Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 55 (1964)

Heft: 8

Artikel: Entwicklung einer gleichstromgekoppelten Nanologik-Geräteserie

Autor: Maeder, D.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916701

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Schlacken peinlich zu säubern. Es lohnt sich sogar, Kontaktstücke mit stark erodierten Pfannen der Herstellerfirma zum Nachfräsen zu übergeben, da bei schlecht passenden Kontaktflächen Lichtbogen auftreten, welche den Glühstab zerstören können. Auch bei einteiligen Elementen sollen die Anschlussbriden einwandfrei sitzen, da sich sonst Überhitzung der Stabenden einstellt. Zur Verhinderung von Wärmeverlusten werden die Hohlräume zwischen Stab und Ofendurchführung mit Asbestschnüren verstopft, ohne jedoch die Wärmedehnung des Stabes zu behindern.

Die Berücksichtigung dieser wenigen Anforderungen trägt nicht nur zum störungsfreien Betrieb der Hochtemperatur-Elektroöfen, sondern auch zu einer beachtlichen Senkung der Brennstundenkosten bei.

Adresse des Autors:
Dr. *E. Boller*, Leiter der Abteilung für Sinterchemie, Elcalor AG, Aarau.

Entwicklung einer gleichstromgekoppelten Nanologik-Geräteserie

Kurzvortrag, gehalten an der 27. Hochfrequenztagung des SEV vom 24. Oktober 1963 in Neuenburg,

von *D. Maeder*, Genf

621.374.32 : 517.11

Beschreibung eines neuen Systems «schneller» Stromkreise für Forschungsarbeiten in der Physik der Elementarteilchen, unter Verwendung von 75-Ω-Kabeln, Transistoren, hoher Eingangs- und Ausgangs-Impedanzen, welches erlaubt, sämtliche logischen Operationen auf genormten Signalen, mit einer Auflösungsdauer von 2 ns, bei einer Amplitude der Signale von — 0,7 V auszuführen. Maximale Dauer eines logischen Zustandes unbegrenzt. Wenn die Dauer $\gtrsim$ 4 ns beträgt, genügt eine Amplitude von — 0,5 V, um die Eingänge zu betätigen, und um mindestens — 1,0 V (auf 75 Ω) oder — 0,5 V (auf 2 × 75 Ω parallel) bei den Ausgängen zu erlangen. Dank der Eigenschaft einer hohen Eingangsimpedanz können längs einer Leitung von 75 Ω mehrere Eingänge in Kaskade geschaltet werden.

Eine wichtige Eigenschaft dieses Systems ist die Verwendung von gleichartigen Eingangs- (pnp-Paaren) und Ausgangs-Stromkreisen (npn-Paaren) in allen Einheiten, was die Konstruktion, die Kontrolle und den Unterhalt erleichtert.

Die Leistungen einiger nach diesen Prinzipien (3 × Gleichzeitigkeit — nicht Gleichzeitigkeit, 4 Eingänge und 3 Ausgänge, Multivibrator, Zeitumformer, Linearverstärker mit zwei umschaltbaren Kanälen, Impulsnormer für Photoröhren) hergestellter Module werden kurz besprochen.

Nouveau système de circuits rapides, pour recherche en physique des particules élémentaires, utilisant des câbles 75 Ω, des transistors pas trop chers, haute impédance aux entrées et sorties. Permet toutes opérations logiques sur signaux standardisés, résolution 2 ns si l'amplitude des signaux est fixée à — 0,7 V. Durée maximum d'un état logique non limitée. Amplitude de — 0,5 V suffit, si durée est $\gtrsim$ 4 ns, pour commander les entrées et obtenir au moins — 1,0 V (sur 75 Ω) ou — 0,5 V (sur 2 × 75 Ω en parallèle) aux sorties. Grâce à la propriété de haute impédance des entrées, plusieurs entrées peuvent être mises en cascade le long d'une ligne de 75 Ω.

Une caractéristique importante de ce système est l'utilisation de circuits d'entrée identiques (paire de pnp's) et de circuits de sortie identiques (paire de npn's) dans toutes les unités, ce qui facilite construction, vérification et entretien.

