

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 99 (2008)
Heft: 1

Artikel: Miniaturisiertes Vorschaltgerät für Sparlampen
Autor: Walther, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-855809>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.04.2025

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

Miniaturisiertes Vorschaltgerät für Sparlampen

Vorschaltgerät für Kompaktfluoreszenzröhren in SMD-Technologie

Kompaktfluoreszenzröhren als Sparlampen werden im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung in den nächsten Jahren gefragt sein. So will Australien Glühlampen generell verbieten und durch Sparlampen ersetzen. Dieselbe Idee wird in Deutschland diskutiert. Dabei wäre es ein Segen, wenn Sparlampen in Europa zu einem attraktiven Preis hergestellt werden könnten, denn heute werden diese noch zu einem grossen Teil in Handarbeit in China fabriziert. Die Elektronik des Vorschaltgeräts könnte indessen in SMD-Technologie automatisch gefertigt werden, in Form einer etwas vereinfachten Schaltung. Die kleinere Elektronik – der wesentliche Teil davon findet im E27-Sockel Platz – erlaubt zudem neue Lampendesigns.

Fluoreszenzröhren sind die zurzeit am weitesten verbreitete Lichtquelle mit einem hohen Wirkungsgrad. Anders als bei den Glühlampen, zu denen auch die Halogen-

Peter Walther

lampen gehören, erzeugt bei den Fluoreszenzröhren nicht ein glühender Lampenwendel das Licht, sondern eine ionisierte Gassäule bei niederem Druck. Ein elektrischer Strom erhält dabei die Ionisierung des Gases aufrecht. Der Strom wird durch zwei Elektroden an den Enden der Röhre zugeführt. Das in der Gassäule enthaltene Quecksilber emittiert UV-Licht, das durch eine am Innenrand des Glaskörpers aufgebraute, fluoreszierende Schicht in sichtbares Licht umgewandelt wird.

Da das ionisierte Gas, also die brennende Leuchtstoffröhre, einen negativen Widerstand aufweist, muss ein Vorschaltgerät zwischen Speisung und Röhre den Strom begrenzen. Wird die Röhre bei höheren Frequenzen als den üblichen 50 bzw. 60 Hz betrieben, steigt der Wirkungsgrad erheblich an.

In der ersten Energiekrise in den 70er-Jahren wurden unter anderem kompakte Ausführungen der Fluoreszenzröhren (engl. CFL, Compact Fluorescent Lamps) entwickelt, die die Glühlampe ersetzen sollten. Erste Modelle waren klassisch aufgebaut und enthielten Standardkomponenten für

den 50-Hz-Betrieb. Diese waren schwer, teuer und wenig beliebt. Zudem war die Lebensdauer nicht überzeugend, wenn auch von der Industrie gepriesen. Bild 1 zeigt eine solche Leuchte von Philips.

Elektronik muss kleiner werden

Bald ersetzen die Hersteller das Vorschaltgerät durch elektronische Ausführungen und betreiben die Röhre mit höherer Frequenz. Das hatte zwei Vorteile: Der Wirkungsgrad wurde wesentlich besser und das Vorschaltgerät kleiner und leichter. Allerdings hatte dies seinen Preis, da in jener Zeit die Hochspannungstristoren selten und dementsprechend teuer waren.

In der Zwischenzeit hat sich das Bewusstsein bezüglich Energiesparlampen gewandelt: Sie sind weitgehend akzeptiert.

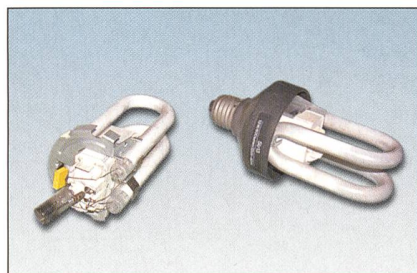


Bild 1 Klassische CFL mit Standardkomponenten.

