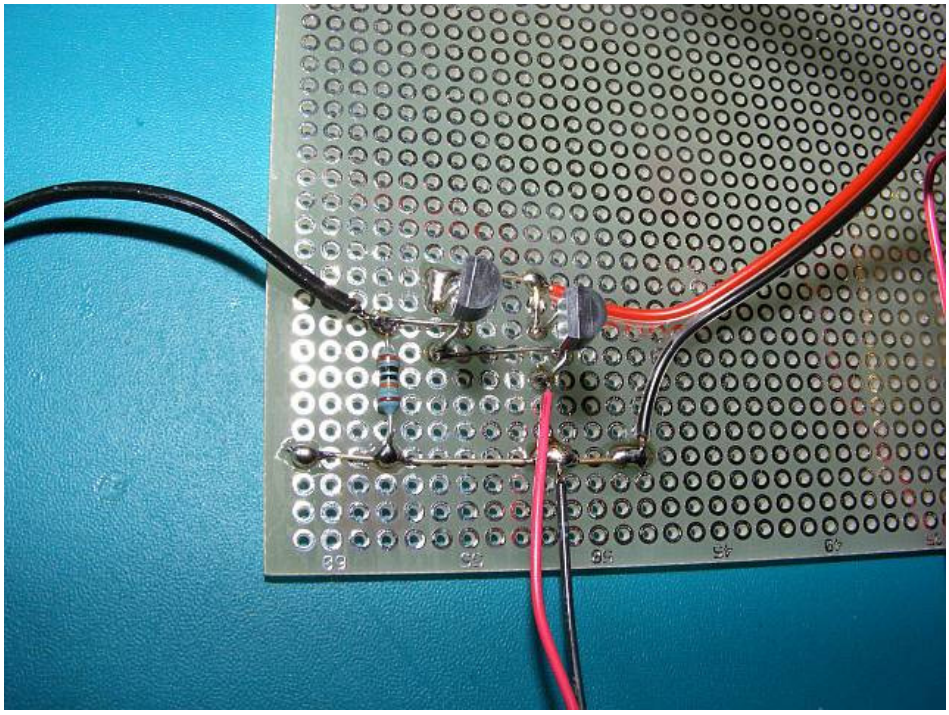


Abb. 9: Prototyp des Zählsignalverstärkers auf der Lochrasterplatine

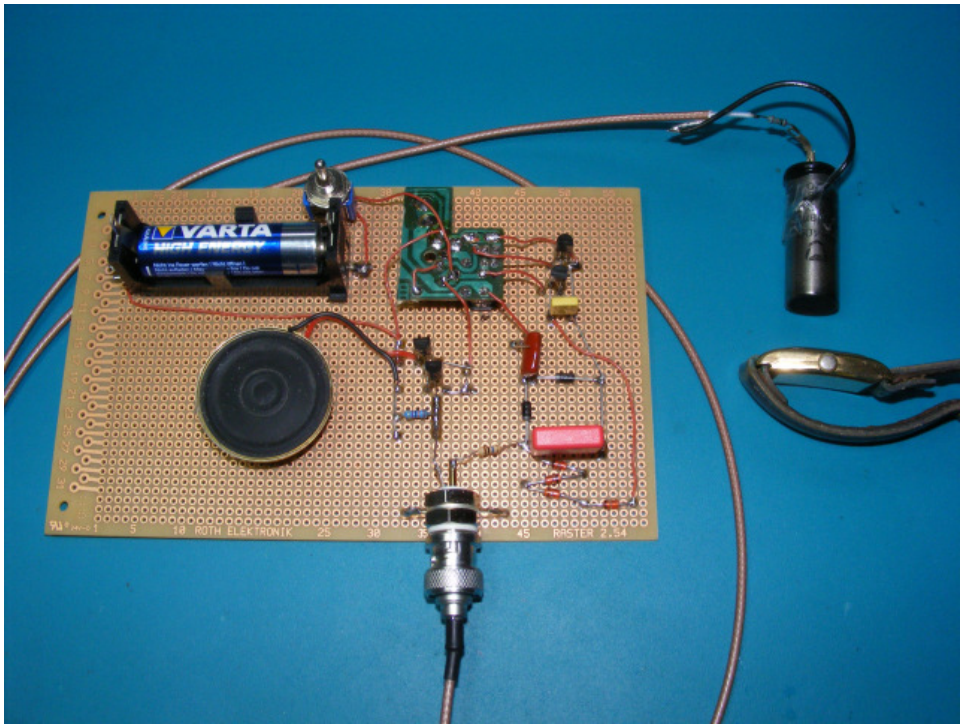


Abb. 10: Vollständiger Geigerzähler mit ZP1400 Zählrohr, eine 1.5V Alkaline Batterie reicht völlig aus als Stromversorgung für viele Stunden Betrieb