La performance de quelques modules construits selon ces principes (3 × coïncidence-anticoïncidence, éventail 4 entrées — 3 sorties, flipflop, convertisseur de temps, amplificateur linéaire à 2 canaux commutables, pulse standardizer pour phototubes), est brièvement discutée.

Für die in Zusammenarbeit mit dem CERN geplanten Experimente über Nukleon-Nukleonstreuung, wobei das CERN den Protonenstrahl und unser Institut für Nuklearphysik der Universität Genf die Teilchendetektoren beitragen soll, benötigt man eine Serie schneller Impulsschaltungen, deren hauptsächlichste Funktionen den Physikern traditionell unter den Namen Limiter, Clipper, Adder (oft auch als «Fan-In» bezeichnet), Splitter (bzw. «Fan-Out»), Coincidence/Anticoincidence Mixer, Trigger (bzw. «One-shot»), Scaler usw. geläufig sind.

Datenverarbeitungsingenieure verwenden teilweise ganz ähnliche Schaltungen, nur heissen sie dort anders, «Or-Gate», «And-Gate», «Nand-Gate», «Flipflop» usw.

Nachdem wir uns am Universitätsinstitut zunächst bei den grossen Hochenergiephysik-Laboratorien (CERN, Brookhaven, Berkeley, DESY) über die dort in Gebrauch stehenden Geräte orientiert hatten, erlagen wir der unvermeidlichen Versuchung, für unser Institut ein eigenes System zu entwickeln, das möglichst viele Vorteile der verschiedenen bekannten Systeme in sich vereinigen sollte, wobei auch die Kostenfrage eine nicht unwesentliche Rolle spielte (z. B. in der Entscheidung, ob als häufigstes aktives Element Transistoren oder Tunneldioden vorzuziehen seien). Die im folgenden aufgezählten Gesichtspunkte bildeten eine Art «Pflichtenheft» für den Aufbau eines unseren Bedürfnissen und Möglichkeiten angemessenen Systems schneller Impulsgeräte:

1. 125-Ω-Kabel und -Stecker (Berkeley, CERN) fanden wir zu unhandlich; anderseits geben die Photoröhren und die verfügbaren schnellen Transistoren an ein niederohmiges Kabel auch nur eine entsprechend kleine Signalleistung ab (Brookhaven: 50 Ω, 250 mV Standardamplitude). Wir halten uns deshalb an die vom DESY angenommene 75-Ω-Norm unter Verwendung von BNC-Steckern. Kürzlich wurde am DESY beschlossen, auf 50 Ω überzugehen, um bei allfälligen Produktionsschwierigkeiten die eigenen Modelle unverzüglich durch kommerzielle Geräte amerikanischer Herkunft ersetzen zu können.

2. Um Transistoren zuverlässig schalten zu können, soll die verfügbare Signalamplitude überall mindestens 0,5 V betragen. Als Ausgangsstufen sind Stromquellen von $\geqq$ 13 mA zu verwenden, so dass sich in einer 75-Ω-Last Signale von $\geqq$ 1 V, oder aber $\geqq$ 0,5 V in 2 parallel angeschlossenen 75-Ω-Lasten erzeugen lassen.

3. Alle Eingangsschaltungen sollen hochohmig sein, so dass ein ankommendes Signal nach dem Durchgang möglichst unverzerrt zu einem anderen Gerät weitergeleitet werden kann.

4. Mit zu erschwinglichem Preis erhältlichen Transistoren sollen Umschaltzeiten von $\lesssim$ 2 ns in beiden Richtungen erreicht werden.

5. Konsequente Anwendung von Gleichstromkoppelung soll die logischen Funktionen zeitunabhängig machen. Es ist sehr erwünscht, dass bei der praktischen Anwendung keinerlei Komplikationen durch niederfrequente Begrenzungen auftreten können.