Auch sind die Komponentenpreise stark gefallen. Da aber die Elektronik kompakt sein muss, damit sie in den Lampenkörper passt, sind viele der Bauteile stehend auf der Leiterplatte platziert, was in der Regel nur mit einer Produktion von Hand möglich ist.

Heute wird in praktisch allen CFL ein selbstschwingender Oszillator als Rechteckspannungsgenerator verwendet, bei dem ein Ringkerntransformator für die Rückkopplung und Steuerung der Schalttransistoren dient, der relativ viel Platz benötigt und kompliziert einzubauen ist. Daher werden die meisten CFL, wie viele andere Produkte, die Handarbeit benötigen, in China gefertigt. Bild 2 zeigt die grossen Abmessungen eines modernen elektronischen Vorschaltgeräts.

Ziel der nächsten Generation von Kompaktleuchtstoffröhren ist demnach, die Elektronik nochmals zu verkleinern und sie so zu gestalten, dass sie automatisch bestückt werden kann – ohne Handarbeit. Denn die laufende Diskussion um CO₂ und Klimaerwärmung führt höchstwahrscheinlich zu einer grösseren Nachfrage der Sparlampen. Wenn diese automatisch bestückt werden können, ist eine Fabrikation in Europa wieder interessant. Kleinere Abmessungen erlauben zudem ein schlankeres Design solcher Lichtquellen, was sie attraktiver gestaltet.

Das leuchtende Glasrohr

Die Warmkathoden-Fluoreszenzröhre besteht aus einem Glasrohr, an dessen Enden jeweils ein Glühwendel als Elektrode angebracht ist (Bild 3). Das Rohr ist vaku-

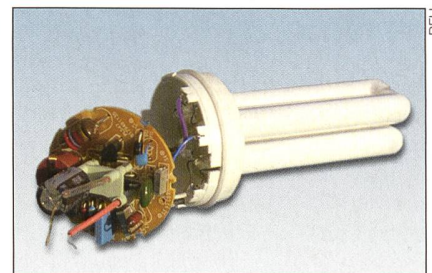


Bild 2 Elektronisches Vorschaltgerät für eine 11-W-CFL von Osram.

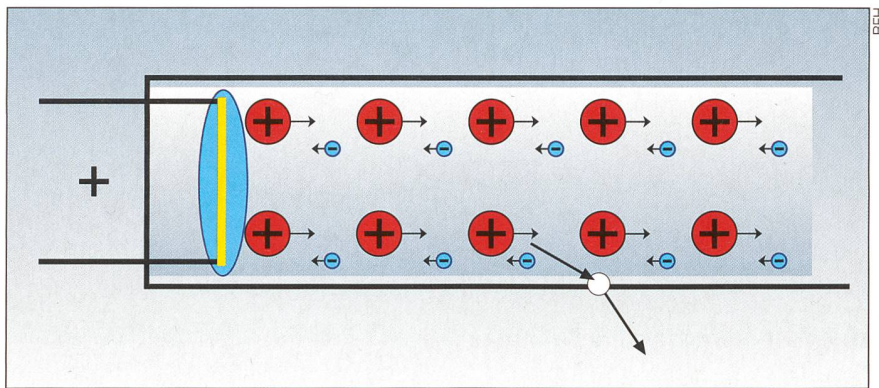


Bild 3 Aufbau einer Fluoreszenzröhre mit Gas im ionisierten Zustand.

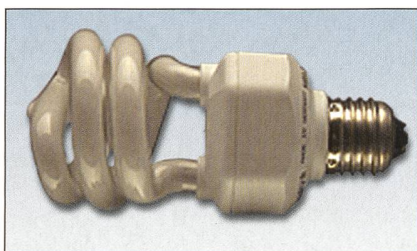


Bild 4 Beispiel einer gewendelten Röhre.

bares Licht: ultraviolette Strahlung. Deshalb ist die Innenseite des Glasrohrs mit einem fluoreszierenden weissen Pulver beschichtet, das ultraviolettes Licht in sichtbares umwandelt (Bild 3). Daher der Name Fluoreszenzröhre. Diese Lichtquellen haben einen hohen Wirkungsgrad mit gutem Lichtspektrum und sind deshalb weit verbreitet, besonders an jenen Orten, wo helles Licht gefordert ist, zum Beispiel bei Arbeitsplätzen aller Art.