Die Elektronik der derzeitig auf dem Markt erhältlichen Funsaver Einweg-Kameras von Kodak ist etwas komplizierter aufgebaut, als die der älteren Modelle, arbeitet aber vom Prinzip her identisch. Daher ist auch derselbe Trick möglich wie bei den alten Kameras um eine günstige stromsparende und stabilisierte Hochspannungsquelle zu erzeugen.

Abb. 11: Neues „Funsaver“ Einweg-Kamera Modell von Kodak

Die wesentliche Neuerung bei der Elektronik besteht darin, dass nun nicht mehr wie bisher während der gesamten Ladezeit der Ladeknopf gedrückt werden muss. Es reicht wenn man einmal kurz den Ladeknopf betätigt. Außerdem wurde die Glimmlampe durch eine LED ausgetauscht.

Es befinden sich nun 3 Transistoren auf der Platine, davon steuern 2 Transistoren den Oszillator, der wie bisher von einem Transistor und einem Transformator gebildet wird. Der Ladeknopf lädt bei diesem Modell eine 100uF Kapazität (C1) über eine Diode D1 auf. Ein 4.7MΩ Widerstand (R1) entlädt diese Kapazität wieder, allerdings sehr langsam. Solange diese Kapazität geladen ist, befindet sich Q1 in leitendem Zustand und bewirkt, dass der PNP-Transistor Q3 die Basis des eigentlichen Oszillator-Transistors Q1 mit dem Transformator verbindet. Q3 wirkt also wie ein Schalter, der durch Q2 hochohmig betätigt wird, so dass der Entladestrom der Kapazität C1 klein bleibt. Die Rückkopplungsspule zwischen den Anschlüssen 2 und 3 des Transformators ist hier über einen 1.5kΩ auf Plus gelegt, so dass der Ruhestrom unter 1mA bleibt wenn der Oszillator mit dem oben beschriebenen Trick deaktiviert wird.

Zur Deaktivierung lenkt man wie bei den älteren Modellen den Strom, welcher normalerweise aus dem Trafoanschluss 3 über Q3 in die Basis von Q1 fließt über die Darlingtonstufe direkt nach Masse. Dazu koppelt man den Kollektor der Darlingtonstufe an den Emitter von Q3 an. Wird der Darlington leitend bekommt die Basis von Q1 keinen Strom mehr und der Oszillator stoppt mit einem Ruhestrom unter 1mA. Die LED, die Zündschaltung und die Blitzröhre werden nicht benötigt und können entfernt werden.

