

CM Logic with fun

Bedienungsanleitung · User Guide

Aussagenlogik und Schaltalgebra zum Ausprobieren – Gatter setzen, verdrahten, Wahrheitstabellen verstehen.

Logic and digital circuits to play with – place gates, wire them, understand truth tables.

Version 1.0.0

© by Calogero Morello 2026

Deutsch · English

Deutsch

Dieses Handbuch erklärt die Bedienung von CM Logic with fun und enthält ein Nachschlagewerk zur Aussagenlogik, zu den Logikgattern und zur Schaltalgebra für die Klasse 10 am Gymnasium. Die Kapitel 1 bis 14 beschreiben die App, die folgenden Kapitel das Fachwissen.

Inhalt

1 *Erste Schritte* — *Aufbau der App und deine erste Schaltung in fünf Minuten*
2 *Bauteile setzen* — *Eingabe-, Ausgabe-Bauteile und Logikgatter in der Leiste*
3 *Leitungen ziehen* — *Bauteile verbinden, Leitungen lösen, Regeln*
4 *Simulieren* — *Signalfarben, Schalter bedienen, Ergebnisse lesen*
5 *Wahrheitstabelle und Term* — *Term kopieren, Zeilen durchschalten, Tabelle ein- und ausklappen*
6 *Uhr, Zähler und 7-Segment* — *Schaltungen, die sich selbst bewegen*
7 *Mehrere Bauteile markieren* — *Auswahl-Werkzeug mit Rahmen*
8 *Bedienung der Fläche* — *Verschieben, Zoomen, Übersicht und Werkzeugleiste*
9 *Speichern und Laden* — *Automatisch speichern, Kopien, Meine Schaltungen, Import*
10 *Beispiele* — *Fertige Schaltungen von einfach bis komplex*
11 *Exportieren und Teilen* — *PDF, Bild und Schaltungsdatei*
12 *Lernpfad und Zertifikat* — *Geführter Kurs, XP, Level und Urkunde*
13 *Einstellungen und Profil* — *Name, Sprache, Erscheinungsbild*
14 *Datenschutz und Impressum* — *Alles bleibt auf deinem Gerät*
15 *Aussagen und Wahrheitswerte* — *Was eine Aussage ist, Verknüpfungen und ihre Zeichen*
16 *Signale in der Elektronik* — *0 und 1 als Spannung, Pegel und Masse*
17 *Alle Gatter im Überblick* — *Funktion und Wahrheitstabelle aller Logikgatter nebeneinander*
18 *Puffer (BUFFER)* — *Q = A: gibt das Signal unverändert weiter*
19 *NICHT (NOT)* — *Q = ¬A: kehrt das Signal um*
20 *UND (AND)* — *Q = A ∧ B: nur 1, wenn alle Eingänge 1 sind*
21 *ODER (OR)* — *Q = A ∨ B: 1, wenn mindestens ein Eingang 1 ist*
22 *NAND (nicht UND)* — *Q = ¬(A ∧ B): 0 nur, wenn beide Eingänge 1 sind*
23 *NOR (nicht ODER)* — *Q = ¬(A ∨ B): 1 nur, wenn beide Eingänge 0 sind*
24 *XOR (Entweder-oder)* — *Q = A ⊕ B: 1, wenn die Eingänge verschieden sind*
25 *XNOR (Gleichheit)* — *Q = ¬(A ⊕ B): 1, wenn die Eingänge gleich sind*
26 *Rechenregeln der Schaltalgebra* — *Gesetze zum Vereinfachen, De Morgan*
27 *Terme und Wahrheitstabellen* — *Tabelle aufstellen, Term ablesen, Schaltung bauen*
28 *Wie ist ein NAND aufgebaut?* — *Vom Transistor zum Gatter: Widerstand, zwei Schalter, Ausgang*
29 *Alles aus NAND* — *Universalgatter: jede Schaltung aus einem einzigen Gattertyp*
30 *Binärzahlen und 7-Segment* — *Zahlen in Bits, Wertigkeiten 8-4-2-1, Anzeige*
31 *Addierer* — *Halbaddierer und Volladdierer als Bausteine des Rechnens*
32 *Glossar* — *Fachbegriffe kurz erklärt*
33 *Rechtliches* — *Impressum, Datenschutz, Haftung und Lizenzen*

1 Erste Schritte

Aufbau der App und deine erste Schaltung in fünf Minuten

CM Logic with fun ist eine Werkbank für Aussagenlogik und Schaltalgebra. Du setzt Bauteile auf eine Fläche, verbindest sie mit Leitungen und siehst sofort, welche Signale fließen. Dazu gibt es einen geführten Lernpfad und ein Nachschlagewerk.

Die Bereiche der App

Lernpfad	Geführter Kurs in Stufen mit Lektionen, Übungsschaltungen und Fragen. Am Ende steht das Zertifikat.
Wissen	Nachschlagewerk: Grundbegriffe, alle Logikgatter mit Wahrheitstabelle, Rechenregeln, der Aufbau eines NAND, Zahlensysteme.
Werkbank	Die freie Fläche zum Bauen und Ausprobieren, mit Wahrheitstabelle rechts.
Menü „…“	Oben rechts in jedem Bereich: Profil, Einstellungen, dieses Handbuch und Informationen zur App.

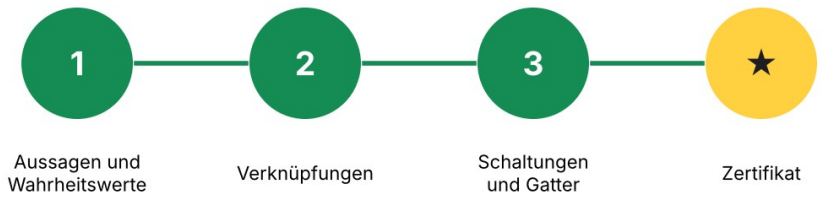


Abbildung 1: Die Stufen des Lernpfads und das Zertifikat

So baust du in fünf Minuten deine erste Schaltung

1. Öffne die Werkbank. Sie startet leer und zentriert bei 100 %.
2. Tippe in der Leiste links auf „Schalter“ und danach auf „Lampe“. Beide Bauteile erscheinen auf der Fläche.
3. Ziehe vom runden Anschluss rechts am Schalter zum Anschluss links an der Lampe. Die Leitung rastet ein.
4. Tippe den Schalter an. Die Lampe leuchtet, und die Leitung wird grün.
5. Öffne rechts die Wahrheitstabelle. Sie zeigt, was die Schaltung für jede Schalterstellung liefert.
6. Setze zwischen Schalter und Lampe ein NICHT-Gatter und beobachte, wie sich das Verhalten umkehrt.

> **Tipp:** Hast du eine Schaltung aufgebaut, speichert die App sie automatisch. Über „Schaltungen“ oben findest du außerdem fertige Beispiele zum Ausprobieren.

2 Bauteile setzen

Eingabe-, Ausgabe-Bauteile und Logikgatter in der Leiste

Die Leiste links enthält alle Bauteile in drei Gruppen. Tippe ein Bauteil an, dann erscheint es in der Mitte der sichtbaren Fläche, oder ziehe es an die gewünschte Stelle. Verschieben kannst du es danach mit einem Finger.

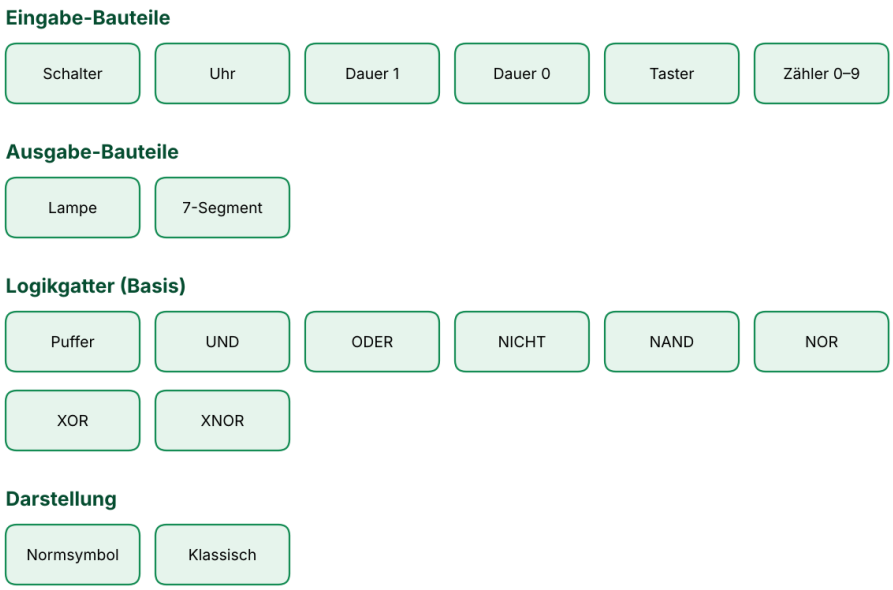


Abbildung 2: Die Bauteil-Leiste in drei Gruppen

Eingabe-Bauteile

Sie erzeugen Signale und haben nur einen Ausgang.

Schalter	Antippen wechselt zwischen 0 und 1. Der Name (A, B, C …) erscheint in der Wahrheitstabelle.
Uhr	Wechselt automatisch zwischen 0 und 1. Antippen schaltet die Frequenz weiter: 0,25 / 0,5 / 1 / 2 / 4 Hz.
Dauer 1	Liefert immer 1, zum Beispiel für einen Eingang, der fest „an“ sein soll.
Dauer 0	Liefert immer 0.
Taster	Liefert 1, solange du ihn gedrückt hältst, sonst 0.
Zähler 0–9	Zählt im Takt hoch, springt nach 9 auf 0 und gibt die Zahl binär auf vier Ausgängen aus (Wertigkeit 8-4-2-1).

Ausgabe-Bauteile

Sie zeigen Signale an und haben nur Eingänge.

Lampe	Leuchtet bei 1, bleibt dunkel bei 0. Ein offener Eingang wird orange angezeigt.
7-Segment-Zahl	Vier Eingänge mit den Wertigkeiten 8-4-2-1; zeigt die Ziffer 0–9, bei größeren Werten A–F.

Logikgatter (Basis)

Puffer, UND, ODER, NICHT, NAND, NOR, XOR und XNOR. Funktion und Wahrheitstabelle jedes Gatters findest du im Tab „Wissen“.

Bauteile ändern und entfernen

1. Tippe ein Bauteil an, um es auszuwählen. Es wird hervorgehoben.
2. Ziehe es an eine neue Stelle, oder tippe oben auf den Papierkorb, um es samt Leitungen zu löschen.
3. Mit dem Radiergummi leerst du die ganze Werkbank nach einer Rückfrage.

> **Tipp:** Mit „Rückgängig“ und „Wiederholen“ oben links machst du Änderungen schrittweise rückgängig.

3 Leitungen ziehen

Bauteile verbinden, Leitungen lösen, Regeln

Leitungen führen das Signal von einem Ausgang zu einem Eingang. Ausgänge sitzen rechts am Bauteil, Eingänge links.

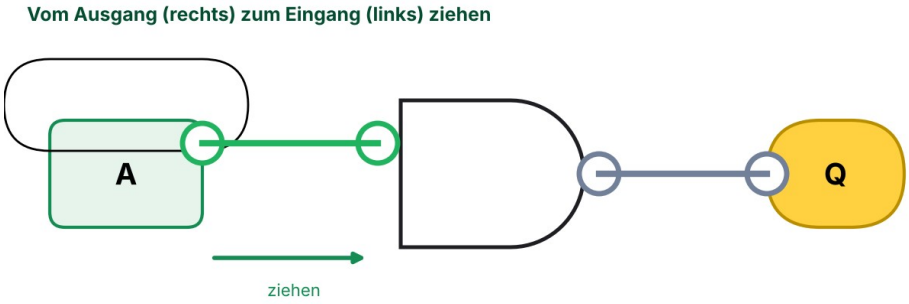


Abbildung 3: Leitung vom Ausgang zum Eingang ziehen

Eine Leitung ziehen

1. Berühre den runden Ausgang rechts am Bauteil.
2. Ziehe den Finger zu einem runden Eingang links an einem anderen Bauteil.
3. Lass los, sobald der Eingang hervorgehoben ist. Die Leitung rastet ein und zeigt die Farbe des Signals.

Eine Leitung lösen

Ziehe vom belegten Eingang weg und lasse auf freier Fläche los. Die Leitung verschwindet.

Regeln

- Ein Ausgang darf mehrere Leitungen speisen.
- Ein Eingang nimmt genau eine Leitung auf. Eine neue Leitung ersetzt die alte.
- Rückkopplungen (ein Signal läuft zurück zu seinem Ursprung) sind nicht erlaubt, weil die App nur kombinatorische Schaltungen berechnet.

- Der Zähler hat vier Ausgänge mit den Wertigkeiten 8, 4, 2 und 1. Jeder Ausgang lässt sich einzeln verdrahten.

> **Tipp:** Bleibt ein Eingang unverdrahtet, zeigt er ein orangefarbenes „?“ und das Ergebnis ist „offen“. Das ist kein Fehler, sondern ein Hinweis, dass etwas fehlt.

4 Simulieren

Signalfarben, Schalter bedienen, Ergebnisse lesen

Die Schaltung wird bei jeder Änderung sofort neu berechnet. Du musst nichts starten.



Abbildung 4: Signalfarben der Anschlüsse

Die Signalfarben

Grün, „1“	Das Signal ist an (hoher Pegel).
Grau-blau, „0“	Das Signal ist aus (niedriger Pegel).
Orange, „?“	Offen: Ein Eingang ist nicht verdrahtet, das Ergebnis ist unbestimmt. Die Leitung ist gestrichelt.

Zusätzlich zeigen alle Anschlüsse die Ziffer 0, 1 oder ?, damit man sie auch ohne Farbe lesen kann.

Eine Schaltung ausprobieren

1. Setze zwei Schalter, ein UND-Gatter und eine Lampe.
2. Verbinde die Schalter mit den Eingängen des Gatters und den Ausgang mit der Lampe.
3. Tippe die Schalter einzeln und gemeinsam an. Die Lampe leuchtet nur, wenn beide auf 1 stehen.
4. Ersetze das UND-Gatter durch ein ODER-Gatter und wiederhole den Versuch.

> **Tipp:** Beobachte dabei die Wahrheitstabelle rechts: Die Zeile, die zur aktuellen Schalterstellung gehört, ist hervorgehoben.

5 Wahrheitstabelle und Term

Term kopieren, Zeilen durchschalten, Tabelle ein- und ausklappen

Rechts neben der Fläche steht die Wahrheitstabelle zu deiner Schaltung, halbtransparent und schmal, damit sie die Fläche wenig verdeckt.

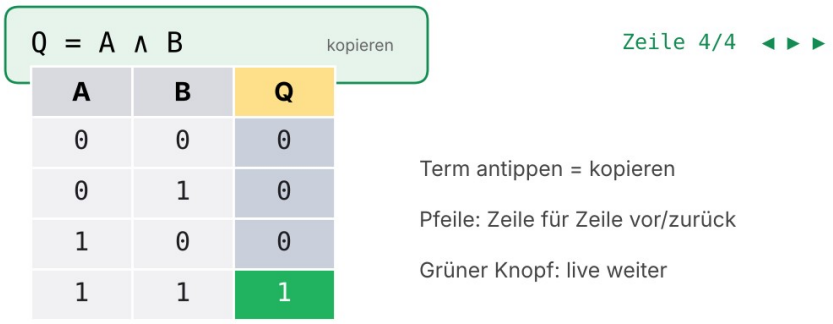


Abbildung 5: Term und Wahrheitstabelle

Was die Tabelle zeigt

- Oben steht der Term (die Gleichung) für jeden Ausgang, zum Beispiel Q = A ∧ B.
- Links stehen die Spalten für alle Schalter, rechts die Spalten für die Lampen. Jede Zeile ist eine Schalterkombination.
- Die Kopfzeile bleibt beim Scrollen stehen, sodass du bei langen Tabellen die Spalten nicht aus den Augen verlierst.
- Es werden bis zu sechs Schalter ausgewertet (64 Zeilen). Bei mehr Schaltern zeigt die App einen Hinweis.

Term kopieren

Tippe auf einen Term. Er wird in die Zwischenablage kopiert, und die App bestätigt das kurz. So kannst du ihn in Hausaufgaben oder Notizen einfügen.

Zeile für Zeile durchgehen

1. Tippe auf einen Pfeil über der Tabelle: zurück oder vor.
2. Die Schalter stellen sich passend zur Zeile ein, und die Schaltung zeigt das Ergebnis.
3. Mit dem grünen Wiedergabe-Knopf läuft die Simulation wieder live.
4. Ein Tipp auf eine Tabellenzeile springt direkt dorthin.

> **Tipp:** Beim Durchschalten bleiben Uhr und Zähler auf der gewählten Zeile stehen. So kannst du das Ergebnis in Ruhe betrachten.

Tabelle ein- und ausklappen

Der Knopf mit dem Tabellensymbol in der Werkzeugleiste blendet die Tabelle aus und wieder ein. Ausgeblendet gewinnt die Fläche die volle Breite.

Mit Zähler

Liegt ein Zähler auf der Werkbank, bekommt die Tabelle eine zusätzliche Spalte mit seiner Zahl 0–9. Jede Schalterkombination erscheint dann zehnmal, einmal für jeden Zählerstand.

6 Uhr, Zähler und 7-Segment

Schaltungen, die sich selbst bewegen

Mit Uhr und Zähler laufen Schaltungen von allein. Das 7-Segment-Bauteil zeigt das Ergebnis als Ziffer.

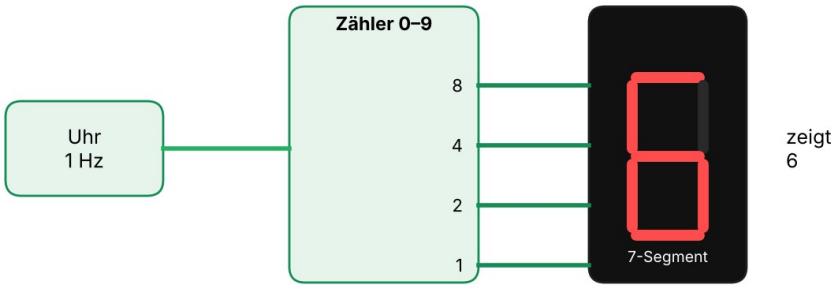


Abbildung 6: Uhr, Zähler und 7-Segment-Anzeige

Die Uhr

Die Uhr wechselt gleichmäßig zwischen 0 und 1. Tippe sie an, um die Frequenz weiterzuschalten (0,25 / 0,5 / 1 / 2 / 4 Hz). 1 Hz heißt: einmal pro Sekunde ein voller Wechsel von 0 über 1 zurück zu 0.

Der Zähler 0–9

Der Zähler zählt im Takt von 0 bis 9 und beginnt dann von vorn. Die Zahl liegt binär an vier Ausgängen an.

8	höchstwertiges Bit (Wert 8)
4	Wert 4
2	Wert 2
1	niedrigstwertiges Bit (Wert 1)

Antippen stellt die Zählgeschwindigkeit ein. Beispiel: Die Zahl 6 ist binär 0110, also 4 + 2.

Die 7-Segment-Zahl

Sie hat vier Eingänge mit den Wertigkeiten 8-4-2-1 und zeigt die passende Ziffer. Werte von 10 bis 15 erscheinen als A bis F.

Zähler und Anzeige verbinden

1. Setze einen Zähler und eine 7-Segment-Zahl.
2. Verbinde die vier Zähler-Ausgänge der Reihe nach mit den vier Eingängen der Anzeige (8 mit 8, 4 mit 4, 2 mit 2, 1 mit 1).
3. Die Anzeige zählt jetzt von 0 bis 9.
4. Schiebe zwischen Zähler und Anzeige Gatter, um mit den Bits zu rechnen, zum Beispiel für „Zahl ≥ 5“.