Beim 50-Hz-Betrieb gelangen die Ionen und Elektronen an die entsprechenden Elektroden und führen so zu einem Strom, der nicht in Licht umgewandelt wird. Verwendet man stattdessen hochfrequente Felder, so ist diese Ionenbewegung vernachlässigbar und die Lichtausbeute wird grösser. Das bedeutet einen höheren Wirkungsgrad. Dieses Verhalten stellt sich schon bei Frequenzen um 10 kHz ein und wird bei noch höheren Frequenzen ausgeprägter.

Kompaktfluoreszenzröhren (CFL) funktionieren auf dieselbe Weise. Der Rohrdurchmesser ist in der Regel kleiner und die Röhre kürzer, oft sogar gewendelt (Bild 4). Deutlich ist im Bild das Gehäuse zu erkennen, in dem sich die Elektronik für das Vorschaltgerät befindet. Im Vergleich zur Röhre ist es relativ gross.

Elektronik erzeugt Wechselspannung

Das Vorschaltgerät erzeugt eine Wechselspannung hoher Frequenz und genügend hoher Spannung, um das Gas zu ionisieren. Damit die Schaltung klein wird,

umdicht verschlossen und mit einem Edelgas bei niedrigem Druck gefüllt: mit Krypton bei Röhren mit 26 mm Durchmesser und Argon bei solchen mit 38 mm Durchmesser. Zudem ist bei beiden Varianten etwas Quecksilber zugefügt. Die Glühwendel bestehen aus Wolframdraht mit einer speziellen Schicht, die bei der entsprechenden Temperatur die Elektronen besser emittiert. Eine elektrische Spannung zwischen den beiden erhitzten Glühwendeln ionisiert die Gassäule im Glasrohr. Den Gasatomen wird dabei jeweils ein Elektron entrissen, sodass eine grosse Zahl von einzelnen Elektronen (blaue Kugeln in Bild 3) und positiv geladene Atomrümpfe (rote Kugeln) im Glasrohr schweben. In diesem Zustand leitet das Gas, das unter normalen Bedingungen ein Isolator ist, einen elektrischen Strom. Die negativ geladenen Elektronen bewegen sich in Richtung positiver Elektrode, die positiv geladenen Atomrümpfe in Richtung der negativen Elektrode. Diese Ionisation bleibt aufrechterhalten, solange ein elektrischer Strom fliesst. Würden die Elektronen und die Atomrümpfe immer schön getrennt bleiben, so würde sich, ausser dass ein elektrischer Strom fliesst, nichts in der Röhre ereignen. In Wirklichkeit ist diese Ionisation aber nicht ein statischer Zustand, sondern die Atome rekombinieren und ionisieren laufend. Dabei entzieht die Ionisation dem elektrischen Feld Energie, die von aussen zugeführt werden muss, während die Rekombination ein Lichtquant emittiert. In der Regel handelt es sich hier um unsicht-