Zwei weitere Punkte liegen vor allem im Interesse der Verkürzung des Arbeitsaufwandes für Entwicklung, Kon-

32'650 -654

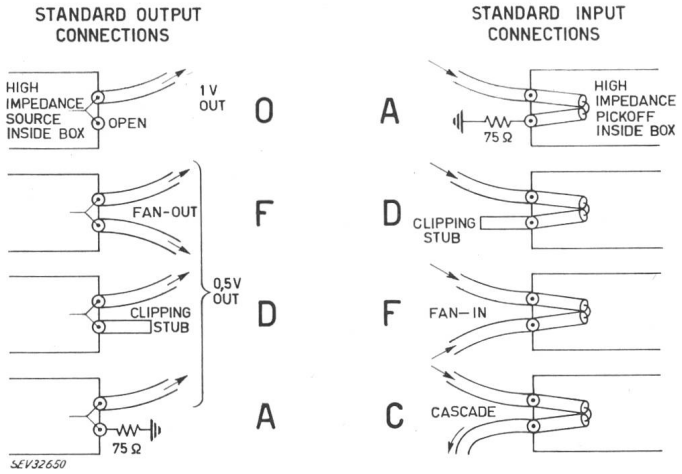

Fig. 1

Verbindungsmöglichkeiten der CLR/A-Standardgeräte

Eingänge und Ausgänge sind mit je einem Paar Chassissteckern verbunden. Nachdem überall der erste der beiden Stecker durch ein Signalkabel besetzt ist, steht der zweite unter gewissen Bedingungen für weitere Signalübertragungen zur Verfügung, wie Aus- oder Einfächern (*F*), für Kaskadenschaltung (*C*) oder Impulsumformungen (*D*, *R*, s. Text). Ein absorbierender Abschluss (*A*) ist meist nur empfängerseitig erforderlich

struktion, Prüfung und Unterhalt der ganzen Geräteserie, nämlich:

6. Möglichst einfache Schaltungsstrukturen; identische Eingangsstufen (bzw. Ausgangsstufen) in sämtlichen Gerätetypen.

7. Alle Signalanschlüsse müssen im Betriebszustand kurzschluss- und öffnungssicher sein.

Gemäss Punkt 3 ist jeder Signal*eingang* mit 2 Chassissteckern verbunden (über kurze 75-Ω-Kabel). Dasselbe gilt auch von den *Ausgängen,* nur dass wir bei diesen danach trachten, die zwischen den 2 Steckern und dem dazugehörigen Ausgangstransistor liegenden Leitungsstücke vernachlässigbar kurz zu halten. Fig. 1 zeigt einige Verbindungsmöglichkeiten für den jeweils zweiten Stecker. Wir verwenden dafür folgende Abkürzungen:

A = Absorbierend (Normalfall)
O = Offen (Amplitudenverdoppelung)
F = Fächer (doppelter Ausgang bzw. Eingang)
C = Kaskade (gleichzeitig Ein- und Ausgang)
D = Differenzierend (kurzgeschlossenes Kabel, produziert Signal entgegengesetzter Polarität)
R = Reflektierend (offenes Kabel, reproduziert das Signal in der ursprünglichen Polarität)

Selbstverständlich können diese verschiedenen Möglichkeiten sender- und empfangseitig (Symbol *S* bzw. *E*) nicht nach Belieben kombiniert werden, falls störende Reflexionen vermieden werden sollen. So ist z. B. SO-EC-EA stets zulässig, nicht aber ER-SF-EA. Eine ausführliche Tabelle ist in Vorbereitung. Aus den anfangs 1963 unternommenen experimentellen Vorstudien hat sich eine schaltungstechnische Lösung herauskristallisiert, die durch die in Tabelle I zusammengestellten Spezifikationen ziemlich weitgehend beschrieben wird.