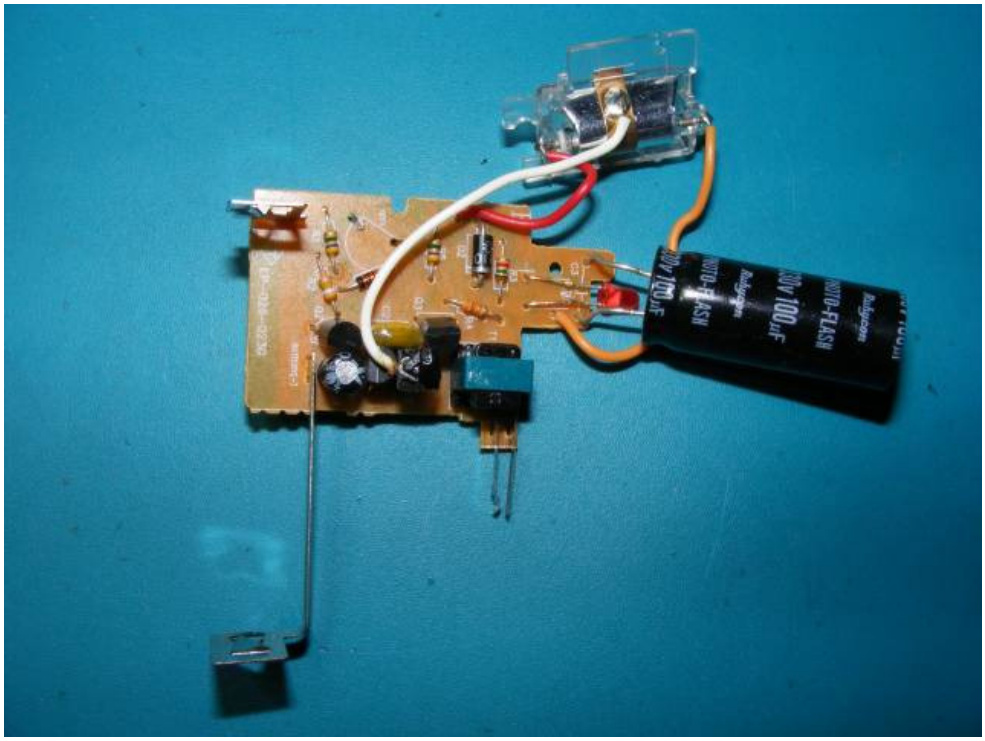


Abb. 12: Oberseite der neuen Funsaver Platine

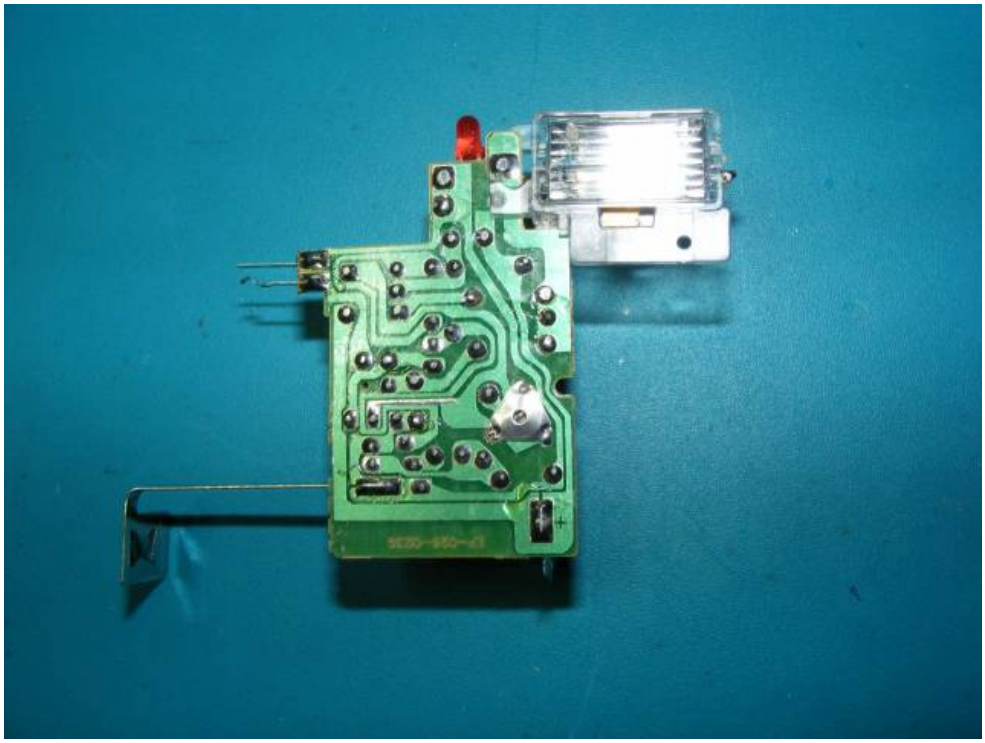


Abb. 13: Unterseite der neuen Funsaver Platine