> **Tipp:** Die Beispiele „Zähler 0–9 mit 7-Segment“, „Ampel am Zähler“ und „Primzahl-Erkennung“ zeigen fertige Aufbauten.

7 Mehrere Bauteile markieren

Auswahl-Werkzeug mit Rahmen

Mit dem Auswahl-Werkzeug markierst du mehrere Bauteile auf einmal und bewegst oder löschst sie gemeinsam.

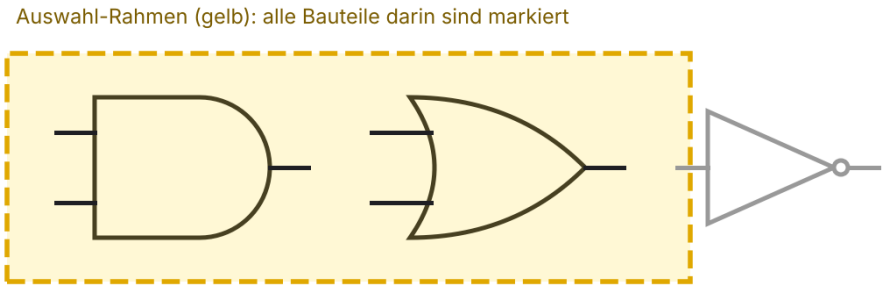


Abbildung 7: Auswahl-Werkzeug mit Rahmen

So gehst du vor

1. Tippe oben auf das Auswahl-Werkzeug (gestricheltes Rechteck). Das Symbol wird weiß, solange es aktiv ist.
2. Ziehe mit einem Finger einen Rahmen über die Bauteile. Der Rahmen erscheint gelb.
3. Beim Loslassen sind alle Bauteile im Rahmen markiert, und das Werkzeug schaltet sich von selbst aus.
4. Ziehe eines der markierten Bauteile: Alle wandern gemeinsam. Auch die Fläche lässt sich jetzt wieder verschieben.
5. Der Papierkorb oben löscht alle markierten Bauteile.
6. Tippe auf freie Fläche, um die Markierung aufzuheben.

> **Tipp:** Das Werkzeug gilt für genau einen Rahmen. Für die nächste Auswahl tippe es erneut an.

8 Bedienung der Fläche

Verschieben, Zoomen, Übersicht und Werkzeugleiste

Die Fläche ist größer als der Bildschirm. Du bewegst dich mit Gesten darauf.

Geste	Wirkung
Ein Finger	Auf freier Fläche verschieben, auf einem Bauteil dieses bewegen.

Geste	Wirkung
Zwei Finger	Zoomen.
Doppeltipp	Zoomt auf 100 % und zentriert die Schaltung.
Tippen	Bauteil auswählen oder Schalter umlegen.

Gesten

Ein Finger	Auf freier Fläche verschieben, auf einem Bauteil dieses bewegen.
Zwei Finger	Zoomen.
Doppeltipp	Zoomt auf 100 % und zentriert die Schaltung.
Tippen	Bauteil auswählen oder Schalter umlegen.

Übersicht und Zoom

Unten in der rechten Spalte zeigt ein Übersichtsbild den sichtbaren Ausschnitt. Antippen oder Ziehen verschiebt ihn. Darunter stehen die Zoom-Tasten und die aktuelle Zoomstufe.

Die Werkzeugleiste

Symbol	Funktion
Rückgängig / Wiederholen	Änderungen schrittweise zurücknehmen oder wiederholen.
Auswahl-Werkzeug	Rahmen aufziehen und mehrere Bauteile markieren (aktiv: weiß).
Radiergummi	Werkbank leeren (mit Rückfrage).
Papierkorb	Markierte Bauteile löschen.
Schaltungen	Speichern, öffnen, Beispiele.
Teilen	PDF, JPG oder Schaltungsdatei.
Tabelle	Wahrheitstabelle ein- und ausblenden.
Menü „…“ (ganz rechts)	Profil, Einstellungen, Handbuch, Über.

> **Tipp:** Die Werkbank startet immer leer, zentriert und bei 100 %. Deine Schaltung bleibt trotzdem gespeichert und ist über „Schaltungen“ erreichbar.

Darstellung der Gatter

Mit den zwei Symbolen unten in der Bauteil-Leiste („Darstellung“) wählst du zwischen Normsymbolen (Rechtecke mit &, ≥1, =1) und klassischen Formen. Beides bedeutet dasselbe; in der Schule begegnen dir meist die Normsymbole, in älteren Büchern die klassischen Formen.

9 Speichern und Laden

Automatisch speichern, Kopien, Meine Schaltungen, Import

Deine Schaltung wird bei jeder Änderung automatisch gespeichert, unter dem Namen in der Titelzeile.

Das Menü „Schaltungen“

Speichern	Bestätigt, dass die Schaltung gespeichert ist.
Speichern unter …	Legt eine Kopie mit neuem Namen an. Das Original bleibt erhalten.
Neue Schaltung	Beginnt mit einer leeren Werkbank.
Meine Schaltungen …	Liste aller gespeicherten Schaltungen.
Umbenennen …	Ändert den Namen der aktuellen Schaltung.
Beispiele	Fertige Schaltungen zum Öffnen.

Meine Schaltungen verwalten

1. Öffne „Meine Schaltungen …“.
2. Tippe eine Schaltung an, um sie zu öffnen.
3. Drücke lange oder wische nach links, um umzubenennen, zu duplizieren oder zu löschen.
4. „Importieren“ lädt eine .cmlogic-Datei, die dir jemand geschickt hat.

> **Tipp:** Möchtest du etwas ausprobieren, ohne das Original zu verändern, nutze „Speichern unter …“ und arbeite an der Kopie.

10 Beispiele

Fertige Schaltungen von einfach bis komplex

Unter „Schaltungen ▸ Beispiele“ liegen fertige Schaltungen. Sie öffnen zentriert in der Mitte der Fläche. Du kannst sie ausprobieren, verändern und mit „Speichern unter …“ als eigene Kopie behalten.

Grundlagen der Schaltalgebra

Halbaddierer	Addiert zwei Bits: Summe (XOR) und Übertrag (UND).
Volladdierer	Addiert zwei Bits plus Übertrag; Baustein jedes Rechenwerks.

XOR aus Grundgattern	Zeigt, dass XOR aus UND, ODER und NICHT gebaut werden kann.
De Morgan	Zwei Schaltungen, die dasselbe tun: ¬(A ∧ B) und ¬A ∨ ¬B.
Alles aus NAND	Baut NICHT, UND und ODER nur aus NAND-Gattern.
Wechselschaltung	Eine Lampe von zwei Stellen aus schalten, wie im Flur.
Mehrheitsentscheid	Ausgang 1, wenn mindestens 2 von 3 Eingängen 1 sind.
Multiplexer	Wählt je nach Steuerleitung eines von zwei Signalen.
Paritätsbit	Ergänzt ein Bit, sodass die Zahl der Einsen gerade ist.

Mit Uhr, Zähler und 7-Segment

Blinker	Eine Uhr lässt Lampen abwechselnd leuchten.
Zähler 0–9 mit 7-Segment	Jede Sekunde zählt die Zahl um eins hoch und beginnt nach 9 bei 0.
Binärzahl auf 7-Segment	Vier Schalter stellen eine Zahl ein, die Anzeige zeigt sie.
Zähler binär	Der Zählerstand als Lampen und als Ziffer.
Zwei Uhren XOR	Zwei Takte, verknüpft zu einem neuen Muster.
Ampel am Zähler	Rot, Gelb, Grün aus dem Zählerstand abgeleitet.
Zahl ≥ 5	Erkennt große Zahlen am Zähler.
Primzahl-Erkennung	Leuchtet bei 2, 3, 5 und 7.
Zähler-Logik aus Gattern	Berechnet aus n die nächste Zahl n+1 nur mit Gattern.

> **Tipp:** Tippe bei einem Beispiel die Schalter an und beobachte die Wahrheitstabelle. Schalte danach mit den Pfeilen Zeile für Zeile durch.

11 Exportieren und Teilen

PDF, Bild und Schaltungsdatei

Über das Teilen-Symbol oben gibst du deine Schaltung weiter oder druckst sie.

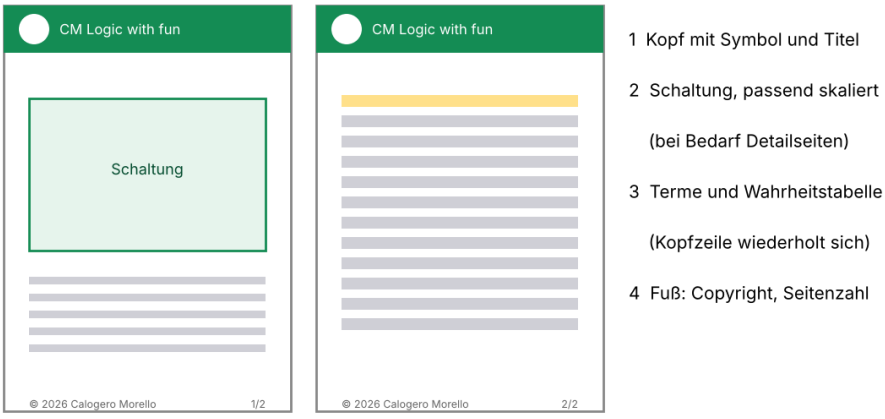


Abbildung 8: Aufbau einer exportierten PDF-Seite

Die drei Formate

PDF	Mehrseitiges Dokument: Kopf mit Symbol und Titel, Schaltung, Terme, Wahrheitstabelle, Fuß mit Copyright und Seitenzahl.
Bild (JPG)	Ein einzelnes Bild mit Symbol, Schaltung, Term, Tabelle und Copyright. Praktisch für Chats und Präsentationen.
Schaltungsdatei	Eine .cmlogic-Datei, die jemand anderes in dieser App öffnen und weiterbearbeiten kann.

Wenn die Schaltung nicht auf eine Seite passt

- Breite Schaltungen werden automatisch im Querformat ausgegeben.
- Die erste Seite zeigt die ganze Schaltung verkleinert als Überblick.
- Wäre sie dabei zu klein zum Lesen, folgen Detailseiten mit Ausschnitten in gut lesbarer Größe („Teil 1 von 4“ usw.).
- Lange Wahrheitstabellen laufen über mehrere Seiten. Die Kopfzeile wiederholt sich auf jeder Seite.

Exportieren

1. Tippe oben auf das Teilen-Symbol.
2. Wähle PDF, JPG oder Schaltungsdatei.
3. Wähle im Teilen-Menü das Ziel: AirDrop, Mail, Dateien, Drucken oder eine andere App.

> **Tipp:** Der Name der Schaltung wird zum Titel im Dokument und zum Dateinamen. Benenne sie vorher sinnvoll um.

12 Lernpfad und Zertifikat

Geführter Kurs, XP, Level und Urkunde

Der Lernpfad führt Schritt für Schritt von der Aussage bis zu Schaltungen mit Gattern. Nachschlagen kannst du jederzeit im Tab „Wissen“.

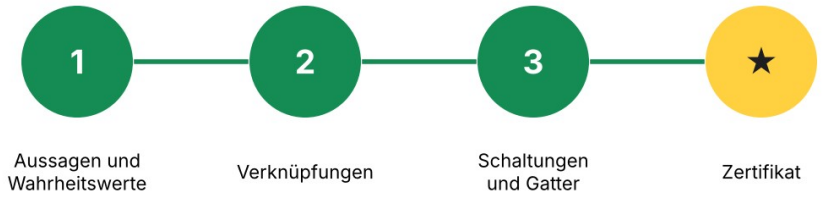


Abbildung 9: Die Stufen des Lernpfads und das Zertifikat

Aufbau

- Der Pfad besteht aus Stufen, jede Stufe aus mehreren Lektionen.
- Jede Lektion hat einen kurzen Text, Schaltungen zum Ausprobieren (Schalter antippen) und Fragen.
- Eine Stufe schaltet die nächste frei, sobald alle ihre Lektionen gelöst sind.
- Die Karte „Weiter“ oben führt direkt zur nächsten offenen Lektion.

Eine Lektion bearbeiten

1. Lies den Text und probiere die Schaltung aus.
2. Beantworte die Fragen. Bei einer falschen Antwort erklärt die App, warum, und du kannst es noch einmal versuchen.
3. Sind alle Fragen richtig, schließt du die Lektion ab und erhältst 20 XP.

XP und Level

Je 100 XP steigst du ein Level auf. Dein Stand steht oben im Lernpfad und im Profil.

Das Zertifikat

Am Ende des Lernpfads wartet das Zertifikat. Sobald alle Stufen gelöst sind, erzeugst du es mit „Zertifikat erstellen“ als PDF.



Abbildung 10: Beispiel einer Urkunde

1. Trage im Profil oder in den Einstellungen deinen Namen ein.
2. Tippe am Ende des Lernpfads auf „Zertifikat erstellen“.
3. Speichere, drucke oder teile die Urkunde.

> **Tipp:** Die Urkunde zeigt deinen Namen, den Fortschritt je Stufe, XP, Level, Datum und das Symbol der App. Im Profil gibt es zusätzlich eine Teilnahmebestätigung, falls du noch nicht fertig bist.

Zurücksetzen

Im Profil setzt „Lernfortschritt zurücksetzen“ XP und gelöste Lektionen zurück. Deine gespeicherten Schaltungen bleiben erhalten.

13 Einstellungen und Profil

Name, Sprache, Erscheinungsbild

Im Menü „…“ oben rechts findest du Profil und Einstellungen.

Dein Name	Wird zur Begrüßung genutzt und steht auf dem Zertifikat.
Sprache	Automatisch (Systemsprache), Deutsch oder English. Die Oberfläche wechselt sofort.
Erscheinungsbild	System, Hell oder Dunkel.

Profil	Level, XP und Fortschritt je Stufe, Zertifikat, Zurücksetzen.

Version

Unter „Über CM Logic with fun“ siehst du die Versionsnummer, den Entwickler und Links zu Impressum und Datenschutzerklärung.

14 Datenschutz und Impressum

Alles bleibt auf deinem Gerät

CM Logic with fun arbeitet komplett lokal und offline.

- Es gibt keinen Account, keine Werbung und kein Tracking.
- Der eingegebene Name dient nur der Begrüßung in der App und dem Zertifikat.
- Schaltungen und Lernfortschritt liegen nur auf deinem Gerät. Sie verlassen es nur, wenn du sie selbst teilst oder exportierst.
- Die App sendet keine Daten an Server.

Anbieter

Calogero Morello. Impressum und Datenschutzerklärung erreichst du im Menü „… ▸ Über CM Logic with fun“.

Rechte und Lizenzen

- Alle Texte, Aufgaben, Grafiken, Symbole und das App-Symbol stammen vom Entwickler selbst.
- Die App verwendet keine Fremdbibliotheken und keine eingebetteten Schriften, sondern nur Bausteine von Apple (SwiftUI, UIKit) und die Systemschrift.
- Die kleinen Symbole in der Bedienung sind SF Symbols von Apple und gehören zur Systemoberfläche.
- Die Gattersymbole entsprechen den üblichen Normdarstellungen der Schaltalgebra und sind frei verwendbar.

> **Tipp:** © 2026 Calogero Morello. Alle Rechte vorbehalten.

15 Aussagen und Wahrheitswerte

Was eine Aussage ist, Verknüpfungen und ihre Zeichen

Die Aussagenlogik untersucht Sätze, die entweder wahr oder falsch sind. Solche Sätze heißen Aussagen. Die Schaltalgebra (Boolesche Algebra) überträgt dieselben Regeln auf Schaltungen.

Aussage und Wahrheitswert

Eine Aussage ist ein Satz, dem man eindeutig wahr oder falsch zuordnen kann. Wahr schreibt man als 1, falsch als 0.

„7 ist eine Primzahl“	Aussage, wahr (1).

„Stuttgart liegt am Meer“	Aussage, falsch (0).
„Wie spät ist es?“	Keine Aussage: eine Frage.
„Mach das Fenster zu!“	Keine Aussage: ein Befehl.

Aussagen bekommen Namen wie A, B, C. A steht dann zum Beispiel für „Die Lampe leuchtet“.

Verknüpfungen und ihre Zeichen

Aus einfachen Aussagen entstehen zusammengesetzte. Jede Verknüpfung hat ein Zeichen und ein passendes Gatter.

¬A	nicht A (Negation) – Gatter NICHT
A ∧ B	A und B (Konjunktion) – Gatter UND
A ∨ B	A oder B (Disjunktion, einschließend) – Gatter ODER
A ⊕ B	entweder A oder B (Antivalenz) – Gatter XOR
¬(A ∧ B)	nicht (A und B) – Gatter NAND
¬(A ∨ B)	nicht (A oder B) – Gatter NOR
A ↔ B	A genau dann, wenn B (Äquivalenz) – Gatter XNOR

> **Tipp:** Das „oder“ der Alltagssprache ist mehrdeutig. In der Logik heißt ODER „mindestens eines von beiden“; „entweder … oder“ (genau eines) ist das XOR.

Alltagsbeispiele

- UND: Der Motor startet nur, wenn der Schlüssel steckt und die Bremse getreten ist.
- ODER: Der Alarm geht los, wenn Tür oder Fenster geöffnet wird.
- NICHT: Die Lampe leuchtet, wenn es nicht hell ist.
- XOR: Die Flurlampe lässt sich von zwei Schaltern aus bedienen (Wechselschaltung).

16 Signale in der Elektronik

0 und 1 als Spannung, Pegel und Masse

In einer digitalen Schaltung gibt es nur zwei Zustände. Man nennt sie 0 und 1, niedrig und hoch, aus und an.

0 und 1 als Spannung

Technisch sind das zwei Spannungsbereiche. Bei vielen Schaltkreisen liegen 0 Volt (Masse) für die 0 und 5 Volt oder 3,3 Volt für die 1 an.

0	niedriger Pegel, etwa 0 V (Masse)
1	hoher Pegel, etwa 5 V oder 3,3 V (Betriebsspannung)

Warum nur zwei Zustände?

Zwei Zustände lassen sich sehr zuverlässig unterscheiden. Ein Signal darf dabei ein wenig schwanken, ohne dass aus einer 0 eine 1 wird. Deshalb sind digitale Schaltungen robust und lassen sich in großen Mengen bauen.

Eingänge und Ausgänge

Ein Gatter hat einen oder mehrere Eingänge und einen Ausgang. Der Ausgang hängt allein von den aktuellen Eingängen ab. Solche Schaltungen heißen kombinatorisch. Mit einem Zähler oder einer Uhr kommt die Zeit hinzu.

Schalter als Eingänge

Ein Schalter oder Taster liefert die Eingangssignale: Geschlossen (an) heißt 1, offen (aus) heißt 0. Eine Lampe als Ausgang leuchtet bei 1.

> **Tipp:** In dieser App ist 1 grün und 0 grau-blau. Ein nicht angeschlossener Eingang ist „offen“ und orange.

17 Alle Gatter im Überblick

Funktion und Wahrheitstabelle aller Logikgatter nebeneinander

Ein Logikgatter verknüpft ein oder zwei Eingangssignale zu einem Ausgangssignal Q. Die Tabelle zeigt alle Gatter nebeneinander. Jede Zeile gehört zu einer Eingangskombination.