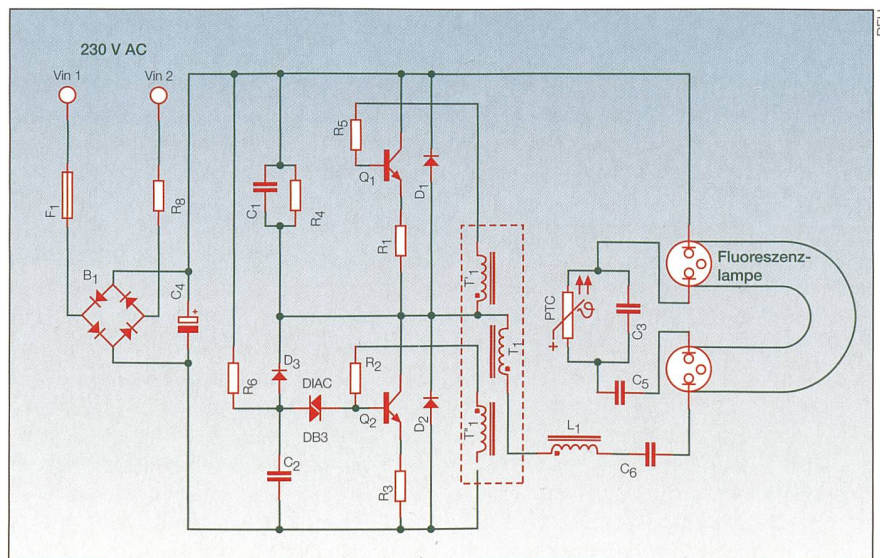


Bild 5 Vorschaltgerät für CFL von Osram für 11-W-Lampen.

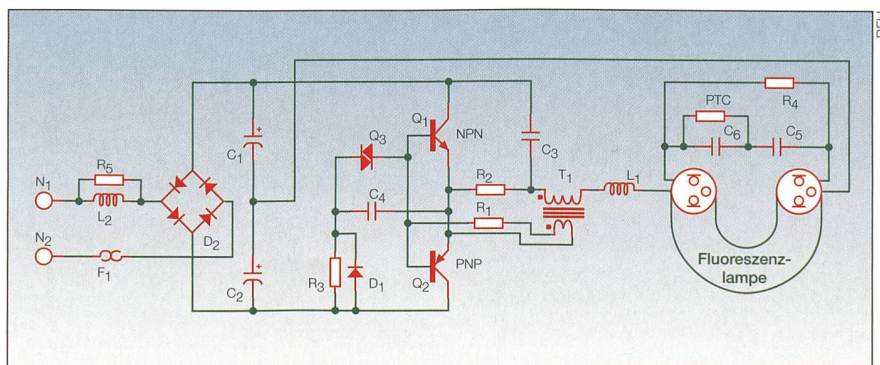


Bild 6 Miniaturvorschaltgerät für Kompaktfluoreszenzröhren (CFL).

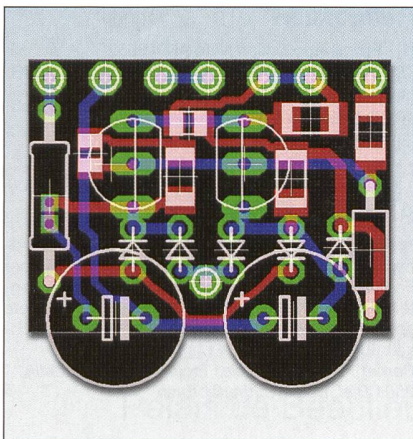


Bild 7 Das Layout der zum Patent angemeldeten Schaltung mit SMD-Bauteilen misst 17x22 mm.

verwendet man in der Regel direkt die gleichgerichtete Spannung des Wechselstromnetzes von 230 V_{eff} ohne Transformator. Diese Spannung beträgt nach dem Gleichrichter über 300 V.

