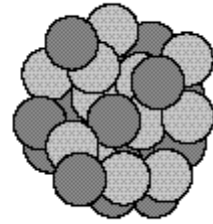




Praktikum für Fortgeschrittene
Institut für Kernphysik
Technische Universität Darmstadt



Versuch 5.1a: Transistorverstärker und digitale Bauelemente

Ziel des Versuchs:

Im ersten Teil des Versuchs wird eine einfache Spannungsverstärkerschaltung untersucht. Die Frequenzabhängigkeit der Spannungsverstärkung wird gemessen. Daraus lässt sich die Frequenzabhängigkeit der Stromverstärkung des verwendeten Transistors berechnen. Anhand einer Gegenüberstellung von Emitterschaltungen mit und ohne Stromgegenkopplung sollen einige prinzipielle Eigenschaften dieser Schaltung gezeigt werden. Die Untersuchung von Schalteigenschaften der Transistoren leiten zum zweiten Versuchsabschnitt über, der sich mit Grundbausteinen der digitalen Elektronik beschäftigt. Durch Aufstellen der Funktionstafeln soll die Wirkungsweise einiger wichtiger logischer Schaltkreise verifiziert werden. Schließlich sollen mit Hilfe integrierter Schaltkreise ausgewählte digitale Schaltungen (z.B. EXOR, Addierer ...) aufgebaut und ihre Funktion überprüft werden.

Stichworte:

Halbleiter: Eigenschaften, Dotierung, pn-Übergänge

Bipolartransistor: Aufbau, Transistoreffekt, Eigenschaften und Anwendungen

Emitterschaltung: Stromgegenkopplung, Wechselstrom-Ersatzschaltbild, Zusammenhang zwischen Spannungsverstärkung und Stromverstärkung mit und ohne Stromgegenkopplung

Schaltzeiten von Halbleiterbauelementen

Konjunktive und disjunktive Logik & Bool'sche Algebra

Literatur:

- 1) Jean Pütz, Einführung in die Elektronik, Kap. 4, 5, 6
- 2) Tietze/Schenk, Halbleiterschaltungstechnik, 2.Auflage, Kap. 6.1-6, 16.1, 17
- 3) G. Fontaine, Dioden und Transistoren, Band 1, Kap. 19, 23; Band 2: Vierpoltheorie

Vorbereitung

Zu 1.: Machen Sie sich mit der Emitterschaltung vertraut und leiten Sie Ausdrücke für die Spannungsverstärkung mit und ohne Stromgegenkopplung ab. Verwenden Sie dafür die Wechselstrom-Ersatzschaltung des Spannungsverstärkers. Machen Sie sich klar, wie man aus der Spannungsverstärkung die Stromverstärkung berechnen kann. Diskutieren Sie die Einflüsse von Strom- und Spannungsgegenkopplung auf die Funktion des Transistors als Verstärker und auf den Frequenzgang.

Alle Messungen werden mit Wechselspannungen durchgeführt: Überlegen Sie sich, welchen Einfluss die verschiedenen Kondensatoren in der Schaltung 1 haben.

Zu 2.: Diskutieren Sie die Ursache der Schaltzeiten und zeigen Sie Möglichkeiten auf, diese zu beeinflussen (gesättigte und ungesättigte Logik). Welche Unterschiede bestehen zwischen bipolaren Transistoren und Feld-Effekt-Transistoren?

Zu 3.: Erläutern Sie die Funktion der Bauelemente. Machen Sie sich mit konjunktiver und disjunktiver Logik sowie der Bool'schen Algebra vertraut. Skizzieren Sie die von Ihnen aufgebaute Schaltung und beschreiben Sie Ihre Funktion.

Versuchsdurchführung:

1. Transistorverstärker in Emitterschaltung, mit und ohne Stromgegenkopplung

Machen Sie sich mit dem analogen Oszilloskop vertraut! Worauf muss man achten? Welche Funktionen bietet es?

Nehmen Sie den Versuchsaufbau in Betrieb und stellen Sie Ein- und Ausgangssignal zusammen auf dem Oszilloskop dar. Untersuchen Sie qualitativ das Verhalten des Verstärkers in verschiedenen Frequenzbereichen bei unterschiedlichen Eingangsspannungsamplituden. Was kann man beobachten? Was passiert bei kleinen/mittleren/großen Frequenzen? Was bei kleinen/großen Amplituden? In welchem Bereich ist die Verstärkung linear? **Zur**

Auswertung: Skizzieren und diskutieren Sie typische Fälle!