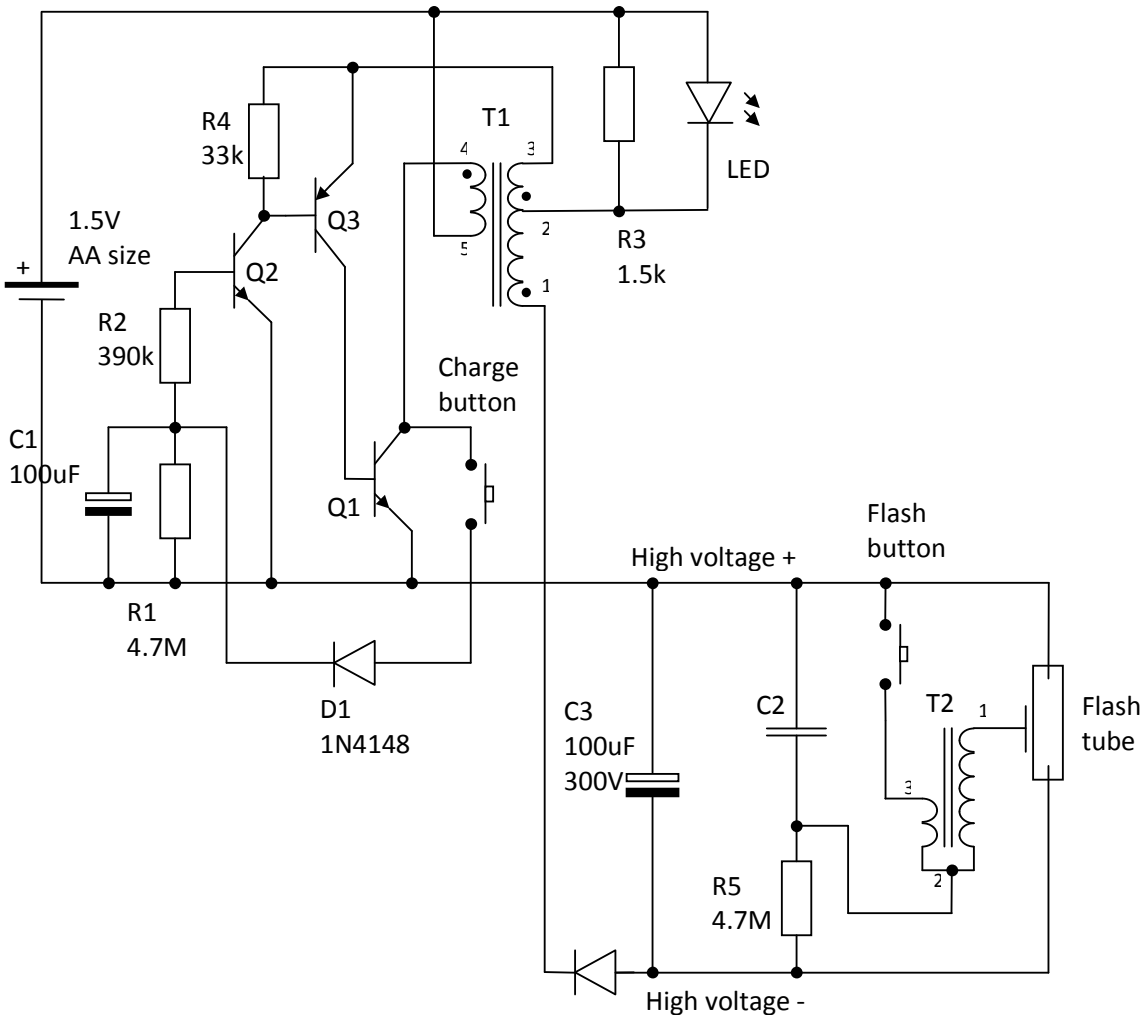


Abb. 14: Platine des neuen „Funsaver“ Kameramodells

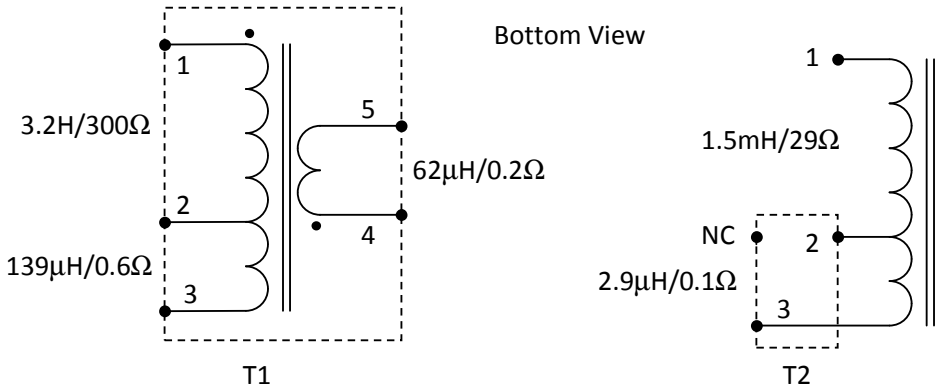


Abb. 15: Anschlussbelegung und Daten der Transformatoren