Eine Transistorschaltung, bestehend aus zwei identischen Transistoren, die abwechselungsweise ein- und ausgeschaltet werden, erzeugt eine Rechteckspannung mit einer Frequenz von ca. 30 kHz und einer Amplitude von 300 V. Das bedeutet, dass diese Transistoren für 300 V ausgelegt sein müssen. Die beiden Transistoren Q₁ und Q₂ in Bild 5 werden von einer geglätteten Gleichspannung vom Kondensator C₄ gespeist und über einen Ringkerntransformator T₁ über zwei Sekundärwicklungen angesteuert. Die beiden Sekundärwicklungen T'₁ und T''₁ schalten dabei die Transistoren abwechselnd ein und aus. Es handelt sich um einen selbstschwingenden Leistungsozillator, der eine Rechteckspannung erzeugt. Dabei ist es wichtig, dass während des Umschaltvorgangs nie beide Transistoren gleichzeitig leiten, da sonst Verluste auftreten, die die Transistoren unnötig erhitzen

oder sogar zerstören. Die Frequenz der Schaltung wird im Wesentlichen durch die Sättigungseigenschaften des Transformators T₁ und die Storage Time t_s der Transistoren, die unter diesen Betriebsbedingungen Werte bis zu 5 μs annehmen können, bestimmt.

C₆ dient der Gleichstromkopplung. Der Kaltleiter (PTC) hat die Aufgabe, die Vorheizung der Lampenwendel zu steuern, indem er die Kapazität C₃ während der Vorheizzeit kurzschließt und damit dafür sorgt, dass der Strom durch die beiden Heizwendel und C₅ fließt und die Röhre während etwa einer Sekunde vorheizt. Während dieser Zeit wird der PTC heiß und dadurch hochohmig. Nun kommen die Spule L₁ und die in Reihe geschalteten Kondensatoren C₃ und C₅ in Resonanz, mit dem Ergebnis, dass sich eine Resonanzspannung über den Kondensatoren und damit über der Röhre einstellt, die hoch genug ist, um die Röhre zu zünden. Sobald die Lampe brennt, reduziert sich die Spannung über der Lampe auf unter 100 V, und die Kapazität von C₃ und C₅ wird vernachlässigbar. Der Lampenstrom wird nun im Wesentlichen durch die Spule L₁, die Lampeneigenschaften und natürlich durch die Frequenz des Oszillators bestimmt.

Die Widerstände R₁, R₂, R₃ und R₅ dienen der Strombegrenzung der Basis- bzw. Emitterströme. Der Widerstand R₆, der Kondensator C₂ und der Diac dienen dem Zünden der Oszillatorschaltung beim Einschalten der Lampe, da der Oszillator nicht selbst anspringt. Die Diode D₃ verhindert ein weiteres Zünden, wenn die Schaltung läuft. Der Kondensator C₁ hat die Funktion eines Snubbernets, das den Spannungsabfall der Transistoren verzögert und so deren Schaltverluste verringert. Die beiden Dioden D₁ und D₂ dienen dem Schutz vor Falschpolung der Transistoren und wirken Störungen entgegen. Diese Schaltung trifft man bei allen CFL an, wenn auch mit

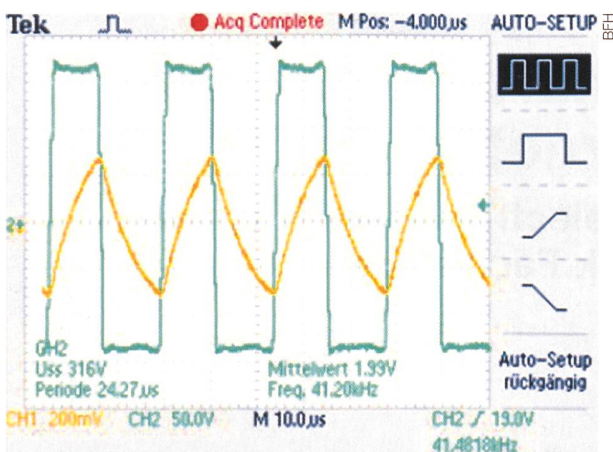


Bild 8 Signale der Schaltung.

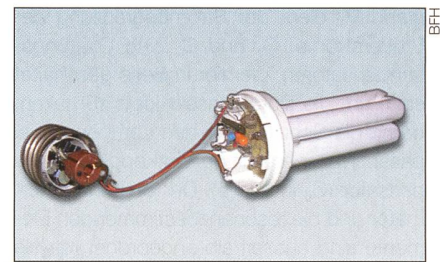


Bild 9 Prototyp des neuen 11-W-Vorschaltgeräts.