Die wesentlichen Züge der Schaltungsstruktur sämtlicher Geräte dieser Serie sind aus dem in Fig. 2 dargestellten Beispiel ersichtlich. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Gerätetypen besteht nur in der verschiedenen Konfiguration von Schaltelementen um den hier mit «Tie point» bezeichneten zentralen Verbindungspunkt zwischen den stets gleichartigen Ein- und Ausgangsstufen. Mit der hier

Allgemeine Spezifikationen der Geräteserie CLR/A
(«*C*ircuits *L*ogiques *R*apides, Serie *A*»)

Tabelle I

1. Sämtliche Schalttransistoren werden weit oberhalb des Knicks der I_{coll}/E_{coll}-Charakteristik betrieben (Emitter-Kollektorspannung $\geqq$ 4 V in allen Betriebszuständen).
2. Um thermische Drifteffekte zu vermeiden, wird für alle Eingangsstufen und alle Ausgangsstufen die Konfiguration eines symmetrischen Paares mit konstantgehaltener Emitterstromsumme verwendet.
3. Eingangstransistoren (2 N976) sind vom pnp-Typ, die Emitter werden annähernd auf Erdpotential mit 8 mA (pro Paar) betrieben [1]).
4. Ausgangstransistoren (2N2651) sind vom npn-Typ, die Emitter werden annähernd auf — 6 V mit 18 mA (pro Paar) betrieben [1]).
5. Der Verbindungspunkt zwischen Ein- und Ausgangsstufen bleibt in allen Betriebszuständen nahe dem Potential — 6 V.
6. Signalpegel oberhalb — 0,2 V gelten als Zustand «0», Pegel unterhalb — 0,4 V als Zustand «1».
7. Kein Eingang darf auf Spannungen oberhalb + 1,5 V oder unterhalb — 2,0 V gebracht werden.
8. Offengelassene Ausgänge werden mittels eingebauter Dioden oberhalb ca. — 1,5 V gehalten.
9. Die Normalamplitude für Impulse von 2 ns HWB (= Halbwertsbreite) beträgt 0,7 V; jede Ausgangsstufe muss auf Normallast (75 Ω) arbeiten.
10. Die Normalamplitude für Impulse von $\gtrsim$ 4 ns HWB beträgt 0,5 V; jede Ausgangsstufe kann 2 Signalleitungen (zu 75 Ω) betreiben.

gezeigten einfachsten Koppelungsmöglichkeit erhält man einen Eingangsfächer und/oder Ausgangsfächer, der für Impulse bis zu 5 ns Breite brauchbar ist. Für noch kürzere Impulse hat es sich als nötig erwiesen, am «Tie point» eine zusätzliche Verstärkerstufe einzufügen. Mit dieser kleinen Ergänzung erreichten wir, wie das obere Oszillogramm der Fig. 3 zeigt, dass unsere Fächereinheit (4 Eingänge, 3 Ausgänge, 2 inverse Ausgänge) kurze Eingangsimpulse (2 ns HWB, 0,7 V Spitze) am Ausgang eben noch sauber trennt, falls ihre Schwerpunkte mindestens 5 ns auseinanderliegen. Derart kurze Eingangsimpulse erleiden eine starke Abschwächung, wenn man versucht, sie mehr als 3 Eingängen in Kaskade zuzuführen. Jedoch kann *ein* Impuls von 10 ns

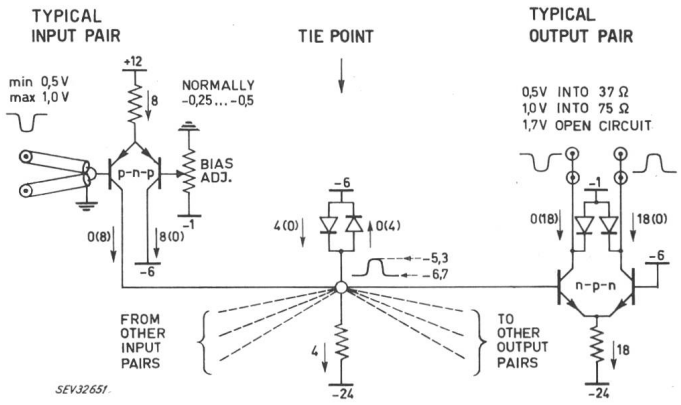

Fig. 2

Schaltungsstruktur eines typischen CLR/A-Gerätes

Gleiche Eingangspaare bzw. Ausgangspaare sind in sämtlichen Geräten eingebaut. Die verschiedenen Gerätetypen unterscheiden sich nur durch die Art der Kopplung zwischen Eingangs- und Ausgangspaaren (obiges Beispiel: vereinfachte Fächerschaltung)

[1]) Die Fabrikation der beiden angegebenen Transistortypen wurde vom bisherigen Hersteller Ende 1963 aufgegeben. Ab Mitte 1964 stehen entsprechende Lieferungen einer anderen Marke in Aussicht. Inzwischen bieten die Typen 2N1141 bzw. 2N2475 einen (allerdings kostspieligen) annähernden Ersatz.