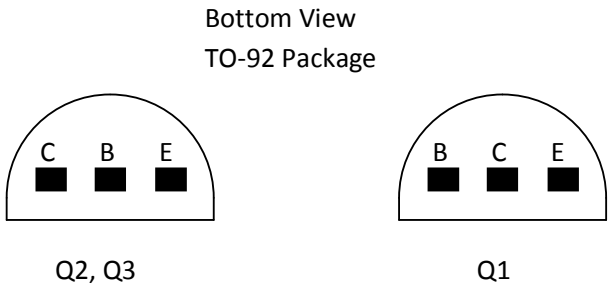


Abb. 16: Anschlussbelegung der verwendeten Transistoren

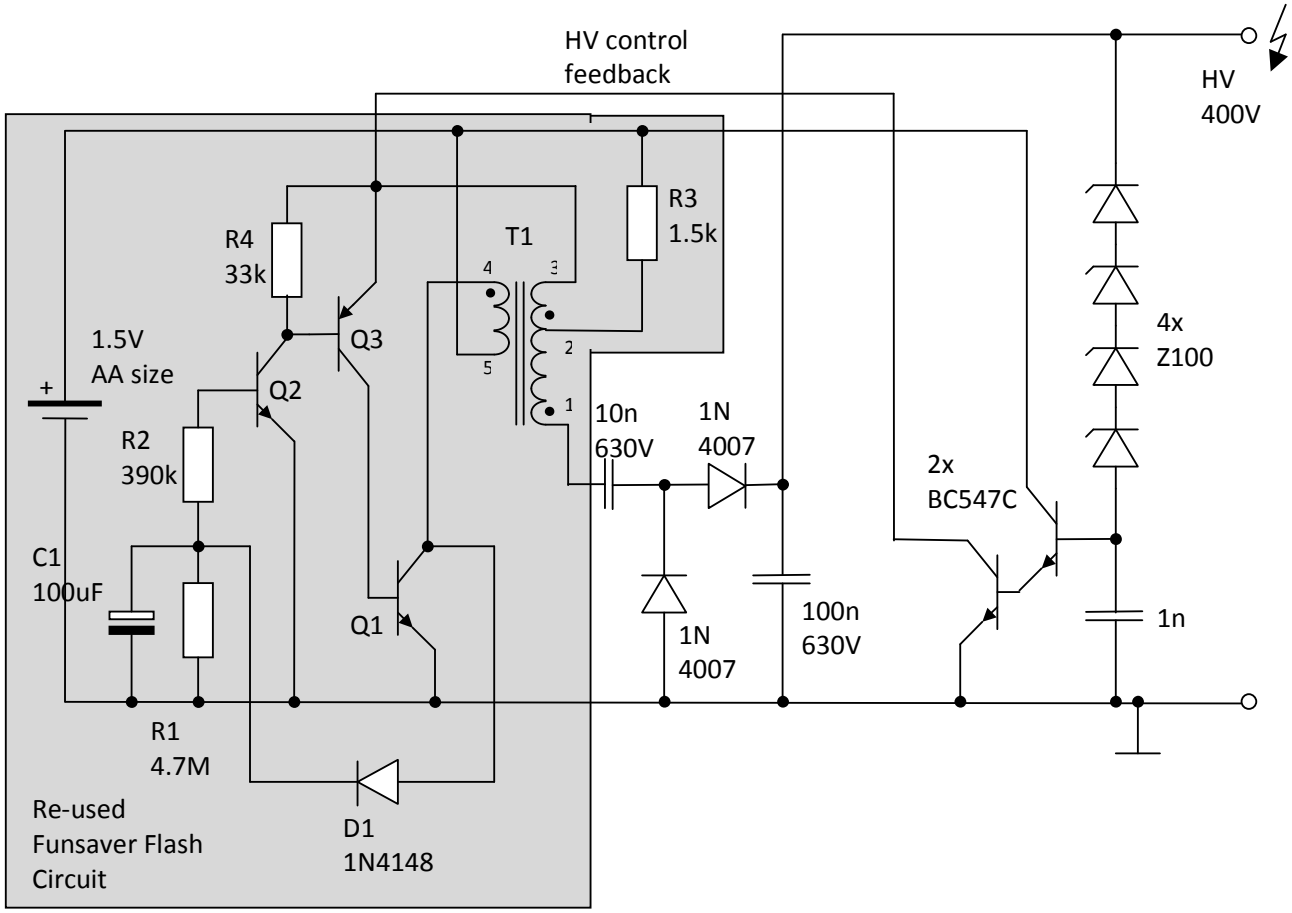
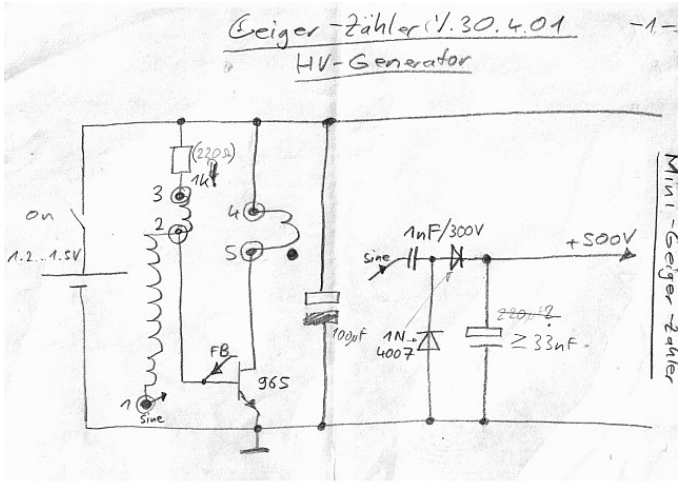