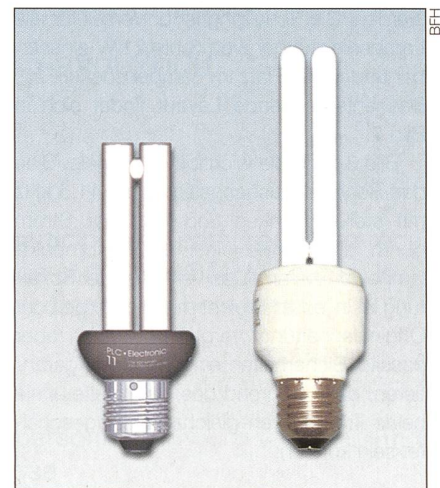


Bild 10 Vergleich der Designs eines miniaturisierten und eines konventionellen Vorschaltgeräts.

Links: Schlankes Design dank integriertem Vorschaltgerät im Sockel, rechts: Original-11-W-Lampe von Osram.

kleinen Variationen [1 bis 5]. Philips ging früher eigene Wege, verwendet nun aber bei den neusten Softtone- und anderen neuen CFL ebenfalls dieses Schaltprinzip und fertigt nun ebenso in China.

Das neue Schaltkonzept

Es ist möglich, mit Komplementärtransistoren eine Push-Pull-Oszillatorschaltung aufzubauen, die mit einer einzigen gemeinsamen Rückkopplungswicklung des Steuertransformators funktioniert und so den Schaltungsaufwand merklich reduziert. Weiter garantiert diese Schaltung, dass nie beide Transistoren gleichzeitig eingeschaltet sind. Damit werden automatisch Schaltverluste verringert, und es können leistungsschwächere Transistoren eingesetzt werden, mit entsprechendem Preisvorteil. Der Wirkungsgrad wird dadurch ebenfalls verbessert. Dabei funktioniert die zum Patent angemeldete Schaltung in Bild 6 im Wesentlichen gleich wie jene in Bild 5.

Die Transistoren Q₁ und Q₂ sind die Leistungsschalter, die abwechselnd von einer gemeinsamen Wicklung eines Stromtransformators angesteuert werden. Der Wider-

stand R_1 dient der Strombegrenzung der Steuerströme. C_1 und C_2 sind Glättungskondensatoren, die hier in Serie geschaltet sind, um die Durchmesser klein zu halten, damit die Schaltung in den Lampensockel passt. Weiter entfällt der Entkopplungskondensator (C_6 in Bild 5). Der Steuertransformator und die resonanzbestimmenden Elemente sind ausserhalb angeordnet, da sie lampenspezifisch sind. Werden SMD-Bauteile verwendet, kann die Schaltung kompakt gestaltet und automatisch gefertigt werden. Die Schaltung ist universell für alle Lampenleistungen von 3 bis 21 W einsetzbar und findet Platz im Lampensockel E27. Das entsprechende Layout findet sich in Bild 7.

Bild 8 zeigt die wichtigsten Signale. Blau das Rechteckausgangssignal bei 41,5 kHz mit steilen Flanken und gelb der Strom durch die Lampe einer 11-W-Kompaktlampe von Osram. Das Verhalten der Schaltung ist in jeder Hinsicht mit demjenigen der Originalschaltung vergleichbar, hat aber passive Sicherheiten eingebaut, die garantieren, dass während des Umschaltens nie beide Transistoren gleichzeitig eingeschaltet sein können.