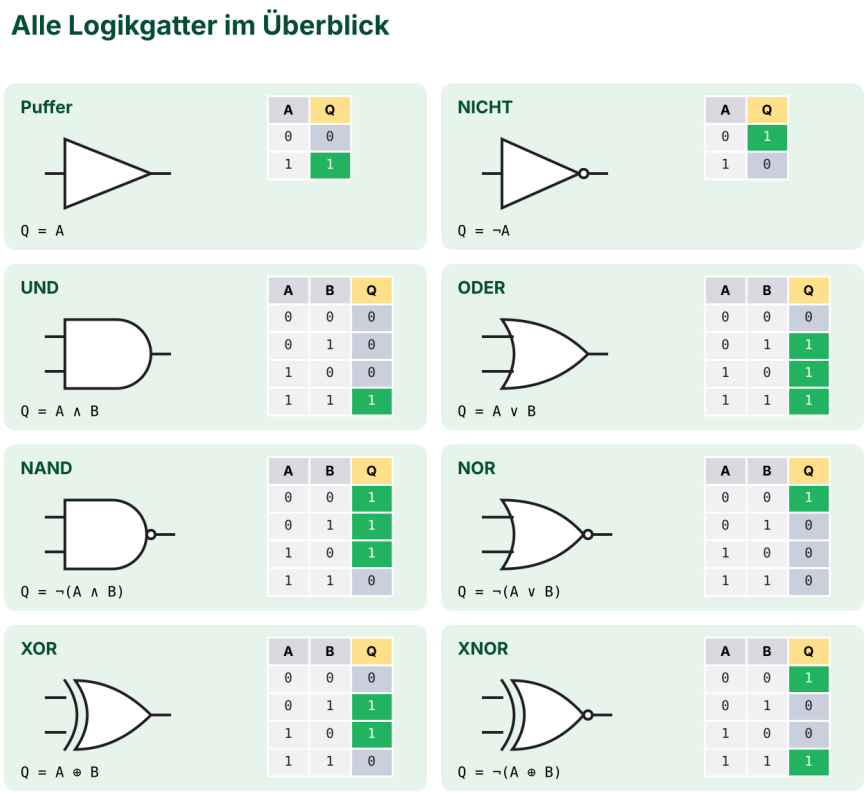


Abbildung 11: Alle Gatter mit Symbol, Gleichung und Wahrheitstabelle

Gleichungen und Regeln

Puffer	Q = A – der Ausgang ist gleich dem Eingang.
NICHT	Q = ¬A – der Ausgang ist das Gegenteil des Eingangs.
UND	Q = A ∧ B – Q ist 1, nur wenn beide Eingänge 1 sind.
ODER	Q = A ∨ B – Q ist 1, wenn mindestens ein Eingang 1 ist.
NAND	Q = ¬(A ∧ B) – Q ist 0, nur wenn beide Eingänge 1 sind.
NOR	Q = ¬(A ∨ B) – Q ist 1, nur wenn beide Eingänge 0 sind.
XOR	Q = A ⊕ B – Q ist 1, wenn die Eingänge verschieden sind.
XNOR	Q = ¬(A ⊕ B) – Q ist 1, wenn die Eingänge gleich sind.

Gegenstücke

- NAND ist UND mit negiertem Ausgang, in jeder Zeile steht das Gegenteil.
- NOR ist ODER mit negiertem Ausgang.
- XNOR ist XOR mit negiertem Ausgang.

Die beiden Symbolformen

Jedes Gatter gibt es als Normsymbol (Rechteck mit &, ≥1, =1, 1) und als klassische Form. Ein kleiner Kreis am Ausgang bedeutet Negation. Ein Wechsel zwischen den Formen ist in der Werkbank über „Darstellung“ möglich.

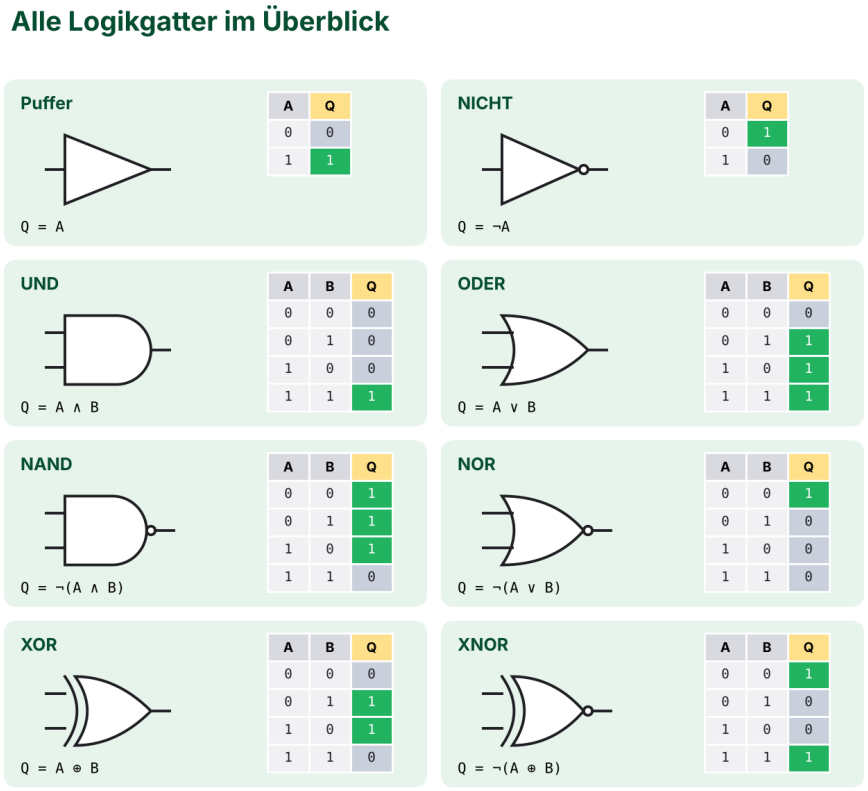


Abbildung 12: Alle Gatter mit Symbol, Gleichung und Wahrheitstabelle

> **Tipp:** Auf den folgenden Seiten steht jedes Gatter einzeln mit Beispiel und Tabelle.

18 Puffer (BUFFER)

Q = A: gibt das Signal unverändert weiter

Funktion

Der Puffer gibt sein Eingangssignal unverändert weiter: Q = A.

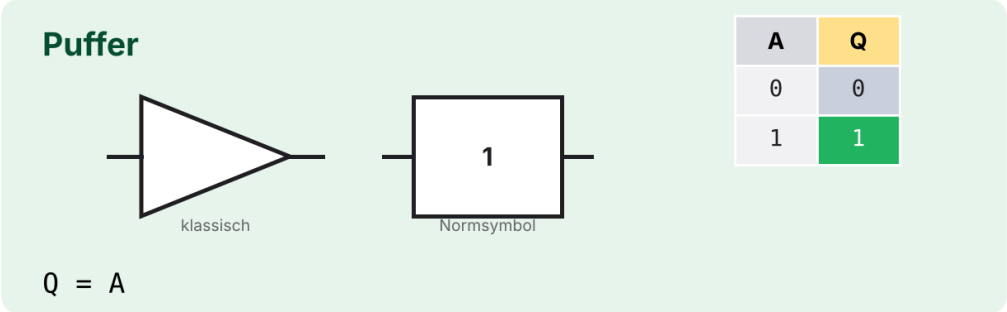


Abbildung 13

Wozu braucht man ihn?

Logisch ändert der Puffer nichts. Technisch frischt er ein geschwächtes Signal auf und kann viele nachfolgende Gatter gleichzeitig treiben. In der Werkbank eignet er sich, um eine Leitung übersichtlich zu führen oder als Platzhalter.

Wahrheitstabelle

A = 0	Q = 0
A = 1	Q = 1

> **Tipp:** Zwei Puffer hintereinander sind wieder ein Puffer. Zwei NICHT-Gatter hintereinander ergeben ebenfalls eine unveränderte Weitergabe.

19 NICHT (NOT)

Q = ¬A: kehrt das Signal um

Funktion

Das NICHT-Gatter (Inverter) kehrt das Signal um: Aus 0 wird 1 und aus 1 wird 0. Man schreibt Q = ¬A, gesprochen „nicht A“.

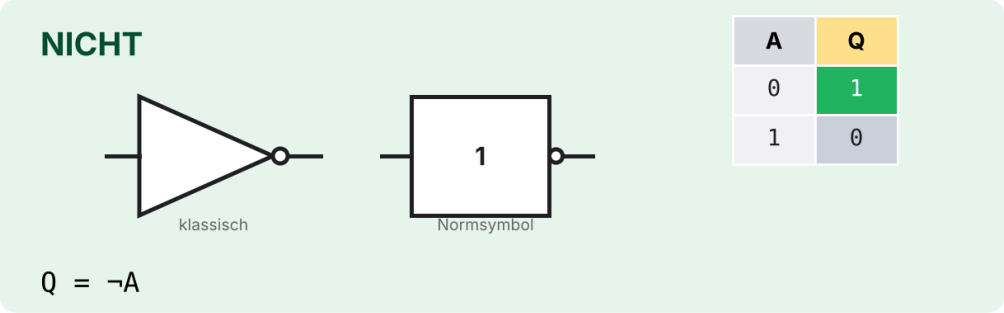


Abbildung 14

Beispiel

Eine Lampe soll leuchten, wenn es dunkel ist. Ein Lichtsensor liefert 1, wenn es hell ist. Durch ein NICHT-Gatter wird daraus das Signal „dunkel“.

Wahrheitstabelle

A = 0	Q = 1
A = 1	Q = 0

Eigenschaften

- Doppelte Verneinung hebt sich auf: ¬¬A = A.
- Ein kleiner Kreis am Ausgang eines Symbols bedeutet immer „negiert“.
- Aus einem NAND mit zusammengeschalteten Eingängen entsteht ein NICHT.

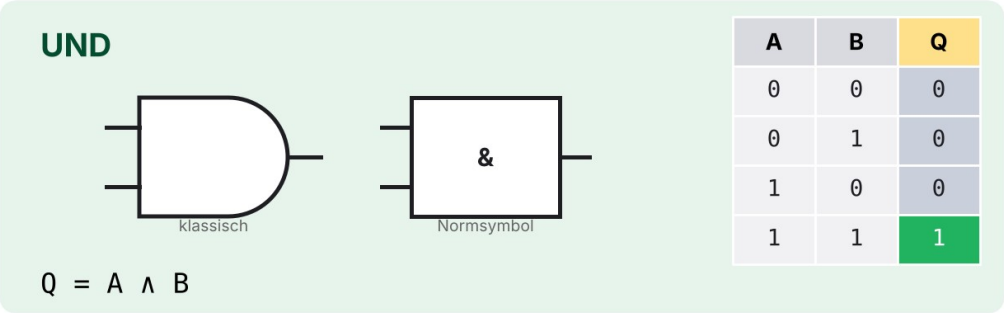
> **Tipp:** Das NICHT ist das einzige Gatter mit nur einem Eingang, das etwas verändert.

20 UND (AND)

Q = A ∧ B: nur 1, wenn alle Eingänge 1 sind

Funktion

Das UND-Gatter liefert nur dann 1, wenn alle Eingänge 1 sind: Q = A ∧ B. Es entspricht einer Reihenschaltung von Schaltern: Strom fließt nur, wenn beide geschlossen sind.



A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Abbildung 15

Beispiel

Eine Presse startet nur, wenn linke und rechte Taste gleichzeitig gedrückt sind (Zwei-Hand-Bedienung).

Wahrheitstabelle

A = 0, B = 0	Q = 0
A = 0, B = 1	Q = 0
A = 1, B = 0	Q = 0
A = 1, B = 1	Q = 1

Eigenschaften

- Eine 0 an einem Eingang erzwingt Q = 0, egal was am anderen anliegt.
- Eine 1 am Eingang ändert nichts: A ∧ 1 = A.
- Reihenfolge der Eingänge spielt keine Rolle: A ∧ B = B ∧ A.
- Mit mehr Eingängen gilt dieselbe Regel: Q = 1 nur, wenn alle 1 sind.

> **Tipp:** Merksatz: UND ist wie Multiplikation, 1 · 1 = 1, alles andere 0.

21 ODER (OR)

Q = A ∨ B: 1, wenn mindestens ein Eingang 1 ist

Funktion

Das ODER-Gatter liefert 1, wenn mindestens ein Eingang 1 ist: Q = A ∨ B. Es entspricht einer Parallelschaltung von Schaltern: Strom fließt, sobald einer geschlossen ist.

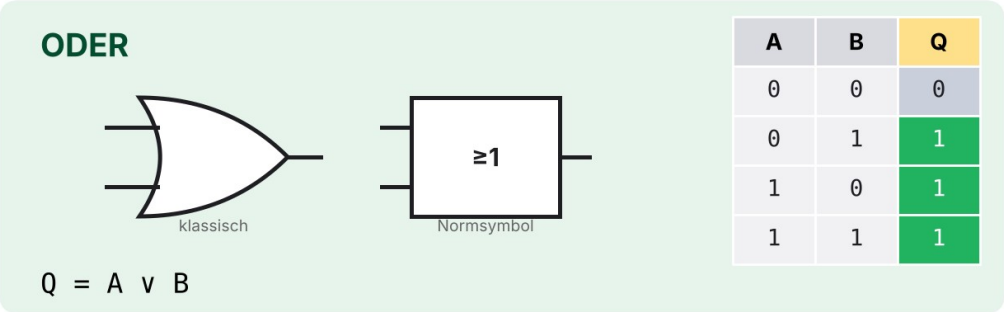


Abbildung 16

Beispiel

Ein Alarm ertönt, wenn die Tür oder das Fenster geöffnet wird – oder beides.

Wahrheitstabelle

A = 0, B = 0	Q = 0
A = 0, B = 1	Q = 1
A = 1, B = 0	Q = 1
A = 1, B = 1	Q = 1

Eigenschaften

- Eine 1 an einem Eingang erzwingt Q = 1.
- Eine 0 am Eingang ändert nichts: A ∨ 0 = A.
- Es ist ein „einschließendes“ Oder: Auch wenn beide 1 sind, ist Q = 1.

> **Tipp:** Merksatz: ODER ist wie Maximum, das größere der beiden Bits gewinnt.

22 NAND (nicht UND)

Q = ¬(A ∧ B): 0 nur, wenn beide Eingänge 1 sind

Funktion

Das NAND-Gatter ist ein UND mit negiertem Ausgang: Q = ¬(A ∧ B). Es liefert nur 0, wenn beide Eingänge 1 sind, sonst immer 1.

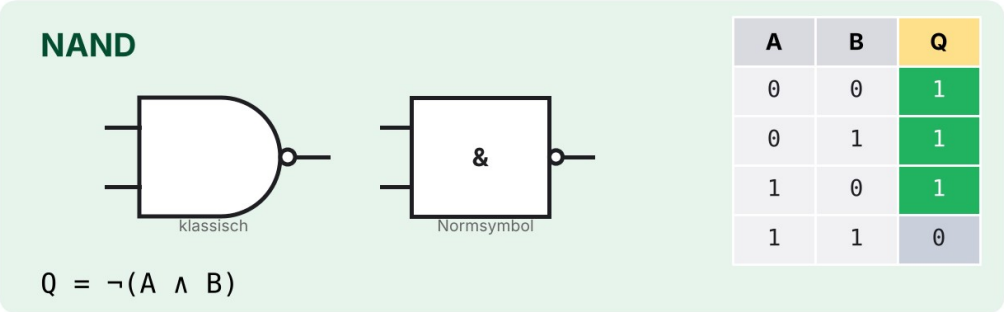


Abbildung 17

Wahrheitstabelle

A = 0, B = 0	Q = 1
A = 0, B = 1	Q = 1
A = 1, B = 0	Q = 1
A = 1, B = 1	Q = 0

Warum ist NAND so wichtig?

Aus NAND-Gattern allein lässt sich jede andere Schaltung bauen (siehe „Alles aus NAND“). Außerdem ist es elektronisch besonders einfach: Zwei Transistoren und ein Widerstand genügen (siehe „Wie ist ein NAND aufgebaut?“).

> **Tipp:** Das NAND ist das UND mit Kreis am Ausgang. Der Kreis bedeutet: Das Ergebnis wird umgekehrt.

23 NOR (nicht ODER)

Q = ¬(A ∨ B): 1 nur, wenn beide Eingänge 0 sind

Funktion

Das NOR-Gatter ist ein ODER mit negiertem Ausgang: Q = ¬(A ∨ B). Es liefert nur 1, wenn beide Eingänge 0 sind.

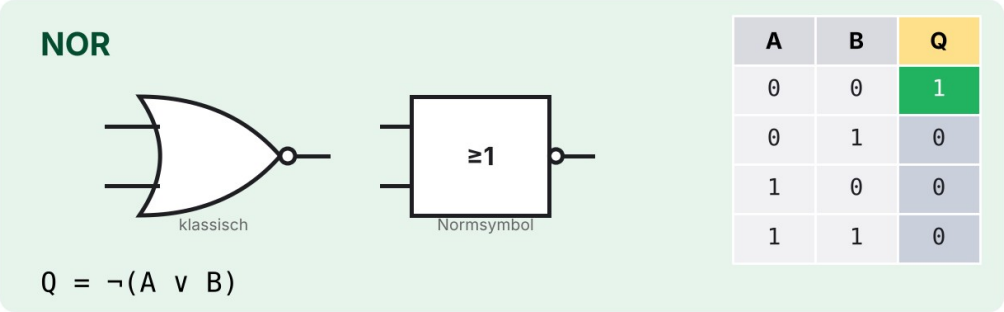


Abbildung 18

Wahrheitstabelle

A = 0, B = 0	Q = 1
A = 0, B = 1	Q = 0
A = 1, B = 0	Q = 0
A = 1, B = 1	Q = 0

Beispiel

Eine Kontrolllampe soll nur leuchten, wenn kein einziger Schalter gedrückt ist: Q = 1 genau dann, wenn alle Eingänge 0 sind.

Eigenschaften

- Wie das NAND ist auch das NOR ein Universalgatter: Jede Schaltung lässt sich allein aus NOR-Gattern bauen.
- Nach De Morgan gilt: ¬(A ∨ B) = ¬A ∧ ¬B.

24 XOR (Entweder-oder)

Q = A ⊕ B: 1, wenn die Eingänge verschieden sind

Funktion

Das XOR-Gatter liefert 1, wenn die beiden Eingänge verschieden sind: Q = A ⊕ B. Sind sie gleich, ist Q = 0.

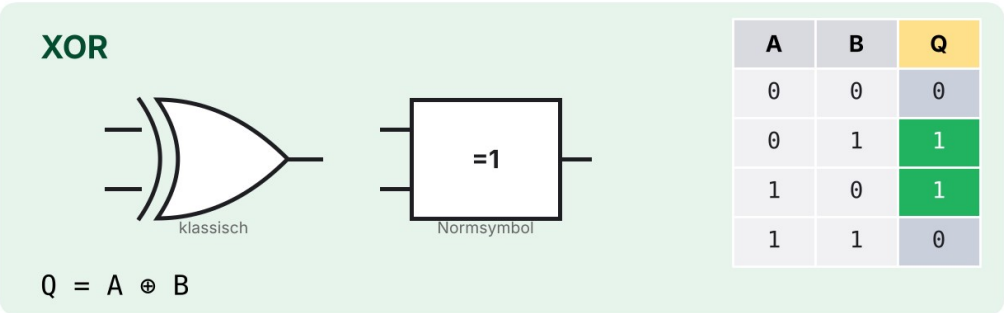


Abbildung 19

Wahrheitstabelle

A = 0, B = 0	Q = 0
A = 0, B = 1	Q = 1
A = 1, B = 0	Q = 1
A = 1, B = 1	Q = 0

Beispiele

- Wechselschaltung: Eine Lampe lässt sich von zwei Schaltern aus ein- und ausschalten. Jeder Schalterwechsel kehrt die Lampe um.
- Addierer: Die Summe zweier Bits ist A ⊕ B (siehe „Addierer“).