Abb. 17: Spannungsstabilisierung mit Rückkopplung zum Stromsparen beim „Funsaver“ Kamera-Modell



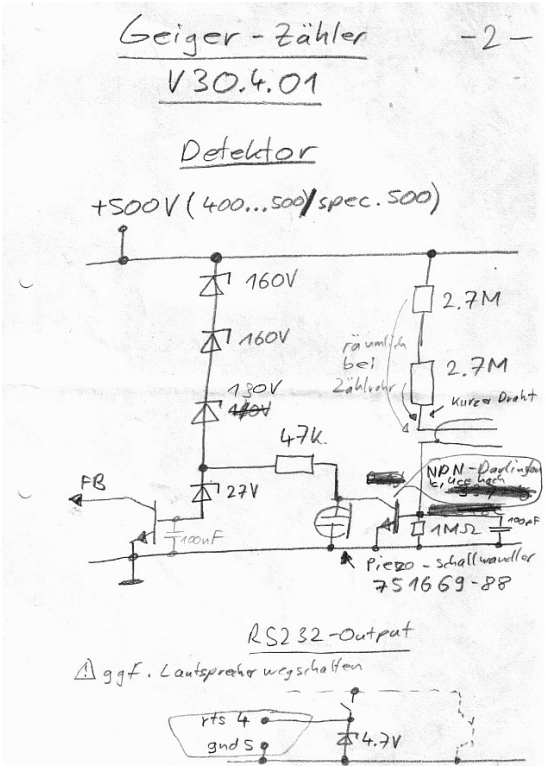


Abb. 18: Das Original von Böhri

Andere Schaltungsbeispiele unter Wiederverwendung der Elektronik von Einweg-Kameras

/1/ Geiger tube power supply hack using disposable camera flash unit
http://madscientisthut.com/wordpress/daily-blog/geiger-tube-power-supply-hack-using-disposable-camera-flash-unit/
/2/ uzzors2k Geiger Counter
http://uzzors2k.4hv.org/index.php?page=geigercounter