Teilweise automatisch übersetzt aus dem französischen Kurs.

# Lineares Netzteil

## Einleitung

Die Elektronik ist der Teil der Elektrotechnik, der versucht elektrischen Strom elektrisch zu steuern und nicht mechanisch. Elektronische Schaltungen enthalten klassisch:

* ohmscher Widerstand
* Spulen
* Kondensatoren
* Dioden
* Transistoren
* integrierte Schaltung (Englisch: IC, Französisch: puce)

Viele elektronische Schaltungen benötigen zum Betrieb eine Gleichspannung. Eine Schaltung, die die Wechselspannung aus dem 230V-Netz in eine Gleichspannung umwandeln kann, wird als *lineares Netzteil* bezeichnet und besteht in der Regel aus den folgenden Blöcken:

1. Transformator
2. Gleichrichter
3. Glättung
4. Spannungsstabilisierung

Blockschaltbild:



Ist z.B. ein Netzteil mit "5V/3A" gekennzeichnet, dann gibt das Netzteil eine feste Gleichspannung von 5V aus und kann einen Strom mit einem **maximalen Strom** von 3A liefern. Der tatsächlich gelieferte Strom hängt natürlich vom Wert des am Netzteilausgangs angeschlossenen Lastwiderstandes ab. Wird der Widerstandswert zu klein gewählt, überschreitet der Strom den Maximalwert und die Spannungsversorgung kann beschädigt werden.

Ist ein Netzteil mit "0-30V/2A" gekennzeichnet, kann die Ausgangsspannung mit einem Potentiometer fließend von 0V bis 30V verändert werden. Der maximale Strom beträgt 2A, unabhängig von der gewählten Spannung.

## Block 1: Der Transformator



Der Transformator erhöht oder verringert die Amplitude der Wechselspannung (siehe auch ELETE2 DP1ET). In der Regel ist die Eingangsspannung die Netzspannung mit einem Effektivwert von 230V.

Gegeben ist ein Transformator mit N1=100 und N2=50, der primärseitig an das Netz angeschlossen ist.

1. Bestimmen Sie den Effektivwert der Ausgangsspannung.
2. Berechnen Sie die Amplitude der Netzspannung und fügen Sie sie in das untenstehende Zeitdiagramm ein.

Signal-Zeit-Diagramm:



## Block 2: Gleichrichter



Der heute verwendete Gleichrichter ist in der Regel ein Doppelwechselgleichrichter (siehe auch ELETE2 X0ET).

Schaltung:



Signal-Zeit-Diagramm:



Markieren Sie in den folgenden Schaltungen den geschlossenen Strompfad während der positiven oder negativen Halbwelle der Eingangsspannung uA.

* positive Halbwelle der Eingangsspannung uA



Während der positiven Halbwelle sind es die Dioden \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ die sperren

und die Dioden \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ die den Strom durchlassen.

* negative Halbwelle der Eingangsspannung uA



Während der negativen Halbwelle sind es die Dioden \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ die sperren

und die Dioden \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ die den Strom durchlassen.

Bestimmen Sie die Differenz zwischen ûA und ûB eines Doppelgleichrichters. Fügen Sie diesen Wert in das Zeitdiagramm auf Seite 4 ein.

## Block 3: Glätten



Unter Glättung versteht man die Reduzierung der Restwelligkeit ∆u der gleichgerichteten Spannung.

**Definition der Restwelligkeit ∆u:**

∆u = uMAX - uMIN

∆u ist die Restwelligkeit in Volt (V)

**Schaltung:**

Die Glättung erfolgt einfach durch Parallelschaltung eines Kondensators zum Ausgang des Gleichrichters. Da der Kondensator parallel geschaltet ist, ändert sich nicht nur die Spannung uC, sondern auch die Spannung uB.



Signal-Zeit-Diagramm:



**Funktionsweise:**

Der Kondensator dient als Ladungsspeicher. Während der Zeit Δt1 lädt sich der Kondensator über den Gleichrichter schnell auf, was die Spannung am Kondensator erhöht. Während der Zeit Δt2 wird der Kondensator durch den Ladestrom entladen, wodurch die Spannung am Kondensator fällt.

Generell gilt für die Restwelligkeit Δu, dass:

Je größer die Kapazität CL des Glättungskondensators und je kleiner der Laststrom, desto kleiner wird die Restwelligkeit ∆u.

## Block 4: Spannungsstabilisierung



Die Restwelligkeit der geglätteten Spannung ist für manche Anwendungen noch zu groß. Beispielsweise akzeptieren TTL-Chip-Hersteller eine maximale Welligkeit von ± 0,25V um die 5V-Versorgungsspannung. Deshalb werden Stabilisierungsschaltungen eingesetzt, um eine perfekte Gleichspannung zu erzeugen. Diese Schaltungen leiten überschüssige Spannung in Form von Wärme ab und erzeugen somit Verluste.

Signal-Zeit-Diagramm:



### Spannungsstabilisierung mit einer Zenerdiode

|  |  |
| --- | --- |
| **Schaltzeichen einer Zenerdiode:** | **Aussehen einer Zenerdiode:** |

Schaltung



Grundlagen

Zenerdioden sind Dioden mit einer relativ niedrigen aber präzisen Durchbruchsspannung.

Beispiel der Kennlinie einer Zenerdiode ZPD3.0V



Durchbruchsspannung

Eine Zener-Diode unterscheidet sich von einer Standard-Diode durch ihr Sperrverhalten. Eine Zenerdiode wird nicht zerstört, wenn die Durchbruchsspannung überschritten wird solange man die maximale Verlustleistung der Diode nicht überschreitet.