Eigenschaften

- XOR ist ein „steuerbarer Inverter“: Bei B = 0 gibt es A weiter, bei B = 1 kehrt es A um.
- Aus einem XOR lässt sich ein Paritätsbit bilden.
- Man kann es aus UND, ODER und NICHT bauen: A ⊕ B = (A ∨ B) ∧ ¬(A ∧ B).

25 XNOR (Gleichheit)

Q = ¬(A ⊕ B): 1, wenn die Eingänge gleich sind

Funktion

Das XNOR-Gatter ist ein XOR mit negiertem Ausgang. Es liefert 1, wenn beide Eingänge gleich sind: Q = ¬(A ⊕ B), auch geschrieben A ↔ B.

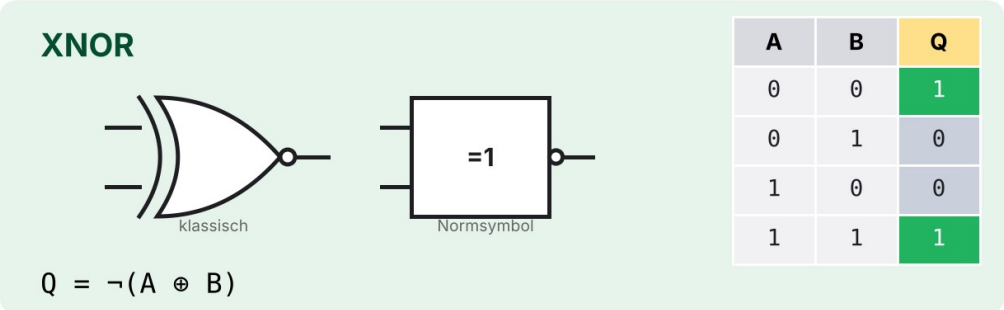


Abbildung 20

Wahrheitstabelle

A = 0, B = 0	Q = 1
A = 0, B = 1	Q = 0
A = 1, B = 0	Q = 0

A = 1, B = 1	Q = 1

Verwendung

XNOR ist ein Gleichheits-Vergleicher für einzelne Bits. Vergleicht man zwei Zahlen Bit für Bit mit XNOR und verknüpft die Ergebnisse mit UND, erkennt man, ob die Zahlen gleich sind.

> **Tipp:** In der Aussagenlogik entspricht XNOR der Äquivalenz „A genau dann, wenn B“.

26 Rechenregeln der Schaltalgebra

Gesetze zum Vereinfachen, De Morgan

Mit diesen Gesetzen lassen sich Terme umformen und Schaltungen vereinfachen. Du kannst jedes davon in der Werkbank mit Wahrheitstabellen nachprüfen: Zwei Terme sind gleich, wenn ihre Tabellen übereinstimmen.

Grundgesetze

A ∧ 1 = A	Eine 1 bei UND ändert nichts.
A ∧ 0 = 0	Eine 0 bei UND erzwingt 0.
A ∨ 0 = A	Eine 0 bei ODER ändert nichts.
A ∨ 1 = 1	Eine 1 bei ODER erzwingt 1.
A ∧ A = A	Idempotenz
A ∨ A = A	Idempotenz
A ∧ ¬A = 0	Ein Widerspruch ist nie wahr.
A ∨ ¬A = 1	Der ausgeschlossene Dritte: immer wahr.
¬¬A = A	Doppelte Verneinung

Vertauschen und Zusammenfassen

A ∧ B = B ∧ A	Kommutativgesetz
A ∨ B = B ∨ A	Kommutativgesetz
(A ∧ B) ∧ C = A ∧ (B ∧ C)	Assoziativgesetz
(A ∨ B) ∨ C = A ∨ (B ∨ C)	Assoziativgesetz

Ausklammern

A ∧ (B ∨ C) = (A ∧ B) ∨ (A ∧ C)	Distributivgesetz
A ∨ (B ∧ C) = (A ∨ B) ∧ (A ∨ C)	Distributivgesetz

Absorption

A ∨ (A ∧ B) = A	Der Zusatz ist überflüssig.
A ∧ (A ∨ B) = A	Ebenso.

De Morgan

Verneinst du eine Verknüpfung, vertauschst du UND und ODER und verneinst die Teile:

¬(A ∧ B) = ¬A ∨ ¬B	NAND = ODER der negierten Eingänge
¬(A ∨ B) = ¬A ∧ ¬B	NOR = UND der negierten Eingänge

> **Tipp:** Das Beispiel „De Morgan“ in der Werkbank baut beide Seiten nebeneinander auf. Die Wahrheitstabellen sind identisch.

Ein Beispiel zum Vereinfachen

(A ∧ B) ∨ (A ∧ ¬B) klammerst du aus: A ∧ (B ∨ ¬B). Da B ∨ ¬B = 1 ist, bleibt A ∧ 1 = A. Die ganze Schaltung ist also nur ein Draht von A.

27 Terme und Wahrheitstabellen

Tabelle aufstellen, Term ablesen, Schaltung bauen

Term, Wahrheitstabelle und Schaltung sind drei Darstellungen derselben Funktion. Du kannst von jeder zu jeder anderen wechseln.

Wahrheitstabelle aufstellen

1. Zähle die Eingänge: n Eingänge ergeben 2^n Zeilen (2 → 4, 3 → 8, 4 → 16).
2. Schreibe die Eingänge als Binärzahlen von 0 hochzählend untereinander.
3. Berechne für jede Zeile den Ausgang Schritt für Schritt, zuerst die Klammern.

Beispiel: Q = A ∧ ¬B

A = 0, B = 0	¬B = 1, Q = 0
A = 0, B = 1	¬B = 0, Q = 0

A = 1, B = 0	¬B = 1, Q = 1
A = 1, B = 1	¬B = 0, Q = 0

Term aus einer Tabelle gewinnen (Disjunktive Normalform)

1. Suche alle Zeilen, in denen Q = 1 ist.
2. Bilde zu jeder dieser Zeilen ein UND aller Eingänge: Steht eine 1, nimm den Eingang, steht eine 0, nimm den negierten Eingang.
3. Verknüpfe alle diese UND-Terme mit ODER.

Beispiel XOR: Q = 1 in den Zeilen (A=0, B=1) und (A=1, B=0). Das ergibt Q = (¬A ∧ B) ∨ (A ∧ ¬B).

Schaltung aus einem Term

- Jede Verknüpfung im Term wird ein Gatter.
- Die innersten Klammern werden zuerst gebaut.
- Jede Variable wird ein Schalter. Ein Schalter darf mehrere Gatter speisen.

> **Tipp:** Die Werkbank zeigt zu deiner Schaltung den Term und die Wahrheitstabelle automatisch. So kannst du dein Ergebnis von Hand prüfen.

28 Wie ist ein NAND aufgebaut?

Vom Transistor zum Gatter: Widerstand, zwei Schalter, Ausgang

Bisher waren Gatter schwarze Kästen. Hier öffnen wir einen: das NAND. Es zeigt, wie aus Spannungen Logik wird.

Der Transistor als Schalter

Der Transistor ist das wichtigste Bauteil der Elektronik. Er arbeitet wie ein Schalter, den man nicht von Hand, sondern mit einer Spannung bedient. Ein NPN-Transistor hat drei Anschlüsse.

B (Basis)	Steueranschluss. Hier liegt das Eingangssignal an.
C (Kollektor)	Hier fließt der Strom hinein.
E (Emitter)	Hier fließt der Strom heraus, meist zur Masse.

Liegt an B eine 1 (hohe Spannung), leitet der Transistor zwischen C und E. Liegt dort eine 0, sperrt er.

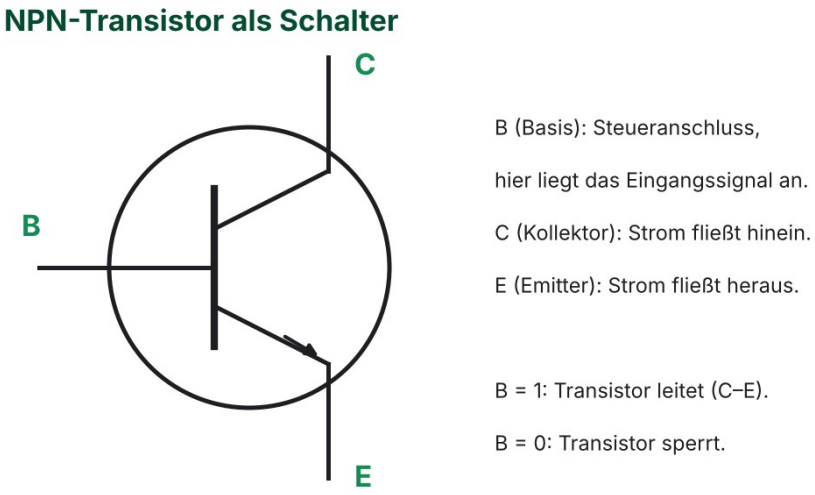


Abbildung 21: Der NPN-Transistor als Schalter

Zwei Schalter in Reihe: das UND

Zwei Schalter hintereinander („in Reihe“) lassen Strom nur durch, wenn beide geschlossen sind. Oben hängt über einen Widerstand R die Betriebsspannung von 5 Volt (die 1), unten liegt Masse mit 0 Volt (die 0). Der Ausgang Q wird zwischen dem Widerstand und den Schaltern abgegriffen.

Probiere alle vier Kombinationen aus:

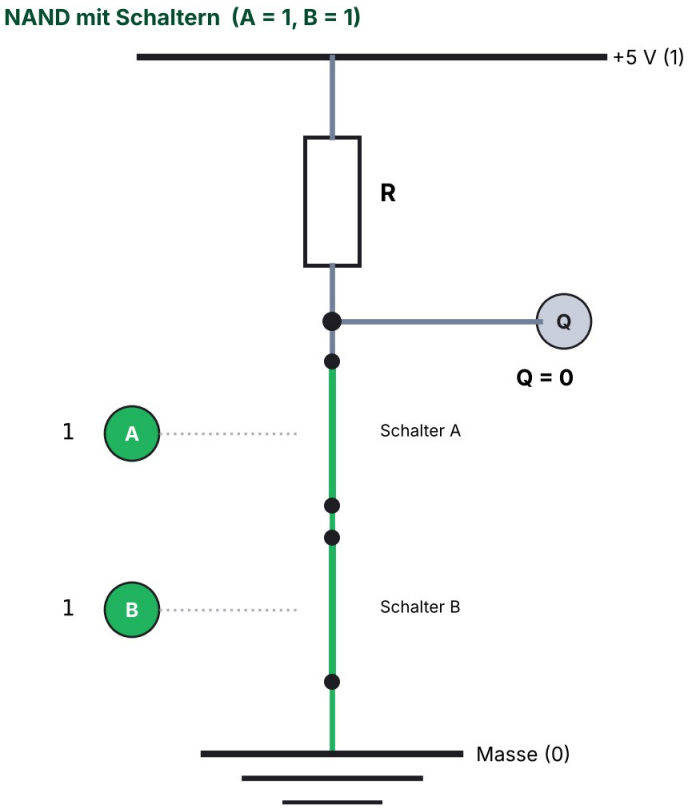


Abbildung 22: NAND mit Schaltern (Modell)

Warum ist Q dann NAND?

- Beide Schalter geschlossen: Strom fließt von +5 V über R und die Schalter nach Masse. Am Widerstand fällt die Spannung ab, Q liegt bei 0 V: Q = 0.

- Mindestens ein Schalter offen: Es fließt kein Strom. Am Widerstand fällt nichts ab, Q liegt bei +5 V: Q = 1.

Das ist genau die Wahrheitstabelle des NAND.

Mit echten Transistoren

Ersetzt man die Schalter durch zwei Transistoren, ist die Schaltung ein richtiges NAND:

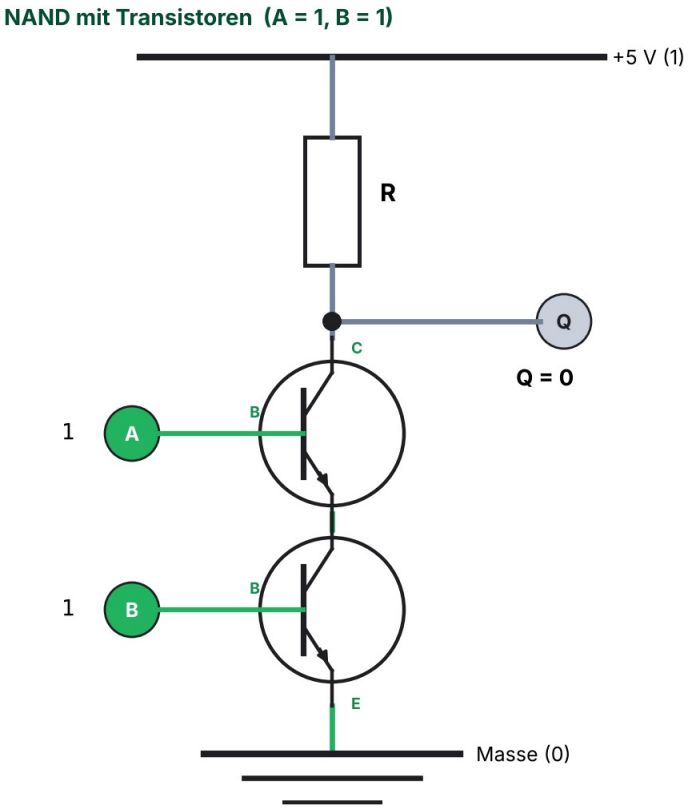


Abbildung 23: NAND aus Widerstand und zwei Transistoren

Zustandstabelle

A = 0, B = 0	Beide Transistoren sperren, Q = 1
A = 0, B = 1	A sperrt, B leitet, Q = 1
A = 1, B = 0	A leitet, B sperrt, Q = 1
A = 1, B = 1	Beide leiten, Q = 0

Wozu dient der Widerstand?

Der Widerstand R begrenzt den Strom. Ohne ihn gäbe es einen Kurzschluss zwischen +5 V und Masse, sobald beide Transistoren leiten. Ist der Weg nach Masse unterbrochen, zieht R den Ausgang auf +5 V („Pull-up“).

> **Tipp:** Das Bild ist vereinfacht. In echten Schaltungen liegen Widerstände vor den Basisanschlüssen, und moderne Chips verwenden statt dieser Transistoren MOSFETs in CMOS-Technik. Das Prinzip bleibt: Schalter, die von Spannungen gesteuert werden. Ein Prozessor besteht aus Milliarden solcher Schalter.

29 Alles aus NAND

Universalgatter: jede Schaltung aus einem einzigen Gattertyp

NAND (und ebenso NOR) ist ein Universalgatter: Aus ihm allein lässt sich jede logische Funktion bauen. Deshalb bestehen viele Chips fast nur aus NAND-Gattern.

NICHT aus NAND

Beide Eingänge des NAND zusammenschalten: ¬(A ∧ A) = ¬A.

UND aus NAND

Ein NAND, danach ein NICHT (wieder aus NAND): ¬¬(A ∧ B) = A ∧ B. Es sind zwei NAND-Gatter.

ODER aus NAND

Beide Eingänge zuerst einzeln negieren, dann ein NAND: ¬(¬A ∧ ¬B) = A ∨ B. Das ist De Morgan. Es sind drei NAND-Gatter.

NICHT	1 NAND
UND	2 NAND
ODER	3 NAND

> **Tipp:** Das Beispiel „Alles aus NAND“ in der Werkbank baut diese drei Schaltungen auf. Prüfe ihre Wahrheitstabellen.

30 Binärzahlen und 7-Segment

Zahlen in Bits, Wertigkeiten 8-4-2-1, Anzeige

Computer rechnen mit Bits. Eine Zahl wird als Folge von 0 und 1 geschrieben, jede Stelle hat eine Wertigkeit, die sich von Stelle zu Stelle verdoppelt.

Vier Bits: 8-4-2-1

Wertigkeiten	8, 4, 2, 1 von links nach rechts
0000	0
0001	1

0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9

Umrechnen

Binär nach Dezimal: Zähle die Wertigkeiten der Stellen mit einer 1 zusammen. Beispiel 0110 = 4 + 2 = 6.

Dezimal nach Binär: Ziehe die größte passende Wertigkeit ab, bis der Rest 0 ist. Beispiel 9 = 8 + 1 = 1001.

> **Tipp:** Mit n Bits lassen sich 2^n Zahlen darstellen, also 0 bis $2^n - 1$. Vier Bits reichen für 0 bis 15.

Die 7-Segment-Anzeige

Sieben Leuchtstreifen (a bis g) bilden jede Ziffer. Eine Schaltung muss aus den vier Bits entscheiden, welche Streifen leuchten. In der App übernimmt das Bauteil „7-Segment-Zahl“ diese Aufgabe: Es hat vier Eingänge (8-4-2-1) und zeigt die Ziffer 0–9, bei 10–15 die Buchstaben A–F.

Mit Bits rechnen und prüfen

- Ist eine Zahl ≥ 8, leuchtet das 8-Bit.
- Ist eine Zahl gerade, ist das 1-Bit gleich 0.
- Eine Zahl ≥ 5 erkennt man als: 8-Bit oder (4-Bit und (2-Bit oder 1-Bit)).

Das Beispiel „Zahl ≥ 5“ und das Beispiel „Primzahl-Erkennung“ setzen solche Überlegungen als Schaltung um.

31 Addierer

Halbaddierer und Volladdierer als Bausteine des Rechnens

Mit Gattern kann man rechnen. Die Grundidee: Zwei Bits werden wie Dezimalziffern addiert, mit Übertrag.

Binäre Addition

0 + 0	= 0
0 + 1	= 1
1 + 0	= 1

1 + 1	= 10 (Summe 0, Übertrag 1)

Halbaddierer

Er addiert zwei Bits A und B und liefert zwei Ausgänge:

Summe S	S = A ⊕ B (XOR)
Übertrag C	C = A ∧ B (UND)

Bei A = 1 und B = 1 ist S = 0 und C = 1, also 1 + 1 = 10.

Volladdierer

Er addiert zusätzlich einen Übertrag Cin aus der Stelle davor. Zwei Halbaddierer und ein ODER ergeben einen Volladdierer. Hintereinandergeschaltet addieren Volladdierer Zahlen beliebiger Länge.

S	S = A ⊕ B ⊕ Cin
Cout	Cout = (A ∧ B) ∨ (Cin ∧ (A ⊕ B))

> **Tipp:** Die Beispiele „Halbaddierer“ und „Volladdierer“ stehen fertig in der Werkbank. Schalte die Eingänge durch und lies die Summe ab.

32 Glossar

Fachbegriffe kurz erklärt

Aussage	Satz, der wahr oder falsch ist.
Bit	Kleinste Informationseinheit: 0 oder 1.
Boolesche Algebra	Rechnen mit 0 und 1 mit UND, ODER, NICHT; nach George Boole.
De Morgan	Regeln zum Verneinen von UND und ODER.
Eingang / Ausgang	Anschluss, an dem ein Gatter ein Signal erhält bzw. abgibt.
Gatter	Bauteil, das Eingangssignale logisch verknüpft.
Kombinatorisch	Der Ausgang hängt nur von den aktuellen Eingängen ab.
Konjunktion	UND-Verknüpfung (∧).
Disjunktion	ODER-Verknüpfung (∨).
Negation	Umkehrung, NICHT (¬).