Messen Sie die Spannungsverstärkung um damit die Stromverstärkung β des Transistors zu bestimmen. Beide Größen sind frequenzabhängig. Nutzen Sie den verfügbaren Frequenzbereich des Frequenzgenerators aus! Welche Eingangsspannungsamplitude wählt man um β möglichst gut bestimmen zu können?

Die Messung soll sowohl an der Schaltung mit als auch an der Schaltung ohne Stromgegenkopplung durchgeführt werden. In welchem Frequenzbereich erwarten Sie bei welcher Schaltung systematische Fehler bei der Bestimmung von β ?

Wegen des unbekanntem und frequenzabhängigen Basis-Emitter-Widerstands des Transistors muss die Messung der Spannungsverstärkung mit einem endlichen Basisvorwiderstand R wiederholt werden (eingebautes Potentiometer). Überlegen Sie, welchen Widerstand R Sie einstellen müssen um β möglichst genau bestimmen zu können. Notieren Sie für jede Frequenz für beide Schaltungen (mit/ohne SGK) die Spannungsverstärkung bei $R=0\text{k}\Omega$, die Spannungsverstärkung bei $R>0\text{k}\Omega$ sowie den Wert von R . Machen Sie eine sinnvolle Fehlerabschätzung!

Zur Auswertung: Tragen Sie Die Spannungsverstärkung mit/ohne SGK doppelt logarithmisch auf. Bestimmen Sie die Verstärkung sowie die obere und untere Grenzfrequenz der beiden Verstärkerschaltungen durch Parameteranpassung einer geeigneten Funktion.

Diskutieren Sie Unterschiede sowie Vor- und Nachteile der beiden Schaltungen. Berechnen Sie aus den gemessenen Werten die Frequenzabhängigkeit von β (nachvollziehbare Fehlerrechnung!) und tragen sie ebenfalls doppelt logarithmisch in einem Graphen auf. Diskutieren Sie die erhaltenen Werte für die Schaltung mit/ohne SGK. Wo unterscheiden sie sich? Welche Messung ist besser? Bestimmen Sie die Verstärkung und die obere Grenzfrequenz. Berechnen Sie auch den Basis-Emitter-Widerstand (nachvollziehbare Fehlerrechnung!) und tragen ihn für beide Schaltungen in einem Graphen auf. Berücksichtigen die Ergebnisse in Ihrer Diskussion.

2. Transistor als Schalter

Messen Sie die Verzögerungs- und Abfallzeit sowie die Speicher- und Anstiegszeit des Kollektorstromes für einen rechteckigen Eingangsimpuls für unterschiedliche Eingangsamplituden. Welche Abhängigkeiten beobachten Sie? Wie lassen sie sich erklären?
Zur Auswertung: Stellen Sie die gemessenen Abhängigkeiten graphisch dar und diskutieren Sie die beobachteten Effekte.