Gegeben ist eine Zenerdiode des Typs ZPD 3.0V (500mW). Berechnen Sie die maximale Stromstärke in Sperrrichtung.

Funktionsweise

Der Vorwiderstand dient zur Begrenzung des durch die Zenerdiode fließenden Stroms. Die Stabilisierung erfolgt dadurch, dass die Spannung UD in Sperrrichtung in weiten Bereichen des Laststroms nahezu konstant ist.

### Spannungsstabilisierung mit eines Festspannungsreglers

|  |  |
| --- | --- |
| **Schaltzeichen eines Spannungsreglers:** | **Aussehen eines Spannungsreglers:** (Quelle: Autor) |

Obwohl der Spannungsregler wie ein Transistor aussieht, ist er in eine integrierte Schaltung, die die Spannung stabilisiert. Abhängig von der maximalen Verlustleistung des Reglers muss der Regler unter Umständen auf einen Kühlkörper montiert werden.

Um zu vermeiden, dass der Regler zu schwingen beginnt, müssen zwei Kondensatoren mit den unten angegebenen Kapazitäten hinzugefügt werden.



Zeichnen und beschriften Sie den kompletten Stromkreis eines linearen Netzteils inklusive Sicherung.

## Dimensionierung eines linearen Netzteils

Man versteht unter "Dimensionierung" die Ermittlung der genauen Werte und Typen alle Bauteile einer Schaltung. Die Dimensionierung eines linearen Netzteils erfolgt rückwärts vom letzten Bauteil zum ersten.

Dimensionieren Sie alle Komponenten eines 12V/2A-Netzteils anhand der folgenden Anweisungen. Erstellen Sie nach der Dimensionierung eine Bestellliste der benötigten Bauteile aus einem Katalog für Elektronikbauteile.

Struktur einer Bestellliste:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Anzahl** | **Artikelnummer** | **Artikel** | **Eigenschaften des Bauteils** | **Stückpreis** | **Seite** |
| 4 | 16 22 72-76 | Diode 1N4007 | 1000V / 1A | 8 ct. | 478 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

### Dimensionierung des Festspannungsreglers und der Anti-Schwing­kondensatoren

Der Spannungsregler wird über die Ausgangsspannung und den maximal benötigten Ausgangsstrom ausgewählt.

Um einen einwandfreien Betrieb des Reglers zu gewährleisten, muss die Spannung uC immer mindestens 3V höher sein als die Ausgangsspannung UOUT.



Zusätzlich muss die Restwelligkeit kleiner als 20% der Ausgangsspannung UOUT sein.



Diese beiden Bedingungen erlauben die Bestimmung der Nennspannung des Kondensators CC.





### Dimensionierung des Glättungskondensators

Es gibt keine genaue Regel, nach der die Kapazität des Glättungskondensators bemessen werden muss, aber die folgende Faustformel hat sich in der Praxis bewährt:



CL ist die Kapazität des Glättungskondensators in Mikrofarad (μF)  
I ist der maximale Ausgangsstrom in Ampere (A)∆uC ist die maximale Restwelligkeit der Spannung am Reglereingang in Volt (V)

Die Nennspannung des Glättungskondensators ist identisch mit der vonCC, da diese parallel geschaltet sind.

### Dimensionierung der Gleichrichterdioden

Die maximale Sperrspannung der Dioden muss mindestens gleich uCmax sein.

Der maximale Strom in Durchlassrichtung muss mindestens gleich dem maximalen Ausgangsstrom sein.

### Dimensionierung des Transformators

Transformatoren werden durch die Effektivwerte ihrer Eingangs- und Ausgangsspannung sowie der Nennleistung beschrieben.

Der Effektivwert der Eingangsspannung UEFF,IN beträgt in der Regel 230V.

Den Scheitelwert der Trafo-Ausgangsspannung muss um die Spannungsverluste an den Dioden höher sein als uCmax. Die Spannungsverluste betragen 1,4V.



Der Effektivwert der Trafoausgangsspannung ist also:



Der maximale Ausgangsstrom des Transformators muss mindestens gleich dem maximalen Ausgangsstrom des Netzteils sein.



Musterlösung aus Übung 6:

|  |  |
| --- | --- |
|  | COUT  COUT = 1μ F Umax > Uout = 12v  Spannungsregler:  UOUT = 12V IMAX > 2A  CC:  CC = 100nF UMAX > uCmax = 17,4V  CL:  CL > 8333μ F UMAX > uCmax = 17,4V  Dioden:  IMAX = 2A UMAX > uCmax = 17,4V  Transformator:  UEFF,IN = 230V UEFF,A > 13,3V  IOUT,MAX > 2A |

Bestellliste:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Anzahl** | **Artikelnummer** | **Artikel** | **Eigenschaften des Bauteils** | **Stückpreis** | **Seite** |
| 1 | 46 04 60 | Kondensator | 1μ F / 63V |  |  |
| 1 | 17 93 53 | 78S12 Spannungsregler | 12V / 2A |  |  |
| 1 | 45 30 99 | Kondensator | 0,1μ F / 50V |  |  |
| 1 | 47 12 32 | Kondensator | 10 000μ F / 35V |  |  |
| 4 | 16 22 72 | Diode 1N4007 | 1000V / 1A |  |  |
| 1 | 50 67 88 | Verarbeiter | 15V / 2.4A |  |  |
| 1 | 53 35 21 | 20mm Sicherung | 2A verzögert |  |  |