Antivalenz	XOR ($\oplus$): genau eines von beiden.
Äquivalenz	XNOR ($\leftrightarrow$): beide gleich.
Masse	Bezugspotential mit 0 Volt.
Pegel	Spannungsbereich für 0 (niedrig) oder 1 (hoch).
Pull-up	Widerstand, der einen Ausgang auf die hohe Spannung zieht.
Term	Rechenausdruck aus Variablen und Verknüpfungen, z. B. A ∧ ¬B.
Transistor	Spannungsgesteuerter Schalter, Grundbaustein der Gatter.
Universalgatter	Gatter, aus dem sich alle anderen bauen lassen (NAND, NOR).
Wahrheitstabelle	Tabelle aller Eingangskombinationen mit dem zugehörigen Ausgang.
Wertigkeit	Wert einer Stelle in einer Zahl, bei Binärzahlen 1, 2, 4, 8 …

33 Rechtliches

Impressum, Datenschutz, Haftung und Lizenzen

Dieses Kapitel enthält die rechtlichen Hinweise zur App in der jeweils gültigen Fassung (Stand der Websites morello.de). Maßgeblich ist stets die aktuelle Fassung unter morello.de/impressum.html und morello.de/Datenschutzerklarung.html.

Impressum

Angaben gemäß § 5 Digitale-Dienste-Gesetz (DDG)

Anbieter

Calogero Morello
Beethovenstrasse 3
74369 Löchgau
Deutschland

Telefon: 07143 – 7638830
E-Mail: info(at)morello(punkt)de

Geltungsbereich

Dieses Impressum gilt für die App CM Logic with fun.

Verbraucherstreitbeilegung

Ich bin nicht bereit und nicht verpflichtet, an Streitbeilegungsverfahren vor einer Verbraucherschlichtungsstelle teilzunehmen (§ 36 VSBG).

Haftungsausschluss / Disclaimer

1. Haftung für Inhalte

Die Inhalte meiner App werden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Der Anbieter übernimmt jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der bereitgestellten Inhalte. Die Nutzung erfolgt auf eigene Gefahr des Nutzers.

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben die Meinung des jeweiligen Autors und nicht immer die Meinung des Anbieters wieder. Mit der reinen Nutzung der App kommt keinerlei Vertragsverhältnis zwischen dem Nutzer und dem Anbieter zustande.

2. Haftung für die Nutzung der Apps

Meine Apps unterstützen sportliche Abläufe, Zeitmessungen, Auswertungen, Videoanalysen, Lerninhalte und die Sicherung von E-Mails. Sie ersetzen weder die offiziellen Wettkampfregeln und Wertungsunterlagen des jeweiligen Verbandes noch die Entscheidung der zuständigen Kampfrichter oder der Wettkampfleitung, und sie ersetzen keine trainerische, medizinische oder therapeutische Beratung. Für Ergebnisse, Entscheidungen oder Trainingsmaßnahmen, die auf Grundlage der in einer App angezeigten Werte getroffen werden, wird keine Haftung übernommen. Für die Sicherung der lokal auf dem Gerät gespeicherten Daten, etwa über ein Gerätebackup, ist der Nutzer selbst verantwortlich.

3. Urheber- und Leistungsschutzrechte

Die in der App veröffentlichten Inhalte unterliegen dem deutschen Urheber- und Leistungsschutzrecht. Jede vom deutschen Urheber- und Leistungsschutzrecht nicht zugelassene Verwertung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Anbieters oder jeweiligen Rechteinhabers. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigung,

Bearbeitung, Übersetzung, Einspeicherung, Verarbeitung bzw. Wiedergabe von Inhalten in Datenbanken oder anderen elektronischen Medien und Systemen. Inhalte und Rechte Dritter sind dabei als solche gekennzeichnet. Die unerlaubte Vervielfältigung oder Weitergabe einzelner Inhalte oder kompletter Seiten ist nicht gestattet und strafbar. Lediglich die Herstellung von Kopien und Downloads für den persönlichen, privaten und nicht kommerziellen Gebrauch ist erlaubt. Die Darstellung dieser Website in fremden Frames ist nur mit schriftlicher Erlaubnis zulässig.

4. Marken und Rechte Dritter

Apple, das Apple-Logo, iPhone, iPad, Apple Watch, Mac, macOS, App Store und Mac App Store sind Marken der Apple Inc. Genannte Produkt- und Firmennamen Dritter dienen ausschließlich der Beschreibung und sind Eigentum der jeweiligen Rechteinhaber.

Datenschutzerklärung

Der Schutz Ihrer Privatsphäre und Ihr Persönlichkeitsrecht sind mir ein wichtiges Anliegen. Die folgenden Hinweise informieren Sie darüber, welche personenbezogenen Daten bei der Nutzung meiner App verarbeitet werden. Dabei halte ich mich an die Vorgaben der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) und des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG).

Benennung der verantwortlichen Stelle

Verantwortlicher im Sinne der DSGVO ist:

Calogero Morello
Beethovenstrasse 3
74369 Löchgau
Deutschland

Telefon: 07143 – 7638830
E-Mail: info(at)morello(punkt)de

Geltungsbereich

Diese Datenschutzerklärung gilt für die App CM Logic with fun.

Teil A – Datenschutz in meinen Apps

Grundsatz: Ihre Daten bleiben auf Ihrem Gerät

Meine Apps arbeiten vollständig lokal. Das bedeutet:

- Es gibt keine Benutzerkonten und keine Registrierung.
- Ich betreibe für die Apps keine Server. Es werden keine Daten an mich übertragen.
- Es findet keine Analyse des Nutzungsverhaltens statt: keine Tracking-Dienste, keine Werbenetzwerke, keine Werbe-IDs, keine Cookies, kein Profiling.
- Alle von Ihnen erzeugten Inhalte und Einstellungen werden ausschließlich im geschützten Speicherbereich der App auf Ihrem Gerät abgelegt.
- Es erfolgt keine Weitergabe von Daten an Dritte.

Da ich keinerlei Daten aus den Apps erhalte, findet insoweit auch keine Verarbeitung personenbezogener Daten durch mich statt. Verantwortlich für die Inhalte, die Sie mit einer App erzeugen, bleiben Sie selbst.

Berechtigungen und lokal gespeicherte Daten je App

Die Apps fragen nur die Berechtigungen ab, die für ihre jeweilige Funktion notwendig sind. Die Abfrage erfolgt über den Systemdialog von iOS bzw. macOS. Sie können jede Berechtigung jederzeit in den Systemeinstellungen

Ihres Geräts widerrufen; die betreffende Funktion steht dann nicht mehr zur Verfügung, die App bleibt im Übrigen nutzbar.

Videoaufnahmen und Fotos

Nehmen Sie mit einer App Videos oder Fotos auf, auf denen Personen erkennbar sind, verarbeiten Sie selbst personenbezogene Daten dieser Personen und sind dafür datenschutzrechtlich verantwortlich. Holen Sie vor Aufnahmen im Training oder Wettkampf die Einwilligung der abgebildeten Personen ein, bei Minderjährigen die der Erziehungsberechtigten. Aufnahmen verlassen Ihr Gerät nur dann, wenn Sie sie selbst über die Teilen-Funktion von iOS weitergeben oder in die Fotomediathek exportieren. Für die anschließende Verarbeitung ist der von Ihnen gewählte Dienst oder Empfänger verantwortlich.

Analysefunktionen auf dem Gerät

Funktionen zur Bild- und Bewegungsanalyse laufen vollständig auf Ihrem Gerät und nutzen dafür Systemschnittstellen von Apple. Es werden keine Bilder oder Videos zur Analyse an mich oder an Dritte übertragen.

Löschung der App-Daten

Sie können einzelne Inhalte jederzeit innerhalb der App löschen. Beim Entfernen einer App vom Gerät werden alle von ihr im App-Speicherbereich gespeicherten Daten mit gelöscht. Haben Sie ein Backup Ihres Geräts erstellt, etwa über iCloud oder über Ihren Computer, können die Daten dort weiterhin enthalten sein; für dieses Backup ist Apple bzw. Ihr eigenes System verantwortlich.

Rechtsgrundlage

Soweit im Zusammenhang mit den Apps überhaupt eine Verarbeitung stattfindet, erfolgt sie zur Erfüllung des Nutzungsverhältnisses nach Art. 6 Abs. 1 lit. b DSGVO sowie auf Grundlage des berechtigten Interesses an einer funktionsfähigen, datensparsamen App nach Art. 6 Abs. 1 lit. f DSGVO. Der Zugriff auf Kamera, Mikrofon, Fotomediathek und lokales Netzwerk erfolgt nur nach Ihrer Freigabe über den Systemdialog von iOS bzw. macOS.

Bezug über den App Store bzw. Mac App Store

Der Download und die Aktualisierung der Apps erfolgen über den App Store bzw. den Mac App Store. Dabei verarbeitet Apple eigenverantwortlich Daten, etwa Ihre Apple-Account-Daten, den Zeitpunkt des Downloads und, sofern Sie dem in den Systemeinstellungen zugestimmt haben, Absturz- und Nutzungsberichte. Auf diese Verarbeitung habe ich keinen Einfluss. Ich erhalte von Apple lediglich anonymisierte, zusammengefasste Statistiken, die keinen Rückschluss auf einzelne Personen zulassen. Einzelheiten entnehmen Sie der Datenschutzrichtlinie von Apple: www.apple.com/de/legal/privacy (https://www.apple.com/de/legal/privacy/).

Support-Anfragen

Wenn Sie mich per E-Mail kontaktieren, verarbeite ich Ihre E-Mail-Adresse und die Angaben aus Ihrer Nachricht, um die Anfrage zu beantworten. Rechtsgrundlage ist Art. 6 Abs. 1 lit. f DSGVO. Die Nachrichten werden gelöscht, sobald sie nicht mehr benötigt werden und keine gesetzlichen Aufbewahrungspflichten entgegenstehen.

Teil B – Ihre Rechte

Dauer der Speicherung und routinemäßige Löschung

Ich verarbeite und speichere personenbezogene Daten nur für den Zeitraum, der zur Erfüllung des Speicherungszweckes erforderlich ist oder sofern dies in Gesetzen oder Vorschriften vorgesehen wurde. Nach Wegfall oder Erfüllung des Zwecks werden die Daten gelöscht bzw. gesperrt.

Ihre Rechte als betroffene Person

Sie haben das Recht auf Auskunft über die zu Ihrer Person gespeicherten Daten (Art. 15 DSGVO), auf Berichtigung (Art. 16 DSGVO), auf Löschung (Art. 17 DSGVO), auf Einschränkung der Verarbeitung (Art. 18 DSGVO) sowie auf Datenübertragbarkeit (Art. 20 DSGVO). Verarbeitungen auf Grundlage berechtigter Interessen können Sie nach Art. 21 DSGVO widersprechen.

Widerruf Ihrer Einwilligung zur Datenverarbeitung

Nur mit Ihrer ausdrücklichen Einwilligung sind einige Vorgänge der Datenverarbeitung möglich. Ein Widerruf Ihrer bereits erteilten Einwilligung ist jederzeit möglich; dafür genügt eine formlose Mitteilung per E-Mail. Die Rechtmäßigkeit der bis zum Widerruf erfolgten Datenverarbeitung bleibt unberührt.

Recht auf Beschwerde bei der zuständigen Aufsichtsbehörde

Ihnen steht ein Beschwerderecht bei einer Datenschutz-Aufsichtsbehörde zu. Zuständig ist der Landesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit Baden-Württemberg, Lautenschlagerstraße 20, 70173 Stuttgart. Eine Übersicht aller Aufsichtsbehörden finden Sie unter www.bfdi.bund.de (https://www.bfdi.bund.de/DE/Service/Anschriften/anschriften_node.html).

Lizenzen und Fremdkomponenten

CM Logic with fun verwendet ausschließlich die von Apple bereitgestellten Systemframeworks von iOS bzw. iPadOS. Es sind keine Open-Source- oder sonstigen Fremdkomponenten eingebunden, die einen gesonderten Lizenzhinweis erfordern.

English

This manual explains how to use CM Logic with fun and contains a reference on propositional logic, logic gates and switching algebra for grade 10 at grammar school. Chapters 1 to 14 describe the app, the following chapters the subject knowledge.

Contents

1 *Getting started* — *How the app is organised and your first circuit in five minutes*
2 *Placing components* — *Input, output components and logic gates in the bar*
3 *Drawing wires* — *Connecting components, removing wires, rules*
4 *Simulating* — *Signal colours, operating switches, reading results*
5 *Truth table and term* — *Copy the term, step through rows, collapse the table*
6 *Clock, counter and 7-segment* — *Circuits that move on their own*
7 *Selecting several components* — *Select tool with a frame*
8 *Using the canvas* — *Panning, zooming, overview and toolbar*
9 *Saving and loading* — *Autosave, copies, My circuits, import*
10 *Examples* — *Ready-made circuits from simple to complex*
11 *Exporting and sharing* — *PDF, image and circuit file*
12 *Learning path and certificate* — *Guided course, XP, levels and certificate*
13 *Settings and profile* — *Name, language, appearance*
14 *Privacy and legal notice* — *Everything stays on your device*
15 *Statements and truth values* — *What a statement is, connectives and their symbols*
16 *Signals in electronics* — *0 and 1 as voltage, levels and ground*
17 *All gates at a glance* — *Function and truth table of all logic gates side by side*
18 *Buffer* — *Q = A: passes the signal on unchanged*
19 *NOT* — *Q = ¬A: inverts the signal*
20 *AND* — *Q = A ∧ B: 1 only if all inputs are 1*
21 *OR* — *Q = A ∨ B: 1 if at least one input is 1*
22 *NAND (not AND)* — *Q = ¬(A ∧ B): 0 only if both inputs are 1*
23 *NOR (not OR)* — *Q = ¬(A ∨ B): 1 only if both inputs are 0*
24 *XOR (exclusive or)* — *Q = A ⊕ B: 1 if the inputs differ*
25 *XNOR (equivalence)* — *Q = ¬(A ⊕ B): 1 if the inputs are equal*
26 *Rules of switching algebra* — *Laws for simplifying, De Morgan*
27 *Terms and truth tables* — *Build a table, read off the term, build the circuit*
28 *How is a NAND built?* — *From transistor to gate: resistor, two switches, output*
29 *Everything from NAND* — *Universal gate: any circuit from a single gate type*
30 *Binary numbers and 7-segment* — *Numbers in bits, weights 8-4-2-1, display*
31 *Adders* — *Half adder and full adder as building blocks of arithmetic*
32 *Glossary* — *Technical terms briefly explained*
33 *Legal Notices* — *Legal notice, privacy, liability and licences*

1 Getting started

How the app is organised and your first circuit in five minutes

CM Logic with fun is a workbench for propositional logic and digital circuits. You place components on a canvas, connect them with wires and immediately see which signals flow. There is also a guided learning path and a reference.

The areas of the app

Learn	Guided course in stages with lessons, practice circuits and questions. The certificate waits at the end.
Knowledge	Reference: basic terms, all logic gates with truth tables, rules of calculation, how a NAND is built, number systems.
Workbench	The free canvas for building and experimenting, with the truth table on the right.
Menu “…”	Top right in every area: profile, settings, this manual and information about the app.

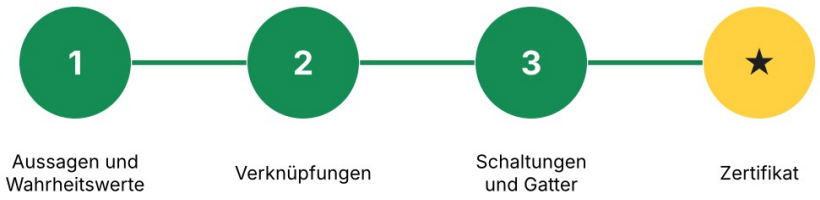


Figure 1: The stages of the learning path and the certificate

Your first circuit in five minutes

1. Open the workbench. It starts empty and centred at 100 %.
2. Tap “Switch” in the bar on the left, then “Lamp”. Both components appear on the canvas.
3. Drag from the round output on the right of the switch to the input on the left of the lamp. The wire snaps in.
4. Tap the switch. The lamp lights up and the wire turns green.
5. Open the truth table on the right. It shows what the circuit outputs for every switch position.
6. Put a NOT gate between switch and lamp and watch the behaviour flip.

> **Tip:** Once you have built a circuit the app saves it automatically. Under “Circuits” at the top you will also find ready-made examples to try.

2 Placing components

Input, output components and logic gates in the bar

The bar on the left holds all components in three groups. Tap a component and it appears in the middle of the visible canvas, or drag it to the place you want. You can move it afterwards with one finger.

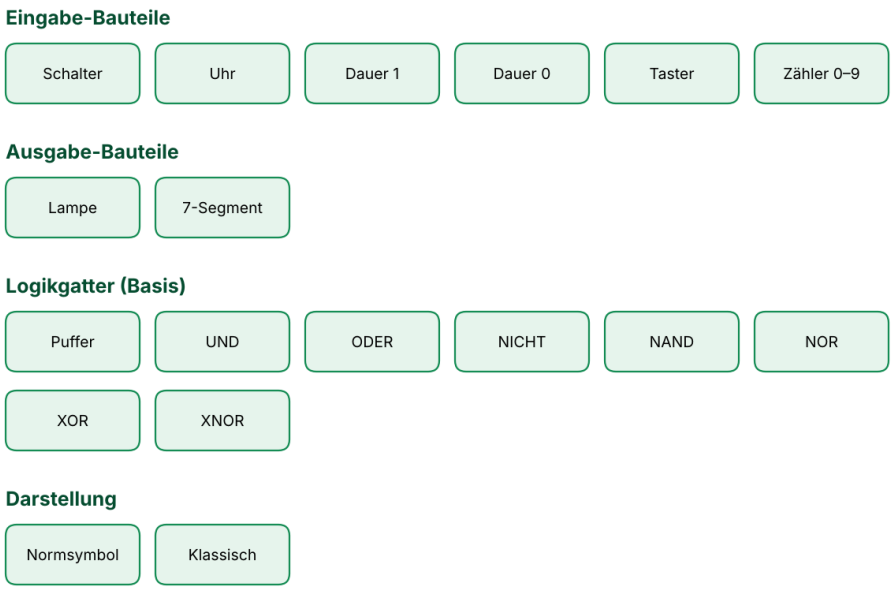


Figure 2: The component bar in three groups

Input components

They create signals and have only an output.

Switch	Tapping toggles between 0 and 1. Its name (A, B, C …) appears in the truth table.
Clock	Toggles automatically between 0 and 1. Tapping steps the frequency: 0.25 / 0.5 / 1 / 2 / 4 Hz.
Constant 1	Always outputs 1, e.g. for an input that should be fixed “on”.
Constant 0	Always outputs 0.
Push button	Outputs 1 while you hold it, otherwise 0.
Counter 0–9	Counts up with the clock, wraps from 9 to 0 and outputs the number in binary on four outputs (weights 8-4-2-1).

Output components

They display signals and have only inputs.

Lamp	Lights at 1, stays dark at 0. An open input is shown in orange.
7-segment number	Four inputs weighted 8-4-2-1; shows the digit 0–9, for larger values A–F.

Logic gates (basic)

Buffer, AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR and XNOR. Function and truth table of every gate are in the “Knowledge” tab.

Changing and removing components

1. Tap a component to select it. It is highlighted.
2. Drag it to a new place, or tap the trash button at the top to delete it with its wires.
3. The eraser clears the whole workbench after a confirmation.

> **Tip:** “Undo” and “Redo” at the top left step through your changes.

3 Drawing wires

Connecting components, removing wires, rules

Wires carry the signal from an output to an input. Outputs are on the right of a component, inputs on the left.