Prototypen leuchten zuverlässig

Ein voll funktionsfähiger Prototyp ist in Bild 9 zu sehen. Die lampenspezifischen

Elemente sind ausgelagert, und nur der universelle Teil ist im Sockel enthalten. Damit ist es möglich, das Vorschaltgerät im Sockel integriert als Einheit zu vermarkten. Mit einer Schnappvorrichtung könnte dieser mit einer Lampe gewünschter Leistung kombiniert werden. In den Bildern ist der Original-Steuertransformator, der noch die drei Originalwicklungen aufweist, wobei eine der beiden Sekundärwicklungen nicht verwendet wird. Dieser gehört zum lampenspezifischen Teil wie auch die resonanzbestimmenden Elemente und der PTC, die sich direkt bei der Lampe befinden.

Referenzen

- [1] Philips Application Note AN99065.
- [2] ON Semiconductor Application Note AN1543/D.
- [3] Patent DE 3711814A1.
- [4] Patent 0563770A.
- [5] Patent US 4075476A1.

Angaben zum Autor

Prof. Dr. **Peter Walther** ist Professor für Elektronik, Mechatronik und Nanotechnik an der Berner Fachhochschule in Biel. Er studierte experimentelle Physik an der Universität Basel und arbeitete später im Bereich Elektromagnetische Verträglichkeit (EMC/NEMP).
 Berner Fachhochschule, Technik und Informatik,
 2501 Biel, peter.walther@bfh.ch

Résumé

Un ballast miniaturisé pour lampes à économie d'énergie

Un ballast en technologie CMS pour tubes à fluorescence compacts. Les tubes à fluorescence compacts seront très demandés ces prochaines années comme lampes à économie d'énergie dans le contexte du réchauffement climatique. C'est ainsi par exemple que l'Australie veut interdire d'une manière générale les lampes à incandescence et les remplacer par des lampes à économie d'énergie. Cette même idée est en cours de discussion en Allemagne. Il serait beau que ces lampes puissent être fabriquées en Europe à un prix intéressant, car actuellement, elles sont en grande partie fabriquées à la main en Chine. L'électronique du ballast pourrait être fabriquée automatiquement en technologie CMS avec un circuit un peu simplifié. Cette partie électronique de dimensions réduites – qui pourrait essentiellement être logé dans l'embase E27 – permettrait en outre de nouveaux designs de lampe.

Ethernet bis an die Maschine
 Ein Kommunikationsnetz für das gesamte Unternehmen

Ethernet erschien für den industriellen Einsatz lange Zeit ungeeignet. Inzwischen hat sich diese Technologie im Automatisierungsbereich etabliert. Industrial Ethernet hat allerdings nur noch wenig mit der über 25 Jahre alten Ursprungstechnologie zu tun. Die Priorisierung von Daten, kombiniert mit den Ethernet-Standards für Switching, Full-Duplex-Übertragung und die Möglichkeit der Skalierung der Bandbreite von 10 Mbit/s auf 100 Mbit/s oder 1000 Mbit/s sind Meilensteine in der industriellen Kommunikation. Neue Technologien wie echtzeitfähiges Ethernet erhöhen die Stabilität der Automatisierungnetzwerke zusätzlich.

hier lesen und sich heute Anforderungen an die Netzwerke bezüglich Temperaturbereich, Schwing- und Vibrationsbelastungen, werden helfen darüber hinaus eine maximale 24-Stunden-Verfügbarkeit sowie auch die Möglichkeit, sich mit der richtigen Hardware zu verbinden. Bei mehrfachen Ausfällen sind die Kosten für den Betrieb sehr hoch.

Industrielle Ethernet-Netzwerke

und Ethernet-Netzwerke über eine eigene Netzwerkinfrastruktur. Ein Netz, das sich aus einer Vielzahl von Ethernet-Netzwerken zusammensetzt, ist die Lösung für eine optimale Netzleistung und

Industrielle Ethernet-Netzwerke

Durch den zunehmenden Einsatz von Ethernet in der industriellen Automatisierung, gewinnt die Ethernet-Technologie an Bedeutung. Die Ethernet-Technologie wird in der Industrie eingesetzt, um die Kommunikation zwischen den Maschinen zu erleichtern und die Produktion zu optimieren.