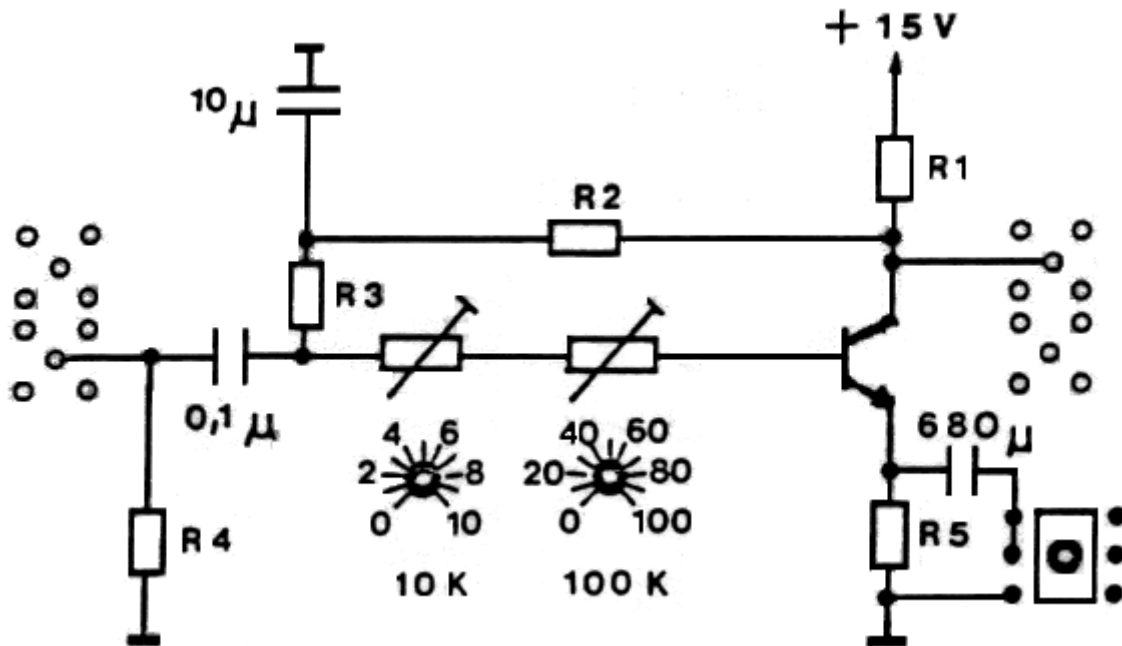
3. Digitale Logik

Aufstellen der Funktionstabellen für folgende Schaltungen:
AND/NAND, OR/NOR, NOT, EXOR

Anwendung von konjunktiver und disjunktiver Logik auf die Wahrheitstabelle der EXOR Schaltung zur Erzeugung einer Schaltung aus AND, OR und NOT Gattern. Anschließend Umformung mit Hilfe der Bool'schen Algebra in eine Schaltung aus NAND-Gattern. Aufbau einer digitalen Schaltung nach eigener Wahl (z.B. EXOR, Halb- und Volladdierer, Multiplexer...) aus Standard TTL-IC's
Zur Auswertung: Herleitung des Bool'schen Ausdrucks, der Ihrer Schaltung zugrunde liegt. Skizzieren Sie die von Ihnen aufgebaute Schaltung.

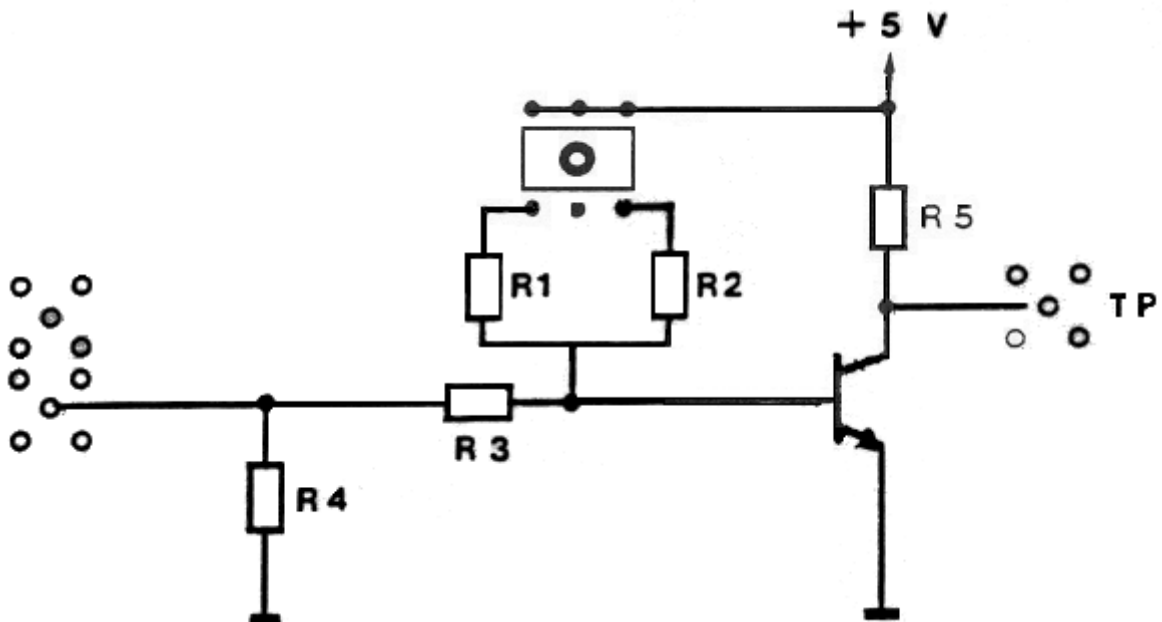
ANHANG

Versuchsschaltung des Transistorverstärkers



$R1 = 6 \text{ k}\Omega$, $R2, R3 = 560 \text{ k}\Omega$, $R4 = 50 \text{ }\Omega$, $R5 = 560 \text{ }\Omega$