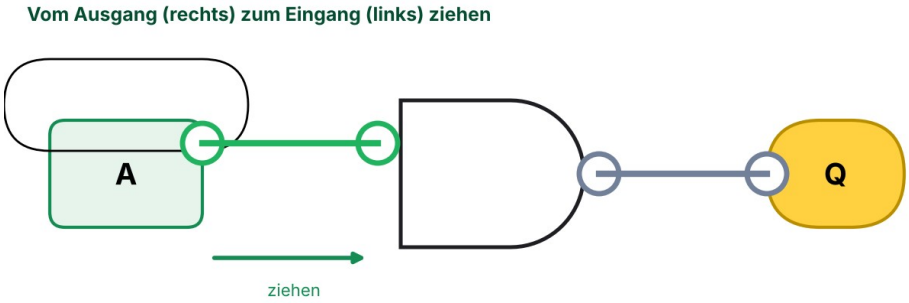


Figure 3: Dragging a wire from output to input

Drawing a wire

1. Touch the round output on the right of the component.
2. Drag your finger to a round input on the left of another component.
3. Let go once the input is highlighted. The wire snaps in and shows the colour of the signal.

Removing a wire

Drag away from the connected input and release on empty canvas. The wire disappears.

Rules

- An output may feed several wires.
- An input accepts exactly one wire. A new wire replaces the old one.
- Feedback loops (a signal running back to its origin) are not allowed because the app only calculates combinational circuits.
- The counter has four outputs weighted 8, 4, 2 and 1. Each output can be wired separately.

> **Tip:** If an input stays unconnected it shows an orange “?” and the result is “open”. That is not an error, just a hint that something is missing.

4 Simulating

Signal colours, operating switches, reading results

The circuit is recalculated immediately with every change. You do not have to start anything.



Figure 4: Signal colours of the pins

Signal colours

Green, “1”	The signal is on (high level).
Grey-blue, “0”	The signal is off (low level).
Orange, “?”	Open: an input is not wired, so the result is undefined. The wire is dashed.

All pins also show the digit 0, 1 or ? so they can be read without colour.

Trying out a circuit

1. Place two switches, an AND gate and a lamp.
2. Connect the switches to the gate inputs and the output to the lamp.
3. Tap the switches one at a time and together. The lamp only lights when both are 1.
4. Replace the AND gate with an OR gate and repeat.

> **Tip:** Watch the truth table on the right: the row matching the current switch positions is highlighted.

5 Truth table and term

Copy the term, step through rows, collapse the table

To the right of the canvas is the truth table of your circuit, half-transparent and narrow so it hides little of the canvas.

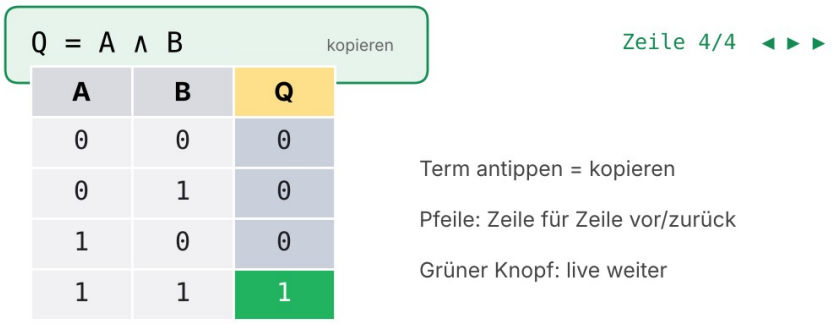


Figure 5: Term and truth table

What the table shows

- At the top is the term (the equation) for each output, e.g. Q = A ∧ B.
- On the left are the columns for all switches, on the right those for the lamps. Each row is one switch combination.
- The header row stays in place while you scroll, so you do not lose track of the columns in long tables.
- Up to six switches are evaluated (64 rows). With more switches the app shows a notice.

Copying the term

Tap a term. It is copied to the clipboard and the app confirms it briefly. You can paste it into homework or notes.

Stepping row by row

1. Tap an arrow above the table: back or forward.
2. The switches set themselves to match the row and the circuit shows the result.
3. The green play button resumes the live simulation.
4. Tapping a table row jumps straight to it.

> **Tip:** While stepping, clock and counter stay on the chosen row so you can look at the result in peace.

Collapsing the table

The button with the table icon in the toolbar hides and shows the table. Hidden, the canvas gets the full width.

With a counter

With a counter on the workbench the table gets an extra column with its number 0–9. Each switch combination then appears ten times, once for every counter value.

6 Clock, counter and 7-segment

Circuits that move on their own

With clock and counter circuits run by themselves. The 7-segment component shows the result as a digit.

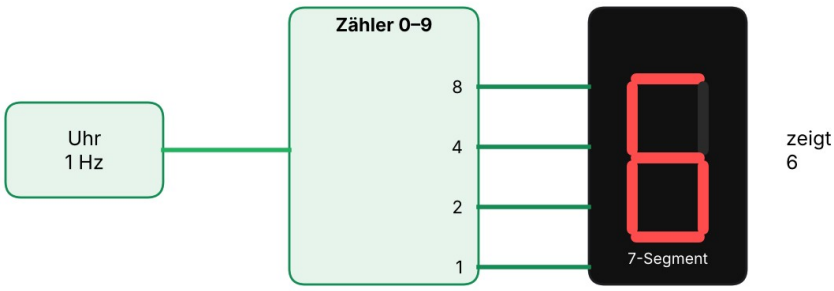


Figure 6: Clock, counter and 7-segment display

The clock

The clock toggles steadily between 0 and 1. Tap it to step the frequency (0.25 / 0.5 / 1 / 2 / 4 Hz). 1 Hz means one full cycle from 0 through 1 back to 0 per second.

The counter 0–9

The counter counts from 0 to 9 with the clock and then starts again. The number appears in binary on four outputs.

8	most significant bit (value 8)
4	value 4
2	value 2
1	least significant bit (value 1)

Tapping sets the counting speed. Example: the number 6 is 0110 in binary, i.e. 4 + 2.

The 7-segment number

It has four inputs weighted 8-4-2-1 and shows the matching digit. Values 10 to 15 appear as A to F.

Connecting counter and display

1. Place a counter and a 7-segment number.
2. Connect the four counter outputs in order to the four display inputs (8 to 8, 4 to 4, 2 to 2, 1 to 1).
3. The display now counts from 0 to 9.
4. Insert gates between counter and display to calculate with the bits, e.g. for “number ≥ 5”.

> **Tip:** The examples “Counter 0–9 with 7-segment”, “Traffic light on the counter” and “Prime detector” show finished builds.

7 Selecting several components

Select tool with a frame

With the select tool you mark several components at once and move or delete them together.

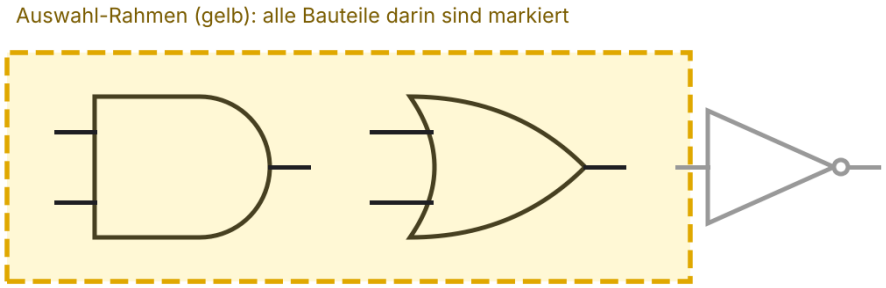


Figure 7: Select tool with frame

How to do it

1. Tap the select tool (dashed rectangle) at the top. The icon turns white while it is active.
2. Drag a frame over the components with one finger. The frame appears yellow.
3. On release all components in the frame are marked and the tool switches itself off.
4. Drag one of the marked components: all move together. The canvas can be moved again as well.
5. The trash button at the top deletes all marked components.
6. Tap empty canvas to clear the selection.

> **Tip:** The tool works for exactly one frame. Tap it again for the next selection.

8 Using the canvas

Panning, zooming, overview and toolbar

The canvas is larger than the screen. You move around it with gestures.

Gesture	Effect
One finger	Pan on empty canvas, move a component when on it.
Two fingers	Zoom.
Double tap	Zooms to 100 % and centres the circuit.
Tap	Select a component or flip a switch.

Gestures

One finger	Pan on empty canvas, move a component when on it.

Two fingers	Zoom.
Double tap	Zooms to 100 % and centres the circuit.
Tap	Select a component or flip a switch.

Overview and zoom

At the bottom of the right column an overview shows the visible area. Tapping or dragging moves it. Below it are the zoom buttons and the current zoom level.

The toolbar

Icon	Function
Undo / Redo	Step back or forward through changes.
Select tool	Drag a frame to mark several components (active: white).
Eraser	Clear the workbench (with confirmation).
Trash	Delete marked components.
Circuits	Save, open, examples.
Share	PDF, JPG or circuit file.
Table	Show or hide the truth table.
Menu “…” (far right)	Profile, settings, manual, about.

> **Tip:** The workbench always starts empty, centred and at 100 %. Your circuit stays saved anyway and is reachable under “Circuits”.

Gate appearance

The two symbols at the bottom of the component bar (“Symbols”) switch between standard symbols (boxes with &, ≥1, =1) and classic shapes. Both mean the same; in school you mostly meet the standard symbols, in older books the classic shapes.

9 Saving and loading

Autosave, copies, My circuits, import

Your circuit is saved automatically with every change, under the name in the title bar.

The “Circuits” menu

Save	Confirms that the circuit is saved.

Save as …	Creates a copy with a new name. The original is kept.
New circuit	Starts with an empty workbench.
My circuits …	List of all saved circuits.
Rename …	Changes the name of the current circuit.
Examples	Ready-made circuits to open.

Managing My circuits

1. Open “My circuits …”.
2. Tap a circuit to open it.
3. Long-press or swipe left to rename, duplicate or delete.
4. “Import” loads a .cmlogic file somebody sent you.

> **Tip:** If you want to experiment without changing the original, use “Save as …” and work on the copy.

10 Examples

Ready-made circuits from simple to complex

Under “Circuits ▸ Examples” are ready-made circuits. They open centred in the middle of the canvas. You can try them, change them and keep them as your own copy with “Save as …”.

Switching algebra basics

Half adder	Adds two bits: sum (XOR) and carry (AND).
Full adder	Adds two bits plus carry; the building block of every arithmetic unit.
XOR from basic gates	Shows that XOR can be built from AND, OR and NOT.
De Morgan	Two circuits that do the same: ¬(A ∧ B) and ¬A ∨ ¬B.
Everything from NAND	Builds NOT, AND and OR from NAND gates only.
Two-way switch	Switch a lamp from two places, like in a hallway.
Majority vote	Output 1 if at least 2 of 3 inputs are 1.
Multiplexer	Selects one of two signals depending on a control line.
Parity bit	Adds a bit so that the number of ones is even.

With clock, counter and 7-segment

Blinker	A clock makes lamps light alternately.

Counter 0–9 with 7-segment	Every second the number goes up by one and restarts at 0 after 9.
Binary number on 7-segment	Four switches set a number, the display shows it.
Counter in binary	The count as lamps and as a digit.
Two clocks XOR	Two beats combined into a new pattern.
Traffic light on the counter	Red, yellow, green derived from the count.
Number ≥ 5	Detects large numbers at the counter.
Prime detector	Lights at 2, 3, 5 and 7.
Counter logic from gates	Calculates the next number n+1 from n using only gates.

> **Tip:** In an example, tap the switches and watch the truth table. Then step through it row by row with the arrows.

11 Exporting and sharing

PDF, image and circuit file

Use the share icon at the top to pass your circuit on or print it.

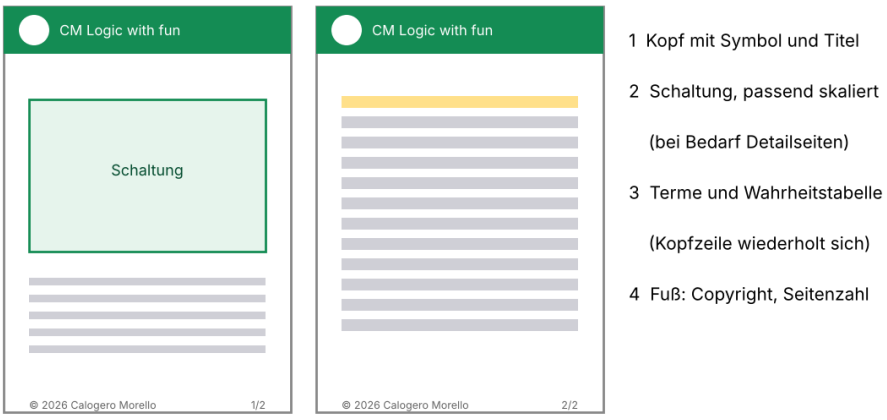


Figure 8: Layout of an exported PDF page

The three formats

PDF	Multi-page document: header with icon and title, circuit, terms, truth table, footer with copyright and page number.
Image (JPG)	A single image with icon, circuit, term, table and copyright. Handy for chats and presentations.
Circuit file	A .cmlogic file somebody else can open and edit in this app.

When the circuit does not fit on one page

- Wide circuits are automatically output in landscape.
- The first page shows the whole circuit scaled down as an overview.
- If that would be too small to read, detail pages follow with sections at a readable size (“Part 1 of 4” etc.).
- Long truth tables run over several pages. The header row repeats on every page.

Exporting

1. Tap the share icon at the top.
2. Choose PDF, JPG or circuit file.
3. In the share sheet choose the target: AirDrop, Mail, Files, Print or another app.

> **Tip:** The name of the circuit becomes the title in the document and the file name. Rename it sensibly beforehand.

12 Learning path and certificate

Guided course, XP, levels and certificate

The learning path leads step by step from the statement to circuits with gates. You can look things up at any time in the “Knowledge” tab.

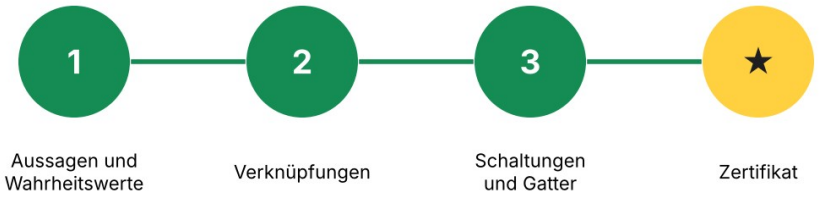


Figure 9: The stages of the learning path and the certificate

Structure

- The path consists of stages, each stage of several lessons.
- Each lesson has a short text, circuits to try (tap the switches) and questions.
- A stage unlocks the next one once all its lessons are solved.
- The “Continue” card at the top leads straight to the next open lesson.

Working through a lesson

1. Read the text and try the circuit.
2. Answer the questions. For a wrong answer the app explains why and you can try again.
3. Once all questions are right you finish the lesson and earn 20 XP.

XP and levels

Every 100 XP you go up a level. Your status is shown at the top of the path and in the profile.

The certificate

The certificate waits at the end of the path. Once all stages are solved you create it as a PDF with “Create certificate”.



Figure 10: Sample certificate

1. Enter your name in the profile or in the settings.
2. Tap “Create certificate” at the end of the learning path.
3. Save, print or share the certificate.

> **Tip:** The certificate shows your name, progress per stage, XP, level, date and the app icon. The profile also offers a participation record in case you are not finished yet.

Resetting

In the profile “Reset learning progress” resets XP and solved lessons. Your saved circuits are kept.

13 Settings and profile

Name, language, appearance

In the “…” menu at the top right you find profile and settings.

Your name	Used for the greeting and printed on the certificate.
Language	Automatic (system language), Deutsch or English. The interface switches immediately.
Appearance	System, Light or Dark.
Profile	Level, XP and progress per stage, certificate, reset.

Version

Under “About CM Logic with fun” you see the version number, the developer and links to the legal notice and privacy policy.

14 Privacy and legal notice

Everything stays on your device

CM Logic with fun works fully locally and offline.

- There is no account, no advertising and no tracking.
- The name you enter is only used for the greeting in the app and on the certificate.
- Circuits and learning progress are stored only on your device. They leave it only when you share or export them yourself.
- The app does not send data to any server.

Provider

Calogero Morello. The legal notice and privacy policy are in the menu “… ▸ About CM Logic with fun”.

Rights and licences

- All texts, exercises, graphics, symbols and the app icon were created by the developer.
- The app uses no third-party libraries and no embedded fonts, only Apple building blocks (SwiftUI, UIKit) and the system font.
- The small symbols in the interface are SF Symbols by Apple and belong to the system interface.
- The gate symbols follow the usual standard representations of switching algebra and are free to use.

> **Tip:** © 2026 Calogero Morello. All rights reserved.

15 Statements and truth values

What a statement is, connectives and their symbols

Propositional logic studies sentences that are either true or false. Such sentences are called statements. Switching algebra (Boolean algebra) applies the same rules to circuits.

Statement and truth value

A statement is a sentence that can clearly be assigned true or false. True is written 1, false 0.

“7 is a prime number”	Statement, true (1).
“Stuttgart is on the sea”	Statement, false (0).
“What time is it?”	Not a statement: a question.
“Close the window!”	Not a statement: a command.

Statements get names like A, B, C. A might stand for “The lamp is on”.

Connectives and their symbols

Simple statements combine into compound ones. Each connective has a symbol and a matching gate.

¬A	not A (negation) – NOT gate
A ∧ B	A and B (conjunction) – AND gate
A ∨ B	A or B (disjunction, inclusive) – OR gate
A ⊕ B	either A or B (exclusive or) – XOR gate
¬(A ∧ B)	not (A and B) – NAND gate
¬(A ∨ B)	not (A or B) – NOR gate
A ↔ B	A if and only if B (equivalence) – XNOR gate

> **Tip:** The everyday “or” is ambiguous. In logic OR means “at least one of the two”; “either … or” (exactly one) is the XOR.

Everyday examples

- AND: The engine starts only if the key is in and the brake is pressed.
- OR: The alarm sounds if the door or the window is opened.
- NOT: The lamp is on when it is not bright.
- XOR: The hallway light can be operated from two switches (two-way circuit).

16 Signals in electronics

0 and 1 as voltage, levels and ground

A digital circuit has only two states. They are called 0 and 1, low and high, off and on.

0 and 1 as voltage

Technically these are two voltage ranges. In many circuits 0 volts (ground) stands for 0 and 5 volts or 3.3 volts for 1.

0	low level, about 0 V (ground)
1	high level, about 5 V or 3.3 V (supply voltage)

Why only two states?

Two states can be told apart very reliably. A signal may fluctuate a little without a 0 turning into a 1. That is why digital circuits are robust and can be built in huge numbers.

Inputs and outputs

A gate has one or more inputs and one output. The output depends only on the current inputs. Such circuits are called combinational. With a counter or a clock, time comes into play.

Switches as inputs

A switch or button supplies the input signals: closed means 1, open means 0. A lamp as output lights at 1.

> **Tip:** In this app 1 is green and 0 is grey-blue. An unconnected input is “open” and orange.

17 All gates at a glance

Function and truth table of all logic gates side by side

A logic gate combines one or two input signals into an output signal Q. The table shows all gates side by side. Each row belongs to one input combination.