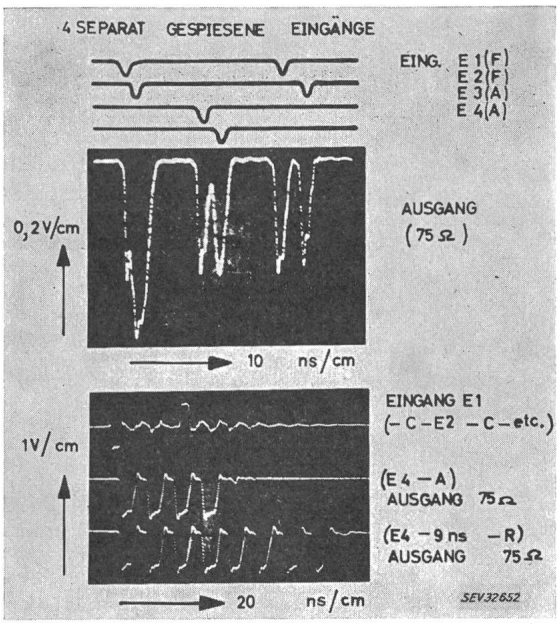

Fig. 3

Fächerschaltung mit 4 Standardeingängen

oben: Kurze Standardimpulse (je 0,7 V, 2 ns HWB) werden den 4 Eingängen einzeln zugeführt. Zeitliche Abstände: 4 ns (Impulse Nr. *1, 2*); 6 ns (Nr. *3, 4*); 9 ns (Nr. *5, 6*)

unten: 1 langer Impuls (1 V, 10 ns HWB) wird dem 1. Eingang, darauf in Kaskade dem *2., 3., 4.* Eingang zugeführt. Falls der 4. Eingang nicht absorbierend abgeschlossen wird, wandert der Impuls wieder über die vier Eingänge zur Quelle zurück, wobei der Fächerausgang 8 überlagerte Impulse zeigt

HWB (1 V Spitze) ohne weiteres bis zu 8 Eingänge in Kaskade antreiben, wie aus Fig. 3b ersichtlich, wobei die ersten 4 Impulse beim erstmaligen Durchlaufen der 4 Fächereingänge mit dazwischenliegenden 18-ns-Kabelstücken entstanden. Im Falle eines A-Abschlusses nach dem 4. Eingang ist das Ausgangssignal damit beendet, während ein R-Abschluss eine zweite, leicht abgeschwächte Serie von 4 Impulsen hinzufügt. In dem ebenfalls wiedergegebenen Oszillogramm des Eingangssignales ist übrigens ein Impuls «falscher Polarität» ersichtlich, welcher in dem Gerät vollkommen unterdrückt wird.

Als zweites Gerät dieser Serie haben wir einen Koinzidenz-Antikoinzidenzmischer aufgebaut, mit 3 Ja-Eingängen und einem Nein-Eingang. Das Auflösungsvermögen ist unmittelbar durch die Breite der Eingangsimpulse gegeben (minimal 2 ns bei 0,7 V Amplitude).