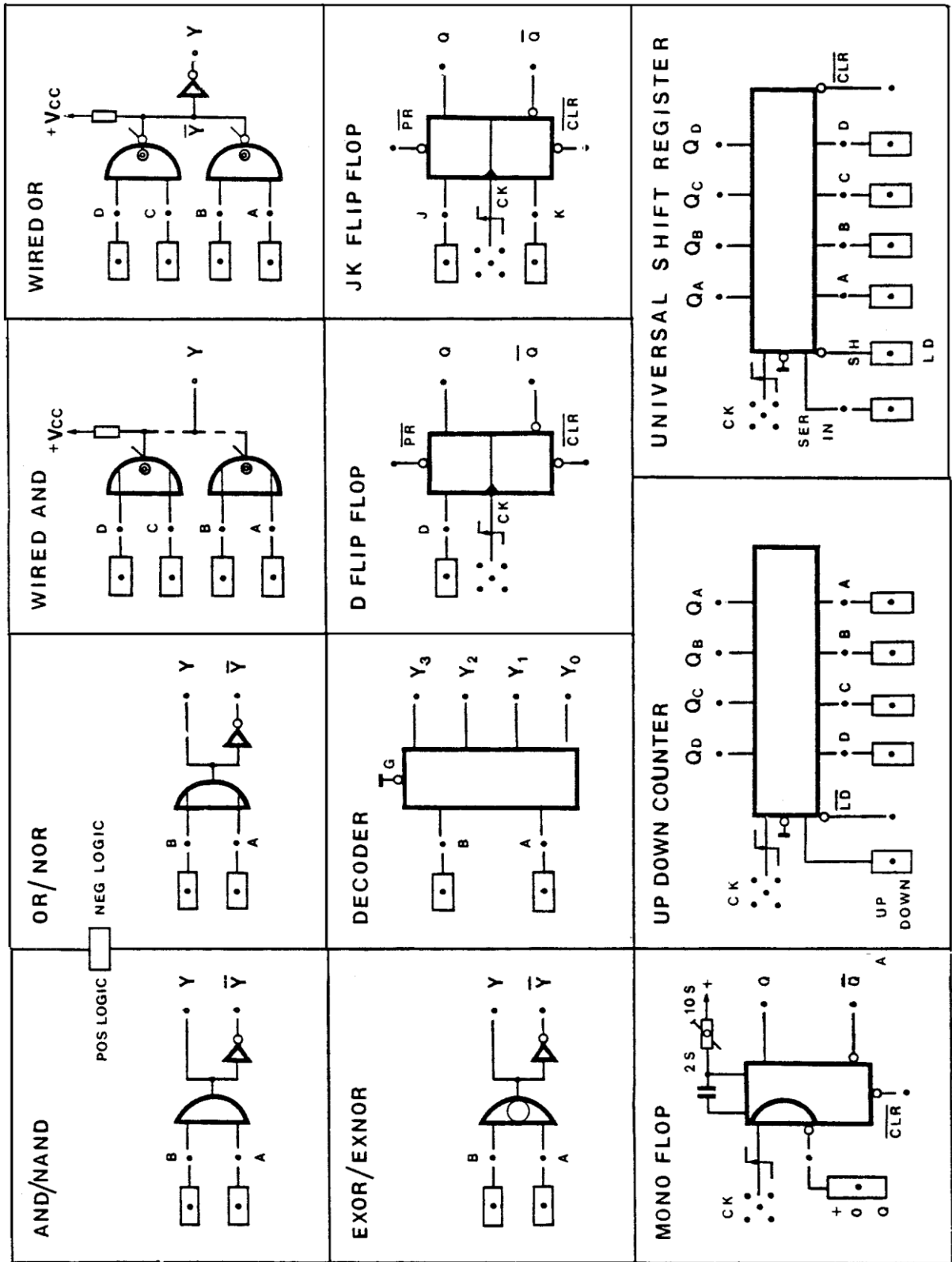
Schaltfunktionen des Transistors



$R1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R3, R5 = 1 \text{ k}\Omega$, $R4 = 50 \text{ }\Omega$