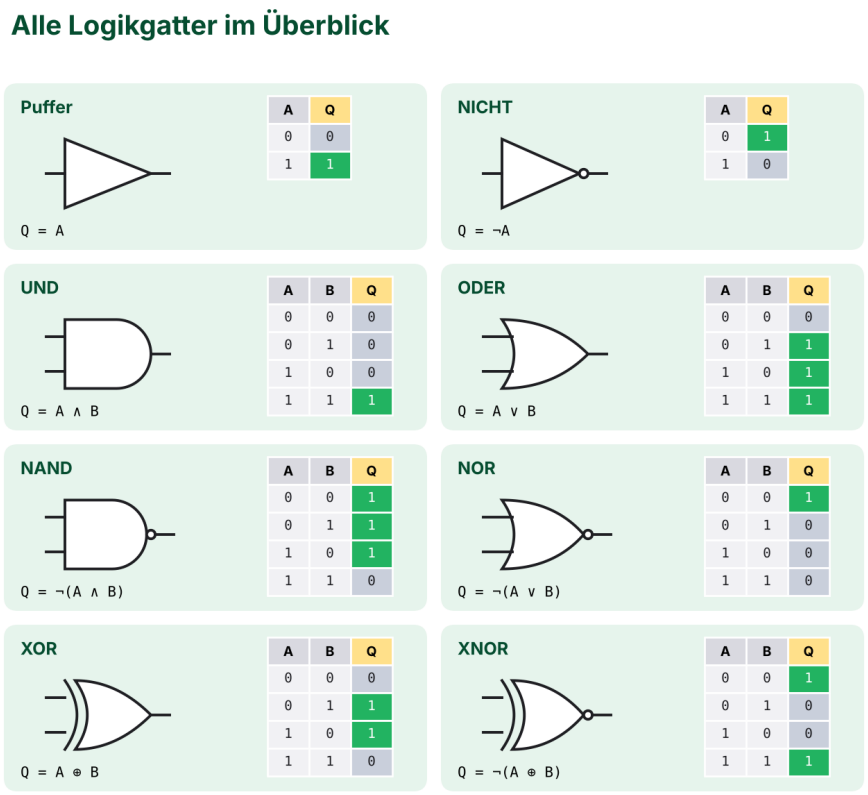


Figure 11: All gates with symbol, equation and truth table

Equations and rules

Buffer	Q = A – the output equals the input.
NOT	Q = ¬A – the output is the opposite of the input.
AND	Q = A ∧ B – Q is 1 only if both inputs are 1.
OR	Q = A ∨ B – Q is 1 if at least one input is 1.
NAND	Q = ¬(A ∧ B) – Q is 0 only if both inputs are 1.
NOR	Q = ¬(A ∨ B) – Q is 1 only if both inputs are 0.
XOR	Q = A ⊕ B – Q is 1 if the inputs differ.
XNOR	Q = ¬(A ⊕ B) – Q is 1 if the inputs are equal.

Counterparts

- NAND is AND with a negated output; every row shows the opposite.
- NOR is OR with a negated output.
- XNOR is XOR with a negated output.

The two symbol forms

Each gate exists as a standard symbol (box with &, ≥1, =1, 1) and as a classic shape. A small circle at the output means negation. You can switch between the forms in the workbench via “Appearance”.

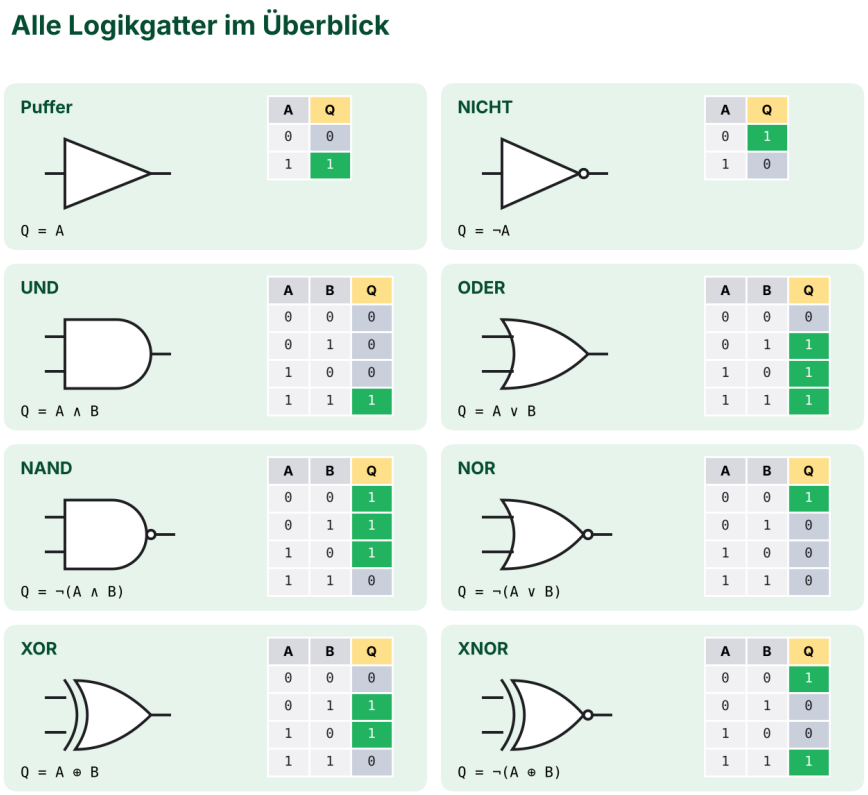


Figure 12: All gates with symbol, equation and truth table

> **Tip:** On the following pages each gate is shown on its own with example and table.

18 Buffer

Q = A: passes the signal on unchanged

Function

The buffer passes its input signal on unchanged: Q = A.

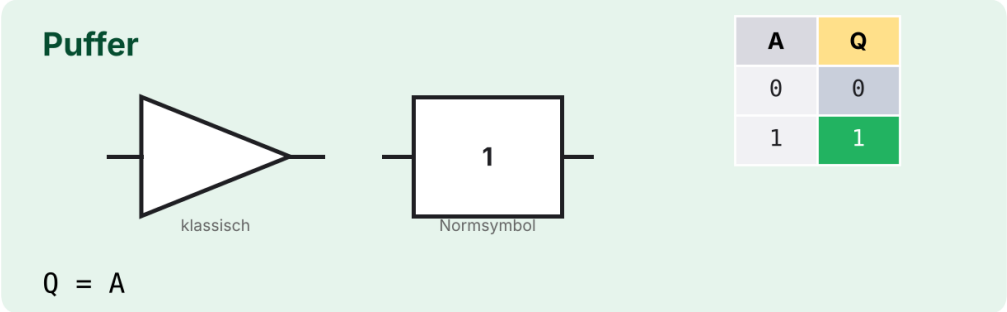


Figure 13

What is it for?

Logically the buffer changes nothing. Technically it refreshes a weakened signal and can drive many following gates at once. In the workbench it is useful to route a wire tidily or as a placeholder.

Truth table

A = 0	Q = 0
A = 1	Q = 1

> **Tip:** Two buffers in a row are again a buffer. Two NOT gates in a row also pass the signal on unchanged.

19 NOT

Q = ¬A: inverts the signal

Function

The NOT gate (inverter) inverts the signal: 0 becomes 1 and 1 becomes 0. It is written Q = ¬A, read “not A”.

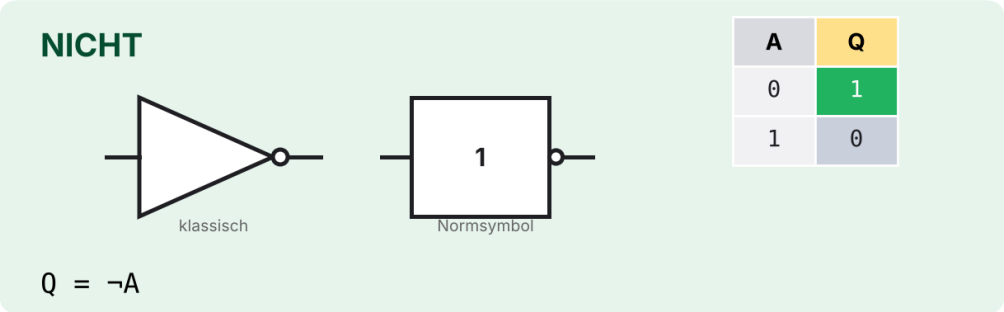


Figure 14

Example

A lamp should light when it is dark. A light sensor outputs 1 when it is bright. A NOT gate turns this into the signal “dark”.

Truth table

A = 0	Q = 1
A = 1	Q = 0

Properties

- Double negation cancels out: ¬¬A = A.
- A small circle at the output of a symbol always means “negated”.
- A NAND with its inputs tied together becomes a NOT.

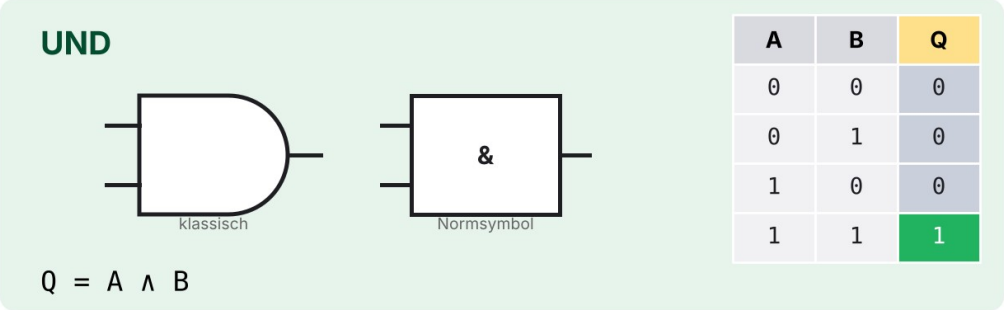
> **Tip:** NOT is the only single-input gate that changes anything.

20 AND

Q = A ∧ B: 1 only if all inputs are 1

Function

The AND gate outputs 1 only if all inputs are 1: Q = A ∧ B. It corresponds to switches in series: current flows only if both are closed.



A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Figure 15

Example

A press starts only if the left and right buttons are pressed at the same time (two-hand control).

Truth table

A = 0, B = 0	Q = 0
A = 0, B = 1	Q = 0
A = 1, B = 0	Q = 0
A = 1, B = 1	Q = 1

Properties

- A 0 at one input forces Q = 0, whatever the other input is.
- A 1 at the input changes nothing: A ∧ 1 = A.
- The order of inputs does not matter: A ∧ B = B ∧ A.
- With more inputs the same rule applies: Q = 1 only if all are 1.

> **Tip:** Mnemonic: AND is like multiplication, 1 · 1 = 1, everything else 0.

21 OR

Q = A ∨ B: 1 if at least one input is 1

Function

The OR gate outputs 1 if at least one input is 1: Q = A ∨ B. It corresponds to switches in parallel: current flows as soon as one is closed.

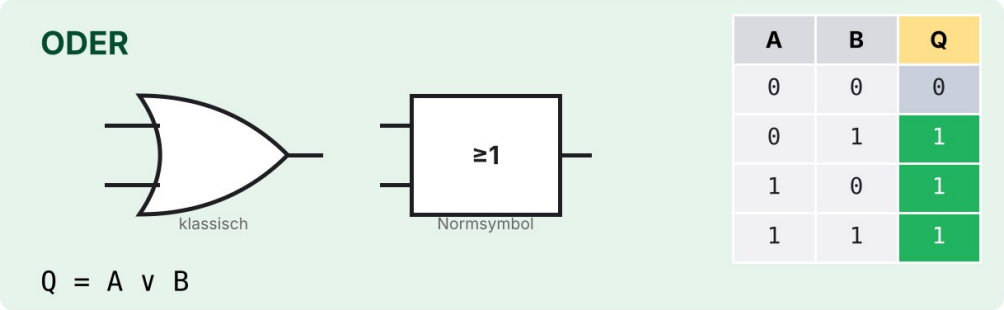


Figure 16

Example

An alarm sounds if the door or the window is opened – or both.

Truth table

A = 0, B = 0	Q = 0
A = 0, B = 1	Q = 1
A = 1, B = 0	Q = 1
A = 1, B = 1	Q = 1

Properties

- A 1 at one input forces Q = 1.
- A 0 at the input changes nothing: A ∨ 0 = A.
- It is an “inclusive” or: even if both are 1, Q = 1.

> **Tip:** Mnemonic: OR is like maximum, the larger of the two bits wins.

22 NAND (not AND)

Q = ¬(A ∧ B): 0 only if both inputs are 1

Function

The NAND gate is an AND with a negated output: Q = ¬(A ∧ B). It outputs 0 only if both inputs are 1, otherwise always 1.

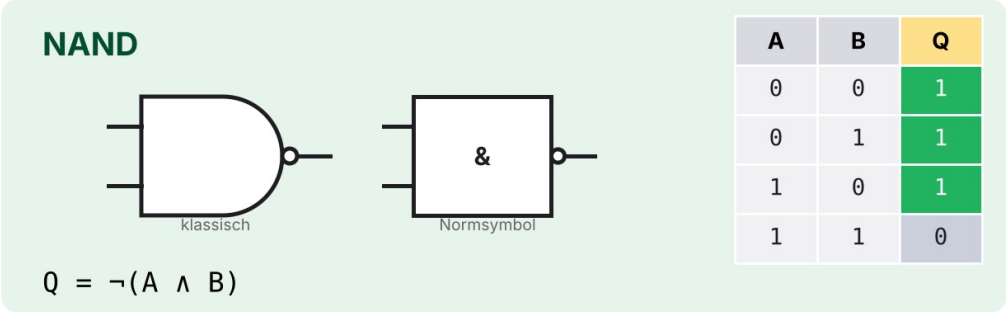


Figure 17

Truth table

A = 0, B = 0	Q = 1
A = 0, B = 1	Q = 1
A = 1, B = 0	Q = 1
A = 1, B = 1	Q = 0

Why is NAND so important?

Every other circuit can be built from NAND gates alone (see “Everything from NAND”). It is also electronically very simple: two transistors and a resistor are enough (see “How is a NAND built?”).

> **Tip:** NAND is AND with a circle at the output. The circle means: the result is inverted.

23 NOR (not OR)

Q = ¬(A ∨ B): 1 only if both inputs are 0

Function

The NOR gate is an OR with a negated output: Q = ¬(A ∨ B). It outputs 1 only if both inputs are 0.

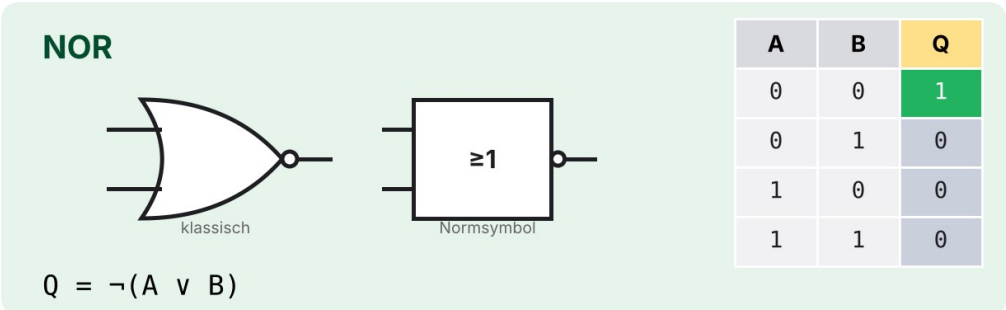


Figure 18

Truth table

A = 0, B = 0	Q = 1
A = 0, B = 1	Q = 0
A = 1, B = 0	Q = 0
A = 1, B = 1	Q = 0

Example

An indicator lamp should light only if no switch at all is pressed: Q = 1 exactly if all inputs are 0.

Properties

- Like NAND, NOR is a universal gate: every circuit can be built from NOR gates alone.
- By De Morgan: ¬(A ∨ B) = ¬A ∧ ¬B.

24 XOR (exclusive or)

Q = A ⊕ B: 1 if the inputs differ

Function

The XOR gate outputs 1 if the two inputs differ: Q = A ⊕ B. If they are equal, Q = 0.

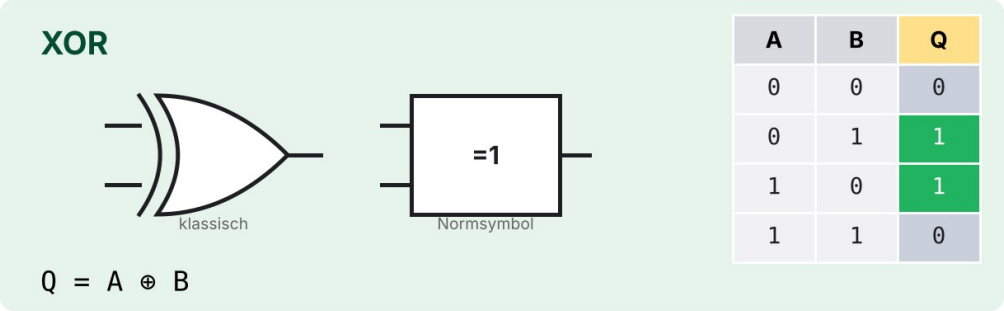


Figure 19

Truth table

A = 0, B = 0	Q = 0
A = 0, B = 1	Q = 1
A = 1, B = 0	Q = 1
A = 1, B = 1	Q = 0

Examples

- Two-way circuit: a lamp can be switched on and off from two switches. Every switch change inverts the lamp.
- Adder: the sum of two bits is A ⊕ B (see “Adders”).

Properties

- XOR is a “controllable inverter”: with B = 0 it passes A on, with B = 1 it inverts A.
- A parity bit can be formed with XOR.
- It can be built from AND, OR and NOT: A ⊕ B = (A ∨ B) ∧ ¬(A ∧ B).

25 XNOR (equivalence)

Q = ¬(A ⊕ B): 1 if the inputs are equal

Function

The XNOR gate is a XOR with a negated output. It outputs 1 if both inputs are equal: Q = ¬(A ⊕ B), also written A ↔ B.

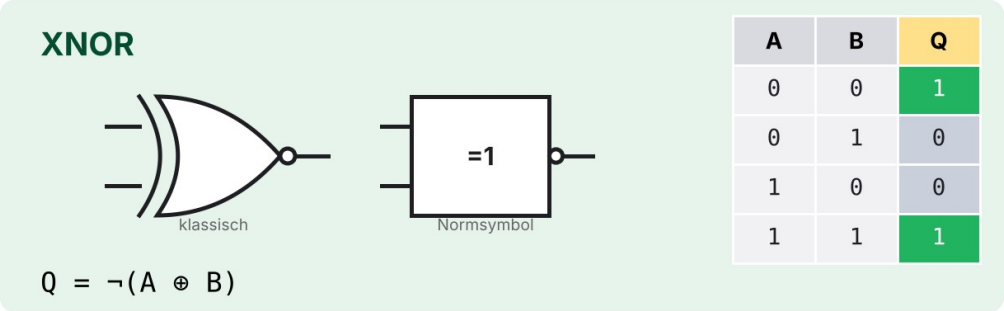


Figure 20

Truth table

A = 0, B = 0	Q = 1
A = 0, B = 1	Q = 0
A = 1, B = 0	Q = 0
A = 1, B = 1	Q = 1

Use

XNOR is an equality comparator for single bits. Comparing two numbers bit by bit with XNOR and combining the results with AND shows whether the numbers are equal.

> **Tip:** In propositional logic XNOR corresponds to equivalence “A if and only if B”.

26 Rules of switching algebra

Laws for simplifying, De Morgan

With these laws terms can be transformed and circuits simplified. You can check any of them in the workbench with truth tables: two terms are equal if their tables match.

Basic laws

A ∧ 1 = A	A 1 with AND changes nothing.
A ∧ 0 = 0	A 0 with AND forces 0.
A ∨ 0 = A	A 0 with OR changes nothing.
A ∨ 1 = 1	A 1 with OR forces 1.
A ∧ A = A	Idempotence
A ∨ A = A	Idempotence
A ∧ ¬A = 0	A contradiction is never true.
A ∨ ¬A = 1	Law of excluded middle: always true.
¬¬A = A	Double negation

Swapping and grouping

A ∧ B = B ∧ A	Commutative law
A ∨ B = B ∨ A	Commutative law
(A ∧ B) ∧ C = A ∧ (B ∧ C)	Associative law
(A ∨ B) ∨ C = A ∨ (B ∨ C)	Associative law

Factoring out

A ∧ (B ∨ C) = (A ∧ B) ∨ (A ∧ C)	Distributive law
A ∨ (B ∧ C) = (A ∨ B) ∧ (A ∨ C)	Distributive law

Absorption

A ∨ (A ∧ B) = A	The addition is superfluous.
A ∧ (A ∨ B) = A	Likewise.