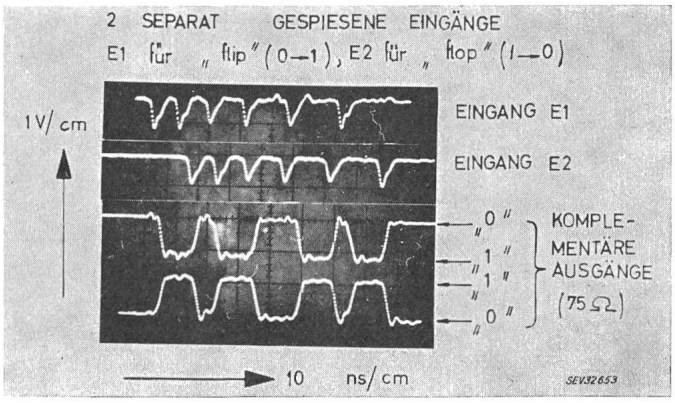

Fig. 4

Flip-Flop

Den beiden Eingängen werden Gruppen von Impulsen mit verschiedenen zeitlichen Abständen zugeführt (Nr. *5* an E1 fällt mit Nr. 4 an E2 zeitlich zusammen). Im Zustand «0» (bzw. «1») spricht die Schaltung nur auf E1- (bzw. nur auf E2-)Signale an

Ein besonders vielseitig verwendbares Gerät ist der Flipflop mit getrenntem «Flip» Eingang und «Flop» Eingang sowie Rückstellmöglichkeit mittels Drucktaste. Legen wir 2 Reihen von zeitlich nicht zusammenfallenden Testimpulsen an diese beiden Eingänge, so demonstrieren die Oszillogramme der Fig. 4, dass z. B. der «Flip»-Übergang (Zustand «0» → «1») jeweils durch den erstbesten «Flip»-Eingangsimpuls ausgelöst wird, bei dessen Eintreffen die Schaltung wenigstens 5 ns lang sich im Zustand «0» befunden hatte. Treffen ein «Flip»- und ein «Flop»-Impuls simultan ein (z. B. der 5. bzw. 4. Impuls der beiden Eingangssignale), so findet der nach dem jeweiligen Zustand einzig mögliche Übergang statt, wie es für den Betrieb als Untersetzer erforderlich ist (wobei das effektive Auflösungsvermögen etwa 6 ns beträgt). Die Ausgangssignale beider Vorzeichen sind entweder annähernd rechteckförmig oder haben bei D-Abschluss die Form der genormten 2 ns (HWB), 0,7-V-Impulse, die sich gut für Testzwecke eignen.

Verbinden des «Flop»-Einganges mit dem einen Ausgang durch kurzes externes 75-Ω-Kabel an Stelle der Steuerung durch unabhängige externe Impulse ergibt einen Univibrator mit ca. 7 ns Rechtecksdauer und 5 ns Totzeit. Bei Verwendung längerer Verbindungskabel lässt sich die Rechtecksdauer fast beliebig verlängern, ohne dass die Totzeit merklich zunimmt (Wiederansprechen z. B. 6 ns nach Ende eines 50-ns-Rechteckausgangssignals).

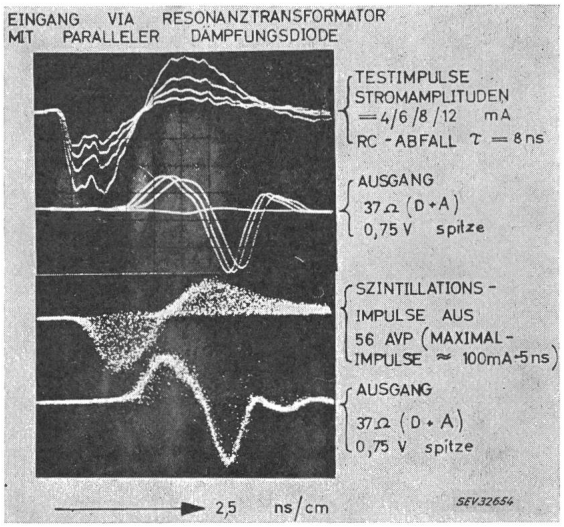

Fig. 5

Nulldurchgangstrigger

Testimpulse im oberen Oszillogramm (1 ns Anstieg, 8 ns Abklingen) werden durch den Resonanztransformator in ähnlicher Weise wie die Photoröhrenimpulse (*3.* Oszillogramm) verformt. Auf den kleinsten der 4 Testimpulse spricht die Schaltung gerade nicht mehr an. Im Falle der Photoröhrenimpulse ist der Vertikal-Maßstab um einen Faktor 10 komprimiert, und die Oszillographenauslösung erfolgte durch die Ausgangsimpulse unserer Schaltung

Bei Anlegen eines negativen Dauersignals an den «Flip»-Eingang erhält man in analoger Weise einen Start-Stop-Oszillator mit einer maximalen Frequenz von etwa 80 MHz, die sich durch Wahl einer passenden Länge des Verbindungskabels leicht erniedrigen lässt (z. B. auf 30 MHz mittels 26-ns-Kabel).