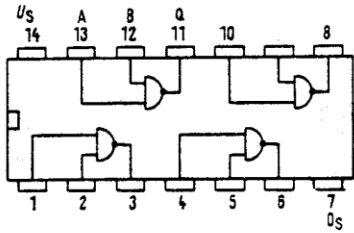
ANHANG 2

Versuchsaufbau: Digitale Bauelemente



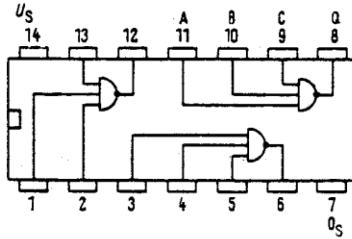
ANHANG 3

Pinbelegung verschiedener Gatter



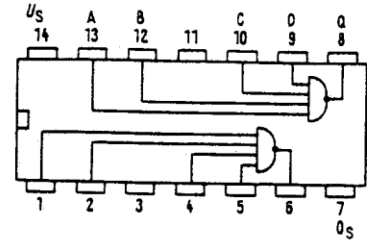
Vier NAND-Glieder mit je 2 Eingängen

7400



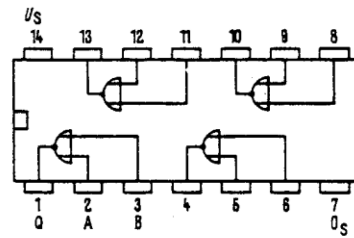
Drei NAND-Glieder mit je 3 Eingängen

7410



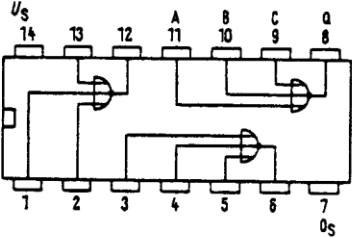
Zwei NAND-Glieder mit je 4 Eingängen

7420



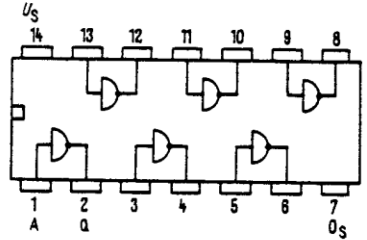
Vier NOR-Glieder mit je 2 Eingängen

7402



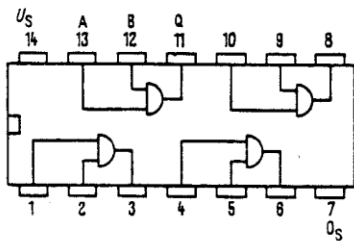
Drei NOR-Glieder mit je 3 Eingängen

7427



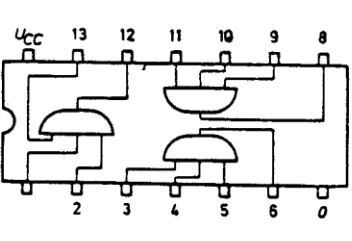
Sechs Inverter

7404



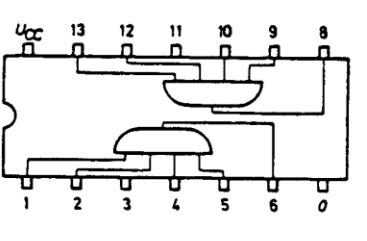
Vier UND-Glieder mit je zwei Eingängen

7408



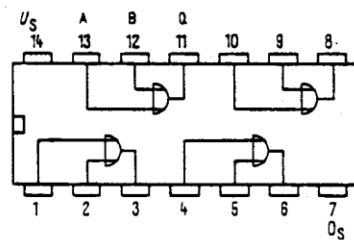
Drei UND-Glieder mit je 3 Eingängen

7411



Zwei UND-Glieder mit je 4 Eingängen

7421



Vier ODER-Glieder mit je 2 Eingängen

7432