De Morgan

If you negate a combination, you swap AND and OR and negate the parts:

¬(A ∧ B) = ¬A ∨ ¬B	NAND = OR of the negated inputs

¬(A ∨ B) = ¬A ∧ ¬B	NOR = AND of the negated inputs

> **Tip:** The “De Morgan” example in the workbench builds both sides next to each other. The truth tables are identical.

A simplification example

(A ∧ B) ∨ (A ∧ ¬B) factors to A ∧ (B ∨ ¬B). Since B ∨ ¬B = 1, A ∧ 1 = A remains. The whole circuit is just a wire from A.

27 Terms and truth tables

Build a table, read off the term, build the circuit

Term, truth table and circuit are three representations of the same function. You can switch from any to any other.

Building a truth table

1. Count the inputs: n inputs give 2^n rows (2 → 4, 3 → 8, 4 → 16).
2. Write the inputs as binary numbers counting up from 0.
3. Calculate the output for every row step by step, brackets first.

Example: Q = A ∧ ¬B

A = 0, B = 0	¬B = 1, Q = 0
A = 0, B = 1	¬B = 0, Q = 0
A = 1, B = 0	¬B = 1, Q = 1
A = 1, B = 1	¬B = 0, Q = 0

Getting a term from a table (disjunctive normal form)

1. Find all rows where Q = 1.
2. For each of these rows form an AND of all inputs: if there is a 1 use the input, if there is a 0 use the negated input.
3. Combine all these AND terms with OR.

Example XOR: Q = 1 in the rows (A=0, B=1) and (A=1, B=0). That gives Q = (¬A ∧ B) ∨ (A ∧ ¬B).

A circuit from a term

- Each connective in the term becomes a gate.
- The innermost brackets are built first.
- Each variable becomes a switch. A switch may feed several gates.

> **Tip:** The workbench shows the term and truth table of your circuit automatically. You can check your result by hand.

28 How is a NAND built?

From transistor to gate: resistor, two switches, output

So far gates have been black boxes. Here we open one: the NAND. It shows how voltages become logic.

The transistor as a switch

The transistor is the most important component in electronics. It works like a switch that is operated not by hand but by a voltage. An NPN transistor has three terminals.

B (base)	Control terminal. The input signal is applied here.
C (collector)	Current flows in here.
E (emitter)	Current flows out here, usually to ground.

If B has a 1 (high voltage) the transistor conducts between C and E. If it has a 0 it blocks.

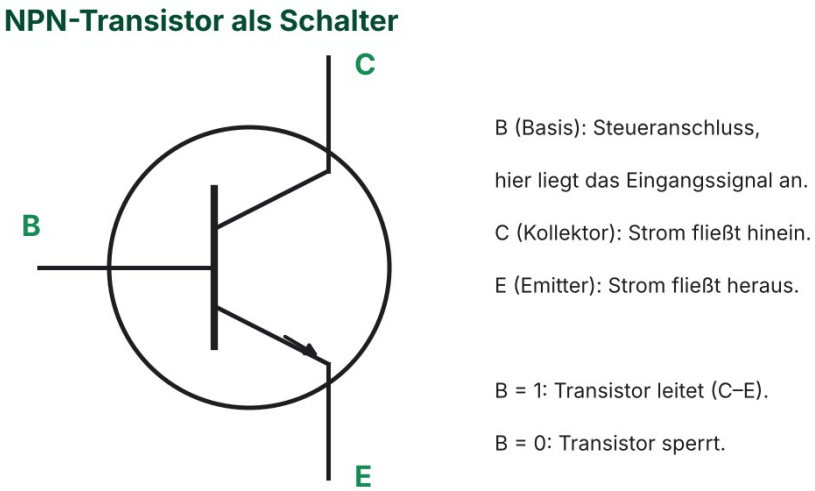


Figure 21: The NPN transistor as a switch

Two switches in series: the AND

Two switches one after the other (“in series”) let current through only if both are closed. At the top the 5 volt supply (the 1) is connected through a resistor R, at the bottom is ground with 0 volts (the 0). The output Q is taken between the resistor and the switches.

Try all four combinations:

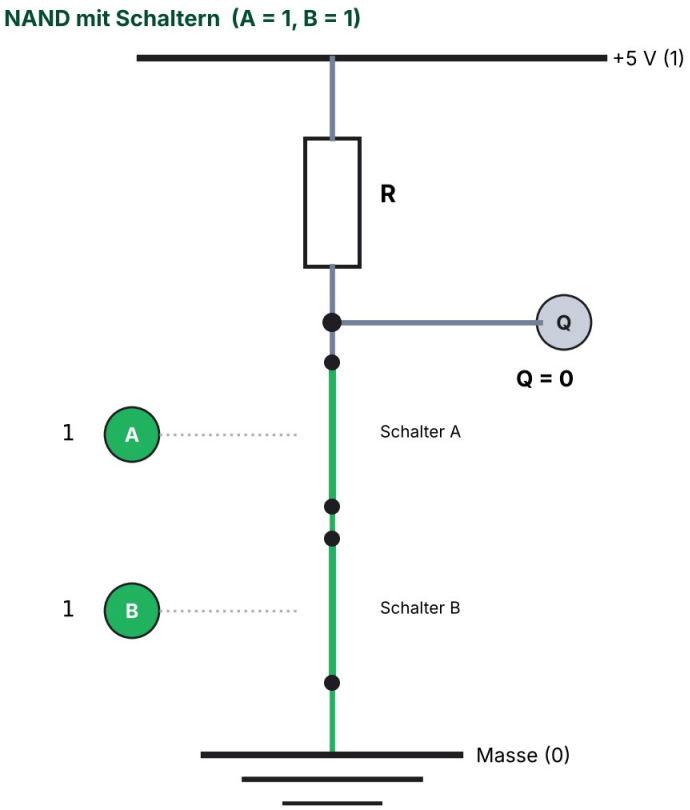


Figure 22: NAND with switches (model)

Why is Q then NAND?

- Both switches closed: current flows from +5 V through R and the switches to ground. The voltage drops across the resistor and Q is at 0 V: Q = 0.
- At least one switch open: no current flows. Nothing drops across the resistor and Q is at +5 V: Q = 1.

This is exactly the truth table of the NAND.

With real transistors

If the switches are replaced by two transistors the circuit is a real NAND:

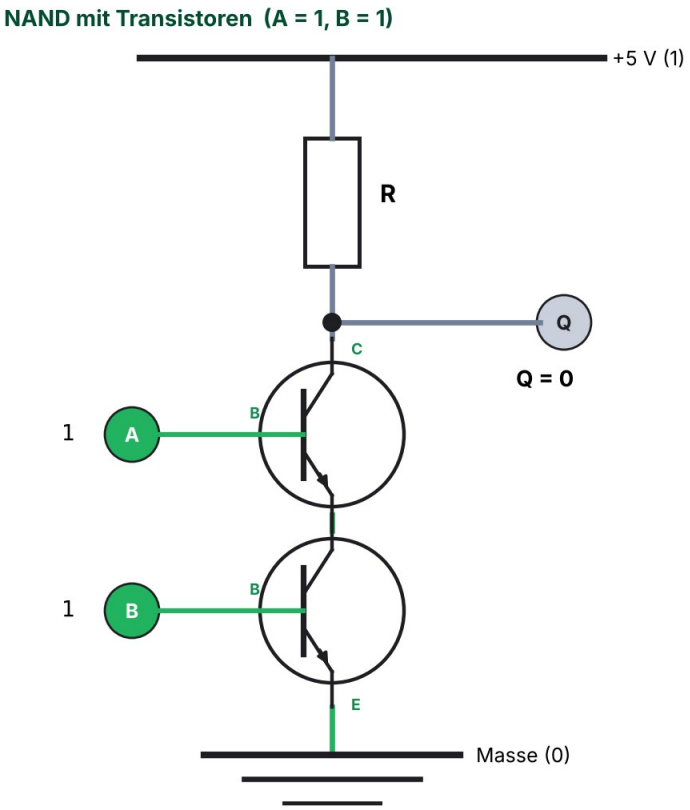


Figure 23: NAND made of a resistor and two transistors

State table

A = 0, B = 0	Both transistors block, Q = 1
A = 0, B = 1	A blocks, B conducts, Q = 1
A = 1, B = 0	A conducts, B blocks, Q = 1
A = 1, B = 1	Both conduct, Q = 0

What is the resistor for?

The resistor R limits the current. Without it there would be a short circuit between +5 V and ground as soon as both transistors conduct. If the path to ground is interrupted, R pulls the output up to +5 V (“pull-up”).

> **Tip:** The picture is simplified. Real circuits have resistors in front of the bases, and modern chips use MOSFETs in CMOS technology instead of these transistors. The principle stays: switches controlled by voltages. A processor consists of billions of such switches.

29 Everything from NAND

Universal gate: any circuit from a single gate type

NAND (and likewise NOR) is a universal gate: every logic function can be built from it alone. That is why many chips consist almost only of NAND gates.

NOT from NAND

Tie both inputs of the NAND together: ¬(A ∧ A) = ¬A.

AND from NAND

A NAND followed by a NOT (again made of NAND): ¬¬(A ∧ B) = A ∧ B. That needs two NAND gates.

OR from NAND

First negate both inputs separately, then a NAND: ¬(¬A ∧ ¬B) = A ∨ B. That is De Morgan. It takes three NAND gates.

NOT	1 NAND
AND	2 NAND
OR	3 NAND

> **Tip:** The “Everything from NAND” example in the workbench builds these three circuits. Check their truth tables.

30 Binary numbers and 7-segment

Numbers in bits, weights 8-4-2-1, display

Computers calculate with bits. A number is written as a sequence of 0s and 1s; each place has a weight that doubles from place to place.

Four bits: 8-4-2-1

Weights	8, 4, 2, 1 from left to right
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6

0111	7
1000	8
1001	9

Converting

Binary to decimal: add up the weights of the places holding a 1. Example 0110 = 4 + 2 = 6.

Decimal to binary: subtract the largest fitting weight until the remainder is 0. Example 9 = 8 + 1 = 1001.

> **Tip:** With n bits 2^n numbers can be shown, i.e. 0 to $2^n - 1$. Four bits cover 0 to 15.

The 7-segment display

Seven light bars (a to g) form every digit. A circuit must decide from the four bits which bars light. In the app the “7-segment number” component does this: it has four inputs (8-4-2-1) and shows the digit 0–9, for 10–15 the letters A–F.

Calculating and checking with bits

- If a number is ≥ 8 the 8-bit is set.
- If a number is even, the 1-bit is 0.
- A number ≥ 5 is recognised as: 8-bit or (4-bit and (2-bit or 1-bit)).

The “Number ≥ 5” and “Prime detector” examples turn such considerations into circuits.

31 Adders

Half adder and full adder as building blocks of arithmetic

Gates can calculate. The basic idea: two bits are added like decimal digits, with carry.

Binary addition

0 + 0	= 0
0 + 1	= 1
1 + 0	= 1
1 + 1	= 10 (sum 0, carry 1)

Half adder

It adds two bits A and B and has two outputs:

Sum S	S = A ⊕ B (XOR)
Carry C	C = A ∧ B (AND)

For A = 1 and B = 1, S = 0 and C = 1, i.e. 1 + 1 = 10.

Full adder

It also adds a carry Cin from the previous place. Two half adders and an OR make a full adder. Chained, full adders add numbers of any length.

S	S = A ⊕ B ⊕ Cin
Cout	Cout = (A ∧ B) ∨ (Cin ∧ (A ⊕ B))

> **Tip:** The “Half adder” and “Full adder” examples are ready in the workbench. Step through the inputs and read the sum.

32 Glossary

Technical terms briefly explained

Statement	A sentence that is true or false.
Bit	Smallest unit of information: 0 or 1.
Boolean algebra	Calculating with 0 and 1 using AND, OR, NOT; named after George Boole.
De Morgan	Rules for negating AND and OR.
Input / output	Terminal where a gate receives or emits a signal.
Gate	Component that combines input signals logically.
Combinational	The output depends only on the current inputs.
Conjunction	AND combination (∧).
Disjunction	OR combination (∨).
Negation	Inversion, NOT (¬).
Exclusive or	XOR (⊕): exactly one of the two.
Equivalence	XNOR (↔): both equal.
Ground	Reference potential at 0 volts.
Level	Voltage range for 0 (low) or 1 (high).
Pull-up	Resistor pulling an output up to the high voltage.

Term	Expression of variables and connectives, e.g. A ∧ ¬B.
Transistor	Voltage-controlled switch, basic building block of gates.
Universal gate	Gate from which all others can be built (NAND, NOR).
Truth table	Table of all input combinations with the matching output.
Weight	Value of a place in a number; in binary 1, 2, 4, 8 …

33 Legal Notices

Legal notice, privacy, liability and licences

This chapter contains the legal information for the app as currently in force (as published on morello.de, limited here to the app). The current version at morello.de/impressum.html and morello.de/Datenschutzerklarung.html always prevails.

Legal Notice

Information pursuant to Section 5 of the German Digital Services Act (DDG)

Provider

Calogero Morello
Beethovenstrasse 3
74369 Löchgau
Germany

Phone: 07143 – 7638830
E-mail: info(at)morello(dot)de

Scope

This legal notice applies to the app CM Logic with fun.

Consumer dispute resolution

I am neither willing nor obliged to take part in dispute resolution proceedings before a consumer arbitration board (Section 36 VSBG).

Disclaimer

1. Liability for content

The content of my app is created with the greatest possible care. However, the provider gives no warranty as to the accuracy, completeness or currency of the content provided. Use is at the user's own risk.

Contributions marked with an author's name reflect that author's opinion and not necessarily the provider's. Merely using the app does not establish any contractual relationship between the user and the provider.

2. Liability for use of the apps

My apps support sporting routines, timing, scoring, video analysis, learning content and the backup of emails. They replace neither the official competition rules and scoring documents of the relevant federation nor the decisions of the judges or competition management, and they are no substitute for coaching, medical or therapeutic advice. No liability is accepted for results, decisions or training measures taken on the basis of values displayed in an app. Users are themselves responsible for backing up the data stored locally on their device, for example via a device backup.

3. Copyright and ancillary copyright

The content published in the app is subject to German copyright and ancillary copyright law. Any use not permitted by German copyright law requires the prior written consent of the provider or of the respective rights holder. This applies in particular to reproduction, adaptation, translation, storage, processing and reproduction of content in databases or other electronic media and systems. Third-party content and rights are marked as such. Unauthorised reproduction or distribution of individual items of content or of complete pages is prohibited and

punishable by law. Only the making of copies and downloads for personal, private and non-commercial use is permitted. Displaying this website within third-party frames is only permitted with written consent.

4. Trademarks and third-party rights

Apple, the Apple logo, iPhone, iPad, Apple Watch, Mac, macOS, App Store and Mac App Store are trademarks of Apple Inc. Any third-party product and company names mentioned serve descriptive purposes only and are the property of their respective owners.

Privacy Policy

Protecting your privacy and your personal rights matters to me. The following information explains which personal data is processed when you use my app. In doing so I comply with the General Data Protection Regulation (GDPR) and the German Federal Data Protection Act (BDSG).

Controller

The controller within the meaning of the GDPR is:

Calogero Morello
Beethovenstrasse 3
74369 Löchgau
Germany

Phone: 07143 – 7638830
E-mail: info(at)morello(dot)de

Scope

This privacy policy applies to the app CM Logic with fun.

Part A – Data protection in my apps

Principle: your data stays on your device

My apps work entirely locally. That means:

- There are no user accounts and no registration.
- I do not operate any servers for the apps. No data is transmitted to me.
- There is no analysis of usage behaviour: no tracking services, no advertising networks, no advertising IDs, no cookies, no profiling.
- All content and settings you create are stored exclusively in the app's protected storage area on your device.
- No data is passed on to third parties.

As I do not receive any data from the apps, no processing of personal data by me takes place in that respect. You remain responsible for the content you create with an app.

Permissions and locally stored data per app

The apps only request the permissions required for their particular function. The request is made through the iOS or macOS system dialogue. You can withdraw any permission at any time in the system settings of your device; the function concerned is then no longer available, but the app remains usable otherwise.

Video recordings and photos

If you use an app to record videos or photos in which people are identifiable, you are processing those people's personal data yourself and are responsible for it under data protection law. Before recording in training or competition, obtain the consent of the people shown, and that of a parent or guardian in the case of minors.

Recordings only leave your device if you pass them on yourself via the iOS share function or export them to the photo library. The service or recipient you choose is responsible for any subsequent processing.

Analysis functions on the device

Image and movement analysis functions run entirely on your device and use Apple system interfaces to do so. No images or videos are transmitted to me or to third parties for analysis.

Deleting app data

You can delete individual content within the app at any time. When you remove an app from your device, all data it has stored in its app storage area is deleted with it. If you have created a backup of your device, for example via iCloud or your computer, the data may still be contained there; that backup is the responsibility of Apple or of your own system.

Legal basis

Insofar as any processing takes place in connection with the apps at all, it is carried out to perform the usage relationship under Art. 6(1)(b) GDPR and on the basis of the legitimate interest in a functional, data-minimising app under Art. 6(1)(f) GDPR. Access to the camera, microphone, photo library and local network only takes place after you have granted it via the iOS or macOS system dialogue.

Obtaining the apps from the App Store or Mac App Store

The apps are downloaded and updated through the App Store or Mac App Store. In doing so, Apple processes data on its own responsibility, such as your Apple account details, the time of download and, if you have agreed to this in the system settings, crash and usage reports. I have no influence on that processing. From Apple I only receive anonymised, aggregated statistics that do not allow any conclusions about individual people. For details please see Apple's privacy policy: www.apple.com/legal/privacy (https://www.apple.com/legal/privacy/en-ww/).

Support enquiries

If you contact me by e-mail, I process your e-mail address and the information in your message in order to answer your enquiry. The legal basis is Art. 6(1)(f) GDPR. Messages are deleted as soon as they are no longer needed and no statutory retention obligations apply.

Part B – Your rights

Storage period and routine deletion

I process and store personal data only for the period required to fulfil the purpose of storage, or where laws or regulations provide for it. Once the purpose ceases to apply or has been fulfilled, the data is deleted or blocked.

Your rights as a data subject

You have the right to information about the data stored about you (Art. 15 GDPR), to rectification (Art. 16 GDPR), to erasure (Art. 17 GDPR), to restriction of processing (Art. 18 GDPR) and to data portability (Art. 20 GDPR). You may object to processing based on legitimate interests under Art. 21 GDPR.

Withdrawing your consent to data processing

Some data processing operations are only possible with your express consent. You may withdraw consent you have already given at any time; an informal message by e-mail is sufficient. The lawfulness of the processing carried out up to the withdrawal remains unaffected.

Right to lodge a complaint with the competent supervisory authority

You have the right to lodge a complaint with a data protection supervisory authority. The competent authority is the State Commissioner for Data Protection and Freedom of Information of Baden-Württemberg, Lautenschlagerstrasse 20, 70173 Stuttgart, Germany. An overview of all supervisory authorities is available at www.bfdi.bund.de (https://www.bfdi.bund.de/DE/Service/Anschriften/anschriften_node.html).

Licences and third-party components

CM Logic with fun uses only the system frameworks provided by Apple with iOS and iPadOS. No open-source or other third-party components that would require a separate licence notice are included.