Zum Schluss sei noch kurz erwähnt, dass wir in dieser Geräteserie auch einen Zeit-Spannungs-Umformer, ferner einen linearen Verstärker mit 2 elektronisch wählbaren Ein-

gangskanälen, sowie einen Nulldurchgangs-Trigger für die Normalisierung von Photoröhren-Impulsen konstruiert haben. Fig. 5 zeigt die sowohl für die Testimpulse (oberer Teil) als auch für Szintillationsimpulse (unterer Teil) von stark variabler Amplitude erreichbare gute zeitliche Definition des Trigger-Ausgangsimpulses in Bezug auf den Nulldurchgang des in eine gedämpfte Vollschwingung umgeformten Eingangsimpulses. Wie bekannt, stellt dieser Nulldurchgang eine amplitudenunabhängige Zeitmarke dar, welche es ermöglicht, den wahren Zeitpunkt eines kernphysikalischen Ereignisses auf Bruchteile einer ns genau zu messen.

Adresse des Autors:
Prof. *D. Maeder*, Institut de Physique Nucléaire Expérimentale de l'Université de Genève, Genève.

Aspects économiques de l'éclairage des Autoroutes [1])

Par *J.-C. Baillif*, Paris

628.971.625.711.3

Cette étude consiste à comparer les frais de premier investissement, d'entretien et d'exploitation de l'installation complète assurant l'éclairage d'un kilomètre d'autoroute aux gains divers (diminution du nombre des accidents, en particulier) réalisés par la collectivité Etat — usagers pour un trafic donné. Une telle installation coûte 200 000 fFr. par kilomètre, et représente une charge annuelle pour l'Etat de 46 000 fFr. (compte — tenu de l'amortissement du capital investi, du remplacement des installations usagées, de l'entretien, et des frais d'exploitation). En chiffrant à 28 000 fFr. le coût moyen d'un accident corporel, à un pour un million de véhicules x kilomètres le taux d'accidents, et à 30 % la diminution du nombre d'accidents nocturnes, on trouve que l'éclairage des autoroutes devient rentable à partir d'un trafic nocturne moyen de 1250 véhicules/heure. En prenant en compte des facteurs plus difficilement pondérables (les accidents purement matériels, évalués à deux pour un accident corporel; le trafic nocturne réduit, évalué à 20 % du trafic nocturne sans éclairage; le taux d'accidents calculé sur la période nocturne, plus élevé de 25 % que le taux calculé sur 24 h), le seuil de rentabilité est ramené à 700 véhicules/heure la nuit, soit 26 000 véhicules/jour. Enfin, compte tenu de l'évolution du trafic avec le temps, la rentabilité de l'opération calculée sur vingt ans est assurée par un trafic de 15 000 véhicules/jour l'année de la mise en service de l'installation. En conclusion, malgré une forte incertitude sur ces calculs et le résultat final, et parce qu'en fait le bénéfice consiste à épargner des vies humaines, l'éclairage des autoroutes s'avère pratiquement toujours rentable.

Diese Studie bezweckt, die Kosten pro Kilometer für Bau, Unterhalt und Betrieb der Beleuchtungseinrichtung einer Autobahn mit den vom Staat und den Benützern bei einer gegebenen Verkehrsdichte erzielten verschiedenen Gewinnen zu vergleichen (besonders dank der Verhütung zahlreicher Unfälle).

Eine solche Einrichtung kostet 200 000 FF. je Kilometer und stellt für den Staat eine jährliche Belastung von 46 000 FF. dar (unter Berücksichtigung der Amortisation des investierten Kapitals, des Ersatzes abgenützter Einrichtungen, des Unterhaltes und der Betriebskosten).