Fachartikel auf dem Internet

www.electrosuisse.ch/bulletin
 (Rubrik Fachartikel)

BULLETIN

Journées d'information pour électriciens d'exploitation

Forum Fribourg, **Granges-Paccot**
Palais de Beaulieu, **Lausanne**

Mercredi, 5 mars 2008

Mardi, 15 avril 2008

Président de la journée

Marius Vez,
Responsable Electrosuisse Romandie

Places de parc

Parking souterrain du Forum
Parking souterrain du Palais de Beaulieu

Groupes cibles

Ces journées s'adressent avant tout aux électriciens d'exploitation ainsi qu'à leurs supérieurs directs, aux installateurs-électriciens, aux conseillers en sécurité et aux enseignants concernés.

Buts des journées

Information aux électriciens d'exploitation sur les nouveautés en matière d'installations électriques à basse tension. L'accent principal sera mis sur les exemples pratiques et les discussions.

Les participants sont invités à adresser leurs questions par écrit au président des journées avant le 20 février 2008.

Recueil des exposés et CD ROM

Un recueil des exposés en français et 1 CD ROM seront remis aux participants.

Frais

Carte de participation (comprenant le recueil des exposés et 1 CD-ROM, les cafés, le déjeuner y compris les boissons et le café)

Membres personnels
Electrosuisse Fr. 300.–

Membres institutionnels
Electrosuisse Fr. 300.–

Clients avec contrat Electrosuisse Fr. 300.–

Non-membres Electrosuisse Fr. 400.–

Inscriptions

Nous prions les intéressés de bien vouloir envoyer leur bulletin d'inscription à Electrosuisse, Organisation des journées, Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf. Les participants recevront leur carte de participation accompagnée de la facture ainsi que le bon pour le déjeuner, le recueil des exposés et 1 CD ROM après enregistrement de leur inscription.

Pour de plus amples renseignements, veuillez vous adresser à Electrosuisse Romandie, Chemin de Mornex 3, 1003 Lausanne, tél. 021 312 66 96.

Programme

8.30 **Accueil café**

9.00 **Salutations
du président de la journée**

*Marius Vez
Responsable Electrosuisse Romandie
Lausanne*

Electrobiologie

- Les champs électriques et les champs magnétiques
 - l'influence de la distance
 - l'influence des mises à la terre
 - l'influence des équipotentielles
- Les réactions du corps humain
- Les principes de mesure

*Charles Pachoud
Electrosuisse Romandie
Lausanne*

Les sources lumineuses modernes

- Qu'est-ce qu'une lumière de qualité?
- Efficacité lumineuse
- Classification énergétique
- Contribution à la sauvegarde de l'énergie en utilisant des lampes halogènes et fluocompactes

*Gilles Debled
Osram AG
Winterthur*

10.30 **Pause café**

11.00 **Sécurité d'approvisionnement par
régulation de charge de pointe**

- Souci n° 1: consommation d'énergie constamment croissante
- La crainte d'un black-out
- Coûts d'investissement contre capacités du réseau
- Protéger l'environnement avec la télécommande centralisée
- Prendre influence sur les consommateurs
- Avancer à l'avenir avec la télécommande centralisée

*Daniel Heubach, Swistec Systems SA
Fehraltorf*

Discussion des thèmes de la matinée

12.00 **Repas de midi**

14.00 **Flash**

Analyse d'accident

- Quels sont les risques inhérents à certains travaux électriques?
- Statistiques d'accidents 2006
- Exemples d'accidents
- Comment aurait-on pu les éviter?
- Quelles règles n'ont pas été respectées?

*Charles Pachoud
Electrosuisse Romandie
Lausanne*

Discussion des thèmes de l'après-midi

16.00 **Fin de journée**