Ausgehend von 28 000 FF. als mittlere Kosten für einen Verkehrsunfall mit Körperverletzung, einer Häufigkeit von einem Unfall pro Million Fahrzeuge x Kilometer und einer Verminderung der nächtlichen Unfälle um 30 %, als Folge der Beleuchtung, so kommt man zum Schluss, dass die Beleuchtung der Autobahnen bei einem mittleren Nachtverkehr von 1250 Fahrzeugen pro Stunde rentabel wird.

Falls man noch schwieriger abzuschätzende Faktoren in Betracht zieht (Unfälle mit blossem Materialschaden, deren Häufigkeit doppelt so gross ist wie die Häufigkeit von Unfällen mit Körperverletzung; ein mit 20 % geschätzter höherer Nachtverkehr als Folge der Beleuchtung; die grössere nächtliche Unfallhäufigkeit, die um 25 % höher liegt als die auf 24 Stunden berechnete Ziffer), so wird die Rentabilitätsgrenze auf 700 Fahrzeuge pro Stunde herabgesetzt, d. h. auf 26 000 Fahrzeuge pro Tag.

Zieht man die vorauszusehende Entwicklung des Verkehrs in Betracht, so ist die Rentabilität einer Beleuchtung, berechnet auf eine Zeitspanne von zwanzig Jahren, bereits bei einem mittleren Verkehr von 15 000 Fahrzeugen pro Tag im Moment der Inbetriebnahme der Installation gesichert.

Die Beleuchtung der Autobahnen erweist sich somit trotz der grossen Unsicherheit der Berechnungen und des Schlussresultates praktisch immer als lohnend, umsomehr, als sie mithilft, Menschenleben zu bewahren.

Préambule

La valeur d'une étude concernant les aspects économiques de l'éclairage des autoroutes dépend évidemment de la justesse des hypothèses émises, concernant principalement:

a) l'évaluation, pour une circulation donnée, des accidents sur l'autoroute;

b) la diminution du nombre de ces accidents sur autoroute éclairée;

c) l'économie réalisée par la collectivité Etat-usagers du fait de la diminution des accidents;

On pourrait également prendre en compte:

d) le gain de temps, l'économie de carburant, l'augmentation de la sécurité, réalisés par les usagers circulant de jour, du fait du meilleur étalement de la circulation sur vingt-quatre heures (diminution de la circulation de jour, augmentation de la circulation de nuit);

e) ces mêmes gains réalisés par les usagers, qui, autrefois circulaient de jour, et maintenant, circulent de nuit.

Toutefois, ces deux dernières séries d'avantages étant pratiquement inaccessibles à l'analyse, elles ne figurent ici que pour mémoire.

Quant aux trois premières hypothèses, une forte incertitude est à redouter, encore aggravée du fait que certaines statistiques relevées sur une autoroute en une région déterminée peuvent très bien n'être valables que localement.

Cependant, afin d'apporter une plus large audience, et un plus grand domaine d'application aux conclusions de cette étude, je me suis efforcé de tenir le plus grand compte de l'expérience européenne, qui, le plus souvent, d'ailleurs, rejoignait l'expérience française analogue.

Rentabilité de l'éclairage des autoroutes

Cette étude consistera à comparer les frais de premier investissement et d'entretien (qui eux, seront évalués avec précision) aux gains divers énumérés précédemment, et réalisés, pour un trafic donné, par la collectivité Etat-usagers. Ces gains croissant avec la circulation sur l'autoroute, nous pourrons définir un trafic minimal à partir duquel l'éclairage devient rentable. Ce résultat, obtenu à partir de données économiques parfois hypothétiques, ne devra être retenu qu'en tant qu'ordre de grandeur.

Dispositif d'éclairage adopté

L'autoroute à deux fois trois voies de 3,50 m est éclairée par des lanternes équipées de ballons fluorescents à vapeur

[1]) Conférence donnée à l'assemblée de discussion de la Commission Suisse de l'Eclairage, le 15 novembre 1963 à Zurich.